

PROSPECÇÃO GEOQUÍMICA DE BERILO VARIEDADE ESMERALDA NA REGIÃO DA FAZENDA BONFIM (LAJES, RN)

Ricardo SCHOLZ ¹, Antônio Wilson ROMANO ²,
Fernanda Maria BELOTTI ³, Mario Luiz de Sá Carneiro CHAVES ²

(1) Departamento de Geologia, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto / UFOP / Campus do Morro do Cruzeiro. CEP 35400-000. Ouro Preto, MG. Endereço eletrônico: r_scholz_br@yahoo.com

(2) Centro de Pesquisa Prof. Manoel Teixeira da Costa, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais / UFMG / Campus da Pampulha. Avenida Antônio Carlos, 6.627. CEP 31270-010. Belo Horizonte, MG.
Endereços eletrônicos: romanoaw@gmail.com; mchaves@ufmg.br

(3) Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais / UFMG / Campus da Pampulha. Avenida Antônio Carlos, 6.627. CEP 31270-010. Belo Horizonte, MG. Endereço eletrônico: fbelotti2004@yahoo.com.br

Introdução
Aspectos Fisiográficos
Metodologia de Trabalho
Síntese Geológica Regional
Geologia Local
Principais Aspectos da Mineralização
Resultados e Discussões
Berílio
Cromo
Potássio
Lítio
Magnésio, Sódio, Níquel e Vanádio
Considerações Finais
Agradecimentos
Referências Bibliográficas

RESUMO – A recente descoberta de uma nova ocorrência de esmeralda no Brasil, no Rio Grande do Norte, levou à condução de trabalhos de mapeamento geológico associados à prospecção por geoquímica de solos, visando a melhor definição do depósito. As principais estruturas geológicas e as rochas com potencial de mineralização em esmeralda apresentam-se orientadas segundo a direção geral NNE-SSW, correspondendo à direção de cisalhamentos regionais associados aos grandes lineamentos E-W do nordeste brasileiro. Amostragem e respectiva análise química de 1.351 amostras de solo residual foram utilizadas para a elaboração de mapas geoquímicos de isotores para os elementos principais berílio, cromo, potássio e lítio, bem como para magnésio, sódio, níquel e vanádio. Tendo em vista que a esmeralda é um berilo rico em cromo, esses mapas possibilitaram a delimitação das zonas primariamente mineralizadas ou com maior potencial de mineralização, relacionadas a pegmatitos sin-tectônicos. As áreas anômalas em cromo apresentaram valores acima de 500 ppm, com valor máximo de 1794 ppm. Para o berílio, foram considerados valores anômalos aqueles acima de 2,0 ppm, com valor máximo de 9,5 ppm. Anomalias de potássio (>1%) e lítio (>70 ppm), bem como outras (Mg, Na, Ni e V), também auxiliaram na localização das zonas de ocorrência de intrusões pegmatíticas. Pesquisas adicionais estão sendo conduzidas para a determinação das reservas e teores da mineralização.
Palavras-chave: esmeralda, berílio, geoquímica, prospecção mineral, pegmatito.

ABSTRACT – R. Scholz, A.W. Romano, F.M. Belotti, M.L. de S.C. Chaves - *Geochemical prospecting of emerald beryl in the Bonfim Farm (Lajes, Rio Grande do Norte State)*. The recent discovery of a new Brazilian emerald occurrence, in the Rio Grande do Norte state, works on geological mapping and soil geochemical prospecting were done in order to know the definition of the deposit. The main geological structures and the rocks with potential to host emerald mineralization are orientated with general direction NNE-SSW, corresponding to the regional shear zone direction, associated to the E-W lineaments of the northeastern Brazil. Sampling and analysis of 1,351 soil samples were utilized to drawing the geochemical maps of the main elements beryl, chromium, potassium and lithium, as well as magnesium, sodium, nickel and vanadium. Like the emerald is a Cr-rich beryl, such maps allowed the determination of primary mineralized or with potential zones for emerald deposits, that are related to sin-tectonic pegmatites. Areas with chromium anomalies had values above 500 ppm, with maximum of 1794 ppm. For beryllium, anomalous values were considered those above 2.0 ppm, with the maximum value of about 9.5 ppm. Anomalies of potassium (>1%) and lithium (>70 ppm), as well others (Mg, Na, Ni and V) also helped in locating the zones of pegmatite intrusions. Additional searches have been conducted to determine the ore reserves and grade of the mineralization.

Keywords: emerald, beryllium, geochemistry, mineral exploration, pegmatite.

INTRODUÇÃO

O Brasil é um importante produtor de berilos e esmeralda se destacam entre esses últimos, sendo industrial e gemológico. As variedades água-marinha principais produtores os estados de Minas Gerais, Goiás

e Bahia. As primeiras descobertas datam da década de 1960, localizadas nas regiões de Carnaíba-Socotó, na Bahia; seguidas pelos depósitos de Santa Terezinha de Goiás, em Goiás e Itabira-Nova Era, em Minas Gerais, já na década de 1980.

Recentemente, uma nova ocorrência foi descoberta em área abrangendo os municípios de Lajes (o principal da região), São Tomé e Caiçara do Rio do Vento, na localidade conhecida como Fazenda Bonfim. Essa região nordestina é caracterizada pelo clima quente semi-árido, com solos pouco profundos e relevo composto principalmente por maços graníticos elevados e vales estreitos, com rios intermitentes.

A área da pesquisa localiza-se a sudeste de Lajes, a aproximadamente 110 km a oeste de Natal (Figura 1) e a 21 km da sede do município de Caiçara do Rio

do Vento. O acesso é realizado a partir desta última cidade, percorrendo-se 8 km através da BR-304, no sentido Lajes. Em seguida, alcança-se a Fazenda Bonfim através de um trecho com cerca de 19 km por estrada municipal, que dá acesso secundário à sede do município de São Tomé.

O principal objetivo do presente trabalho foi o de utilizar o mapeamento geoquímico de solos para alguns elementos especialmente selecionados, técnica que ultimamente vem se mostrando eficiente na prospecção de diversos minerais gemológicos (Rupasinghe & Dissanayake, 1984; Rupasinghe et al., 1984; Dissanayake et al., 1994), como uma ferramenta para localizar e delimitar áreas com potencial para a ocorrência de mineralizações de esmeralda na região.

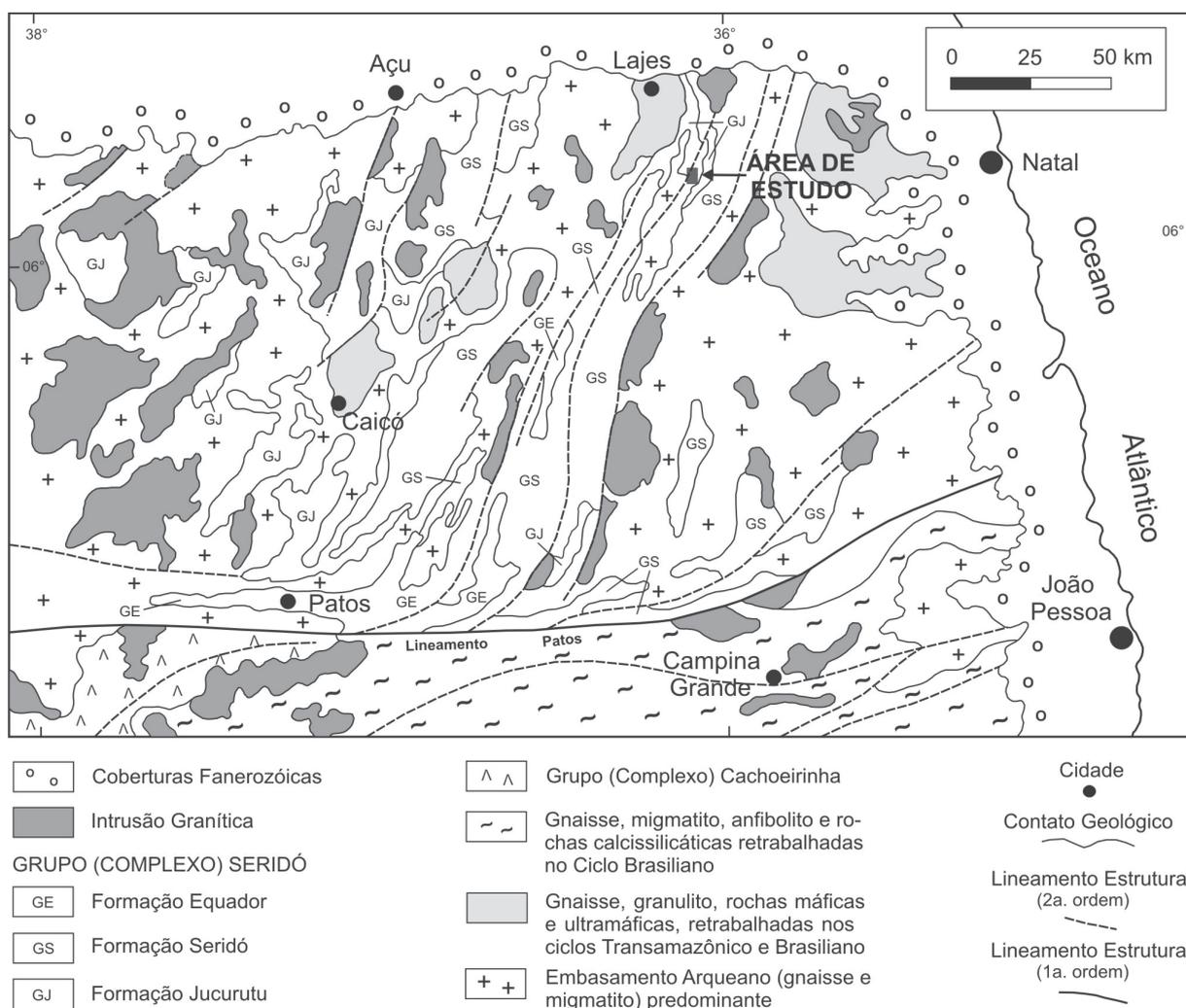


FIGURA 1. Arcabouço geológico da Faixa de Dobramentos Seridó (parcial e modificado de Schobbenhaus et al., 1981; e Jardim de Sá, 1994), destacando a área de estudo nesse contexto.

ASPECTOS FISIOGRÁFICOS

De acordo com IBGE (2006), o relevo da área está inserido no domínio morfoestrutural dos “Cinturões Móveis Neoproterozóicos do Nordeste Oriental”, o qual apresenta dois compartimentos geomorfológicos: a “Depressão Sertaneja” e o “Planalto da Borborema”. A Depressão Sertaneja constitui a paisagem típica do semi-árido nordestino, possuindo relevo predominantemente suave-ondulado, cortado por vales estreitos, com ocorrência isolada de elevações residuais, os quais testemunham os ciclos intensos de erosão que atingiram a região. De outro modo, o Planalto da Borborema é formado por maciços elevados, com morros e cristas que culminam entre 650 a 1.000 m de altitude, apresentando relevo movimentado que formou vales profundos e estreitos.

O clima corresponde ao tipo “Tropical Nordeste Oriental” (IBGE, 2002), caracterizado por um clima quente semi-árido, com temperaturas médias elevadas em todos os meses do ano; onde o mês mais frio – setembro – apresenta média de 23,5 °C. A região apresenta um período seco de agosto a fevereiro, sendo o trimestre de outubro a dezembro o período de menor precipitação, com médias de 76 mm; e um período chuvoso de março a julho, com chuvas concentradas de março a maio, totalizando médias anuais em torno de 575 mm de precipitação.

Os cursos d’água da região pertencem à sub-bacia do Rio Ponta da Serra, da bacia hidrográfica do Rio

Ceará-Mirim, a quinta maior bacia do Rio Grande do Norte, com 2.635 km² (equivalente a cerca de 5% da área estadual). Apresenta uma rede hidrográfica de alta densidade, subordinando-se às condicionantes geomorfológicas, estruturais e climáticas. Entretanto, a maior parte dos cursos d’água possui caráter intermitente, drenando apenas no período chuvoso, tendo em vista a escassez hídrica crônica da região (IBGE, 2002).

Duas classes de solos ocorrem na área: os “Neossolos Litólicos” e os “Luvisolos Crômicos” (conforme IBGE & EMBRAPA, 2003). Os Neossolos Litólicos são solos jovens, de reduzida espessura e profundidade, caracterizados por um horizonte A com menos de 40 cm de espessura, assentado diretamente sobre o substrato rochoso, ou sobre um material com 90% de sua massa constituída por fragmentos líticos com diâmetros superiores a 2 mm (horizontes C ou Cr). Os Luvisolos Crômicos são normalmente pouco profundos, com espessura variando entre 60 a 120 cm, que apresentam mobilização da argila do horizonte A e concentração no horizonte B (horizonte subsuperficial), levando à formação de um nível impermeável abaixo do horizonte de superfície. A reduzida espessura dos solos da área é diretamente relacionada à escassez de água, elemento essencial ao intemperismo e principal condicionante na formação de solos mais profundos e evoluídos.

METODOLOGIA DE TRABALHO

Foram realizados trabalhos de mapeamento geológico e amostragem de solos para prospecção geoquímica, possibilitando a delimitação de camadas de flogopita xisto e corpos de pegmatitos mineralizados em esmeralda. Um total de 1.351 amostras de solo foram coletadas em malha geométrica a partir de linhas segundo direção E-W, espaçadas a cada 125 m. As amostragens foram realizadas a cada 50 m e seus produtos analisados por Fluorescência de Raios-X e por espectrometria de emissão atômica com plasma indutivamente acoplado (ICP-MS), nos laboratórios do SGS–Geosol Ltda (Belo Horizonte, MG).

Para os elementos de maior importância prospectiva, tais como Be, Cr, K, Li, Mg, Na, Ni e V, foram elaborados mapas geoquímicos de isotores, possibilitando a melhor determinação das camadas ou

lentes de flogopita xisto com potencial para a ocorrência de mineralizações de esmeralda. Para esse fim foi utilizado o programa computacional ArcView 9.x. O método de interpolação escolhido para a representação final dos mapas foi o de krigagem, por possuir maior flexibilidade para interpolação e podendo abranger grandes áreas, além dos valores interpolados coincidirem com os valores dos pontos amostrais.

Tendo em vista a elaboração dos mapas geoquímicos, os valores dos intervalos para os elementos anteriormente citados foram estabelecidos por tentativa e erro até que se obtivessem mapas com contrastes mais fortemente evidenciados. Os valores das anomalias foram determinados considerando-se os teores médios de tais elementos para os tipos de rocha presentes na área (Levinson, 1980; Wedepohl, 1995).

SÍNTESE GEOLÓGICA REGIONAL

A área encontra-se inserida na região nordeste da Província Borborema, no domínio setentrional da

Faixa de Dobramentos Seridó (Almeida et. al., 1977). Essa província estrutural ocupa uma área com aproxi-

madamente 500.000 km² no nordeste brasileiro, sendo dividida em três grandes domínios demarcados por duas grandes zonas de cisalhamento transcorrentes de direção E-W, denominadas Lineamento Patos, ao norte, e Lineamento Pernambuco, ao sul. O setor situado entre esses dois lineamentos é denominado de Zona Transversal, enquanto as áreas situadas a norte e sul daqueles lineamentos são designadas, respectivamente, de domínios Setentrional e Meridional (Jardim de Sá, 1994). A área enfocada situa-se no Domínio Setentrional (Figura 1).

De modo geral, essa região é formada por um mosaico fatiado de blocos crustais arqueanos a paleoproterozóicos, os quais compõem o embasamento gnáissico-migmatítico antigo ou retrabalhado, com faixas de rochas supracrustais meso a neoproterozóicas, metamorfizadas no facies xisto-verde a granulito, sobrepostas de forma discordante (Jardim de Sá et al., 1981). Ambos os terrenos são intrudidos por plútons, em sua maioria rochas granitóides com idades paleoproterozóicas a neoproterozóicas (Van Schmus et al., 1984; Leterrier et al., 1990). As sequências supracrustais, são designadas de grupos (ou complexos) Cachoeirinha e Seridó (Figura 1). O primeiro é constituído por filitos, conglomerados e

rochas vulcânicas ácidas a intermediárias (riolitos, dacitos, andesitos e rocha piroclásticas), de idade pré-cambriana ainda incerta (Costa, 1980). O Grupo Seridó é subdividido em três formações, da base para o topo: Jucurutu (biotita gnaisses com intercalações de rochas carbonáticas e calcissilicáticas), Seridó (micaxistos localmente com intercalações de quartzitos, mármore e rochas calcissilicáticas) e Equador (muscovita quartzitos com intercalações de metaconglomerados) (Jardim de Sá, 1994).

A Faixa Seridó sofreu uma complexa evolução tectônica durante o Ciclo Brasileiro, no Neoproterozóico, marcada pela formação de estruturas de baixo a alto ângulo (foliações S2 e S3, respectivamente), sobre as quais ocorreram cavalgamentos (S2) e cisalhamentos transcorrentes geralmente dextrais, paralelos à direção NNE da S3 (Jardim de Sá, 1994; Jardim de Sá et al., 1981). Nesse contexto, as condições metamórficas foram de fácies xisto verde a anfíbolito alto. As intrusões sintectônicas brasileiras aproveitaram esses planos para ascenderem na crosta e originaram um evento hidrotermal importante dentro das encaixantes, cuja expressão mais importante na região é representada por mineralizações de scheelita e ouro (Legrand, 2004).

GEOLOGIA LOCAL

As rochas predominantes na região compreendem gnaisses tonalíticos, localmente migmatíticos e/ou milonitizados, correspondendo ao embasamento arqueano/paleoproterozóico, além de metassedimentos, representados por gnaiss, micaxisto e quartzito inseridos na Formação Jucurutu (Figura 2). Em faixas estreitas e restritas, ocorrem ainda anfíbolitos, rochas ultramáficas e corpos pegmatíticos de controles tectônicos diversos.

O embasamento é formado por uma associação de gnaisses tonalíticos (localmente granodioríticos), os quais provavelmente fazem parte de um complexo tonalítico-trondjemítico-granodiorítico, com intercalações de anfíbolito. Predominam rochas homogêneas, às vezes com texturas migmatíticas, de mineralogia macroscópica formada por quartzo, plagioclásio, biotita, feldspato potássico e anfíbólio. Quando não intemperizadas, possuem coloração cinza, enquanto os migmatitos são esbranquiçados nas porções quartzofeldspáticas e cinza escuro/esverdeados naquelas ricas em biotita e anfíbólio. Essas rochas apresentam textura granoblástica, passando a granolepidoblástica nos melanossomas. A granulação em geral varia de média a grossa, formando uma matriz com grãos milimétricos

a submilimétricos, embora localmente seja possível observar cristais centimétricos de feldspato, com típica textura do tipo *augen*.

As rochas supracrustais da Formação Jucurutu correspondem a uma sequência de metassedimentos pelito-psamíticos, representados por paragnaisse, muscovita-quartzoxisto e quartzito, este último predominante. Tais rochas, aflorantes a noroeste da área, sobrepõem-se aos gnaisses do embasamento cristalino, embora contatos diretos não tenham sido observados. Os quartzitos aparecem como rochas homogêneas, bastante intemperizadas e de cores variando de branca a rósea. Os tipos mais micáceos apresentam uma coloração amarelada/avermelhada, enquanto os puros são esbranquiçados. Localmente são observados blocos de quartzito verde, ricos em muscovita cromífera. Variações composicionais laterais e verticais fazem com que essas rochas gradem para paragnaises ou xistos de granulação grossa, ambos com maior quantidade de muscovita e/ou plagioclásio.

Rochas intrusivas ocorrem distribuídas por toda a área, e correspondem a corpos de rochas ultramáficas e a pegmatitos pré a sin-tectônicos. As rochas ultramáficas constituem uma associação de serpentinito

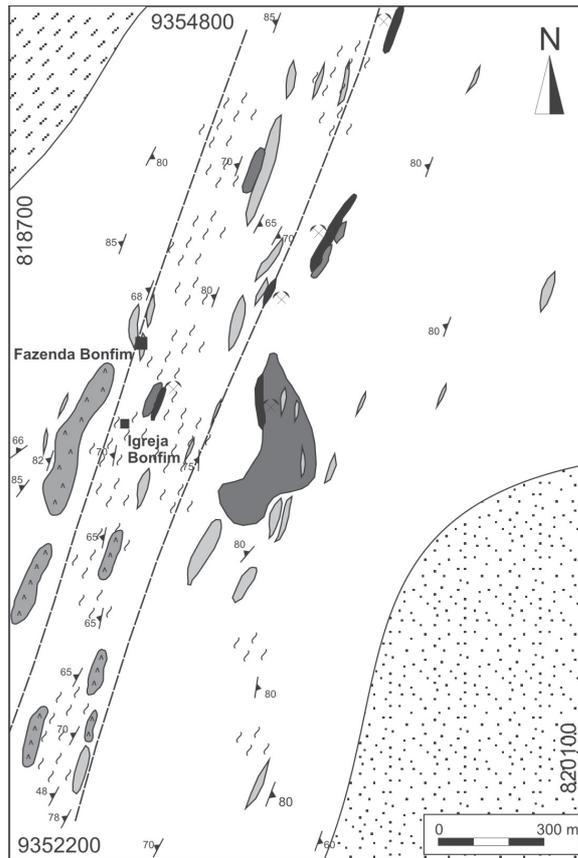


FIGURA 2. Geologia de detalhe da área do depósito de esmeralda da Fazenda Bonfim.

com flogopita-tremolitaxisto e tremolita-talcoxisto; as mesmas são responsáveis por fornecer os elementos cromóforos para a formação da esmeralda. Uma zona de cisalhamento atravessa a área, com direção NNE-SSW, e as atitudes da foliação são coincidentes com tal direção, apresentando mergulhos fortes para NW e SE.

Os pegmatitos pré-tectônicos possuem textura grossa, geralmente homogênea, e são compostos por quartzo, muscovita, microclínio, schorlita e, localmente, berilo, estando na maior parte das vezes encaixados em gnaisses e muito raramente nos xistos. Os minerais apresentam dimensões que variam entre 2 e 10 cm, algumas vezes atingindo até 20 cm de comprimento. Os corpos são de forma lenticular e em geral observa-

se estiramento ou por vezes boudinagem no *trend* regional NNE-SSW. Em alguns corpos cuja foliação é mais penetrativa eles se mostram xistificados, ou eventualmente milonitizados. Em alguns poucos locais foram também encontrados de forma discordante.

Os pegmatitos sin-tectônicos apresentam textura sacaroidal, às vezes de grão muito fino assemelhando-se a um aplito; eles geralmente são homogêneos. A mineralogia observada a nível macroscópico é dada por albita, quartzo, muscovita e berilo; por vezes, a riqueza em albita faz a rocha corresponder a um albitito. Esses pegmatitos possuem extensão lateral máxima de 12 m, com espessura de até 3 m. Nas proximidades dos contatos com a rocha ultramáfica xistificada, ocorre a variedade esmeralda do berilo.

A sudeste da área, ocorre um solo residual espesso, de natureza eluvio-coluvionar.

PRINCIPAIS ASPECTOS DA MINERALIZAÇÃO

A variedade esmeralda do berilo, segundo Webster (1983), possui coloração típica verde-grama, cuja intensidade da cor é diretamente proporcional à presença de cromo, ferro e/ou vanádio em substituição ao alumínio em sua estrutura cristalina. Dentre os vários processos geradores de depósitos de berilo, a esmeralda está frequentemente associada ao processo metamórfico de caráter metassomático, onde a interação de fluidos pegmatíticos com rochas máficas-ultramáficas propicia a substituição parcial do alumínio pelos cátions metálicos cromóforos.

O depósito de esmeralda da Fazenda Bonfim está relacionado a pegmatitos sin-tectônicos, de composição albítica e textura sacaroidal, em associação a níveis estreitos de rochas ultramáficas. No contato entre essas duas rochas, ocorre uma zona de biotita-flogopitaxisto, onde é observada a maior parte da mineralização. A estruturação do depósito se associa a uma zona de cisalhamento de direção NNE-SSW, com caimento variando entre 40° e 55° para noroeste (Figura 2). A espessura da camada de flogopitaxisto varia em geral entre 20 cm a 3 m, podendo atingir localmente 5 m. Em alguns locais foram identificadas duas camadas mineralizadas paralelas.

A esmeralda da ocorrência da Fazenda Bonfim é caracterizada pela sua cor verde intensa, verde azulada e mais raramente verde-amarelada. Alguns fragmentos apresentam zonamento de cor, valorizando seu aproveitamento gemológico. Em geral, os cristais tem forma irregular, mostrando-se sem a forma cristalográfica típica do prisma hexagonal (0001). São mais comuns os fragmentos transparentes variando entre 2 e 5 mm, entretanto já foram recuperados cristais com até 5 cm de comprimento segundo o eixo cristalográfico "c".

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A geoquímica de solos e rochas foi efetuada em região com grande volume de rocha aflorante e porções de solos residuais *in situ*, portanto os halos de dispersão geoquímica dos elementos refletiram, a composição original da rocha, não sendo mascarados por fenômenos superficiais posteriores. Os valores de *background* locais para cada elemento foram estimados em função dos teores máximo e mínimo observados. O estudo geoquímico foi centrado nos elementos indicadores de ambiente mais propício à mineralização, tais como potássio, berílio e lítio, que caracterizam magmas graníticos, e cromo e magnésio, elementos comuns em magmas máfico-ultramáficos.

Os resultados analíticos para esses e outros elementos foram utilizados para a elaboração de mapas geoquímicos de isoteores, os quais possibilitaram a delimitação de anomalias e áreas de forte contraste geoquímico (Figuras 3 e 4). Na condução das pesquisas, quatro elementos foram considerados principais (Be, Cr, K e Li), e outros quatro acessórios (Mg, Na, Ni e V). Os valores mínimos e máximos encontrados nas análises, e aqueles a partir dos quais foram caracterizados os índices das anomalias estão apresentados na Tabela 1.

TABELA 1. Valores mínimos e máximos quantificados para os elementos selecionados no estudo, e os valores de referência de anomalia propostos.

Be (ppm)	Cr (ppm)	K (%)	Li (ppm)	
1,0	1,0	0,01	1,0	Valor mínimo
9,5	1794	1,8	120	Valor máximo
>2,0	>500	>1,0	>70	Anomalia

Mg (%)	Na (%)	Ni (ppm)	V (ppm)	
0,2	0,01	1,4	3,6	Valor mínimo
13,3	0,36	4631	746	Valor máximo
>2,5	>0,025	>500	>50	Anomalia

BERÍLIO

Elemento químico com origem relacionada a pegmatitos graníticos, apresentou anomalias localizadas na porção centro-norte da área, indicando elevado potencial para ocorrências de intrusões desse tipo. Devido à baixa mobilidade do berílio e do intemperismo químico incipiente, foram tratados como anomalias geoquímicas valores acima de 1,5 ppm, considerando que para rochas ultramáficas os valores de berílio são desprezíveis (Wedepohl, 1995). As anomalias observadas distribuem-se segundo a direção NNE-SSW, coincidindo com a posição e direção dos corpos pegmatíticos conhecidos. Tais anomalias foram úteis também para realçar o caráter sin-tectônico das

intrusões férteis; nos trabalhos de pesquisa, observou-se que as mineralizações de esmeralda estavam localizadas tanto nos veios pegmatíticos quanto no interior do flogopitaxisto, como um mineral formado em condições sintectônicas, possuindo cristais alinhados paralelamente à foliação da rocha. Os cristais de esmeralda observados no contato do pegmatito com o flogopitaxisto são geralmente de qualidade inferior. Nota-se, portanto, uma mobilidade acentuada do berílio em direção ao flogopitaxisto.

CROMO

O cromo associa-se ao magnésio nas rochas ultramáficas e deve estar presente na estrutura da flogopita, ocupando os sítios octaédricos com valência 3+ substituindo o Al^{3+} , correspondendo ao principal elemento cromóforo da esmeralda. Valores acima de 350 ppm foram considerados anômalos, por evidenciarem contrastes mais fortes. Os valores máximos observados foram da ordem de 1.794 ppm. As anomalias apresentam-se segundo a direção NNE-SSW, ressaltando as estruturas observadas em campo. Os valores mais elevados localizam-se nas porções central, onde se instalaram as unidades de produção e beneficiamento de esmeralda, e nordeste da área. Através desses resultados foram localizadas trincheiras e furos de sondagem, possibilitando inclusive a caracterização de novos pontos de ocorrência do mineral.

POTÁSSIO

O potássio ressalta tanto a presença das intrusões pegmatíticas como dos gnaisses regionais, devendo assim ser usado com a devida cautela, pois indica somente que tais rochas possuem minerais ricos neste elemento, tais como feldspatos e mica. No presente caso, entretanto, a comparação dos mapas de isoteores em potássio, com os de berílio e lítio, permitiu também identificar a direção estrutural dos corpos e orientar pesquisas subsequentes. Considerou-se valores anômalos aqueles acima de 1%, e o valor máximo observado foi de 1,8%. Devido a uma grande incidência de corpos pegmatíticos, não foi possível a individualização destes pelo mapeamento geoquímico, embora a sobreposição das anomalias de potássio com as de cromo, tenha facilitado a delimitação das áreas de maior potencial para a ocorrência de corpos mineralizados em esmeralda.

LÍTIO

O lítio, assim como o berílio, é indicador da fase residual do magma granítico e está, no caso enfocado, relacionado aos corpos de pegmatito. Contrariamente ao berílio, tem uma mobilidade acentuada e aloja-se

facilmente na estrutura dos filossilicatos trioctaédricos, ocupando seus sítios dodecaédricos. O elemento tem também facilidade para se combinar com vários ânions, gerando uma variedade de minerais no ambiente pegmatítico, tais como elbaíta e lepidolita. Portanto, as anomalias de lítio devem ser analisadas conjuntamente com as de potássio e de berílio, considerando-se anômalos valores acima de 70 ppm, onde o máximo dosado foi de 120 ppm.

MAGNÉSIO, SÓDIO, NÍQUEL E VANÁDIO

Esse grupo de elementos em geral apresentou valores mais dispersos pela área, com a excessão do níquel. O magnésio, assim como o cromo, encontra-se estreitamente relacionado com a presença das rochas

ultramáficas, na parte central da área, ocorrendo de modo subordinado em associação à faixa dos níveis anfibolíticos nos gnaisses regionais, logo a oeste. Quando ao sódio, este apresentou valores muito dispersos e inconclusivos, o que realça a forte mobilidade desse elemento. A zona de anomalia do níquel, entretanto, revelou-se importante, por estar fortemente concentrada junto com cromo e magnésio, na zona principal de ocorrência das ultramáficas. Os resultados quanto ao vanádio também foram pouco satisfatórios; embora se esperasse uma associação com as anomalias de ultramáficas, ele se concentrou um pouco mais a oeste, junto das anomalias secundárias de magnésio na zona de ocorrências dos anfibolitos.

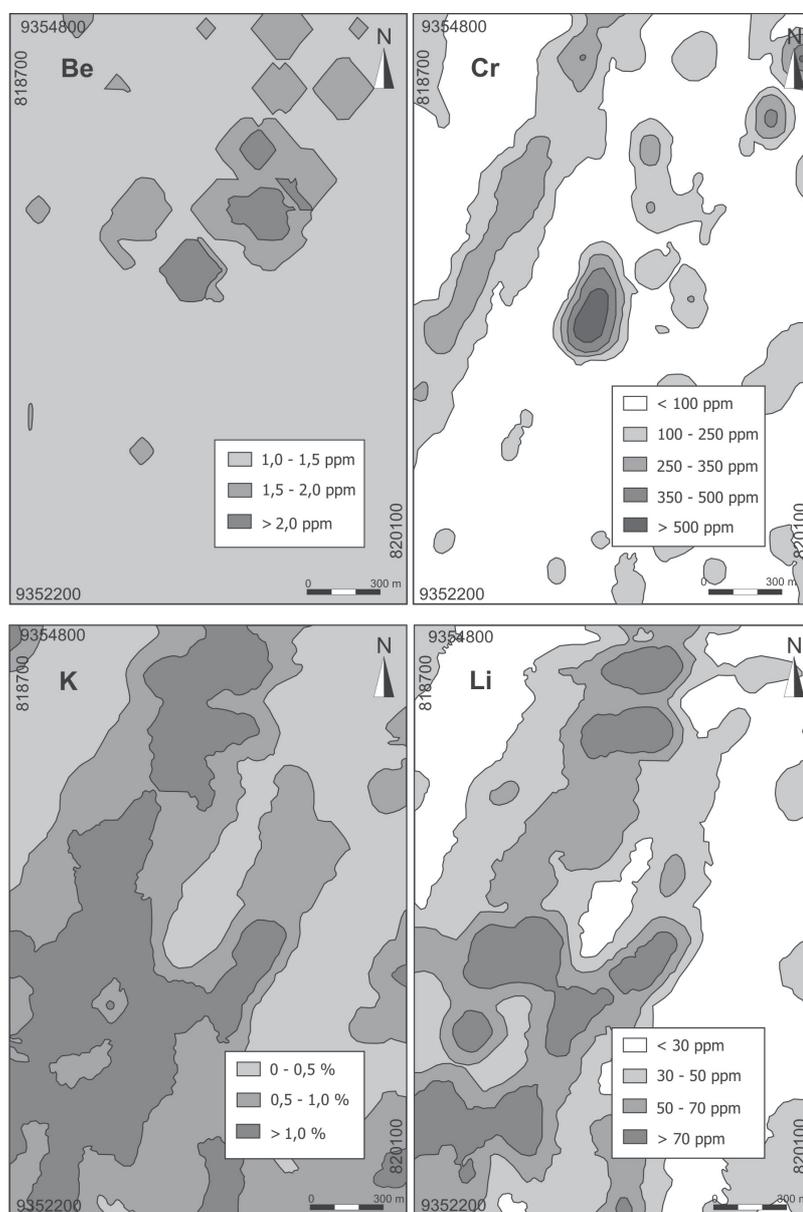


FIGURA 3. Mapas geoquímicos de isotores para os elementos químicos berílio (Be), cromo (Cr), potássio (K) e lítio (Li) na área da Fazenda Bonfim.

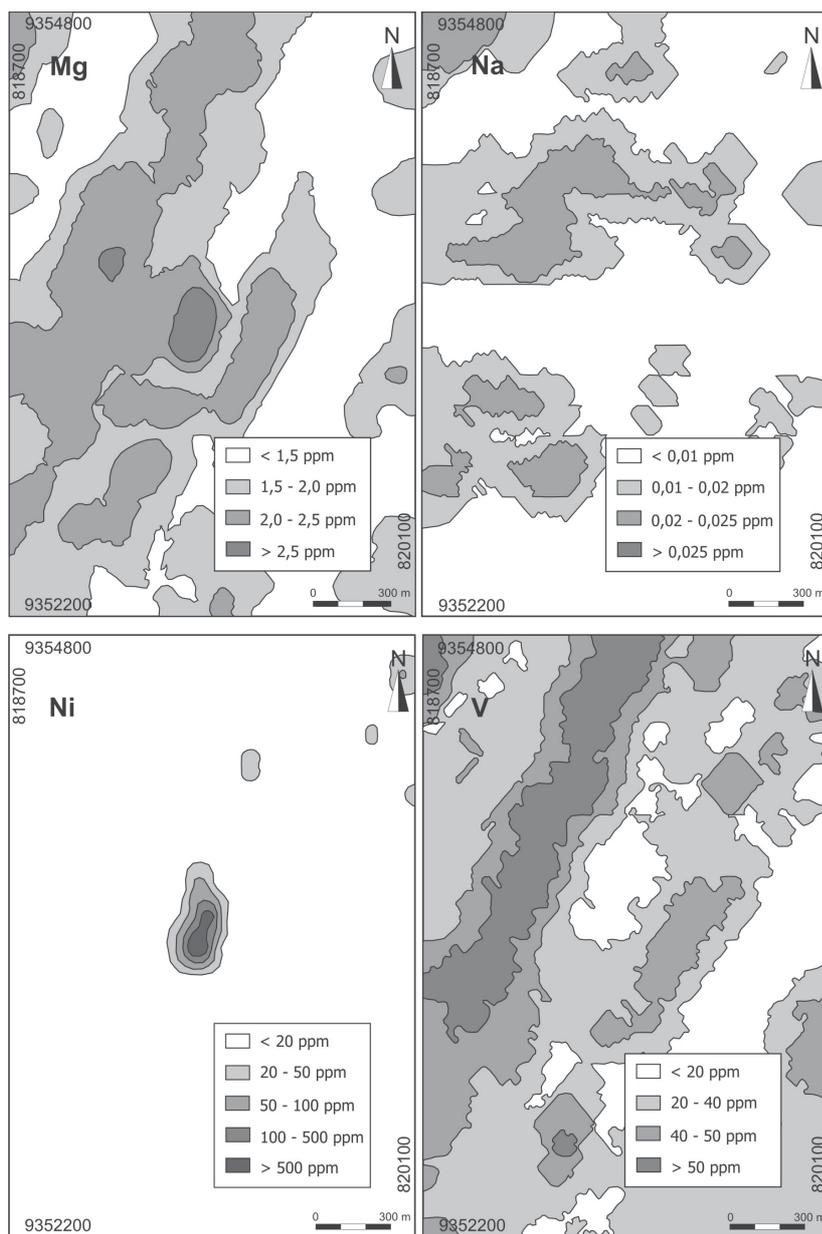


FIGURA 4. Mapas geoquímicos de isotores para os elementos químicos magnésio (Mg), sódio (Na), níquel (Ni) e vanádio (V) na área da Fazenda Bonfim.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A geoquímica de solos foi utilizada com sucesso em uma região do nordeste brasileiro com a finalidade de prospecção do berilo variedade esmeralda. Como a região é de clima semi-árido, praticamente com ausência de transporte do solo, assegurou-se o bom resultado das análises, através da confecção de mapas que mostraram a dispersão de diversos elementos químicos especialmente selecionados como indicadores tanto do ambiente granítico/pegmatítico como também do básico-ultrabásico. O principal desafio foi a determinação de um *background* local que permitisse

refletir a mineralização com um maior índice de certeza.

Os dados obtidos foram consistentes com a estrutura geológica da região, e se mostraram também uma valiosa ferramenta para a prospecção de minerais gemológicos, auxiliando ainda na pesquisa detalhada posterior. De tal maneira, os resultados do mapeamento geoquímico foram utilizados para orientar as pesquisas, possibilitando a locação de trincheiras e furos de sondagem na faixa centro-norte da área. Esses estudos técnicos, visando o cálculo das reservas mineráveis e seus teores, encontram-se em andamento.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Mineração Vale Verde Ltda pela disponibilização dos dados, à UEMG - Universidade do Estado de Minas Gerais e à FAPEMIG – Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais, pela Bolsa de Doutorado concedida a F. M. Belotti. M.L.S.C. Chaves agradece ainda ao CNPq, pela bolsa de pesquisador.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALMEIDA, F.F.M.; BRITO NEVES, B.B.; FUCK, R.A. Províncias Estruturais Brasileiras. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 8, 1977, Campina Grande. **Atas...** Campina Grande: Sociedade Brasileira de Geologia, 1977, p.363-391.
2. COSTA, M.J. **Rock and soil geochemical investigations on sulphidebearing Precambrian metavolcanics at Aurora, Ceará state, Brazil.** Leicester, 1980. 129 p. Master Science Thesis – University of Leicester.
3. DISSANAYAKE, C.B.; RUPASINGHE, M.S.; MENDIS, D.P.J. Geochemical exploration for gem deposits in Sri Lanka – application of discriminant analysis. **Chemie der Erde**, v. 54, p. 33-47, 1994.
4. IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa de Clima do Brasil, Escala 1:5.000.000.** Rio de Janeiro: Ed. IBGE, 2002, 1 mapa.
5. IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa de Unidades de Relevo do Brasil, Escala 1:5.000.000.** Rio de Janeiro: Ed. IBGE, 2006, 1 mapa.
6. IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA & EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Mapa de Solos do Brasil, Escala: 1:5.000.000.** Rio de Janeiro: Ed. IBGE & EMBRAPA, 2003, 1 mapa.
7. JARDIM DE SÁ, E.F. **A Faixa Seridó (Província Borborema, NE) e o seu significado geodinâmico na Cadeia Brasileira/Pan-Africana.** Brasília, 1994. 880 p. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de Brasília.
8. JARDIM DE SÁ, E.F.; LEGRAND, J.M.; MCREATH, I. Estratigrafia de rochas granitóides na região do Seridó (RN-PB), com base em critérios estruturais. **Revista Brasileira de Geociências**, v.11, p.50-57, 1981.
9. LEGRAND, J.M. Relatório sobre as mineralizações auríferas ao norte do Lineamento de Patos, com ênfase ao Distrito Bonfim. Natal: UFRN, **Relatório Interno**, 2004, 19 p. (Inédito).
10. LETERRIER, J.; JARDIM DE SÁ, E.F.; MACEDO, M.H.F.; AMARO, V.E. Magmatic and geodynamic signature of the Brasiliano Cycle plutonism in the Seridó Belt, NE Brazil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36, 1990, Natal. **Anais...** Natal: Sociedade Brasileira de Geologia, 1990, v. 3, p. 607-620.
11. LEVINSON, A.A. **Introduction to exploration geochemistry.** New York: Applied Publishing LTD, 2nd edition, 310 p., 1980.
12. RUPASINGHE, M.S. & DISSANAYAKE, C.B. Rare earth element abundance in the sedimentary gem deposits of Sri Lanka. **Lithos**, v. 17, p. 329-342, 1984.
13. RUPASINGHE, M.S.; BANERJEE, A.P.; PENSE, J.; DISSANAYAKE, C.B. The geochemistry of beryllium and fluorine in the gem fields of Sri Lanka. **Mineralium Deposita**, v. 19, p. 86-93, 1984.
14. SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, G.R.; DERZE, G.R.; ASMUS, H.E. **Mapa Geológico do Brasil e da Área Oceânica Adjacente Incluindo Depósitos Mineraiis.** Brasília: MME-DNPM, 1981, 4 mapas.
15. VAN SCHMUS, W.R.; DANTAS, E.L.; FETTER, A.; BRITO NEVES, B.B.; HACKSPACKER, P.C.; BABINSKI, M. Neoproterozoic age for Seridó Group, NE Borborema Province, Brazil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 39, 1996, Salvador. **Anais...** Salvador: Sociedade Brasileira de Geologia, 1984, v. 6, p. 152-155.
16. WEBSTER, R. **Gems: their sources, description and identification.** London: Butterworths, 1006 p., 1983.
17. WEDEPOHL, K.H. Ingerson lecture: the composition of the continental crust. **Geochemica et Cosmochemica Acta**, v. 59, p. 1217-1232, 1995.

*Manuscrito Recebido em: 12 de junho de 2010
Revisado e Aceito em: 12 de agosto de 2010*