



**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS**

**UNIDADE ARAXÁ**

**ÍCARO ALMEIDA**

**PESQUISA MINERAL DA GLAUCONITA NA REGIÃO DE BIQUINHAS-  
MG**

**ARAXÁ/MG**

**2021**

**ÍCARO ALMEIDA**

**PESQUISA MINERAL DA GLAUCONITA NA REGIÃO DE BIQUINHAS-  
MG**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Minas, do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET/MG, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Minas.

**Orientador:** Prof. Francisco de Castro Valente Neto.

**ARAXÁ/MG**

**2021**

## RESUMO

A glauconita, mineral encontrado na composição do verdete, é rica em potássio e pode ser explorada com fins de desenvolver produtos voltados para a agricultura, onde o mesmo pode ser encontrado aflorando em grande parte da região próxima as cidades de Biquinhas e Tiros. O empreendimento mineral localiza-se na zona rural do município de Biquinhas situado ao leste dos limites municipais, a área em questão está localizada na região do contato geológico entre a Formação Serra da Saudade e a Formação Três Marias. O objetivo deste projeto é extrair os dados da pesquisa mineral da glauconita, e utilizar dos teores para mapeá-los, com a finalidade de explorar o  $K_2O$  (óxido de potássio) encontrado na mesma. Foram feitas amostragens da região para a realização das análises químicas, e utilizando de métodos de interpolação, a região foi mapeada com base nos teores de  $K_2O$  encontrados, analisando os dados de forma qualitativa para avanço do empreendimento.

**Palavras-chave:** verdete, potássio, teor, interpolação

## ABSTRACT

Glauconite, a mineral found in the composition of verdigris, is rich in potassium and can be explored for the purpose of developing agricultural products, where it can be found in a large part of the region near the cities of Biquinhas and Tiros. The mining enterprise is located in the rural area of the municipality of Biquinhas located to the east of the municipal limits, the area in question is located in the region of geological contact between the Serra da Saudade Formation and the Três Marias Formation. The objective of this project is to extract data from the mineral research of glauconite, and use the contents to map them, in order to explore the K<sub>2</sub>O (potassium oxide) found in it. Samples were taken from the region to carry out the chemical analysis, and using interpolation methods, the region was mapped based on the K<sub>2</sub>O contents found, analyzing the data qualitatively to advance the project.

**Keywords:** verdigris, potassium, content, interpolation

## LISTA DE ILUSTRAÇÃO

Figura 1 - Mapa de localização da área de pesquisa e rota de acesso.....	10
Figura 2 - Poligonal ANM referente a área de estudo .....	11
Figura 3 - Mapa geológico em escala 1:50.000.....	14
Figura 4 - Pontos onde foram retiradas as amostras .....	18
Figura 5 - Afloramento do verdete na área de estudo .....	19
Figura 6 – Mapa de Teor.....	23

## LISTA DE TABELAS E QUADROS

Tabela 1 - Resultados das análises químicas .....	21
---	----

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ANM	Agencia Nacional de Mineração
CEFET/MG	Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
FRX	Florescência de Raios X
IPD	Inverso da Potência da Distancia
UTM	Universal Transversa de Mercator

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>9</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>12</b>
2.1. Potássio .....	12
2.2. Verdete.....	13
2.3. Geologia da região.....	14
2.4. Análise Química .....	15
2.5. Interpolação .....	16
2.5.1. Inverso da Potência da Distancia .....	16
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	<b>18</b>
3.1. Amostragem.....	18
3.2. Análise Química .....	19
3.3. Mapa de Teor.....	20
3.4. Análise Qualitativa dos Dados .....	20
<b>4. RESULTADOS E DISCURÇÕES</b> .....	<b>21</b>
4.1. Amostragem.....	21
4.2. Resultados da análise química .....	21
4.3. Mapa de Teor.....	22
<b>5. CONCLUSÃO</b> .....	<b>24</b>
<b>6. REFERENCIAS</b> .....	<b>25</b>



## 1. INTRODUÇÃO

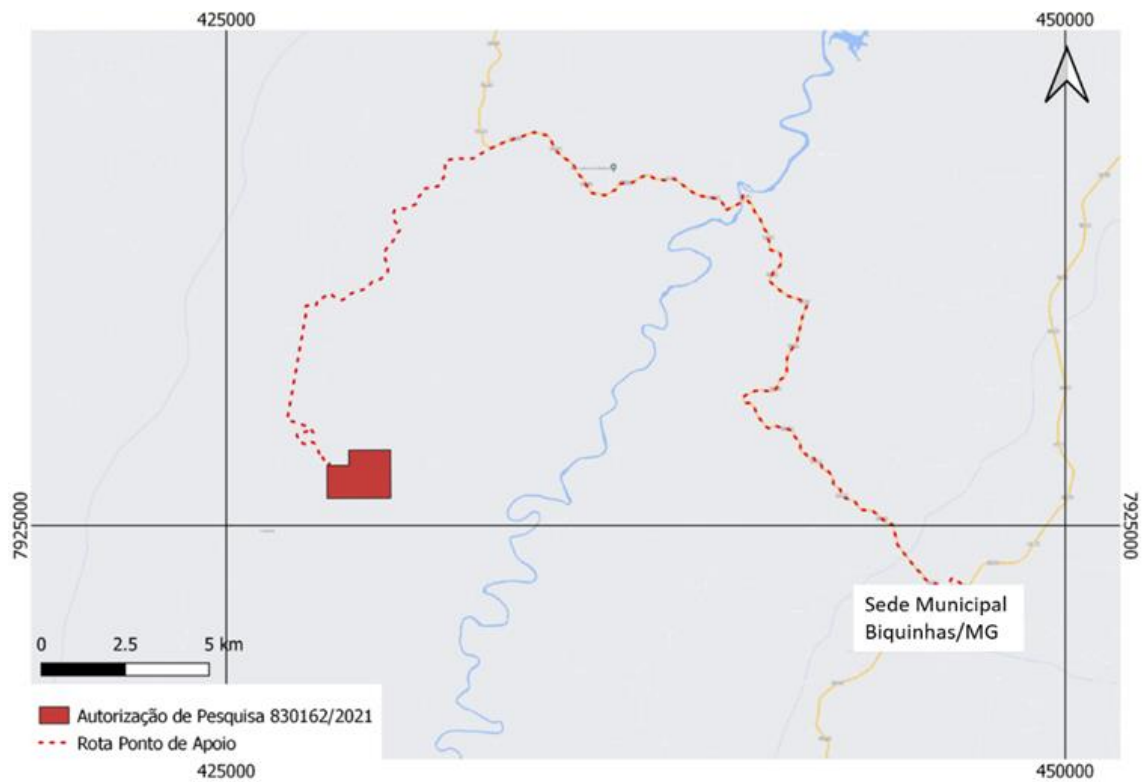
A indústria de fertilizantes possui vital importância para a agricultura, visto que a produção agrícola está fortemente ligada a utilização do mesmo. Considerando essa informação, é possível afirmar a necessidade de se explorar fontes de potássio, uma vez que o mesmo é um elemento crucial nessa indústria.

As principais fontes de potássio estão nos grupos das micas e feldspatos potássicos. O verdete é uma rocha que contém em sua formação a glauconita, mineral do grupo das micas, que possui, em alguns casos, o potássio em teores economicamente viáveis para sua extração. Esta rocha encontra-se aflorando em grande parte da Formação Serra da Saudade e a Formação Três Marias.

O objetivo desse trabalho é realizar a pesquisa mineral dessa rocha na região próxima ao município de Biquinhas, e apresentar um mapa de teores onde possa ser analisado a viabilização do projeto de exploração do bem mineral.

A área analisada localiza-se na zona rural do município de Biquinhas, situado a leste dos limites municipais, sob as coordenadas planas UTM 23S 429215.0, 7926893.6 e geográficas 18° 44' 56.456" Sul, 45° 40' 14.182" Oeste. O acesso ao local onde foram realizados os trabalhos de campo está a aproximadamente 42 km da área urbana de Biquinhas como vista na Figura 1.

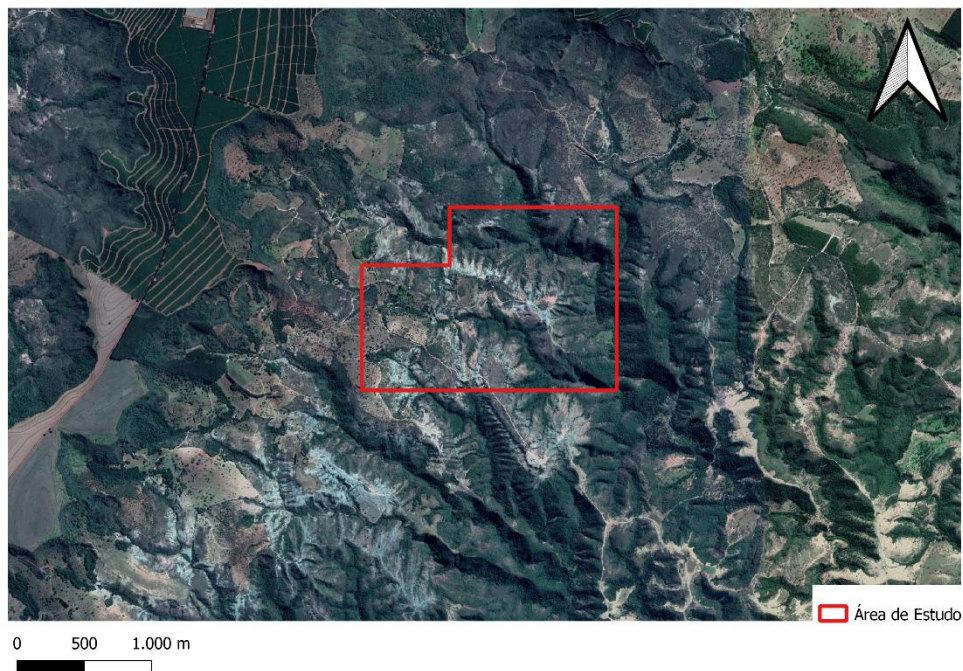
Figura 1 - Mapa de localização da área de pesquisa e rota de acesso



Fonte: modificado do Google Maps pelo autor

Desta forma, a área de estudo estabelecida como referência deste trabalho compreende a área da Poligonal ANM nº 830162/2021, correspondendo a 241,12 ha, conforme Figura 2:

Figura 2 - Poligonal ANM referente a área de estudo



Fonte: modificado do Google Earth pelo autor

Ao analisar a área demonstrada na Figura 2 pode ser identificado o afloramento do verdete onde foram coletadas as amostras utilizadas para a realização desse trabalho. Dentro da mesma foram coletados os dados utilizados para a análise geoestatística.

A interpolação trata-se de métodos de estimativa feitos para a obtenção de dados desconhecidos baseando-os em dados conhecidos, que foram mensurados de forma prática, dessa forma, esses processos se tornam uma ótima ferramenta para a realização das estimativas necessárias na elaboração do mapa de teores, tendo como objetivo gerar regiões onde possam ser observadas as localizações dos melhores teores de  $K_2O$ .

Considerando a análise feita por Cordeiro (2018), o teor de corte para o verdete é em torno de 10%, dessa forma, após a realização do mapa de teor, pode ser concluído a viabilidade desse projeto.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Potássio

O Brasil por possuir um clima predominante tropical, está propício a ambientes oxidantes e solos de pH ácido, onde os nutrientes fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K) e molibdênio (Mo), possuem baixa disponibilidade, e baixa concentração de íons como zinco (Zn), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e alumínio (Al) (NAHASS; SEVERINO, 2009). O potássio que raramente forma depósitos econômicos, mesmo sendo o sétimo elemento mais abundante na crosta terrestre, tem 95% de sua produção mundial usada para fertilizantes (NASCIMENTO; LOUREIRO, 2009).

O potássio, na agricultura, promove a reciclagem dos nutrientes necessários para o crescimento das plantas, além de desempenhar uma importante função na ativação de enzimas atuantes em diversos processos metabólicos dos vegetais, como fotossíntese, e as sínteses de proteínas e carboidratos (NASCIMENTO; LOUREIRO, 2009).

O potássio não tem participação na composição nem função estrutural, porém, funciona como catalizador em muitas reações envolvidas, sendo o mesmo o responsável pelo balanço iônico nas células vegetais. Além dessas funções o potássio participa em outras funções regulatórias como o controle osmótico dos estômatos (KINPARA, 2003).

Segundo Leite (1985), existe uma variação muito alta quanto ao teor de potássio nas rochas e o grau de liberação dos minerais que as formam, sendo que a maior parte dos minerais potássicos estão no grupo das micas e feldspatos potássicos.

O potássio, quando em forma de cloreto, tem um teor de potássio bastante elevado (53%), além disso, por possuir uma disponibilização rápida para as plantas, é uma das fontes de potássio mais utilizadas na agricultura. No Brasil, o Cloreto de Potássio (KCl) é largamente utilizado no manejo agrícola.

Além disso, os teores médios comumente encontrados na natureza podem ser identificados da seguinte forma: nos granitos, o teor de  $K_2O$  é de 3,8%, nos andesitos é de 3,2% e nas rochas basálticas, de 0,7%, nas rochas ultrabásicas

os teores variam entre 2% e 14% de  $K_2O$ , os feldspatos potássicos, possuem de 8% a 15% de  $K_2O$ . Quanto as micas, os teores de  $K_2O$  encontrados são: biotita (7% a 12%), flogopita (11% a 17%), muscovita (7% a 10%), ilita (4% a 8%) e por fim a glauconita (5% a 8%) mineral de interesse nesse projeto (NASCIMENTO; MONTE; LOUREIRO, 2008).

## **2.2. Verdete**

Segundo Piza (2011), o verdete tem destaque dentre as rochas portadoras de potássio de baixa disponibilidade por possuir um teor de  $K_2O$  entre 6% e 15%, o mesmo possui uma coloração esverdeada devido ao íon  $Fe^{2+}$  presente na glauconita, silicato lamelar hidratado de potássio e ferro, principal mineral em sua estrutura. O verdete também contém em sua estrutura outros minerais potássicos como a ilita, biotita e muscovita, além de outros nutrientes como cálcio, magnésio, manganês, ferro e o silício.

O verdete do Cedro do Abaeté é constituído por metassedimentos pelíticos, com predominância de glauconita, quartzo e outros minerais. A rocha se localiza no Cráton do São Francisco, na Formação Serra da Saudade, Grupo Bambuí (PIZA 2011).

De acordo com Pereira (2020), o verdete está associado à formação Serra da Saudade, possuindo cerca de 70m de espessura, sendo homogêneo tanto quanto em termos de textura e mineralogia, quanto na distribuição de potássio.

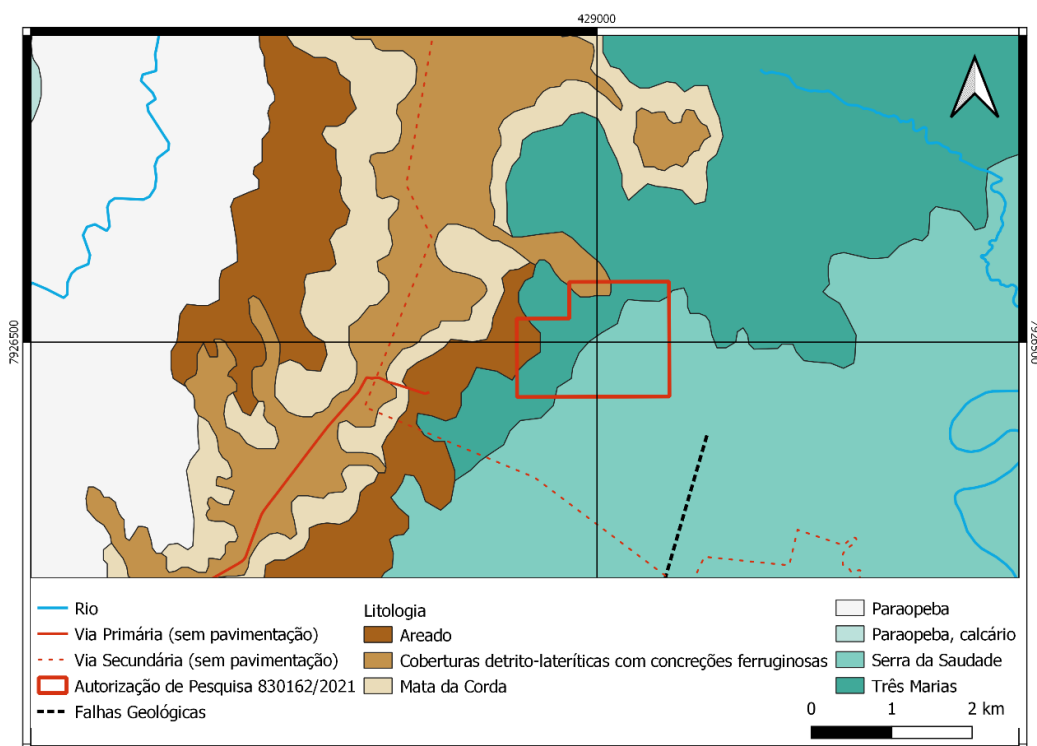
Não existe uma metodologia definida para a determinação do potássio (K) em rochas de baixa solubilidade, visto que, em função da natureza da rocha, o K pode ser mais facilmente removido dependendo do tipo de extrator utilizado. Dessa forma, a avaliação da disponibilidade de K em rochas de baixa solubilidade se torna obstáculo para sua recomendação.

O extrator deve atuar quebrando a energia que prende o nutriente ao mineral. Essa energia é o que define se este está disponível à planta, além da espécie a ser utilizada poder possuir diferentes capacidades de aquisição do nutriente. Sendo plantas que têm raízes com maior exsudação de ácidos orgânicos, atuam mais na solubilização de minerais, resultando em uma melhor eficiência na aquisição dos nutrientes (MORETTI, 2012).

### 2.3. Geologia da região

A região de estudo está localizada entre a Formação Serra da Saudade e Formação Três Marias, como pode ser identificado no mapa geológico de detalhe (Figura 3).

Figura 3 - Mapa geológico em escala 1:50.000



Fonte: CPRM.

Segundo Lima (2005) o domínio da Serra da Saudade acompanha os interflúvios das bacias hidrográficas do Rio Indaiá, seu principal eixo de drenagem, e Alto Rio São Francisco, onde avança até o lago da Represa de Três Marias na direção norte, e tem como principais cidades, Abaeté, Paineiras, Biquinhas e Cedro do Abaeté. Uma característica da Formação Serra da Saudade é o verdete, que são os depósitos pelíticos de cor verde. Além dos depósitos fosfáticos, que se localizam principalmente entre as cidades Cedro do Abaeté e Quartel São João, em Minas Gerais.

De acordo com Lima (2007), a Formação Serra da Saudade inclui em suas litofácies, ritmito pelito-arenoso, arenito fino com estratificação cruzada hummocky, ritmito areno-pelítico verde (verdete) glauconítico, ritmito fosfático e carbonatos retrabalhados (calcirudito e calcarenito). Os sedimentos presentes foram depositados a uma profundidade relativamente alta, em uma plataforma periodicamente influenciada por ondas de tempestades. Estes sedimentos apresentam padrão de granocrescência ascendente, são imaturos e depositados numa bacia sob a influência de processos colisionais. Os ritmitos fosfáticos (fosfoarenitos) estão situados próximos à cidade de Cedro do Abaeté-MG, e se consistem de intraclastos fosfáticos em uma matriz microcristalina formada por grãos de fluorapatita, em adição a outros minerais detríticos como o quartzo, K-feldspato, plagioclásio, micas e clorita.

#### **2.4. Análise Química**

Para identificação da composição química dos minerais, e assim os teores de potássio, a análise mais comum a ser feita é a fluorescência por raios x (FRX), de acordo com Júnior (2007), a mesma pode ter fins qualitativos ou quantitativos e se baseia nas intensidades dos raios-X que são emitidos pelos elementos da amostra de uma forma característica para cada composto. Esta emissão ocorre ao excita-los por partículas como elétrons, prótons, íons produzidos em aceleradores de partículas ou ondas eletromagnéticas, o processo mais utilizado é por meio de tubos de raios-X.

Um dos fatores que tornam a técnica da fluorescência de raios-X muito versátil, é o fato da mesma pode ser aplicada em diversas amostras, podendo estar em estado sólido ou líquido, além de dispensar a necessidade de um tratamento exaustivo para a preparação das mesmas. Outro fator que se torna uma grande vantagem é o fato dessa técnica não ser um método analítico destrutivo (SANTOS 2013).

As vantagens da FRX são amplas, a mesma apresenta baixo custo de análise, geralmente requer baixo consumo de reagentes e vidraria e gera pouco ou nenhum resíduo, tornando-a ideal para se trabalhar em análises de rotina. Embora, esta técnica não atinja limites de detecção que sejam comparáveis aos alcançados pelas técnicas de emissão e absorção atômica.

A FRX permite uma avaliação qualitativa dos constituintes da matriz de forma rápida, fazendo com que essa técnica seja bastante vantajosa para situações em que se pretende analisar uma amostra totalmente desconhecida (SANTOS 2013).

## **2.5. Interpolação**

Interpolação é uma técnica usualmente adotada para estimar valores desconhecidos de uma função, a partir de valores conhecidos da mesma função. Dessa forma a mesma funciona por meio da geração de uma grade (grid), sendo ela regular ou não, onde cada cruzamento de linhas (nodos) terá um valor determinado. A interpolação pode ser feita por vários os algoritmos e técnicas distintas, sendo as mais comuns: Krigagem, Curvatura Mínima, Vizinho Mais Próximo, Função de Base Radial, Média Móvel, Polinômio Local e Inverso da Potência da Distância (SURFER, 1999).

### **2.5.1. Inverso da Potência da Distância**

O inverso da potência da distância (IPD) é um interpolador de média ponderada exato, porém, pode assumir características suavizadas. O IPD tem os dados ponderados em sua interpolação, onde a distância tem a função de definir a influência de um ponto sobre o outro a ser estimado, sendo a mesma decrescente com o aumento da distância entre eles. A ponderação é feita por meio de uma potência que controla seu fator, que é associada aos dados e decresce para fora com a distância do grid nodo. Dessa forma, quanto maior a potência de ponderação, menor será o efeito de um ponto, distante do nodo de grid, sobre a interpolação. Quando a potência decresce, o valor do nodo grid aproxima do valor do ponto vizinho (SURFER, 1999).

O IPD é um método muito rápido para se gerar um grid, onde o mesmo se comporta normalmente como um interpolador exato. Os pesos associados com os dados amostrados são frações em que a soma total é igual a 1. Podendo ocorrer o caso de uma observação em particular ser coincidente com o nodo grid, conseqüentemente, pela distância entre eles ser nula (0), a ponderação é igual a 1, entretanto, para os demais pontos observados, a ponderação é nula. Dessa forma, o valor gerado para o nodo grid interpolado é associado apenas



ao valor da observação coincidente. Para proteger o resultado desse comportamento exato, é utilizado o parâmetro "suavização", que funciona impedindo o ponto de receber um peso dominante, quando é associado um valor não nulo ao parâmetro suavização (SURFER, 1999).

A equação usada pelo IPD é:

$$\hat{Z}_j = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{Z_i}{h_{ij}^\beta}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{h_{ij}^\beta}} \quad (1)$$

$$h_{ij} = \sqrt{d_{ij}^2 + \delta^2} \quad (2)$$

onde:

$\hat{Z}_j$  é o valor interpolado do nodo grid j;

$Z_i$  são os pontos vizinhos;

$h_{ij}$  é a distância efetiva de separação entre o nodo grid j e o ponto vizinho i;

$\beta$  é a potência de ponderação (parâmetro de potência);

$d_{ij}^2$  é a distância entre o nodo grid j e o ponto vizinho i;

$\delta$  é o parâmetro suavizador.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1. Amostragem

Para a coleta das amostras foram determinados pontos específicos com o auxílio do software Qgis, onde foram focalizados em locais onde se encontravam visíveis pelo satélite do Google Earth os afloramentos do verdete, como demonstrado na Figura 4.

Figura 4 - Pontos onde foram retiradas as amostras



Fonte: modificado do Google Earth pelo autor

Após a determinação dos pontos foram anotadas as coordenadas de cada ponto para localiza-las, sendo que a orientação em campo foi feita por meio do software FieldMove.

As amostras foram coletadas nos locais determinados de forma superficial, onde foram coletados 5 kg em cada ponto, armazenando-os em um saco plástico e identificando cada um. A Figura 5 demonstra o afloramento no local:

Figura 5 - Afloramento do verdete na área de estudo



Fonte: Autor

### 3.2. Análise Química

A análise química do material foi feita no laboratório Faahflab localizado em Uberaba, onde foram realizadas fluorescências de raios x (FRX), análise feita para identificar os elementos químicos presentes na amostra, e assim foram obtidos os teores relacionados aos óxidos de potássio ( $K_2O$ ) e fósforo ( $P_2O_5$ ). A fluorescência de raios x foi feita da seguinte forma:

A amostra foi previamente preparada passando pela moagem onde a mesma foi pulverizada, e o quarteamento para retirar uma parte que seja representativa do total. Após a preparação a amostra foi bombardeada por raios X policromáticos, que são absorvidos. Dessa forma, raios X são gerados quando elétrons são deslocados nas camadas por resultado dessa absorção, cada elemento químico pode ser quantificado por apresentar na FRX linhas espectrais características.

### **3.3. Mapa de Teor**

Para a realização do mapa de teor, foi feita uma interpolação por IPD com o auxílio do software do Qgis, dessa forma, os dados foram inseridos contendo suas localizações, de onde foram retiradas as amostras, e os teores de  $K_2O$ . Utilizando dessas informações o software estima valores de teor para os locais que não foram amostrados, por meio das Equações 1 e 2 demonstradas anteriormente.

### **3.4. Análise Qualitativa dos Dados**

Após a realização do mapa de teor, considerando um teor de corte para o verdete de 10% de  $K_2O$ , como dito por Cordeiro (2018), foi feita a análise de viabilidade, onde foram identificados se existem regiões com o teor mais elevado, e se a mesma é suficiente.

## 4. RESULTADOS E DISCUÇÕES

### 4.1. Amostragem

As amostras foram coletadas, e por meio das coordenadas extraídas com do software FieldMove, foi feito um mapa utilizando o software Qgis com os pontos onde foram coletadas, como demonstrado na Figura 4.

### 4.2. Resultados da análise química

As amostras foram analisadas quanto aos teores de  $K_2O$  e  $P_2O_5$ , sendo o teor do óxido de potássio o de maior interesse. Cada amostra foi identificada com as coordenadas dos pontos de onde foram extraídas, dessa forma os resultados da análise química podem ser identificados na Tabela 1.

Tabela 1 - Resultados das análises químicas

<b>Ponto</b>	<b>Teor de <math>K_2O</math> (%)</b>	<b>Teor de <math>P_2O_5</math> (%)</b>	<b>Coordenada X</b>	<b>Coordenada Y</b>
1	12,90	1,89	-45,679269	-18,758264
2	9,13	1,53	-45,679687	-18,757318
3	12,81	1,09	-45,679963	-18,756958
4	10,49	3,29	-45,679679	-18,756668
5	7,16	2,76	-45,680791	-18,757275
6	9,20	1,58	-45,680663	-18,756593
7	8,55	2,23	-45,676240	-18,756854
8	11,86	3,70	-45,674899	-18,757231
9	8,00	1,46	-45,674618	-18,755913
10	12,64	1,18	-45,676031	-18,756224
11	13,48	1,48	-45,676334	-18,755276
12	10,30	1,63	-45,677423	-18,750723
13	12,51	1,46	-45,676983	-18,751378
14	14,77	2,62	-45,674064	-18,749785
15	9,68	1,47	-45,673528	-18,749762
16	20,30	2,18	-45,675032	-18,749725

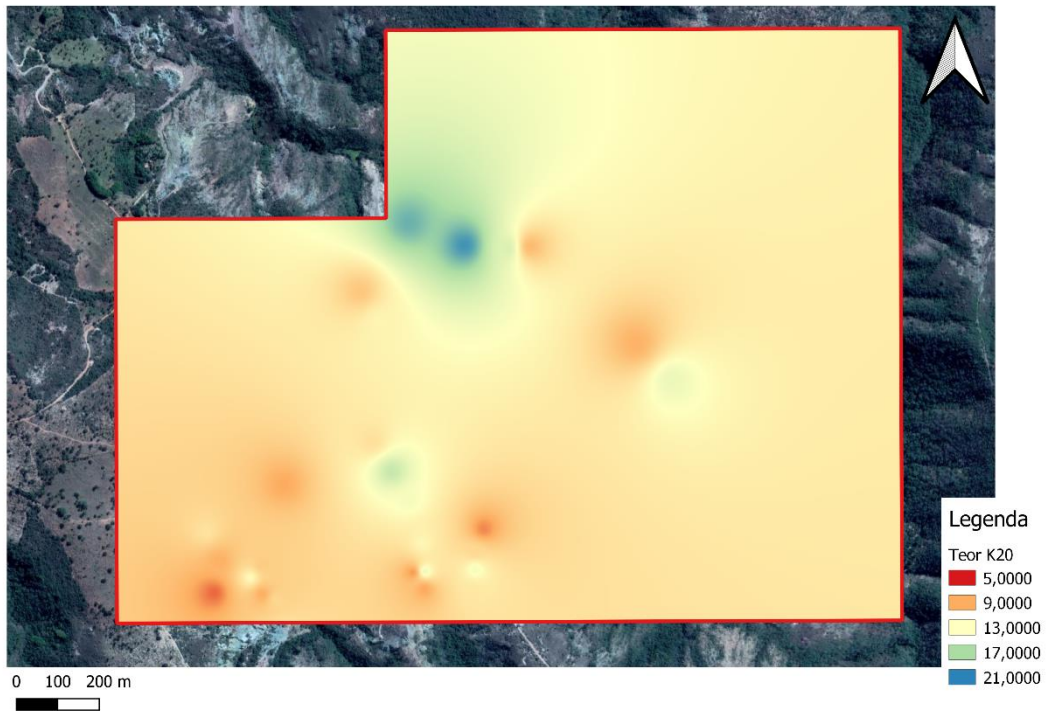
<b>17</b>	18,99	1,98	-45,676304	-18,749234
<b>18</b>	9,28	1,36	-45,671117	-18,751885
<b>19</b>	13,92	1,44	-45,670316	-18,752683
<b>20</b>	8,92	2,52	-45,679183	-18,754931
<b>21</b>	8,88	2,80	-45,675980	-18,757206
<b>22</b>	13,74	2,70	-45,675967	-18,756834
<b>23</b>	13,45	2,50	-45,674809	-18,756797
<b>24</b>	11,12	2,06	-45,674808	-18,756402
<b>25</b>	11,49	2,15	-45,677173	-18,753997
<b>26</b>	15,71	2,55	-45,676715	-18,754654
<b>27</b>	11,68	2,55	-45,680962	-18,755951
<b>28</b>	11,06	2,06	-45,679386	-18,757441

Com o resultado das análises químicas foi possível identificar teores bastante elevados em alguns casos, como nos pontos 16 e 17, que apresentaram teores de 20,3% e 18,99% respectivamente, considerando o teor de corte de 10% para o verdete, foram valores bastante significativos.

#### **4.3. Mapa de Teor**

Os dados da Tabela 1 foram inseridos no software do Qgis para a realização da interpolação por meio do método IPD, este método gera uma imagem com os teores representados por cores, como demonstrado na Figura 6.

Figura 6 – Mapa de Teor



Fonte: Autor

Este mapa demonstra uma grande área com teores entre 9 e 13, porém, isso ocorre pelo fato de não possuir informações próximas a estas áreas, fazendo com que seus valores sejam definidos pelos pontos com menor distância. Considerando as áreas mais próximas aos pontos amostrados, pode ser percebido regiões de elevado teor, com valores de aproximadamente 17%, o que representa excelentes valores considerando os teores comumente encontrados para o verdete.

## **5. CONCLUSÃO**

Ao analisar os dados retirados da análise química das amostras, pode ser identificado que a grande maioria dos teores estão acima dos 10%, teor de corte para o verdete, que implica em bons valores para a realização dos processos seguintes, como a sondagem. Além disso, foram identificadas certas regiões em que os teores foram bastante elevados, chegando a mais de 20% como no ponto 16, esses valores são significativamente altos para o verdete tornando o avanço das pesquisas muito interessante.

As regiões com menores teores ficaram em torno dos 9%, que são valores menores que o teor de corte de 10%, porém, sendo poucas essas regiões, o processo de sondagem ainda é uma opção válida para ter valores mais significativos, que podem ser maiores que os coletados superficialmente.



## 6. REFERÊNCIAS

CORDEIRO, L. C. B., Análise da viabilidade de recuperar potássio de siltitos verdes por flotação em célula. Trabalho de pós-graduação UFU, Uberlândia, 2018.

JÚNIOR, A. S. M. Análise quantitativa do material particulado na região de campinas através das técnicas de microfluorescência de raios-X e reflexão total usando radiação síncrotron. Tese (Doutorado em Química) - Unicamp, Campinas, São Paulo, 2007.

KINPARA I. D.; A Importância Estratégica do Potássio para o Brasil. Documentos 100, Embrapa, Planaltina, 2003.

LEITE, P. C. Efeito de tratamentos térmicos em misturas de Verdete de Abaeté, fosfato de Araxá e calcário magnesiano, na mistura de potássio e fósforo. 1985. 146 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1985.

LIMA, O.N.B.; UHLEIN, A.; BRITTO, W. Geologia dos depósitos fosfáticos do Grupo Bambuí na Serra da Saudade, Cedro do Abaeté, Minas Gerais, UFMG, Minas Gerais, 2005.

LIMA, O.N.B.; UHLEIN, A.; BRITTO, W. Estratigrafia do Grupo Bambuí na Serra da Saudade e geologia do depósito fosfático de Cedro do Abaeté, Minas Gerais, Revista Brasileira de Geociências, v. 37, n. 4, p. 204-215, 2007.

MORETTI B. S. Calcinação do verdete e caracterização do seu potencial de uso agrícola como fonte de potássio, Lavras: UFLA, 2012.

NAHASS, S. e SEVERINO, J. Calcário Agrícola no Brasil in Fertilizantes Agroindustriais e Sustentabilidade. Editores LAPIDO LOUREIRO, F.E.; MELAHMED, R. e FIGUEIREDO NETO, J. 2009

NASCIMENTO, M. e LOUREIRO, F.E.L. Fertilizantes e Sustentabilidade. O potássio na agricultura brasileira – fontes e rotas alternativas in Fertilizantes Agroindustriais e Sustentabilidade. Editores LAPIDO LOUREIRO, F.E.; MELAHMED, R. e FIGUEIREDO NETO, J. 2009

NASCIMENTO, M.; MONTE, M. B. M.; LOUREIRO, F. E. L. Agrominerais: potássio. In: LUZ, A. B.; LINS, F. A. F. (Ed.). Rochas e minerais industriais: usos e especificações. Rio de Janeiro: CETEM, 2008. p. 175-203.

PEREIRA, Antônio C. GOMES, Marta R. S. ROCHA, Sônia D. F. Glauconita como fonte alternativa de potássio para produção de fertilizante de liberação lenta. Geonomos, Belo Horizonte, V.27, n.1, p. 32-37, 2020.

PIZA, P.A.T., BERTOLINO, L.C., SILVA, A.A.S., SAMPAIO, J.A., LUZ, A.B. Verdete da região de Cedro do Abaeté (MG) como fonte alternativa para potássio. Geociências, São Paulo, v. 30, n. 3, p. 345-356, 2011.

SANTOS, E. S.; GAMA, E. M.; FRANÇA, R. S.; SOUZA, A. S.; MATOS, R. P. Espectrometria de fluorescência de raios-x na determinação de espécies químicas. Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.9, n.17; p. 2013.

SURFER: User's Guide – Contouring and 3D Surface Mapping for Scientists and Engineers. Golden Software. p.619, 1999.