CETEM
CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL
Ministério da Ciência e Tecnologia

CERTIFICADO DE ANÁLISE

www.cetem.gov.br/mrc

ACCREDITED
CERTIFICATE #4015.01

RMMG-2

Resíduo de Mineração (Lama terciária)

Certificado original: Dezembro, 2016
Revisão: Janeiro, 2022

O RMMG-2 é uma amostra de lama terciária, o resíduo gerado pela unidade de processamento de zinco primário da Votorantim Metais, localizada em Três Marias, Minas Gerais, Brasil. A matéria prima foi seca em estufa e pulverizada para passar na peneira de 0,075 mm e, posteriormente, homogeneizada. Este material de referência é adequado ao uso na calibração de um sistema de medição, avaliação de procedimentos de medição, atribuição de valor a materiais de matrizes similares e no controle da qualidade. Uma unidade de RMMG-2 consiste em cerca de 90 g de material embalado a vácuo em oito sachês, revestidos com PET+aluminio+PE, contendo no mínimo 11 g de material cada.

Este material foi certificado por meio de um programa interlaboratorial incluindo dezessete laboratórios competentes, utilizando uma variedade de métodos de exatidão demonstrável. Métodos estatísticos robustos [1] foram utilizados para estimar os valores de propriedade e componentes de variabilidade. Valores certificados foram atribuídos com base em, no mínimo, cinco conjuntos de dados aceitos, métodos analíticos apropriados ao valor da propriedade e adequação da incerteza associada ao valor de propriedade para o uso pretendido. A incerteza declarada consiste na incerteza expandida, com fator de abrangência 2, estimada pela incerteza devido a caracterização do material [2].

Valores Certificados

Constituinte	Unidade	Fração em massa	Desvio padrão de repetibilidade	Desvio padrão de reprodutibilidade	No. grupos de dados	Amostra mínima (g)[*1]	Métodos analíticos
Ag	mg/kg	75,1 ± 2,9	2,9E+00	5,4E+00	21	0,1	a, b, c, d, j
Al	%(m/m)	2,913 ± 0,044	6,4E-02	8,5E-02	23	0,1	b, c, e, i
As	mg/kg	162,1 ± 5,4	7,0E+00	1,0E+01	23	0,1	b, c, d, j
Ba	mg/kg	429 ± 15	1,6E+01	2,4E+01	16	0,1	c, d, e, i, j
Be	mg/kg	2,19 ± 0,25	2,1E-01	3,0E-01	9	0,1	b, c, g
Bi	mg/kg	15,24 ± 0,50	7,2E-01	8,5E-01	18	0,1	b, c, d, f
Ca	%(m/m)	7,15 ± 0,12	1,6E-01	2,7E-01	33	0,1	b, c, e, h, i, j
Cd	mg/kg	234,9 ± 8,0	7,4E+00	1,4E+01	20	0,1	b, c, d
C	%(m/m)	0,287 ± 0,014	1,4E-02	1,8E-02	11	0,1	k
Ce	mg/kg	34,1 ± 1,0	2,3E+00	1,6E+00	15	0,1	b, c, d, j
Co	mg/kg	29,56 ± 0,97	1,6E+00	1,9E+00	24	0,1	b, c, d, i, j
Cr	mg/kg	47,3 ± 3,4	2,5E+00	4,5E+00	11	0,1	b, c, e, g, j
Cs	mg/kg	2,35 ± 0,11	1,7E-01	1,8E-01	15	0,1	b, c, d
Cu	mg/kg	797± 13	2,2E+01	2,4E+01	23	0,1	b, c, e, g, i
Dy	mg/kg	2,730 ± 0,056	1,3E-01	6,7E-02	9	0,1	b, c, d
Er	mg/kg	1,495 ± 0,075	9,9E-02	9,9E-02	11	0,1	b, c, d
Eu	mg/kg	0,671 ± 0,021	4,3E-02	2,5E-02	9	0,1	b, c, d, j

© CETEM 2022 – Todos os direitos reservados

Constituinte	Unidade	Fração em massa	Desvio padrão de repetibilidade	Desvio padrão de reprodutibilidade	No. grupos de dados	Amostra mínima (g)[*1]	Métodos analíticos
Fe	%(m/m)	7,63 ± 0,14	1,6E-01	3,1E-01	29	0,1	b, c, e, h, i
Ga	mg/kg	14,58 ± 0,35	7,7E-01	5,6E-01	16	0,1	b, c, d, g
Gd	mg/kg	3,08 ± 0,11	1,7E-01	1,4E-01	10	0,1	b, c, d
Hf	mg/kg	2,87 ± 0,11	2,1E-01	1,0E-01	6	0,1	d
Hg	mg/kg	5,06 ± 0,29	2,6E-01	3,7E-01	10	0,1	b, c, j
Ho	mg/kg	0,534 ± 0,031	4,4E-02	3,5E-02	8	0,1	c, d
In	mg/kg	15,20 ± 0,80	8,4E-01	1,2E+00	14	0,1	b, c, d
K	%(m/m)	0,862 ± 0,020	2,0E-02	3,5E-02	19	0,1	a, b, c, e, i
La	mg/kg	18,98 ± 0,79	1,2E+00	1,2E+00	15	0,1	b, c, d, j
Li	mg/kg	10,68± 0,90	5,3E-01	1,1E+00	10	0,1	b, c, e
Mg	%(m/m)	0,672 ± 0,012	1,5E-02	1,9E-02	16	0,1	c, e, i
Mn	%(m/m)	0,1843 ± 0,0026	5,7E-03	5,1E-03	24	0,1	c, e, i
Mo	mg/kg	2,96 ± 0,27	2,0E-01	3,8E-01	13	0,1	b, c, f
Nb	mg/kg	6,12 ± 0,54	6,0E-01	6,8E-01	10	0,1	b, c, d
Nd	mg/kg	16,32 ± 0,19	7,5E-01	2,1E-01	8	0,1	c, d
Ni	mg/kg	21,72 ± 0,96	1,4E+00	1,4E+00	13	0,1	b, c, e, g
P	mg/kg	480 ± 28	2,7E+01	4,2E+01	14	0,1	b, c, g, i
Pb	%(m/m)	1,212 ± 0,038	3,2E-02	6,9E-02	21	0,1	b, c, e, g, i
Pr	mg/kg	4,36 ± 0,11	2,3E-01	1,4E-01	10	0,1	b, c, d
Rb	mg/kg	45,2± 1,3	1,9E+00	2,2E+00	16	0,1	b, c, d
S	%(m/m)	6,87 ± 0,11	1,8E-01	2,1E-01	23	0,1	b, c, i, k, l
Sb	mg/kg	30,2 ± 1,9	2,1E+00	2,5E+00	11	0,1	b, d, f, g, j
Sc	mg/kg	5,22 ± 0,10	2,3E-01	8,9E-02	5	0,25	b, j
Si	%(m/m)	18,99 ± 0,38	2,5E-01	6,1E-01	16	0,1	c, e, g, h, i
Sm	mg/kg	3,238 ± 0,091	1,9E-01	1,2E-01	11	0,1	c, d, j
Sn	mg/kg	11,84 ± 0,78	1,0E+00	1,4E+00	19	0,1	b, c, d
Sr	mg/kg	402,0 ± 6,8	1,6E+01	1,3E+01	22	0,1	b, c, d, e
Tb	mg/kg	0,473 ± 0,019	2,3E-02	1,9E-02	6	0,1	d
Th	mg/kg	5,47 ± 0,24	3,4E-01	3,5E-01	13	0,1	b, c, d, j
Ti	%(m/m)	0,1977 ± 0,0040	5,5E-03	6,6E-03	17	0,1	e, i
Tm	mg/kg	0,212 ± 0,016	1,7E-02	1,9E-02	9	0,1	b, c, d
U	mg/kg	2,94 ± 0,11	1,6E-01	1,7E-01	16	0,1	b, c, d, j
V	mg/kg	169,2 ± 4,0	6,1E+00	5,9E+00	14	0,1	b, c, d, e, i
Y	mg/kg	14,83 ± 0,89	9,5E-01	1,4E+00	16	0,1	b, c, d, e, g
Yb	mg/kg	1,373 ± 0,053	7,7E-02	7,0E-02	11	0,1	b, c, d, j
Zn	%(m/m)	3,244 ± 0,065	6,7E-02	1,1E-01	18	0,2	a, c, e, i, j
Zr	mg/kg	104,0± 5,1	7,0E+00	7,3E+00	13	0,1	d, e, g, i

[*1]Massa mínima de amostra utilizada na caracterização do material.

© CETEM 2022 – Todos os direitos reservados

INFORMAÇÃO ADICIONAL SOBRE A COMPOSIÇÃO

Valores de propriedade não certificados são fornecidos apenas como informação adicional. Valores indicativos foram resultantes de dados que atenderam aos critérios de certificação, embora alguns conjuntos de dados tenham sido expressos com apenas um algarismo significativo. Um valor informativo é um valor para o qual não há informação suficiente para avaliar adequadamente a incerteza associada.

Valores Indicativos

Constituinte	Unidade	Fração em massa	Desvio padrão de repetibilidade	Desvio padrão de reprodutibilidade	No. grupos de dados	Amostra mínima (g)[*1]	Métodos analíticos
Se	mg/kg	5,98 ± 0,76	6,5E-01	1,1E+00	13	0,1	b, c
Ta	mg/kg	0,443 ± 0,068	6,1E-02	8,1E-02	9	0,1	b, d

[*1]Massa mínima de amostra utilizada na caracterização do material.

Valores Informativos

Constituinte	Unidade	Fração em massa	Intervalo das médias dos grupos de dados	No. grupos de dados	Amostra mínima (g)[*1]	Métodos analíticos
Au	mg/kg	0,062	0,058 - 0,066	4	1	j, m
B	mg/kg	41	30 - 55	4	0,02	c, f, g
F	%(m/m)	0,047	0,044 - 0,049	2	0,15	f
Ge	mg/kg	20	15 - 23	5	0,02	d, f, g
Lu	mg/kg	0,21	0,21 - 0,22	6	0,1	d
Na	%(m/m)	0,03	0,03 - 0,05	17	0,1	a, b, c, e, i, j
Re	mg/kg	0,003	0,001 - 0,006	5	0,25	b
Te	mg/kg	0,68	0,64 - 0,77	8	0,2	b
Tl	mg/kg	0,41	0,35 - 0,47	5	0,2	b, c
W	mg/kg	78	76 - 80	9	0,1	b, c, d

[*1]Massa mínima de amostra utilizada na caracterização do material.

A análise por difração de raios-X identificou quartzo, gipsita, calcita e minerais dos supergrupos / grupos de mica, anfibólio, clorita, alunita e hidrotalcita, provavelmente próximos à muscovita, hornblenda, chamosita, jarosita e hidrowoodwardita, respectivamente. Gipsita, calcita, jarosita e hidrowoodwardita provavelmente são fases sintéticas precipitadas a partir de resíduos metalúrgicos ao invés de minerais, enquanto que o quartzo, a hornblenda, a clorita e a mica podem ser minerais refratários resistentes ao processamento do minério.

INSTRUÇÕES PARA MANIPULAÇÃO E USO

O sachê de material deve ser aberto apenas para a retirada de amostra. O material não deve entrar em contato com outros produtos químicos a fim de evitar contaminação cruzada.

A massa de amostra para análise não deve ser menor do que a massa mínima utilizada na caracterização do material. O valor de propriedade e sua incerteza associada apenas são garantidos se o tamanho mínimo de amostra é respeitada.

As análises devem ser realizadas em amostras conforme recebidas, sem secagem prévia. Para obtenção do fator de correção para umidade, uma outra amostra deve ser pesada antes e após secagem a 105 ± 2 °C, a peso constante.

ARMAZENAMENTO

O material deve ser armazenado na sua embalem original, à temperatura ambiente, em local limpo e seco.

© CETEM 2022 – Todos os direitos reservados

INFORMAÇÃO SOBRE SAÚDE E SEGURANÇA

Este material contém partículas finas de minerais. Evite a dispersão do pó, inalação, contato com os olhos ou contato com a pele. Descarte o resíduo do material de acordo com a regulamentação pertinente para resíduo químico inorgânico e mineralógico.

RASTREABILIDADE METROLÓGICA

No processo de caracterização por meio de programa interlaboratorial, a seleção dos métodos de medição bem como dos respectivos padrões de calibração foi realizada com base na decisão de cada laboratório participante. Como consequência desta abordagem, a(s) cadeia(s) de rastreabilidade metrológica para cada um dos valores atribuídos (combinado a partir de um número de resultados) não pode ser descrita de forma simplificada, mas é esperado que estejam incluídas as fontes independentes de tendência. Portanto, o consenso demonstrado pelas medições independentes resultantes de diferentes métodos, padrões de calibração e etapas de validação utilizando materiais previamente certificados, resulta em valores certificados que são rastreados metrologicamente às unidades do SI de massa e quantidade de substância.

MÉTODOS ANALÍTICOS

a digestão ácida / espectrometria de absorção atômica com chama
b digestão ácida / espectrometria de massa com plasma indutivamente acoplado
c digestão ácida / espectrometria de emissão ótica com plasma indutivamente acoplado
d fusão / espectrometria de massa com plasma indutivamente acoplado
e fusão / espectrometria de emissão ótica com plasma indutivamente acoplado
f espectrometria de emissão atômica com corrente alternada de arco elétrico
g espectrometria de emissão atômica com corrente direta de arco elétrico
h pastilha fundida / espectrometria de fluorescência de raios X por dispersão de energia
i pastilha fundida / espectrometria de fluorescência de raios X por comprimento de onda
j análise instrumental de ativação neutrônica
k combustão / espectrometria no infravermelho
l combustão / gravimetria
m fusão e copelação / espectrometria de emissão ótica com plasma indutivamente acoplado

LABORATÓRIOS PARTICIPANTES

- Accurassay Laboratories, Thunder Bay, Canada
- Activation Laboratories Ltd., Ancaster, Canada
- AGAT Laboratories, Mississauga, Canada
- ALS Geochemistry Brisbane, Stafford, Australia
- ALS Geochemistry Vancouver, North Vancouver, Canada
- ALS Minerals Loughrea, Loughrea, Ireland
- Bureau Veritas Commodities Canada, Vancouver, Canada
- Central Geological Laboratory of Mongolia, Ulaanbaatar, Mongolia
- Eurotest Control EAD - Department Chemical Investigations, Sofia, Bulgaria
- hrltesting Pty Ltd, Assay Laboratory,Albion, Australia
- Intertek Laboratory Services, Wingfield, Australia
- Labwest Minerals Analysis Pty Ltd, Malaga, Australia
- Newcrest Laboratory Services, Orange, Auatralia
- MINTEK - Analytical Services Division, Randburg, South Africa
- SGS Canada Minerals Burnaby - Geochemistry, Burnaby, Canada
- SGS Canada Minerals Lakefield - Analytical, Lakefield, Canada
- Vinogradov Institute of Geochemistry of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences - Laboratory of Optical Spectral Analysis and Certified Reference Materials, Irkutsk, Russia

© CETEM 2022 – Todos os direitos reservados

PERÍODO DE VALIDADE

Os valores certificados são válidos até dezembro de 2042, desde que a unidade de RMMG-2 seja manuseada e armazenada de acordo com as instruções fornecidas neste certificado. Esta certificação perde a validade se o material for danificado, contaminado ou de outra forma modificado. A estabilidade do RMMG-2 será monitorada durante o período de validade. As atualizações serão publicadas em www.cetem.gov.br/mrc.

OUTRAS INFORMAÇÕES

O relatório de certificação é disponível mediante solicitação ao CETEM. Para detalhes quanto a interpretação de resultados de medição em materiais de referência certificados do CETEM, acesse a publicação "Guia de Aplicação 1" em www.cetem.gov.br/mrc.

RESPONSÁVEL PELA CERTIFICAÇÃO

Os aspectos técnicos e gerenciais relativos à preparação, certificação e emissão do RMMG-2 foram coordenados pelo Programa Material de Referência Certificado do CETEM.

Maria Alice Goes
Coordenadora do Programa Material de Referência Certificado

REFERÊNCIAS

[1] ISO 5725-5:1998. Accuracy (trueness and precision) measurement methods and results – Part 5: Alternative methods for determination of the precision of a standard measurement method. International Organization for Standardization (ISO), Geneva.

[2] ISO 13528:2015 – Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons. International Organization for Standardization (ISO), Geneva.

© CETEM 2022 – Todos os direitos reservados