

# TÂNTALO

## **Coralie Heinis Dias**

Eng. de Minas, Doutoranda em Geologia Econômica no IGC/UFMG  
*co.dias.minas@gmail.com*

## **Mario Luiz de Sá Carneiro Chaves**

Geólogo, Prof. Titular, CPMTC-IGC/UFMG  
*mlschaves@gmail.com*

## **Daniel Kroeling Rodrigues Cardoso**

Graduando em Eng. de Minas no IGC/UFMG  
*dkrc@eng-min.grad.ufmg.br*

---

# SUMÁRIO

---

1. ASPECTOS GERAIS.....	1
2. MINERALOGIA.....	2
3. RESERVAS.....	4
3.1. DISTRITO PEGMATÍTICO DE ARAÇUAÍ.....	8
3.2. DISTRITO PEGMATÍTICO DE CONSELHEIRO PENNA.....	8
3.3. DISTRITO PEGMATÍTICO DE SÃO JOSÉ DA SAFIRA.....	9
3.4. DISTRITO PEGMATÍTICO DE SANTA MARIA DE ITABIRA.....	10
3.5. DISTRITO PEGMATÍTICO DE SÃO JOÃO DEL REI.....	10
4. APLICAÇÕES.....	11
5. ASPECTOS ECONÔMICOS.....	12
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	14

## 1. ASPECTOS GERAIS

---

O tântalo foi descoberto em 1802, pelo cientista sueco Anders G. Ekerbeg, ao estudar minerais da região de Ytterby, em seu país. Jön Berzelius isolou o elemento pela primeira vez em 1820 porém acreditava-se que tântalo (Ta) e nióbio (Nb) eram os mesmos elementos até que o químico suíço J.C. Marignac comprovou a natureza química diferente destes em 1844. Na verdade, os dois elementos possuem características semelhantes e, por isso, ocorrem associados no mineral columbita-tantalita, um óxido de nióbio, tântalo e ferro que varia de composição, desde a columbita pura  $(\text{Fe,Mn})\text{Nb}_2\text{O}_6$ , até a tantalita pura  $(\text{Fe,Mn})\text{Ta}_2\text{O}_6$ .

Seu nome é derivado do personagem da mitologia grega Tântalo (filho de Zeus e pai de Níobe) que, por desagradar aos deuses, foi condenado a ficar eternamente com fome e sede mergulhado de joelhos com água até o pescoço, sob uma árvore carregada de frutos. Quando se dobrava para beber, a água drenava e, quando levantava as mãos para apanhar frutos, os galhos se moviam para fora do seu alcance. Esta similaridade com o comportamento não reativo do tântalo – estar entre reagentes e não ser afetado por eles – foi a origem do seu nome.

Possui notáveis características de inércia química, elevadas resistência, dureza e ductilidade, em associação à propriedade elétrica de capacitância. Em temperaturas abaixo de  $150^\circ\text{C}$  o tântalo é quase completamente imune ao ataque químico, mesmo pela agressiva água régia. Somente é atacado pelo ácido fluorídrico ou mediante fusão alcalina. Trata-se de um metal raro (abundância média de 1,7 ppm na crosta terrestre), cinza, com gravidade específica de  $16,65\text{ g/cm}^3$ , maleável, dúctil, muito resistente, bom condutor térmico e resistente à corrosão. O elevado ponto de fusão do tântalo ( $2.996^\circ\text{C}$ ) só é excedido pelo do tungstênio ( $3.410^\circ\text{C}$ ) e pelo do rênio ( $3.180^\circ\text{C}$ ). De tal modo, foi usado em filamentos das lâmpadas incandescentes até ser substituído pelo tungstênio.

Segundo dados do site [mindat.org](http://mindat.org) (2018), existem 39 espécies minerais válidas contendo o elemento tântalo, sendo 32 delas da classe dos óxidos. Destas, a de maior importância econômica como minério desse metal é a tantalita, termo genérico dado às espécies que possuam quantidade em massa de tântalo superior ao nióbio. Pode ser constituída de ferrotantalita, de composição ideal  $\text{FeTa}_2\text{O}_6$  ou ainda manganotantalita,  $\text{MnTa}_2\text{O}_6$ .

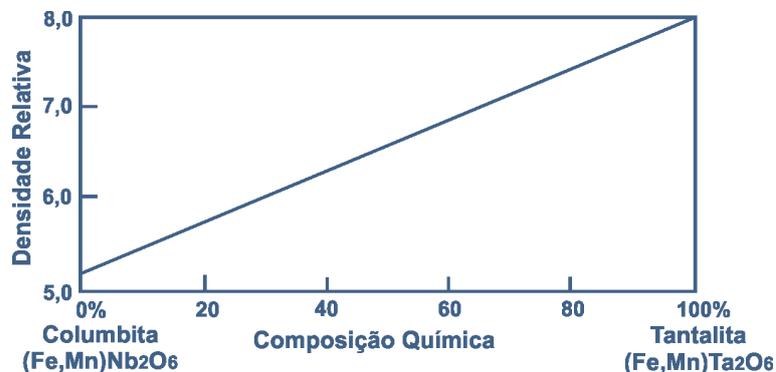
## 2. MINERALOGIA

Conforme já citado, os elementos tântalo e nióbio possuem características similares e podem se apresentar associados. Uma dessas associações é a série isomórfica columbita-tantalita (Figura 1), que ocorre comumente em veios pegmatíticos associada a rochas graníticas, apresentando paragênese com cassiterita, quartzo, feldspato, mica, berilo, turmalina e espodumênio, principalmente (Alecrim 1982).



**Figura 1.** Amostras de Nb-tantalatos coletadas na Mina da Cachoeira, Araçuaí-Itinga.

A cor do mineral varia de preto a cinza-escuro e apresenta brilho submetálico. Ele pertence ao sistema de cristalização ortorrômbico e possui hábito prismático em cristais curtos ou tabulares. Apresenta clivagem segundo o plano  $\{010\}$ , dureza 6 e a densidade varia entre 5,2 a 7,9 g/cm<sup>3</sup> (Klein & Dutrow 2012). Uma das formas para se estimar o conteúdo de nióbio ou tântalo em uma amostra reside no uso de Tabelas nas quais são plotados valores de densidade *versus* porcentagens dos dois elementos (Figura 2), devido ao fato de que quanto maior a porcentagem de tântalo, maior sua densidade.



**Figura 2.** Variação da densidade relativa da columbita-tantalita segundo a composição (Klein & Dutrow 2012).

Esse mineral pode apresentar todos os valores em porcentagem da combinação entre os dois elementos químicos, sendo que o tântalo possui hoje maior valor econômico. Isso

se deve ao fato de que a produção e exportação de nióbio no Brasil já são dominadas pelo beneficiamento do mineral pirocloro da Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração (CBMM), em sua mina e planta de beneficiamento localizadas em Araxá - MG. Assim, atualmente, torna-se inviável extrair o nióbio da columbita-tantalita.

Segundo [Martins et al. \(2011\)](#), nos minerais desta série as razões entre os elementos Mn e Fe, e ainda Nb e Ta, demonstram certa tendência de fracionamento em um determinado pegmatito ou grupo pegmatítico. Assim, espera-se que as razões Mn/Fe e Ta/Nb aumentem acompanhando o grau de fracionamento químico presente. Neste sentido, a fase manganotantalita representaria o grau mais elevado de fracionamento em um pegmatito.

Conforme dados do site [mindat.org \(2018\)](#), os minerais mais comuns contendo o elemento tântalo em sua estrutura são os listados na Tabela 1. São apresentados também os teores de seus óxidos maiores.

**Tabela 1.** Principais minerais contendo tântalo e seus conteúdos dos óxidos predominantes (dados em% em peso, conforme [Anthony et al. sem data](#)).

Minerais	Comp. Química	Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	FeO	MnO	SnO <sub>2</sub>	Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
<b>Manganotantalita</b>	MnTa <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	86,17	0	0	13,83	0	0
<b>Ferrotantalita</b>	FeTa <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	86,02	0	13,98	0	0	0
<b>Ixiolita<sup>(1)</sup></b>	(Ta,Nb,Sn,Fe,Mn) <sub>4</sub> O <sub>8</sub>	61,47	10,50	8,08	5,4	12,27	0
<b>Ferrotapiolita<sup>(1)</sup></b>	(Fe,Mn)(Ta,Nb) <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	85,21	1,32	9,67	4,17	0,02	0
<b>Wodginita</b>	Mn <sup>2+</sup> Sn <sup>4+</sup> Ta <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	66,60	0	0	10,69	22,71	0
<b>Stibiotantalita</b>	Sb(Ta,Nb)O <sub>4</sub>	60,25	0	0	0	0	39,75

Dados de composição ideal, exceto (1) Composição de amostra de Skogböle, Finlândia (Dados de Palache et al. 1944 in [Anthony et al. sem data](#)).

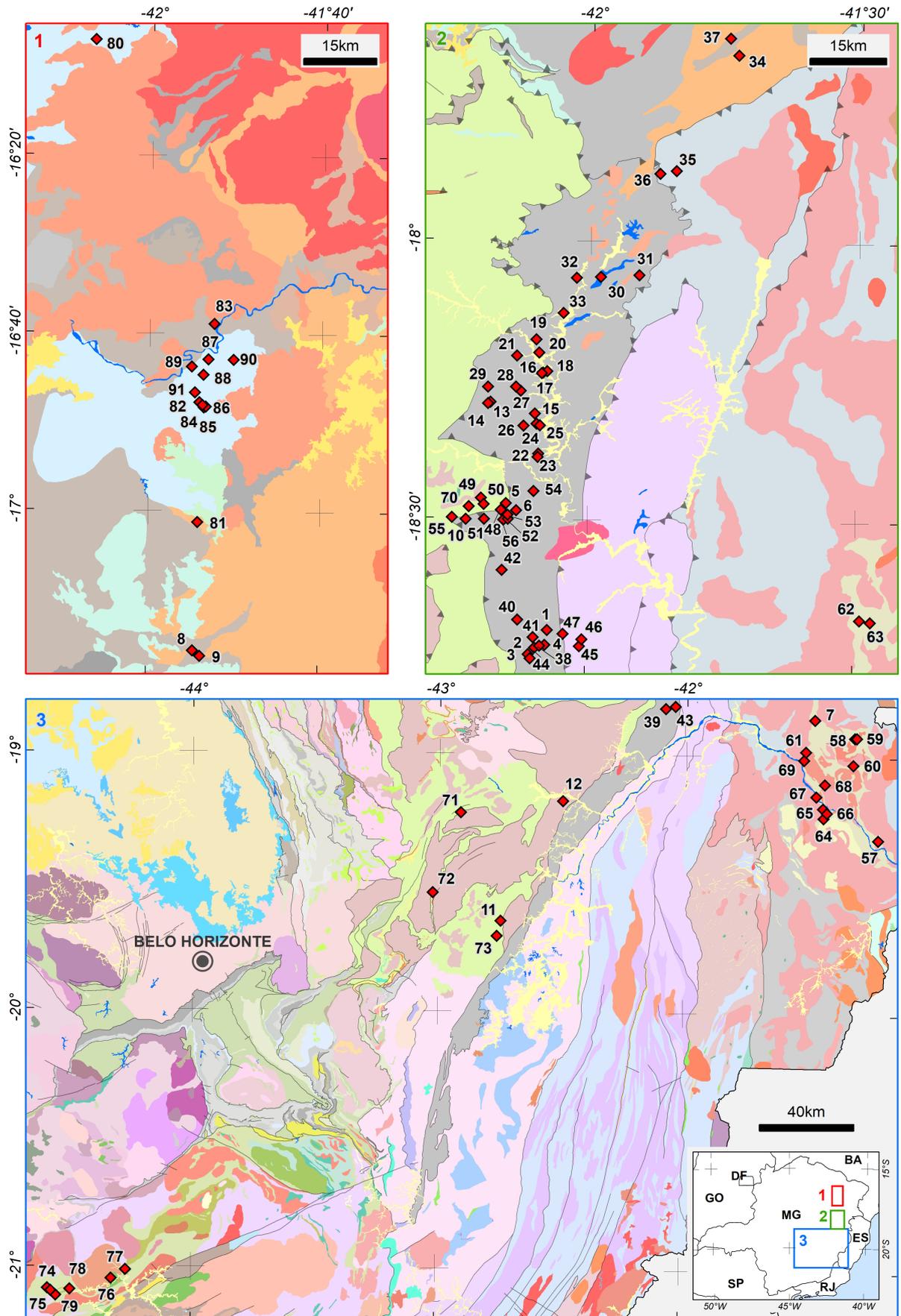
### 3. RESERVAS

Os minerais da série columbita-tantalita são formados em rochas graníticas e principalmente em pegmatitos graníticos derivados dessas a partir de fluidos residuais enriquecidos em elementos raros e incompatíveis. Mais especificamente, em pegmatitos da família petrogenética LCT (lítio, céσιο e tântalo) proposta por Černý (1991). Tais elementos, segundo London (2008), constituem a mais característica assinatura do enriquecimento produzido pelo fracionamento geoquímico entre grupos pegmatíticos distintos, e geralmente se encontram nos pegmatitos mais afastados de sua fonte magmática. Pela sua elevada densidade, tais minerais podem ainda ser concentrados em depósitos aluvionares.

Em Minas Gerais, os depósitos de tantalita (e columbita) estão relacionados à Província Pegmatítica Oriental do Brasil e ao Distrito Estanífero de São João del Rei (Alecrim 1982) (Figura 3). A Figura 4 mostra a distribuição das principais ocorrências de minerais de tântalo em Minas Gerais. O principal trabalho que levantou as ocorrências de columbita-tantalita no estado foi o “Projeto Leste”, executado pela CPRM (Netto *et al.* 1998; pontos 001 a 073 da Tabela 2). Apesar de focar os depósitos de minerais de lítio, ocorrências de columbita-tantalita são citadas pelo projeto “Avaliação do Potencial do Lítio no Brasil: Área do Médio Rio Jequitinhonha, Nordeste de Minas Gerais”, também conduzido pela CPRM (Paes *et al.* 2016; pontos 080 a 090 da Tabela 2); os demais pontos foram obtidos no site *jazida.com* (2018) e ainda do trabalho de Francesconi (1972).



**Figura 3.** Mapa de Minas Gerais mostrando a distribuição das áreas com ocorrências de minerais de tântalo no estado, envolvendo os distritos pegmatíticos de **1)** Araçuaí; **2)** Conselheiro Pena; **3)** São José da Safira; **4)** Santa Maria de Itabira; **5)** São João del Rei.



**Figura 4.** Principais ocorrências de tântalo no estado de Minas Gerais. A numeração se refere aos itens da Tabela 2. Mapa geológico modificado de Pinto & Silva 2014.

**Tabela 2.** Principais ocorrências de tântalo no estado de Minas Gerais (localizadas nos mapas da Figura 4).

Status	Situação econômica	Toponímia	Município	Latitude	Longitude	
1	Mina	Ativa	Golconda I/Ailton	Governador Valadares	-18,69944665	-18,69944665
2	Mina	Ativa	Ferreirinha I	Governador Valadares	-18,73162771	-18,73162771
3	Mina	Ativa	Ipê	Governador Valadares	-18,74382824	-18,74382824
4	Garimpo	Ativo	Japonês	Governador Valadares	-18,72638844	-18,72638844
5	Garimpo	Ativo	Verde	Marilac	-18,47329624	-18,47329624
6	Garimpo	Ativo	Rasga Saco	Marilac	-18,48573447	-18,48573447
7	Garimpo	Paralisado	Mineração Alfa	Galiléia	-18,85499778	-18,85499778
8	Garimpo	Paralisado	Caracol	Novo Cruzeiro	-17,26213879	-17,26213879
9	Garimpo	Paralisado	Topetas/Córrego Jururu	Novo Cruzeiro	-17,27194319	-17,27194319
10	Garimpo	Paralisado	Alcobaça	Nacip Raydan	-18,50222252	-18,50222252
11	Garimpo	Ativo	Jaguaruçu	Jaguaruçu	-19,65018272	-19,65018272
12			Esperança	Mesquita	-19,18323011	-19,18323011
13	Garimpo	Ativo	Serrinha / Chiar	São José da Safira	-18,29188663	-18,29188663
14	Garimpo	Ativo	Cabeceira do Córrego Safirinha	São José da Safira	-18,29468297	-18,29468297
15	Garimpo	Ativo	Alair	São José da Safira	-18,31172051	-18,31172051
16	Garimpo	Ativo	Zé Alemão	São José da Safira	-18,23939519	-18,23939519
17	Garimpo	Ativo	Benedito	Água Boa	-18,2382352	-18,2382352
18	Garimpo	Ativo	Lincoln	Água Boa	-18,23543093	-18,23543093
19	Garimpo	Ativo	Guiazinho	São José da Safira	-18,17887013	-18,17887013
20	Garimpo	Paralisado	Pedregal	Água Boa	-18,20227667	-18,20227667
21	Garimpo	Ativo	Palmeirão	Água Boa	-18,20845358	-18,20845358
22	Garimpo	Paralisado	Perdido I	São José da Safira	-18,38379201	-18,38379201
23	Garimpo	Paralisado	Morcego	São José da Safira	-18,38975397	-18,38975397
24	Garimpo	Paralisado	Molhado	São José da Safira	-18,32980653	-18,32980653
25	Garimpo	Paralisado	Cutia	São José da Safira	-18,33308765	-18,33308765
26	Garimpo	Paralisado	Milton Godinho	São José da Safira	-18,33375591	-18,33375591
27	Garimpo	Paralisado	José Gonçalves	São José da Safira	-18,27140669	-18,27140669
28	Garimpo	Paralisado	Córrego do Barro I	São José da Safira	-18,26405232	-18,26405232
29	Mina	Ativa	Cruzeiro	São José da Safira	-18,26481744	-18,26481744
30	Garimpo	Paralisado	Xá-Peixe	Malacacheta	-18,06526628	-18,06526628
31	Garimpo	Paralisado	Mutuca	Malacacheta	-18,06109691	-18,06109691
32	Mina	Ativa	Pau d'Alho	Malacacheta	-18,06734453	-18,06734453
33	Mina	Ativa	Gatinho II	Malacacheta	-18,13071124	-18,13071124
34	Garimpo	Paralisado	Passa Bem	Ladainha	-17,66434534	-17,66434534
35	Garimpo	Paralisado	Carrapato	Poté	-17,87335709	-17,87335709
36	Garimpo	Paralisado	Tanque	Poté	-17,87878331	-17,87878331
37	Garimpo	Paralisado	Barragem	Ladainha	-17,63413947	-17,63413947
38	Mina	Ativa	Faria I	Governador Valadares	-18,72799832	-18,72799832
39	Mina	Ativa	Olho-de-Gato	Governador Valadares	-18,81999333	-18,81999333
40	Garimpo	Ativo	Odilon I.	Governador Valadares	-18,68203072	-18,68203072
41	Garimpo	Paralisado	Jacó	Governador Valadares	-18,71274492	-18,71274492
42	Garimpo	Paralisado	Crescêncio	Coroaci	-18,59314256	-18,59314256
43	Garimpo	Paralisado	Pimenta II	Governador Valadares	-18,81035004	-18,81035004
44	Garimpo	Paralisado	Cabeceira do Córrego Ferreira	Governador Valadares	-18,75081126	-18,75081126
45	Garimpo	Paralisado	Faz. São Miguel	Governador Valadares	-18,72786896	-18,72786896
46	Garimpo	Paralisado	Natal	Governador Valadares	-18,7155797	-18,7155797
47	Garimpo	Paralisado	José Pedra III	Governador Valadares	-18,70635999	-18,70635999
48	Garimpo	Paralisado	Mundo Velho	Nacip Raydan	-18,48537938	-18,48537938
49	Garimpo	Paralisado	Serra do Lourenço	Nacip Raydan	-18,46415965	-18,46415965
50	Garimpo	Paralisado	Chafariz	Nacip Raydan	-18,47530075	-18,47530075
51	Garimpo	Paralisado	Rita Pereira	Nacip Raydan	-18,50209257	-18,50209257
52	Garimpo	Paralisado	José Pinto	Nacip Raydan	-18,50152434	-18,50152434
53	Garimpo	Paralisado	São Matias	Nacip Raydan	-18,49402279	-18,49402279
54	Garimpo	Ativo	Veadinho IV	Marilac	-18,45088325	-18,45088325
55	Garimpo	Paralisado	Confusão	Marilac	-18,49924302	-18,49924302
56	Garimpo	Paralisado	Monte Claro I	Marilac	-18,50296669	-18,50296669
57	Mina	Ativa	Mineração Vala Danta	Resplendor	-19,31868593	-19,31868593
58	Garimpo	Paralisado	Mancha Vermelha	Galiléia / S.G. Baixo	-18,92308459	-18,92308459
59	Garimpo	Ativo	Cara Suja	Goiabeira	-18,92272796	-18,92272796

Status	Situação econômica	Toponímia	Município	Latitude	Longitude	
60	Garimpo	Ativo	Azarias I	Goiabeira	-19,02817057	-19,02817057
61	Garimpo	Ativo	Batista III	Galiléia	-18,97892854	-18,97892854
62	Garimpo	Paralisado	Hermes/E. Pomarolli	Divino das Laranjeiras	-18,6743452	-18,6743452
63	Garimpo	Ativo	Telírio	Divino das Laranjeiras	-18,67765676	-18,67765676
64	Garimpo	Ativo	Itatiaia I	Conselheiro Pena	-19,23582497	-19,23582497
65	Garimpo	Paralisado	Fiote II / Jonas Lima	Conselheiro Pena	-19,19862474	-19,19862474
66	Garimpo	Ativo	Cascalho I	Conselheiro Pena	-19,21548399	-19,21548399
67	Garimpo	Paralisado	Eugênio Batista	Conselheiro Pena	-19,1518887	-19,1518887
68	Garimpo	Paralisado	Palmital / Agostinho Ferreira	Conselheiro Pena	-19,10493416	-19,10493416
69	Garimpo	Paralisado	Faz. do João Bosco	Conselheiro Pena	-19,01121614	-19,01121614
70	Garimpo	Paralisado	Ivani Froes	Nacip Raydan	-18,47954461	-18,47954461
71	Garimpo	Ativo	Fazenda São Vicente de Paula	Ferros	-19,23078471	-19,23078471
72	Garimpo	Ativo	Marcil	Antônio Dias	-19,5423155	-19,5423155
73	Garimpo	Paralisado	Fazenda Paiva	Marliéria	-19,708728	-19,708728
74	Mina	Ativa	Volta Grande	Nazareno	-21,08656213	-21,08656213
75	Mina	Desativada	Minas Brasil	São Tiago	-21,09579042	-21,09579042
76	Mina	Desativada	Paíol	Ritápolis	-21,04864622	-21,04864622
77		Concessão de Lavra	Ocorrência I	Coronel Xavier Chaves	-21,01404207	-21,01404207
78	Mina	Ativa	AMG Mineração	Conceição da Barra de Minas	-21,09031866	-21,09031866
79	Garimpo	Ativa	Sandelminas Mineração	Conceição da Barra de Minas	-21,1144412	-21,1144412
80	Garimpo	Intermitente	Lavra do Zué/Dim	Salinas	-16,11699651	-16,11699651
81	Garimpo	Inativa	Lavra do Severino	Araçuaí	-17,02097251	-17,02097251
82	Mina	Paralisada	Lavra do Barreiro	Itinga	-16,79606073	-16,79606073
83	Mina	Exaurida	Lavra do Jenipapo (Lavra Velha)	Itinga	-16,64879757	-16,64879757
84	Mina	Inativa	Lavra de Nezinho de Chicão	Itinga	-16,80606075	-16,80606075
85	Mina	Inativa	Lavra do Maxixe	Itinga	-16,80408019	-16,80408019
86	Mina	Inativa	Lavra do Algodão	Itinga	-16,80130847	-16,80130847
87	Mina	Inativa	Lavra do Urubu	Itinga	-16,71542045	-16,71542045
88	Garimpo	Intermitente	Lavra da Generosa	Itinga	-16,74426469	-16,74426469
89	Garimpo	Intermitente	Lavra do Alair	Araçuaí	-16,72956053	-16,72956053
90	Garimpo	Ativa	Lavra do Baixão	Itinga	-16,71581369	-16,71581369
91	Mina	Ativa	Mina da Cachoeira - CBL	Araçuaí-Itinga	-16,77756674	-16,77756674

No âmbito da Província Pegmatítica Oriental do Brasil, as áreas mais relevantes de ocorrência de columbita-tantalita são as dos vales dos rios Jequitinhonha e Doce, onde inserem-se respectivamente o Distrito Pegmatítico de Araçuaí e os pegmatitos do Leste de Minas, comumente distribuídos em “campos pegmatíticos” distintos. Nestes, segundo Netto *et al.* (1998), os minerais de tântalo são subprodutos da lavra dos pegmatitos, raramente aparecendo como o principal produto. Em alguns casos, entretanto, devido ao seu elevado valor agregado, poderiam custear todas as despesas envolvidas na lavra. Ressalta-se que, apesar do grande número de ocorrências levantadas, não existe registro de uma lavra principal que tenha produzido tantalita em Minas Gerais.

De tal modo, a maioria dos depósitos e ocorrências listados na Tabela 2 foram levantados por Netto *et al.* (1998), e se inserem em pegmatitos da Província Pegmatítica Oriental do Brasil, nos distritos pegmatíticos de Araçuaí, Conselheiro Pena, São José da Safira e Santa Maria de Itabira. Os pegmatitos desta larga região se associam a granitos das suítes G2, G4 e G5 (conforme Pedrosa-Soares *et al.* 2009, 2011), gerados durante a evolução do Orógeno Araçuaí entre 630-480 Ma.

### 3.1. Distrito Pegmatítico de Araçuaí

As ocorrências de columbita-tantalita neste distrito (Figura 3) estão concentradas no Campo Pegmatítico de Itinga, além de uma no Campo Pegmatítico de Curralinho, definido em *Paes et al. (2016)*, e outras duas no Campo Pegmatítico de Lufa, definido em *Netto et al. (1998)*.

O Campo Pegmatítico de Itinga localiza-se a sudoeste desse município, e sua parte principal se enquadra na Folha Itaobim (*Paes et al. 2008*). É caracterizado pela abundância e variedade de minerais de lítio, porém em várias lavras a produção de columbita-tantalita já teve destaque no passado, como por exemplo na Lavra do Barreiro (*Paes et al. 2016*). Na Mina da Cachoeira, única produtora nacional de espodumênio, nióbio-tantalatos são reportados por *Dias & Chaves (2015)*, sendo que a fase ferrotantalita representou 19% das amostras analisadas e a manganotantalita não foi observada.

No campo Pegmatítico de Curralinho, localizado no nordeste da Folha Salinas (*Pedrosa-Soares & Oliveira 2012*), *Paes et al. (2016)* relatam, com base no precário conhecimento da sua atividade de mineração, uma produção histórica voltada preferencialmente para columbita-tantalita e gemas de turmalina, com destaque para a Lavra do Zué/Dim (Ponto 80, Tabela 2).

*Netto et al. (1998)* citam a produção de columbita-tantalita em algumas lavras do Campo Pegmatítico Lufa, embora paralisadas à época. Tais autores atribuem menor importância a este campo, não possuindo tradição na extração de gemas. Localiza-se no centro-oeste da Folha Novo Cruzeiro (*Morais Filho 1997*), e o aproveitamento econômico nas lavras citadas se dava em depósitos de eluvião e aluvião.

### 3.2. Distrito Pegmatítico de Conselheiro Pena

Neste distrito, *Netto et al. (1998)* relatam a produção de columbita-tantalita nos campos pegmatíticos citados a seguir (Figura 3).

O Campo Pegmatítico de Itatiaia – Barra do Cuieté situa-se no médio Rio Doce, abrangendo a porção noroeste da Folha Conselheiro Pena (*Oliveira 2000*). Segundo *Netto et al. (1998)*, ao fim da década de 1970 a garimpagem encontrava-se ainda em franca atividade, mas praticamente estagnada à época do Projeto Leste, sendo o principal mineral extraído o feldspato industrial.

O Campo Pegmatítico de Resplendor se situa na Folha Conselheiro Pena (*Oliveira 2000*). De acordo com *Netto et al. (1998)*, os pegmatitos da região são historicamente conhecidos pela produção de mica, e columbita-tantalita não é comum na mineralogia dos corpos, sendo relatada apenas na Mineração Vala Danta (Ponto 57; Tabela 2), cujos pegmatitos são os mais conhecidos e estudados.

O Campo Pegmatítico de Goiabeira localiza-se no centro-sul da Folha Itabirinha de Mantena (*Vieira 1997*) e Conselheiro Pena (*Oliveira 2000*), onde as atividades são direcionadas para a extração de turmalinas verdes e azuis, água-marinha e quartzo (*Netto et al. 1998*). Segundo estes autores a columbita-tantalita está presente na associação mineral

de algumas das lavras cadastradas por eles, sendo aproveitada economicamente em apenas três delas.

O Campo Pegmatítico de Galileia – Mendes Pimentel está situado na Folha Itabirinha de Mantena (Vieira 1997), e despertou o interesse de mineralogistas pela descoberta e identificação de novas espécies minerais, destacando-se brazilianita de qualidade gemológica (Netto *et al.* 1998). Columbita-tantalita é descrita na associação mineral de algumas poucas das lavras cadastradas, incluindo a de Telírio (Ponto 63, Tabela 2), famosa pela produção de brazilianita, porém somente teve aproveitamento econômico na Mineração Alfa, que explotou cassiterita e columbita-tantalita até o final da década de 1960, segundo Netto *et al.* (1998), com aproveitamento racional da lavra e usando inclusive desmonte hidráulico.

### 3.3. Distrito Pegmatítico de São José da Safira

Este distrito produz principalmente gemas de turmalina, berilo e minerais industriais. Ocorrências de columbita-tantalita são relatadas em todos os campos pegmatíticos definidos neste distrito por Netto *et al.* (1998, Figura 3).

Praticamente todos os pegmatitos cadastrados pelo Projeto Leste no Campo Pegmatítico da Serra do Cruzeiro (Folha Santa Maria do Suaçuí - Silva 1997) exibem columbita-tantalita em sua paragênese mineralógica, porém é priorizada a produção de gemas neste campo. Apenas alguns garimpos realizam a extração de minerais industriais, dentre eles a columbita-tantalita.

O Campo Pegmatítico de Santa Rosa se localiza entre o sul das folhas Teófilo Otoni (Paes 1997) e Malacacheta (Guimarães *et al.* 2012b) e o norte das folhas Santa Maria do Suaçuí (Silva 1997) e Itambacuri (Signorelli 1997), sendo reconhecido internacionalmente pela excelente qualidade das turmalinas que produz (Netto *et al.* 1998). Também apresenta columbita-tantalita em grande parte de seus pegmatitos cadastrados, porém aproveitada economicamente em poucos destes.

No Campo Pegmatítico de Poté – Ladainha, localizado na porção mediana da Folha Teófilo Otoni (Paes 1997), Netto *et al.* (1998) observam que não há relatos da existência de grandes corpos pegmatíticos potencialmente econômicos. Tais autores ressaltam a produção precária de columbita-tantalita em vários de seus garimpos, além de quartzo e berilo.

O Campo Pegmatítico de Golconda, situado na Folha Marilac (Ribeiro 1997), teve as primeiras minerações iniciadas em 1908, tendo o ápice da produção de mica, berilo e outros minerais durante a Segunda Guerra Mundial, utilizados na indústria bélica. A partir do final da guerra, passou a ser mundialmente reconhecido pela produção de água-marinha e turmalina de qualidade gemológica (Netto *et al.* 1998). Os pegmatitos possuem em geral porte grande e alguns apresentam columbita-tantalita na zona intermediária, como por exemplo os da Golconda/Ailton (uma das lavras mais antigas, iniciada em 1908; Ponto 1, Tabela 2), e de Ferreirinha (Ponto 2, Tabela 2).

O Campo Pegmatítico de Marilac localiza-se na porção sul da Folha Santa Maria do Suaçuí (Silva 1997) e parte da porção norte da Folha Marilac (Ribeiro 1997). A maioria dos pegmatitos cadastrados por Netto *et al.* (1998) são de porte médio a grande e exibem

columbita-tantalita em sua assembleia mineralógica, tendo sido aproveitada economicamente em vários deles.

No Campo Pegmatítico de Nacip Raydan, situado na porção sul da Folha Santa Maria do Suaçuí (Silva 1997) e norte da Folha Marilac (Ribeiro 1997), Netto *et al.* (1998) não relataram o aproveitamento econômico de columbita-tantalita, sendo essa descrita como ocorrência na associação mineral de alguns dos pegmatitos cadastrados neste campo.

### 3.4. Distrito Pegmatítico de Santa Maria de Itabira

Os pegmatitos deste distrito são preferencialmente geradores de esmeralda, alexandrita e água-marinha, sendo a columbita-tantalita descrita apenas como mineral acessório, sem aproveitamento econômico (Figura 3).

O Campo Pegmatítico de São Domingos do Prata – Antônio Dias situa-se na Folha Coronel Fabriciano (Silva 2000). Segundo Netto *et al.* (1998), atingiu o ápice de sua produção durante a Segunda Guerra Mundial com a procura por mica. Água-marinha e esmeralda são os minerais mais explorados, sendo que columbita-tantalita é raramente encontrada.

O Campo Pegmatítico de Itabira – Ferros ocupa a porção oeste das folhas Ipatinga (Oliveira & Leite 2000) e Coronel Fabriciano (Silva 2000) e a porção leste das folhas Conceição do Mato Dentro (Guimarães *et al.* 2012a) e Itabira (Baltazar *et al.* 2005), e assumiu grande importância com a descoberta de esmeralda na faixa Itabira – Nova Era e de alexandrita na região de Hematita (Netto *et al.* 1998).

### 3.5. Distrito Pegmatítico de São João del Rei

O Distrito Pegmatítico de São João del Rei (chamado de “província” por Francesconi 1972) engloba uma área de cerca de 1.400 km<sup>2</sup> situada na porção centro-sul do estado de Minas Gerais (Figura 3). Os pegmatitos se distribuem em uma faixa com mais de 55 km de comprimento (Paes *et al.* 2016). Abrange os municípios de Nazareno, São Tiago, Resende Costa, Cassiterita (atual Conceição da Barra de Minas), São João del Rei, Ritópolis e Coronel Xavier Chaves, cujos pegmatitos são minerados principalmente para cassiterita e columbita-tantalita e outros Nb-tantalatos.

Paes *et al.* (2016) ressaltam as diferenças de idade e mineralizações desta região e as da Província Pegmatítica Oriental do Brasil. Ávila (2000, *in* Pereira *et al.* 2007) fornece uma idade paleoproterozoica de  $2.121 \pm 7$  Ma para o corpo granitoide Ritópolis, o provável responsável pela geração dos pegmatitos.

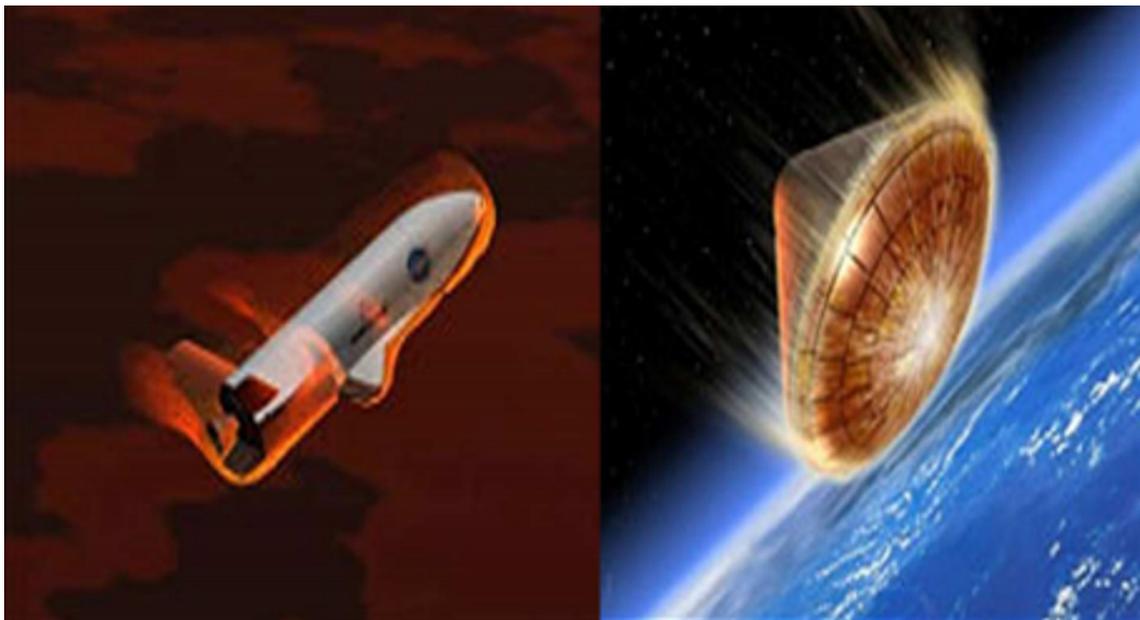
Segundo Francesconi (1972), os minerais do grupo da columbita-tantalita destacam-se como os mais importantes nos pegmatitos da região, tendo sido encontrados distribuindo-se em várias frações granulométricas por quase todos os pegmatitos estudados pelo autor. Ele afirma ainda que as amostras estudadas destes minerais tendem predominantemente para a fase tantalita, evidenciando assim o enriquecimento em Ta destes pegmatitos.

## 4. APLICAÇÕES

O tântalo constitui um elemento químico metálico que apresenta características de extraordinária resistência ao calor, alta capacitância elétrica e altíssima resistência à corrosão e à interação química. Seu uso principal é sob a forma de pó para a manufatura de capacitores, os quais são empregados em telefones celulares, computadores, *paggers*, telas de TV, câmeras digitais, e muitos outros equipamentos eletrônicos (Lima 2009).

Por outro lado, sob a forma de metal, é empregado, por exemplo, na manufatura de lâminas de turbinas a jato, peças de mísseis e reatores nucleares. Ultimamente tem se ampliado o campo de aplicação do tântalo na composição de ligas (tântalo-níquel) resistentes à corrosão, na fabricação de ferramentas de usinagem e válvulas de rádio, bem como na indústria joalheira.

Pesquisas recentes da agência norte americana NASA (National Aeronautics and Space Administration 2018) desenvolveram e patentearam materiais cerâmicos à base de tântalo para uso em sistemas de proteção térmica (Figura 5) em naves espaciais. As estruturas de revestimento obtidas com este metal são capazes de reduzir o fluxo de calor nos veículos espaciais durante seu retorno à atmosfera terrestre.



**Figura 5.** Exemplos de aplicações de materiais cerâmicos à base de tântalo em sistemas de proteção térmica usados em naves espaciais (Fonte: NASA 2018).

Em adição, na eletrônica embarcada associada à indústria automobilística, destaca-se o equipamento de segurança *airbag*, em cuja aplicação a importância do tântalo está associada à necessidade de liberação de energia de forma imediata. Finalmente, sua alta resistência à interação química e à adsorção de gases torna-o fundamental na indústria de máquinas e ferramentas, e de equipamentos para processos químicos, assim como na produção de materiais para implantes cirúrgicos em medicina e odontologia (Lima 2009).

## 5. ASPECTOS ECONÔMICOS

Segundo dados do Sumário Mineral de 2015 (Pontes 2016), o Brasil é o terceiro maior produtor da substância (Tabela 3), com 10% da produção mundial, atrás apenas de Ruanda, com 50,9%, e Congo (Kinshasa), com 16,9%; observa-se que a produção mundial, em 2014, diminuiu 6% em relação a 2013. No mercado mundial destaca-se também a produção de Moçambique, com 7,2%.

**Tabela 3.** Reservas e produção mundial de tântalo (Pontes 2016).

Discriminação Países	Reservas <sup>(1)</sup> (t)		Produção <sup>(2)</sup> (t)	
	2014 <sup>(p)</sup>	2013 <sup>(r)</sup>	2014 <sup>(p)</sup>	(%)
<b>Brasil</b>	<b>34.279<sup>(3)</sup></b>	<b>185</b>	<b>118</b>	<b>10,03</b>
Ruanda	-	600	600	50,98
Congo (Kinshasa)	-	200	200	16,99
Moçambique	-	115	85	7,22
China	-	60	60	5,10
Nigéria	-	60	60	5,10
Etiópia	-	8	40	3,40
Burundi	-	20	14	1,19
Canadá	-	5	-	
Austrália	67.000	-	-	
<b>TOTAL</b>	<b>101.279</b>	<b>1.253</b>	<b>1.177</b>	<b>100</b>

(1) Ao total das reservas mundiais foi acrescentado o valor de reserva conforme os dados do RAL/DNPM (2018); (2) produção em metal contido nas ligas de Ta; (3) reserva lavrável em metal contido somente das empresas em operação. Não inclui o valor das reservas aprovadas pelo DNPM de empresas que não estão em operação; (p) preliminar; (e) estimado; (r) revisado.

Adicionalmente, o mercado é abastecido por materiais reciclados (20%-25%) e por minérios da Rússia, do sudeste da Ásia e pelo “coltan” (columbita-tantalita) derivado de áreas de conflitos étnicos de países da África Central (Kivu, na República Democrática do Congo, militarmente ocupada por Ruanda e Uganda desde 1998), também denominado de “tântalo de sangue”, como analogia aos “diamantes de sangue”, expressão que ficou conhecida com a exploração ilegal de diamantes em Serra Leoa, Congo e Angola.

As reservas mundiais, em 2014, eram de aproximadamente 101 mil toneladas de metal contido, segundo Pontes (2016). As reservas brasileiras de tântalo contido estavam estimadas em 34 mil toneladas. O Brasil contava com 33% das reservas mundiais de tântalo, atrás apenas da Austrália com 66%. As principais reservas brasileiras estão localizadas na Mina de Pitinga (Mineração Taboca), no município de Presidente Figueiredo (AM), atualmente de propriedade do grupo peruano MINSUR S.A.

A produção nacional de tântalo diminuiu aproximadamente 36% em relação a 2013, atingindo 118 t de Ta contido nas ligas (Tabela 4). Já a liga Fe-Nb-Ta, produto elaborado a partir do concentrado columbita-tantalita, teve um decréscimo de 12% na sua produção. Segundo números da SECEX - Secretaria de Comércio Exterior (MDIC 2018), que englobam em um único montante o comércio exterior dos minérios de nióbio, tântalo e vanádio, o volume das importações nacionais dessas substâncias em 2014 sofreu um decréscimo com relação a 2013, de cerca de 25%, representando um valor de US\$ 32.883.

As importações dos manufaturados de tântalo diminuíram em 2014, chegando a cair 29% em relação ao ano anterior e atingindo o valor de US\$ 11.196, enquanto os de bens primários tiveram um aumento de 7% e suas importações e alcançaram o montante de US\$ 1.033. O país que mais exportou manufaturados de tântalo para o Brasil foi a China com

32% do total, e em seguida Japão e República Tcheca, com 14% e 10% respectivamente (Pontes 2016).

**Tabela 4.** Principais estatísticas – Brasil (Pontes 2016).

Discriminação		Unidade	2012 <sup>(r)</sup>	2013 <sup>(r)</sup>	2014 <sup>(p)</sup>
Produção	Concentrado	(t)	118	185	118
	Bens Primários <sup>(1)</sup>	(t)	201	91	127
Importação	Manufaturados de Ta	(US\$ 10 <sup>3</sup> -FOB)	1.871	958	1.033
		(t)	32	34	31
	Compostos Químicos de Ta	(US\$ 10 <sup>3</sup> -FOB)	15.036	15.911	11.196
		(t)	391	381	359
Exportação	Bens Primários <sup>(1)</sup>	(US\$ 10 <sup>3</sup> -FOB)	4.980	5.409	4.151
		(t)	2.098	1.264	940
	Manufaturados de Ta	(US\$ 10 <sup>3</sup> -FOB)	49.817	56.599	48.898
		(t)	1.467	1.851	2.087
	Compostos Químicos de Ta	(US\$ 10 <sup>3</sup> -FOB)	22.937	37.476	30.600
		(t)	3	0	921
Preço Médio	Liga Fe-Nb-Ta	(US\$/Kg)	20,50	20,00	20,00
	Tantalita (Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> – contido) EUA	(US\$/Kg)	96,00	94,00	92,50
	Tantalita (30-35% Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) Spot (Londres)	(US\$/Kg)	40,00	39,00	40,00

(1) Dados agrupam as informações de Ta + Nb + V; (r) revisado; (p) preliminar.

O consumo brasileiro de tântalo é, principalmente, relacionado a produtos industrializados, os quais são importados de países que detêm tecnologia de ponta. Componentes para indústria eletrônica e concentrados para a produção de ligas e óxidos são os mais consumidos.

De acordo com os dados da SECEX - Secretaria de Comércio Exterior (MDIC 2018), as exportações brasileiras de nióbio, tântalo e vanádio aumentaram 7% em relação ao ano de 2013. O destaque positivo ficou por conta da liga de ferro-nióbio, principal produto exportado, que teve uma alta de 8% em relação a 2013. Os principais destinos das ligas de ferro-vanádio e ferro-nióbio brasileiras foram os Países Baixos e a China, com 29% e 22%, respectivamente, seguidos de Cingapura com 16%, além dos Estados Unidos com 14%. Ressalta-se que ainda não existe produção primária de vanádio no Brasil.

Outro destaque positivo foram as exportações dos compostos químicos, que atingiram o valor total de US\$ 9.326 (Tabela 4). Com relação aos bens primários, as exportações se reduziram em 13% e atingiram o valor de US\$ 48.898. A Tailândia foi o principal destino dos bens primários com 41%. A Alemanha ficou em seguida com 28% e os Estados Unidos em terceiro com 18%. Já os produtos manufaturados tiveram, em 2013, um aumento na quantidade dos produtos exportados de aproximadamente 12%. Em relação aos valores, houve queda, cujo montante atingiu o valor de US\$ 30.600, representando um decréscimo de 18% em relação ao ano anterior (Pontes 2016).

Pontes (2014) relata ainda que a AMG Mineração S/A, subsidiária da holandesa Advanced Metallurgical Group (AMG), anunciou que as reservas medidas e indicadas de tântalo, estanho, nióbio e lítio na mina de Volta Grande, localizada em Nazareno (Sul de Minas Gerais), são 153% maiores que o previsto inicialmente. Estudos realizados pela companhia apontam que os recursos alcançam 14,7 milhões de toneladas. Conforme comunicado da empresa, a estimativa é que a vida útil das reservas nessa área alcance 20 anos, levando-se em consideração os atuais níveis de produção, custos operacionais e cenário econômico. A AMG é uma das principais produtoras de tântalo do país.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alecrim J.D. 1982. *Recursos Minerais do estado de Minas Gerais*. Belo Horizonte, Metamig, 298 p.
- Anthony J.W., Bideaux R.A., Bladh K.W., Nichols M.C. (eds.). *Handbook of Mineralogy*. Chantilly: Mineralogical Society of America. Chantilly, VA 20151-1110, USA. Disponível em <http://www.handbookofmineralogy.org/>. Acesso em 20/1/2018.
- Baltazar O.F., Baars F.J., Lobato L.M., Reis L.B., Achtschin A.B., Berni G.V., Silveira V.D. 2005. Mapa geológico Itabira, escala 1:50.000, com nota explicativa. In: Lobato L.M., Baltazar O.F., Reis L.B., Achtschin A.B., Baars F.J., Timbó M.A., Berni G.V., Mendonça B.R.V., Ferreira D.V. 2005. *Projeto Geologia do Quadrilátero Ferrífero - Integração e Correção Cartográfica em SIG com nota explicativa*. Belo Horizonte: CODEMIG, CD-ROM.
- Černý P. 1991. Rare-element granitic pegmatites. Part II: regional to global environments and petrogenesis. *Geoscience Canada*, **18**(2):68-81.
- Dias C.H. & Chaves M.L.S.C. 2015. Uncommon Nb-tantalate from the Cachoeira mine, Araçuaí pegmatite district (Minas Gerais). *Revista Escola de Minas*, **68**(4):401-408.
- Francesconi R. 1972. *Pegmatitos da região de São João del Rey, MG*. Tese de doutorado, Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 170 p.
- Guimarães M.L.V., Mourão M.A.A., Grossi-Sad J.H. 2012a. Folha SE.23-Z-D-I, Conceição do Mato Dentro, Estado de Minas Gerais, escala 1:100.000. In: *Projeto criação de banco de dados geográficos para os mapas geológicos do Projeto Espinhaço, Minas Gerais*. Belo Horizonte, CODEMIG-UFMG.
- Guimarães M.L.V., Pedrosa-Soares A.C., Baars F.J., Grossi-Sad J.H. 2012b. Folha SE.23-X-D-VI, Malacacheta, Estado de Minas Gerais, escala 1:100.000. In: *Projeto criação de banco de dados geográficos para os mapas geológicos do Projeto Espinhaço, Minas Gerais*. Belo Horizonte, CODEMIG-UFMG.
- jazida.com. Disponível em <https://www.jazida.com/>. Acesso em 29/1/2018.
- Klein C. & Dutrow B. 2012. *Manual de ciência dos minerais*. Traduzido por Rualdo Menegat. Porto Alegre: Bookman, 23ª ed., 724 p. ISBN: 9788540700857
- Lima J.M.G. 2009. *Perfil da mineração da tantalita*. Desenvolvimento de estudos para a elaboração do plano duodecenal (2010-2030) de geologia, mineração e transformação mineral. Brasília, Ministério de Minas e Energia - MME. 20 p.
- London D. 2008 *Pegmatites*. Québec: Mineralogical Association of Canada, 368 p. The Canadian Mineralogist, Special Publication 10. ISBN: 9780921294474
- Martins T., Lima A., Simmons W.B., Falster A.U., Noronha F. 2011. Geochemical fractionation of Nb-Ta oxides in Li-bearing pegmatites from the Barroso-Alvão pegmatite field, Portugal. *Canadian Mineralogist*, **49**:777-791. doi: 10.3749/canmin.49.3.777
- MDIC - Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços, SECEX - Secretaria de Comércio Exterior. 2018. *Sistema de Análise das Informações de Comércio Exterior* Disponível em <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/home/>. Acesso em 17/7/2018.
- mindat.org. Disponível em <https://www.mindat.org/>. Acesso em 29/1/2018.
- Morais Filho J.C. 1997. Folha SE.24-V-C-I, Novo Cruzeiro, Estado de Minas Gerais, Itambacuri, escala 1:100.000. In: *Projeto Leste, texto e mapa geológico*. Belo Horizonte: SEME/COMIG/CPRM.
- NASA - National Aeronautics and Space Administration. 2018. *Technology Opportunity: High Efficiency Tantalum-based Ceramic Composite (HETC) Structures*. Disponível em <https://www.nasa.gov/ames-partnerships/technology/high-efficiency-tantalum-based-ceramic-composite>. Acesso em 29/1/2018.
- Netto C., Araújo M.C., Pinto C.P., Drumond J.B. 1998. *Projeto Leste: Cadastramento de Recursos Minerais - Pegmatitos*. Belo Horizonte: SEME/COMIG/MME/CPRM, v. 1, 210 p.

- Oliveira A.A.K. & Leite C.A.S. 2000. Folha SE.23-Z-D-II, Ipatinga, Estado de Minas Gerais, Itambacuri, escala 1:100.000. In: *Projeto Leste, texto e mapa geológico*. Belo Horizonte: SEME/COMIG/CPRM.
- Oliveira M.J.R. 2000. Folha SE.24-Y-C-II, Conselheiro Pena / Folha SE.24-Y-C-III, São Gabriel da Palha (parte), Estado de Minas Gerais, escala 1:100.000. In: *Projeto Leste, texto e mapa geológico*. Belo Horizonte: SEME/COMIG/CPRM.
- Paes V.J.C. 1997. Folha SE.24-V-C-IV, Teófilo Otoni, Estado de Minas Gerais, escala 1:100.000. In: *Projeto Leste, texto e mapa geológico*. Belo Horizonte: SEME/COMIG/CPRM.
- Paes V.J.C., Heineck C.A., Malouf R.F. 2008. Folha SE-24-V-A-IV, Itaobim, Estado de Minas Gerais, escala 1:100.000. In: *Projeto Jequitinhonha*. Belo Horizonte: CPRM.
- Paes V.J.C., Santos L.D., Tedeschi M.F., Betiollo L.M. 2016. *Avaliação do potencial do lítio no Brasil: área do Médio Rio Jequitinhonha, Nordeste de Minas Gerais: texto explicativo e mapas*. Belo Horizonte: CPRM.
- Pedrosa-Soares A.C. Chaves, M.L.S.C., Scholz R. 2009. Field Trip Guide. In: International Symposium on Granitic Pegmatites, 4, 2009, Recife. *Anais...* Belo Horizonte, PEG2009, 28 p.
- Pedrosa-Soares A.C., De Campos C.P., Noce C.M., Silva L.C., Novo T., Roncato J., Medeiros S., Castañeda C., Queiroga G., Dantas E., Dussin I., Alkmim F.F. 2011. Late Neoproterozoic-Cambrian Granitic Magmatism in the Araçuaí Orogen (Brazil) the Eastern Brazilian Pegmatite Province and Related Mineral Resources. In: Sial A.N., Bettencourt J.S., De Campos C.P., Ferreira V.P. (eds.). Granite-Related Ore Deposits. London, *Geological Society Special Publications*, **350**:25-51. doi: 10.1144/SP350.3
- Pedrosa-Soares A.C. & Oliveira M.J.R. 2012. Folha SE.23-X-B-III, Salinas, Estado de Minas Gerais, escala 1:100.000. In: *Projeto criação de banco de dados geográficos para os mapas geológicos do Projeto Espinhaço, Minas Gerais*. Belo Horizonte: CODEMIG-UFMG.
- Pereira R.M., Ávila C.A., Neumann R. 2007. Ocorrências de zircão hafnífero no sudeste brasileiro. *Revista Brasileira de Geociências*, **37**(2):215-223. doi: 10.25249/0375-7536.2007373445463215223
- Pinto C.P. & Silva M.A. 2014. *Mapa Geológico do Estado de Minas Gerais, Escala 1:1.000.000*. Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais, CODEMIG e Serviço Geológico do Brasil, CPRM.
- Pontes E.P. 2014. Tântalo. In: Lima T.M. & Neves C.A.R. (coords.). *Sumário Mineral 2014*. Brasília, Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), v. 34, p. 112-113. ISSN: 01012053.
- Pontes E.P. 2016. Tântalo. In: Lima T.M. & Neves C.A.R. (coords.). *Sumário Mineral 2015*. Brasília, Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), v. 35, p. 106-107. ISSN: 01012053.
- RAL/DNPM – Relatório Anual de Lavra. Disponível em <https://ralweb.dnpm.gov.br/>. Acesso em 29/1/2018.
- Ribeiro J.H. 1997. Folha SE.23-Z-B-VI Marilac, Estado de Minas Gerais, escala 1:100.000. In: *Projeto Leste, texto e mapa geológico*. Belo Horizonte, COMIG/CPRM, v. 10, 55 p.
- Signorelli N. 1997. Folha SE.24-Y-A-I, Estado de Minas Gerais, Itambacuri, escala 1:100.000. In: *Projeto Leste, texto e mapa geológico*. Belo Horizonte: SEME/COMIG/CPRM.
- Silva S.L. 1997. Folha SE.23-Z-B-III, Santa Maria do Suaçuí, Estado de Minas Gerais, escala 1:100.000. In: *Projeto Leste, texto e mapa geológico*. Belo Horizonte: SEME/COMIG/CPRM.
- Silva S.L. 2000. Folha SE.23-Z-D-V, Coronel Fabriciano, Estado de Minas Gerais, escala 1:100.000. In: *Projeto Leste, texto e mapa geológico*. Belo Horizonte: SEME/COMIG/CPRM.
- Vieira V.S. 1997. Folha SE.24-Y-A-V, Itabirinha de Mantena, Estado de Minas Gerais, escala 1:100.000. In: *Projeto Leste, texto e mapa geológico*. Belo Horizonte: SEME/COMIG/CPRM.