

# VARIEDADES GEMOLÓGICAS DE MINERAIS DA PROVÍNCIA PEGMATÍTICA DA BORBOREMA, NE DO BRASIL: UMA SÍNTESE

Dwight Rodrigues Soares<sup>1</sup>

Hartmut Beurlen<sup>2</sup>

Marcelo Reis Rodrigues da Silva<sup>2</sup>

Francisco de Assis da Silveira Gonzaga<sup>1</sup>

Josenildo Isidro dos Santos Filho<sup>1,3</sup>

Henrique Bruno Lima de Oliveira<sup>1,3</sup>

10.18190/1980-8208/estudosgeologicos.v28n1p56-71

<sup>1</sup> IFPB, Campus Campina Grande, [dwight.soares@ifpb.edu.br](mailto:dwright.soares@ifpb.edu.br);

[francisco.gonzaga@ifpb.edu.br](mailto:francisco.gonzaga@ifpb.edu.br)

<sup>2</sup> UFPE, Depto. de Geologia, [beurlen@ufpe.br](mailto:beurlen@ufpe.br); [marcelor@ufpe.br](mailto:marcelor@ufpe.br)

<sup>3</sup> UFCG, Unidade Acadêmica de Mineração e Geologia, [josenildoisidro@gmail.com](mailto:josenildoisidro@gmail.com);

[henriquebruno@gmail.com](mailto:henriquebruno@gmail.com)

## RESUMO

Pegmatitos graníticos são fonte de numerosos minerais com elevado potencial gerador de variedades de boa qualidade gemológica, com destaque para berilo, várias espécies do super-grupo da turmalina, topázio, espodumênio, quartzo, feldspatos, além de outros minerais menos comuns {p. ex. granadas, euclásio, gahnita, tantalita-(Mn), microlitas}. Na Província Pegmatítica da Borborema (PPB), alvo deste estudo, destacam-se as turmalinas, incluindo a famosa “turmalina Paraíba, berilo, quartzo, espessartita, gahnita, euclásio, como minerais de bom potencial gemológico. A formação destas gemas na PPB, assim como na maioria das Províncias Pegmatíticas mundiais, é localizada em cavidades situadas preferencialmente na transição entre a zona intermediária interna e o núcleo de quartzo de pegmatitos heterogêneos mais diferenciados. A descrição das principais ocorrências de gemas da PPB será objeto deste trabalho.

**Palavras chave:** pegmatitos graníticos, gemas, elbaíta, “Turmalina Paraíba“, Província Pegmatítica da Borborema.

## ABSTRACT

Granitic pegmatites are a world-wide source of numerous minerals with high potential for the generation of gemstones, including beryl, various species of the tourmaline super-group, topaz, spodumene, quartz, feldspar, as well as other less common minerals {garnet, euclase, gahnite, tantalite- (Mn), microlites and others}. In the Borborema Pegmatite Province (BPP), the aim of this study is to highlight the tourmalines including the famous "Paraíba tourmaline", beryl, quartz, spessartine, gahnite and euclase, as minerals with good gemological potential. The formation of these gems in BPP, as well as in most of the Pegmatite Provinces world's, is preferentially located in cavities in the transition between the inner intermediate zone and the quartz core of the most differentiated heterogeneous pegmatites. The description of the main occurrences of BPP gemstones will be object of this work.

**Keywords:** granitic pegmatites, gemstones, elbaite, Paraíba tourmaline, Borborema Pegmatite Province

## INTRODUÇÃO

Os pegmatitos graníticos e seus exocontatos são rochas hospedeiras de uma diversificada gama de minerais passíveis de aproveitamento gemológico.

Segundo a estrutura interna, essas rochas podem ser classificadas, em simples (homogêneos), zonados e complexos (Simmons, 2007). Os pegmatitos zonados permitem distinguir de duas a quatro zonas (borda, muro, intermediária e núcleo de quartzo), com variação na composição modal mineralógica e textural. Já nos complexos se acrescentam frequentes corpos de substituição e cavidades e, eventualmente, zonas adicionais. No pegmatito Tanco, Canadá, por exemplo, Crouse & Černý (1972), distinguiram 9 unidades internas: zonas de bordo, muro, albita aplítica, intermediária inferior, intermediária central, intermediária superior, quartzo, pollucita e lepidolita. Os corpos de substituição (formados pela substituição no estado subsólido dos minerais primários por novos minerais, por processos metassomáticos e/ou hidrotermais) podem também mascarar a zonação primária parcial ou completamente. Os pegmatitos zonados e complexos são enriquecidos em elementos tais como Be, B, Li, Mn, P, F, Rb, Cs, Ga, Sc, Y, ETR, Sn, Nb, Ta, U, Th, Zr e Hf (Simmons, 2007).

Pegmatitos com frequentes cavidades miarolíticas são reunidos como uma classe à parte por Černý & Ercit, (2005), supostamente formados a pressão e temperatura abaixo de 3 kbar e 500°C, respectivamente. Os pegmatitos miarolíticos mais típicos e com maior potencial gemológico, na maioria das vezes ocorrem em corpos com anatomia interna “acamadada” assimétrica e a distribuição das cavidades se dá ao longo das últimas “camadas” cristalizadas, tendo os pegmatitos e suas

“camadas” mergulho muito suave. É nos “pockets” ou “cavidades miarolíticas” que ocorrem os cristais com melhor qualidade gemológica (Simmons, 2007). As cavidades miarolíticas são normalmente formadas quando, após a cristalização de grande parte dos componentes minerais anidros da fusão pegmatítica primária, ocorre a concentração, saturação e imiscibilidade dos componentes voláteis originalmente dissolvidos na fusão.

As gemas ligadas a pegmatitos são extraídas principalmente de pegmatitos zonados e complexos, em *pockets* localizados preferencialmente na zona intermediária ou no limite desta com o núcleo de quartzo, de acordo com Simmons (2007) e Simmons *et al.* (2012).

Os pegmatitos graníticos em função do ambiente geotectônico em que são formados são classificados em duas famílias: NYF, formados em ambiente tafrogênico e enriquecidos em Nb, Y+ Terras Raras e F e LCT, formado em ambiente orogênico, enriquecidos em Li Cs e Ta (Černý, 1991; Černý & Ercit 2005; Martin & De Vito, 2005; London, 2008). De acordo com esses autores, os pegmatitos LCT são potencialmente produtores de turmalina e berilo de qualidade gemológica, além de brasilianita, crisoberilo, euclásio, gahnita, espessartita, entre outros e podem atingir elevados estágios de fracionamento. Entre os minerais do grupo da columbita a ocorrência de tantalita-(Mn) é frequente. Já os pegmatitos da família NYF, são normalmente pouco fracionados, mais primitivos e com zonação menos complexa. Estes têm maior potencial gemológico para berilo, variedade água marinha, feldspato potássico (amazonita) e topázio, entre outros, mas raramente para turmalina. De acordo com os autores citados, os granitos parentais dos pegmatitos NYF são peraluminosos a subaluminosos e

metaluminosos (tipos A e D), enquanto os granitos parentais dos pegmatitos LCT são peraluminosos (tipos S, I, ou mistos, S+I). A Tabela 1, a seguir,

relaciona as gemas produzidas mundialmente a partir de pegmatitos e seus exocontatos.

Tabela 1 – Gemas pegmatíticas, conforme Simmons (2007), Simmons *et al.* (2012) e complementações (\*). Cores: az – azul; am – amarelo; cz – cinza; in – incolor; lr – laranja; mr – marrom; rs – róseo; vd – verde; vm – vermelho; rs - róseo; pr – púrpura; br – branco, vv -violeta. Abundância: C = comum; R = raro; RR = muito raro.

Grupo ou espécie mineral	Variedade gemológica	Cores	Abundância	Pegmatito (família)
Ambligonita-	Ambligonita	in, am	R	LCT
Montebrasite	Montebrasita	in, rs, am	R	LCT
Apatita	F-apatita	az, vd, rs, pr, rs	C	NYF < LCT
Berilo	Água marinha	vd, az	C	NYF & LCT
	Esmeralda (*)	vd	RR	NYF & LCT
	Goshenita	in	C	LCT > NYF
	Heliodoro	am	R	NYF > LCT
	Morganita	rs, lr	R	LCT
Berilonita	Berilonita	in, am	RR	LCT
Brasilianita	Brasilianita	vd, am	RR	LCT
Crisoberilo	Alexandrita	vd	RR	LCT
	Crisoberilo	am	R	LCT
	Crisoberilo olho-de-gato	am	RR	LCT
Danburita	Danburita	am, mr	R	LCT
Espinélio	Gahnita (*)	vd	R	LCT
Espodumênio	Hiddenita	rs, pr	C	LCT
	Kunzita	vd	C	LCT
Euclásio	Euclásio	az, vd, in	RR	LCT
Feldspato Alcalino	Amazonita	vd	C	NYF & LCT
	Pedra da lua	br, br-az	C	NYF & LCT
	Sanidina-ortoclásio	am, in	C	NYF
Fenacita	Fenacita	in, am, rs	R	NYF > LCT
Granada	Espessartita	lr	R	LCT
Hambérgita	Hambérgita	in, am	RR	NYF & LCT
Herderita	Hidroxiherderita	in, am, az	RR	LCT
Jeremejevita	Jeremejevita	az	RR	NYF
Lazulita	Lazulita	az	C	LCT
Londonita	Londonita	in, am	RR	LCT
Mica	Lepidolita	pr, rs	C	LCT
Petalita	Petalita	in	R	LCT
Plagioclásio	Albita	in	C	NYF & LCT
Pollucita	Pollucita	in	R	LCT
Quartzo	Ametista	pr	C	NYF & LCT
	Citrino	am	C	NYF & LCT
	Fumê/Morion	mr	C	NYF & LCT
	Hialino	in	C	NYF & LCT
	Róseo	rs	C	NYF & LCT
	Rutilado (*)	in	C	NYF & LCT
Rodizita	Rodizita	am, in	RR	LCT
Scheelita	Scheelita (*)	in, am, lr, cz	RR	NYF
Simpsonita	Simpsonita	am, lr	RR	LCT
Sibiotantalita	Sibiotantalita	am, am-mr	RR	LCT
Taaféita	Taaféita (*)	pr, az, vd, rs, vm	R	?
Tantalita	Tantalita-(Mn)(*)	vm	RR	LCT
Topázio	Topázio	az, in	C	NYF & LCT
	Topázio Imperial	lr, pr	R	NYF & LCT
Trifilita	Trifilita	az, vd	R	LCT
Triplita	Triplita	vr, mr	C	NYF & LCT
Turmalina	Acroita	in	R	LCT
(Elbaita, liddicoatita, rossmanita)	Canário	am	R	LCT
	Indicolita	az	C	LCT
	Paraíba	az, vd, pr	R	LCT
	Rubelita	vm, rs	R	LCT
	Verdelita	vd	C	LCT
Zircão	Zircão	in, vr, mr, vd	C	NYF & LCT

A grande maioria das gemas na PPB é trabalhada por garimpagem e como subproduto casual de pegmatitos abordados para produção de outros bens minerais como caulim, feldspato, mica ou tantalita.

Este trabalho é uma sinopse das principais ocorrências classicamente produtoras de gemas em pegmatitos da PPB, em grande parte, compilada de dados disponíveis na literatura. Tais informações são complementadas com pesquisas recentes desenvolvidas em várias ocorrências pelos autores (Beurlen *et al.*, 2011, 2014; Soares *et al.*, 2011, 2014, entre outros), com foco em estudos de química mineral, contexto geológico, tipologia dos pegmatitos hospedeiros e relações texturais das gemas.

## ASPECTOS GEOLÓGICOS REGIONAIS

A Faixa Seridó, localizada no extremo NE da Província Borborema (Almeida *et al.* 1981), é constituída de um embasamento gnáissico-granítico-migmatítico de idade Paleoproterozóica e uma sequência Neoproterozóica supracrustal, o Grupo Seridó, constituída, da base para o topo pela Formação Jucurutu (gnaiesses calcios-silicáticos, intercalações de mármore, escarnitos e anfíbolitos), Formação Equador (quartzitos, metarcósios e metaconglomerados) e Formação Seridó (granada-cordierita-sillimanita-biotita-xistos), conforme Beurlen *et al.* (2008).

O conceito de Província Pegmatítica da Borborema foi pioneiramente lançado por Scorza (1944), abrangendo um denso agrupamento de pegmatitos nióbio-

tantalífero-glucíniferos em partes dos Estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte, delimitada aproximadamente pelas coordenadas geográficas 5<sup>o</sup>30' e 7<sup>o</sup>15' da latitude S e 35<sup>o</sup>45' e 37<sup>o</sup>15' de longitude W, correspondendo à parte oriental da Faixa Seridó (Fig. 1). Santos *et al.* (2014) denominam Província Pegmatítica do Seridó (PPS) para essa província mineral que ocorre nos limites dos estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte, que concentra a maior quantidade de pegmatitos do Nordeste do Brasil.

De acordo com Beurlen *et al.* (2011 e referências ali incluídas), existem na PPB mais de 750 pegmatitos (Rollf, 1946, Roy *et al.*, 1964, Bezerra *et al.*, 1994, Moraes, 1999), mineralizados principalmente em Be-Li-Ta (Sn), além de milhares de pegmatitos supostamente estéreis de aproximadamente 430 a 540 Ma. Segundo Beurlen *et al.* (2014) os pegmatitos seriam do tipo “enriquecidos em elementos raros” e família LCT (Černý & Ercit, 2005). Idades obtidas por Ebert (1969) e Almeida *et al.* (1968) em uraninita (U-Pb) e Rb-Sr em feldspatos indicam idades entre 450 e 530 Ma. Araújo *et al.* (2005) obtiveram idade de 525 Ma em biotita (Ar-Ar), e Baumgartner *et al.* (2006), 509-515 Ma em columbita-tantalita pelo método U-Pb. Não está bem definida a fonte granítica, geradora dos pegmatitos, embora haja suspeita de que sejam várias intrusões de granitos pegmatíticos com idade em torno de 520 a 530 Ma, diferente do que ocorre em várias províncias pegmatíticas do mundo onde o grau de fracionamento cresce com a distância do centro da província (Beurlen *et al.*, 2014).

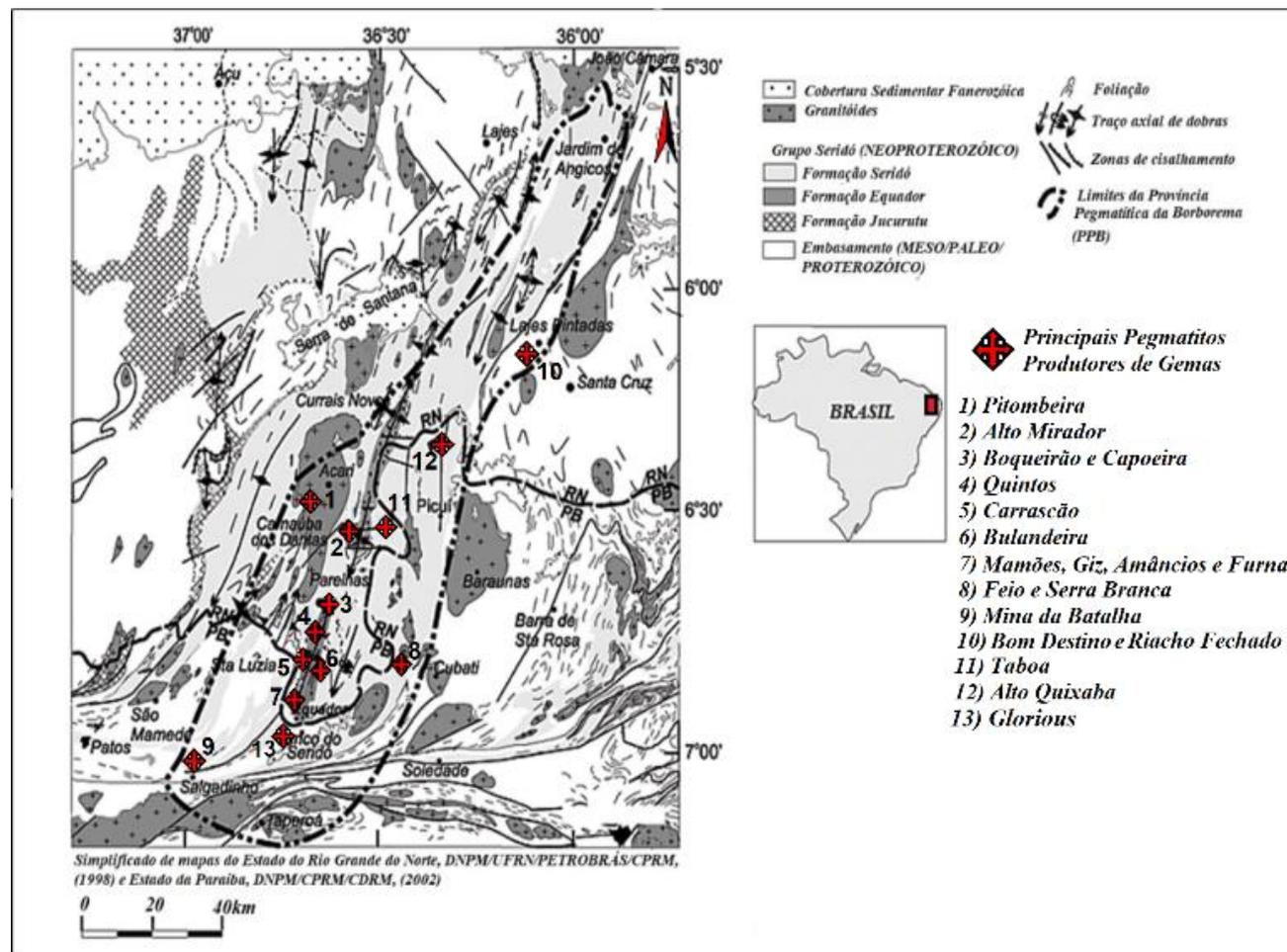


Figura 1- Mapa geológico simplificado da PPB, com localização dos principais pegmatitos produtores de gemas

Conforme Da Silva *et al.* (1995), aproximadamente 80% dos pegmatitos mineralizados da PPB estão encaixados nos xistos da Formação Seridó, 11% nos quartzitos da Formação e os restantes em outras litologias como metaconglomerados, gnaisses, migmatitos, granitos, etc.

Nos trabalhos clássicos sobre a PPB (Johnston Jr., 1945, por exemplo) distinguem-se os pegmatitos homogêneos, zonados simples (com as zonas intermediária e núcleo de quartzo mal desenvolvidos, ou com Be, Nb>Ta, P e com zona intermediária e núcleo bem desenvolvidos e com columbita-(Fe) como principal mineral do grupo da columbita) e os zonados complexos (com espodumênio e tantalita – (Mn) já com corpos de substituição frequentes e bem desenvolvidos). Ressalta-se que estes tipos de zonação e mineralização podem não estar expostos e mesmo não ocorrer em todo o corpo, mas variar longitudinalmente e com a profundidade e, conseqüentemente, com o nível de erosão. Assim uma classificação correta de um pegmatito depende do conhecimento de corpo integral em três dimensões. Esta classificação simples dos pegmatitos PPB também não faz juz a uma realidade bem mais diversificada como, por exemplo, a proposta pela classificação de Černý (1991), Černý & Ercit (2005) e prejudica uma comparação com outras províncias pegmatíticas mundiais.

Além do padrão de zonação de um pegmatito, e de uma boa caracterização tipológica, para uma avaliação do potencial gemológico é também de extrema importância a presença ou não de cavidades naturais (os chamados “*pockets*”, “fogões”, “bolsões”). Nos pegmatitos sem cavidades, maciços, os minerais com bom potencial gemológico são geralmente muito fraturados durante o resfriamento, devido à variação natural

do seu volume no estado *subsolidus* e eventuais deformações tectônicas.

De acordo com a premissa de que a classe dos pegmatitos miarolíticos é a que tem o melhor potencial gemológico, e que os pegmatitos da PPB (assim como da Província Oriental do Brasil – MG) não se encaixam nesta classe, pois quase nunca têm mergulhos suaves, e as condições de formação são de aproximadamente 4 kbar e 580° C, seu potencial gemológico deveria ser pequeno. A realidade, no entanto, comprova o contrário. Esta incoerência pode ser explicada pelo fato de que grande parte das cavidades de onde provém a grande maioria das gemas da PPB são secundárias, ligadas a corpos de substituição e não cavidades miarolíticas primárias. Os corpos de substituição truncam as estruturas primárias dos pegmatitos e resultam da reação de fluidos tardios de origens variadas, primários ou mistos, ácidos que dissolvem os minerais primários dos pegmatitos, num processo descrito por Martin & De Vito (2005).

De acordo com Simmons (2007) e Martin & De Vito (2014), a presença de elementos como Ca, Fe, Mg, Li, B, Ti, entre outros, em um estágio tardio e proveniente de fonte externa, num processo conhecido por *acid reflux*, são responsáveis pela ruptura de *pockets* primários, substituição de minerais pré-existentes por novos minerais e formação de *pockets* secundários com novas associações minerais incluindo cristais gemológicos.

## AS GEMAS DA PPB

De um modo geral, a PPB possui inúmeras jazidas pegmatíticas com potencial gemológico. Os pegmatitos da região de Parelhas-Ecuador e de São José da Batalha têm sido estudados nas últimas décadas, com produção de trabalhos técnicos publicados em periódicos nacionais e estrangeiros, além de Dissertações de Mestrado e

Teses de Doutorado. Os pegmatitos de Acari e de Lajes Pintadas, no entanto, têm sido pouco estudados, com reduzida produção científica. A seguir são apresentados os principais pegmatitos produtores de minerais gemológicos da PPB.

### **Pegmatitos produtores de turmalina Paraíba**

A turmalina Paraíba, elbaíta rica em cobre, de excepcional cor azul anil, foi descoberta na Mina da Batalha, Salgadinho/PB por volta de 1982. Desde então muitas publicações sobre essa gema rara têm sido produzidas. Ocorre também em vários outros pegmatitos da região: Capoeira, Quintos, Carrascão, Glorious. Beurlen *et al.* (2011) discutem detalhadamente a gênese dessas turmalinas. Ocorrências similares na Nigéria e em Moçambique são citadas por Abduriyim *et al.* (2006).

#### **Quintos**

É um pegmatito de elementos

raros, zonado, tipo complexo /espodumênio, localizado 9 km a SW de Parelhas/RN, encaixado nos quartzitos da Formação Equador (Soares, 2004). Foi produtor de turmalina Paraíba, tendo produzido esta gema por muitos anos, operada pela empresa Paul Wild de Idar-Oberstein (Cornejo & Bartorelli, 2010). O corpo pegmatítico apresenta dravita com textura em pente na zona contato, com presença de minerais de Li (espodumênio e lepidolita) na zona intermediária. A turmalina Paraíba ocorre na transição da zona intermediária interna, rica em albita, com o núcleo de quartzo, normalmente associada com quartzo e albita, muitas vezes substituídas por lepidolita (Figura 2). Soares (2004), Soares *et al.* (2008), Beurlen *et al.* (2011), entre outros, descrevem detalhadamente a ocorrência de turmalina Paraíba neste pegmatito. De acordo com esses últimos autores, essa turmalina tem um teor de CuO de até 1,8%, em peso. Atualmente o pegmatito está com as atividades paralisadas.



Figura 2– Cristais de turmalina Paraíba, associadas a quartzo e albita, substituídas total ou parcialmente por lepidolita do pegmatito Quintos (Beurlen *et al.*, 2011)

## **Capoeira**

Os pegmatitos Capoeira, classificados como complexo/espodumênio (Beurlen *et al.*, 2008), constituem um grupo de pelo menos quatro corpos paralelos, denominados Capoeira 1, 2, 3 e 4, encaixados nos metaconglomerados da Formação Equador, localizados a aproximadamente 2 km a NE da cidade de Parelhas/RN (Soares, 2004). A turmalina Paraíba, assim como outras turmalinas desse pegmatito, foi estudada detalhadamente por Soares (2004), Soares *et al.* (2008) e Beurlen *et al.* (2011), entre outros. De acordo com esses autores, a turmalina Paraíba ocorre na zona intermediária, rica em albita, crescendo em direção ao núcleo, às vezes com arranjos radiais, normalmente associada à albita, quartzo, muscovita, espodumênio e litiofilita  $\{LiMn^{2+}(PO_4)\}$ . A turmalina Paraíba é uma flúor-elbaita com conteúdo de CuO de até 1,2%, em peso, e teores de ferro desprezíveis, envolvendo núcleos de rubelita. Ocorre também quartzo nas variedades citrino e fumê, às vezes em cristais de tamanho expressivo e com qualidade gemológica. Este pegmatito está sendo lavrado atualmente para extração de turmalina “Paraíba” pela Mineração Terra Nova.

## **Mina da Batalha**

A Mina da Batalha foi a primeira produtora de turmalina Paraíba a nível mundial. Localiza-se a aproximadamente 4,5km a NE da cidade de Salgadinho/PB. De acordo com Barreto & Bittar (2010), a Mina da Batalha é constituída de 6 corpos pegmatíticos homogêneos, intensamente caulinizados paralelos a subparalelos, encaixados nos quartzitos da Formação Equador. As turmalinas são normalmente fraturadas e frequentemente substituídas por lepidolita e/ou caulim. Ocorrem na

transição de uma zona de albita (caulinizada) com o núcleo de quartzo, associada principalmente com albita, quartzo, lepidolita. De acordo com Barreto & Bittar (*op. cit.*), a presença de cavidades na massa de caulim, onde ocorrem as turmalinas, preenchidas com quartzo *morion*, combinadas com finas massas de caulim ou lepidolita, servem como controle de mineralização de elbaitas. Os elementos cromóforos da turmalina Paraíba, segundo os autores citados anteriormente, são Cu e Mn. De acordo com Rossman *et al.* (1991), o conteúdo de CuO pode alcançar até 1,79%, em peso. Está sendo trabalhada atualmente por garimpeiros com escassa produção.

## **Carrascão**

Localiza-se em Equador/RN. É um pegmatito zonado, de elementos raros encaixado nos quartzitos da Formação Equador, onde a turmalina Paraíba ocorre nos limites da zona intermediária com o núcleo de quartzo, associada com feldspatos, quartzo, muscovita, lepidolita e fosfatos, mostrando arranjos radiais, quase sempre substituída por lepidolita. Contêm até 2,4% de CuO, em peso (Beurlen *et al.*, 2011). É um pegmatito ainda pouco estudado.

## **Glorious**

Localiza-se 2 km a oeste de Junco do Seridó/PB. De acordo com Furuya (2007), trata-se de um pegmatito zonado, de elementos raros, completamente caulinizado, tal como Mina da Batalha. A turmalina Paraíba ocorre na massa de caulim, associada também a mica e quartzo, com até 3,34% de CuO, em peso, nas cores azul, verde azulado e violeta. A turmalina de cor violeta, quando submetida a tratamento térmico, adquire cor azul, aumentando sua valorização no merca-

do. De acordo com Furuya (*op. cit.*), o pegmatito está sendo lavrado pela empresa japonesa Glorious Gem Co. Ltd.

### **Pegmatitos produtores de outras elbaítas gemológicas**

#### **Giz**

É um pegmatito heterogêneo, tipo complexo/espodumênio (Beurlen *et al.*, 2008), intensamente caulinizado, portador de uma paragênese de tantalatos raros ou exóticos como alumotantita, simpsonita, tantalita-(Mn) e hidrokenomicrolita-3R- $\square_2\text{Ta}_2[\text{O},(\text{OH})]_6(\text{H}_2\text{O})$ , anteriormente parabariomicrolita. Este corpo encontra-se encaixado nos quartzitos da Formação Equador, localizado a 6 km a norte da cidade de Equador/RN.” A verdelita descrita pioneiramente por Soares *et al.* (2017), foi classificada como flúor-elbaita, coletada na zona intermediária, totalmente caulinizada. A flúor-elbaita tem cor verde maçã, com uma débil zonação, apresentando conteúdo de F de até 0,72 apfu. De acordo com Soares *et al.*(*op.cit.*), essas F-elbaítas, por suas propriedades (boa cor de topo e “olhos” sem fraturas de até 1 cm), podem ser aproveitadas como gema de boa qualidade. Atualmente é trabalhado por garimpeiros para extração de óxidos de Nb-Ta, caulim e subsidiariamente gemas como euclásio (azul, verde, incolor), fluor-elbaita (verde), tantalita-(Mn).

#### **Boqueirão**

Este pegmatito localiza-se 3 km a leste da cidade de Parelhas/RN. É um corpo heterogêneo, tipo complexo/espodumênio (Beurlen *et al.*, 2008), apresentando grande volume de corpos de substituição e *pockets* na zona intermediária interna e terminação

oriental. Segundo Soares (2004) suas dimensões aflorantes são de aproximadamente 410 m de comprimento com espessura máxima de 40 m. Ocorre encaixado nos metaconglomerados da Formação Equador, sendo responsável pela produção de elbaítas de qualidade gemológica de várias cores, inclusive turmalina melancia, além de berilo nas variedades morganita e goshenita. As turmalinas (de diversas cores, zonadas ou não) ocorrem na zona intermediária e em *pockets*, associada principalmente a albita, quartzo e espodumênio. Foram encontradas elbaítas com faixa azul escuro com até 2,43% de ZnO (Soares *et al.*, 2009). Ocorrem também quartzo fumê e hialino em quantidades expressivas. Foi um dos maiores produtores de óxidos de Ta, além de minerais de Bi. Está com suas atividades paralisadas há aproximadamente 10 anos.

#### **Serra Branca**

O pegmatito Serra Branca, ou Alto Serra Branca é um corpo zonado, tipo berilo/berilo-columbita-fosfato, encaixado nos biotita-xisto da Formação Seridó. De acordo com Soares *et al.* (2011), nesse pegmatito ocorrem elbaítas azul, verde, azul esverdeada e rósea. A turmalina estudada por Soares *et al.* (*op cit.*) é predominantemente F-elbaita de cor azul “safira”, com conteúdo de F de 0,41 até 0,83 apfu no sítio W e baixa vacância na posição X. Ocorre formando drusas com arranjos radiais, geralmente associada a albita e quartzo nas porções interiores do corpo, com boa cor de topo, normalmente com fissuras preenchidas por albita. Foram lapidadas turmalinas de excelente qualidade, com poucas inclusões, algumas atingindo mais de 6 quilates (Fig. 3).



Figura 3– Turmalina azul “safira”, com 6,8 quilates (Soares *et al.*, 2011)

No pegmatito ocorrem ainda, trifilita e triplita, com efeito olho-de-gato, de qualidade gemológica (Wegner *et al.*, 1998). De acordo com esses autores, a trifilita ocorre nas cores cinza-esverdeada e marrom, fornecendo gemas límpidas de até 2 quilates. Atualmente o pegmatito está sendo trabalhado pela Cooperativa de Mineradores de Pedra Lavrada para a extração de albita, muscovita, com esporádicas extrações de elbaítas gemológicas.

#### **Pegmatitos produtores de água marinha**

As ocorrências de água marinha na PPB concentram-se principalmente nas adjacências dos municípios de Acari e Lajes Pintadas, ambos no Estado do Rio Grande do Norte.

Os corpos que compõe o pegmatito de Lajes Pintadas são zonados, pouco diferenciados, diferentes dos pegmatitos de Tenente Ananias (também produtores de água marinha), pois não há ocorrência de amazonita nem tantalita. Esses pegmatitos possivelmente são provavelmente do tipo NYF, distinguidos principalmente por sua paragênese mineral. Os principais pegmatitos do Distrito Gemológico de

Lajes Pintadas são: Tapera, Riacho Fechado, Bom Destino.

O pegmatito Pitombeira, localizado em Acari/RN, é um corpo zonado, tipo berilo (Beurlen *et al.*, 2008) produtor de água marinha azul e verde amarelada, que ocorre nos limites da zona intermediária e núcleo (Beurlen *et al.*, 2006). Mapeamento geológico de detalhes recentes, demonstram que este corpo ocorre encaixado no Granito de Acari de idade Neoproterozoica (Ediacarana).

#### **Pegmatitos produtores de outras gemas** **Mirador**

Este pegmatito é também conhecido por Ermo. Corresponde a um corpo zonado, encaixado nos quartzitos da Formação Equador. Localiza-se 15 km a NE da cidade de Carnaúba dos Dantas/RN, na localidade conhecida por Ermo. Neste pegmatito ocorre gahnita gemológica nas cores verde cana (clara) e verde folha (escura), conforme Figura 4, na zona intermediária média, rica em albita, associada a espessartita (Figura 5), euclásio róseo, bertrandita, além de tantalita, berilo e apatita (Soares *et al.*, 2014). Os mesmos autores, a partir de estudos de espectroscopia de UV-visível, mostraram que a provável cor

da gahnita é devida à presença de  $Fe^{3+}$  substituindo  $Al^{3+}$  em sítios octaedrais. De acordo com Soares *et al.* (2007), as gahnitas do pegmatito Mirador são quase puras, com 86,22 a 95,41% de molécula de gahnita, com traços de Mn, Mg, Ca, Si, Ti e Cr. A gahnita apresenta excelente qualidade gemológica (cores homogêneas, sem inclusões visíveis a olho nu e com poucas fraturas), com gemas lapidadas de até 5 quilates; uma raridade gemológica.

Este pegmatito foi também produtor de espessartitas de alta qualidade gemológica, límpidas e sem fraturas, de cor predominantemente laranja, além de euclásio róseo de até 0.5 cm, formando drusas, associado a espessartita, gahnita e bertrandita (Ferreira *et al.*, 2008). Os trabalhos de lavra no pegmatito estão atualmente paralisados.



Figura 4- Gahnitas gemológicas verde claro e verde escuro do pegmatito Alto Mirador (Soares *et al.*, 2014)



Figura 5- Espessartita gemológica do pegmatito Alto Mirador (Eeckhout *et al.*, 2004)

## **Mamões**

O pegmatito Mamões, localizado a 3 km a NW da cidade de Equador/RN é um corpo zonado, tipo complexo/espodumênio (Beurlen *et al.*, 2008), encaixado nos quartzitos da Formação Equador. Foi produtor de euclásios azuis e incolores no contato da zona intermediária com o núcleo de quartzo, associada principalmente a feldspato. Foi trabalhado para a extração de tantalita-(Mn) e columbita até aproximadamente o ano de 1985 (Ferreira *et al.*, 2008).

## **Feio**

O pegmatito Alto Feio localiza-se a 1km a NE da cidade de Padra Lavrada/PB. É um corpo zonado, tipo berilo (Beurlen *et al.*, 2008), encaixado em biotita xistos da Formação Seridó. É conhecido por sua produção de quartzo róseo, explotado a partir da zona de núcleo, destinando-se principalmente ao uso ornamental, embora ocorra também cristais com qualidade gemológica. Também ocorre esporadicamente turmalina elbaíta verde, algumas delas apresentando qualidade gemológica. Atualmente é trabalhado por garimpeiros com extração de feldspato, muscovita e quartzo róseo.

A Tabela 2, a seguir, lista as principais gemas da PPB e seus respectivos pegmatitos hospedeiros.

## **CONCLUSÕES**

A Província Pegmatítica da Borborema aloja uma província gemológica de grande diversidade, com destaque para gemas raras, além da famosa turmalina Paraíba. A maioria das gemas da PPB ocorre em pegmatitos da família LCT (pegmatitos mais diferenciados). Possivelmente os pegmatitos portadores de água marinha do Distrito Gemológico de Lajes Pintadas sejam da família NYF, atestado principalmente por sua paragênese mineral.

A grande maioria das gemas na PPB é trabalhada por garimpagem e como subproduto casual de pegmatitos abordados para produção de outros bens minerais como caulim, feldspato, mica ou tantalita.

A ocorrência de crisoberilo no pegmatito Roncadeira (Nova Palmeira/PB), descrita por Beurlen *et al.* (2013) abre a perspectiva de ocorrência de alexandrita na PPB, devido principalmente à presença de orto-anfibolitos intercalados no biotita xistos da Formação Seridó (encaixante do pegmatito).

Tabela 2 – Lista de gemas dos pegmatitos da PPB a partir de dados da literatura e de observações de campo. (1) Parelhas/RN; (2) Equador/RN; (3) Carnaúba dos Dantas/RN; (4) Acari/RN; (5) Lajes Pintadas/RN; (6) Pedra Lavrada/PB; (7) Salgadinho/PB; (8) Frei Martinho/PB; (9) Junco do Seridó/PB

Grupo ou espécie mineral	Variedade gemológica	Fórmula química ideal	Pegmatitos produtores
Apatita	F-apatita ?	$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$	Boqueirão(1), Capoeira(1)
Berilo	Água marinha	$\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$	Pitombeira(4), Bom Destino(5), Riacho Fechado(5)
	Goshenita		Boqueirão(1), Capoeira(1)
	Heliodoro		Amâncios(2), Giz(2)
	Morganita		Boqueirão(1), Carrascão(2)
Espinélio	Gahnita	$\text{ZnAl}_2\text{O}_4$	Mirador(3)
Euclásio	Euclásio	$\text{BeAlSiO}_4(\text{OH})$	Amâncios(2), Aroeiras(1), Giz(2) Mamões(1), Mata(1), Mirador(3)
Granada	Almandina	$\text{Fe}^{2+}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$	Cabeço Branco(4)
	Espessartita	$\text{Mn}^{2+}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$	Mirador(3)
Lazulita	Lazulita	$\text{MgAl}_2(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_2$	Alto Azul(1)
Quartzo	Ametista	$\text{SiO}_2$	Mamões(1), Tanquinhos(6)
	Fumê		Diversos
	Róseo		Feio(6), Taboa(3)
Scheelita	Scheelita	$\text{CaWO}_4$	Barra da Canoa (6)
Tantalita	Tantalita-(Mn)	$\text{Mn}^{2+}\text{Ta}_2\text{O}_6$	Giz(2), Furnas(2), Amâncios(2)
Trifilita	Trifilita	$\text{LiFe}^{2+}(\text{PO}_4)$	Serra Branca(6)
Triplita	Triplita	$(\text{Mn}^{2+}, \text{Fe}^{2+})_2(\text{PO}_4)\text{F}$	Serra Branca(6)
Turmalina Paraíba	Elbaíta	$\text{Na}(\text{Al}_{1,5}\text{Li}_{1,5})\text{Al}_6(\text{Si}_6\text{O}_{18})(\text{BO}_3)_3(\text{OH})_3(\text{OH})$ ou $\text{Na}(\text{Al}_{1,5}\text{Li}_{1,5})\text{Al}_6(\text{Si}_6\text{O}_{18})(\text{BO}_3)_3(\text{OH})_3\text{F}$	Capoeira(1), Quintos(1), Mina da Batalha(7), Carrascão(2), Glorious (9)
Turmalina (outras)	Indicolita	$\text{Na}(\text{Al}_{1,5}\text{Li}_{1,5})\text{Al}_6(\text{Si}_6\text{O}_{18})(\text{BO}_3)_3(\text{OH})_3(\text{OH})$ ou $\text{Na}(\text{Al}_{1,5}\text{Li}_{1,5})\text{Al}_6(\text{Si}_6\text{O}_{18})(\text{BO}_3)_3(\text{OH})_3\text{F}$	Serra Branca(6), Quixaba (8) Bom Jesus (9), Bulandeira (2)
	Rubelita	$\text{Na}(\text{Al}_{1,5}\text{Li}_{1,5})\text{Al}_6(\text{Si}_6\text{O}_{18})(\text{BO}_3)_3(\text{OH})_3\text{F}$	Boqueirão(1), Bulandeira(2)
	Verdelita		Boqueirão (1), Giz(2)

Apesar da tradição mineira da região, ela ressurte-se de pesquisas minerais sistemáticas e da caracterização químico-mineralógica de muitas gemas, resultando em pouco conhecimento do potencial gemológico. A província mostra potencial para produção de outras gemas como topázio, scheelita e crisoberilo, ainda pouco estudadas.

Carece a região de incentivos governamentais e de *marketing* para agregar valor às gemas produzidas, algumas delas de alto valor comercial

(gahnita, espessartita, euclásio, entre outras).

Algumas gemas de pegmatitos da PPB, por suas características de beleza e raridade (euclásio, tantalita-Mn, gahnita e espessartita, além da famosa turmalina Paraíba), distinguem-se de gemas similares provenientes de outras províncias gemológicas. Algumas delas estão atualmente embelezando museus de várias partes do mundo, ou coleções particulares. Essas gemas geralmente são adquiridas de garimpeiros da região por preços irrisórios.

## **Agradecimentos**

Este trabalho foi realizado com auxílio financeiro pelo projeto Universal do CNPq (Processo: 455828/2014-8). Os autores ficam gratos ao editor e aos revisores pelos comentários, críticas e sugestões.

## **REFERÊNCIAS**

- Abduriyim, A., Kitawaki, H., Furuya, M., Schwarz, D. 2006. "Paraíba"-type copper-bearing tourmaline from Brazil, Nigeria and Mozambique: Chemical fingerprinting by LA-ICP-MS. *Gems & Gemology*, 42(1):4-21.
- Almeida, F.F.M., Brito Neves, B.B., Fuck, R.A. 1981. Brazilian structural provinces: An introduction. *Earth Science Review*, 17:1-19.
- Almeida, F.F.M., Melcher, G.C., Cordani, U.G., Kawashita, K., Vandomos, P. 1968. Radiometric age determinations from Northern Brazil. *Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia (São Paulo)*, 17:3-15.
- Araújo, M.N.C., Vasconcelos, P.M., Silva, F.C.A., Jardim de Sá, E.F., Sá, J.M. 2005.  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  geochronology of gold mineralization in Brasiliano strike-slip shear zones in the Borborema Province, NE Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 19:455-460.
- Barreto, S.B., Bittar, S.M.B. 2010. The gemstone deposits of Brazil: occurrences, production and economic impact. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 62(1):123-140.
- Baumgartner, R., Romer, R.L., Moritz, R., Sallet, R., Chiaradia, M. 2006. Columbite-tantalite-bearing granitic pegmatites from the Seridó belt, Northeastern Brazil: genetic constraints from U-Pb dating and Pb isotopes. *Canadian Mineralogist*, 44:69-86.
- Beurlen, H., Da Silva, M.R.R., Thomas, R., Soares, D.R., Olivier, P. 2008. Nb-Ta-(Ti-Sn) oxide mineral chemistry as tracer of rare-element granitic pegmatite fractionation in the Borborema Province, northeastern Brazil. *Mineralium Deposita*, 43:207-228.
- Beurlen, H., Moura, O.J.M., Soares, D.R., Da Silva, M.R.R., Rhede, D. 2011. Geochemical and geological controls on the genesis of gem-quality "Paraíba tourmaline" in granitic pegmatites from Northeastern Brazil. *Canadian Mineralogist*, 49:277-300.
- Beurlen, H., Thomas, R., Da Silva, M.R.R., Silva, D. 2006. Manganocolumbite and cassiterite exsolution lamellae in ilmenite from the Pitombeiras pegmatite (Acari-Rio Grande do Norte) in the Borborema Pegmatitic Province, NE-Brazil. *Estudos Geológicos, UFPE*, 16(2):3-15.
- Beurlen, H., Thomas, R., Da Silva, M.R.R., Müller, A., Rhede, D., Soares, D.R. 2014. Perspectives for Li- and Ta-mineralization in the Borborema Pegmatite Province, NE Brazil: A review. *Journal of South American Earth Sciences*, 56:110-127.
- Beurlen, H., Thomas, R., Melgarejo, J.C., Da Silva, J.M.R., Soares, D.R., Da Silva, M.R.R. 2013. Chrysoberyl-sillimanite association from the Roncadeira pegmatite, Borborema Province, Brazil: implication for gemstone exploration. *Journal of Geosciences*, 58:79-90.
- Bezerra, M.S., Carvalho, V.G.D., Nesi, J.R. 1994. Caracterização e mercado dos minerais de

- pegmatitos da Província da Borborema. In: Projeto Pegmatitos do Nordeste Oriental (Série Recursos Minerais, Volume 5) MME/CPRM. Recife, 121p.
- Černý, P. 1991. Rare-element granitic pegmatites. Part 1: Anatomy and internal evolution of pegmatite deposits. *Geoscience Canada*, 18:49-67.
- Černý, P., Ercit, T.S. 2005. The classification of granitic pegmatites revisited. *Canadian Mineralogist*, 43:2005-2026.
- Cornejo, C., Bartorelli, A. 2010. *Minerais e Pedras Preciosas do Brasil. Solaris – Edições Culturais*, São Paulo, 704p.
- Crouse, R.A., Černý, P. 1972. The Tanco pegmatite at Bernic Lake, Manitoba. I. Geology and paragenesis. *Canadian Mineralogist*, 11:591-608.
- Da Silva, M.R.R., Höll, R., Beurlen, H. 1995. Borborema Pegmatitic Province: geological and geochemical characteristics. *Journal of South American Earth Sciences*, 8(3/4): 355-364.
- Ebert, H. 1969. *Geologia do Alto Seridó. SUDENE (Série Geologia Regional)*. Recife, 120p.
- Eeckhout, S.G.; Sabioni, A.C.S.; Ferreira, A.C.M. 2004. A treatment study of brazilian garnets. *Journal of Gemmology*, 29(3):129-138.
- Ferreira, A.C.M., Ferreira, J.A.M., Soares, D.R., Tavares, J.F. 2008. Ocorrências de euclásios gemas em pegmatitos berilo-tantalíferos da região do Seridó, Província Pegmatítica da Borborema. *Estudos Geológicos, UFPE*, 18(2):117-128.
- Furuya, M. 2007. Copper-bearing tourmalines from new deposits in Paraíba State, Brazil. *Gems & Gemology*, 43(3):236-239.
- Johnston Jr., W.D. 1945. Os pegmatitos berilo-tantalíferos da Paraíba e Rio Grande do Norte, no Nordeste do Brasil. *DNPM/DFPM (Boletim 72)*, Rio de Janeiro, 85p.
- London, D. 2008. Pegmatites. *The Canadian Mineralogist (Special Publication, 10)*, Ed. Robert F. Martin, Québec, 347p.
- Martin, R.F., De Vito, C. 2005. The patterns of enrichment in felsic pegmatites ultimately depend on tectonic setting. *The Canadian Mineralogist*, 43:2027-2048.
- Martin, R.F., De Vito, C. 2014. The late-stage miniflood of Ca in granitic pegmatites: An open-system acid-reflux model involving plagioclase in the exocontact. *The Canadian Mineralogist*, 52:165-181.
- Moraes, J.F.S. 1999. *Gemas do Estado do Rio Grande do Norte. CPRM/Governo do Estado do Rio Grande do Norte*. Recife, 72p.
- Rossmann, G.R., Fritsch, E., Shigley, J.E. 1991. Origin of color in cuprian elbaite from São José da Batalha, Paraíba, Brazil. *The American Mineralogist*, 76:1479-1484.
- Rolff, P.A.M.A. 1946. *Minerais dos pegmatitos da Borborema. DNPM/DFPM (Boletim n. 78)*. Rio de Janeiro, 76p.
- Roy, P.L., Dottin, O., Madon, H.L. 1964. *Estudo dos Pegmatitos do Rio Grande do Norte e da Paraíba. SUDENE*, Recife. 130p.
- Santos, E.J., Souza Neto, J.A., Silva, M.R.R., Beurlen, H., Cavalcanti, J.A.D., Silva, M.G., Costa, A.F., Santos, L.C.M.L., Santos, R.B. 2014. Metalogênese das porções norte e central da Província Borborema. In: Silva, M.G. Neto, M.B.R. Jost, H. Kuyumjian, R.M. (Eds) *Metalogênese das Províncias*

- Tectônicas Brasileiras. CPRM p.343-388.
- Scorza, E.P. 1944. Província Pegmatítica da Borborema (Nordeste do Brasil). DNPM/DGM (Boletim n. 112). Rio de Janeiro, 55p.
- Simmons, W.B. 2007. Gem-bearing pegmatites. In: The Geology of Gem Deposits (Ed. Lee A. Groat) Mineral Association of Canada (Short Course Series), 37:169-206.
- Simmons, W.B., Pezzotta, F., Shigley, J.E., Beurlen, H. 2012. Granitic pegmatites as sources of colored gemstones. *Elements*, 8:281-287.
- Soares, D.R. 2004. Contribuição à petrologia de pegmatitos mineralizados em elementos raros e elbaítas gemológicas da Província Pegmatítica da Borborema, NE do Brasil. Tese de Doutorado, Pós-Graduação em Geociências - UFPE. 287p.
- Soares, D.R., Beurlen, H., Barreto, S.B., Da Silva, M.R.R., Ferreira, A.C.M. 2008. Compositional variation of tourmaline-group minerals in the Borborema Pegmatite Province, Northeastern Brazil. *The Canadian Mineralogist*, 46:1097-1116.
- Soares, D.R., Beurlen, H., Ferreira, A.C.M., Da Silva, M.R.R. 2007. Chemical composition of gahnite and degree of pegmatite fractionation in the Borborema Pegmatitic Province, northeastern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 79(3):395-404.
- Soares, D.R., Beurlen, H., Ferreira, A.C.M., Gomes, M.M.C., Barreto, S.B., Anastácio, E.M. 2009. Elevated zinc contents in elbaites from pegmatites of the Borborema Pegmatite Province, NE Brazil. *Estudos Geológicos, UFPE*, 19(2):348-351.
- Soares, D.R., Beurlen, H., Ferreira, V.P., Gonzaga, F.A.S. 2017. Mineralogia da flúor-elbaíta gemológica do pegmatito Alto do Giz, Província Pegmatítica da Borborema, NE do Brasil. XXVII Simpósio de Geologia do Nordeste, João Pessoa.
- Soares, D.R., Ferreira, A.C.M., Beurlen, H., Ferreira, J.A.M., Yadav, R., Maior, I.S. 2011. Elbaíta azul de qualidade gemológica do pegmatito Alto Serra Branca, Pedra Lavrada, Paraíba. *Estudos Geológicos, UFPE*, 21(1):123-133.
- Soares, D.R., Ferreira, A.C.M., Lima, R.J.S., Suassuna Filho, J., Ferreira, J.A.M. 2014. Dados preliminares da estrutura cristalina da gahnita gemológica do pegmatito Alto Mirador, Província Pegmatítica da Borborema, NE do Brasil. *Estudos Geológicos, UFPE*, 24(1):23-30.
- Wegner, R., Karfunkel, J., Schuckmann, W. 1998. Duas novas variedades gemológicas: trifilita e triplita olho-de-gato da Paraíba. XL Congresso Brasileiro de Geologia. Belo Horizonte, p.278.