



**UNIVERSIDADE DO ESTADO DO
RIO DE JANEIRO
DEPARTAMENTO DE MINERALOGIA E
PETROLOGIA ÍGNEA**



**Guia de excursão geológica - 1
Parque Municipal de Nova Iguaçu – RJ
Versão 1.0, setembro de 2010**



Akihisa Motoki
Thais Vargas

Departamento de Mineralogia e Petrologia Ígnea,
Universidade do Estado do Rio de Janeiro,
rochasornamentais@yahoo.com.br, thaisvargasuerj@gmail.com

Patrimônio científico insubstituível

O Parque Municipal de Nova Iguaçu situa-se no limítrofe nordeste do maciço Mendanha, nas coordenadas aproximadas de 22°47'S, 43°28'W. O acesso principal deste parque é o caminho ao longo do Vale do Rio Dona Eugênia, com a direção do fluxo de WSW para ENE, chamado de Estrada de Cachoeira (Motoki et al., 2008a). Este rio delimita o município de Nova Iguaçu ao lado norte e de Mesquita ao lado sul.

Desde 1980 até o 2004, foi considerado que no Parque Municipal existe o vulcão extinto existente no Brasil com o edifício vulcânico e a cratera (Klein & Vieira, 1980; Klein et al., 1984), que foi chamado de Vulcão de Nova Iguaçu (Figura 1A). De fato, existem rochas relacionadas às atividades explosivas de erupção vulcânica, tal como lapilli e brecha vulcânica. A idade de erupção é considerada como de 60 Ma (milhões de anos atrás a partir do presente) com base nas datações pelo método Ar-Ar laser-spot, que correspondente ao Eoceno, sendo logo após a extinção de dinossauros (Motoki et al., 2007a). Obviamente, não há nenhuma possibilidade de entrar em erupção de novo.

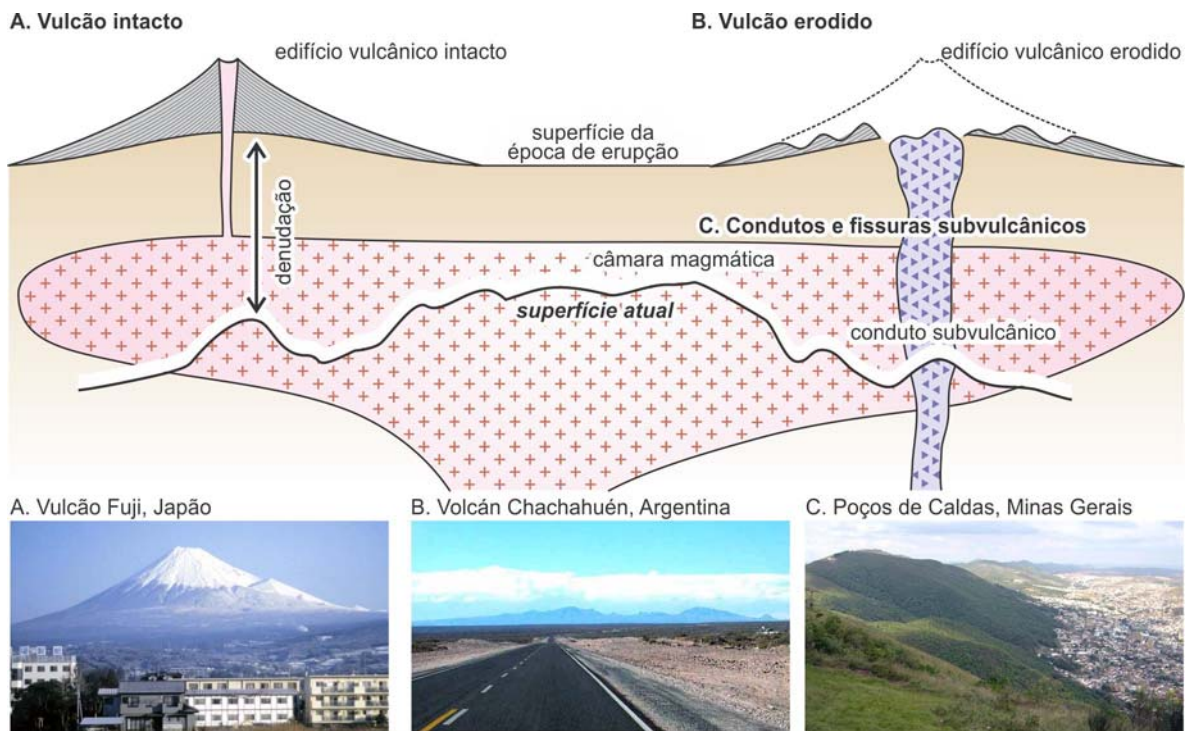


Figura 1. Exemplo de vulcão intacto (A) vulcão profundamente erodido (B) e estrutura subvulcânica (C), modificado de Motoki et al. (2007a). Não se trata o caso C de um vulcão devido à eliminação total do edifício vulcânico por denudação regional.

Entretanto, as pesquisas geológicas ao longo deste do Vale do Rio Dona Eugênia com base na vulcanologia moderna (Motoki et al., 2007b) revelaram que as exposições geológicas atuais correspondem à estrutura subterrânea de 3 km de profundidade abaixo da superfície da época de erupções (Figura 1C). As erupções vulcânicas ocorreram e foram formados provavelmente as crateras e os edifícios vulcânicos. Entretanto, a superfície da Terra daquele tempo é muito mais alta relativa à do presente, correspondendo a cerca de 3000 m de altitude atual. Os edifícios vulcânicos estariam acima deste nível. Entretanto, o ponto culminante do maciço mendanha é de 949 m, sendo cerca de 2000 m mais baixo. O fato indica que os edifícios vulcânicos e os depósitos eruptivos foram completamente eliminados

por soerguimento regional e conseqüente denudação (Motoki & Sichel, 2006). Neste sentido, não há vulcão preservado em Nova Iguaçu e as exposições geológicas atuais são as estruturas geológicas subvulcânicas. Esta idéia foi incorporada na ilustração da placa de divulgação científica com base no projeto Caminhos Geológicos do Departamento de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro (DRM-RJ) como a opinião nova com base nas pesquisas recentes.

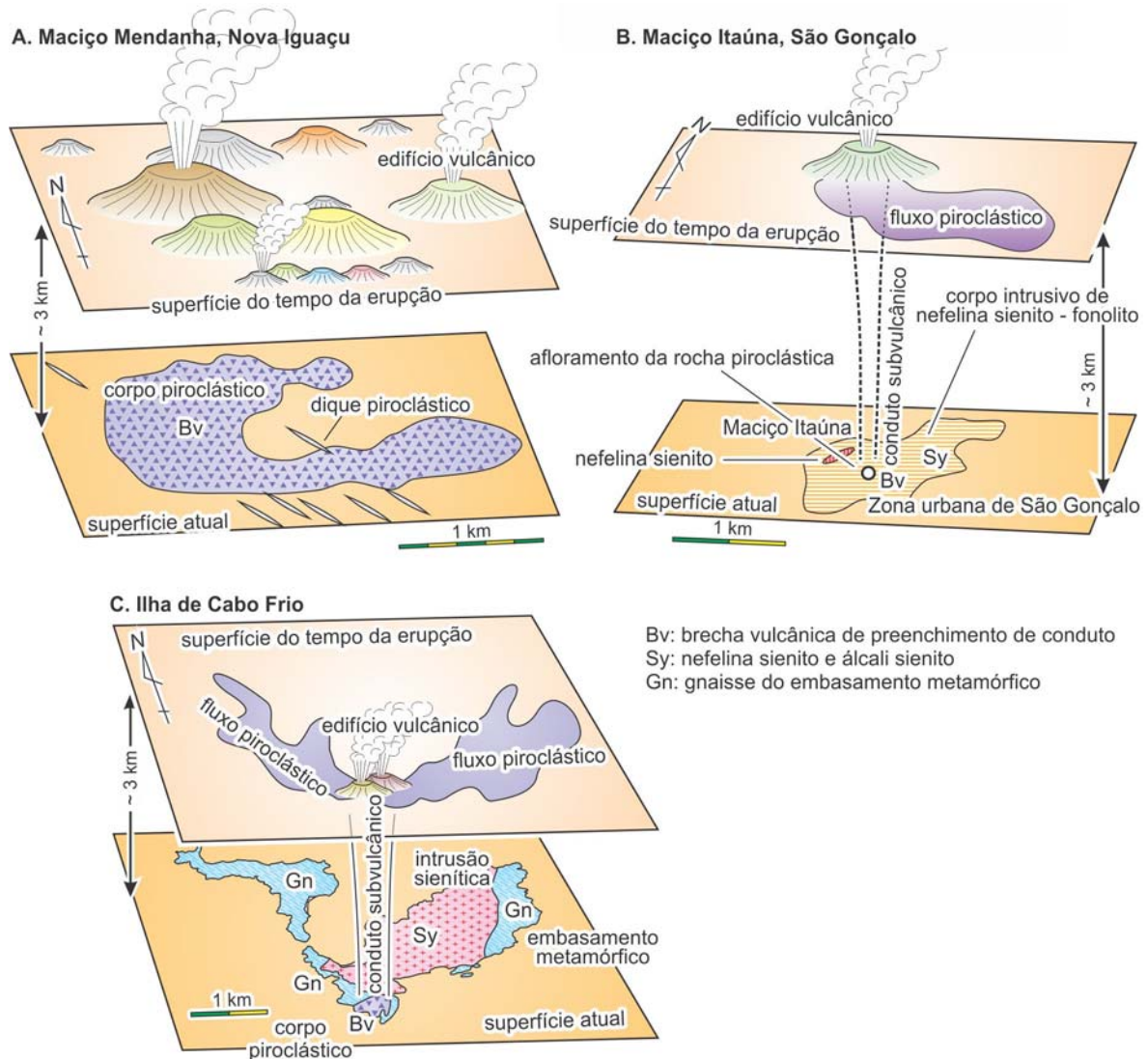


Figura 2. Ilustrações esquemáticas explicativas das estruturas subvulcânicas do Estado do Rio de Janeiro, conforme Motoki et al. (2008c): A) Complexo intrusivo de Mendanha, Município de Nova Iguaçu; B) Itaúna, São Gonçalo; C) Ilha de Cabo Frio, Arraial do Cabo.

A geologia do Parque Municipal de Nova Iguaçu não apresenta feições vulcânicas, tais como cratera, edifício vulcânico, fluxo de lava, fluxo piroclástico e bomba vulcânica (Motoki et al., 2007c). Ex-diretor do Parque Municipal comentou que os turistas reclamaram por não ter encontrado o vulcão. Por outro lado, o Parque Municipal expõe a estrutura subvulcânica do nível da base de câmara magmática, correspondendo ao reservatório do magma presente abaixo de vulcão, e condutos subvulcânicos (Motoki et al., 2008b), ao caminho para ascensão do magma à superfície da Terra. Essas feições têm importância científica comparável ou superior às do próprio vulcão, sendo um importante patrimônio

científico de geologia. Os estudos recentes nos maciços de rochas alcalinas de Itaúna, Tanguá e da Ilha de Cabo Frio também demonstraram resultados similares (Motoki et al., 2008b; Sichel et al., 2008; Motoki et al., 2010a; b).

Ao longo do Vale de Rio Dona Eugênia, encontram-se as feições subvulcânicas que demonstram quais são as estruturas geológicas abaixo de vulcões, qual tipo de erupções ocorreram e quais são os processos subterrâneos que provocaram as erupções explosivas (Motoki et al., 2008c). Neste sentido, o Parque Municipal de Nova Iguaçu é considerado como um patrimônio científico insubstituível de geologia. A presente guia de excursão geológica foi elaborado para alunos universitários que já receberam disciplina de geologia geral, porém acredita-se que é útil também para os demais leitores.

Objetivos

A presente excursão geológica objetiva observações dos seguintes corpos geológicos, estruturas geológicas e rochas: 1) Ortognaisse do embasamento metamórfico; 2) Álcali sienito de corpo intrusivo; 3) Brecha intrusiva na base do corpo intrusivo; 4) Brecha de preenchimento de conduto e fissura; 5) Fratura de alívio de sobrecarga e deslizamento de lasca rochosa; 6) Alteração metassomática por fluídos ao longo de fraturas.

Ortognaisse é uma rocha metamórfica de alto grau originada de granito (Figura 3) e é composta de quartzo, feldspato alcalino, plagioclásio e biotita. A composição mineralógica é similar àquela de granito. Esta rocha é o componente principal do embasamento continental desta região. A rocha é caracterizada texturalmente por camadas alternadas de cor escura e cor clara denominada bandamento. A diferença das cores é devido aos minerais constituintes.

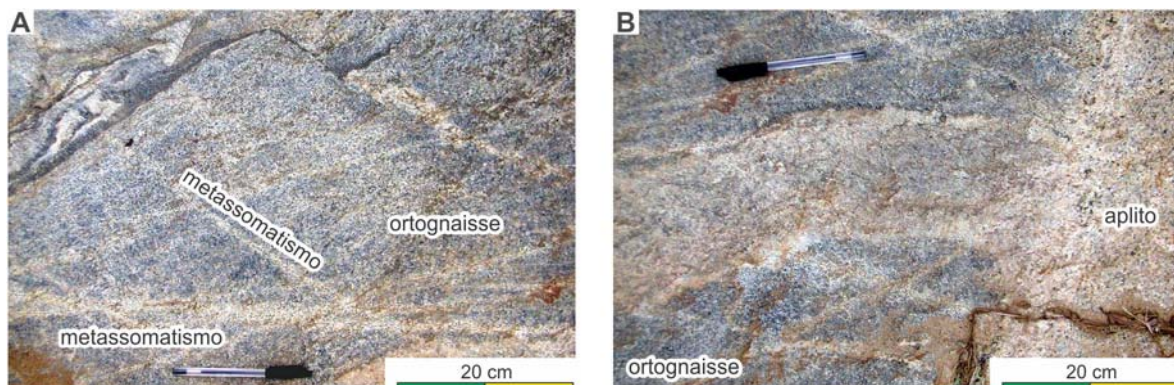
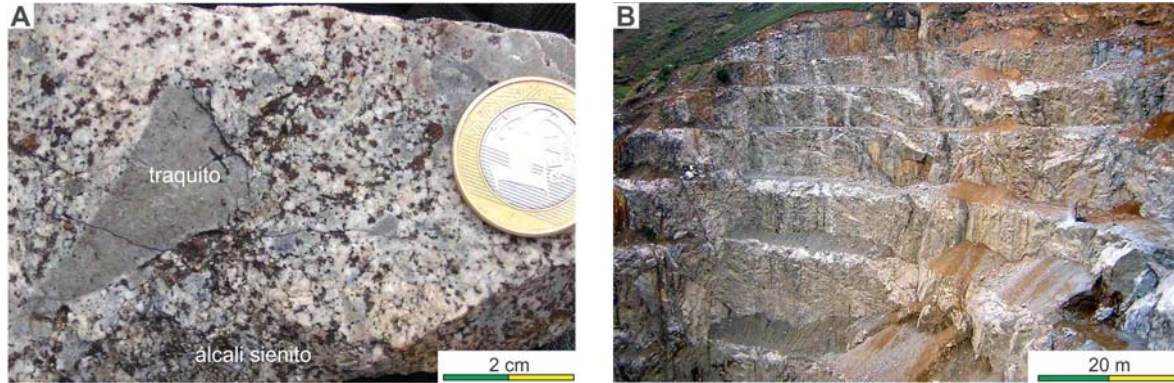


Figura 3. Ortognaisse exposto no Bairro Coréia, Município de Mesquita: A) Ortognaisse com alteração metassomática ao longo de fraturas; B) Ortognaisse cortado por veio de aplito.

Álcali sienito é uma rocha ígnea de granulometria grossa de aparências visuais similares a granito (Figura 4). É a rocha constituinte principal da borda oeste do complexo intrusivo do maciço Mendanha, cuja exposição representativa ocorre na Pedreira Vigné nas coordenadas de 22°46'S, 43°28'W. Essas são formadas através de resfriamento lento do magma em localidades subterrâneas. O posicionamento do magma abaixo da superfície da Terra é chamado de intrusão, o espaço na crosta preenchido por magma é denominado câmara magmática e o corpo geológico formado por intrusão e resfriamento magmático é denominado corpo intrusivo ou plutão. É a rocha muito rara no mundo, porém no Estado do Rio de Janeiro, ocorrem complexos intrusivos de Itatiaia (Brotzu et al., 1997), Mendanha (Petraakis et al., 2010), Tanguá, Soarinho (Motoki et al., 2010a) e Ilha de Cabo Frio (Motoki et al., 2010b). Sendo diferente de granito, álcali sienito não contém quartzo, é constituído principalmente por feldspato alcalino, clinopiroxênio e/ou anfibólio e biotita. O prefixo “álcali” não significa que a rocha é quimicamente alcalina, mas sim, é abundante em

feldspato alcalino, em torno de 90% em volume. Quando a rocha contém mais de 10% em volume de nefelina, é chamada de nefelina sienito. A existência de nefelina é devido ao alto teor de sódio e potássio em comparação com a sílica e tais rochas são chamadas de rochas alcalinas. Nefelina sienito ocorre nos complexos intrusivos de Itaúna (Motoki et al., 2008b) e Morro de São João (Brotzu et al., 2008), além dos corpos intrusivos acima citados.



‘Figura 4. Álcali sienito da Pedreira Vigné, limítrofe nordeste do maciço Mendanha: A) Álcali sienito contendo xenólito angular de traquito da primeira geração; B) Pedreira Vigné que extrai álcali sienito e traquito da primeira geração para brita.

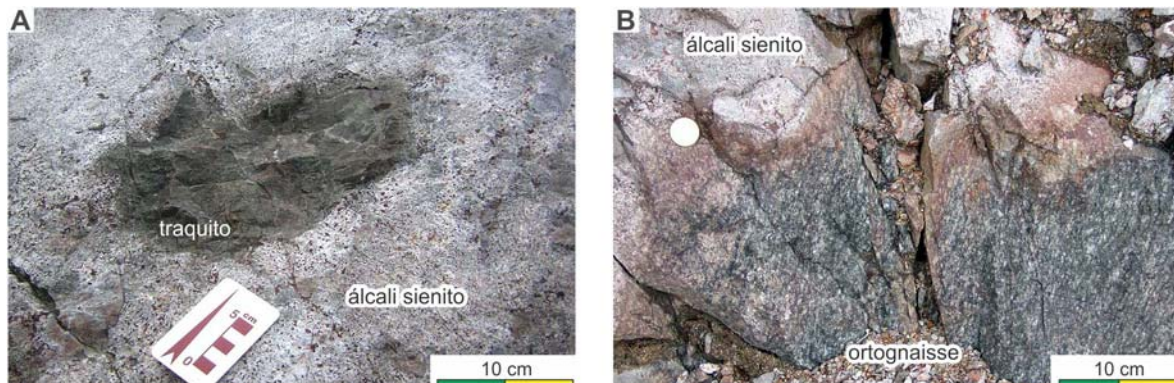


Figure 5. Xenólitos capturados por magma de álcali sienito, Pedreira Vigné: A) Traquito da primeira geração; B) Ortognaisse.

Brecha é a rocha composta de fragmentos de outras rochas e, os fragmentos são chamados de xenólito ou clasto. A brecha intrusiva é a brecha formada por intrusão de magma, ou seja, posicionamento do em localidades subterrâneas. O maciço mendanha é constituído principalmente por nefelina sienito e álcali sienito. A intrusão ocorreu em uma profundidade de 3 km formando a câmara magmática de extensão horizontal que é maior do que 15 km x 5 km. A exposição atual corresponde à base da câmara magmática daquele tempo. Durante a intrusão o magma capturou a rocha encaixante em fragmentos chamados de xenólito (Figure 4A, 5) e os xenólitos afundam e se acumulam na base da câmara magmática. Desta forma, hoje em dia, os xenólitos são encontrados na base do corpo intrusivo na proximidade de zona de contato com a rocha encaixante de ortognaisse.

Existe também um outro tipo de rocha constituída de fragmentos que é formado por erupção vulcânica explosiva, denominado rocha piroclástica. Caso o tamanho representativo é menor do que 2 mm, a rocha é chamada de tufo, de 2 a 64 mm, é de chamada de lapilli e, maior do que 64 mm, é denominada brecha ou aglomerado. No caso das regiões vulcânicas,

os fragmentos lançados a partir da cratera se acumulam na superfície. Entretanto, no caso da brecha subvulcânica do Mendanha, a superfície da época da erupção e depósitos eruptivos não estão mais preservados sendo eliminadas por denudação regional. As rochas expostas foram posicionadas em cerca de 3 km de profundidade. Portanto, a brecha encontrada é de preenchimento de conduto subvulcânico em que o magma subiu para a superfície (Figura 6).

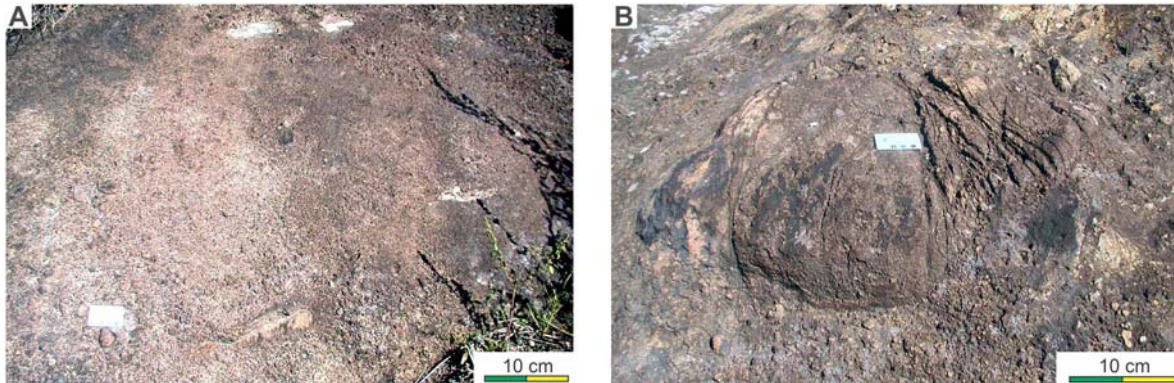


Figura 6. Brecha de preenchimento de conduto vulcânico na Pedra da Contenda: A) Brecha com clastos pequenos, menor do que 5 cm; B) Brecha com um clasto grande de 90 x 60 cm. O clasto da foto B apresenta fraturas originadas de forte impacto.

As fraturas de alívio de sobrecarga e deslizamento de lasca rochosa são fenômenos geológicos recentes, de apenas de milhares de anos, que ocorreram na superfície da Terra. Quando a erosão remove a sobrecarga do corpo rochoso, formam-se fraturas paralelas à superfície, denominada fraturas de alívio de sobrecarga. A lasca formada pela esta fratura desliza pela força gravitacional, o fenômeno denominado deslizamento de lasca (Figura 7), chamado também de rock-slide.

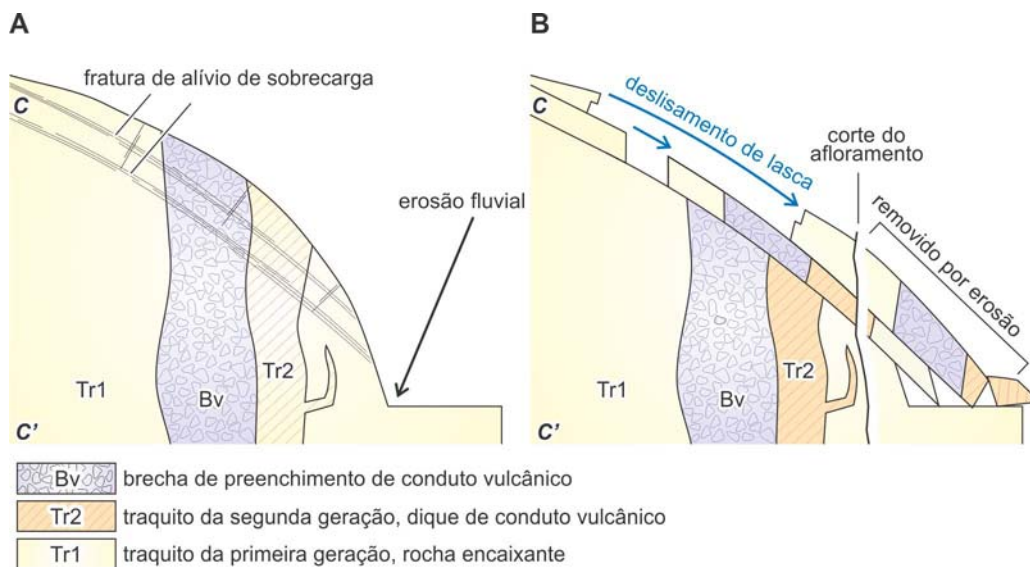


Figura 7. Princípio de formação e ocorrência de: A) Fraturas de alívio de sobrecarga; B) Deslizamento de lasca rochosa. A ilustração é confeccionada com base nas observações do afloramento no Vale de Dona Eugênia, segundo Motoki et al. (2007b).

Na crosta continental, existem fluidos compostos principal de H₂O e esses podem provocar alteração de rochas. Os fluidos de temperatura inferior ao ponto crítico de H₂O, cerca de 374°C está em estado líquido e chamados de líquido hidrotermal. A alteração de rocha por líquido hidrotermal é denominada hidrotermalismo. Caso os fluidos são de temperatura superior, sendo hiper-críticos, a alteração é chamada de metassomatismo. No roteiro, encontram-se duas localidades em que ocorrem metassomatismo ao longo de fraturas, na Coréia no ortognaisse (Figura 3) e nas Feições Misteriosas no álcali sienito.

História geológica

Os corpos geológicos acima citados foram formados em seguinte ordem (Figura 8): 1) Metamorfismo da orogenia Pan-Africana formou o ortognaisse em torno de 530 Ma (Heilbron et al., 2003) em uma profundidade de 15 km ou maior; 2) Intrusão precursora do magma alcalino félsico formando o corpo intrusivo de traquito da primeira geração no Eoceno, em torno de 60 Ma (Motoki et al., 2007b); 3) Intrusão principal do magma de álcali sienito e nefelina sienito formando o plutão de Mendanha durante o mesmo evento de magmatismo alcalino (Motoki et al., 2010c); 4) Intrusão de diques de traquito da segunda geração (Motoki et al., 2007a); 5) Intrusão de brecha subvulcânica na exposição atual, ou seja, a extrusão de fluxos piroclásticos na superfície da Terra daquele tempo (Motoki et al., 2007c); 6) Intrusão de últimos diques do referido evento magmático (Motoki et al., 2007b); 7) Soerguimento tectônico e conseqüente denudação regional de 3 km de profundidade no Paleogeno, provavelmente no período de 60 a 40 Ma (Motoki et al., 2008a); 8) Hoje, as rochas de posicionamento subterrâneo estão expostas na superfície e ocorre a formação de fraturas de alívio de sobrecarga e deslocamento de lasca (Motoki et al., 2007b).

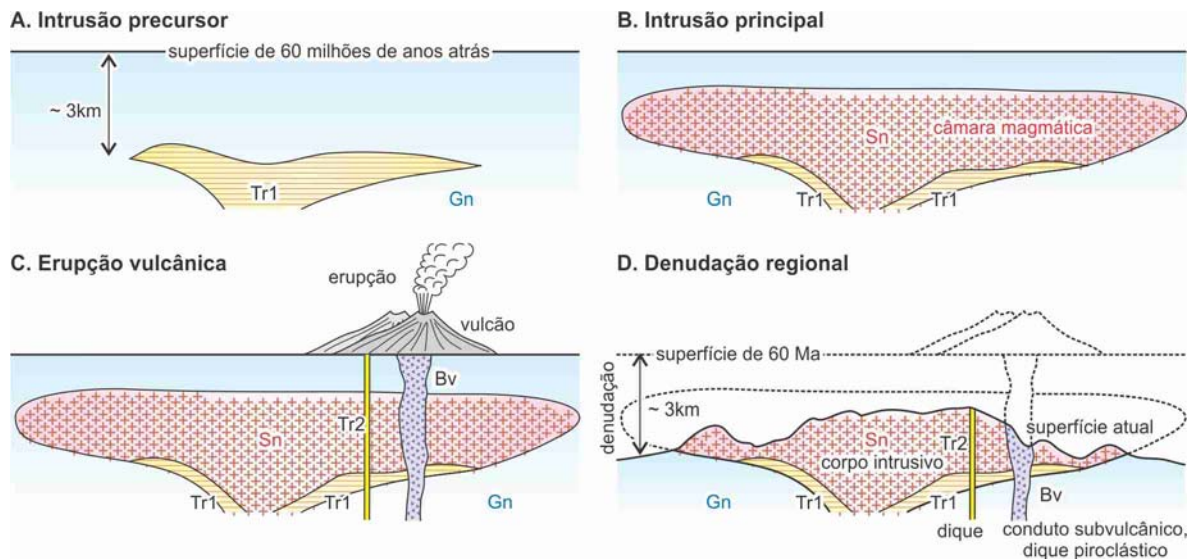


Figura 8. Ilustração esquemática da história geológica do Parque Municipal de Nova Iguaçu: A) Intrusão precursora de traquito da primeira geração; B) Intrusão principal de nefelina sienito e álcali sienito; C) Erupção vulcânica e intrusão dos diques de traquito da segunda geração; D) Denudação regional e exposição do plutão. Gn - ortognaisse do embasamento metamórfico; Tr1 - traquito da primeira geração; Sn - nefelina sienito e álcali sienito; Bv - brecha de preenchimento de conduto subvulcânico; Tr2 - traquito da segunda geração.

Acesso ao Parque Municipal

A entrada do Vale do Rio Dona Eugênia, ou seja, o ponto de acesso à Estrada de Cachoeira, está presente no Bairro Coréia, cerca de 1.5 km ao WNW da Estação Mesquita de trem. A partir da estação, seguiu-se à Avenida Brasil ao longo do Rio Dona Eugênia. A Avenida Brasil é ligada à Estrada de Cachoeira. Em uma distância de 1.5 km a partir da Coréia, encontra-se o portão do Parque Municipal e, em cerca de 2 km, a Sede do parque municipal. Os automóveis podem entrar apenas até o portão do parque (Figure 9). A excursão leva, a princípio, dia inteiro com a caminhada de distância total de **10 km**.



Figure 9. Parque Municipal de Nova Iguaçu no Vale do Rio Dona Eugênia: A) Portão principal; B) Sede administrativa.



Figura 10. Mapa de pontos de observação geológica: 1) Coréia - ortognaisse; 2) Alex - brecha de intrusão; 3) Pedreira - álcali sienito; 4) Poço de Hidromassagem - fissura subvulcânica; 5) Poço de Escorrega - conduto subvulcânico; 6) Mariana - deslizamento de lasca; 7) Poço de Cobras - fissura subvulcânica; 8) Feições Misteriosas - metassomatismo. A imagem é de satélite é originada de Google Earth. Serra do Vulcão é apenas o nome da localidade, não havendo relação com a hipótese do Vulcão de Nova Iguaçu.

Pontos de observação:

Neste roteiro, há 8 pontos de observação geológica (Figura 10). Esses estão presentes, a princípio, ao longo da Estrada de Cachoeira no Vale de Dona Eugênia. Apenas o último ponto, Loc. 8 - Feições Misteriosas, situa-se no vale ramificado ao sul da casa de Fazenda Dona Eugênia.

Loc. 1.

Bairro Coréia, 22°46.63'S, 43°26.47'W.

Corpo geológico: Ortognaisse migmatítico do embasamento.

Rocha: Ortognaisse.

Ponto de vista: Embasamento metamórfico.

O afloramento da rocha está presente na zona urbana do Bairro Coréia ao longo da Avenida Brasil, no fundo do córrego do Rio Dona Eugênia. A rocha é constituída por minerais de tamanho milimétrico, sendo identificáveis a olho nu. Observam-se orientação dos minerais constituintes, textura de deformação plástica e bandamento (Figura 3). Além disso, ocorrem veios de aplito sugerindo fusão parcial durante o metamorfismo. Encontram-se inclusões ricas em minerais máficos chamadas de enclave (Figura 11A).

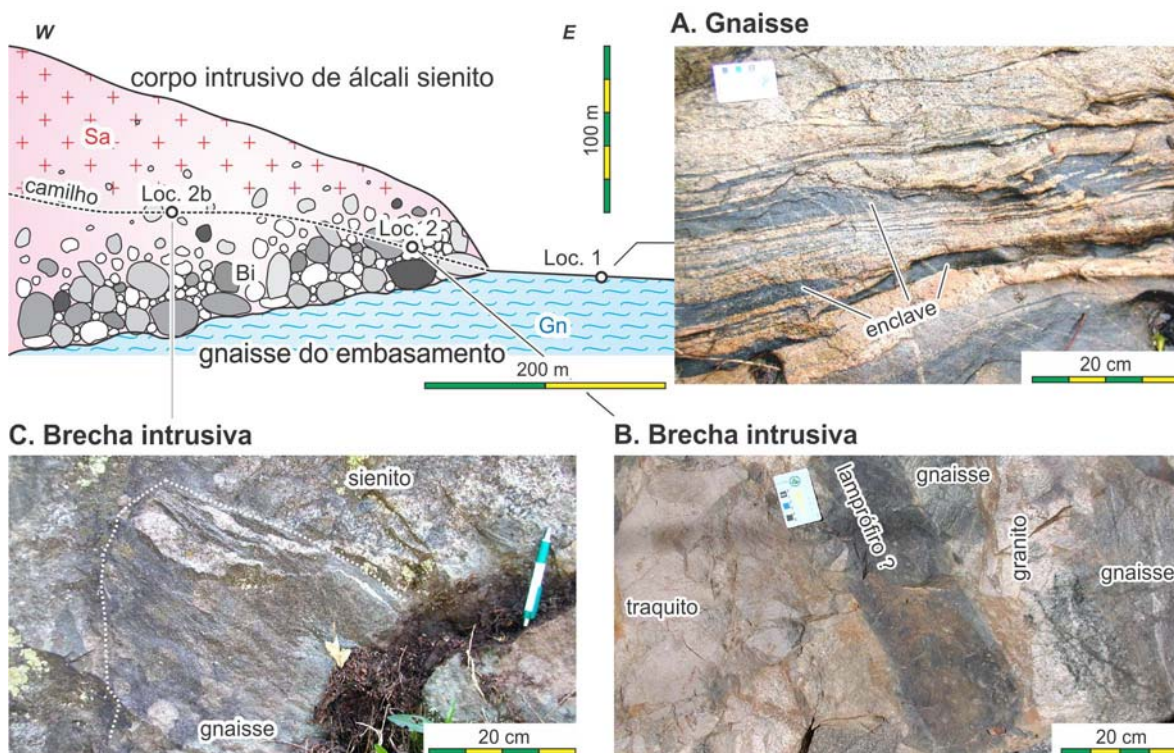


Figura 11. Perfil esquemático e fotos de afloramentos da zona de contato entre o corpo intrusivo de álcali sienito e o ortognaisse do embasamento metamórfico: A) Ortognaisse do Bairro Coréia, Loc. 1; B) Brecha intrusiva polimítica de textura suportada por clastos, Loc. 2; C) Brecha intrusiva polimítica de textura suportada por clastos e matriz, Loc. 2b.

O metamorfismo ocorreu durante o evento de colisão continental e conseqüente formação do continente Gondwana Ocidental em cerca de 530 Ma, chamado mundialmente de orogenia Pan-Africana, regionalmente de orogenia Ribeira (Heilbron & Machado, 2003). Durante o metamorfismo, o ortognaisse estava presente em uma profundidade de 15 km ou maior e, na época do magmatismo, tinha sido soerguido até 3 km de profundidade.

Ocorrem as fraturas lineares na superfície do ortognaisse que estão formando faixas brancas com largura aproximada de 2 a 3 cm. A cor branca é devido à alteração parcial de feldspato alcalino em caulim indicando passagem de fluídos de alta temperatura ao longo das fraturas. Esta alteração por fluídos poderia ter ocorrido durante a fase final do metamorfismo no Cambriano e, poderia ser também durante a intrusão dos corpos de rochas alcalinas félsicas do Eoceno, cerca de 60 Ma.

O ortognaisse está exposto no fundo do rio no Bairro Coréia e o álcali sienito está presente no maciço Mendanha. O contato entre os dois não está exposto e o ângulo do contato é desconhecido. Entretanto, na margem nordeste do Rio Dona Eugênia (Figura 10), expõe-se álcali sienito no ponto 1b, 22°46.47'S, 43°26.55'W (Figura 12). Desta forma, considera-se que o contato intrusivo é sub-horizontal e a exposição atual corresponde pouco abaixo do contato com o corpo intrusivo de rochas alcalinas do maciço Mendanha (Figura 11, 12).

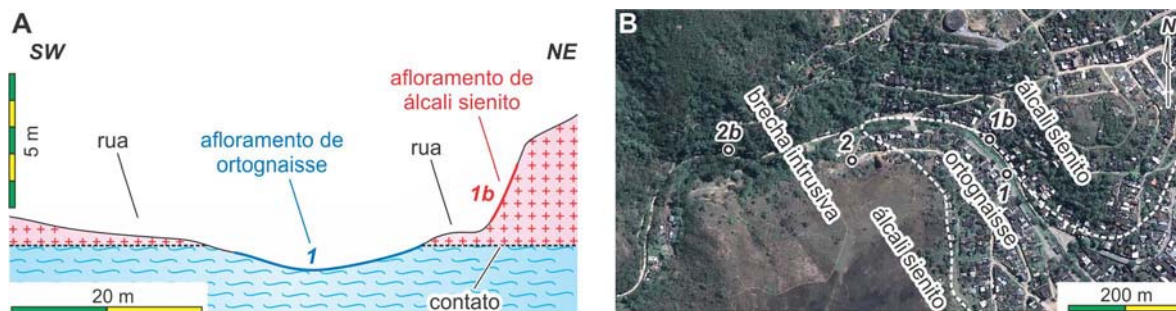


Figure 12. Posição relativa dos afloramentos de ortognaisse e de álcali sienito ao longo do Rio Dona Eugênia, Bairro Coréia: A) Perfil esquemático, junto com o contato intrusivo estimado; B) Mapa com a distribuição litológica. A imagem de satélite é originada de Google Earth.

Loc. 2.

Alex. Pedreira desativada no Bairro Coréia, 22°46.50S, 43°26.66W.

Corpo geológico: Brecha de intrusão na base do plutão sienítico.

Rocha: Brecha polimítica com textura suportada por clastos.

Ponto de vista: Precipitação e concentração de fragmentos de rochas encaixantes na base da câmara magmática.

A pedreira de brita situa-se na margem sul do Vale do Rio Dona Eugênia, do lado oposto da Estrada de Cachoeira (Figura 12B) e, foi desativada há mais de 40 anos. Esta localidade corresponde geologicamente à base do corpo intrusivo sienítico pouco acima do contato (Figura 11). Os corpos intrusivos de rochas alcalinas do Estado do Rio de Janeiro, tais como Mendanha, Itaúna, Tanguá, Rio Bonito, Morro de São João e Ilha de Cabo Frio, tem forma tri-dimensional de filtro de café achatado (Figura 13) e certos desses, inclusive o Mendanha, expõem o contato inferior do plutão.

Os xenólitos das rochas encaixantes capturados pelo magma sienítico têm densidade maior e, portanto tendem a afundar na câmara magmática e concentrar em determinadas localidades da base na proximidade do contato inferior com o corpo encaixante. A brecha intrusiva desta pedreira é um exemplo (Figura 11). O afundamento e precipitação de xenólitos são teoricamente previstos, porém suas ocorrências são poucas em número e pequenas em área. Portanto, encontram-se poucas exemplos.

As paredes de pedreiras são geralmente instáveis e, portanto é necessário tomar cuidado porque há o risco de desmoronamento, especialmente após a chuva.

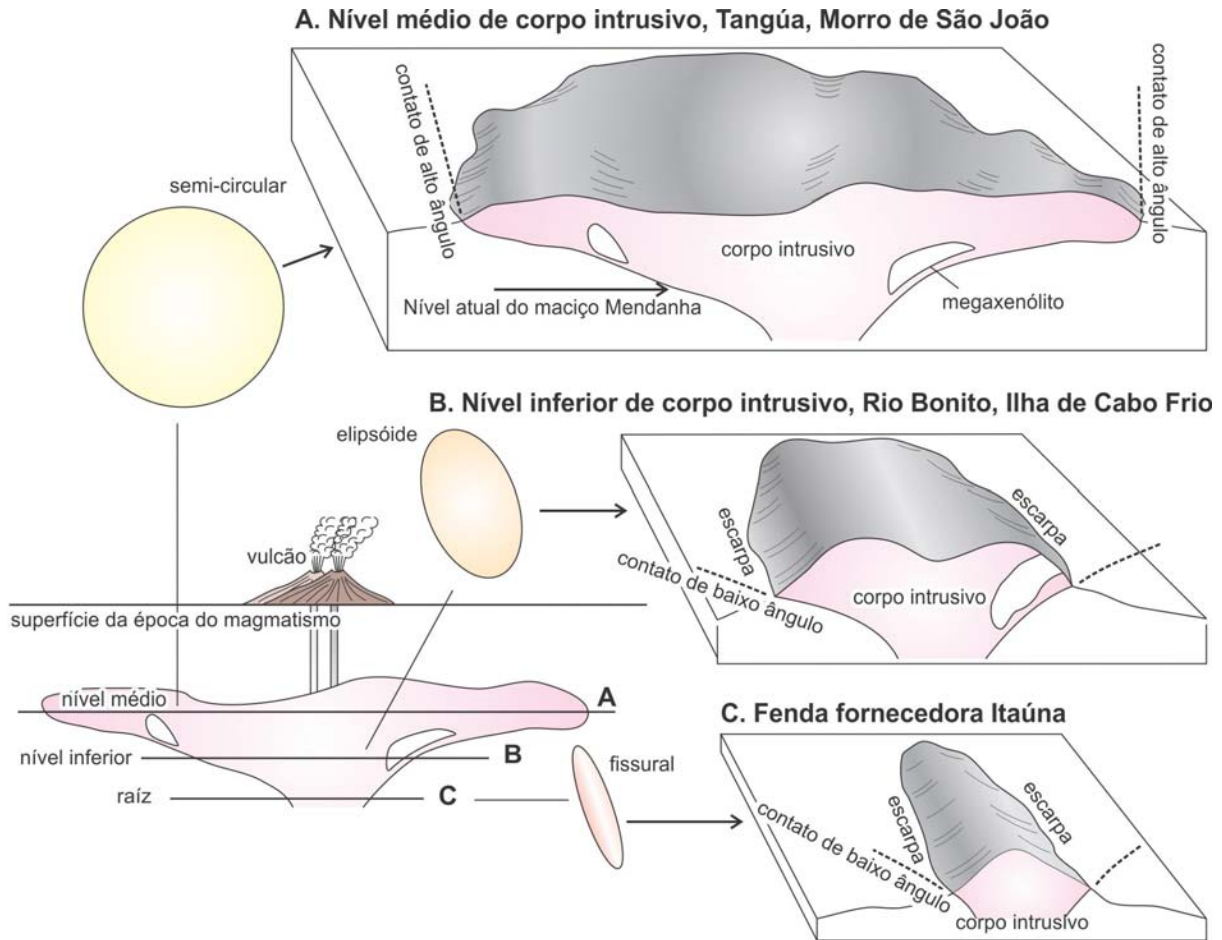


Figura 13. Ilustrações esquemáticas de forma tridimensional dos corpo intrusivo de rochas alcalinas félsicas do Estado do Rio de Janeiro conforme o nível do perfil horizontal, segundo Motoki et al. (2008a): A) Nível médio apresentando exposição semi-circular no mapa geológico, tais como Tanguá - RJ e Morro de São João; 2) Nível inferior, exposição elipsóide, Rio Bonito e Ilha de Cabo Frio; 3) Nível do raíz, fenda fornecedora de magma, com exposição linear, Itaúna - RJ. O corpo intrusivo do Mendanha corresponde entre o nível inferior a fenda fornecedora. Refere-se também à Figura 16.

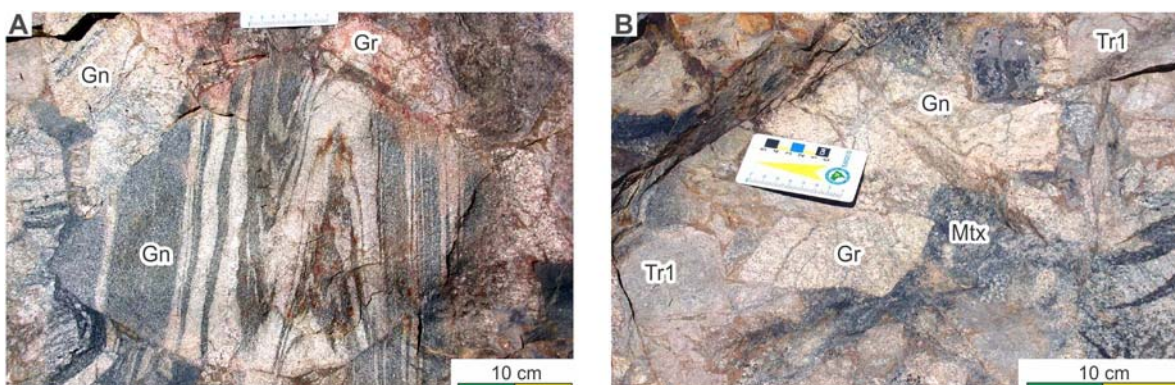


Figura 14. Brecha de intrusão na pedra encerrada de Alex, Loc. 2, caracterizada por clastos polimíticos e textura suportado por clasots. Gn - ortogniase; Gr - granito; Tr1 - traquito da primeira geração; Mtx - matrix.

A brecha intrusiva é caracterizada por grande abundância de clastos angulosos. A maioria dos espaços entre os grandes clastos são preenchida por clastos angulosos de tamanho menor (Figura 14). O tamanho de clasto é muito variável, tipicamente de 30 a 50 cm, e as rochas constituintes são ortogneisse, granito, traquito da primeira geração e, raramente, lamprófiro (Figura 11B). O bandamento dos clastos de gnaiss é de direção aleatória, indicando rotação dos clastos durante o afundamento no magma. Alguns clastos apresentam a textura de fragmentação em loco, denominada auto-brechação.

Cerca de 200 m ao oeste ao longo da Estrada de Cachoeira, ocorre um afloramento na encosta norte do vale ao lado da corte artificial da estrada. Esta localidade, Loc. 2b, 22°46.50'S, 43°26.76'W, situa-se pouco longe do plano de contato. Portanto, a quantidade dos clastos é menor com a textura suportada de clasto e matriz (Figura 11C).

Loc. 3.

Pedreira desativada São José, 22°46.80', 43°27.55'.

Corpo geológico: Plutão de álcali sienito.

Rocha: Álcali sienito.

Ponto de vista: Utilidade de álcali sienito para brita.

Em cerca de 2 km de caminhada ao longo da Estrada de Cachoeira a partir da Loc. 2, encontra-se a ramificação do caminho a direita e, em cerca de 100 m chega-se à uma pedreira de brita desativada há mais de 40 anos, que era chamada de Pedreira São José (Figura 15).

O corpo intrusivo do maciço Mendanha é constituído principalmente de nefelina sienito, porém na sua borda oriental, inclusive o Parque Municipal de Nova Iguaçu, é composta de álcali sienito. A localidade da pedreira está longe da zona de contato, portanto as rochas constituintes são álcali sienito e traquito da primeira geração sem xenólitos de gnaiss. A maioria desta pedreira expõe álcali sienito e o traquito ocorre na sua margem norte.

O Município de Nova Iguaçu tem dois recursos minerais não metálicos importantes e raros no mundo (Figura 16). Um é álcali sienito e traquito da limítrofe oriental do maciço Mendanha para brita de qualidade especial, fisicamente resistente e quimicamente livre de reação álcali-sílica (Petrakis et al., 2010). Outro é nefelina sienito da borda ocidental do maciço, Pico do Marapicu, que é extraído como rocha ornamental chamado comercialmente Granito Cinza Ás de Paus (Motoki et al., 2010c).

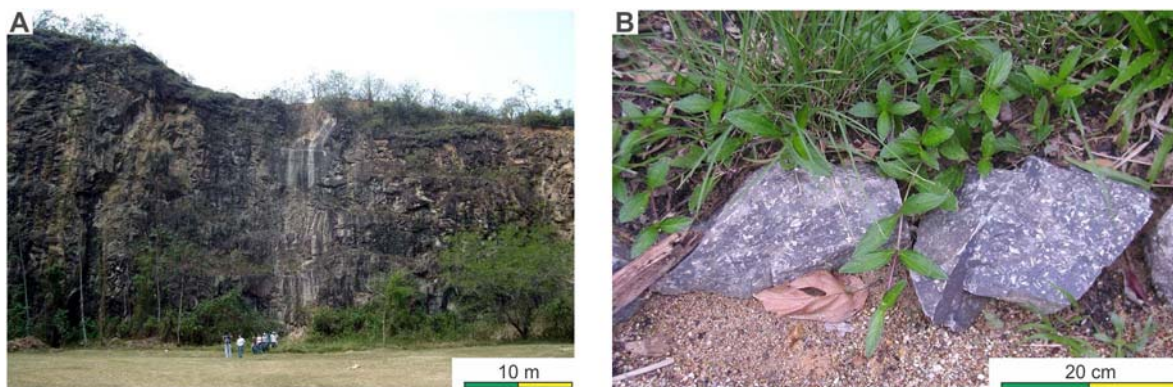


Figura 15. Pedreira desativada de São José, que extraía brita de álcali sienito: A) Visão geral da pedreira; B) **Traquito da primeira geração com influência de hidrotermalismo.**

As rochas desta pedreira têm indícios de alteração hidrotermal e, portanto o feldspato alcalino do álcali sienito apresenta cor macroscópica verde clara. Desta forma, o material não é de ótima qualidade para a brita. Na Pedreira Vigné, que se situa em cerca de 1.5 km ao

norte-noroeste desta pedra, ocorrem álcali sienito e traquito sem alteração de alta qualidade, que foram utilizados para a construção da Ponte Rio-Niterói (Figura 4, 5).

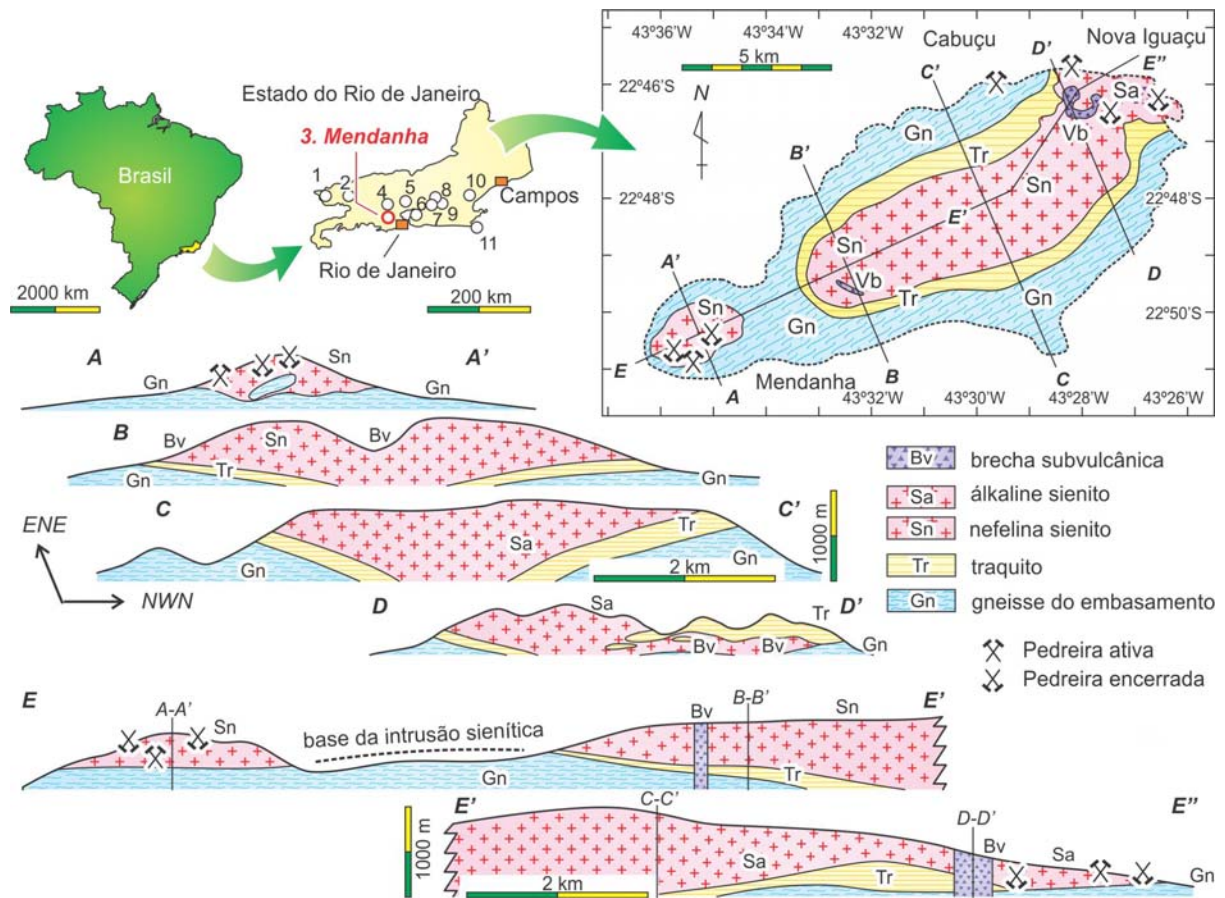


Figura 16. Diagrama em painel que exhibe a forma tridimensional do corpo intrusivo de rochas alcalinas de Mendanha, RJ, segundo Motoki et al. (2007a). Os corpos intrusivos no mapa do Estado do Rio de Janeiro são: 1 - Itatiaia, 2 - Morro Redondo; 3 - Mendanha; 4 - Tinguá; 5 - Canaã; 6 - Itaúna; 7 - Tanguá; 8 - Rio Bonito; 9 - Soarinho; 10 - Morro de São João; 11 - Ilha de Cabo Frio. O complexo Canaã é constituído excepcionalmente por nefelina sienito gnaisse.

Loc. 4.

Localidade: Poço de Hidromassagem, 22°46.91'S, 43°27.68'W.

Corpo geológico: Plutão de álcali sienito, dique piroclástico, dique de traquito.

Rocha: Álcali sienito, lapilli, traquito.

Ponto de vista: Contato intrusivo, fissura subvulcânica, dique piroclástico.

O afloramento está presente no fundo do córrego na proximidade da placa indicadora de Poço de Hidromassagem. Ao descer, é necessário tomar cuidado devido à rampa íngreme. A exposição rochosa no leito do rio apresenta álcali sienito cortado por corpos tabulares subverticais compostos de traquito e rocha piroclástica, com orientação segundo WNW-ESE (Figura 17). A rocha piroclástica é de origem de atividades eruptivas constituída por fragmentos rochosos. A rocha deste afloramento tem clastos menores do que 64 mm, portanto é classificada como lapilli. Os contatos com o sienito são bruscos, verticais e de caráter intrusivo e, a forma de ocorrência geológica correspondente a dique. O dique piroclástico é um corpo intrusivo que corresponde à fissura subvulcânica, e não, o fluxo piroclástico depositado na superfície da Terra.

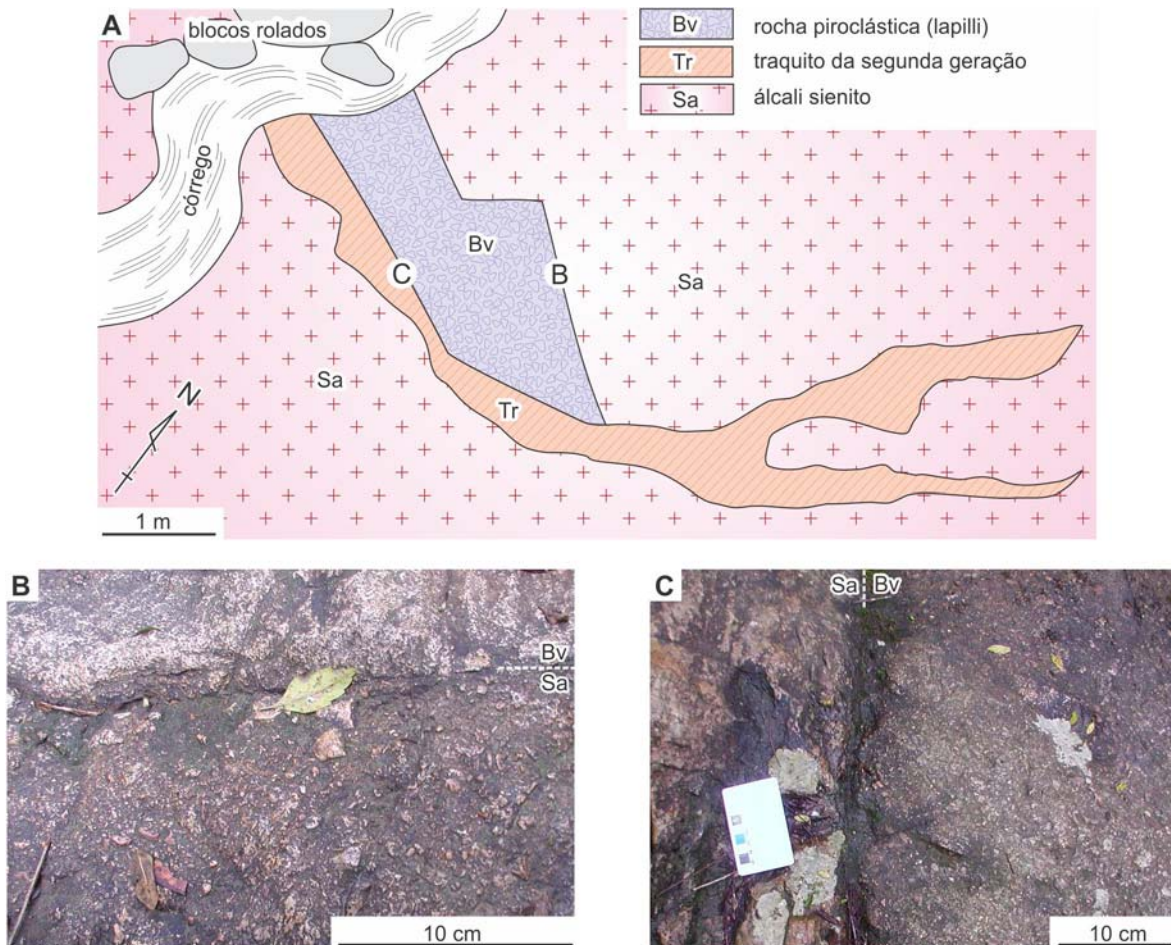


Figura 17. Afloramento do Poço de Hidromassagem, Loc. 4, segundo Motoki et al. (2007b): A) Esquema geral; B) Contato entre o álcali sienito e o dique de rocha piroclástica; C) Contato entre o traquito da segunda geração e o dique de rocha piroclástica.

Os clastos têm tamanho variável desde milimétrico até 2.5 cm (Figura 17). Os clastos maiores tendem a serem semi-arredondados e os menores são angulosos. Não se observam indícios de seleção granulométrica e acamamento dos clastos. Esta feição sugere a atividade vulcânica explosiva. Na proximidade dos contatos com o sienito, os clastos são constituídos principalmente por sienito, porém ao longo do contato com o traquito, são compostos de traquito. A matriz da rocha piroclástica é altamente consolidada por soldamento, tendo sua firmeza mecânica comparável com o sienito e o traquito.

O dique de traquito tem forma irregular e possui largura pouco menor do que 1 m com a extensão horizontal de 12 m (Figura 17A). Esta rocha tem os mesmos aspectos visuais dos clastos traquíticos, sendo o traquito da segunda geração e, apresenta fraturas desenvolvidas com intervalo de 5 a 10 cm (Figura 17C).

Loc. 5

Localidade: Poço de Escorrega, 22°46.93'S, 43°27.73'W.

Corpo geológico: Conduto subvulcânico, corpo intrusivo de álcali sienito.

Rocha: Brecha, álcali sienito.

Ponto de vista: Contato intrusivo de brecha e álcali sienito encaixante, conduto subvulcânico.

No leito do rio, ocorre a brecha subvulcânica (Figura 18A). Os clastos são de tamanho variável, desde milimétrico até 30 cm de diâmetro, sendo constituídos por traquito da segunda geração e álcali sienito (Figura 18B). A matriz apresenta alto grau de consolidação. Os clastos maiores tendem a ser arredondados ou semi-arredondados e os menores são angulosos. Não há indícios de seleção granulométrica e acamamento.

Na borda **leste** do afloramento expõe-se o contato entre a brecha e o sienito (Figura 18A, seta 1). O contato é brusco, vertical e quase planar. Os dois corpos estão em contato direto sem materiais intercalados, apresentando aspectos de contato intrusivo (Figura 18B). Os clastos na proximidade do contato são menor do que 4 cm. Essas observações indicam que brecha não é constituinte do fluxo piroclástico, mas conduto subvulcânico. Apesar de que a rocha encaixante da brecha é álcali sienito, há um número elevado de clastos de traquito (Figura 18C, seta 2).

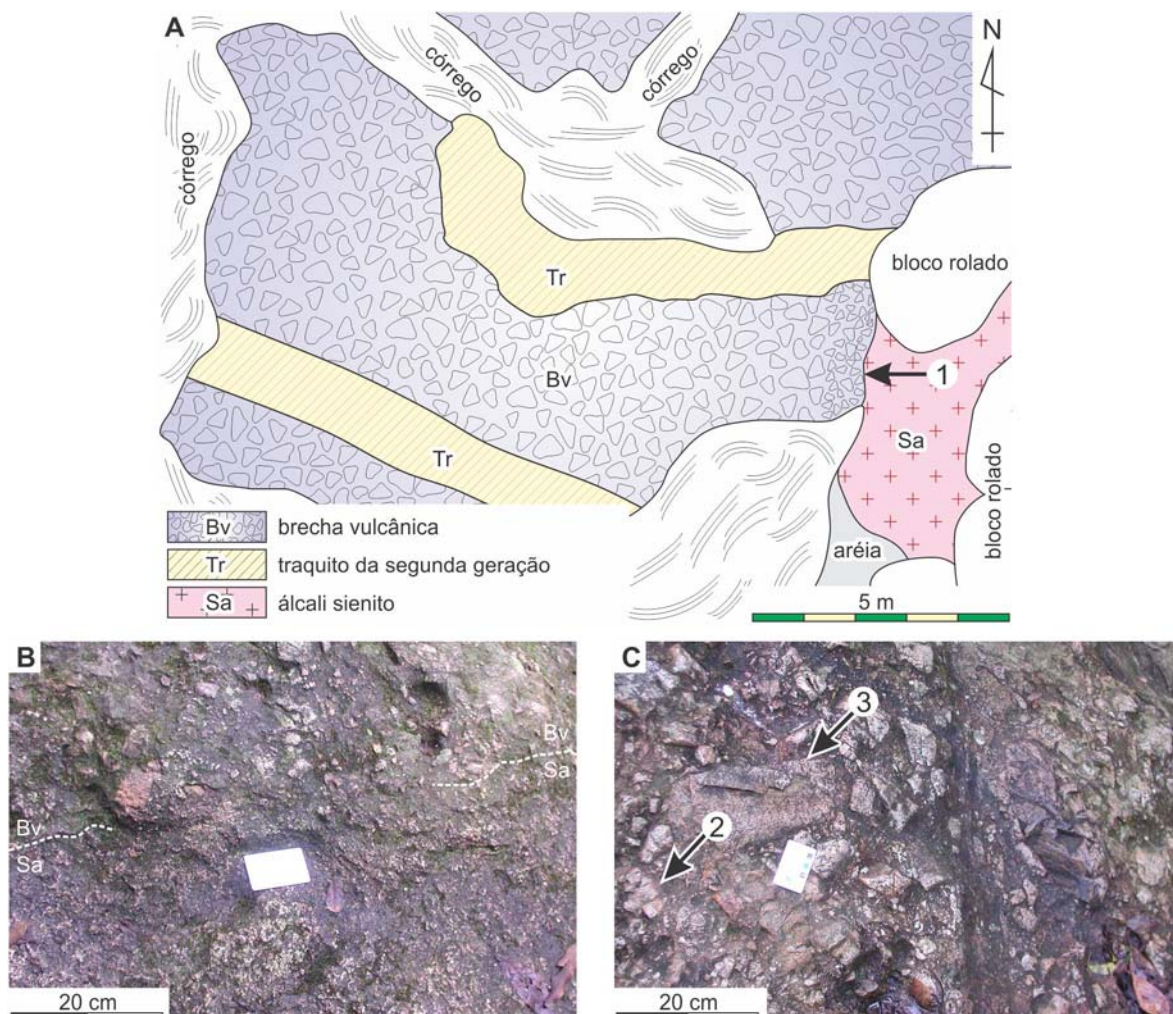


Figura 18. Afloramento do Poço de Escorrega (Loc. 5), segundo Motoki et al. (2007b).: A) Esquema geral do afloramento; B) Contato entre álcali sienito e rocha piroclástica; C) Contato entre traquito da segunda geração e rocha piroclástica. As setas 1 da ilustração A e 2, 3 da foto C indicam respectivamente o contato intrusivo da rocha piroclástica no sienito regional e o clasto de traquito da segunda geração.

Loc. 6.

Localidade: Mariana, 22°46.95' S, 43°27.95' W.

Corpo geológico: Traquito intrusivo, brecha de preenchimento de conduto.

Rocha: Traquito, brecha.

Ponto de vista: Deslizamento de lasca, fratura de alívio de sobrecarga.

Depois de cruzar a ponte, encontra-se este afloramento no lado esquerdo na margem ocidental do córrego. Este é a corte artificial para construir a estrada e há um poste na sua frente. O estado de alteração intempérica do afloramento é avançado e a estrutura geológica é complexa. Observam-se três tipos litológicos, traquito da primeira geração, rocha piroclástica e traquito da segunda geração. A Figura 19 demonstra a ilustração esquemática.

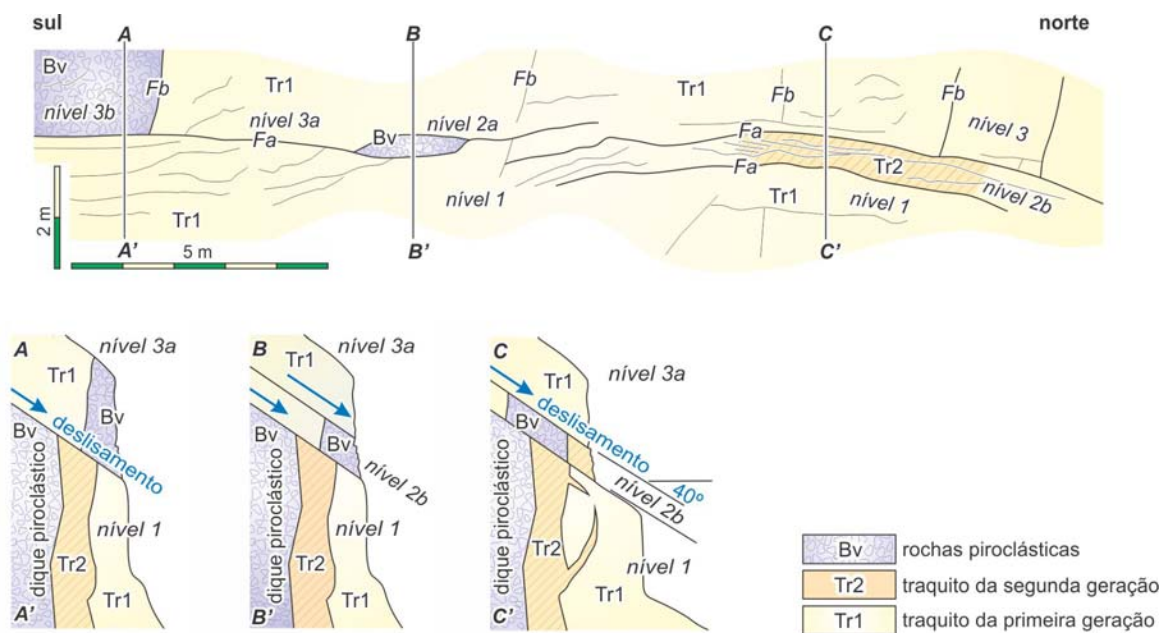


Figura 19. Ilustração do afloramento da Loc. 6 e suas interpretações geológicas, segundo Motoki et al. (2007b). Nível 1 - traquito da primeira geração (Tr1); Nível 2a - brecha (Bv); Nível 2b - traquito da segunda geração (Tr2); Nível 3a - traquito da primeira geração (Tr1); Nível 3b - brecha (Bv); Fa - fratura de alívio de sobrecarga; Fb - fratura vertical.

Observando a partir da estrada, os planos de contato entre as camadas são aparentemente sub-horizontais, porém na verdade, esses são de alto ângulo inclinados de 40 a 45° ao leste, ou seja, em direção ao córrego (Figura 19, 20). Os contatos Fa são constituídos por fraturas paralelas de intervalo centimétrico e essas são sub-paralelas à superfície da encosta, apresentando a forma característica de fraturas de alívio de sobrecarga.

Nos contatos superior e inferior do nível 2a, a brecha vulcânica está em contato com o traquito mediante as fraturas paralelas. O nível 2b também está em contato com o traquito mediante as fraturas paralelas (Figura 20A). Não há materiais intercaladas nos contatos entre as camadas. O traquito da primeira geração (Tr1, Figura 19) tem massa fundamental holocristalina relativamente grossa, em torno de 0.1 mm. Uma parte do nível 2b é composta de traquito devitrificado da segunda geração (Tr2). No canto esquerdo, ou seja, na extremidade sul deste afloramento, ocorre brecha vulcânica cujos contatos inferior e lateral são delimitados por fraturas paralelas (Figura 19A). Nestes contatos, observam-se estrias de escorregamento dos blocos (Figura , 20C).

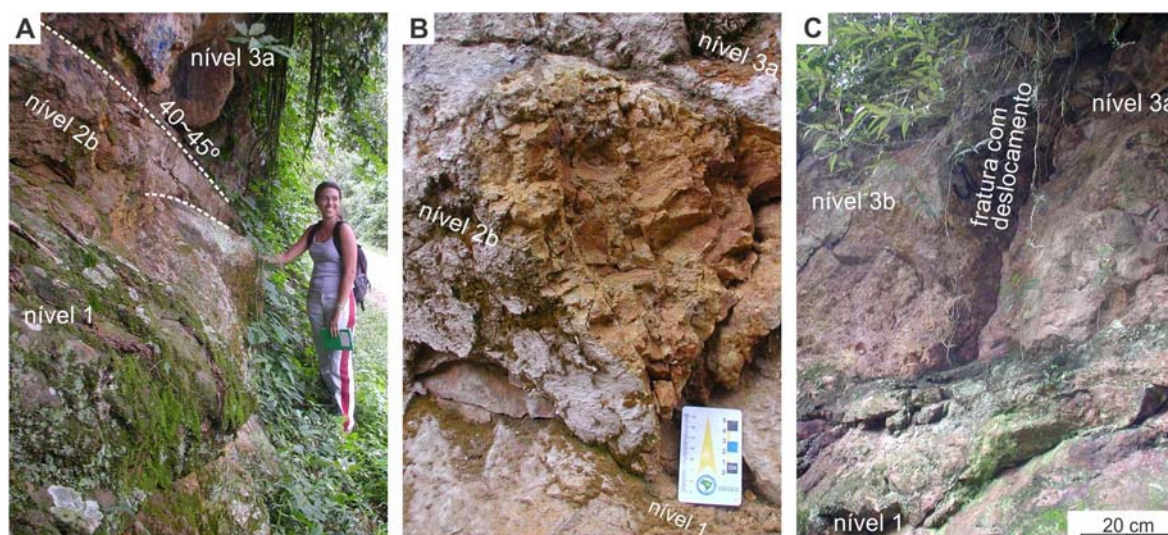


Figura 20. Fotografias do afloramento da Loc. 6, demonstrando o deslizamento de lasca, segundo Motoki et al. (2007b): A) Visão lateral ao plano de afloramento demonstrando alto ângulo de inclinação de duas fraturas que delimitam os níveis 1, 2b e 3a; B) Visão frontal ao plano de afloramento da mesma localidade; C) Contato vertical entre a brecha do nível 3b e traquito da primeira geração do nível 3a. Nível 1 - traquito da primeira geração (Tr1); Nível 2a - brecha (Bv); Nível 2b - traquito da segunda geração (Tr2); Nível 3^a - traquito da primeira geração (Tr1); Nível 3b - brecha (Bv).

O traquito da primeira geração do nível 1 tem estrutura maciça, não apresentando feições características de derrame de lava, tais como disjunções colunares e brecha de clinkers (Figura 20). As brechas dos níveis 2a e 3b, também, não mostram feições características da base de fluxos piroclásticos soldados, tais como clinkers e camada vítrea (Figura 20B). Além disso, a espessura e largura do nível 2a, 80 cm e 2 m, são pequenas demais para um fluxo piroclástico.

A estrutura complexa deste afloramento é explicada por modelo de deslizamento de lascas ao longo das fraturas de alívio de sobrecarga (*Fa*, Figura 19), fenômeno denominado deslizamento de lasca ou rock-slide (Motoki et al., 2007b). Supõe-se que existem diques de rocha piroclástica e de traquito afanítico atrás da superfície do afloramento (Figura 7A) na forma similar do afloramento de Poço de Hidromassagem (Loc. 4; Figura 17). Através do deslizamento de lasca, o traquito da segunda geração e a brecha vulcânica foram deslocados até a posição do corte da estrada (Figura 7B). Durante o deslizamento, as lascas rochosas foram fragmentadas em blocos por meio de fraturas verticais (*Fb*, Figura 19A; Figura 20C). Desta forma, os blocos deslizaram em distâncias diferentes a partir da posição original.

Loc 7.

Localidade: Poço de Cobras, 22°46.79' S, 43°28.11' W.

Corpo geológico: Fissura subvulcânica, corpo intrusivo de álcali sienito.

Rocha: Brecha, álcali sienito.

Ponto de vista: Contato intrusivo de brecha, conduto subvulcânico.

O afloramento está presente no leito do rio desta localidade, ao lado direito da Estrada de Cachoeira. Há uma placa de sinalização de Poço de Cobras. Expõe-se a rocha sienítica cortada por um corpo tabular composto de brecha (Figura 21A). O corpo de brecha é exposto em uma área estreita de 3 x 12 m e direcionado aproximadamente segundo N30°W, com

largura muito variável, desde 10 cm até 4 m. O contato entre a brecha e o sienito é brusco e sub-vertical, sem camadas intercaladas. Os clastos são de tamanho variável, desde milimétrico até de 25 cm (Figura 21B), compostos de sienito e traquito da segunda geração. Os clastos grandes tendem a serem semi-arredondados e os pequenos são angulosos. Não há indícios de seleção granulométrica. Nota-se que os clastos de tamanho menor tendem a serem concentrados ao longo do contato (Figura 21C). A matriz é totalmente consolidada. Estas feições indicam que o corpo piroclástico não é constituinte de um fluxo piroclástico, mas sim, é um dique piroclástico que corresponde a fissura subvulcânica, sendo similar bi caso do Poço de Hidromassagem (Loc. 4, Figura 17).

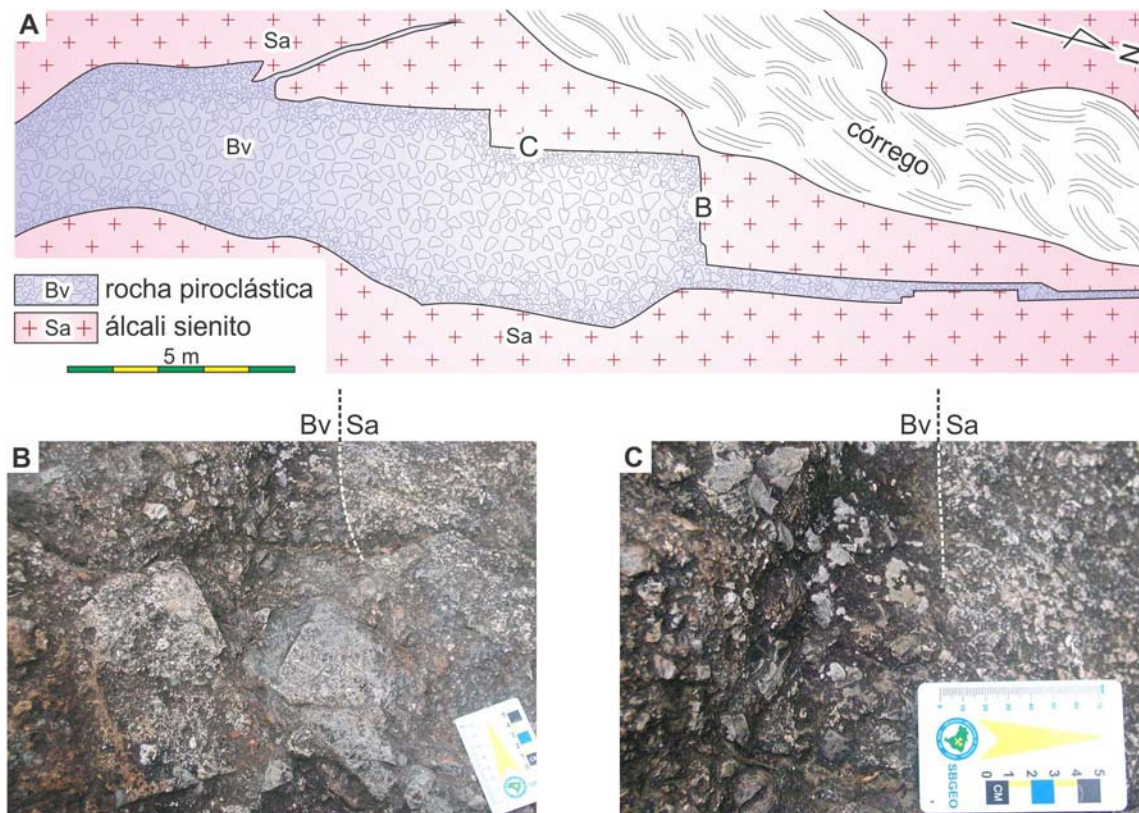


Figura 21. Afloramento do Poço das Cobras, segundo Motoki et al. (2007b): A) Esquema geral; B) Clastos grandes de álcali sienito observados no ponto “B” da figura A; C) Clastos pequenos de álcali sienito e traquito expostos no ponto “C” da ilustração A.

Loc. 8.

Localidade: Feições Misteriosas. 22°47.10'S, 23°28.20'W.

Corpo geológico: Plutão de álcali sienito.

Rocha: Brecha, álcali sienito.

Ponto de vista: Fratura de resfriamento magmático, alteração por fluídos, case-hardening.

Chegando à casa da Fazenda Dona Eugênia, segui-se à trilha para a direita. Dentro de uma distância de 200 m atrás do Poço de Esmeralda, ocorre um espaço aberto sem vegetação de 20 x 50 m com o leito rochoso do rio. Nesta localidade, ocorre o afloramento de álcali sienito com saliências lineares na superfície erosiva (Figura 22). Quando a equipe de geologia do DRM-RJ e UERJ visitaram, ninguém compreenderam a gênese e a natureza desta feição, desta forma, eles chamaram de “Feições Misteriosas”.

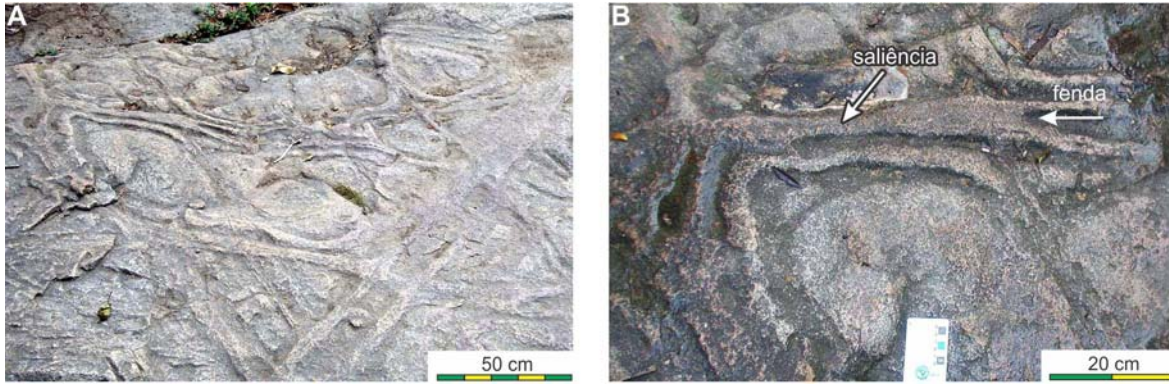


Figura 22. Saliências lineares na proximidade do Poço de Esmeralda, denominadas Feições Misteriosas: A) Vista geral; B) Vista detalhada de saliência e fenda central.

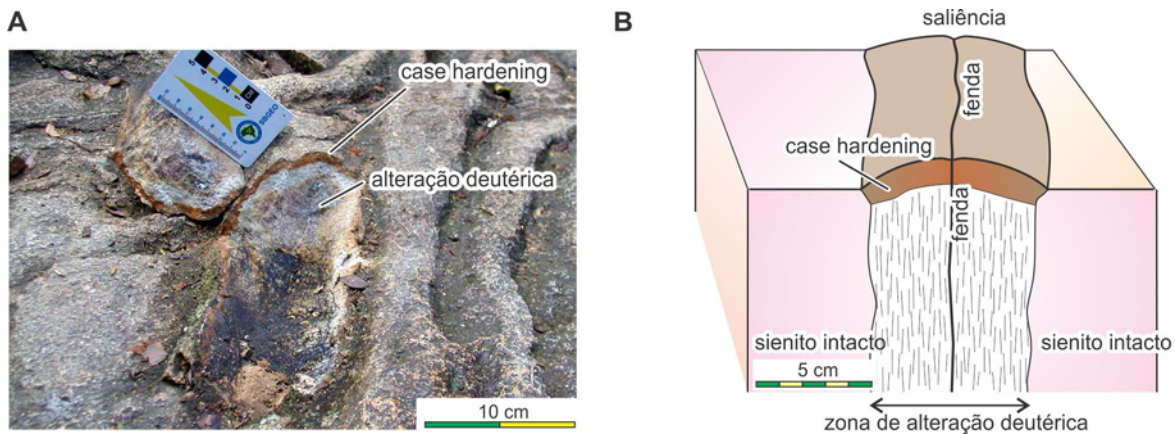


Figura 23. Perfil de uma saliência das Feições Misteriosas: A) Foto no afloramento; B) Ilustração explicativa.

As saliências lineares ocorrem em uma área limitada de 10 x 30 m de extensão horizontal. No eixo central das saliências lineares, ocorre uma fratura. Cada saliência possui largura de 5 a 10 cm e altura de 2 a 5 cm, com a continuação de 5 a 15 m. A superfície dessas tem cor mais escura do que o álcali sienito, porém sua subsuperfície é de cor mais clara (Figura 23). As observações microscópicas revelaram que as saliências são constituídas por sienito, porém com forte alteração metassomática, chamada de alteração deutérica, transformando o feldspato em caulim e sericita.

Nesta localidade, ocorrem corpos intrusivos tabulares de posicionamento sub-horizontal, chamados de sill, com a espessura de 2 a 3 m. Os sills são intrusivos no álcali sienito (Figura 24) e constituídos por aplito sienítico de granulometria aproximada de 1 mm. A intrusão do aplito sienítico ocorreu após o resfriamento e consolidação do magma de álcali sienito. O metassomatismo ao longo das fraturas lineares é observado somente na área em que ocorrem sills. O fato sugere que o aplito sienítico é a fonte dos fluídos que se espalharam ao longo das fraturas provocando o metassomatismo. As fraturas são originadas de resfriamento do magma sienítico que já existiam no momento da intrusão do aplito sienítico.

O relevo das saliências lineares foi formado por um outro processo. Geralmente, as partes intemperizadas na superfície de um corpo rochoso são menos resistentes ao intemperismo a erosão do que as partes intactas, portanto formam reentrâncias. Entretanto, esse afloramento mostra um fenômeno contrário. A aparente inversão do relevo pode ser originada de um fenômeno intempérico denominado case-hardening, que significa

endurecimento da superfície (Motoki et al., 2007c). O intemperismo químico altera os minerais constituintes da superfície de rochas. Por meio da decomposição dos minerais máficos, Fe, Mg, Ca e Si são lixiviados. Por outro lado, a parte intemperizada permite infiltração da água superficial absorvendo os íons originados da lixiviação acima citada. Esses íons cimentam os minerais remanescentes, endurecendo a superfície intemperizada da rocha (Figura 23, parte superficial de cor marrom).

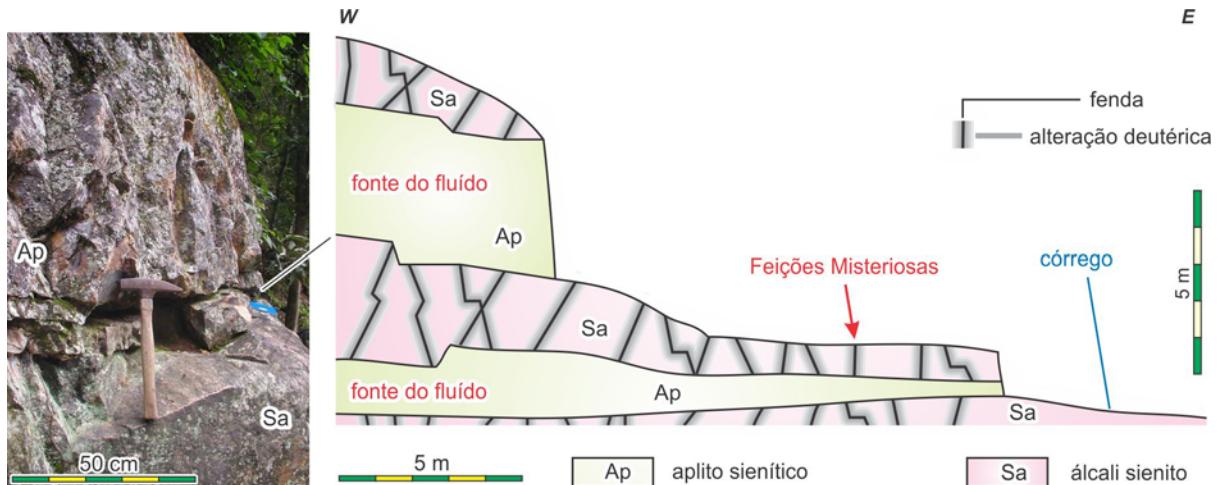


Figure 24. Ilustração da gênese das Feições Misteriosas através do metassomatismo ao longo das fraturas de resfriamento de álcali sienito cujo fluido é originado de sills de aplito sienítico.

Formas de erupção vulcânica

As brechas subvulcânicas intrudiram nos corpos intrusivos de traquito da primeira geração e de álcali sienito, além disso, incluem uma grande quantidade de traquito da segunda geração. Desta forma, as erupções ocorreram na fase final do magmatismo.

Os afloramentos presentes no Parque Municipal de Nova Iguaçu, inclusive as exposições acima citadas ao longo do Vale do Rio Dona Eugênia, não representam edifício vulcânico e depósitos eruptivos acumulado na superfície da Terra, mas estrutura subvulcânica de 3 km de profundidade. Mesmo assim, esses sugerem quais foram as formas e os tipos de erupções vulcânicas que ocorreram na superfície da Terra em 60 Ma. Segundo Motoki et al. (2007b; 2008c), a fase de erupção vulcânica aconteceu em três estágios: 1) Intrusão de dique traquítico e chegada desses até a superfície da Terra; 2) Fluidização do magma traquítico; 3) Implosão do conduto subvulcânico.

A primeira fase foi a intrusão de dique traquito da segunda geração nos corpos de traquito da primeira geração e álcali sienito. O magma de traquito que intruiu foi de alta viscosidade, portanto a intrusão foi lenta e os diques tiveram sua forma irregular. Devido à intrusão lenta, quando o dique chegou à superfície da Terra, o magma traquítico já começou a ser consolidado a partir do contato, formando o traquito da segunda geração em estado sólido (Figura 25A). A parte consolidada do traquito é preservada parcialmente na forma de dique de traquito da segunda geração em contato com o dique piroclástico, tal como do Poço de Hidromassagem (Figura 17).

Quando o magma de traquito chegou à superfície da Terra, os fluídos inclusos no magma, compostos principalmente H_2O , transformaram-se abruptamente em estado de gás, provocando grande expansão volumétrica do magma, isto é, explosão. Junto com a explosão, a parte principal do magma em estado de líquido viscoso transformou-se em pó de vidro. Esta transformação gerou a emulsão, isto é, a mistura de pó e gás, constituída por pó de vidro e

gás vulcânicos. O fenômeno acima citado é denominado fluidização. A fluidização ocorreu desde a superfície da Terra até a profundidade de 3 km.

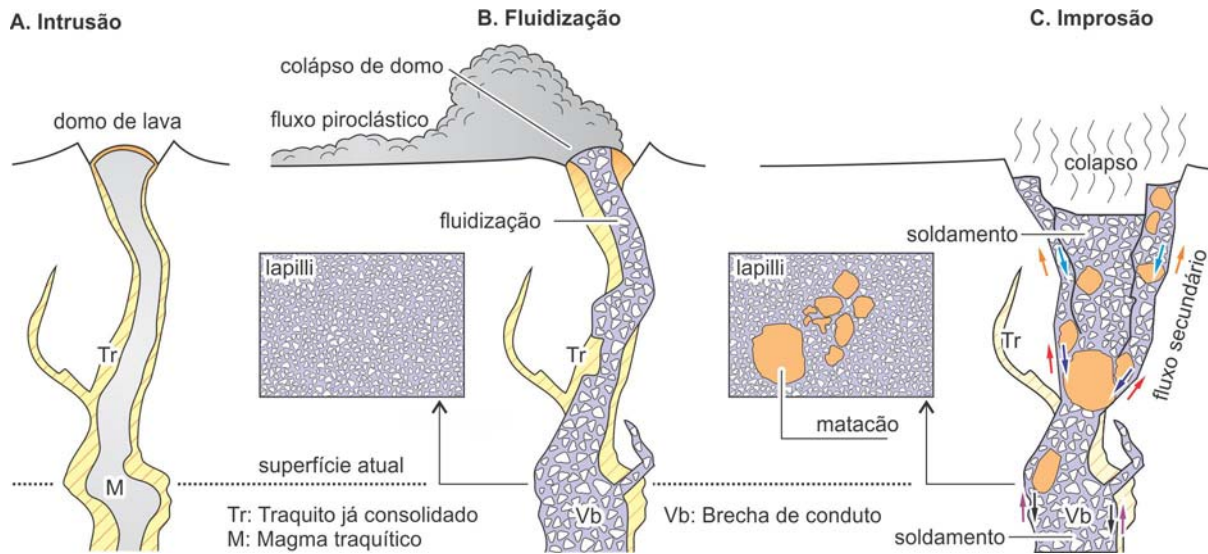


Figura 24. Mecanismo de formação das rochas piroclásticas do maciço Mendanha, segundo Motoki et al. (2008c): A) Intrusão de traquito e formação de domo de lava; B) Fluidização e emissão de fluxo piroclástico; C) Implosão de conduto e soldamento do material piroclástico de preenchimento de conduto, junto com o fluxo secundário.

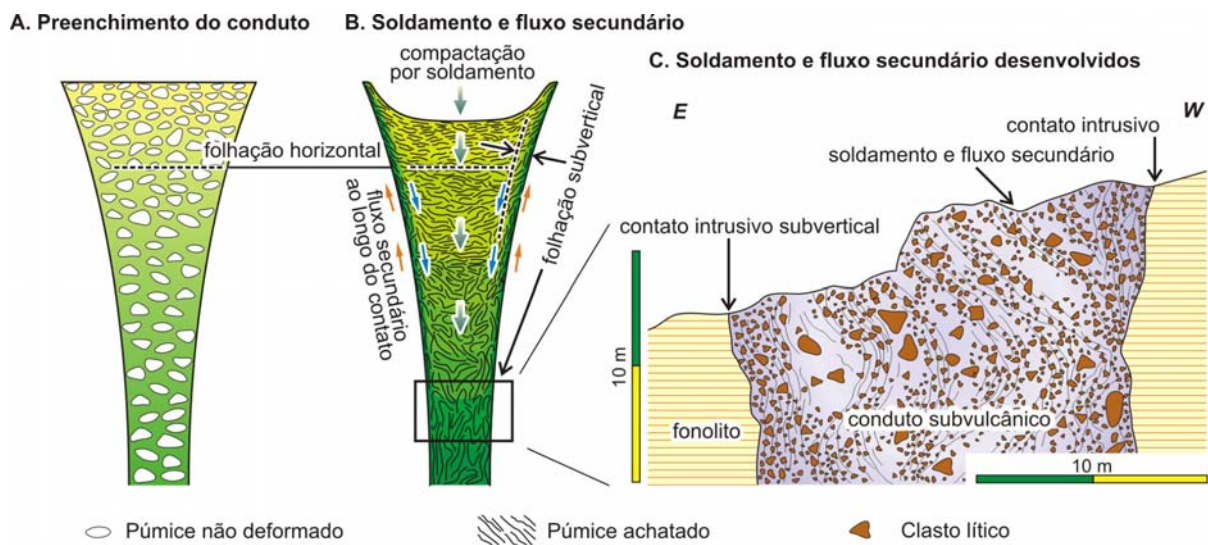


Figura 25. Ilustração esquemática de processo de soldamento e fluxo secundário no conduto subvulcânico, segundo Motoki et al. (2008c): A) Materiais piroclásticos depositados no conduto subvulcânico; B) Soldamento e fluxo secundário ao longo do plano de contato; C) Fluxo secundário altamente desenvolvido.

A emulsão tem fluidez extremamente alta e, portanto na superfície da Terra ocorreu fluxo piroclástico (Figur 24B). Atualmente, o depósito do fluxo piroclástico não é mais encontrado devido ao soerguimento regional e conseqüente denudação. Por outro lado, no conduto vulcânico é preenchido por fragmento das rochas encaixantes e traquito da segunda geração com a matriz composta de pó de vidro. As fissuras vulcânicas preenchidas por estes

materiais são encontradas atualmente como diques piroclásticos e condutos piroclásticos de Poços de Hidromassagem (Figura 17), Poços de Escorrega (Figura 18) e Poços de Cobras (Figura 21).

Depois do esgotamento do gás vulcânico, ocorreu a implosão do contudo. Os clastos grandes que se situavam na superfície e subsuperfície caíram dentro do contudo. Alguns clastos grandes na Pedra da Contenda mostram fraturas de violento impacto (Figura 6B).

No conduto subvulcânico e fissura subvulcânica, o pó de vidro vulcânico se cola devido à alta temperatura e grande sobrecarga, transformando a matriz em uma massa de vidro, o fenômeno denominado soldamento. Através do soldamento, a matriz é totalmente consolidada (Figure 25). O soldamento nos depósitos da superfície da Terra é bem conhecido porém este fenômeno no conduto subvulcânico é pouco pesquisado devido à ocorrência rara.

Atualmente, apenas a raiz dos condutos e fissuras vulcânicos é preservada e exposta na superfície da Terra, como os afloramentos do Vale do Rio Dona Eugênia. Nota-se que a superfície atual na Figura 24 que está longe da superfície da época de erupção. As exposições atuais correspondem à raiz da estrutura subvulcânica. Comparando vulcão e depósitos eruptivos como alface e espinafre, os condutos subvulcânicos presentes no Parque Municipal de Nova Iguaçu correspondem a cenoura, rabanete e nabo.

Referências bibliográficas

Documentos educativos para divulgação científica, como a presente guia de excursão geológica, devem se basear nas pesquisas científicas, evitando influências de lendas urbanas e informações de sensacionalismo. As pesquisas científicas correspondem aos artigos devidamente revisados por comissão avaliadora e aprovados e publicados nas revistas periódicas especializadas. Somente os conteúdos publicados se tratam de assuntos cientificamente comprovados, sendo chamados de teorias científicas.

Neste momento, existem seis artigos completos que estão contra a idéia do Vulcão de Nova Iguaçu, publicados nas revistas classificadas internacionalmente pelo ISI de Thomson Reiter e/ou Scopus de Elsevier. Entretanto, não há artigos publicados desta categoria com a opinião a favor. Neste sentido, a inexistência do vulcão de Nova Iguaçu é a teoria científica do presente momento.

Os artigos publicados estão sujeitos a serem criticados e os autores dos artigos têm obrigação de responder por escrito a todas as opiniões devidamente apresentadas contra eles. A ciência se desenvolve através de debates e as teorias poderão ser substituídas por novas idéias.

Os argumentos científicos adotados nesta guia de excursão são originados dos artigos científicos devidamente revisados e publicados nas revistas especializadas em geologia e, portanto esses têm alta confiabilidade. Com a exceção de duas, as referências bibliográficas abaixo alistadas são da categoria de teoria científica.

Brotzu, P., Gomes, C.B., Melluso, L., Morbidelli, L., Morra, V., Ruberti, E. 1997. Petrogenesis of coexisting SiO₂-undersaturated to SiO₂-oversaturated felsic igneous rocks: the alkaline complex of Itatiaia, southern eastern Brazil. *Lithos*, **40**, 133-156.

Brotzu, P., Melluso, L., Bennio, L., Gomes, C.B., Lustrino, M., Morbidelli, L., Morra, V., Ruberti, E., Tassinari, C., D'Antonio, M. 2008. Petrogenesis of the Early Cenozoic potassic alkaline complex of Morro de São João, southeastern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, **24**, 93-115.

Heilbron, M., Machado, N. 2003. Timing of terrane accretion in the Neoproterozoic-Eopaleozoic Ribeira orogen (se Brazil). *Precambrian Research*, **125**, 87-112.

- Klein, V.C., Valença, J.G., Vieira, A.C. 1984, Ignimbritos do vulcão de Nova Iguaçu e da “Chaminé do Lamego”, Rio de Janeiro. *Anais do 33º Congresso Brasileiro de Geologia, Rio de Janeiro*, SBG, 4346-4354.
- Klein, V.C., Vieira, A.C. 1980. Uma chaminé vulcânica na Serra de Madureira, Nova Iguaçu, Rio de Janeiro. *Academia Brasileira de Ciências, Resumo de Comunicação*, Rio de Janeiro, **52**, 200.
- Motoki, A., Araújo, A.L., Sichel, S.E., Motoki, K.F., Silva, S.M. 2010b. Nepheline syenite magma differentiation process by continental crustal assimilation for the Cabo Frio Island intrusive complex, State of Rio de Janeiro, Brazil. *Geociências, Rio Claro*. (em submissão)
- Motoki, A., Motoki, K.F., Gonçalves, J. 2010c. Ore geology of the nepheline syenite deposit for ornamental uses of the Marapicu Peak, Mendanha massif, Nova Iguaçu, State of Rio de Janeiro, Brazil. *Geociências, Rio Claro*. (em submissão)
- Motoki, A., Petrakis, G.H., Sichel, S.E., Cardoso, C.E., Melo, R.C., SOARES, R.S., Motoki, K.F. 2008a. Origem dos relevos do Maciço Sienítico do Mendanha, RJ, com base nas análises geomorfológicas e sua relação com a hipótese do Vulcão de Nova Iguaçu. *Geociências, Rio Claro*, **27-1**, 99-115.
- Motoki, A., Sichel, S.E., Vargas, T., Aires, J.R., Iwanuch, W., Mello, S.L.M., Motoki, K.F., Silva, S., Balmant, A., Gonçalves, J. 2010a. Geochemical evolution of the felsic alkaline rocks of Tanguá, Rio Bonito, and Itaúna intrusive bodies, State of Rio de Janeiro, Brazil. *Geociências, Rio Claro*, **29-2**. (no plero)
- Motoki, A., Sichel, S.E. 2006. Avaliação de aspectos texturais e estruturais de corpos vulcânicos e subvulcânicos e sua relação com o ambiente de cristalização, com base em exemplos do Brasil, Argentina e Chile. *Revista Escola de Minas, Ouro Preto*, **59-1**, 13-23.
- Motoki, A., Sichel, S.E., Soares, R.S., Aires, J.R., Savi, D.C., Petrakis, G.H., Motoki, K.F. 2008c. Rochas piroclásticas de preenchimento de condutos subvulcânicos do Mendanha, Itaúna e Ilha de Cabo Frio, RJ, e seu processo de formação com base no modelo de implosão de conduto. *Geociências, Rio Claro*. **27-3**, 451-467.
- Motoki, A., Sichel, S.E., Soares, R.S., Neves, J.L.P., Aires, J.R. , 2008b Geological, lithological, and petrographical characteristics of the Itaúna Alkaline Intrusive Complex, São Gonçalo, State of Rio de Janeiro, Brazil, with special attention of its emplacement mode. *Geociências, Rio Claro*, **27-1**, 33-44.
- Motoki, A., Soares, R.S., Lobato, M., Sichel, S.E., Aires, J.R. 2007c. Feições intempéricas em rochas alcalinas félsicas de Nova Iguaçu, RJ. *Revista Escola de Minas, Ouro Preto*, **60-3**, 451-458.
- Motoki, A., Soares, R.S., Netto, A.M., Sichel, S.E., Aires, J.R., Lobato, M. 2007b. Forma de ocorrência geológica dos diques de rocha piroclástica no Vale do Rio Dona Eugênia, Parque Municipal de Nova Iguaçu, RJ. *Geociências, Rio Claro*, **26-1**, 67-82.
- Motoki, A., Soares, R.S., Netto, A.M., Sichel, S.E., Aires, J.R., Lobato, M. 2007a. Reavaliação do modelo genético do Vulcão de Nova Iguaçu, RJ: origem eruptiva ou intrusão subvulcânica ?. *Revista Escola de Minas, Ouro Preto*, **60-4**, 583-592.
- Petrakis, G.H., Motoki, A., Sichel, S.E., Zucco, L.L., Aires, J.R., Mello S.L.M. 2010. Geologia de jazidas de brita e areia artificial de qualidade especial: exemplos do álcali sienito de Nova Iguaçu, RJ, e riolito de Nova Prata, RS. *Geociências, Rio Claro*, **29-1**, 21-32.
- Sichel, S.E., Motoki, A., Savi, D.C., Soares, R.S. 2008. Subvolcanic vent-filling welded tuff breccia of the Cabo Frio Island, State of Rio de Janeiro, Brazil. *Revista Escola de Minas, Ouro Preto*, **61-4**, 423-432.