

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO
MINERAL

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL

RELATÓRIO DE VIAGEM AO EXTERIOR

ARGENTINA, Salta



Treinamento promovido pela AIEA-UNECE-CNEA:

“Interregional Training Course on Unconventional Uranium Resource Assessment, UNFC Classification and Reporting with Particular Emphasis on Uranium as Co- or By-Product”

Felipe Mattos Tavares

6 a 10 de novembro de 2017

I – Introdução

A Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) possui um programa regular de treinamento e capacitação destinado ao desenvolvimento e aperfeiçoamento técnico dos seus países-membros. Uma das suas linhas de atuação é promover encontros para troca de experiências e cursos de curta duração para difusão de novas tecnologias e conhecimentos nas diversas esferas que envolvem a cadeia de produção de combustível nuclear, desde a prospecção e exploração de Urânio, sua mineração, beneficiamento e enriquecimento.

Em 2017, uma das atividades promovidas pela AIEA foi o curso de treinamento inter-regional sobre urânio não convencional (potencialmente explorado como co- ou subproduto), intitulado “*Interregional Training Course on Unconventional Uranium Resource Assessment, UNFC Classification and Reporting with Particular Emphasis on Uranium as Co- or By-Product*”, realizado em Salta, Argentina, em parceria com a Comissão Econômica das Nações Unidas para a Europa (UNECE, na sigla em inglês) e a *Comisión Nacional de Energía Atómica* (CNEA), da Argentina.

O curso, realizado entre 6 e 10 de novembro de 2017, recebeu geólogos e engenheiros de processo de diversos países da América do Norte, América do Sul, África, Europa, Ásia e Oceania, envolvendo quatro dias de palestras e um dia de trabalhos de campo.

A viagem foi integralmente financiada com recursos da AIEA e toda a estrutura para a realização do curso foi providenciada pela CNEA.

II - Objetivos da Viagem

Esta viagem teve o objetivo Institucional e de Estudo, tendo em vista a transferência e absorção de novos conhecimentos fornecidos por parte da AIEA, assim como a visita de campo às unidades hospedeiras de mineralizações uraníferas na região de Salta.

III - Programa da Viagem

O deslocamento do Rio de Janeiro para Salta ocorreu por via aérea no dia 5 de novembro, com troca de aeronaves na cidade de Buenos Aires. O retorno ocorreu na tarde do dia 10 de novembro, também via Buenos Aires. Os participantes do curso foram alojados no Gran Hotel Presidente (<http://www.granhotelpresidente.com/>), com estrutura básica, adequada para os padrões de hospedagem usualmente adotados pela CPRM em cidades grandes do Brasil.

O programa do curso foi integralmente executado conforme planejado e pode ser observado na tabela 1 (Anexo). Os dias 6, 7, 9 e 10 foram reservados para palestras de diversos especialistas da AIEA, UNECE e CNEA, enquanto no dia 8 transcorreu a visita de campo, entre Salta e Cafayatte, para

reconhecimento de unidades geológicas hospedeiras de mineralizações uraníferas do Grupo Salta.

O intercâmbio cultural com indivíduos de dezenas de países diferentes foi proveitoso. A maioria dos participantes eram geólogos ligados aos serviços geológicos nacionais ou às comissões de energia atômica locais e equivalentes, além de diversos engenheiros de processos. A troca com estes especialistas permitiu conhecer variadas realidades acerca do trabalho na cadeia produtiva do urânio, além de ampliar a rede internacional de contatos com membros de diferentes instituições (Fig. 1, Anexo).

IV - Descrição e Análise dos Assuntos Tratados

Quatro grandes temas foram abordados no curso:

- 1) Avaliação quantitativa de recursos minerais não descobertos
- 2) Geologia do urânio e tipologia de recursos convencionais e não convencionais
- 3) Classificação econômica de recursos através da metodologia UNFC
- 4) Engenharia de processos aplicada à recuperação e beneficiamento de urânio

O tema 1 foi o mais interessante, conduzido pelo especialista associado à AIEA, Dr. Mark J. Mihalasky (USGS). Foi apresentada inicialmente a metodologia “*3-part quantitative mineral resource assessment*”, bem como foram discutidos os usos de filtros econômicos para a avaliação da viabilidade de exploração mineral em áreas mineralizadas e as ferramentas disponíveis para tal, como o software da USGS MapMark4. Por fim, foi apresentado um estudo de caso de avaliação quantitativa para depósitos de urânio do tipo *roll front* do Texas, EUA.

O tema 2 foi conduzido pelo especialista Patrice Bruneton (AIEA). Inicialmente foi discutida a geologia do urânio, com a apresentação dos 15 modelos de depósitos de urânio reconhecidos pela AIEA e dos principais minerais de minério. Após, foi apresentada a base de dados global da AIEA, denominada UDEPO (<https://nucleus.iaea.org/Pages/udepo.aspx>). Por último, Discutiu-se especificamente recursos não-convencionais de urânio, ou seja, recursos associados a outras mineralizações, onde o urânio pode ser explorado como co- ou subproduto.

O tema 3 foi ministrado pelo especialista Harikrishnan Tulsidas (UNECE). O tema foi introduzido a partir da discussão sobre a cadeia de valor agregado à exploração mineral e a adequação da mineração aos 17 objetivos de desenvolvimento sustentável da ONU e ao desafio da “licença social” para a mineração. Em seguida, apresentou-se a metodologia de classificação econômica de recursos *United Nations Framework Classification* (UNFC) e suas vantagens frente às metodologias usuais de classificação de recursos e reservas (medidas, indicadas, inferidas, etc). Por fim, foi colocada a necessidade de reformulação das práticas do setor mineral tendo em vista as transformações da sociedade e a quarta revolução industrial, em curso,

propondo-se em última análise que os recursos minerais sejam encarados como “serviços” para a sociedade e não como “commodities”.

O tema 4 foi colocado pelo especialista Grenvil Dunn (AIEA), que ministrou diversos conteúdos acerca da engenharia de processos associada à produção e beneficiamento de urânio. Discutiu-se, primeiramente, o papel dos diferentes minerais de minério e ganga no desenvolvimento de processos de extração de urânio. Após, foi apresentada a metodologia de testes para a construção de plantas-piloto para beneficiamento de urânio, assim como a sua montagem e operação. Por fim, conteúdos básicos de engenharia de processos foram apresentados.

Além dos temas principais apresentados acima, também foi apresentado um conteúdo básico acerca da geologia do urânio da Argentina, com principais depósitos e distritos uraníferos, pelo especialista Luis López (CNEA), bem como se apresentou a geologia do Grupo Salta (Alfredo Zelaya, CNEA), a fim de embasar a excursão de campo do dia 8/11.

Na tarde do dia 9/11, houve um espaço dedicado a apresentações dos participantes. Foi possível preparar e apresentar rapidamente o trabalho da CPRM com os depósitos IOCG de Carajás (Fig. 2, Anexo), detentores de recursos não convencionais de urânio, o que despertou o interesse dos especialistas da AIEA em possíveis parcerias para o estudo do potencial uranífero do Brasil.

V - Conclusões

A participação no treinamento da AIEA-UNECE-CNEA foi extremamente proveitosa. Os conteúdos acerca de recursos convencionais e não convencionais de urânio são pouco trabalhados no Brasil (a CPRM não possui nenhum especialista na área), portanto trata-se de transferência relevante de conhecimento. Igualmente, diversos temas apresentados são aplicáveis a uma vasta gama de atividades da CPRM: a avaliação quantitativa de recursos não descobertos e a classificação de recursos pela metodologia UNFC são universais e aplicáveis a diferentes recursos minerais. Nesse sentido, a usabilidade dos conhecimentos adquiridos vai muito além da geologia do Urânio e pode ser aplicada em projetos futuros orientados para a geologia econômica e economia mineral.

Da mesma maneira, o contato com a área da tecnologia mineral e da engenharia de processos foi interessante e reveladora sobre os desafios para a viabilidade econômica e ambiental dos depósitos.

A adequação da cadeia produtiva da mineração aos objetivos de desenvolvimento sustentável da ONU e o tema da licença social, insistentemente debatidos, são desafios que invariavelmente vão se impor às atividades do setor mineral e a CPRM deve buscar seu papel neste tema.

VI - Recomendações

Recomenda-se fortemente que a CPRM promova um programa interno de capacitação em avaliação quantitativa de recursos não descobertos. Com esta ferramenta, é possível reduzir os riscos de investimento do setor mineral e apontar as áreas mais favoráveis para prospecção a partir de uma abordagem econômica. Trata-se de um *follow up* natural aos trabalhos de modelamento de prospectividade que estão em curso para vários projetos da DGM, onde mapas de favorabilidade geológica estão sendo gerados, e que são as bases para os modelos de viabilidade econômica gerados a partir da avaliação quantitativa de recursos não descobertos.

Da mesma maneira, considerando-se que o Urânio é bem estratégico para o Brasil, a CPRM deve investir na capacitação de especialistas na geologia do Urânio e em programas de trabalho de avaliação do potencial uranífero nacional. Nosso país apresenta as menores quantidades de ocorrências de urânio notificadas do mundo, não por ausência de recursos, mas por subnotificação. Considerando-se ainda a provável quebra do monopólio estatal sobre a exploração e produção do urânio, é urgente um programa com estas características.

Programas de trabalho desta natureza devem ser realizados em estreito alinhamento com a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), assim como é possível buscar parcerias com especialistas da própria AIEA, que bianualmente abre chamamentos de cooperação técnica com entidades de pesquisa dos países-membros.

VII – Agradecimentos

Agradeço à Diretoria de Geologia e Recursos Minerais (DGM) da CPRM pela indicação para participar do curso, à Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), por aprovar a indicação, à Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA), por promover o curso e patrocinar integralmente a minha participação, e à *Comisión Nacional de Energía Atómica* (CNEA), da Argentina, por fornecer e organizar a estrutura de espaços e logística que viabilizou a realização do curso.

VIII – Anexos

 <p>Mingkuan QIN Chief Engineer</p> <p>BEIJING RESEARCH INSTITUTE OF URANIUM GEOLOGY</p> <p>Add: No.10, Anwai Xiaoguangdongli Chaoyang District, Beijing BEIJING 100029, P.R. CHINA</p> <p>Tel: +86-10-6496 0551 Fax: +86-10-6491 7143 Mobile: 86 136 0138 2293 E-mail: qinmk9818@163.com</p>	 <p>Sazini Mashaba B.Tech (Chem. Eng.) Superintendent</p> <p>Tel: +27 11 709 4147 Fax: +27 87 233 1846 E-mail: sazinim@mintek.co.za</p> <p>Hydrometallurgy</p> <p>200 Malibongwe Drive, Randburg, South Africa Private Bag X3015, Randburg 2125, South Africa Telephone: +27 11 709 4111 Website: http://www.mintek.co.za</p>
 <p>IAEA International Atomic Energy Agency <i>Atoms for Peace</i></p> <p>Martin FAIRCLOUGH</p> <p>Nuclear Fuel Cycle and Materials Section Department of Nuclear Energy</p> <p>Tel: +43 (1) 2600-26557, Fax: +43 (1) 26007 m.fairclough@iaea.org, www.iaea.org</p> <p>Vienna International Centre, PO Box 100, 1400 Vienna, Austria</p>	 <p>Ing. Boris Dostál geologist geological department</p> <p>DIAMO, state enterprise Division Těžba a úprava uranu Pod Vinicí 84, 471 27 Stráž pod Ralskem Czech Republic</p> <p>Tel.: +420 487 894 344 Mobil: +420 777 592 506 E-mail: dostalb@diamo.cz www.diamo.cz</p>
 <p>Mark J. Mihalasky Research Geologist</p> <p>Geology, Minerals, Energy & Geophysics Science Center</p> <p>mjm@usgs.gov minerals.usgs.gov</p> <p>U.S. Department of the Interior U.S. Geological Survey</p> <p>904 West Riverside Avenue Spokane WA 99201</p> <p>509-368-3118 509-368-3199 FAX</p>	<p>Cátedra de Mineralogía Universidad Nacional de Salta</p>  <p>Gonzalo Mauro de la Hoz Geólogo</p> <p>gm_delahoz@yahoo.com.ar Movil: +5493874156166 Skype: gm_delahoz Av. Bolivia 5150 - CP 4400 Salta - Argentina</p>

Figura 1: principais contatos estabelecidos durante o curso

Tabela 1: programa do curso realizado em Salta:

	Monday 6th	Tuesday 7th	Wednesday 8th	Thursday 9th	Friday 10th	
09.00 - 9.30	Welcome addresses (IAEA, UNECE, CNEA). IAEA Overview (<i>Martin Fairclough</i>)					
09.30 - 10.00	Mineral value chain and its management using UNFC (<i>Hari Tulsidas</i>)	Process Engineering: Scoping and setting up a Pilot Plant Operation; Leaching Processes (<i>Grenvil Dunn</i>)	08.00 - 20.00 GEOLOGICAL VISIT from Salta to Cafayate, covering the Salta Group basin. <i>Place of departure and arrival to be confirmed.</i>	IAEA Unconventional Resources (<i>Patrice Bruneton</i>)	3-Part Assessment of Roll-Front and Calcrite Uranium Resources in Texas: A Comparison of Economically Unfiltered and Filtered Undiscovered Resource Estimates (<i>Mark Mihalasky</i>)	
10.00 - 10.30	Perspectives of unconventional U in Argentina (<i>Luis López</i>)					
10.30 - 11.00	BREAK					
11.00 - 11.30		UNFC and Resource Progression: (i) Prioritizing exploration projects with the application of UNFC - Case studies from Nigeria and Malawi; (ii) Addressing technology gaps with REE and critical materials projects using UNFC - Case studies from USA and Argentina (<i>Hari Tulsidas</i>)			Process Engineering: Ion Exchange and Solvent Extraction in U Recovery; Basic Engineering - Bridging the gap between Testwork and Implementation (<i>Grenvil Dunn</i>)	UNFC and sustainable resource management: Application of UNFC for monitoring the project maturity of the central Jordan Uranium Project (<i>Hari Tulsidas</i>)
11.30 - 12.00	Overview of the 3-Part Quantitative Mineral Resource Assessment Approach and Integrating Economic Filters (<i>Mark Mihalasky</i>)					
12.00 - 12.30						Wrap-up and close
12.30 - 14.00	LUNCH (own arrangements)				LUNCH (own arrangements)	
14.00 - 14.30		MapMark4 Monte Carlo Simulator for Estimating Undiscovered Mineral Resources: Demonstration and Current GUI and Economic Filter Capabilities (<i>Mark Mihalasky</i>)			Case studies of UNFC applications for nuclear fuel resources in Argentina (U and REE+Th) (<i>Luis Lopez</i>)	
14.30 - 15.00	Process Engineering: Role of Mineralogy; . Role of Testing - Batch, Pilot and Demonstration Scale (<i>Grenvil Dunn</i>)				Participant presentations	
15.00 - 15.30					Participant presentations (or <i>Patrice Bruneton</i>)	
15.30 - 16.00	BREAK			BREAK		
16.00 - 16.30		The IAEA UDEPO Database (<i>Patrice Bruneton</i>)				
16.30 - 17.00	Geology of uranium-IAEA Geological classification of uranium deposits (<i>Patrice Bruneton</i>)			Process Engineering (<i>Grenvil Dunn</i>)		
17.00 - 17.30		Metallogenesis of uranium and associated elements at the Salta Group Basin, Argentina (<i>Alfredo Zelaya</i>)				
18.00 - 20.00	Welcome Cocktail at Hotel Alejandro I					



Figura 2: Apresentação do potencial uranífero associado aos depósitos IOCG de Carajás