

GEOVANE NASCIMENTO DA SILVA

**CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DO REJEITO DE SCHEELITA DO
MUNICÍPIO DE CURRAIS NOVOS/RN**

Artigo técnico-científico apresentado ao curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do certificado de Especialista em Gestão Ambiental.

Orientador: Dr. Cleonilson Mafra Barbosa

NATAL

2019

GEOVANE NASCIMENTO DA SILVA

**CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DO REJEITO DE SCHEELITA DO
MUNICÍPIO DE CURRAIS NOVOS/RN**

Artigo técnico-científico apresentado ao curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do certificado de Especialista em Gestão Ambiental.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado e aprovado em 09/12/2019, pela seguinte Banca Examinadora:

BANCA EXAMINADORA


Cleonilson Matra Barbosa


Aristides Felipe Santiago Junior


Ana Kária Costa de Oliveira

CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DO REJEITO DE SCHEELITA DO MUNICÍPIO DE CURRAIS NOVOS/RN

TECHNOLOGICAL CHARACTERIZATION OF THE SCHEELITA REJECT OF THE CURRAIS NOVOS/RN CITY

Geovane Nascimento da Silva*

Cleonilson Mafra Barbosa**

RESUMO: O presente estudo propõe-se a identificar uma alternativa de reaproveitamento do rejeito da Scheelita proveniente de uma mina localizada no município de Currais Novos/RN, como forma de minimizar os impactos ambientais. No auge da exploração da Scheelita o material concentrado era superior ao rejeito. Atualmente, em contrapartida, esse quadro inverteu tornando as pilhas de rejeito um grande problema. Esse rejeito apresenta uma grande quantidade de Calcita, o que o torna relevantemente interessante pelo fato de ser usado na indústria do cimento, papel e afins; todo esse material é desperdiçado devido à falta de otimização e modernização de equipamentos usados pelas mineradoras no beneficiamento. A amostra de rejeito adquirida foi peneirada e adicionada ao H_2SO_4 para passar pelo processo de lixiviação, e sequentemente, encaminhada para análise realizada através do EDX, que identifica quais os óxidos presentes. A caracterização química revela que o rejeito apresenta óxidos importantes e que podem ser utilizados como agregados na indústria, contribuindo com um desenvolvimento sustentável. A exemplo disso, temos o óxido mais abundante nos resultados das análises, o Óxido de Cálcio (CaO) que pode ser utilizado na construção civil. Pelo fato de o material ser uma amostra de rejeito, o WO_3 foi identificado apenas após noventa e seis horas de lixiviação com uma baixa percentagem. Estes resultados ressaltam a importância de analisar rejeitos minerais com propósito de auxiliar no desenvolvimento de discussões e práticas que englobem recursos naturais a práticas sustentáveis evitando desperdícios.

Palavras-chave: Scheelita. Lixiviação. Óxidos.

ABSTRACT: The present study aims to identify an alternative for the Scheelite tailings reuse from a mine located in Currais Novos / RN, as a way to minimize environmental impacts. At the height of Scheelita's exploration the concentrated material was superior to the tailings. By contrast, this picture has now reversed, making tailings piles a big problem. This waste has a large amount of Calcite, which makes it relevant because it is used in the cement, paper and related industries; All this material is wasted due to the lack of optimization and modernization of equipment used by mining companies in beneficiation. The acquired tailings sample was sieved and added to H_2SO_4 to undergo the leaching process, and then sent for analysis by EDX, which identifies which oxides are present. Chemical characterization reveals that the tailings have important oxides and can be used as aggregates in industry, contributing to sustainable development. As an example, we have the most abundant oxide in the test results, Calcium Oxide (CaO) that can be used in construction. Because the material is a tailings sample, WO_3 was identified only after ninety-six hours of leaching with a low percentage. These results underscore the importance of analyzing mineral tailings to assist in the development of discussions and practices that encompass natural resources with sustainable practices avoiding waste.

Keywords: Scheelite. Leaching. Oxides.

* Aluno do curso de Especialização em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte.

**Professor Doutor do curso de Especialização em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte.

1 INTRODUÇÃO

O tungstênio é um metal que possui características únicas, como elevada dureza, densidade e ponto de fusão, que são indispensáveis na composição de certas ligas de aços especiais. No Brasil, os dois principais minerais fontes de tungstênio economicamente importantes, são a scheelita e a wolframita. (LIMAVERDE, 1979).

A Scheelita é um tungstato de cálcio, com composição: CaWO_4 (CaO 19,4 % e WO_3 80,6 %). No Brasil, a maior produção de scheelita ocorreu no estado do Rio Grande do Norte, na região do Seridó, especialmente nos municípios de Currais Novos, São Tomé e Acari. Os usos principais do tungstênio se baseiam na grande resistência mecânica que possui mesmo em altas temperaturas. De todos os metais, o tungstênio é o que apresenta maior resistência mecânica a temperaturas acima de 1650° C. Além disso, ele é também resistente à corrosão, é bom condutor térmico e elétrico, e tem um coeficiente de expansão térmica baixo. (BARBOSA, 1973).

Em 2013 as reservas lavráveis da Scheelita localizadas no estado do Rio Grande do Norte foram totalizadas em 24,3 mil toneladas de tungstênio (W) contido, com teores de WO_3 variáveis entre 0,04% e 2,4%.

Segundo Machado (2012), no auge da exploração da Scheelita, para cada tonelada de minério extraído, 750 kg eram de concentrado de Scheelita 250 kg de rejeito mineral. Sendo que, atualmente, esta situação se inverteu, pois, para cada tonelada se têm 250 kg de concentrado de Scheelita e 750 kg de rejeito mineral. Assim, estima-se que existam de 4,5 a 5 milhões de toneladas de resíduos sólidos finos de Scheelita, formando montanhas brancas no entorno da cidade de Currais Novos, correspondendo a 45% do total do resíduo.

Nas minas de exploração de tungstênio o resíduo do beneficiamento da scheelita é simplesmente depositado em montanha de rejeito a céu aberto, com estimativa atual da ordem de sete milhões de toneladas. Essa política de depósitos acarreta impactos ambientais na região de descarte, através do visual negativo promovido pelos montes estocados. Além disso, também é afetada a saúde dos trabalhadores diretamente envolvidos na atividade mineradora e da população residente próximo ao local de depósito, que sofrem com a dispersão do pó através do vento, ocasionando problemas respiratórios e visuais. (GERARB, 2014).

Leite; Araújo e Santos (2007) em visita às minerações Brejuí, Bodó e Barra Verde, constataram, através de vistorias técnicas e análise, que os equipamentos de beneficiamento não são otimizados para fins de maior aproveitamento, gerando grande perda da Scheelita para as pilhas de rejeito. Atualmente, alternativas de aproveitamento de Scheelita são estudadas para que o material contido no rejeito seja reaproveitado. E para que isso ocorra de forma eficiente e eficaz faz-se necessário a caracterização do mineral.

A caracterização tecnológica dos minerais identifica e quantifica todo o corpo mineralógico, definindo os minerais abundantes de interesse, a ganga, e quantifica a distribuição das substâncias que são úteis entre os minerais, quando existem mais de um. Contudo, ainda viabiliza o estudo da textura da rocha definindo o tamanho da partícula necessária para a libertação do mineral de interesse dos minerais da ganga e define diversas propriedades físicas e químicas destes minerais, gerando informações potencialmente úteis na definição das rotas de processamento. (LUZ, et.al 2004).

O rejeito da scheelita é um composto predominantemente cerâmico formado pelos minerais calcita e quartzo, onde seus óxidos mais abundantes são Ca (40,33%), Si (30,91%), Fe (11,59%), Al (10,10%), Ti (1,12%), K (1,05%); os óxidos de Mn, S, W, Sr e outros óxidos somam 2,61%. (PAIVA, 2013).

A predominância de uma elevada quantidade de calcita contida nesses rejeitos, torna-os bastante viáveis para a indústria de cimento, na produção cal virgem, indústria de papel, indústria de vidro, de cerâmica, etc. (FERNANDES, 2011).

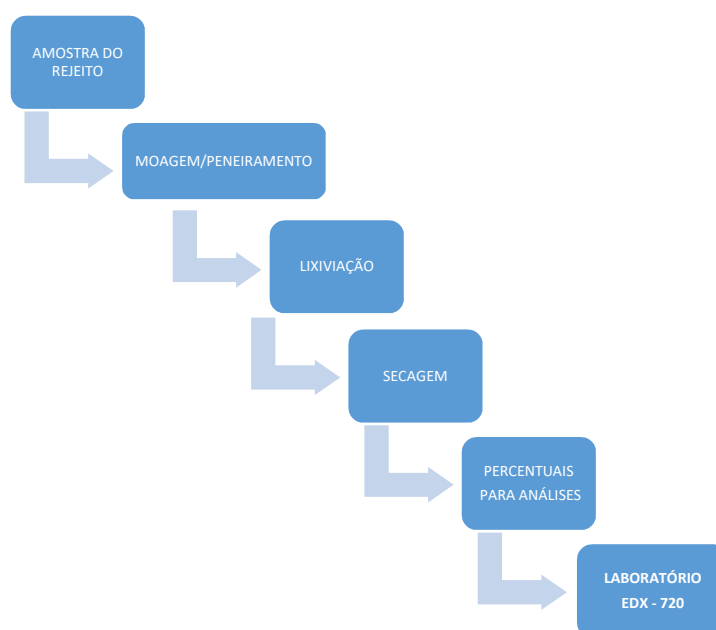
Uma pesquisa realizada com rejeitos do porcelanato e da Scheelita para aplicações em isolantes térmicos concluiu que o uso do resíduo da produção de Scheelita é viável, devido aos parâmetros de durabilidade (absorção de água e índice de vazios), da sustentabilidade, e dos valores de resistências do concreto. Como exemplo, temos a substituição do agregado miúdo pelo resíduo da produção de Scheelita na composição do concreto de cimento Portland, projeto desenvolvido com a finalidade de promover uma destinação correta e sustentável para o novo agregado.

Diante disso, o objetivo deste trabalho visa à caracterização de uma amostra do rejeito proveniente do beneficiamento da Scheelita obtida numa mineração localizada no município de Currais Novos/RN. Atualmente, surge uma preocupação de como garantir um desenvolvimento sustentável para as gerações futuras através de alternativas que colaborem com o meio ambiente. Sendo assim, a importância do desenvolvimento deste trabalho está em realizar uma alternativa de reaproveitamento de rejeito, além de mostrar resultados de análises e classificações concluídas relevantemente, e que geram informações essenciais e necessárias sugerindo propostas para novas descobertas com materiais de interesse que foram identificados durante a abordagem do estudo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A amostra estudada é um rejeito proveniente do processo de beneficiamento de Scheelita de uma mina da cidade de Currais Novos. A amostra coletada foi moída e peneirada. Após estas etapas, a amostra foi adicionada ao H_2SO_4 e encaminhada para o processo de lixiviação a $80^\circ C$ utilizando um agitador magnético C-MAG, HS7. Em seguida, a amostra foi parcialmente seca em estufa a $80^\circ C$ por 24 horas e depois encaminhada para o Laboratório de Processamento Mineral e de Resíduos do Instituto Federal do Rio Grande do Norte - Natal Central para realização das análises químicas.

Figura 1 – Fluxograma das etapas do procedimento analítico realizado neste trabalho



Fonte: Elaboração própria em 2019.

2.1 PROCESSO DE MOAGEM E PENEIRAMENTO

A moagem é a operação de fragmentação fina obtendo-se nesta um produto adequado à concentração ou a qualquer outro processo industrial (pelotização, calcinação, lixiviação, combustão etc). A importância da operação de fragmentação pode ser percebida em toda a sua magnitude, se for destacado o fato que a maior parte da energia gasta no processamento de minérios é absorvida pela fragmentação. (FIGUEIRA, LUZ e ALMEIDA, 2010)

A amostra foi moída através de um moinho de bolas para obtenção do material com granulometria desejável. Como o material está associado a outras substâncias e impurezas se torna necessário recorrer ao peneiramento para obter uma melhor distribuição de partículas e desta forma obter o material desejável.

A granulometria desejada foi obtida através das técnicas de peneiramento utilizando uma peneira de 200 mesh. O material obtido foi em torno de 150 g a partir do peneiramento de 1 kg de amostra bruta cedida pela mina.

Fotografia 1 – Moagem do rejeito da Scheelita



Fotografia 2 – Peneiramento do rejeito da Scheelita



Fonte: Elaboração própria em 2019.

Fonte: Elaboração própria em 2019.

Figueira; Luz e Almeida (2010) demonstram que o tamanho ótimo de partícula, para qualquer processo de lixiviação, é determinado pelos benefícios que podem ser obtidos com a aceleração do processo extrativo. Entretanto, para a análise devem também ser ponderados os aspectos econômicos, em especial, o Índice de Trabalho de Bond (WI - Bond Working Index), que, se refere ao trabalho necessário, e a energia consumida (kWh/t), para reduzir o tamanho das partículas da amostra mineral, desde seu tamanho inicial, até uma granulometria 80% passante em peneira de 100 μm .

2.2 LIXIVIAÇÃO

Neste estudo, a decomposição da Scheelita foi feita com ácido sulfúrico através da reação: $\text{CaWO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{H}_2\text{WO}_4 + \text{CaSO}_4$.

Este processo apresenta as vantagens de ser o H_2SO_4 menos volátil, menos corrosivo e mais barato que o ácido clorídrico, por exemplo. Em contrapartida, enquanto que, no tratamento com HCl, o cloreto de cálcio formado fica em solução e pode ser separado facilmente por decantação, no tratamento com ácido sulfúrico, o sulfato de cálcio formado precipita-se junto com o ácido tungstíco. Por ser um óxido complexo, o tratamento alcalino da Scheelita (CaWO_3), é feito através da solubilização do seu óxido ácido (WO_3), enquanto que a abertura por via ácida se dá pela dissolução do seu óxido básico (CaO). O primeiro processo apresenta a vantagem da solubilização direta do tungstênio, ao passo que, no tratamento por via ácida, o tungstênio precipita-se sob a forma de ácido tungstíco. (OLIVEIRA, 1972).

Fotografia 3 – Rejeito no agitador magnético para lixiviação



Fonte: Elaboração própria em 2019.

A determinação e quantificação mineralógica da amostra bruta, das amostras peneiradas e lixiviadas foram feitas utilizando um Espectrômetro de Fluorescência de Raios X por Energia Dispersiva (EDX-720 - Shimadzu). Foram obtidos os valores quantitativos dos óxidos de metais presentes nas amostras.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A composição química das amostras de Scheelita lixiviadas neste trabalho são apresentadas nas Tabelas 1, 2, 3, 4 e 5.

Tabela 1 – Material bruto (sem passar pela lixiviação)

Óxidos	Porcentagem
CaO	69,008 %
SiO ₂	17,429 %
Fe ₂ O ₃	6,446 %
Al ₂ O ₃	4,366 %
SO ₃	0,822 %
K ₂ O	0,591 %
TiO ₂	0,499 %
SrO	0,406 %
MnO	0,356 %
WO ₃	0,060 %
ZnO	0,018 %

Fonte: Elaboração própria em 2019.

A análise química permite detectar os diferentes elementos químicos presentes no material e em determinadas circunstâncias permite quantificá-los; detecta elementos químicos presentes em concentrações muito reduzidas. As identificações, em termos percentuais, dos elementos presentes nas amostras são representadas nas respectivas tabelas.

A caracterização química das amostras do pré concentrado do rejeito mostra que os principais óxidos presentes é o Óxido de Cálcio (CaO). E que houve um aumento significativo logo após as primeiras 24 horas de lixiviação na identificação do SO₃, o que corresponde a mais de 75 % do total dos compostos apresentados, indicando que os minerais mais importantes em quantidade deve ser a calcita e o óxido sulfúrico.

Tabela 2 - Análise semi-quantitativa de EDX da Amostra mineral após 24 horas de lixiviação

Óxidos	Percentagem
SO ₃	48,947%
CaO	39,800%
SiO ₂	4,576%
Fe ₂ O ₃	2,577%
P ₂ O ₅	1,812%
Al ₂ O ₃	1,319%
K ₂ O	0,265 %
TiO ₂	0,206 %
ZnO	0,171 %
MnO	0,164 %
SrO	0,162 %

Fonte: Elaboração própria em 2019.

Analisando a tabela 2 e comparando com a tabela 1, pode-se observar que a diferença de tempo e reação promove a decomposição do WO₃ após as primeiras 24 horas de lixiviação. Os dados coletados identificam a diminuição significativa do Óxido de Cálcio (CaO) e uma elevação de SO₃, tornando a classificação relevante.

Tabela 3 - Análise semi-quantitativa de EDX da Amostra mineral após 48 horas de lixiviação

Óxidos	Percentagem
SO ₃	49,687 %
CaO	37,185 %
SiO ₂	5,538 %
Fe ₂ O ₃	3,636 %
P ₂ O ₅	1,764 %
Al ₂ O ₃	1.165 %
K ₂ O	0,296 %
TiO ₂	0,262 %
SrO	0,231 %
MnO	0,227 %
ZrO ₂	0,010 %

Fonte: Elaboração própria em 2019.

A tabela 3 mostra que os resultados obtidos neste processo apresentam uma certa estabilidade na identificação de SO₃ e CaO, após 48 de lixiviação e quando comparado ao processo anterior (24 horas de lixiviação).

Tabela 4 - Análise semi-quantitativa de EDX da Amostra mineral após 72 horas de lixiviação

Óxidos	Porcentagem
SO ₃	42,039 %
CaO	37,159 %
SiO ₂	9,929 %
Fe ₂ O ₃	6,226 %
Al ₂ O ₃	1,698 %
P ₂ O ₅	1,529 %
TiO ₂	0,523 %
K ₂ O	0,402 %
MnO	0,343 %
SrO	0,136 %
ZrO ₂	0,017 %

Fonte: Elaboração própria em 2019.

Pode-se perceber, na tabela 4, que o CaO se mantém estável após 72 horas de lixiviação, mas o SO₃ diminui sua predominância durante este ensaio, enquanto o SiO₂ apresenta uma elevação significativa comparado ao início do processo de lixiviação.

Tabela 5 - Análise semi-quantitativa de EDX da Amostra mineral após 96 horas de lixiviação

Óxidos	Porcentagem
SO ₃	50,377 %
CaO	34,278 %
SiO ₂	7,802 %
Fe ₂ O ₃	4,534 %
P ₂ O ₅	0,946 %
Al ₂ O ₃	1,202 %
K ₂ O	0,296 %
MnO	0,292 %
SrO	0,185 %
ZrO ₂	0,022 %
WO ₃	0,050 %
CuO	0,015 %

Fonte: Elaboração própria em 2019.

Alguns minerais oxidados são bastante solúveis, portanto, não requerendo um agente oxidante para sua lixiviação. Para melhores resultados, a extração e a dissociação de minerais de se torna melhor realizada, tão somente, com emprego de uma solução ácida que, por simples contato com a estrutura mineral, promove a liberação do metal em solução.

As amostras de rejeito apresentam principalmente o mineral calcita. O composto de maior importância, denominado trióxido de oxigênio- WO₃ apresentou uma porcentagem muito baixa (0,050%), reaparecendo apenas após 96 horas de lixiviação, como mostra a tabela 5. Apesar de que o resultado já era esperado por ser oriundo de rejeito do processo de beneficiamento da Scheelita. Analisando os dados expostos na tabela 1 e na tabela 2 é possível verificar que houve uma perda expressiva de quartzo - SiO₂. E como mostra a tabela 4 um pequeno aumento após 72 horas de lixiviação.

As demais concentrações dos elementos químicos presentes em concentrações muito reduzidas estão relacionadas com a proveniência dos minerais.

Por meio desse resultado observou-se a predominância de calcita e do quartzo, seguidos respectivamente por óxido sulfúrico e hematita.

A análise demonstra que podem acontecer algumas colocações de picos de diferentes elaborações. Neste caso, existe uma inviabilidade na identificação de substâncias menores. Sobretudo, a identificação dos compostos não coloca qualquer dúvida sob a possibilidade da presença dos mesmos na amostra.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os recursos utilizados durante o processo dos ensaios e análises representa alguns dos métodos laboratoriais a que se tem recorrido no âmbito do estudo e caracterização, sendo que para maior desenvolvimento da caracterização são empregados outros métodos, facilitando a interpretação dos resultados experimentais obtidos conferindo maior credibilidade dentre as conclusões obtidas.

Os resultados da análise feitas por EDX revelam altos teores de CaO e SO₃, indicando uma grande concentração de Calcita e Quartzo e uma diminuição percentual de WO₃ encontrado após 72 horas de lixiviação, quando comparado ao material de rejeito da massa inicial. O rejeito apresenta predominância de partículas finas, apresentando maiores teores de WO₃ nas frações menores.

A partir desta caracterização do rejeito de Scheelita é possível desenvolver alternativas para o aproveitamento do WO₃ a partir de processos físico-químicos, e dos demais óxidos identificados nesta pesquisa.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, F.L.M – **Perfil Analítico do Tungstênio**. Ministério das Minas e Energia, DNPM, Rio de Janeiro, 1973.

FERNANDES, B. B.; MACHADO, A.O.; LEITE, J. Y. Lixiviação de scheelita – uma revisão do estado da arte. *In: IV CONGRESSO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA REDE NORTE DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA*, 2013, Belém. **Anais...** Belém: Instituto Federal do Pará, 2009.

FERNANDES, Bruno Rodrigo Borges. **Aproveitamento dos finos de scheelita**: utilizando concentração centrífuga e lixiviação ácida. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) - Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2011.

FIGUEIRA, Heda Vargas O; LUZ, Adão Benvindo da; ALMEIDA, Salvador Luiz Matos de. **Britagem e moagem**. Rio de Janeiro: Cetem, 2010.

GERAB, André Tabosa Fernandes de Santa Cruz. **Utilização do resíduo grosso** do beneficiamento da scheelita em aplicações rodoviárias. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2014.

GODEIRO, Maria Luiza da Silva; LEITE, José Yvan Pereira. Caracterização de pré-concentrado do rejeito de scheelita da mina Brejuí em concentrador centrífugo. **Holos**, Natal, v. 5, p. 81-90, 2010.

LEITE, J. Y. P.; ARAÚJO, F. S. D.; SANTOS, E. P. Análise das Plantas de Concentração de Scheelita no Estado do RN. *In: II Jornada Nacional da Produção Científica em Educação Profissional e Tecnológica*, 12, 2007. São Luiz. **Anais...** Brasília: Ministério da Educação, 2007. p. 135.

LIMAVERDE, J. A. **O Setor mineral do nordeste.** (Série Estudos Econômicos e Sociais, v. 8) Fortaleza, 1979.

LUZ, A. B.; SAMPAIO, J. A.; ALMEIDA, Salvador L. M. **Tratamento de minérios.** 4.ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2004.

MACHADO, Tercio Graciano. **Estudo da adição de resíduo da scheelita em matriz cerâmica:** formulação, propriedades e microestrutura. 2012. Tese (Doutorado em Engenharia de Materiais) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2012.

OLIVEIRA, J. F. **Cinética da lixiviação da scheelita:** por ácido clorídrico. 1972. Tese (Mestrado em Engenharia Materiais e de Processos Químicos e Metalúrgicos) – Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro, 1972.

PAIVA, Emanuel Henrique Gomes. **Avaliação do concreto de cimento Portland:** com resíduo da produção de scheelita em substituição ao agregado miúdo. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade do Rio Grande do Norte, Natal, 2013.

SANTANDREA, T.C.S. Caracterização e concentração por flotação de scheelita proveniente de um rejeito. *In: XXVI ENCONTRO NACIONAL DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS E METALURGIA EXTRATIVA*, 3, 2015, Poço de Caldas. **Anais...** Rio de Janeiro: Centro de Tecnologia Mineral, 2015. p. 374.

BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. Sumário: mineral do tungstênio: Brasília. DNPM SEDE, 2014. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/dnpm/sumarios/tungstenio-sumario-mineral-2014>

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente a Deus pelas oportunidades concedidas em minha vida.

Ao IFRN, por me proporcionar uma altíssima qualidade de educação e ensino.

Ao Prof. Dr. Cleonilson Mafra Barbosa, pela excelente orientação, por todo suporte e dedicação.

Aos colegas da turma da especialização, pela convivência e pelo compartilhamento de aprendizado.