

ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA DE UMA JAZIDA PARA OBTENÇÃO DE FELDSPATO À PARTIR DE ROCHA QUARTZO-FELDSPÁTICA NO MUNICÍPIO DE ORLEANS - SC

Alexandre Eduardo Fauth¹

Guilherme Silva de Souza²

Resumo: Este trabalho apresenta os resultados do estudo de viabilidade técnica para a obtenção de feldspato a partir de uma rocha quartzo-feldspática no município de Orleans (SC); refere-se a uma rocha granítica pertencente a Suíte Intrusiva Pedras Grandes, especificamente o Granito Imaruí-Capivari. Trata-se de uma nova alternativa de fundente para aplicação em produtos cerâmicos, com ênfase em grés porcelanato. A pesquisa e o desenvolvimento do referido produto são justificados por uma carência identificada por matérias-primas fundentes para as indústrias do sul do Estado de Santa Catarina e, também, o custo elevado para trazer de outros Estados, principalmente do nordeste brasileiro devido ao elevado valor do frete. Fez parte deste estudo a realização do mapeamento geológico, a prospecção mineral, a pesquisa mineral através de sondagens e trincheiras, lavra experimental, beneficiamento industrial (moagem e separação magnética) e ensaios de laboratório (análises químicas e cones de fusão). O produto gerado com o beneficiamento da rocha granítica foi comparado a um feldspato vindo do nordeste brasileiro e consumido nas indústrias da região sul do Estado, apenas sob o ponto de vista físico, através das análises dos cones de fusão, ou seja: cor, brilho e retração (comportamento em relação a fusão). A realização deste trabalho veio ao encontro da necessidade de uma empresa da região (detentora deste título minerário) que trabalha com minerais industriais, a qual não possui feldspato no seu portfólio de matérias-primas, sendo esta, a responsável pelo investimento neste projeto. Dessa forma, de acordo com os resultados obtidos a partir dos ensaios de beneficiamento, foi possível afirmar que é possível gerar um fundente rico em feldspato a partir da rocha granítica em questão, com qualidade suficiente para aplicação em revestimentos cerâmicos, ressaltando ainda a redução dos custos de transporte do produto em razão da localização da jazida em relação às indústrias cerâmicas catarinenses.

Palavras-chave: Feldspato. Pesquisa mineral. Viabilidade. Jazida.

Abstract: This work presents the results of the technical feasibility study for obtaining feldspar from a quartz-feldspathic rock in the municipality of Orleans (SC); refers to a granitic rock belonging to the Pedras Grandes Intrusive Suite, specifically the Imaruí-Capivari Granite. It is a new flux alternative for application in ceramic products, with emphasis on porcelain stoneware. The research and development of the referred product are justified by a lack identified by melting raw materials for the industries of the south of the State of Santa Catarina and, also, the high cost to bring from other

¹ Graduando em Engenharia de Minas. E-mail: alexandre.fauth@yahoo.com

² Professor do Centro Universitario UniSATC. E-mail: guilherme.souza@satc.edu.br

States, mainly from the Brazilian northeast due to the high cost of freight. Geological mapping, mineral prospecting, mineral research through drilling and trenches, experimental mining, industrial processing (grinding and magnetic separation) and laboratory tests (chemical analyzes and melting cones) were part of this study. The product generated with the improvement of the granitic rock was compared to a feldspar coming from the Brazilian northeast and consumed in the industries of the southern region of the State, only from the physical point of view, through the analysis of the melting cones, that is: color, brightness and retraction (behavior in relation to melting). The realization of this work met the need of a company in the region (holder of this mining title) that works with industrial minerals, which does not have feldspar in its portfolio of raw materials, which is responsible for the investment in this project. Thus, according to the results obtained from the beneficiation tests, it was possible to state that it is possible to generate a flux rich in feldspar from the granitic rock in question, with sufficient quality for application in ceramic coatings, also emphasizing the reduction of product transport costs due to the location of the deposit in relation to the ceramic industries in Santa Catarina.

Keywords: Feldspar. Mineral search. Viability. Deposit.

1 INTRODUÇÃO

A indústria da mineração é um dos segmentos que exige um aporte financeiro inicial considerável em seus projetos e trâmites burocráticos, sendo considerado como um investimento de risco. Demanda o desembolso de enormes quantias destinadas ao descobrimento, identificação, delimitação e estudos de viabilidade técnica e econômica das jazidas minerais, além de investimentos vultuosos em usinas de beneficiamento.

O presente estudo apresenta dos resultados do estudo para a obtenção de feldspato a partir de uma rocha quartzo-feldspática no município de Orleans (SC). A rocha fonte do feldspato objeto deste trabalho está inserida na Suíte Intrusiva Pedras Grandes, especificamente o Granito Imaruí-Capivari. Este estudo se limitou a obtenção do mineral feldspato com qualidade para aplicação na indústria cerâmica de revestimentos. O estudo foi desenvolvido entre os anos de 2021 e 2022.

O objetivo deste trabalho veio ao encontro da necessidade de uma empresa da região, detentora do título minerário, que trabalha com minerais industriais e que não possuía feldspato no portfólio de seus produtos.

A demanda identificada no mercado tem relação com a produção de massas porcelanizadas como o grés porcelanato, louça de mesa e louça sanitária. A

carência identificada nestes mercados, levou esta empresa a investir na pesquisa deste jazimento potencial.

Para viabilizar o conhecimento das características deste possível jazimento foram realizados os seguintes estudos: mapeamento geológico, prospecção mineral, a pesquisa mineral através da realização de sondagens e confecção de trincheiras, lavra experimental, beneficiamento industrial (moagem e separação magnética), ensaios de laboratório (análises químicas e cones de fusão). O produto gerado através deste estudo foi comparado a uma amostra de feldspato vindo do nordeste brasileiro e que é consumido nas indústrias cerâmicas do sul do Estado de Santa Catarina, apenas sob o ponto de vista físico, através das análises dos cones de fusão, ou seja: cor, brilho e retração (comportamento em relação a fusão).

Este estudo mostra, também, os resultados obtidos nos trabalhos de campo, laboratório, a qualidade alcançada do produto e a reserva mineral.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 FELDSPATO

Os feldspatos são um dos minerais mais comuns na Terra.

Os feldspatos são um grupo de minerais cuja composição química é descrita pela fórmula $(K,Na,Ca)(Si,Al)_4O_8$. São silicatos de alumínio com diferentes proporções de cálcio, potássio, sódio e ocasionalmente silício. Ocorrem em rochas graníticas e são os principais minerais dos pegmatitos. (PEREIRA Jr., 2013).

Existem duas séries de soluções sólidas de minerais feldspatos: feldspatos alcalinos (potássicos, representados pelo ortoclásio e microclínio) e feldspatos plagioclásios (sódicos, representados pela albita e cálcicos, representados pela anortita) A **Figura 1** mostra o gráfico com as séries dos feldspatos.

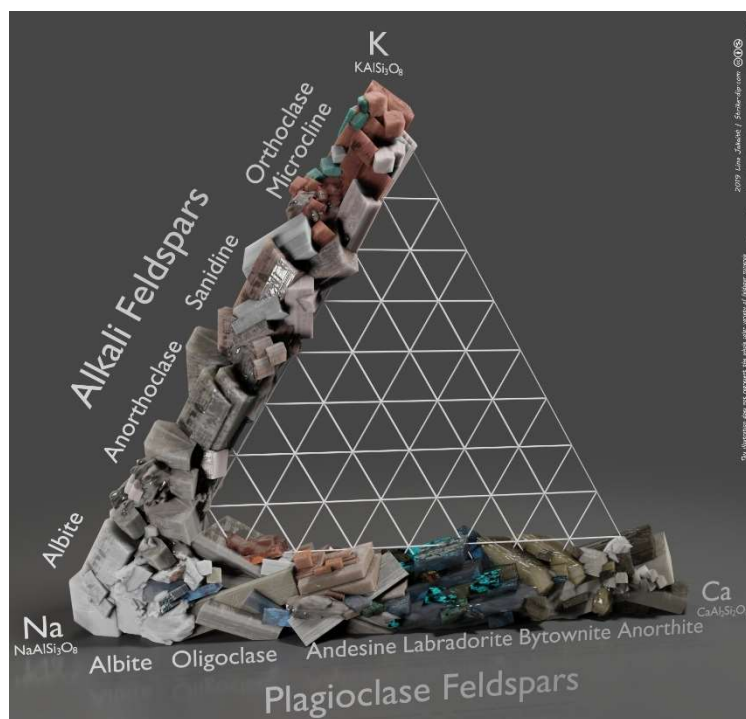


Figura 1 – Gráfico da série dos feldspatos. Ilustração de Lina Jakaitė.

Características básicas dos feldspatos:

- Densidade: 2,5 a 2,7
- Cores: branco, cinza, róseo
- Dureza: 6 a 6,5 (escala Mohs)
- Sistema de cristalização: monoclinico, triclinico
- Aspecto ótico: translúcido a transparente (raramente)
- Clivagem: perfeita em duas direções (ângulos de 90°)

Os feldspatos constituem um grupo importantíssimo de minerais formadores de rochas e que apresentam interessantes variações estruturais e químicas. Alguns deles são componentes insubstituíveis em certas misturas com outros minerais utilizados no fábrica de importantes e indispensáveis materiais de uso corrente. (VELHO, 2005 apud SOUZA, 2017).

Os tipos comerciais de feldspatos de potássio devem conter, pelo menos, 10% K₂O e os de sódio 7% Na₂O. As indústrias de vidro e de cerâmica são as principais consumidoras. Essas demandam especificações físicas e químicas e um certo grau de uniformidade no suprimento do produto. (HARBEN, 1994 apud LUZ e LINS, 2008).

No Brasil, até o momento, os pegmatitos e rochas graníticas são a principal fonte de feldspato (LUZ e LINS, 2008).

2.2 MERCADO E RESERVAS

As indústrias de cerâmica e vidro são os principais consumidores de feldspato no Brasil (**Figura 2**). Na indústria cerâmica o feldspato atua como fundente (diminuindo a temperatura de fusão) e fonte de SiO_2 (sílica). Na fabricação de vidros o feldspato é utilizado como fundente e fonte de alumina (Al_2O_3), álcalis (Na_2O e K_2O) e sílica (SiO_2). O feldspato é também usado como carga mineral nas indústrias de tintas, plásticos, borrachas e abrasivos leves, e como insumo na indústria de eletrodos para soldas. O consumo de feldspato na indústria de vidro vem diminuindo devido ao uso de produtos substitutos e ao aumento da reciclagem. (LIRA e NEVES, 2013).

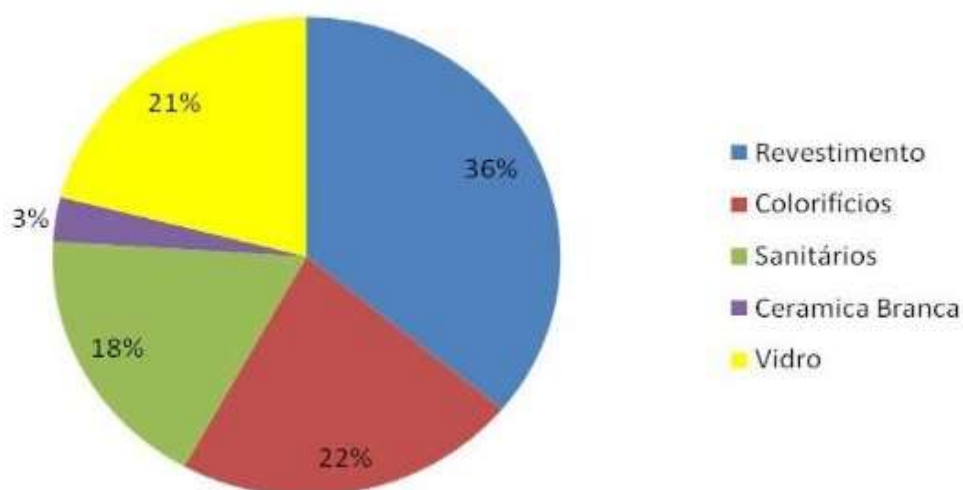


Figura 2 – Consumo de feldspato no Brasil-2006. Fonte: Coelho e Cabral Jr. (2007).

No Brasil, a reserva medida é da ordem de 145 milhões de toneladas, distribuída entre os estados de Minas Gerais (28%), Santa Catarina (24%), São Paulo (21%), Rio Grande do Norte (15%), Paraná (7%), Bahia (3%), Espírito Santo (1%), Paraíba (1%), Ceará, Tocantins e Rio de Janeiro apresentam produções ínfimas, indicadas no gráfico da **Figura 3** (RIBEIRO, 2019).

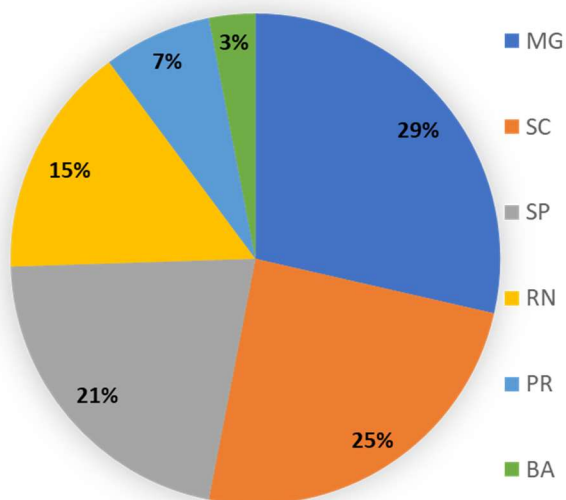


Figura 3 – Distribuição das reservas no Brasil. Do autor, baseado em RIBEIRO, 2019.

2.3 GEOLOGIA

Para o presente estudo o foco de interesse como fonte de feldspato são os granitos, em especial o Granito Imaruí-Capivari.

A região onde está localizada a área do estudo é constituída por rochas do Grupo Itararé e por corpos graníticos, além de depósitos sedimentares cenozóicos, como se observa no Mapa Geológico Regional da **Figura 4** (Carta Geológica de Criciúma 1:250.000, CPRM, 2000) e na coluna estratigráfica regional (**Quadro 1**).

Quadro 1 - Coluna estratigráfica regional. Fonte: autor (2022).

Idade	Unidades		Principais litotipos
Quaternário	Qha		Depósitos Aluvionares e de Retrabalhamento Fluvial: areias e lamas, eventualmente cascalheiras, que preenchem as calhas dos rios e suas planícies de inundação.
Tércio-Quaternário	TQI		Depósitos de Leques Aluviais: cascalhos, areias e lamas resultantes de processos de fluxos gravitacionais e aluviais.
Mesozóico	Ksg (Formação Serra Geral)		Derrames basálticos, soleiras e diques de diabásio.
Paleozóico	Prs (Grupo Itararé)		Formação Rio do Sul - folhelhos e siltitos cinza-escuros a pretos, diamictitos e conglomerados, ritmitos, varvitos, com seixos pingados e arenitos muito finos a médios.
Neo-Proterozóico	Suíte Pedras Grandes	Granitos Tardi a Pós-Transcorrentes	Granito Imaruí-Capivari (Ni) - sieno e monzogranitos.

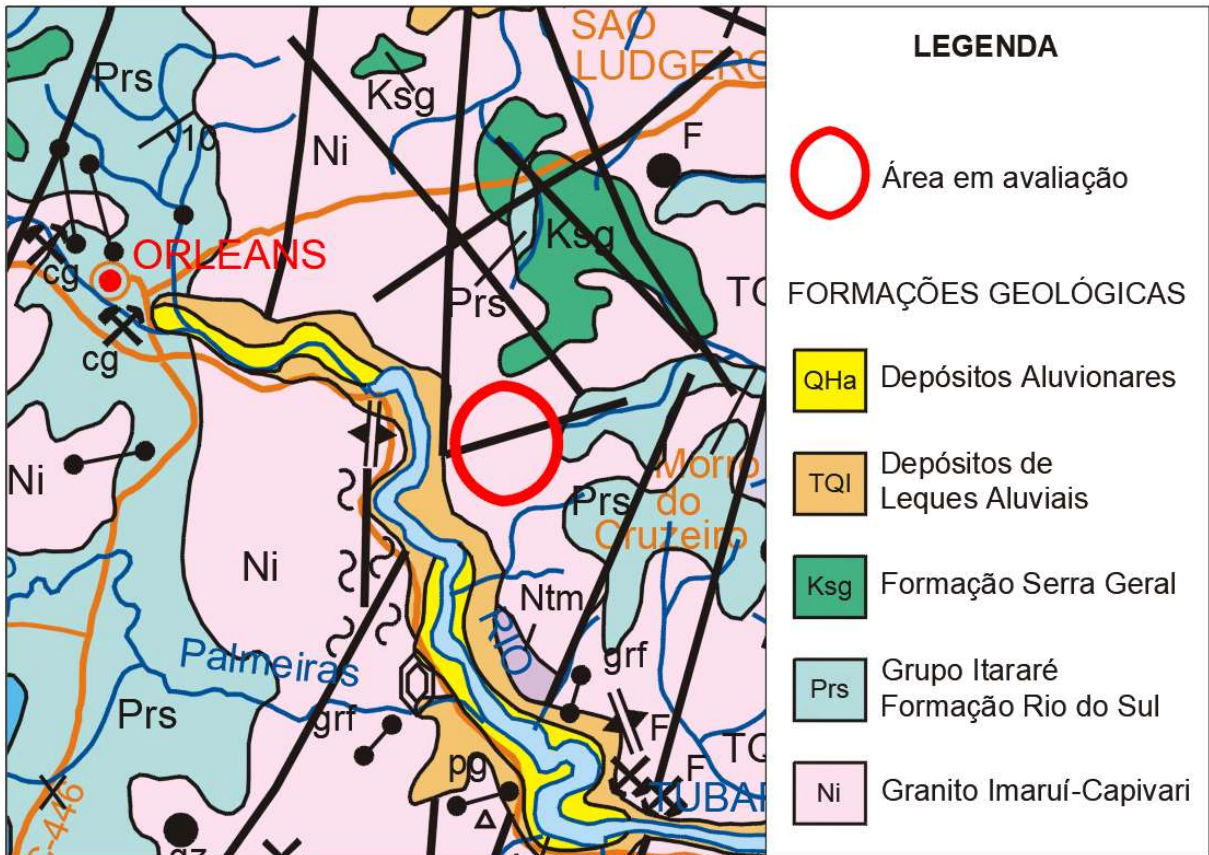


Figura 4 – Mapa Geológico Regional. Fonte: Carta Geológica Criciúma, CPRM, 2000.

Para o presente estudo, da geologia regional apresentada, será detalhada apenas a descrição do corpo granítico Imaruí-Capivari, foco desta avaliação.

A descrição geológica do Granito Imaruí-Capivari consta na Carta Geológica da Folha Criciúma (CPRM, 2000): Sieno e monzogranito, cor cinza a rosa, frequentemente leucocráticos com biotita (desde < 5% até 10%). Porfíricos, grossos a médios, às vezes pegmatóides, com abundantes fenocristais de feldspato alcalino (1cm a 5cm e com teor em volume de 30% a 80%) predominantes, quase sempre, sobre uma matriz quartzo-feldspática média a grossa. Mineralogia indicativa da rocha metaluminosa com biotita (rara hornblenda) e os acessórios allanita e titanita, além de apatita, zircão, fluorita e opacos. Textura rapakivi muito rara. Deformação protoclástica e fluxo ígneo pouco marcante ocorre de modo localizado. Enclaves máficos pouco frequentes. Contatos transicionais, localmente bruscos.

2.4 PROSPECÇÃO E PESQUISA MINERAL

A exploração mineral é o início de uma grande cadeia de produção. Porém, para chegar à fase de produção, é necessário ter uma mina. E para ter uma mina, é necessário primeiro descobrir, qualificar, quantificar e viabilizar economicamente um depósito mineral.

Segundo RAGGI (2013), a descoberta de um depósito mineral viabiliza a implantação de uma produção gerando produtos para a indústria de transformação e de insumos que sustentam nossa civilização. Visa suprir a demanda sempre crescente de insumos minerais pela sociedade.

ALENCAR (1999) cita que, para a empresa de mineração que explora recursos minerais, a descoberta ou a obtenção de uma nova jazida mineral é um fato econômico da maior importância, podendo ser considerado o maior evento desta indústria, já que a jazida mineral é o ativo que viabiliza a existência da companhia.

Segundo Bettencourt et al (2003), pesquisa mineral significa a execução de uma sequência contínua de atividades que possibilitam a descoberta de novos depósitos e recursos minerais. A **Tabela 1** mostra esta sequência.

Tabela 1 – Etapas de um projeto de mineração. Fonte: NERY (2008).

Etapas	Fases	Procedimentos	Resultado
Prospecção	Estudos Preliminares	Análises dos Ambientes Geológicos	Seleção de Província Mineral
	Reconhecimento Geológico	Métodos Aéreos indiretos e prospecção geoquímica	Alvo Selecionado
Pesquisa Mineral	Exploração	Mapeamento Geológico	Ocorrência Mineral
	Delineamento	Controle da Mineralização	Depósito mineral
	Avaliação	Quantificação e Caracterização Tecnológica	Jazida Mineral
Lavra	Projeto e Desenvolvimento	Planejamento de Lavra e Preparação das Frentes	Abertura da Mina
	Exploração	Produção do Minério	Mina em Atividade
Descomissionamento de Mina	Desativação	Operações de Desmobilização da Lavra	Fim da Atividade e Recuperação Ambiental
	Fechamento	Recuperação Ambiental	Liberação da área da mina para outros fins

A exploração mineral tem, em sua fase inicial, um alto risco, porém, à medida em que avança nas suas etapas de detalhamento e avaliações, passa a se aproximar do lastro que é o depósito mineral (RAGGI, 2013).

2.5 LAVRA

A etapa posterior à pesquisa e definição do depósito é a lavra ou exploração.

A lavra engloba todo o conjunto de operações unitárias de aproveitamento da jazida. Corresponde à quarta fase da mineração (as anteriores são a prospecção, a exploração e o desenvolvimento) e é alternativamente chamada de exploração. Denomina-se método de lavra a sistematização e coordenação das várias operações unitárias visando ao aproveitamento de uma jazida mineral. (CURI, 2017).

2.6 BENEFICIAMENTO

A etapa final de um projeto de mineração é o beneficiamento ou tratamento do minério. É nesta fase que se concentra o produto final de toda a operação.

Tratamento ou Beneficiamento de Minérios consiste de operações – aplicadas aos bens minerais – visando modificar a granulometria, a concentração relativa das espécies minerais presentes ou a forma, sem, contudo, modificar a identidade química ou física dos minerais. (LUZ et al, 2010).

O beneficiamento ou tratamento do minério bruto (com frequência denominado ROM, de “*run-of-mine*”) procedente da etapa de lavra de uma mina, engloba diversas operações unitárias, que podem ser assim classificadas: cominuição, peneiramento/classificação, concentração, desaguamento, secagem, disposição de rejeitos. (LUZ et al, 2010).

3 TRABALHOS EXECUTADOS

O presente capítulo apresenta os diversos trabalhos realizados para a definição da jazida/depósito mineral e os dados e elementos obtidos durante os levantamentos de campo, lavra e beneficiamento.

3.1 LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO

Para o levantamento topográfico foi utilizado a técnica VANT (veículo aéreo não-tripulado) para o imageamento, obtenção da planialtimetria e modelo digital do terreno (MDT), resultando em um mapa planialtimétrico com curvas espaçadas de 1 metro em 1 metro. Os levantamentos das áreas de pesquisa de detalhe foram realizados por meio de equipamentos RTK/GNSS.

3.2 MAPEAMENTO GEOLÓGICO

Foi realizado o reconhecimento geológico da área em escala 1:4.000 através de caminhamentos em estradas, trilhas, drenagens, picadas e qualquer outra via que desse acesso ao interior da área, marcando-se os pontos de afloramento com GPS para amarração georreferenciada.

Foram descritos os afloramentos e feições de importância no auxílio à compreensão da geologia local, assim como foram coletadas amostras para análises químicas e físicas. Os trabalhos são exemplificados nas fotos da **Figura 5**.

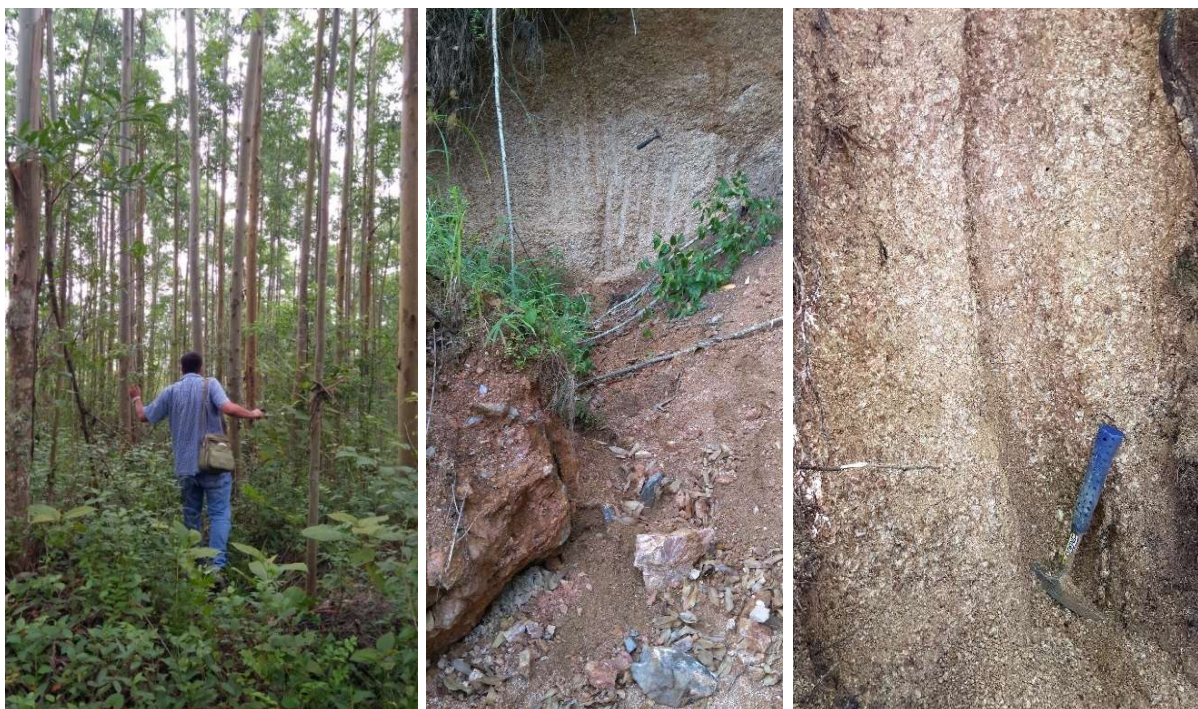


Figura 5 – Trabalhos de mapeamento, caminhamentos, limpeza e exposição de afloramentos.

3.3 FUROS A TRADO

Para melhor caracterização da área e não se prendendo somente à amostragem das ocorrências superficiais, como forma de investigar a subsuperfície utilizou-se o método de perfuração a trado manual e trado mecanizado.

Foram realizadas 44 perfurações de pesquisa na área. A **Tabela 2** mostra alguns furos realizados.

Tabela 2 – Exemplo da tabela com dados das perfurações à trado manual.

Furo	X	Y	Z	Prof. (m)	Feldspato			Amostra
					De	Até	Total (m)	
F-001	673730,000	6859045,000	342,00	5,0	0,3	5	4,7	
F-002	673725,000	6858960,000	326,00	4,0	0,2	4	3,8	AM-001
F-003	673570,000	6859040,000	298,00	6,0	0,4	6	5,6	
F-004	673570,000	6858950,000	290,00	5,0	0,5	5	4,5	AM-002
F-044	673630,333	6858717,555	278,75	2,7	0,7	2,7	2	

As pesquisas com trado consistiram em perfurações de cerca de 2,5” de diâmetro e profundidade variável. A função deste tipo de investigação é indicar a espessura de capeamento (material estéril), a espessura penetrável de minério e coletar amostras para análises. As fotos da **Figura 6** mostram os diferentes métodos.



Figura 6 – Perfurações a trado manual e mecanizado, respectivamente.

3.4 TRINCHEIRAS

Foram executadas trincheiras para determinação da espessura do solo e, principalmente, das características das ocorrências de feldspato, a profundidade e extensão da mineralização, assim como a coleta de amostras para determinação da qualidade do minério.

Foram realizadas trincheiras manuais e mecanizadas (retroescavadeira), totalizando 31 trincheiras/poços.

As trincheiras manuais atingiram profundidades de 1,5m, tendo dimensões variadas, normalmente com largura de 1m e comprimento até 3m.

Exemplos das escavações podem ser observados nas fotos da **Figura 7**.

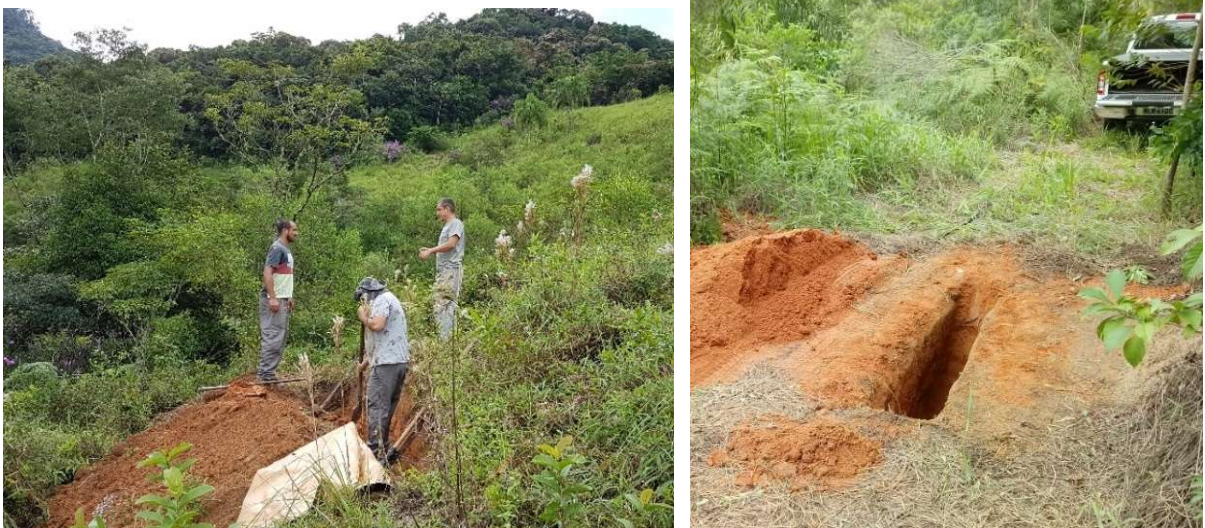


Figura 7 – Trincheiras manuais para investigação e coleta de amostras de minério.

Já as trincheiras mecanizadas apresentaram grandes dimensões, principalmente com relação à profundidade e comprimento, sendo a largura o tamanho da concha da retroescavadeira (80cm). As profundidades variaram de 2 a 6 metros e em comprimento chegaram a atingir 70 metros.

Exemplos das trincheiras podem ser observados nas fotos da **Figura 8**.



Figura 8 – Trancheiras mecanizadas, realizadas com grande extensão e profundidade, para melhor exposição do minério em subsuperfície.

3.5 AMOSTRAGEM

Foram coletadas amostras dos materiais dos diversos tipos de métodos de pesquisa (amostras de afloramentos, dos furos de trado e das trancheiras) e então enviadas para análises químicas. As fotos da **Figura 9** mostram a coleta de amostras.



Figura 9 – Coleta de amostras de minério de feldspato.

As amostras de trado, as coletadas em cortes de estrada/barrancos e as amostras de poços foram tratadas como amostras individuais.

As amostras das trincheiras foram coletadas em intervalos regulares (2m x 2m ou 5m x 5m), conforme homogeneidade do material e comprimento da trincheira.

As amostras dos intervalos foram quarteadas, formando uma amostra composta para cada trincheira, a qual foi enviada para o laboratório para análises químicas e físicas.

Após as coletas, as amostras foram preparadas, acondicionadas em sacos plásticos e identificadas para o envio ao laboratório, conforme mostram as fotos da **Figura 10**.



Figura 10 – Acondicionamento e identificação das amostras para envio ao laboratório.

3.6 ANÁLISES QUÍMICAS E ENSAIOS FÍSICOS

As amostras coletadas foram encaminhadas para laboratório e submetidas a análises químicas (10 óxidos) e análises físicas (granulometria e fusibilidade).

As análises físicas tiveram por objetivo separar as amostras por faixas granulométricas e verificar suas respectivas concentrações de K e Fe, principalmente. Foram utilizadas peneiras com aberturas de 0,5mm, 1mm, 2mm e 4mm, conforme se observa na **Figura 11**.



Figura 11 – Separação do minério por faixas granulométricas.

Após a separação granulométrica, as amostras são preparadas para os ensaios de fusibilidade e composição química, passando por secagem e moagem. A cor do pó resultante da moagem também é um indicativo da qualidade do minério. A **Figura 12** mostra exemplos de material preparado para as próximas análises.



Figura 12 – Amostras preparadas para ensaios de fusibilidade e análises químicas.

O segundo tipo de análise física foi ensaio de fusibilidade, que teve por objetivo verificar a cor de queima e a fundência do material. As fotos da **Figura 13** mostram exemplos de cones de fusão indicando diferentes qualidades de feldspatos.

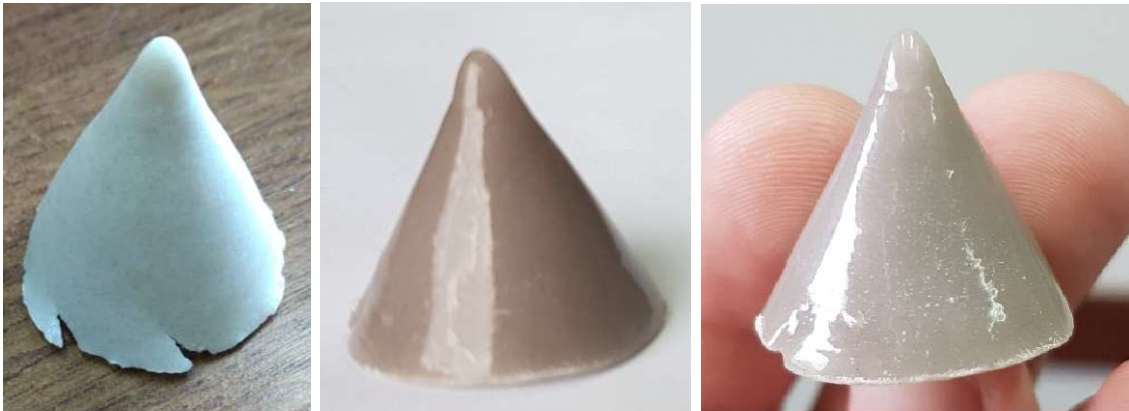


Figura 13 – Exemplo de cones de fusão indicando diferentes qualidades de feldspato.

As análises de composição química foram realizadas pelo método de espectrometria de fluorescência de raios-X (FRX) e visaram identificar as porcentagens, principalmente, dos teores de ferro (Fe_2O_3), potássio (K_2O), sódio (Na_2O), alumínio (Al_2O_3) e sílica (SiO_2).

3.7 LAVRA EXPERIMENTAL

A extração teve por objetivo avaliar o comportamento do minério numa lavra real, extrair certa quantidade de material para enviar ao processamento e mensurar os resultados obtido do feldspato da área.

O desmonte foi realizado por escavação mecanizada, executado a céu aberto, em bancadas, por escavadeira hidráulica, como mostra a foto da **Figura 14**.



Figura 14 – Frente de lavra da extração de feldspato.

3.8 PROCESSAMENTO

O teste de beneficiamento consiste em duas etapas: a inicial, onde foi realizada a separação primária e a concentração do material bruto, e a industrial, onde foram realizados os processos de separação magnética e moagem.

3.8.1 Processamento Primário

Foi realizado um teste de separação e concentração à úmido do feldspato extraído, em processo utilizado por um fornecedor da empresa interessada.

O beneficiamento inicial consistiu na lavagem do minério ROM (*Run of Mine*) em uma lagoa e sucção por meio de draga (**Figura 15**). Esta etapa é importante para retirar parte dos finos, principalmente a fração argila do minério bruto.



Figura 15 – Lavagem do minério bruto, sendo conduzido para a lagoa (separação de finos) e posterior sucção por draga.

Da lagoa o minério é direcionado ao peneiramento por meio da draga. O equipamento consiste em uma peneira fixa inclinada (**Figura 16**), com abertura nominal de 6mm e abertura útil de 4,8mm, devido à inclinação de 38° da peneira.



Figura 16 – Peneira fixa inclinada, utilizada para lavar e separar os grãos de feldspato.

A fração retida na peneira é o minério de feldspato que interessa. A fração passante é o subproduto, que poderá ser destinado ao comércio de areia.

3.8.2 Processamento Industrial

Após esta primeira etapa, o minério retido foi enviado para secagem e então destinado às instalações industriais da empresa interessada para a segunda etapa do beneficiamento, o industrial.

O beneficiamento industrial consiste na seguinte sequência:

- Secagem
- Moagem em moinho de rolo
- Peneiramento
- Separação Magnética
- Moagem

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A pesquisa realizada na área indicou a ocorrência de granito com potencial para fornecimento de minério de feldspato em toda a extensão pesquisada, determinando alvos potenciais com grandes quantidades de material a ser explorado.

Os afloramentos e as trincheiras, principais fontes de observação do minério, mostram um material granítico que pode ser descrito contendo porcentagem de no mínimo 65% de feldspato, conforme mostra o **Quadro 2**.

Quadro 2 – Composição mineralógica macroscópica, com base em amostras de mão.

Mineral	%
Feldspatos (plagioclásios + potássicos)	65
Quartzo	25 a 30
Máficos	5 a 10

Com base nas áreas pesquisadas, nas profundidades das escavações e no material delimitado, foram definidos 5 blocos de cubagem e lavra, com estimativa de recursos medidos de feldspato avaliados em 1.550.000 toneladas (considerando a porcentagem de 65% de feldspatos).

A lavra mostrou-se exequível devido sua simplicidade operacional e condições da jazida.

O beneficiamento primário é bastante simples de ser executado, consistindo basicamente no peneiramento do material, e se mostrou eficiente.

O resultado de todo o processo que incluiu desde a pesquisa mineral, as amostragens, as análises, a lavra e o beneficiamento primário é um minério de feldspato com granulometria acima de 4mm, com baixíssima concentração de finos, conforme se observa nas fotos da **Figura 17**.



Figura 17 – Fotos do minério de feldspato após processo de separação.

A **Tabela 3** abaixo mostra o resultado da análise química do material bruto (coletado no estoque) e do material lavado, assim como uma relação entre as amostras:

Tabela 3 – Comparação da amostra bruta (inicial) e após o primeiro processo de separação.

Amostra	Sílica (SiO ₂)	Alumínio (Al ₂ O ₃)	Titânio (TiO ₂)	Ferro (Fe ₂ O ₃)	Cálcio (CaO)	Magnésio (MgO)	Sódio (Na ₂ O)	Potássio (K ₂ O)	Manganês (MnO)
Feldspato Bruto (Estoque)	77,57%	12,50%	0,15%	1,40%	0,14%	0,14%	1,69%	4,42%	0,01%
Feldspato Lavado	76,87%	13,54%	0,12%	0,74%	0,38%	0,08%	2,06%	5,27%	0,01%
Relação Bruto/Lavado	-0,90%	+8,32%	-20,00%	-47,14%	+171,43%	-42,86%	+21,89%	+19,23%	0,00%

Observa-se que, após a separação à úmido houve redução de praticamente 50% na porcentagem de Fe e aumento na concentração dos elementos de interesse K (cerca de 20%) e Na (cerca de 22%).

Para o teste de separação foram utilizados cerca de 24m³ (aproximadamente 40t) de material bruto.

O minério de feldspato lavado e recuperado foi cerca de 15m³ (aproximadamente 24t), resultando em uma recuperação em torno de 60%.

Foi transportado para secagem e beneficiamento industrial uma carga de 12m³ (massa de 19,7t).

O beneficiamento industrial é a operação mais complexa de toda a cadeia produtiva, já que consiste em duas etapas de moagem e uma de separação magnética.

O beneficiamento industrial consistiu na moagem do minério proveniente da etapa inicial, passando por peneiramento, separação magnética e moagem final.

Apresentou, para o produto final, excelente resultado com relação à cor de queima.

A **Figura 18** mostra os cones de fusão do minério bruto (inicial), dos diferentes produtos resultantes no processo de beneficiamento industrial e o produto final desferrizado.



Figura 18 – Cones de fusão referentes ao feldspato estudado e seus produtos.

A **Figura 19** mostra o cone de fusão do produto final do minério avaliado em comparação ao cone de fusão da amostra padrão.



Figura 19 - Produto final em comparação com o produto padrão.

Analisando o produto final do feldspato estudado, que é a amostra de cone de fusão, pode-se observar que atinge uma qualidade bastante semelhante ao produto padrão.

Comparando os dois produtos, pode-se estimar que:

- Com relação à cor: a alvura (cor branca) se mostrou praticamente igual à amostra padrão.
- Com relação à fundência: o cone de fusão se apresentou com menor rebaixamento e maior diâmetro que a amostra padrão.
- Com relação ao brilho: o brilho do produto se apresentou mais fosco em relação à amostra padrão.

Considerando que o fornecedor atual extrai o minério há anos, tendo uma jazida bastante desenvolvida, explotando o feldspato em profundidade, sem influência do manto de alteração superficial, ou seja, um feldspato sem modificações ou alterações, mostrando-se bastante homogêneo e estável.

Considerando que o minério da jazida em tela foi extraído de uma região ainda em zona superficial, sob efeito do manto de alteração intempérico, ou seja, os feldspatos ainda estão em uma região sujeita alterações químicas e físicas, impactando em sua qualidade.

Considerando que a jazida estudada irá atingir a mineralização mais homogênea e estável quando de seu aprofundamento em mais 10 metros.

Considerando que o material para o teste é proveniente de zona sob efeito de alteração intempérica e mesmo assim atingiu um resultado muito próximo ao produto padrão.

Pode-se considerar e avaliar a jazida de feldspato de Orleans como muito promissora para o fornecimento de matéria-prima de qualidade, que irá atender a demanda e necessidade da empresa interessada.

5 CONCLUSÃO

A evolução tecnológica da indústria cerâmica de revestimentos no mundo é muito dinâmica; o produto do momento é o grés porcelanato (técnico e esmaltado) o qual tem os fundentes como matéria-prima principal. A empresa responsável pelo investimento neste estudo, identificou uma carência muito grande matéria-prima fundente na região sul do Brasil, especificamente no Estado de Santa Catarina, grande produtor deste tipo de revestimento cerâmico. Por este motivo, foi se buscar através deste estudo a obtenção de feldspato a partir de uma rocha quartzo-feldspática no município de Orleans (SC).

O estudo realizado para a caracterização deste jazimento contou com: mapeamento geológico, a prospecção mineral, a pesquisa mineral através de sondagens e trincheiras, lavra experimental, beneficiamento industrial (moagem e separação magnética) e ensaios de laboratório (análises químicas e cones de fusão). A viabilidade técnica foi realizada a partir da análise física comparativa entre o produto gerado e um feldspato vindo do nordeste brasileiro e que é consumido nas indústrias da região sul do Estado; a análise física comparativa realizada a partir dos cones de fusão levou em consideração a cor, brilho e a retração (comportamento em relação a fusão).

A partir do trabalho realizado chegou-se aos seguintes resultados: O recurso mineral ficou na casa de 1.550.00,00 t com uma porcentagem de 65% de feldspato. A recuperação, após, os estudos realizados (lavra experimental e beneficiamento) ficou em 60%. O teste de separação primária mostrou um incremento de K₂O de 20% (de 4,42% para 5,27%); Na₂O em torno de 22% (de 1,69% para 2,06%) e uma redução do Fe₂O₃ de 1,40 para 0,74% (-47,14%).

Os resultados obtidos com os processos de lavra e beneficiamento, onde se obteve um incremento nos percentuais dos elementos alcalinos e alcalinos terrosos e a redução no percentual do ferro total, os credencia a colocação do produto gerado no mercado como matéria-prima cerâmica.

Em síntese, conclui-se, através desse estudo, que foi possível produzir um fundente de qualidade a partir de uma rocha granítica da região para aplicação em massas cerâmicas porcelanizadas, inclusive grés porcelanato técnico e esmaltado.

REFERÊNCIAS

- ALENCAR, F.G. (1999) **A Descoberta de Uma jazida Mineral - Uma Abordagem de Gestão Econômica**. VI Congresso Brasileiro de Custos. São Paulo, SP. Junho-Julho.1999.
- BETTENCOURT, J.S et al. (2003) Recursos Minerais da Terra. Cap. 19. Teixeira et al. (editores). **Decifrando a Terra**. 2ª ed. USP. São Paulo, 2003.
- Boletim Informativo Minerais Industriais. Rio Tinto. Janeiro. 2011.
- CHAVES, A. P. (2002) **Teoria e Prática do Tratamento de Minérios. Vol. 1**. 2ª Edição. São Paulo: Editora Signus. 2002.
- CHAVES, A. P. (2013) **Teoria e Prática do Tratamento de Minérios. Vol. 4**. São Paulo: Oficina de Textos. 2013.
- COELHO, J.M. & CABRAL Jr, M. (2007) **Panorama de mercado dos minerais industriais de pegmatito: destaque ao feldspato**. Currais Novos. 66 p. mimeografado. 2007.
- CURI, A. (2017) **Lavra de Minas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2017.
- Economia Mineral do Brasil. IBRAM. Março/2018. <https://portaldamineracao.com.br/wp-content/uploads/2018/02/economia-mineral-brasil-mar2018-1.pdf?x73853>
- Entenda a Importância da Pesquisa Geológica para a Indústria da Mineração. VALE. Outubro/2013. <http://www.vale.com/brasil/pt/aboutvale/news/paginas/entenda-importancia-da-pesquisa-geologica-para-industria-da-mineracao.aspx>
- Feldspato. <https://strike-dip.com/feldspars/>
- FERREIRA, G.E; ANDRADE, J.G. (2010). **Elaboração e Avaliação Econômica de Projetos de Mineração**. Rio de Janeiro:CETEM/MCT. Agosto. 2010.
- GITMAN, L. (2010) **Princípios de Administração Financeira**. 12 ed. Pearson, 2010.
- LIRA, H. L; NEVES, G. A. (2013) **Feldspatos: conceitos, estrutura cristalina, propriedades físicas, origem e ocorrências, aplicações, reservas e produção**. Revista Eletrônica de Materiais e Processos. Campina Grande:UFCG. 2013.
- LUZ, A.B.da; LINS, F.A.F. (2008) **Rochas e Minerais Industriais - Usos e Especificações**. 2ª Edição. Rio de Janeiro:CETEM/MCT. 2008.
- LUZ, A.B.da et al. (2010) **Tratamento de Minérios**. 5ª Edição. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010.
- MELFI, A.J et al. (2016) **Recursos Minerais no Brasil: problemas e desafios**. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2016.

NERY, M.A.C. (2008) **A Mineração Atual e o Mercado de Trabalho para Engenheiros de Minas**. I Semana de Engenharia de Minas e Petróleo. DNPM. Salvador. 2008.

NERY, M.A.C. (2017) **Propostas para o Desenvolvimento da Mineração**. Audiência Pública no Senado Federal. MP 790 - Altera o Código de Mineração. ABDI. 2017.

PEREIRA, R.M. (2003) **Fundamentos de Prospecção Mineral**. Editora Interciência. 168 páginas. 2003.

PEREIRA Jr., R.F. (2013) **Sumário Mineral 2013**. Feldspato. DNPM. 2013.

Plano Nacional de Mineração 2030 (PNM-2030). Brasília: MME, 2010. 178p. 1v.: il.

RAGGI, J. (2013) **Gestão de Projetos de Mineração - Riscos de Investimentos**. In The Mine, Junho. 2014.

RIBEIRO, J.A.S. (2019) **Sumário Mineral Brasileiro 2017**. Feldspato. Brasil. Agência Nacional de Mineração. Brasília: ANM, 2019.

SHINTAKU, I. (1998) **Aspectos Econômicos da Exploração Mineral**. 104 f. Dissertação (Mestrado em Geociências). Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 1998.

SOUZA, G.S.de (2017) **Análise de Risco Econômico Aplicada a uma Jazida de Feldspato**. Dissertação (Mestrado em Metalurgia Extrativa e Tecnologia Mineral). Escola de Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2017.

TICHAUER, R.M. (2016) **Matriz de priorização aplicada à pesquisa mineral na pequena mineração**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo. 2016.

TULCANAZA, E. (2015) **Avaliação de Empreendimentos e Recursos Minerais**. Oficina de Textos. São Paulo. 2015.

TITMAN, Sheridan; MARTIN, John D. (2010) **Valuation: avaliação de projetos e investimentos**. Porto Alegre: Bookman, 2010.

UCHÔA, J.C.F. (2018) **A Decisão Econômica na Exploração Mineral: uma abordagem de sistemas minerais e sua aplicação aos depósitos auríferos do greenstone belt Rio Das Velhas**. 135 f., il. Tese (Doutorado em Geociências Aplicadas). Universidade de Brasília. Brasília. 2018.

VELHO, J. P. (2005) **Mineralogia Industrial - Princípios e Aplicações**. Lisboa: Lidel Edições Técnicas. 205 páginas. 2005.