

# A CLASSIFICAÇÃO DE BRECHAS MAGMÁTICAS E SUA IMPLICAÇÃO NA EVOLUÇÃO DO COMPLEXO ALCALINO DE NOVA IGUAÇU – RJ

Carlos Eduardo Miranda MOTA <sup>1</sup> & Mauro César GERALDES <sup>2</sup>

(1) Programa de Pós-Graduação em Análise de Bacias e Faixas Móveis, Faculdade de Geologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rua São Francisco Xavier, 524. CEP 20550-900. Rio de Janeiro, RJ. Endereço eletrônico: carlitos@oi.com.br. (2) Faculdade de Geologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rua São Francisco Xavier, 524. CEP 20550-900. Rio de Janeiro, RJ.

Introdução  
Objetivos  
Contexto Geológico  
Metodologia  
Resultados  
    Cartografia  
    Petrografia  
        Petrografia Tradicional  
        Microscopia Eletrônica de Varredura  
        Elétrons Secundários  
        Elétrons Retroespalhados e Medição e Energia Dispersiva  
Discussão  
    Proposta de Classificação  
    Evolução  
Conclusões  
Referências Bibliográficas

**RESUMO** – Para compreender os fenômenos de magmatismo é importante saber de que forma os corpos se alojaram na litosfera, e os melhores registros da formação da câmara magmática são as brechas magmáticas. Elas são formadas no contato do plúton e as rochas encaixantes. A proposta de classificação, em geral, permite a reconstrução do *emplacement* do magma, através da descrição de determinadas texturas e estruturas encontradas nas unidades que podem ser colocadas em ordem temporal e associadas a processos magmáticos, e do contexto geodinâmico do ambiente vulcânico, quando relacionados a dados estruturais. As rochas encontradas no nordeste do Complexo Alcalino de Nova Iguaçu constituem um exemplo. Nelas, algumas características foram observadas: a maturidade textural, a relação clasto/matriz e características dos mesmos. A metodologia envolveu o mapeamento 1:10.000, a petrografia, análise de seções no microscópio eletrônico e análises químicas semiquantitativas. Através da descrição dos parâmetros acima, reconhece-se que o *emplacement* do complexo alcalino deu-se em três fases: a primeira, de quebra da encaixante por expansão volumétrica do corpo e trocas térmicas entre o corpo e as interfaces, a segunda, de ação hidrotermal dos fluidos magmáticos, e a terceira, de intrusão do magma por entre os blocos. Este processo repetiu-se continuamente a cada pulso magmático.

**Palavras-chave:** Brechas magmáticas, petrologia, MEV, EDS, Complexo Alcalino de Nova Iguaçu.

**ABSTRACT** – C.E.M. Mota & M.C. Geraldés – *The classification of magmatic breccias and implication in the evolution of the Nova Iguaçu alkaline complex, Nova Iguaçu, RJ.* To understand magmatic phenomena, it is important to know how the bodies had been lodged in lithosphere, and the best registers of the formation of a magmatic chamber are the magmatic breccias. They are formed in the contact between the pluton and the host rocks. The classification proposal, in general, allows the reconstruction of the emplacement of the magma, through the description of certain textures and structures found in the units that may be sequenced and associated to magmatic processes, and of the geodynamic context of the volcanic environment, when structural data are taken into account. The rocks in the northeast of the Nova Iguaçu Alkaline Complex are an example. There, some characteristics had been observed: textural maturity, clast/matrix relationship and characteristics of matrix and clasts. The methodology involved mapping in 1:10.000 scale, petrography, analysis of sections by electron microscope and chemical semi-quantitative analyses. These characteristics, allowed to recognize that the emplacement of the alkaline complex occurred in three phases: first, the break-up of host gneisses, besides the volumetric expansion of the pluton and thermal exchanges between the pluton and surroundings; second, the hydrothermal action of magmatic fluids; third, the intrusion of magma between blocks. This process repeated continuously in each magmatic pulse.

**Keywords:** Magmatic breccias, petrology, MEV, EDS, Nova Iguaçu Alkaline Complex.

## INTRODUÇÃO

O magmatismo com idades entre o Mesozóico e o Cenozóico é amplamente registrado no território brasileiro por meio de derrames e intrusões de diques de rochas toleíticas e por diques e corpos (*plugs, stocks*) de rochas alcalinas (Amaral et al., 1976;

Almeida, 1986; Almeida et al., 1996; Thomaz Filho e Rodrigues, 1999; Thomaz Filho et al., 2005).

Estas manifestações magmáticas estão associadas a dois grandes eventos que ocorreram na Plataforma Sul-Americana, estabilizada no Cambro-Ordoviciano,

e podem ser subdivididos da seguinte forma: o magmatismo toleítico, que é associado à separação do Gondwana e conseqüentemente à abertura do Oceano Atlântico Sul – este magmatismo, ocorrido há aproximadamente 130-120 Ma, está associado à implantação das bacias da margem passiva brasileira –, e o magmatismo alcalino, que se vincula a fenômenos de soerguimento, como o que ocorreu na Serra do Mar, e formação das bacias terciárias do Sudeste.

O modelo de reativação tectono-magmática está principalmente fundamentado em estudos estruturais, mas, de modo geral, carece do apoio de dados petrológicos. Um modelo alternativo, com base em estudos principalmente geoquímicos, tem atribuído um papel importante às plumas mantélicas na geodinâmica da plataforma durante o Cretáceo Superior. Foi primeiramente proposto por Herz (1977), e baseou-se na composição uniforme e as idades progressivamente mais jovens desde o complexo alcalino de São Sebastião (ca. 87 Ma) até o de Cabo Frio (ca. 54 Ma). Estas características foram depois consideradas como evidência para a passagem da Plataforma Sul-Americana, de sudoeste para nordeste, sobre uma pluma centrada sob São Sebastião no Cretáceo e atualmente representada pelo *hot spot* de Trindade, e cujo traço estaria representado pela cadeia vulcânica de Vitória-Trindade

(Figura 1). Esta cadeia localiza-se a oeste de encontro ao atol de Abrolhos, próximo à costa brasileira.

Para a melhor compreensão destes fenômenos de magmatismo é importante estar claro de que forma os corpos intrusivos se alojaram na litosfera, desde o mecanismo de geração dos magmas até a posterior erupção e encerramento das atividades vulcânicas, em alguns casos, milhões de anos após o estabelecimento da câmara magmática. Uma boa oportunidade de estudo de como o corpo alcalino ascendeu até a formação da câmara magmática apresenta-se nas unidades rochosas das bordas do corpo magmático, chamadas brechas magmáticas. As brechas são formadas pela interação física e/ou química entre o corpo alcalino e as unidades circundantes, e a análise sistemática desta interface permite descrever o processo de *emplacement*.

A proposta de classificação sistemática destas unidades, em caráter geral, permite que através da descrição das texturas e estruturas encontradas nas unidades, em diversas escalas de trabalho, sejam colocadas em ordem temporal e associadas a possíveis processos de origem magmática, permitindo a reconstrução do *emplacement* do magma e, quando relacionados a dados estruturais, ao contexto geodinâmico.



**FIGURA 1.** Mapa esquemático de parte da Plataforma Sul-Americana com representação do Lineamento Magmático Poços de Caldas-Cabo Frio. O Maciço Marapicu-Gericinó-Mendanha está indicado no mapa. Modificado de Thomaz Filho & Rodrigues (1999).

## OBJETIVOS

Os objetivos principais da pesquisa são:

1. a proposição de um sistema de classificação sistemática de brechas magmáticas, levando em consideração fatores essencialmente petrológicos e texturais, tendo como exemplo o Complexo

Alcalino de Nova Iguaçu, com idade de 72 Ma (Sonoki & Garda, 1988, método K-Ar), e outros semelhantes descritos na literatura, buscando comparar com observações de campo e não se restringindo apenas a exemplos de vulcanismo

alcalino (Jébrack, 1997; Grubensky et al., 1998; Rodriguez-Losada & Martinez-Frias, 2004; Mota & Geraldés, 2005; Mota et al., 2005);

2. a elaboração de um modelo de evolução temporal das brechas magmáticas do Complexo Alcalino de

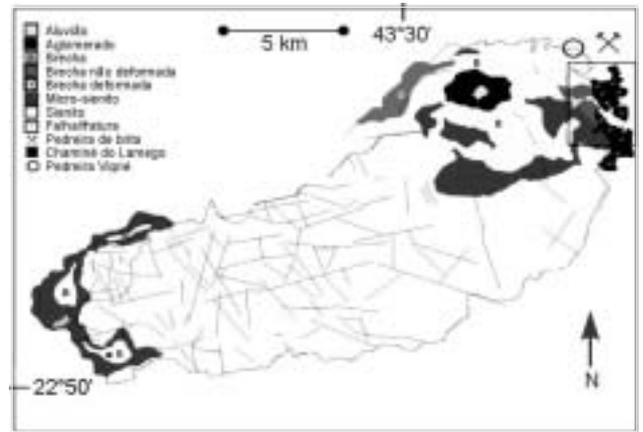
Nova Iguaçu, através da observação e descrição minuciosa das características, estando estas intimamente ligadas à intrusão do magma alcalino, à formação e ao posterior alojamento da câmara magmática e suas ramificações.

## CONTEXTO GEOLÓGICO

A geologia do Complexo Alcalino de Nova Iguaçu foi estudada na tese de doutorado de Klein (1993). Localiza-se na porção setentrional da Serra do Mendanha e faz parte do Complexo Marapicu-Gericinó-Mendanha, que inclui também a assim denominada Chaminé do Lamego. Esta é uma outra estrutura vulcânica de tamanho inferior localizada no Complexo Alcalino de Nova Iguaçu (Figura 2), constituída principalmente por tufo soldados (ignimbritos) de composição predominantemente traquítica e brechas vulcânicas. Estes ignimbritos são produtos provenientes principalmente de fluxos piroclásticos, caracterizada por uma suspensão fluidizada composta por fragmentos e gases (Klein et al., 1984).

O Complexo Alcalino de Nova Iguaçu representa uma feição tardia, oriunda de uma ruptura lateral de um domo que se elevou na extremidade nordeste da Serra de Madureira. As serras de Madureira e Mendanha encontram-se truncadas, em sua extremidade nordeste, por esta estrutura dômica, obliterando lateralmente os gnaisses (rocha encaixante), e resultando na formação de brechas magmáticas ao longo do contato. A rocha que constitui a borda desse domo é um sienito com granulação relativamente grossa. Na sua porção interior, encontra-se um corpo alongado, grosseiramente elíptico, de rochas traquíticas, definido por Klein (1993) como micro-sienitos, em que se aloja o conjunto de brechas piroclásticas e os aglomerados, ambos constituídos exclusivamente por clastos de rochas alcalinas (sienito, micro-sienito e traquito).

O vulcão apresenta, segundo Klein (1993), sua cratera em forma de cone com diâmetro de 700 m, constituído por depósitos de brechas piroclásticas em



**FIGURA 2.** Mapa geológico simplificado do Maciço Marapicú-Gericinó-Mendanha. O círculo indica a localização aproximada da Pedreira Vigné e o quadrado indica a área aproximada focada neste trabalho. Modificado de Klein (1993).

forma de ferradura de concavidade voltada para leste. Capeando estas brechas, encontra-se um depósito de aglomerado vulcânico. Os depósitos de fluxo piroclástico compreendem cerca de 500 m<sup>3</sup> com uma distribuição em forma lobulada em planta, onde os tipos mais vesiculados (tipo escória) se encontram na porção mais distal, enquanto brechas grossas e finas circundam o aglomerado central. Dados geomorfológicos e estruturais indicam que a estrutura vulcânica foi construída sobre uma superfície regional aplainada, indicando, de acordo com cronologia relativa, uma idade posterior aos sienitos do Complexo Alcalino de Nova Iguaçu (Klein et al., 1984).

## METODOLOGIA

Foram realizados levantamentos bibliográficos, procurando exemplos de complexos vulcânicos, de qualquer composição, química ou petrográfica, que geraram estes tipos de zonas de contato (formação de brechas magmáticas), buscando observar alguns critérios petrográficos utilizados por vários autores e as devidas interpretações petrológicas e petrogenéticas para cada caso, sempre estabelecendo comparações com as observações feitas nas unidades de brechas

magmáticas do Complexo Alcalino de Nova Iguaçu.

As caracterizações das unidades de brechas magmáticas foram feitas no extremo nordeste do Complexo Alcalino de Nova Iguaçu em várias escalas, incluindo a cartografia e as relações com as rochas adjacentes, pois lá são encontrados as melhores exposições de rochas sãs, ou pouco intemperizadas.

Também foram realizados vários estudos petrográficos, através de análise de afloramentos, seções

serradas e polidas de amostras de mão, lâminas delgadas e, em alguns casos especiais, foi necessária a utilização da microscopia eletrônica de varredura (MEV), permitindo resoluções que o microscópio petrográfico não conseguia alcançar, para estudos de matriz das brechas magmáticas com resoluções de até 4.000x.

No MEV, foram utilizados dois tipos diferentes de sinais (Leal, 2000), obtendo dois tipos de imagens: o sinal de elétrons secundários (*Secondary electrons – SE*) e o sinal de elétrons retro-espalhados (*Backsteering electrons – BSE*). O primeiro foi importante para a visualização da textura das amostras, além de permitir a diferenciação de minerais utilizando alguns critérios, como a forma de cristalização, clivagens e outros – a principal limitação do método é a apresentação das imagens em 8 bits divididos em tons de cinza, mas isto não influenciou significativamente a análise das amostras.

O segundo tem como produto imagens de concentração de determinados elementos químicos em função do respectivo número atômico (*Z*) – estas imagens, também em tons de cinza de 8 bits, definem um intervalo de cores para cada valor de *Z*, importante para as análises que posteriormente foram feitas, utilizando a ferramenta de medição de energia dispersiva (*Energy dispersive System – EDS*), através da emissão de raios X na amostra, e apresentando como dados de saída, gráficos de frequência relativa dos elementos químicos na região bombardeada pelo feixe de raios X.

Comparando o método de análise EDS com o utilizado pela microsonda eletrônica, a precisão dos resultados do método EDS para uma análise quantitativa, é menor que as da microsonda. Em compensação, os resultados são apresentados muito mais rapidamente (Alves et al., 2005).

## RESULTADOS

### CARTOGRAFIA

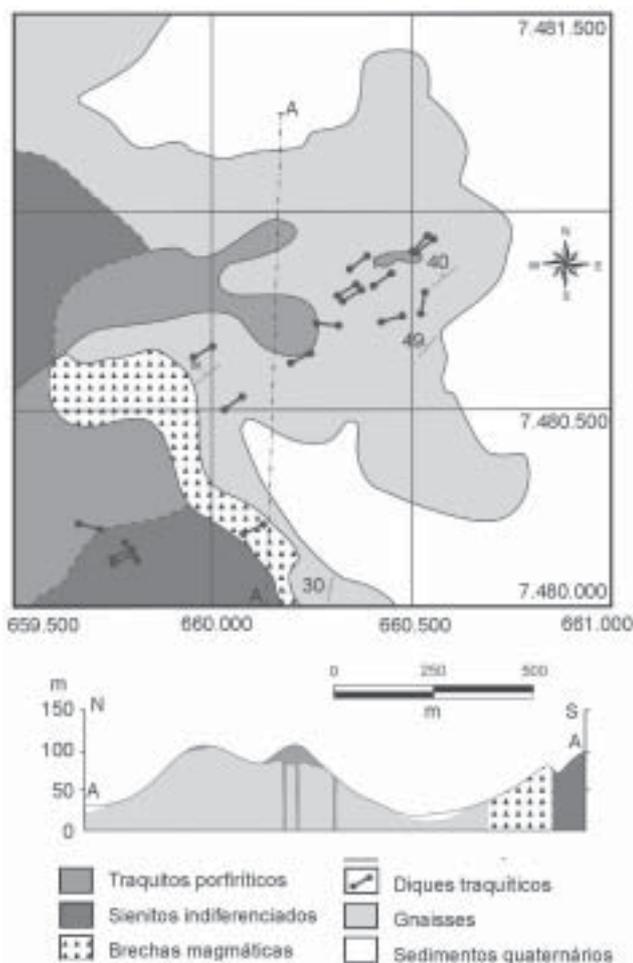
A região que foi mapeada em escala de detalhe (1:10.000) situa-se no extremo nordeste do Complexo Alcalino de Nova Iguaçu (Figura 3). Foram encontradas três unidades litológicas: sienitos, traquitos e brechas magmáticas, além das unidades encaixantes, cujas características são apresentadas adiante. As características mais marcantes dessas brechas magmáticas são a grande variedade de rochas que compõem os fragmentos produzidos, relacionados aos diversos pulsos magmáticos associados à erupção do vulcão, no período Cretáceo.

Nas zonas brechadas, quanto mais próximo ao complexo alcalino, maior a predominância de fragmentos oriundos do complexo alcalino, ou seja, de rochas tais como sienitos, traquitos e ultramáficas alcalinas. Já na borda mais próxima da encaixante, os gnaisses e migmatitos passam a ser mais abundantes. Esta zona de contato aparenta possuir atitude planar subvertical, exibindo uma quebra abrupta do relevo local, saindo de áreas mais planas para relevos mais acentuados, diferenciando duas zonas homólogas durante a cartografia geológica.

### PETROGRAFIA

#### Petrografia Tradicional

As brechas magmáticas do Complexo Alcalino de Nova Iguaçu caracterizam-se por serem suportadas pelos fragmentos, de diversas composições mineralógicas, ou seja, podem ser definidas como brechas magmáticas polimíticas ou polilitológicas, bem ilustradas



**FIGURA 3.** Mapa geológico simplificado da porção nordeste do Complexo Alcalino de Nova Iguaçu, onde estão as melhores exposições das brechas magmáticas, marcando o contato com os gnaisses da Faixa Ribeira.

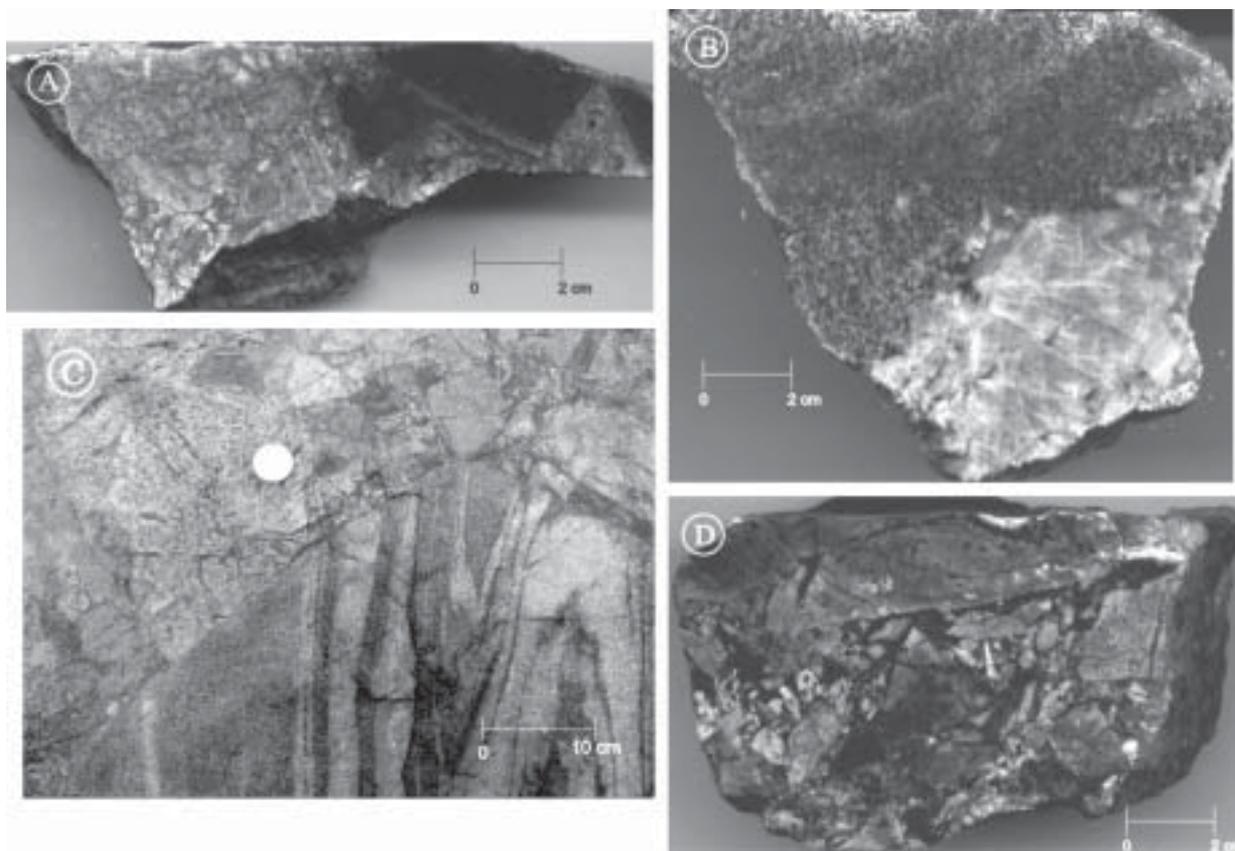
pelas fotografias da Prancha 1, circundadas por uma matriz, que representa menos de 10% de toda a rocha. Esta matriz pode ser de granulometria fina, composta por micas hidrotermais e óxidos de ferro secundários, como também pode ser de textura pegmatóide de composição sienítica, ou seja, a mesma do complexo alcalino.

Os fragmentos constituintes das brechas magmáticas são compostos por gnaisses graníticos, migmatitos, gnaisses bandados leptiníticos e metabasaltos, oriundos das unidades encaixantes ao Complexo Alcalino de Nova Iguaçu. Também foram encontrados fragmentos do complexo, ou seja, sienitos, traquitos de diferentes séries magmáticas, definidos de acordo com a classificação de Arena et al. (2005), além de rochas ultramáficas, de ocorrência muito mais rara.

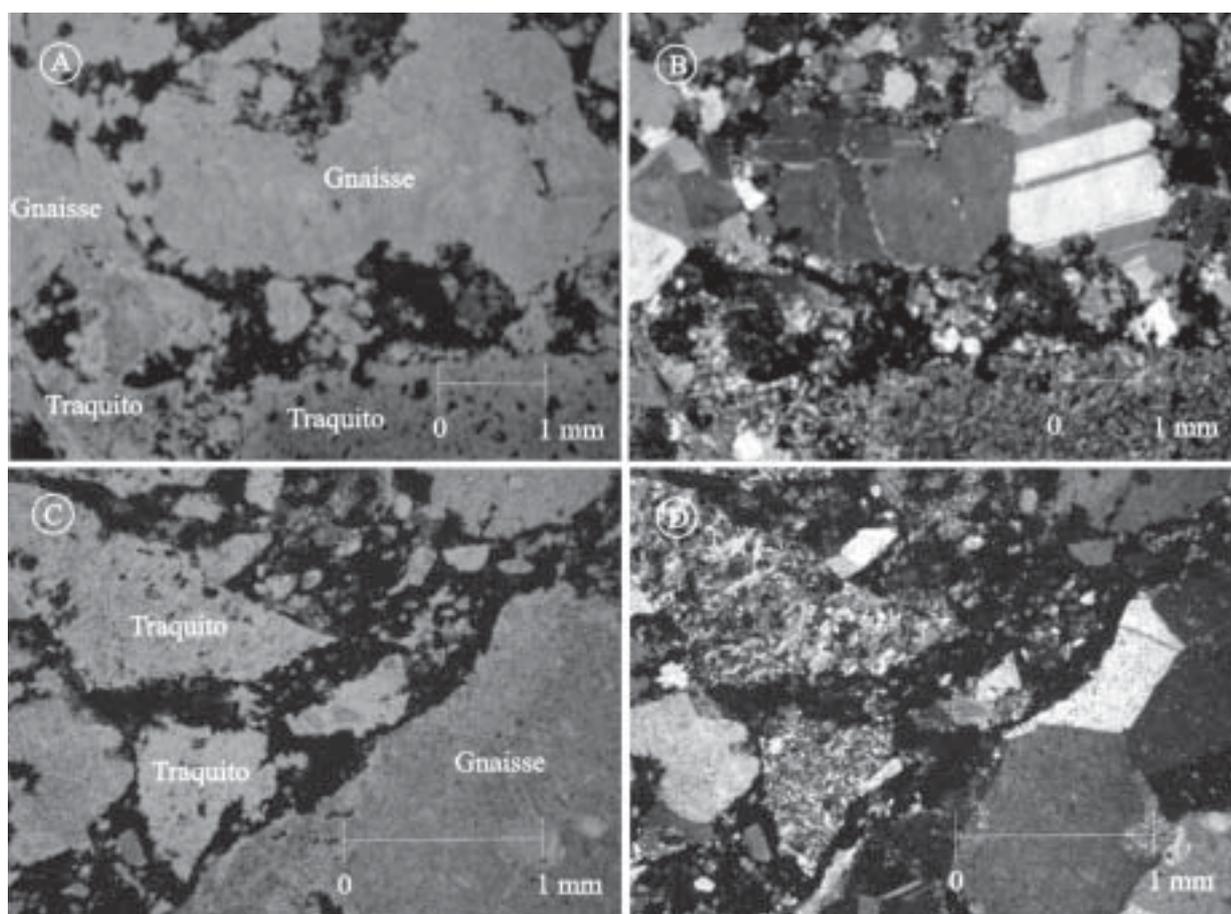
Os fragmentos apresentam-se em formas poligonais sub-regulares a irregulares, com arestas bem definidas, indicando pouco retrabalhamento durante a geração e também um mecanismo típico de fragmentação por expansão volumétrica (Jebrack, 1997), este favorecido também pela transmissão do calor do corpo alcalino, de temperatura maior, para as rochas encaixantes, de temperatura mais baixa.

Em seções delgadas, fica visível que as bordas dos fragmentos aparecem corroídas nos minerais mais susceptíveis a alteração hidrotermal (Prancha 2). Os grãos de quartzo mantiveram-se inalterados, indicando uma temperatura não muito alta dos fluidos hidrotermais, abaixo da temperatura de fusão do quartzo. Não há indícios de recristalização dinâmica dos grãos minerais. Os fragmentos possuem, além de composições variadas, dimensões diversas, desde fragmentos milimétricos a blocos de 3 m de comprimento.

A matriz das brechas magmáticas pode ser dividida em dois tipos distintos: primeiramente uma matriz composta por minerais micáceos, muscovita e clorita, conforme análises químicas semiquantitativas desta porção da matriz. Sua gênese pode ser associada à ação dos fluidos hidrotermais, corroendo as bordas dos fragmentos, alterando-os para muscovita e clorita (processos de sericitização e cloritização), típicos de mineralizações em cúpulas de corpos plutônicos (greisens). Fragmentos de minerais primários residuais, na maioria de grãos de quartzo e feldspato podem estar inserido no meio do material hidrotermalizado. A natureza deste fluido hidrotermal relaciona-se com a ascensão do magma alcalino e estes fluidos não



**PRANCHA 1.** Detalhe das brechas magmáticas. Coexistem fragmentos angulosos e de diversas variedades de tamanhos de gnaisses, plutônicas e vulcânicas do complexo alcalino, com preenchimentos de matriz fina e avermelhada, além de líquidos cristalizados com textura pegmatóide.



**PRANCHA 2.** Detalhe das bordas de corrosão nos minerais mais susceptíveis a alteração hidrotermal, indicando processos químicos atuando juntamente com processos físicos/mecânicos. À esquerda, nicóis paralelos; à direita, nicóis cruzados.

deveriam ser enriquecidos em elementos pesados, visto que os sulfetos encontrados em alguns pontos da brecha magmática são essencialmente compostos por pirita, que, quando alterada, resulta em óxidos secundários contidos na matriz. Não houve uma grande concentração de elementos pesados, nem formação de depósitos minerais de relevância.

A matriz também pode ser composta por materiais pegmatóides de composição sienítica, cristalizando feldspatos e anfibólios com até 10 cm de comprimento. Esse tipo de matriz ocorre em áreas restritas na unidade e pode ser associado à penetração do magma sienítico mais fluido por entre os blocos fragmentados. Este magma, no momento de ascensão por entre os fragmentos da brecha magmática em formação, pode ter englobado fragmentos menores, incorporando-os em seu interior. A Prancha 3 ilustra os dois tipos de matriz encontrados nas amostras de brechas magmáticas.

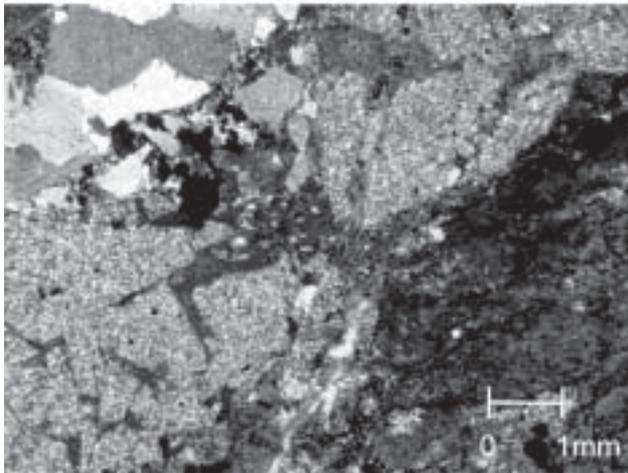
### Microscopia Eletrônica de Varredura

#### *Elétrons Secundários*

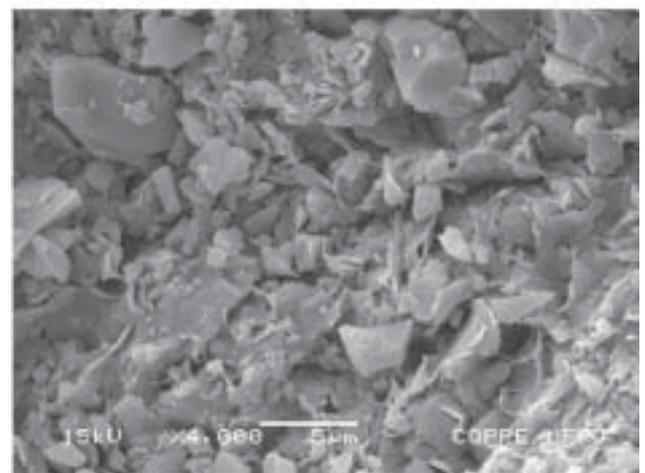
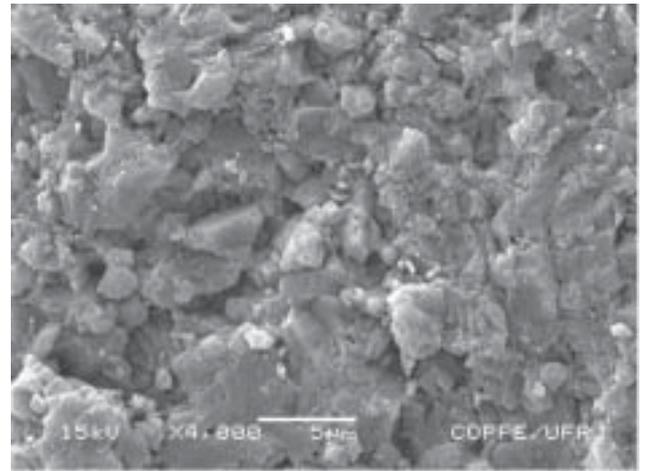
As seções de microscopia eletrônica de varredura (MEV) mostraram-se bastante satisfatórias como ferramenta auxiliar na petrografia das brechas

magmáticas do Complexo Alcalino de Nova Iguaçu. Utilizando os sinais de elétrons secundários (SE), pôde-se visualizar espacialmente os componentes das brechas em escala de alto detalhe, chegando a resoluções de até 4000x (podendo até ser maiores, de até 100.000x, o que não foi necessário), obtendo imagens *bitmap* JPEG, com paleta de tons de cinza de 8 bits. Os sinais de SE realçaram com boa precisão as principais microestruturas dos componentes e também as formas de cristalização dos minerais constituintes.

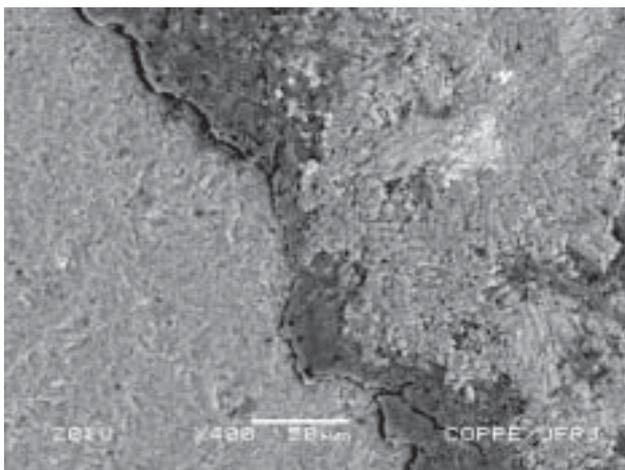
Imagens semelhantes às mostradas na Foto 1 ilustram as estruturas que são produto de processos hidrotermais, como as bordas de corrosão nos minerais mais susceptíveis a alteração e o intercrescimento dos cristais. Graças ao grande poder de aumento do MEV, foram coletadas imagens da matriz micácea das brechas e observou-se uma grande quantidade de minerais micáceos intercrescidos aleatoriamente, ou seja, sem nenhuma direção preferencial de cristalização. Graças à alta resolução, é possível diferenciar texturalmente os cristais colunares de feldspatos dos traquitos e gnaisses de lamelares, encontrados na matriz da brecha, comparando as fotografias geradas pelo MEV (Prancha 4).



**PRANCHA 3.** Detalhe da matriz pegmatóide das brechas magmáticas (acima). Este material, de composição sienítica, mostra a terceira fase de geração das brechas magmáticas. Abaixo, detalhe da matriz micácea entre os fragmentos da brecha, gerados por alteração hidrotermal.



**PRANCHA 4.** Fotomicrografia de um clasto de traquito (acima), mostrando a forma dos cristais monoclinicos característicos dos feldspatos. Abaixo, fotomicrografia da matriz micácea, mostrando a forma dos cristais placóides característicos das micas, inclusive aparecendo cristais individualizados. Sinal SE, aumento de 4.000x.



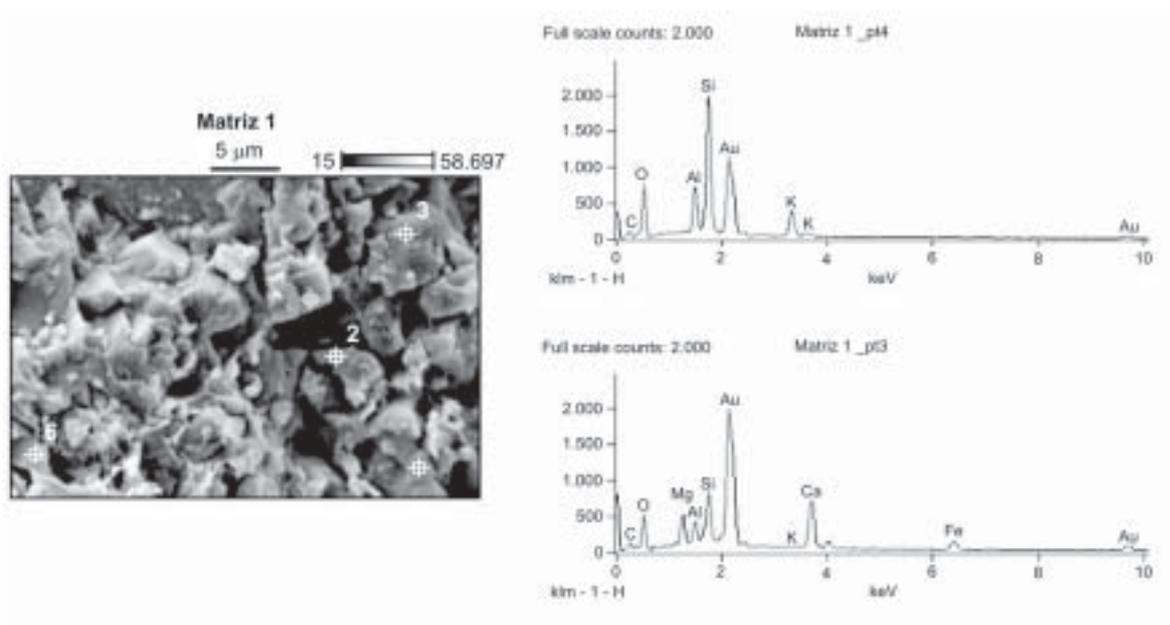
**FOTO 1.** Imagem SE do contato entre os blocos de alcalinas (abaixo, à esquerda) e gnaisses (acima, à direita). As bordas dos blocos apresentam-se corroídas, devido a ação dos fluidos magmáticos.

### ***Elétrons Retroespalhados e Medição de Energia Dispersiva***

Cada seção delgada foi bombardeada pelos feixes de elétrons, e os gráficos mostram com frequência elementos químicos formadores de micas de origem hidrotermal. Os gráficos da Figura 4 indicam composições da matriz por muscovita e clorita normativas, caracterizados pelos picos de potássio e sódio, além do silício e do alumínio. A muscovita resulta da alteração do feldspato alcalino por hidrólise e hidratação. Diferenciação de muscovita e feldspato alcalino faz-se pela observação da imagem correspondente, produzida por sinais SE. A clorita normativa, foi interpretada graças à presença de picos de magnésio e ferro nos gráficos EDS, possivelmente oriundos de minerais máficos e opacos das encaixantes, carregados do fluido hidrotermal, além do silício e do alumínio. Também foram observados picos de cálcio, podendo estar

associados a plagioclásios e máficos. Os picos de ouro aparecem em todas as amostras, devido ao processo

de metalização da amostra, indispensável para a geração das imagens.



**FIGURA 4.** Análises EDS em amostras de matriz das brechas magmáticas: o gráfico superior, mostra a composição normativa da muscovita e o inferior, a composição da clorita. Os picos de ouro referem-se a superfície de metalização da amostra, indispensável para as análises.

## DISCUSSÃO

### PROPOSTA DE CLASSIFICAÇÃO

As brechas magmáticas foram classificadas de acordo com as descrições de afloramentos, juntamente com preparação de seções polidas e delgadas, para análises mesoscópicas e petrográficas, em microscópio de luz polarizada e microscopia eletrônica de varredura, além de consultas bibliográficas, levando-se em conta os critérios de descrição relacionados a seguir.

- 1) Relação entre matriz e clastos. O conceito de matriz independe da composição e do tamanho dos grãos, referindo-se apenas as partículas que bordejam os grãos maiores, geralmente dando maior coesão. As rochas que apresentam matriz entre 1 a 30%, são chamadas de brechas, se o percentual de matriz estiver entre 30 e 90%, a rocha passa a ser denominada aglomerado. As brechas magmáticas em geral costumam ser basicamente compostas por fragmentos de rochas derivadas do corpo intrusivo e de rochas encaixantes, produzidas pela fragmentação das encaixantes, devido à intrusão, ou seja, a capacidade de gerar matriz é muito pequena, possuindo porcentagem composicional reduzida.
- 2) Feições dos clastos. Os clastos guardam características importantes uma vez que a sua forma é

definida através do contato entre as rochas encaixantes e corpos magmáticos com temperatura superior, ou, no caso de brechas de falha, pela fricção de dois planos de rochas. A classificação dos clastos pela sua feição implica na observação dos seguintes parâmetros:

- a) Forma dos clastos – os clastos podem possuir variados graus de arredondamento e esfericidade, podendo indicar possível retrabalhamento;
- b) Composição – os clastos podem possuir composição mineralógica igual ou diferente da matriz e também os clastos podem ter apenas um tipo litológico (monolíticos) ou dois ou mais tipos (polilitológicos);
- c) Orientação – os clastos podem estar orientados, indicando um possível registro de fluxo;
- d) Contato matriz-clasto – os contatos entre os clastos e a matriz podem ser bruscos ou graduais, podendo indicar uma relação genética entre ambos;
- e) Origem dos clastos – podem ser oriundos das rochas encaixantes ou de rochas não adjacentes;
- f) Presença de hidrotermalização – vestígios de fluidos hidrotermalizados nos clastos;

- g) Maturidade textural – a própria distribuição das unidades de brechas magmáticas dentro do contexto geológico local pode trazer algumas respostas em relação ao modo como o corpo conseguiu atingir e se alojar na crosta terrestre, formando a câmara subvulcânica, ou até mesmo a própria erupção. A mudança gradual da composição total da unidade pode implicar a forma do corpo e até a classificação do complexo plutônico, quanto ao número de pulsos magmáticos (monogênicos ou poligênicos).
- 3) Feições da matriz. A geração da matriz pode estar associada, no caso das brechas magmáticas do Complexo Alcalino de Nova Iguaçu, à capacidade de cominuição da rocha durante o *emplacement* do corpo ou à presença de elementos voláteis no mesmo.

A Tabela 1 mostra, em resumo, os critérios descritivos para a descrição de qualquer tipo de brecha magmática, formada pela ascensão de magmas formadores de câmaras.

**TABELA 1.** Critérios a serem observados para a descrição de brechas magmáticas.

Componentes	Características
Relações matriz-clasto	Brecha (até 30% matriz)
	Aglomerado (acima 30% matriz)
Clasto	Forma
	Composição
	Orientação
	Contato matriz-clasto
	Origem
	Maturidade textural
	Presença de hidrotermalização
Matriz	Composição
	Orientação
	Presença de hidrotermalização

## EVOLUÇÃO

A natureza de fragmentação de brechas magmáticas, oriundas de contatos dos corpos magmáticos intrusivos, pode ser explicada pelo processo de diferenciação magmática, de acordo com MacDonald (1972). Com o decorrer do processo de fracionamento, a concentração de gases no alto da câmara e o posterior rompimento do teto, pedaços do duto e do próprio magma contribuirão para a formação de fragmentos que compõem as brechas. Se a pressão confinante for alta o suficiente, as brechas são produzidas ao longo das bordas dos corpos ígneos. Como nos afloramentos foram vistos mais de um tipo de traquito e a grande

quantidade de fragmentos de composição alcalina distribuídos pela unidade, diminuindo a concentração à medida que se afasta do Complexo Alcalino de Nova Iguaçu, fica bastante evidente a natureza não monogênica do complexo. De acordo com Tilling (1999), os gases contidos no magma escapam do mesmo facilmente caso ele seja pouco viscoso, o que é o caso da área estudada.

Cada pulso magmático ocorrido na época de atividade do vulcão pode ser dividido em três fases, em termos de geração das brechas magmáticas: a primeira fase é representada pela fragmentação do corpo de rocha encaixante através da pressão do magma e dos voláteis incluídos no topo da câmara, ou seja, a primeira fase pode ser caracterizada por um mecanismo essencialmente físico, com quebra por ação da pressão do magma, incluindo o efeito da diferença térmica entre o complexo alcalino e as rochas encaixantes. Nos contatos com os gnaisses, as trocas térmicas entre os mesmos e o sienito podem afetar as interações mecânicas, implicando diminuição da temperatura por onde houve fluxo de magma, que possivelmente atingiu a superfície. As brechas magmáticas podem estar associadas, por outro lado, mais com as zonas de contenção da pressão magmática, onde ocorreram fluxos de menor intensidade, do que nos condutos principais de ascensão de piroclastos.

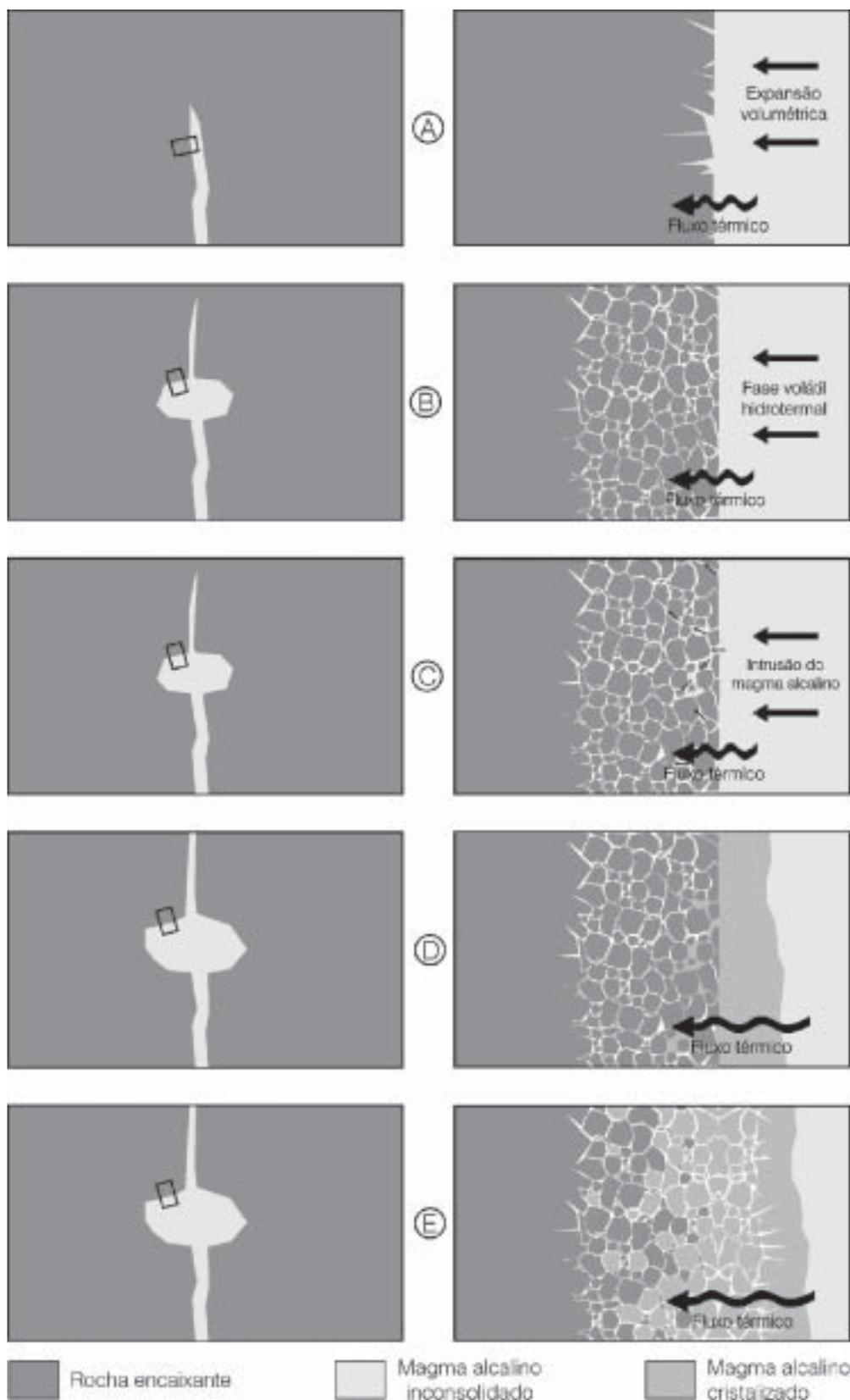
A segunda fase de formação das brechas resume-se na penetração desses voláteis pelos interstícios entre os blocos fragmentados e a reação entre as bordas dos blocos com os gases, gerando a matriz micácea e corroendo a borda dos minerais mais susceptíveis à alteração hidrotermal. A percolação de gases pelos espaços produzidos pela quebra (*break-up*) das rochas encaixantes no momento anterior pode ser definido como um processo hidrotermal. Como essas rochas têm na composição quase essencialmente feldspatos alcalinos (altos K e Na; baixos Fe e Mg), a formação de cloritas hidrotermais pode estar associada ao carregamento dos elementos químicos constituintes do mineral pelo fluido; mesmo assim o que se observa é que esta fase volátil do magma sienítico é bastante empobrecida em elementos como Fe e Mg.

A terceira fase da formação refere-se à própria intrusão do magma nos espaços entre os blocos fragmentados, cristalizando-se lentamente e formando a matriz de textura traquítica até pegmatóide.

Em posteriores eventos de pulsos magmáticos, os processos se repetem, só que na primeira fase de brechação, descrita anteriormente, as bordas do corpo alcalino e as próprias brechas formadas no pulso anterior também se fragmentam, gerando clastos e blocos de rochas alcalinas e até das próprias brechas em toda a extensão da unidade.

A Figura 5 ilustra todo o processo de formação das brechas magmáticas do Complexo Alcalino de

Nova Iguaçu, a partir da descrição das próprias amostras das brechas coletadas no local.



**FIGURA 5.** Esquema da evolução do *emplacement* do Complexo Alcalino de Nova Iguaçu, à direita. No detalhe, a formação das brechas magmáticas, durante a formação da câmara. Os tempos A até D correspondem ao primeiro pulso magmático. O tempo E representa outros pulsos, onde a própria unidade sofre o mesmo processo.

## CONCLUSÕES

As ferramentas utilizadas para descrição das brechas magmáticas de colapso do Complexo Alcalino de Nova Iguaçu mostraram ser eficientes para a sua caracterização, permitindo a reconstrução dos processos de formação das brechas e as formas de intrusão nas rochas encaixantes.

No mapeamento de detalhe, além da localização das unidades na área, foi realizada a descrição da variação composicional da unidade em termos da disposição dos blocos. A característica mais marcante das brechas magmáticas relaciona-se com sua composição litológica, que varia de acordo com a proximidade com o corpo alcalino, aumentando a proporção de clastos compostos por rochas alcalinas com a proximidade do contato com a intrusão.

As análises de afloramentos, amostras de mão e seções serradas e polidas das amostras mostraram as relações de contato entre matriz e clastos, em geral abruptas, além de permitir a descrição geométrica dos clastos.

Os clastos possuem grande variedade de tamanhos (desde milímetros a até 3 m de comprimento) e composições (desde gnaisse e migmatitos da Faixa Ribeira, sienitos, traquitos, até ultramáficas lamprofíricas). Geralmente possuem perfis poligonais, de regulares a irregulares, sem indícios de retrabalhamento por algum outro processo.

Em escala microscópica, a visualização das superfícies dos grãos minerais permitiu descrever o

resultado dos processos hidrotermais, além da visualização de fragmentos de tamanhos microscópicos residuais destes processos. Estes processos deixaram como conseqüências a corrosão das bordas dos fragmentos com minerais mais susceptíveis a alteração hidrotermal, tais como feldspatos alcalinos e minerais máficos e acessórios e a produção de matriz de composição micácea.

As análises de microscopia eletrônica de varredura complementaram as observações feitas ao microscópio petrográfico, em termos de geometria dos fragmentos e disposição dos minerais constituintes da matriz, além de permitir diferenciá-los. Foi também instrumento fundamental para a realização das análises semiquantitativas, permitindo determinar a composição normativa dos minerais constituintes da matriz das brechas não realizável pela petrografia óptica. De acordo com as análises, pode-se afirmar que a composição normativa dos minerais constituintes da matriz micácea é dada por muscovitas e cloritas, intercrescidas aleatoriamente, decorrendo de processos de sericitização e cloritização.

A sumarização das características composicionais e texturais da brecha permitiu a proposição de um modelo da evolução desta unidade, importante na reconstrução e na compreensão dos processos de intrusão nas unidades gnáissicas, permitindo a sua aplicação a outros corpos intrusivos gerados a partir de câmaras magmáticas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALMEIDA, F.F.M. Distribuição regional e relações tectônicas do magmatismo pós-Paleozóico no Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 16, p. 325-349, 1986.
2. ALMEIDA, F.F.M.; CARNEIRO, C.D.E.; MIZUSAKI, A.M.P. Correlação do magmatismo das bacias da margem continental brasileira e como das áreas emersas adjacentes. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 3, n. 26, p. 125-138, 1996.
3. ALVES, A.P.R.; GERALDES, M.C.; MOTA, C.E.M.; VALENTE, S.C. Aplicação de microsonda eletrônica e MEV/EDS em estudos petrológicos das rochas alcalinas do Maciço do Mendanha. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 9 e SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 13, 2005, Niterói. **Resumos...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Geologia/Núcleos do Rio de Janeiro e de Minas Gerais, P84, CD-ROM.
4. AMARAL, G.; BUSHEE, J.; CORDANI, U.G.; KAWASHITA, K.; REYNOLDS, J.H. Potassium-argon ages of alkaline rocks from southern Brazil. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v. 31, p. 117-142, 1967.
5. ARENA, M.C.; SILVEIRA, L.S.; DUTRA, T.; CORVAL, A.; VALENTE, S. Geologia e petrologia dos traquitos e sienitos da Pedreira Vigné, Nova Iguaçu, RJ. In: SIMPÓSIO DE VULCANISMO E AMBIENTES ASSOCIADOS, 3, 2005, Cabo Frio. **Boletim de Resumos...** Sociedade Brasileira de Geologia, 2005, p. 109-114.
6. GRUBENSKY, M.J.; SMITH, G.A.; GEISSMAN, J.W. Field and paleomagnetic characterization of lithic and scoriaceous breccias at Pleistocene Broken Top Volcano, Oregon Cascades. **Journal of Volcanology and Geothermal Research**, v. 83, p. 93-114, 1998.
7. HERZ, N. Timing of spreading in the South Atlantic: Information from the Brazilian alkalic rocks. **Geological Society of America Bulletin**, v. 88, p. 101-122, 1977.
8. JÉBRACK, M. Hydrothermal breccias in vein-type deposits: a review of mechanisms, morphology and size distribution. **Ore Geology Reviews**, v. 12, p. 111-134, 1997.
9. KLEIN, V.C. **O Vulcão alcalino de Nova Iguaçu-RJ: controle estrutural e processo de erupção**. Rio de Janeiro, 1993. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
10. KLEIN, V.C.; VALENÇA, J.G.; VIEIRA, A.C. Ignimbritos do vulcão de Nova Iguaçu e da “Chaminé do Lamego”, Rio de Janeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, 1984, Rio de Janeiro. **Boletim de Resumos...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Geologia, 1984, p. 4346-4354.
11. LEAL, L.H.M. **Fundamentos de Microscopia**. Rio de Janeiro: EDUERJ, 120 p., 2000.

12. MacDONALD, G.A. **Volcanoes**. Prentice Hall, 509 p., 1972.
13. MOTA, C.E.M. & GERALDES, M.C. As brechas tectônicas no maciço do Mendanha, Nova Iguaçu – RJ: registros de processos de colapso por pressão de magma. In: SIMPÓSIO DE VULCANISMO E AMBIENTES ASSOCIADOS, 3, 2005, Cabo Frio. **Boletim de Resumos...** Sociedade Brasileira de Geologia, 2005, p. 381-386.
14. MOTA, C.E.M.; ALVES, A.P.R.; GERALDES, M.C. O uso do MEV aplicado a Petrologia: o caso das brechas de colapso do Complexo Alcalino de Nova Iguaçu – RJ. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 9 e SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 13, 2005, Niterói. **Resumos...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Geologia/ Núcleos do Rio de Janeiro e de Minas Gerais, CD-ROM.
15. RODRIGUEZ-LOSADA, J.A. & MARTINEZ-FRIAS, J. The felsic complex of the Vallehermoso Caldera: Interior of an ancient volcanic system (La Gomera, Canary Islands). **Journal of Volcanology and Geothermal Research**, v. 137, p. 261-284, 2004.
16. SONOKI, I.K. & GARDA, G.M. Idades K-Ar de rochas alcalinas do Brasil Meridional e Paraguai Oriental: compilação e adaptação às novas constantes de decaimento. **Boletim IG-USP**, Série Científica, v. 19, p. 63-85, 1988.
17. THOMAZ FILHO, A. & RODRIGUES, A.L. O alinhamento de rochas alcalinas Poços de Caldas-Cabo Frio (RJ) e sua continuidade na cadeia Vitória Trindade. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 29, n. 2, p. 275-280, 1999.
18. THOMAZ FILHO, A.; CESERO, P.; MISUZAKI, A.M.; LEÃO, J.G. Hot spot volcanic tracks and their implications for South American plate motion, Campos Basin (Rio de Janeiro State), Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 18, n. 3-4, p. 383-389, 2005.
19. TILLING, R.I. **Volcanoes**. United States Geological Survey, U.S. Printing Office, 44 p., 1999.

*Manuscrito Recebido em: 23 de março de 2006*

*Revisado e Aceito em: 4 de agosto de 2006*