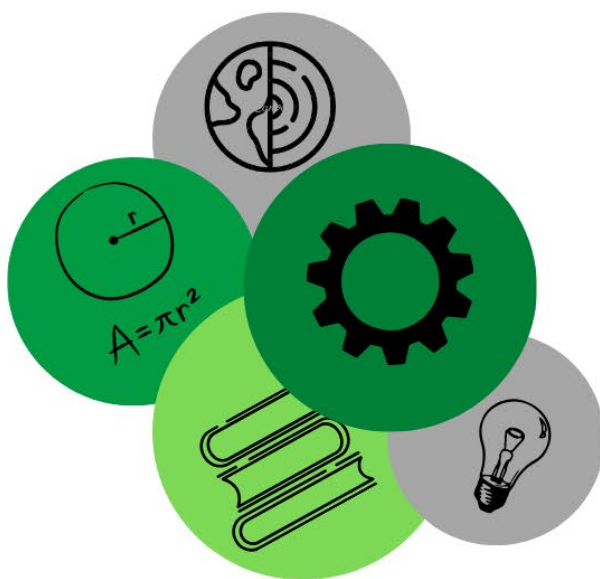




III SIMPPós

3º SIMPÓSIO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIPAMPA- CAMPUS CAÇAPAVA DO SUL



ANAIS

3º Simpósio de Pesquisa e Pós-Graduação UNIPAMPA - Campus Caçapava do Sul-RS



III SIMPPós

3º SIMPÓSIO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIPAMPA- CAMPUS CAÇAPAVA DO SUL



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Simpósio de Pesquisa e Pós-Graduação UNIPAMPA -
Campus Caçapava do Sul-RS (3. : 2024 : Caçapava
do Sul, RS)
Anais [livro eletrônico] : 3º Simpósio de Pesquisa
e Pós-graduação UNIPAMPA : campus Caçapava do
Sul-RS. -- Caçapava do Sul, RS : UNIPAMPA, 2025.
PDF

Vários autores.
Vários organizadores.
Bibliografia
ISBN 978-65-83164-09-4

1. Educação - Congressos 2. Engenharia
3. Engenharia ambiental 4. Ensino
superior (Pós-graduação) 5. Geologia I. Título.

25-247970

CDD-370.6

Índices para catálogo sistemático:

1. Educação : Congressos 370.6

Eliete Marques da Silva - Bibliotecária - CRB-8/9380

COMISSÃO ORGANIZADORA

- **Ana Naujokat Tavares** – Curso de Geofísica
- **Andréia da Silva Pompermayer** – Curso de Geologia
- **Caroline Wagner** – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral (PPGEM)
- **Dafne Oliveira Silva** – Curso de Geologia
- **Elenize Rangel Nicoletti** – Especialização em Ensino de Ciências e Tecnologias
- **Leugim Corteze Romio** – Mestrado Profissional em Matemática (PROFMAT)
- **Luciana Aparecida Machado Lopes** – Curso de Engenharia de Minas
- **Luciana Arnt Abichequer** – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral (PPGEM)
- **Mara Elisangela Jappe Goi** – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências (PPGEC)
- **Matheus Silva Simões** – Comissão Local de Pesquisa (CLP)
- **Vitalino Cesca Filho** – Mestrado Profissional em Matemática (PROFMAT)

PROGRAMAÇÃO

	25/09/2024	26/09/2024
09h30	Cerimônia de Abertura	
10h00 - 11h30	Apresentação Trabalhos (Dia 1.1)	Apresentação Trabalhos (Dia 2.1)
12h00	Intervalo	Intervalo
14h00 - 17h00	Minicurso: Currículo Lattes	Minicurso: Redação de Resumos e Artigos Científicos
17h00	Intervalo	Intervalo
19:00 – 20:30	Apresentação Trabalhos (Dia 1.2)	Apresentação Trabalhos (Dia 2.2)

Minicurso: “Currículo Lattes”

Cursista: Prof. Leugim Corteze Romio

Minicurso: “Redação de Resumos e Artigos Científicos”

Cursista: Prof. Matheus Silva Simões

SUMÁRIO

ARTIGOS COMPLETOS E RESUMOS EXPANDIDOS.....	6
CIÊNCIAS EXATAS.....	7
CATALYST DERIVED FROM MINING RESIDUES FOR THE PHOTO-ASSISTED TREATMENT OF AGATE DYEING WASTEWATER: LOCAL SOLID RESIDUES REMEDIATING LIQUID EFFLUENTS.....	8
ESTUDO DE CASO DE DOENÇAS RESPIRATÓRIAS COM EMISSÃO DE POLUENTES PELA USINA TERMELÉTRICA DE CANDIOTA	20
ENGENHARIAS	26
CORRELATION OF LITHOLOGICAL AND GEOPHYSICAL DATA TO IDENTIFY ANOMALOUS CONCENTRATIONS OF RARE EARTH ELEMENTS IN ROCKS AND PLANTS IN THE LAVRAS DO SUL INTRUSIVE COMPLEX	27
IDENTIFICATION AND MAPPING OF MINERAL SPECTRAL SIGNATURES FROM THE URUGUAY MINE USING ANGULAR SIMILARITY TECHNIQUES WITH ASTER AND SENTINEL-2 MSI SENSORS	40
ENSINO	53
DESAFIOS E SOLUÇÕES: A RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS COMO MÉTODO NO ENSINO DE FÍSICA	54
ENSINO DE CIÊNCIAS, METODOLOGIAS E RELAÇÕES EPISTÊMICAS: UMA ANÁLISE TEXTUAL DISCURSIVA EMERGENTE DA RBPEC	60
VAMOS MANTER VIVO O RIO JACUÍ: UMA PROPOSTA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL NAS ESCOLAS PÚBLICAS DE CACHOEIRA DO SUL-RS.....	64
GEOCIÊNCIAS.....	68
ANÁLISE ESTRUTURAL DE REDE DE FRATURAS UTILIZANDO MODELOS VIRTUAIS DE AFLORAMENTOS.....	69
PROPRIEDADES GEOTÉCNICAS DOS SOLOS DA ESTRADA DE ACESSO AO CERRO DO ANDRADE, CAÇAPAVA DO SUL-RS	75

**ARTIGOS COMPLETOS E
RESUMOS EXPANDIDOS**

CIÊNCIAS EXATAS

CATALYST DERIVED FROM MINING RESIDUES FOR THE PHOTO-ASSISTED TREATMENT OF AGATE DYEING WASTEWATER: LOCAL SOLID RESIDUES REMEDIATING LIQUID EFFLUENTS

VIEIRA, Y. - Universidade Federal do Pampa.
LEICHTWEIS, J. - Universidade Federal de Santa Maria.
MISTURA, C. M. - ECOAMBIENTAL Consultoria Química.

Keywords: Photocatalysis, rhodamine B, volcanic rock powder.

Abstract: The mining sector in Rio Grande do Sul, while economically crucial, poses environmental challenges due to waste from extraction and processing. This study introduces a method to repurpose volcanic rock waste (VRW) into a catalyst for treating mineral dyeing wastewater. Sourced from Nova Prata, the VRW was transformed into a nanometric catalyst via a co-precipitation process with FeCl_3 . For the photocatalytic degradation of Rhodamine B (RhB) dye, the optimal conditions were identified as pH 3, a catalyst dosage of 0.8 g L^{-1} , and $60 \mu\text{L L}^{-1}$ of H_2O_2 . The reaction followed a zero-order kinetic model, with hydroxyl radicals being the primary reactive species. The optimized process was applied to raw wastewater from the Soledade district, which initially had an RhB concentration of $1350.00 \pm 0.12 \text{ mg L}^{-1}$. After 480 minutes of treatment, the RhB concentration decreased to $7.986 \pm 0.128 \text{ mg L}^{-1}$, confirming the effectiveness of the method.

INTRODUCTION

The state of Rio Grande do Sul (RS) is renowned for its extensive mining operations, particularly in the extraction of semi-precious volcanic rocks such as amethyst geodes. With an average extraction rate of 380 tons per month, RS has established itself as one of the world's leading producers of these gemstones (VALLE; DORR, 2020).



III SIMPPós

3º SIMPÓSIO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIPAMPA - CAMPUS CAÇAPAVA DO SUL



However, this thriving industry comes with significant environmental challenges. One of the key issues is the generation of volcanic rock wastes (VRW) during the mechanical processing of these rocks (RAMOS et al., 2021).

Only in the city of Nova Prata, an estimated 10,000 tons of VRW are produced annually. These materials are typically stored in the open and eventually transported to landfills, where they are treated as passive waste (HARTMANN et al., 2015).

In response to the National Solid Waste Policy, companies have been encouraged to explore innovative ways to repurpose mining residues. One promising approach is the transformation of VRW into value-added materials such as soil remineralizers or catalysts for environmental remediation (RAMOS et al., 2015; SONG et al., 2021; SUN et al., 2022).

This strategy not only mitigates the environmental burden of waste disposal but also offers solutions for pressing environmental challenges, such as the treatment of industrial effluents (A. BENNETT; WILSON; F. LEE, 2016).

In addition to the local problems caused by VRW, another environmental pollution problem caused by the mining industry comes from the agate dyeing industry, which artificially enhances the color of otherwise colorless stones. This process, widespread among more than 170 companies in RS, generates significant amounts of highly recalcitrant wastewater, with each company producing at least 10 m³ of contaminated liquid effluents per day (VILASBÔAS; DOS SANTOS; SCHNEIDER, 2017; ZANATTA, 2014).

With the tightening of regulations concerning the discharge of polluted effluents (RIO GRANDE DO SUL, 2017), there has been a growing interest in advanced oxidation processes (AOPs) to treat such challenging wastewater (SINDELAR et al., 2015).

AOPs use highly reactive radicals to degrade complex organic contaminants, offering a promising solution for these polluted effluents (WANG et al., 2016).

Among the various AOPs, Fenton-based processes have gained prominence due to their effectiveness and ease of implementation. These processes rely on the catalytic conversion of iron between its oxidation states to generate hydroxyl radicals, which break down pollutants in wastewater. In the last years, many studies have shown the potential of using VRW and similar residues, such as fly ashes, for inducing Fenton-like reactions and have obtained promising results.

In this study, we developed a Fe-enriched catalyst derived from VRW and evaluated its performance in degrading Rhodamine B (RhB) dye in both simulated and real wastewater



III SIMPPós

3º SIMPÓSIO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIPAMPA - CAMPUS CAÇAPAVA DO SUL



samples. The experimental setup involved the use of a visible light irradiation system with a controlled temperature environment, allowing precise monitoring of RhB degradation. The catalyst's efficiency was assessed through systematic sampling, where aliquots were withdrawn at regular intervals and analyzed by high-performance liquid chromatography (HPLC) to determine RhB concentrations. Additionally, the catalyst's reusability was tested over multiple cycles, with recovery and cleaning procedures applied between runs to ensure consistent activity. By comparing the degradation rates in simulated and actual wastewater, the study highlights the practical potential of the Fe-enriched VRW catalyst in wastewater treatment applications.

METHODOLOGY

A – Preparation and characterization of the catalyst

The VRW sample was collected from the Nova Prata Mining District, RS, Brazil (latitude: 28°46'27.4" S, longitude: 51°38'16.6" W). This residue has been previously characterized by inductively coupled plasma (ICP) with optical emission spectroscopy (OES) and ICP with mass spectroscopy (MS), as reported by Ramos *et al.* (2015). To prepare the Fe-enriched VRW catalyst, FeCl₃(s) was incorporated into the VRW powder using a modified co-precipitation method. Initially, 5 g of VRW and 2.5 g of FeCl₃(s) were added to 100 mL of distilled water in a beaker, stirred, and heated to 65 °C for 10 min. The solution was then cooled to 40 °C while stirring, after which 2 mol L⁻¹ NaOH(aq) was added dropwise until the pH reached 11. The mixture was magnetically stirred for 1 h and left to rest for 24 h (Castro *et al.*, 2009; Han *et al.*, 2015). Supernatants were carefully removed with a pipette, and the precipitate was vacuum-filtered, rinsed with deionized water, followed by ethanol, and dried at 80 °C for 24 hours. The final material was ground and stored in a sealed container at 4 °C. The synthesis yielded 91.2%. The samples were characterized by X ray diffraction (XRD), Fourier-transformed infrared (FT-IR), X ray fluorescence (XRF), atomic force microscopy (AFM) and scanning electron microscopy (SEM) coupled to energy dispersive spectroscopy (EDS).

B – Wastewater sampling and characteristics

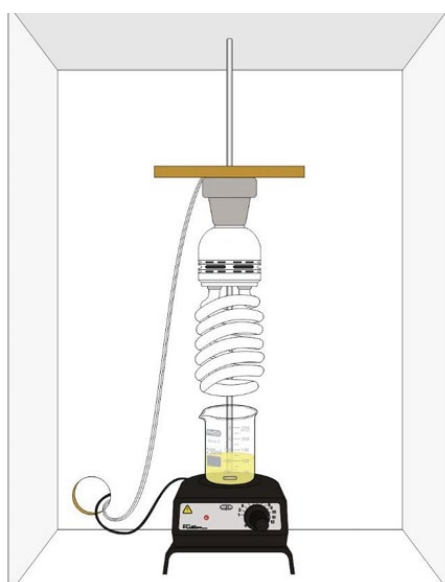
The raw wastewater (RW) was obtained from a typical agate-processing plant located in the city of Soledade, RS, Brazil (latitude: 28°49'04.0" S, longitude: - 52°30'36.0" W). Samples were collected and stored in polyethylene bottles for a period no longer than 7 days protected of the sunlight effect. The main organic dyes present in the effluent were RhB, Brilliant Green, and Crystal Violet, along with chromium, iron, nitrate, cyanide and ammonium ions, as reported by Mistura (2019)



C – Experimental and analytical procedures

Experiments were performed in a 500 mL glass vessel equipped with magnetic stirring and maintained at 25 °C using a thermostatic bath. The concentration of RhB was set at 50 mg L⁻¹ for all trials. In each experiment, 0.8 g of Fe-enriched VRW was added to the solution, and the reaction initiated upon exposure to visible light from a FLC-E40 lamp (135 W, spectral range 395–580 nm, 60 lm W⁻¹), with additional UV light in the range of 280–380 nm and the addition of H₂O₂(aq.) (30%, v/v). A schematic of the experimental setup is shown in Fig. 1. The irradiance intensity, measured at the beginning and end of each experiment using a portable digital lux meter, remained stable between 49 and 64 W cm⁻². Samples of 3 mL were collected every 10 minutes, centrifuged to remove the catalyst, and analyzed. Radical scavenging experiments were carried out by the addition (10⁻³ mol L⁻¹) of isopropyl alcohol (IPA) for •OH, benzoquinone (BQ) for •O₂⁻, and ethylenediamine tetra-acetic acid (EDTA) for h⁺ to verify which radical species were responsible for the process efficiency

Figure 1 - Schematic of the photocatalytic reactor employed in the experiments.



Catalyst reusability was assessed through cyclic RhB photocatalytic degradation experiments. After each cycle, the catalysts were recovered, washed thoroughly with deionized water, and reused for the next run. RhB analysis was conducted using a high-performance liquid chromatography (HPLC) system (Prominence UFLC-XR, Shimadzu) equipped with a diode array detector (SPD-M20A) and a Shim-Pak ODS C18 column (150 mm × 4.6 mm, 5 μm) at 30 °C. Separations were performed using a 0.1% (v/v) ammonium phosphate buffer solution and methanol as the mobile phase in a binary gradient (60% to 90% methanol over 15 minutes) at a flow rate of 0.6 mL min⁻¹. The injection volume was 15 μL, and detection was



III SIMPPós

3º SIMPÓSIO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIPAMPA - CAMPUS CAÇAPAVA DO SUL



conducted at 550 nm, with RhB eluting at 12.25 minutes. A Shimadzu TOC-LCPH/CPN was used to measure the Total Organic Carbon (TOC) and Total Nitrogen (TN).

RESULTS AND DISCUSSION

A – Characteristics of the Fe-enriched VRW catalyst

The XRD spectra of the samples are shown in Fig. 2a, where the main diffraction peaks for VRW and Fe are highlighted in purple and red, respectively. The slight background intensity suggests the presence of a certain proportion of amorphous carbon. Two prominent peaks between 20° and 35° correspond to crystalline phases of iron. Additionally, the peaks around 30° are associated with Fe₂O₃ and other iron oxides. The diffraction peak at 35° is attributed to the face-centered cubic structure of Fe₃O₄ (JCPDS No. 01-071-6336), confirming the successful incorporation of the key elements from each material in the formation of the novel composite. The FT-IR spectrum of the Fe-enriched VRW catalyst, presented in Fig. 2b, reveals a broad band in the 3400-3200 cm⁻¹ region attributed to O–H stretching vibrations, indicating the presence of hydroxyl groups or adsorbed water, which is common in oxidized minerals and materials containing Fe. Small bands observed in the 2900-2800 cm⁻¹ region may be related to C–H vibrations, suggesting the presence of amorphous carbon from the VRW sample. The presence of Si–O stretching vibrations is indicated by a band around 1100-1000 cm⁻¹, associated with the silicate matrix of the minerals. Finally, the region below 600 cm⁻¹ displays characteristic peaks of Fe–O vibrations, confirming the presence of iron oxides, such as magnetite (Fe₃O₄) or hematite (Fe₂O₃). This set of information reinforces the mineral nature of the sample, particularly highlighting the incorporation of Fe-rich phases.

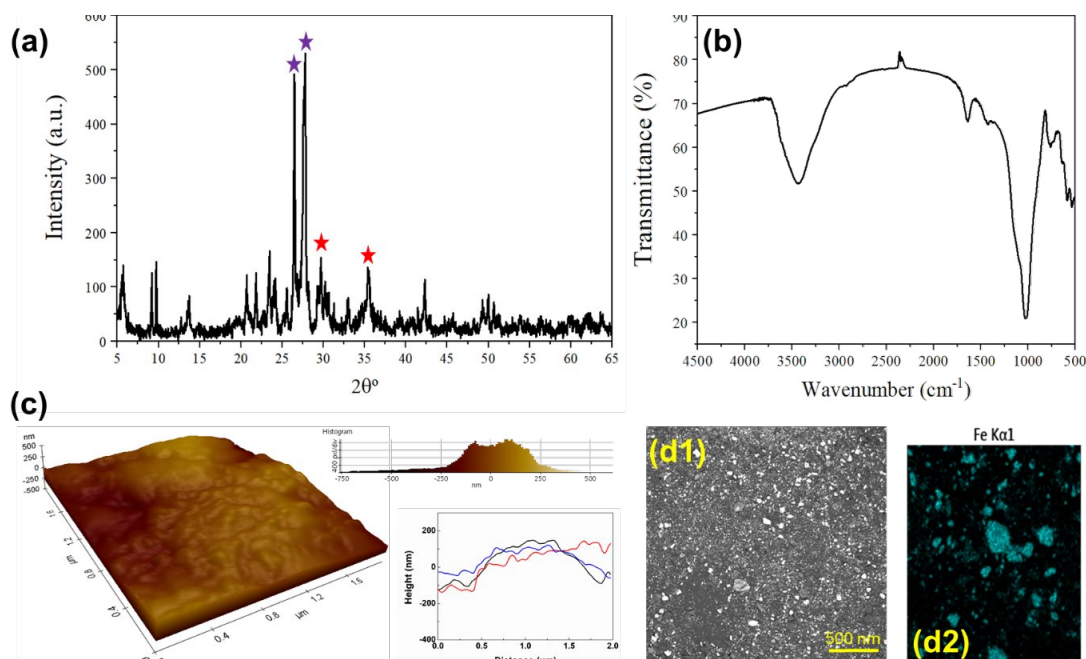


III SIMPPós

3º SIMPÓSIO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIPAMPA - CAMPUS CAÇAPAVA DO SUL



Figure 2 - (a) XRD pattern; (b) FT-IR spectrum; (c) Representative topographic 3D images, size distribution and histogram obtained by AFM; (d1) SEM imaging and (d2) EDS analysis of the Fe-enriched VRW sample.



The AFM analysis of the Fe-enriched volcanic rock powder is presented in Fig 2c, where it is possible to see the 3D surface image, which shows a relatively regular morphology with few noticeable peaks and valleys. The height scale indicates small size variations, suggesting a non-significant surface heterogeneity, pointing to a homogeneous incorporation of Fe to the surface of VRW. Moreover, the histogram of height distribution presents a dominant peak around 250 nm, which indicates that the majority of the surface elevations are within this range on its surface. At last, in Fig. 2d1 it is shown the SEM imaging of the catalyst while the EDS analysis for the presence of Fe is shown in Fig. 2d2, being possible to see a regular distribution of particles and the confirmation of the incorporation of Fe to the VRW.

B – Reaction optimization, kinetics and catalyst recycling

The degradation of Rhodamine B (RhB, 50 mg L⁻¹) in simulated solutions using a Fe-enriched VRW catalyst was assessed by varying several experimental conditions, including pH, catalyst dosage, and H₂O₂ concentration. The corresponding results are presented in Figures 3a, 3b, and 3c. The findings demonstrate that the degradation process is favored under acidic conditions, typical of Fenton and Fenton-like reactions, due to the formation of reactive oxygen species (ROS) through iron redox cycling. Under alkaline conditions, iron tends to precipitate, hindering the process. Increasing the catalyst dosage also improved the removal efficiency, with the highest enhancement observed at a dosage of 0.8 g L⁻¹. Further increasing



the dosage to 1.0 g L^{-1} had no significant effect, establishing 0.8 g L^{-1} as the optimal catalyst amount for subsequent experiments. Similarly, the removal efficiency was positively correlated with increasing H_2O_2 dosage, with $60 \text{ }\mu\text{L L}^{-1}$ determined to be the optimal concentration.

Thus, the optimized reaction conditions for RhB degradation were established as pH 3, a catalyst dosage of 0.8 g L^{-1} , and a H_2O_2 dosage of $60 \text{ }\mu\text{L L}^{-1}$. Figure 3d presents the kinetic fitting of the data, revealing that the degradation followed a zeroth-order reaction, indicating a constant reaction rate that is independent of dye concentration. Additionally, the role of reactive oxygen species in the degradation process was confirmed through the use of radical scavengers such as EDTA, IPA, and BQ. The inhibition of degradation upon the addition of these scavengers confirmed the involvement of ROS, particularly hydroxyl radicals ($\bullet\text{OH}$). The significant decrease in reaction rate with IPA and EDTA highlights the critical role of hydroxyl radicals and the importance of electronic flow for the photocatalytic process to proceed efficiently.

In Table I it is presented the recyclability potential of the herein produced catalyst. The recycling performance of the Fe-enriched catalyst was evaluated over eight cycles, with results indicating a gradual decline in both the degradation rate constant (k) and efficiency over time. Initially, the degradation rate constant was $0.791 \text{ mg L}^{-1} \text{ min}^{-1}$ during the first cycle, but it steadily decreased with each reuse, reaching $0.419 \text{ mg L}^{-1} \text{ min}^{-1}$ by the eighth cycle. This reduction in k suggests a loss in catalytic activity, which could be attributed to possible deactivation, fouling, or alteration of the catalyst's active sites. Correspondingly, the degradation efficiency followed a similar trend, starting at 100% during the first cycle and declining to 52.978% by the eighth cycle. The consistency of the data is supported by low standard deviation values across all cycles, with a slight reduction in variability after the fourth cycle. The decline in efficiency and rate constant after multiple cycles demonstrates that the catalyst could still be effectively reused up to eight times, which indicates a significant level of durability for extended applications before requiring regeneration or replacement. **Figure 3** - Optimization of the reaction conditions, where: (a) pH variation, (b) catalyst dosage and (c) H_2O_2 dosage. (d) Fitting of the data to the zeroth-order model. (e) Kinetic rates obtained when ROS scavenger were added to the degradation of 50 and 100 mg L^{-1} of RhB.



III SIMPPós

3º SIMPÓSIO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIPAMPA - CAMPUS CAÇAPAVA DO SUL



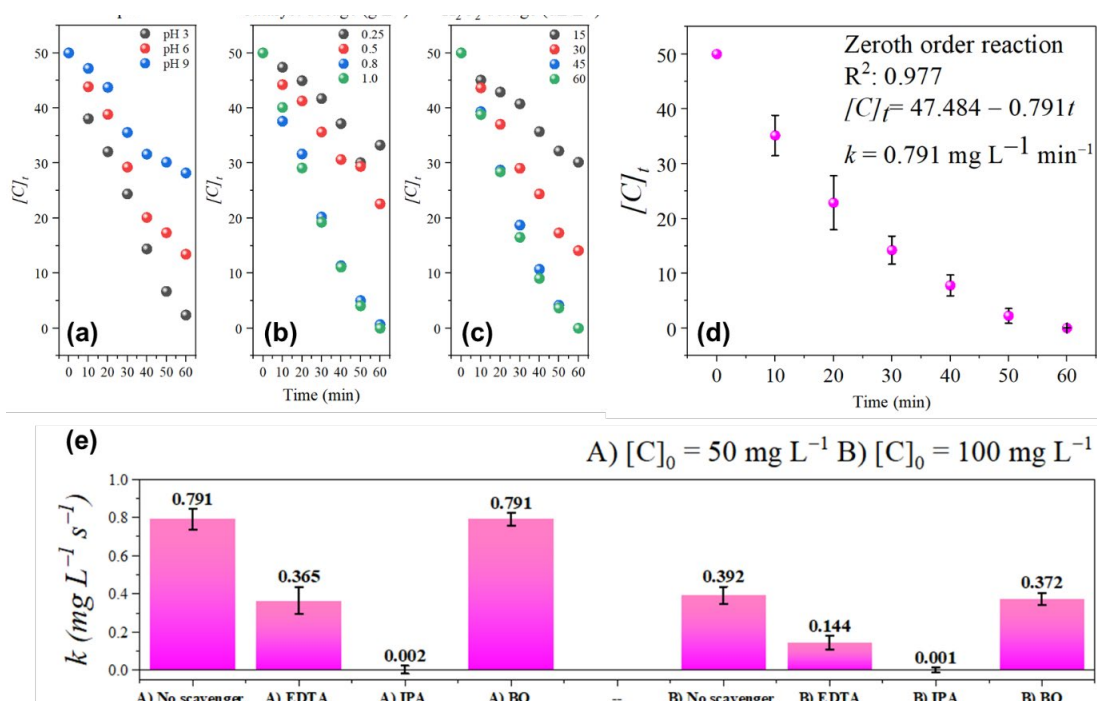


Table I - Recyclability of the Fe-enriched VRW catalyst for the degradation of RhB (50 mg L⁻¹, pH 3, catalyst dosage 0.8 g L⁻¹, H₂O₂ dosage of 60 μL L⁻¹)

Recycle n.	1	2	3	4	5	6	7	8
k (mg L⁻¹ min⁻¹)	0.791	0.702	0.617	0.568	0.494	0.460	0.432	0.419
Efficiency (%)	100.000	88.700	78.056	71.812	62.476	58.103	54.617	52.978
\overline{sd}	0.054	0.046	0.037	0.028	0.031	0.028	0.015	0.022

C – Application of the proposed treatment to the RW sample

In Fig. 4a, the industrial process of agate dyeing, commonly performed in agate processing industries, is shown. The figure highlights large dyeing tanks where cut agate pieces are immersed in a mixture of dyes and other components. The inset shows the subsequent stages of drying and separating the dyed pieces. Fig. 4b displays the raw wastewater (RW) sample collected from the dyeing process, which appears as a dark brownish-red liquid, indicative of high concentrations of RhB and other organic compounds.

The main characteristics of the RW sample are detailed in Table 2, revealing an initial RhB concentration of 1350.00±0.12 mg L⁻¹, a TOC load of 1957.00±15.00 mg L⁻¹, and an alcohol content exceeding 8.0%. To evaluate potential reaction challenges, a simulated effluent (SE) was prepared to mimic the RW's characteristics, as also described in Table 2. Due to these



characteristics presented by the RW sample, a SE sample was prepared mimic all the parameters of the RW sample, as also shown in Table 2. In **Fig. 4c**, the chromatographic method validation for RhB detection is presented. The retention time and maximum absorption wavelength of RhB were optimized for analysis, allowing accurate identification and quantification in both SE and RW samples.

Figure 4 - (a) Dyeing and separation stages of agate minerals. (b) RW sampled from the dyeing stage. (c) Optimized analytical parameters for the chromatographic run. (d) Initial and final color of the RW and SE samples treated. (e) RhB degradation rate in SE (black) and RW (pink) samples using the Fe-enriched VRW catalyst.

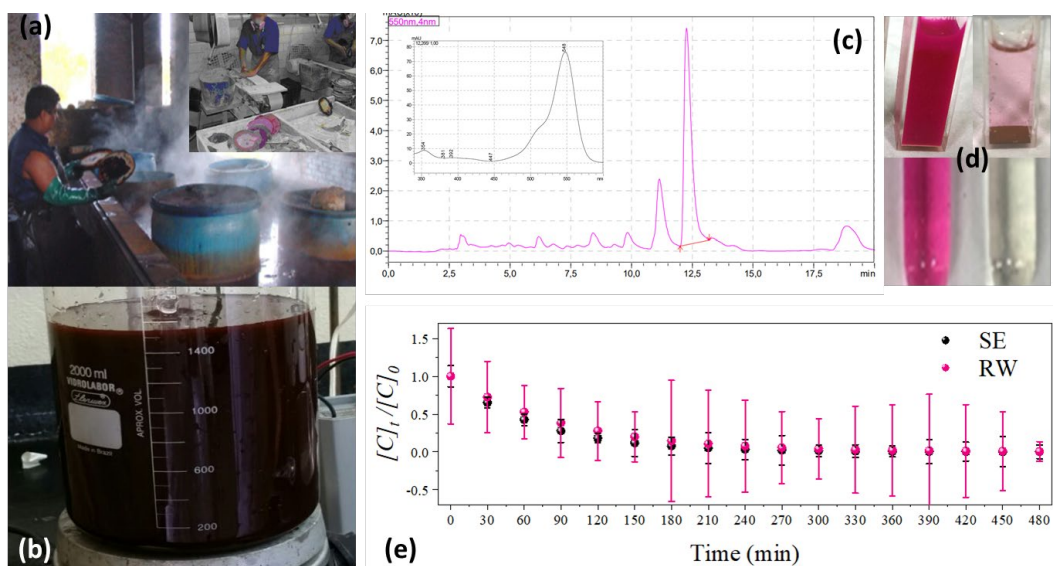


Table 2 - Physicochemical characterization of simulated effluent (SE) and raw wastewater (RW) samples. Results obtained after applying the optimal conditions identified in the proposed photocatalytic treatment (initial pH 3, catalyst dosage 0.8 g L^{-1} , H_2O_2 dosage, with $60 \mu\text{L L}^{-1}$).

Parameter*	SE	RW	Treated ES	Treated RW
RhB (mg L^{-1})	1000.00 ± 0.14	1350.00 ± 0.12	1.054 ± 0.091	7.986 ± 0.128
pH	3.00 ± 0.12	3.01 ± 0.17	5.04 ± 0.24	6.08 ± 0.47
TN (mg L^{-1})	145.11 ± 0.2	181.36 ± 0.84	0.00 ± 0.00	1.21 ± 0.14
Cl^- (aq.) (mg L^{-1})	80.52 ± 3.04	183.04 ± 15.01	21.12 ± 0.87	35.6 ± 1.21
TOC (mg L^{-1})	1816.00 ± 16.00	1957.00 ± 15.00	45.69 ± 7.45	98.75 ± 8.47
BOD ($\text{mg O}_2 \text{ L}^{-1}$)	1169.00 ± 3.00	1357.00 ± 2.00	32.0 ± 1.00	86.00 ± 4.00
Ethyl alcohol (%)	5.00 ± 0.5	8.35 ± 0.6	0.98 ± 0.04	1.25 ± 0.14

*n=3 (triplicates).



According to Table 2, the initial concentration of RhB in the SE was $1000.00 \pm 0.14 \text{ mg L}^{-1}$, while the RW exhibited a higher concentration of $1350.00 \pm 0.12 \text{ mg L}^{-1}$, reflecting the higher pollutant load from industrial processes. After treatment, the RhB concentrations were drastically reduced to $1.054 \pm 0.091 \text{ mg L}^{-1}$ in the SE and $7.986 \pm 0.128 \text{ mg L}^{-1}$ in the RW, demonstrating the treatment's effectiveness. Fig. 4d visually compares the color of the RW (top) and SE (bottom) samples before and after treatment. Prior to treatment, both samples exhibit a bright pink color characteristic of RhB. After treatment, the samples appear nearly colorless, confirming successful dye degradation in both cases. The pH of both samples was initially set to approximately 3, as acidic conditions favor Fenton-like reactions, with post-treatment pH values increasing to 5.04 ± 0.24 for the SE and 6.08 ± 0.47 for the RW. This pH increase indicates the neutralization effect of the treatment.

TN values were significantly higher in the RW ($181.36 \pm 0.84 \text{ mg L}^{-1}$) compared to the SE ($145.11 \pm 0.2 \text{ mg L}^{-1}$), likely due to additional organic or inorganic nitrogen sources in the real industrial effluent. After treatment, TN levels were reduced to non-detectable levels in the SE and minimized to $1.21 \pm 0.14 \text{ mg L}^{-1}$ in the RW. Chloride (Cl^{-}) concentrations were also higher in the RW ($183.04 \pm 15.01 \text{ mg L}^{-1}$) compared to the SE ($80.52 \pm 3.04 \text{ mg L}^{-1}$), reflecting the presence of more dissolved salts in the RW. Post-treatment, Cl^{-} levels decreased to $21.12 \pm 0.87 \text{ mg L}^{-1}$ in the SE and $35.6 \pm 1.21 \text{ mg L}^{-1}$ in the RW, indicating some removal but also the retention of dissolved ions after photocatalysis. The TOC levels were reduced significantly in both SE and RW samples. Initially, the TOC load was $1816.00 \pm 16.00 \text{ mg L}^{-1}$ in the SE and $1957.00 \pm 15.00 \text{ mg L}^{-1}$ in the RW, indicating high organic content. Post-treatment, TOC values dropped to $45.69 \pm 7.45 \text{ mg L}^{-1}$ in the SE and $98.75 \pm 8.47 \text{ mg L}^{-1}$ in the RW, demonstrating the treatment's efficiency in breaking down organic contaminants.

Biochemical oxygen demand (BOD) was initially higher in the RW ($1357.00 \pm 2.00 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$) than in the SE ($1169.00 \pm 3.00 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$). After treatment, BOD levels were reduced to $32.0 \pm 1.00 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$ in the SE and $86.00 \pm 4.00 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$ in the RW, indicating improved biodegradability of the treated wastewater. Finally, the alcohol content, expressed as ethyl alcohol, was $5.00 \pm 0.5\%$ in the SE and $8.35 \pm 0.6\%$ in the RW. After treatment, the alcohol content was reduced to $0.98 \pm 0.04\%$ in the SE and $1.25 \pm 0.14\%$ in the RW, demonstrating effective removal of alcohol compounds. This possibly occurred due to evaporation, as it is known that during the photocatalytic processes the temperature tends to increase between 5 to 25 °C.

Overall, Table 2 demonstrates the significant reductions in RhB concentration, organic content and other parameters after treatment, highlighting the effectiveness of the photocatalytic method for both simulated and real industrial wastewater. Finally, Fig. 4e shows the RhB



degradation rates in the SE and RW samples over 480 minutes. Both samples follow a similar degradation pattern, though the RW shows slightly lower efficiency, likely due to the presence of additional contaminants. Nevertheless, both samples exhibit significant reductions in RhB concentration, demonstrating the effectiveness of the Fe-enriched VRW catalyst for treating both real and simulated wastewater.

CONCLUSIONS

This research successfully developed a method to convert VRW into a nanometric catalyst for treating wastewater with high TOC, BOD and dyes concentration. The optimized conditions were achieved using the same acidic pH as the wastewater sample, which decreases the costs of the process. The reaction followed a zeroth-order kinetic model, indicating that it is governed by the formation of reactive species and independent from dye concentration, allowing its reproducible application to several types of wastewater with the most diverse characteristics. When applied to a RW sample with an initial RhB concentration of $1350.00 \pm 0.12 \text{ mg L}^{-1}$, the treatment effectively reduced RhB levels to $7.986 \pm 0.128 \text{ mg L}^{-1}$ after 480 minutes. Moreover, the TOC decreased from $1957.00 \pm 15.00 \text{ mg L}^{-1}$ to $98.75 \pm 8.47 \text{ mg L}^{-1}$, demonstrating the treatment's efficiency in breaking down organic contaminants. This demonstrates the method's efficacy and underscores the potential for utilizing VRW and other iron-enriched residues for wastewater treatment in mining operations.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors thank the companies in Nova Prata and Soledade mining districts for providing the VRW and wastewater samples used in this study.

REFERENCES

A. BENNETT, J.; WILSON, K.; F. LEE, A. Catalytic applications of waste derived materials. *Journal of Materials Chemistry A*, v. 4, n. 10, p. 3617–3637, 2016.

HARTMANN, L. A. et al. Controls on prolate and oblate geode geometries in the Veia Alta basalt flow, largest world producer of amethyst, Paraná volcanic province, Brazil. *Ore Geology Reviews*, v. 66, p. 243–251, 1 abr. 2015.

MISTURA, C. M. Catálise enzimática e nanopartículas magnéticas aplicadas ao tratamento de efluentes da indústria de tingimento de ágatas com corantes orgânicos. [s.l.: s.n.].



III SIMPPós

3º SIMPÓSIO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIPAMPA - CAMPUS CAÇAPAVA DO SUL



RAMOS, C. G. et al. A preliminary evaluation of volcanic rock powder for application in agriculture as soil a remineralizer. *Science of the Total Environment*, v. 512–513, p. 371–380, 5 abr. 2015.

RAMOS, C. G. et al. Nanoparticles generated during volcanic rock exploitation: An overview. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, v. 9, n. 6, p. 106441, 1 dez. 2021.

RIO GRANDE DO SUL. Resolução 355/2017: Dispõe sobre os critérios e padrões de emissão de efluentes líquidos para as fontes geradoras que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul. 2017.

SINDELAR, F. W. et al. Treatment of Effluent from the Agate Dyeing Industry Using Photodegradation and Electrodialysis Processes. *Separation Science and Technology*, v. 50, n. 1, p. 142–147, 2 jan. 2015.

SONG, B. et al. Volcanic rock: A new type of particle electrode with excellent performance, which can efficiently degrade norfloxacin. *Chemical Engineering Journal*, v. 426, p. 131940, 15 dez. 2021.

SUN, Y. et al. Biomass Derived low concentration CO₂ mixed Gas Combined Steam to Reform Methane through Ni based volcanic rock catalyst. *International Journal of Hydrogen Energy*, v. 47, n. 55, p. 23139–23150, 30 jun. 2022.

VALLE, C. D.; DORR, A. C. A comercialização de pedras preciosas no mercado nacional e internacional: uma análise da região do Médio Alto Uruguai do Rio Grande do Sul. *Revista Científica Hermes*, v. 27, p. 252–273, 1 maio 2020.

VILASBÔAS, F. D. S.; DOS SANTOS, C. R.; SCHNEIDER, I. A. H. Environmental Issues on the Industrial Processing of Raw Agate. *Geomaterials*, v. 07, n. 01, p. 13–24, 2017.

WANG, N. et al. A review on Fenton-like processes for organic wastewater treatment. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, v. 4, n. 1, p. 762–787, 1 mar. 2016.

ZANATTA, A. L. Plano de desenvolvimento com metodologia participativa – APL pedras, gemas e joias (Cidade Polo Soledade). [s.l.] Graffoluz Editora e Indústria Gráfica Ltda, 2014.



III SIMPPós

3º SIMPÓSIO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIPAMPA - CAMPUS CAÇAPAVA DO SUL



ESTUDO DE CASO DE DOENÇAS RESPIRATÓRIAS COM EMISSÃO DE POLUENTES PELA USINA TERMELÉTRICA DE CANDIOTA

**CARVALHO, A. C. - Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA;
NOVAES, R. – Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA;
WAGNER, C. – Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA.**

Palavras-Chave: Dióxido de enxofre, Doenças pulmonares, Termelétrica.

Resumo: Este estudo investigou a correlação entre doenças pulmonares (asma, bronquite, enfisema e pneumonia) e a Usina Termelétrica de Candiota. Foram analisadas taxas de morbidade em Candiota, Pinheiro Machado e Aceguá. Os resultados indicaram que Candiota, onde está localizada a usina, apresentou menores taxas de morbidade, não evidenciando uma relação direta entre as doenças e a atividade da usina. Embora o dióxido de enxofre, associado a problemas respiratórios, esteja presente na região, a conexão direta com as doenças não foi estabelecida. A alta morbidade em Aceguá sugere que fatores externos, possivelmente relacionados a práticas agrícolas ou hábitos como fumar, possam estar influenciando a saúde respiratória na área.

INTRODUÇÃO

O carvão mineral é conhecido por sua coloração preta, podendo variar de acordo com sua classificação, é um minério extraído do subsolo pelos métodos de extração, lavra a céu aberto ou lavra subterrânea, é considerado um combustível fóssil sólido formado a partir de matéria orgânica, depositado em bacias sedimentares. No entanto a primeira jazida de carvão mineral instituída no Brasil foi no ano de 1855, em Arroio dos Ratos. O Estado do Rio Grande do Sul é uma das regiões mais importantes do Brasil em termos de produção de carvão mineral, pois, a cidade abriga a maior jazida do país, a mina é operada pela Companhia Riograndense de Mineração (CRM). Candiota, localizada no estado do Rio Grande do Sul, com uma população



III SIMPPós

3º SIMPÓSIO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIPAMPA - CAMPUS CAÇAPAVA DO SUL



média de 10.710 habitantes, situada a 400 km ao sul de Porto Alegre, é uma das regiões mais importantes do Brasil em termos de produção de carvão mineral. A cidade abriga a maior jazida de carvão do país, na Usina Termelétrica Presidente Médici (Usina Candiota), o carvão é utilizado na geração de energia elétrica (Lopes,2017).A seguir na figura 1, é possível observar a localização da usina termelétrica, e das cidades envolvidas no estudo.A mineração e utilização de carvão como fonte de calor nas usinas pode estar associada a várias doenças respiratórias devido à exposição a partículas finas, gases tóxicos e poeira de carvão.A relação direta entre asma e material particulado foi estudada por Amancio e Nascimento (2012) que estabeleceram uma relação de material particulado, ozônio e dióxido de enxofre com a asma. Segundo os autores o dióxido de enxofre (SO_2) age como um irritante respiratório, com a capacidade de se depositar nas regiões mais distantes das vias aéreas superiores e no tecido pulmonar. Sugere-se que os efeitos adversos resultantes da exposição a esses poluentes ambientais apresentam um padrão de defasagem (lag), indicando que um indivíduo exposto a um poluente em um determinado dia pode manifestar uma crise aguda de asma alguns dias depois. Já Nunes (2021) mostrou a ocorrência de doenças pulmonares como possível doença ocupacional em trabalhadores de vinícolas devido a exposição ao dióxido de enxofre mostrando que a exposição profissional a este poluente pode comprometer a saúde e segurança dos trabalhadores.Ainda segundo o autor a presença desse composto químico no ambiente laboral está associada ao surgimento de doenças respiratórias, como a asma, bem como ao agravamento de outras patologias pulmonares e cardiovasculares e isso se reflete no aumento dos sintomas respiratórios e na incidência de bronquite crônica.Ainda, segundo Castro *et al* (2013), estudos epidemiológicos evidenciam uma ligação entre a poluição do ar e a elevada taxa de morbidade e mortalidade relacionadas a doenças respiratórias e câncer de pulmão. A autora destaca que estudos controlados indicam alterações na função pulmonar e o surgimento de sintomas respiratórios após breves períodos de exposição ao dióxido de enxofre (SO_2). O presente trabalho tem como objetivo analisar o impacto das emissões de dióxido de enxofre provenientes das chaminés da usina termoelétrica de Candiota sobre a prevalência de quatro doenças respiratórias — asma, bronquite, enfisema e pneumonia — nas cidades de Candiota, Pinheiro Machado e Aceguá, no estado do Rio Grande do Sul. A pesquisa busca compreender a correlação entre a poluição atmosférica por particulados e a incidência dessas enfermidades nas regiões afetadas.

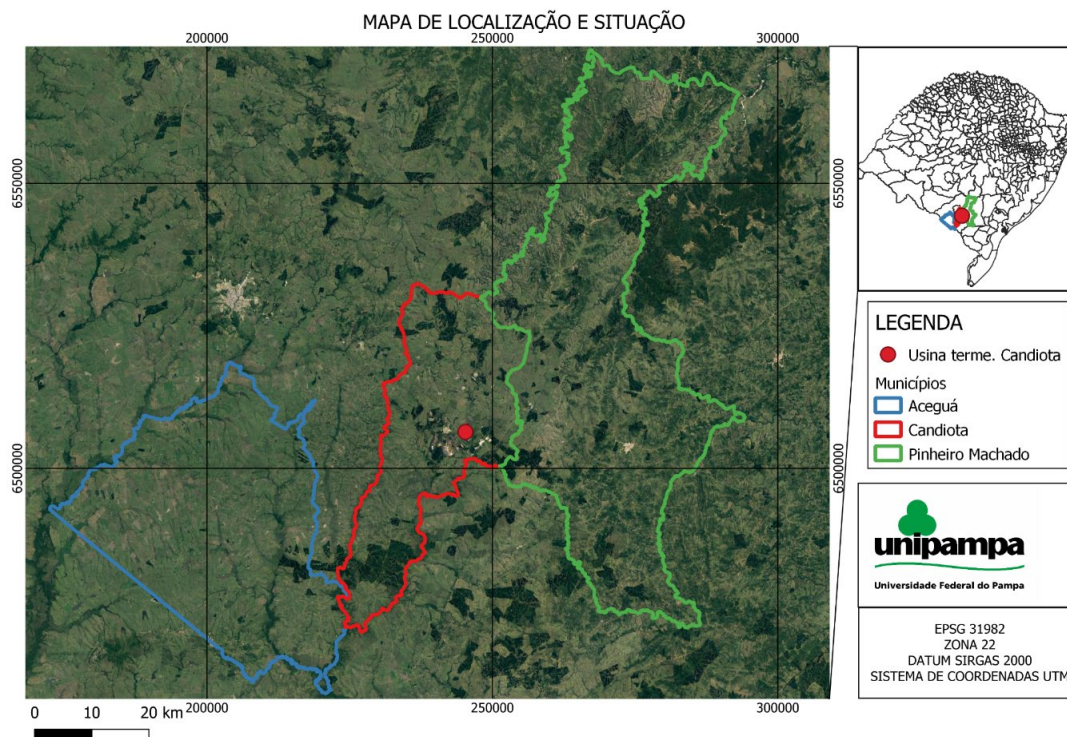


III SIMPPós

3º SIMPÓSIO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIPAMPA - CAMPUS CAÇAPAVA DO SUL



Figura I - Mapa de localização e situação da área.



METODOLOGIA

Os municípios analisados foram selecionados devido à proximidade com a usina termelétrica e à semelhança no número de habitantes, visando estabelecer um padrão de exposição às emissões dos gases gerados pela usina, bem como às condições de vida da população local. Candiota, localizada a cerca de 2 km a sudeste da usina, possui aproximadamente 10.710 habitantes. Aceguá, situada a cerca de 82 km a oeste da usina, conta com cerca de 4.170 habitantes, enquanto Pinheiro Machado, a cerca de 42 km a oeste, abriga aproximadamente 11.214 pessoas. Os dados epidemiológicos foram obtidos através do DATUSUS, com o intuito de cruzar dados de contaminação ambiental com dados públicos de saúde, levantando a problemática se há relação do material particulado gerado. A morbidade para as doenças foi estabelecida a partir de dados coletados sobre internações para as respectivas doenças no DATASUS entre os anos de 2008 e 2022 para os municípios de Candiota, Pinheiro Machado e Aceguá. Os dados populacionais foram interpolados a partir dos censos de 2010 e 2022. As informações sobre a qualidade do ar foram obtidas do IBAMA, referentes ao licenciamento ambiental da usina termelétrica. A prevalência das doenças foi calculada a partir do número de casos da doença por município relacionado com a população do município e estimado o número de casos para cada mil (1000) habitantes.



III SIMPPós

3º SIMPÓSIO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIPAMPA - CAMPUS CAÇAPAVA DO SUL



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após levantamento dos dados, foi encontrado que para a asma há uma tendência de crescimento nos casos, à partir de 2016, para os municípios de Candiota (variando de 0,1 a 0,6 casos/1000 hab no período, com média de 0,219 casos/1000 hab por ano) e Pinheiro Machado (variando de 0 à 0,6 casos/ 1000 hab no período, com média de 0,256 casos/1000 hab por ano). Já o município de Aceguá apresenta o maior número de casos (variação de 0,2 à 1,91 casos/ 1000 hab, com média de 0,91 casos/1000 hab/ano) aumentando partir de 2011, com uma média de casos quatro vezes maior do que os outros dois municípios avaliados. Os dados para bronquite revelaram que no município de Candiota o número de casos para doença variou entre 0 à 0,8 casos/1000 hab no período de estudo, sendo a média de 0,288 casos/1000 hab/ano. Para o município de Pinheiro Machado, houve uma variação de 0 à 0,35 casos/1000 habitantes, sendo a média de 0,194 casos/1000hab/ano. Já o município de Aceguá apresentou uma variação entre 0 e 0,68 casos/ 1000 hab. por ano, com uma média de 0,123 casos/1000 hab/ano. Não foi observado uma diferença consistente entre os municípios. Os dados para enfisema mostram que, o município de Candiota apresentou as menores taxas da doença, tendo uma variação entre 0 à 0,79 casos /1000 hab no período de estudo, com uma média de 0,398 casos/1000 hab/ano. Já os municípios de Pinheiro Machado (0,348 à 7,36 casos/1000hab) e Aceguá (0,98 à 7,27 casos/hab). Esses dois municípios apresentaram taxas bem maiores para a prevalência da doença, tendo ambos os municípios uma média de 3,06 casos/ hab / ano de estudo, um índice dez vezes maior que o do município de Candiota. Quando avaliados os dados para os casos de pneumonia, foi observado que Candiota (0,85 à 3,45 casos/1000 hab, média de 2,125 casos/ 1000 hab/ano) e Pinheiro Machado (0,479 à 8,75 casos/ 1000 hab, com média 3,938 casos/ 1000 hab/ano) apresentaram a menor prevalência para a doença. Já o município de Aceguá, apresentou um aumento de 2,5 vezes no número de casos em comparação com o município de Pinheiro Machado. Os dados para o município de Aceguá variaram entre 3,65 à 16,82 casos/1000 hab, com uma média de 9,890 casos/1000 hab/ano. Segundo o relatório do IBAMA (2014) sobre as liberações diárias de SO₂ pela usina de Candiota no dia 16/04/2015 de monitoramento houve violação do padrão secundário de SO₂ para a média diária (0,058 ppm) na estação denominada Candiota, localizada na Vila Dario Lassance (vizinha à Usina). No mês de março de 2016 o relatório produzido pelo IBAMA, apresentou o registro de uma “ocorrência no dia 02/03/2016 de concentração superior ao padrão secundário vigente para média de 24 horas, que é de 100µg/m³, conforme resolução CONAMA 03/1990”, do parâmetro Dióxido de Enxofre na Estação Candiota (151,9µg/m³). Ainda sobre o referido relatório, o monitoramento do mês de abril de 2016 citado como “relatório nº 57” apresentou o registro de uma “ocorrência no dia 12/04/2016 de concentração superior ao padrão secundário vigente para média de 24 horas, que é de 100 µg/m³, conforme resolução CONAMA 03/1990”, do parâmetro Dióxido de Enxofre na



Estação Candiota (113,98 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Importante salientar que, apesar dos excessos, é notado que o monitoramento foi extensivamente feito por aproximadamente 16 meses, e que as extrapolações, no ponto de vista temporal dos gráficos acima apresentados, foram pontuais. Apesar disso, observamos no trabalho que esse município apresentou as menores médias para as doenças estudadas. Mais estudos precisam ser feitos para avaliar o deslocamento dos gases produzidos pela Usina de Candiota, visto que o alcance de deslocamento do SO_2 é bastante amplo, podendo chegar aos municípios vizinhos, dependendo da direção dos ventos no período.

CONCLUSÕES

Portanto, diante do acima exposto é possível concluir que a cidade de origem da usina termelétrica Candiota não apresenta dados alarmantes nos casos das doenças pulmonares avaliadas neste estudo, sendo em muitos casos a cidade com menor número de casos historicamente. Mediante a este cenário é possível inferir que a usina sendo tradicionalmente alvo de fiscalizações e monitoramentos ambientais detém controle dos poluentes atmosféricos emitidos, uma vez que este estudo não encontrou nenhuma relação com as patologias estudadas com a localidade em questão. A cidade de Aceguá, todavia teve dados alarmantes liderando os casos das doenças pulmonares avaliadas, destoando das demais principalmente para os casos de pneumonia, enfisema e asma, levantando assim a hipótese de algum agente poluente estar causando este aumento de casos. Especula-se uma relação com a agricultura, pois o município produz soja, arroz e milho, ou ainda outras influências relacionadas à hábitos da população como o uso de tabaco. Para pesquisas futuras, sugere-se a investigação da liderança dos números de casos de doenças pulmonares em Aceguá e deslocamento de gases produzidos pela usina de Candiota, ou o papel de outra atividade econômica/ cultural que possa estar relacionada aos achados do trabalho. Sabe-se que a cidade de Aceguá historicamente tem economia baseada na agropecuária, e que alguns estudos estabelecem relação entre agropecuária e doenças pulmonares, apesar desta correlação ser complexa e multifatorial. A complexidade dessas interações destaca a importância de estudos epidemiológicos para compreender os riscos específicos e desenvolver práticas mais sustentáveis em termos de saúde pulmonar. Ainda, é fundamental que os mineiros de carvão usem equipamentos de proteção individual adequados, como máscaras respiratórias, para minimizar a exposição a esses agentes nocivos. Além disso, medidas de controle de poeira e ventilação nas minas são essenciais para reduzir o risco de doenças respiratórias associadas à mineração de carvão. A implementação de políticas e regulamentos de segurança ocupacional também desempenha um papel crucial na proteção da saúde dos trabalhadores da mineração de carvão.



III SIMPPós

3º SIMPÓSIO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIPAMPA - CAMPUS CAÇAPAVA DO SUL



REFERÊNCIAS

Lopes, M. (2017). *História da mineração de carvão no Brasil*. Editora XYZ.

Amancio, C.T., & Nascimento, L. F. (2012). *A relação de material particulado, ozônio e dióxido de enxofre com a asma*. Revista de Saúde Pública, 46(5), 889-897.

Nunes, A. P. (2021). *Doenças pulmonares como possíveis doenças ocupacionais em trabalhadores expostos ao dióxido de enxofre*. Revista Brasileira de Medicina do Trabalho, 19(2), 75-82.

Castro, H. A., et al. (2013). *Poluição do ar e doenças respiratórias: uma revisão epidemiológica*. Ciência & Saúde Coletiva, 18(4), 1233-1245.

Negrisoni, J., & Nascimento, L. F. (2013). *Efeitos dos poluentes atmosféricos em crianças: Uma análise das principais doenças*. Jornal de Pediatria, 89(5), 456-462.

IBAMA (2016). *Relatório de monitoramento da qualidade do ar na região de Candiota*. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis.



III SIMPPós

3º SIMPÓSIO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIPAMPA - CAMPUS CAÇAPAVA DO SUL



ENGENHARIAS

CORRELATION OF LITHOLOGICAL AND GEOPHYSICAL DATA TO IDENTIFY ANOMALOUS CONCENTRATIONS OF RARE EARTH ELEMENTS IN ROCKS AND PLANTS IN THE LAVRAS DO SUL INTRUSIVE COMPLEX

WOLLMANN, F. S - Federal University of Pampa - UNIPAMPA;
FRIES, M - Federal University of Pampa - UNIPAMPA;
ALMEIDA, D.D.P.M - Federal University of Pampa - UNIPAMPA;
ROSA, M.B - Federal University of Santa Maria - UFSM;
WAGNER, C - Federal University of Pampa - UNIPAMPA;
ABICHÉQUER, L.A - Federal University of Pampa - UNIPAMPA.

Keywords: Rare Earth Elements, Data Analysis, Applied Geophysics.

Abstract: The rare earth elements are seventeen transition metals considered to be third wave elements due to their use in renewable energies, metallurgy and high-tech industry. They are found in rocks associated with the earth's crust, such as granites, and in plants due to the absorption of these elements by the rhizosphere through the rock substrate. This study sought to correlate lithological and geophysical data to identify anomalous concentrations of rare earth elements in rocks and plants in the Lavras do Sul Intrusive Complex. With this goal were used total geochemical data from rocks and plants available in the literature and built magnetometry and gamma spectrometry geophysical maps, that could help to identify distribution patterns of elements such as thorium and potassium and the magnetic behavior of the rocks.

INTRODUCTION

According to the International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC), rare earth elements (ETRs) are part of the transition metal family, made up of seventeen elements,



III SIMPPós

3º SIMPÓSIO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIPAMPA- CAMPUS CAÇAPAVA DO SUL

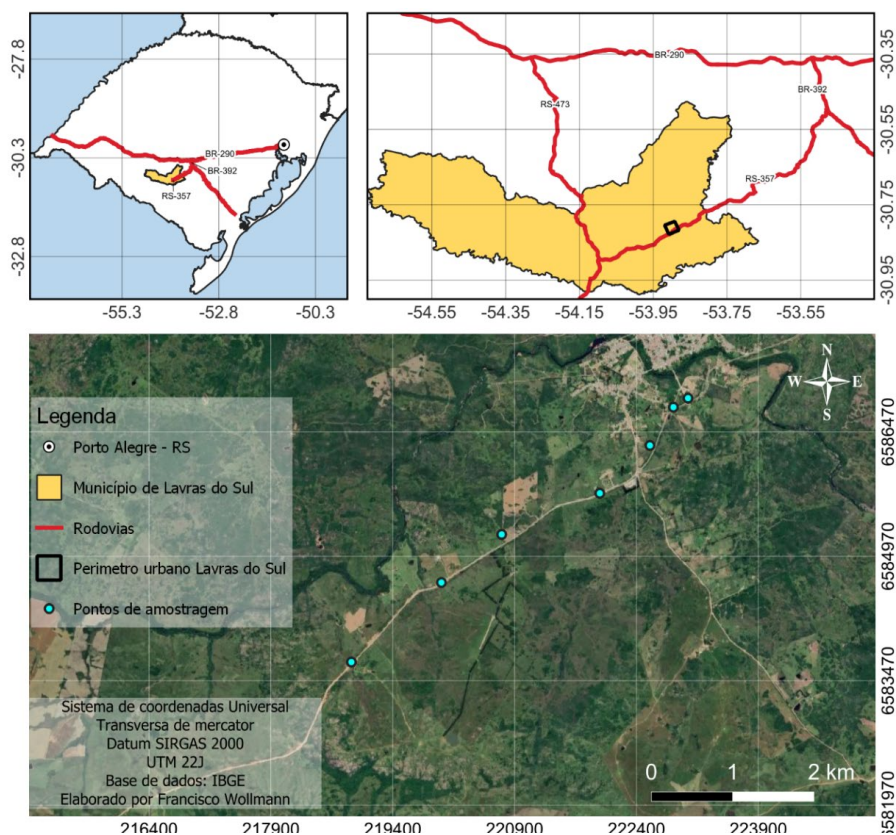


fifteen of which belong to the lanthanide group, along with yttrium and scandium (CHAKHMOURADIAN; WALL, 2012). These elements have been gaining notoriety due to their wide application in the area of renewable energies, the oil industry and also in the high-tech industry (TAKEHARA et al., 2015).

The occurrence of ETRs is common in the Earth's crust and is associated with different types of lithology, present in accessory minerals in granites, carbonatites and placer-type deposits, with the formation of these rocks being influenced by hydrothermal processes, magmatic differentiation and as derivatives of surface processes, such as weathering (TAKEHARA et al., 2015). In addition to rocks, plants tend to reflect the concentration of ETRs present in the substrate of rock origin, through the interaction between roots and soil (CUNHA; NARDI; FORMOSO, 2010).

The study area is in Lavras do Sul, 320km southwest of Porto Alegre and 60km south of Caçapava do Sul. The study area is part of the Lavras do Sul chart (SH-Y-A-V-IV-3MI) and corresponds to a Northeast - Southwest profile about 6km long, containing 7 rock samples and 7 plant samples (Figure 1).

Figure 1 - Study area location map.



Source: Adapted from Fundação Instituto de Geografia e Estatística - IBGE (2020).



In Lavras do Sul, in the granitic rocks of the Lavras do Sul Intrusive Complex (CILS), the occurrence of these elements was mapped in association with accessory minerals in the rocks, such as hydrothermal monazite, amphibole and titanite (MEXIAS, 2000). The CILS is made up of monzogranites and granodiorites, which are rocks belonging to the core of the complex, and syenogranites and pertite granites representing the edge rocks (NARDI, 1984). Another division for the CILS is that of Gastal et al. (2006) separating the complex into north and south, where to the north there is the Tapera monzonite made up of quartz monzonite, monzonite, monzodiorite and diorite and to the south the Arroio Jacques monzodiorite made up of diorites and monzodiorites surrounding the main body (Figure 2).

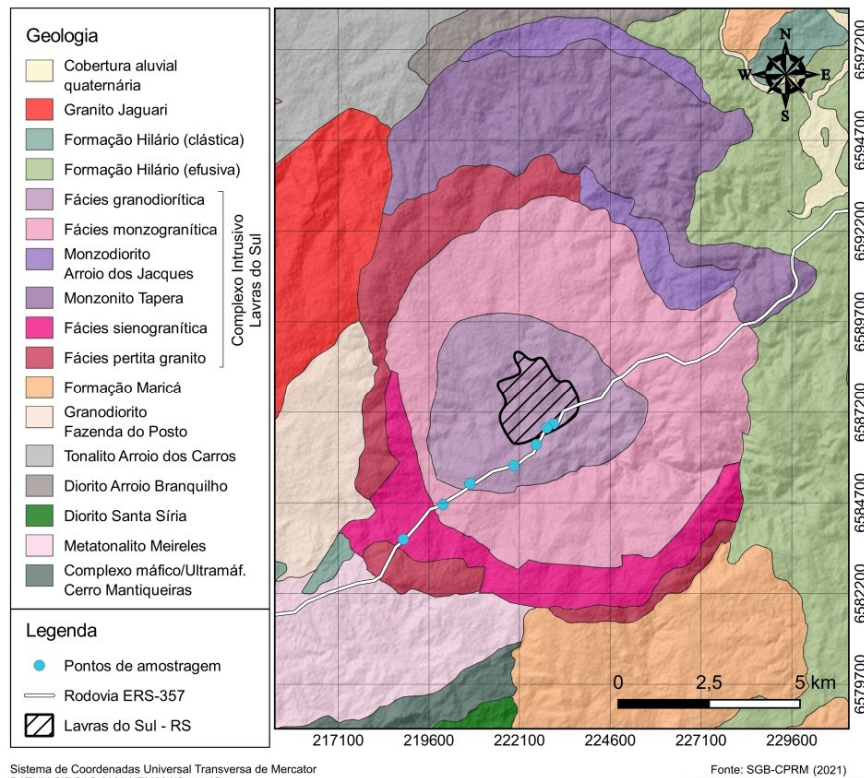
Geophysics is a great ally when it comes to identifying anomalous concentrations of ETRs, and the geophysical methods of gamma spectrometry and magnetometry are often used. Gamma spectrometry identifies the radio elements uranium (U), thorium (Th) and potassium (K) due to the decay of the radioactive isotopes of these elements which release energy via alpha (α), beta (β) and gamma (γ) particles, where gamma particles can be detected by the radiometric method (Kearey; Brooks; Hill, 2009). Rare earth elements have a positive correlation with thorium and potassium, which occurs due to the presence of these elements in minerals rich in ETRs, such as monazite and zircon, which have thorium in their chemical composition, and because alkaline fluids rich in potassium are concentrators of these elements (SAPUCAIA, 2004; SHAH et al., 2021; SHIVES; CHARMBONNEA; FORD, 2000; ROCHA, 2012).

Rare earth elements are usually non-magnetic or weakly magnetic, but when a magmatic intrusion occurs, the host rocks tend to generate circular magnetic signatures that can be identified using magnetometry (THOMAS, FORD & KEATING, 2015).

The aim of this work is to verify the contribution of geophysical methods to identifying anomalous concentrations of ETRs, seeking correlation with geological and geochemical data available in rock and plant samples.



Figure 2 - Geology of the study area



Source: Extracted and adapted from Geological Survey of Brazil (2021)

METHODOLOGY

A literature review was carried out to define the study area and the context of ETR in rocks and plants. From this study, it was decided to use rock and plant geochemical data whose concentrations were obtained by ICP-MS and FUS-MS methods, available in the work by Barreiro (2017).

The magnetometry and gamma spectrometry geophysical data used is openly available to the public (SERVIÇO BRASILEIRO DE GEOLOGIA - SBG, 2010). The data was collected by means of an aerogeophysical survey with line spacing of 500 meters, oriented in the North - South and East - West directions, and the interpolation of this data was done by Bidirectional Line Gridding kriging with 125m cells. The maps generated from the geophysical data were built using the free QGIS 3.28 software.

Five rare earth elements were chosen for analysis: lanthanum (La), cerium (Ce), neodymium (Nd) and gadolinium (Gd) because they are the most abundant ETRs in the database. From these, maps were made of the location of the variables of interest using the GSLib software and correlation maps with geophysical data.



III SIMPPós

3º SIMPÓSIO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIPAMPA - CAMPUS CAÇAPAVA DO SUL



RESULTS AND DISCUSSION

Based on the geochemical data of the rock and plant samples, Table I was generated, showing the results of some major, trace and ETR elements of interest. Silicon dioxide (SiO_2) was analyzed due to its abundance in the database, titanium dioxide (TiO_2) has a correlation with titanite, according to Gastal et al. (2006), a carrier of rare earth elements, and potassium dioxide (K_2O) due to the chemical affinity of ETRs with alkalis (ANEMBURG et al., 2020).

Table I - Concentration of major, trace and ETR elements in rocks and plants.

SiO_2r	70,96	69,84	70,58	69,22	74,41	69,63	71,95
SiO_2p	2,24	6,17	1,58	1,69	2,36	2,82	1,58
K_2Or	3,94	3,52	3,66	3,26	4,18	3,42	4,97
K_2Op	1,90	2,20	1,83	1,76	1,52	1,38	1,55
TiO_2r	0,25	0,29	0,26	0,28	0,31	0,32	0,27
TiO_2p	0,0070	0,022	0,0030	0,0070	0,0070	0,014	0,006
$\text{Fe}_3\text{O}_2\text{r}$	2,27	2,21	2,16	2,50	1,79	2,64	2,54
$\text{Fe}_3\text{O}_2\text{p}$	0,04	0,14	0,02	0,05	0,04	0,10	0,05
ppm							
Thr	10,60	10,70	9,10	9,00	9,50	10,70	22,20
Thp	1,80	6,30	0,80	3,90	2,40	11,00	5,40
Lar	24,40	15,10	23,70	26,30	44,90	36,10	62,80
Lap	5,70	23,20	4,00	35,70	11,10	130,00	89,90
Cer	47,20	38,10	44,50	49,70	41,30	62,30	129,00
Cep	11,00	38,10	6,40	47,40	18,60	135,00	85,70
Ndr	18,80	13,00	16,40	19,20	25,90	24,20	62,40
Ndp	2,90	14,50	2,30	19,30	7,70	86,40	66,90
Gdr	2,90	2,30	2,10	2,50	2,80	3,20	11,70
Gdp	0,40	1,80	0,30	2,00	1,10	13,60	10,50
Yr	12,00	10,00	9,00	11,00	11,00	14,00	47,00

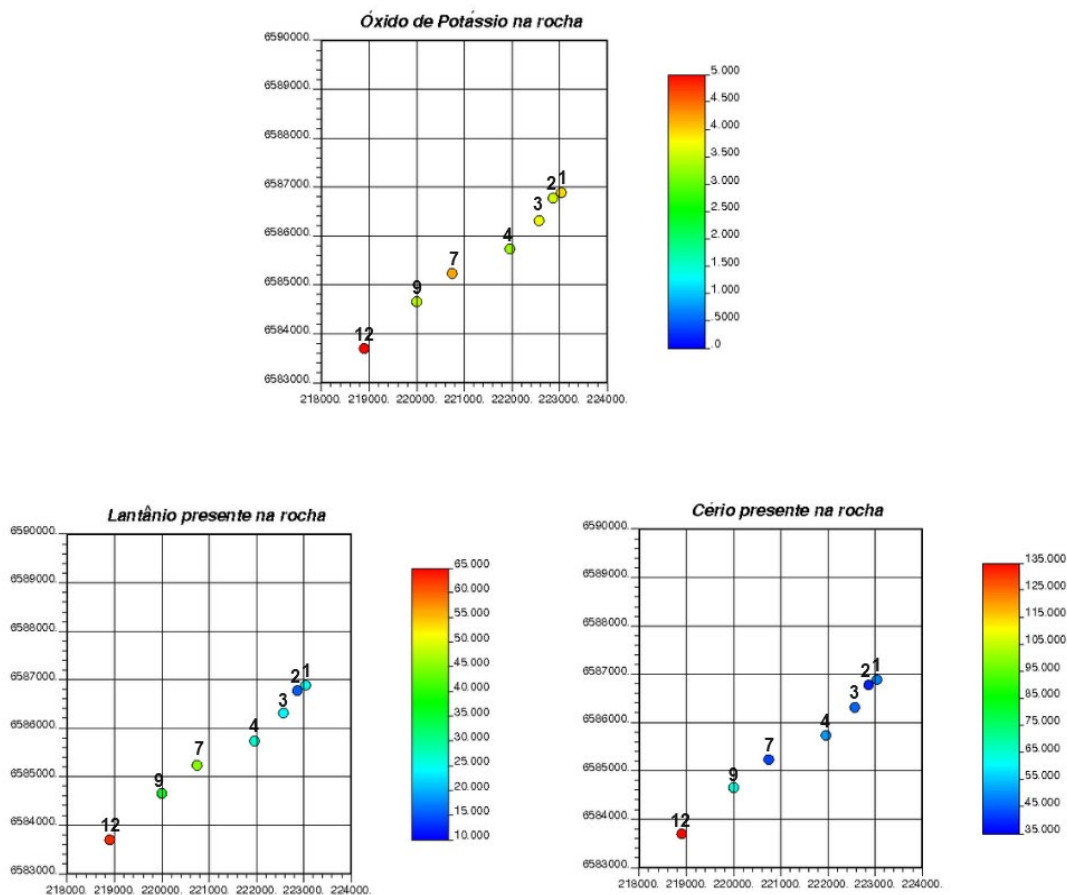
Source: Author

Samples 1, 2, 3, 4 and 7 are granodiorite, sample 9 is monzogranite and sample 12 is syenogranite. The CILS syenogranite is a potassium-rich rock, due to the influence of alkaline fluids in its formation, which gave rise to alkali feldspar and because it has titanite, rich in ETRs, as one of its accessory minerals (GASTAL et al., 2006; GASTAL et al., 2015). These relationships can be seen in Table I, since the potassium dioxide in the rock (K_2Or) and the ETRs are more concentrated in sample number 12. Figure 3 shows this relationship between the increase in potassium oxide and rare earth elements.



Thorium, a lithophile radioelement, which has a greater affinity with acidic igneous rocks such as syenogranite and is one of the components of monazites and apatites, which are rich in ETRs (GASTALI; LAFON, 1998; SAPUCAIA, 2004), also has a higher concentration in sample number 12, which explains the higher concentration of ETRs in syenogranite (Figure 4).

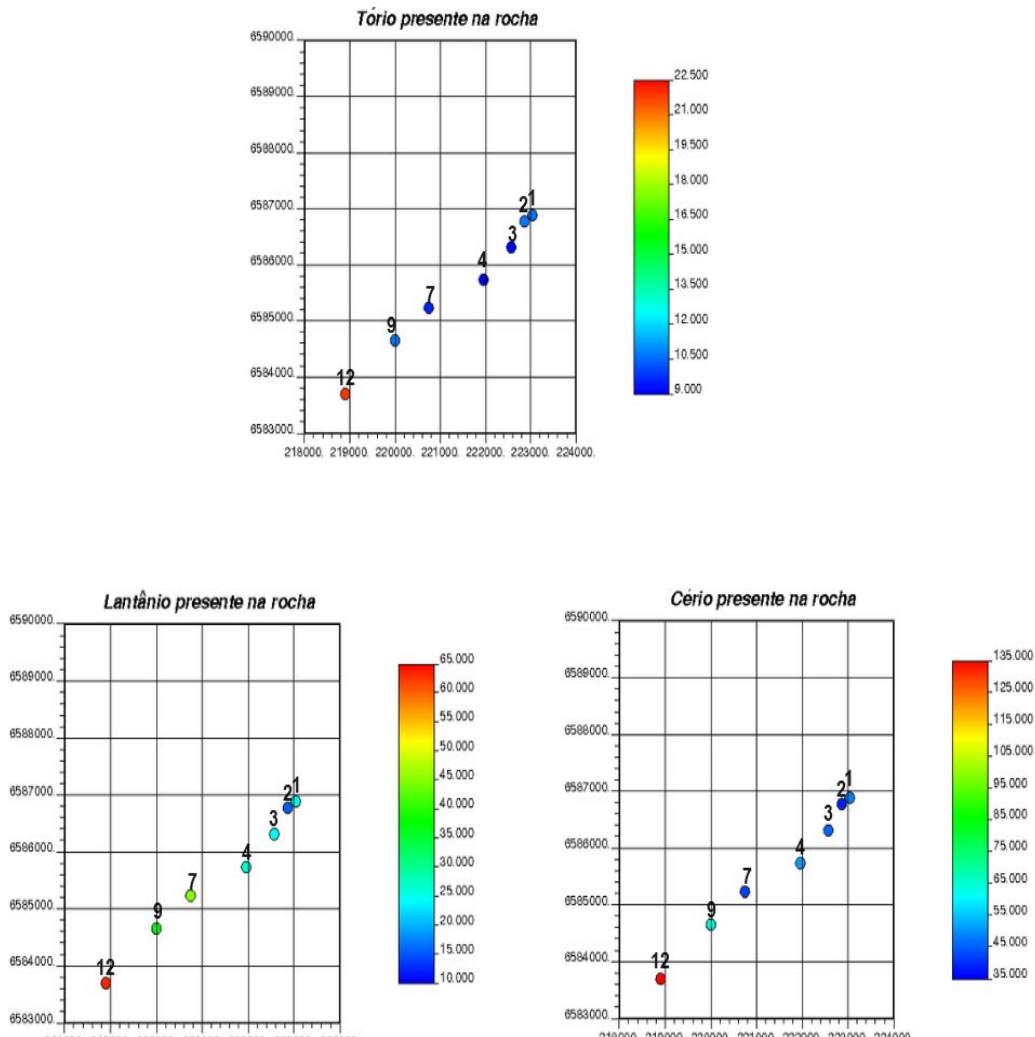
Figure 3 – Location map of potassium oxide and ETRs in the rock.



Source: Author



Figure 4 – Location map of thorium and ETRs present in the rock.



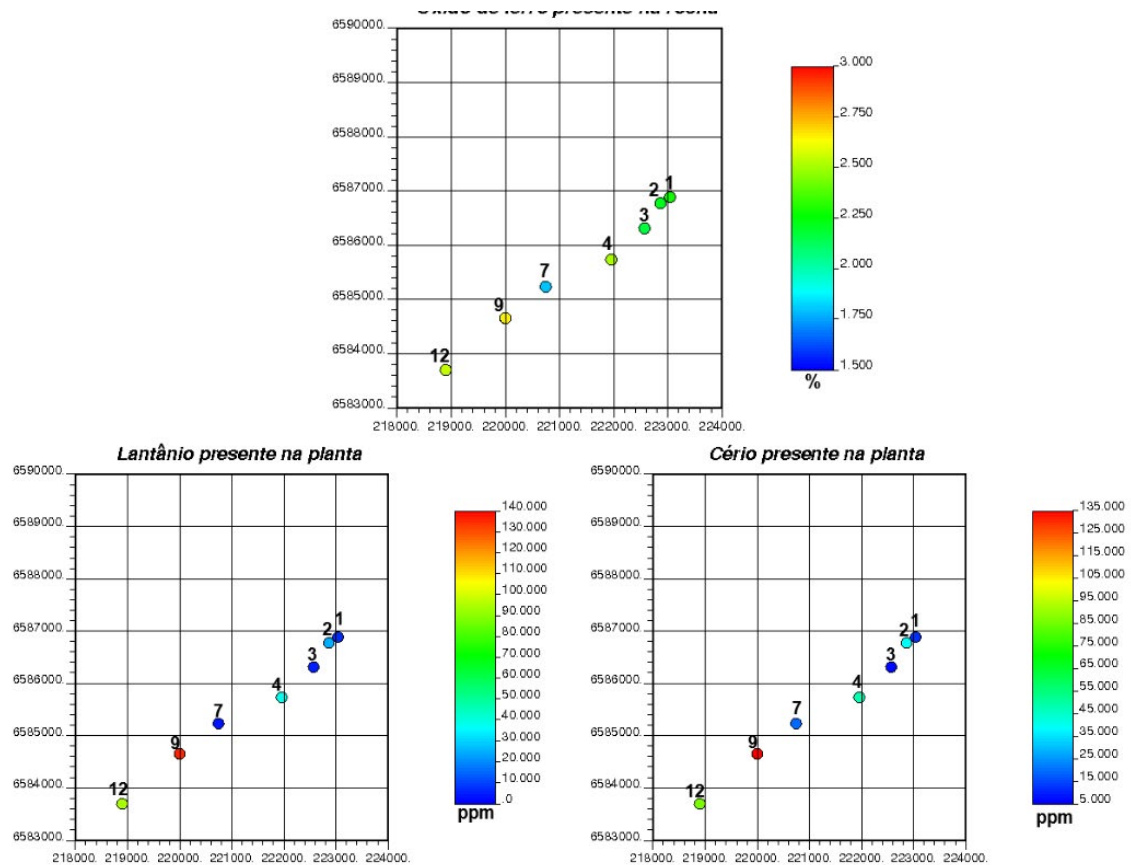
Source: Author

As for the ETRs present in the plants, the highest concentration occurred in sample number 9, the monzogranite. This correlation is linked to the greater presence of iron dioxide in this rock (Fe_2O_3r). According to BRIOSCHI et al. (2012), the mechanism by which plant roots absorb iron and its oxides is very similar to the mechanism by which plant roots absorb ETRs, so iron acts as a filter for trace elements.

This relationship is clear in Figure 5, where the map showing the location of iron dioxide and ETRs such as cerium and lanthanum clearly shows a higher concentration of these elements in sample number 9.



Figure 5 – Location map of iron oxide in the rock and ETRs present in plants.



Source: Author

To help analyze the geochemical and lithological data and better understand the spatial relationship of the ETRs, three geophysical maps were constructed: a thorium (eTh) equivalent map (Figure 6A), a potassium anomaly map (Figure 6B) and a magnetic anomaly map (Figure 6C).

Figures 6A and 6B are in agreement with the results found above, since potassium and thorium are radioelements that have a positive correlation with ETRs and are frequently found in CILS granitoids, especially in the more alkaline rim rocks (GASTAL et al., 2006; CHAVES, 2012).

Comparing the thorium location maps with the geophysical maps, it is noticeable that the more to the southwest you are in the profile, the more alkaline the composition of the edge rocks and their late formation in relation to the center of the complex. Enrichment was also favored by the presence of fluids rich in alkaline feldspar and the formation of hydrothermal monazite, a mineral rich in rare earths and thorium (GASTAL; LAFON, 1998; CHAVES, 2012). This relationship can also be seen in Table I, where sample number 12 has twice as much

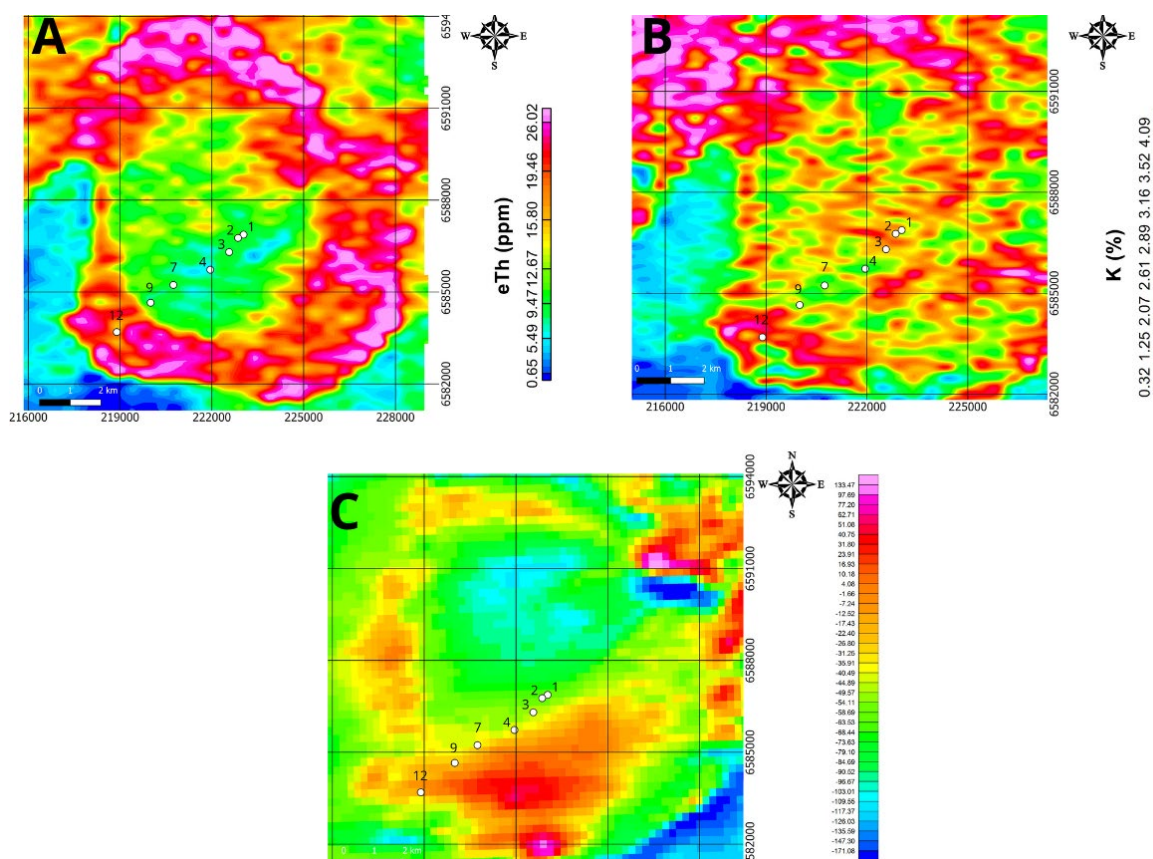


thorium as the others, demonstrating the relationship between thorium and rocks with a more alkaline composition, such as syenogranite.

With regard to potassium, as it is common in granitic rocks due to the aluminosilicates present in their composition (SAPUCAIA, 2004), there is a more homogeneous distribution, as can be seen in figure 6 B. Even so, a behavior similar to that of thorium is noticeable, with an increase towards the southwest (SW), where the syenogranite is located, which has a high concentration of alkali feldspar (GASTAL et al., 2015).

In figure 6C, it is possible to see a circular, horseshoe-shaped pattern on the edges of the complex showing greater magnetism. This pattern was observed by Jambor and Sinclair (1998) and Satterly (1970), where alkaline intrusions with this pattern tend to accumulate a greater quantity of ETRs. It can also be seen that sample number 9 is closer to the magnetic anomaly to the southeast, which explains the higher concentration of iron oxide and consequently higher concentration of ETRs in the plants.

Figure 6 – Geophysics maps of Eth, K and magnetometry



Source: Author



CONCLUSIONS

Based on the data described above, it was possible to identify the relationship between geochemical data and lithology with the concentration of rare earth elements, where in rocks richer in alkali and thorium there is a greater accumulation of these elements.

The plants showed a similar result, since the iron oxide in the rocks indirectly influences the concentration of ETRs, since this concentration also depends on pedogenetic factors.

With regard to geophysical methods, gamma spectrometry proved to be an excellent tool for identifying anomalies of radioelements such as potassium and thorium, which corroborates the bibliographic data indicating that the concentration of ETRs is linked to the greater quantity of these radioelements in the rock.

Magnetometry proved to be efficient and in line with bibliographic standards, indicating that the alkaline intrusion of the intrusive complex has a circular signature that concentrates the greatest amount of ETRs in the rocks.

The samples used were the only available rock and plant data in the project's database and there was no funding for field work, which also explains the low number of samples.

ACKNOWLEDGMENTS

I would like to thank the CNPq project on the geochemistry of rare earth elements and correlates in the central region of the state of Rio Grande do Sul (Call No. 27/22 and process 407805/2022-2) for providing the data for this article.

The teacher Dr. Luciana Arnt Abichéquer for being a great encouragement in the writing of this article.

The teacher Dr. Maximilian Fries for processing the geophysical images.

REFERENCES

ANENBURG, M *et al.* Rare earth element mobility in and around carbonatites controlled by sodium, potassium, and silica. **Sci**, V.6 , n. 41, out. 2020. <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.abb6570>

BARREIRO, A. I. S. **Comportamento biogeoquímico de elementos traços com ênfase nas terras raras no sistema planta-rocha – Lavras do Sul/RS.** 2017.



III SIMPPós

3º SIMPÓSIO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIPAMPA - CAMPUS CAÇAPAVA DO SUL



Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geologia) - Universidade Federal do Pampa, Caçapava do Sul, 2017.

BRIOSCHI, L. *et al.* Transfer of rare earth elements (REE) from natural soil to plant systems: implications for the environmental availability of anthropogenic ree. **Plant And Soil**, [S.L.], v. 366, n. 1-2, p. 143-163, 23 ago. 2012. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11104-012-1407-0>.

CHAKHMOURADIAN, A. R.; WALL, F. Rare Earth Elements: minerals, mines, magnets (and more). **Elements**, [S.L.], v. 8, n. 5, p. 333-340, 1 out. 2012. Mineralogical Society of America. <http://dx.doi.org/10.2113/gselements.8.5.333>.

CHAVES, C. D. R. **Petrografia e Geocronologia da Monazita Hidrotermal do Pertita Granito do Complexo Intrusivo Lavras do Sul/RS**. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geologia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/65638>.

CUNHA, M. do C; NARDI, L. V. S.; FORMOSO, M. L. L.. Absorção e fracionamento dos elementos terras raras por vegetais: estudo comparativo em plantas ocorrentes em diferentes contextos geológicos. **Geologia USP. Série Científica**, [S.L.], v. 10, n. 1, p. 53-59, 1 mar. 2010. Universidade de Sao Paulo, Agencia USP de Gestao da Informacao Academica (AGUIA). <http://dx.doi.org/10.5327/z1519-874x2010000100005>.

GASTAL, M. C. P. & LAFON, J. M. Gênese e evolução dos granitóides metaluminosos de afinidade alcalina da porção oeste do Escudo Sul-riograndense: geoquímica e isótopos de Rb-Sr e Pb-Pb. **Rev. Bras. Geoc.** 28(1), 11-28, 1998.

GASTAL, M. D .C *et al.* Alojamento do granito Lavras e a mineralização aurífera durante evolução de centro vulcano-plutônico pós-colisional, oeste do Escudo Sul-riograndense: dados geofísicos e estruturais. **Brazilian Journal Of Geology**, [S.L.], v. 45, n. 2, p. 217-241, jun. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/23174889201500020004>.

GASTAL, M. do C *et al.* REINTERPRETAÇÃO DO COMPLEXO INTRUSIVO LAVRAS DO SUL, RS, DE ACORDO COM OS SISTEMAS VULCANO-PLUTÔNICOS DE SUBSIDÊNCIA. PARTE I: geologia, geofísica e geocronologia (207pb/206pb/238u). **Revista Brasileira de Geociências**, [S.L.], v. 36, n. 1, p. 109-124, 1 mar. 2006. Sociedade Brasileira de Geologia. <http://dx.doi.org/10.25249/0375-7536.2006361109124>.



III SIMPPós

3º SIMPÓSIO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIPAMPA - CAMPUS CAÇAPAVA DO SUL



JAMBOR, J. L.; SINCLAIR, W.D. Rare earths and rare-earth deposits in Canada. **Mineral Science Laboratories**, Division Report, Draft, p5, 1990. Canada Centre for Mineral and Energy Technology, Energy, Mines and Resource Canada.

KEAREY, P; BROOKS, M; HILL, I. Geofísica de exploração. São Paulo: **Oficina de textos**, 2009. 391p.

MEXIAS, A. S. **Alteração Hidrotermal e Mineralização de Ouro Associada no Distrito Aurífero de Lavras do Sul/RS – Área do bloco do Butiá**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2000.

NARDI, L.V.S. 1984. **Geochemistry and Petrology of the Lavras Granite Complex**, RS, Brazil. Tese de Doutorado, Universidade de Londres, 268p.

ROCHA, E.A. **Avaliação da taxa de Dose Devido Aos Granitos Ornamentais Em Ambientes Públicos e Privados Na Cidade do Recife-Pernambuco-Brasil**. Pernambuco, 2012. Tese (Doutorado) – Pós – Graduação em Tecnologias energéticas e nucleares. Centro de tecnologia e geociência da Universidade Federal de Pernambuco, 2012.

SAPUCAIA, N.S. **Diferenciação litológica, teores de potássio, urânio e tório e taxa de produção de calor radiogênico do embasamento cristalino de bacias de Camamu e Almada. Salvador**, 2004. 72f. Dissertação (Mestrado) - Pós-graduação em Geofísica. Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia, 2004.

SATTERLY, J. Aeromagnetic maps of carbonatite-alkalic complexes in Ontario. **Ontario Department of Mines and Northern Affairs**, Preliminary Map. 1970.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Projeto Aerogeofísico Escudo do Rio Grande do Sul: relatório final do levantamento e processamento dos dados magnetométricos e gamaespectrométricos. Rio de Janeiro: Lasa Prospecções, 2010. **Programa Geologia do Brasil – PGB**

SHAH, A. K. *et al.* Integrated geophysical imaging of rare earth element-bearing iron oxide-apatite deposits in the Eastern Adirondack Highlands, New York. **GEOPHYSICS**, v. 86, n. 1, p. B37–B54, 1 jan. 2021.

SHIVES, R. B., CHARNBONNEA, B.W.; FORD, K. L. The detection of potassic alteration by gamma-ray spectrometry — Recognition of alteration related to mineralization. **Geophysics**, 65, 2001–2011, 2000.



III SIMPPós

3º SIMPÓSIO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIPAMPA- CAMPUS CAÇAPAVA DO SUL



TAKEHARA, L *et al.* Avaliação do potencial de terras raras no Brasil. Brasília: CPRM, 2015. 212 p. **Informe de Recursos Minerais**. (Série Minerais estratégicos,n.2). <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/16923>.

THOMAS, M.D.; FORD, K.L.; KEATING, P.. Review paper: exploration geophysics for intrusion :hosted rare metals. **Geophysical Prospecting**, [S.L.], v. 64, n. 5, p. 1275-1304, 23 mar. 2016. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/1365-2478.12352>.



III SIMPPós

3º SIMPÓSIO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIPAMPA- CAMPUS CAÇAPAVA DO SUL



IDENTIFICATION AND MAPPING OF MINERAL SPECTRAL SIGNATURES FROM THE URUGUAY MINE USING ANGULAR SIMILARITY TECHNIQUES WITH ASTER AND SENTINEL-2 MSI SENSORS

NOVAES, R. C. - Universidade Federal do Pampa;

SOUZA, L. E. de - Universidade Federal do Pampa;

TEMPORIM, F. A. - Universidade Federal de Goiás;

VALE, D. - Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Espírito Santo – IFES;

ABICHEQUER, L. A. - Universidade Federal do Pampa.

Palavras-Chave: Remote sensing, Reflectance spectroscopy, ASTER, Sentinel 2.

Abstract: This work has as main aim to evaluate the usage of data from the Terra ASTER multispectral sensor, as well as data from Sentinel 2 MSI for the mineral identification in the Uruguay Mine. Were applied angular similarity analysis to the ASTER Short-wave infrared (SWIR) data and visible and near-infrared (VNIR) data from Sentinel 2 MSI, both surface reflectance data. The spectra were compared to the USGS Spectral Library version 7 provided by the United States Geological Survey. The minerals spectral signature associated with the mineralization were classified as nontronite, a Fe^{3+} rich member of the smectite group by the Sentinel data, and muscovite for the ASTER data. Data from both sensors resulted in a good highlight pattern at the mine location indicating that the processing was able to map the target spectral patterns. The results were considered good since both processes showed correspondence in the location of the mine.

INTRODUCTION

Reflectance spectroscopy is a cost-effective, nondestructive technique used to compare target reflectance spectra with reference mineral spectra from field samples or spectral libraries (Madeira Netto, 1993). Satellite data has diverse applications, such as land cover



III SIMPPós

3º SIMPÓSIO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIPAMPA - CAMPUS CAÇAPAVA DO SUL



classification as mentioned by Pantoja *et al.* (2023), and vegetation analysis using indices like NDVI and SAVI (Fontgalland *et al.*, 2023).

For lithological discrimination and mineral mapping, sensors such as Landsat TM, ETM+, OLI, and ASTER are commonly employed (Tangestani & Shayeganpour, 2020). The Thematic Mapper (TM) has been particularly effective in detecting Fe³⁺-containing minerals (Crosta & Moore, 1989). The Thematic Mapper (TM) also showed good results in identifying hydrothermal alteration minerals (Loughlin, 1991).

The ASTER sensor, designed to identify key minerals in the clay fraction with spectral features centered at 2.0 μm and carbonates around 2.3 μm (Galvão *et al.*, 2005; Abrams *et al.*, 2002). This sensor was already used at the Uruguay Mine to map mineralization associated with hydrothermal alterations (Binotto, 2015). In Iran, ASTER and Sentinel-2 MSI were applied to lithological mapping, identifying rocks such as basalts, green schist, shale, and mica schist, with minerals like Al-OH, Fe²⁺, Fe³⁺, and Mg-OH, corresponding to the spectral resolution of the sensors' bands (Tangestani & Shayeganpour, 2020).

The Camaquã Mines, including the Uruguay (open-pit) and São Luiz (underground) mines, produce both vein and disseminated ore. The vein ore contains massive sulfides filling faults/fractures, while the disseminated ore has sulfides dispersed within the host sedimentary rocks. Chalcopyrite is the predominant sulfide in both ore types, though only the veins contain gold (Bettencourt, 1972; Gonzales & Teixeira, 1980; Veigel & Dardene, 1990; Laux, 1999; Laux & Lindenmayer, 2000; Ronchi *et al.*, 2000; Laux *et al.*, 2005).

The most important ore formation is controlled by subvertical faults oriented between N50°W and N80°W, arranged in a stockwork pattern due to brecciation affecting the central zone of the mineralized bodies (Laux & Lindenmayer, 2000; Ronchi *et al.*, 2000). Outside the ore zone, these faults are filled with quartz, hematite, barite, and clay minerals. Near the ore zone, intense hydrothermal alteration is represented by zones of silicification, chloritization, kaolinitization, and sulfide mineralization. The main vein ore mineralogy consists of quartz, pyrite, chalcopyrite, bornite, hematite, and gold (Laux *et al.*, 2005).

Disseminated ore is part of the hydrothermal alteration zones surrounding the veins, representing lateral manifestations of fault-controlled mineralization. This ore is hosted in the secondary porosity of conglomerates and sandstones of the Vargas Member from the Arroio dos Nobres Formation, Bom Jardim Group (Leinz & Almeida, 1941; Bettencourt, 1972; Gonzales & Teixeira, 1980; Veigel, 1989; Veigel & Dardene, 1990; Ribeiro, 1991). The paragenesis of this ore is similar to that of vein ore, differing only by the presence of chlorite



III SIMPPós

3º SIMPÓSIO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIPAMPA - CAMPUS CAÇAPAVA DO SUL



and chalcocite, and the absence of gold (Leinz & Almeida, 1941; Bettencourt, 1972; Laux & Lindenmayer, 2000; Ronchi *et al.*, 2000; Laux *et al.*, 2005).

The epithermal model described by Laux *et al.* (2005) was proposed as model to the Uruguay mine mineralization. Epithermal deposits form 1 to 2 km below the Earth's surface at temperatures between 150°C and 300°C (Robb, 2005). These systems involve low-salinity fluids, often influenced by intrusive plutonic bodies or high-temperature magmatic sources, with significant meteoric water contribution. Epithermal deposits are classified into two types: (i) high-sulfidation or acidic sulfate type, characterized by fluids formed from SO₂ dissolution or reaction of host rocks with heated, acidic meteoric water; and (ii) low-sulfidation or adularia-sericite type, characterized by inner silicification zones and outer phyllic zones, grading to propylitic or argillic alteration halos (Robb, 2005; Taylor, 2007).

Laux *et al.* (2005) concluded that the paragenetic sequence at the Camaquã Mines was generated through two main mineralizing events: the first, reductive in nature, deposited pyrite, chalcopyrite, quartz, albite, chlorite, and traces of carrollite and molybdenite; the second, more oxidizing, deposited chalcopyrite, bornite, digenite, hematite, gold, silver, quartz, kaolinite, and fengite. Calcite and barite veins, associated with the final phases of mineralization, filled fractures. Low- to medium-salinity, high-temperature fluids rich in Fe, Cu, and S formed the sulfides in the initial (reductive) mineralization event. The final (oxidizing) event, marked by increased oxygen and lower temperatures, led to sulfate (SO₄) dominance. This model is supported by the structural control of mineralization, which occurs in discordant veins and stockworks (Lima *et al.*, 1997; Laux & Lindenmayer, 1998; Laux & Lindenmayer, 2000; Remus *et al.*, 1999b).

The choice of the Uruguay Mine as the study area is justified by the regional relevance of the deposit. When compared to large deposits of porphyry copper in desertic areas, widely known for its enhanced rock alteration halo, commonly mapped with remote sensing techniques, for example, small scale deposits in a tropical country can be a challenge. The main objective of this work is the identification of hydrothermal alteration minerals in an example of this deposits using remote sensing techniques.

METHODOLOGY

The ASTER data used in this work were downloaded by free access on the United States Geological Survey (USGS) website. The metadata of the ASTER LIT data shows the "2003-09-03" data value of acquisition and id of "AST_LIT_00309032003134148_20150430180259_48856". The MSI data was downloaded in the European Space Agency (ESA) website in the



III SIMPPós

3º SIMPÓSIO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIPAMPA - CAMPUS CAÇAPAVA DO SUL



Copernicus data space portal and shows the granule id of “S2A_MSIL2A_20220820T133201_N0400_R081_T22JBL_20220820T210821” and data value of acquisition of “2022-08-20”. Were used visible and infra-red (VNIR) data from Sentinel 2 MSI (bands 2,3,4,5,6,7, 8a) with 20m resolution, and short-wave infrared (SWIR) data from ASTER (bands 4,5,6,7,8,9) with 30m resolution.

The Sentinel-2 MSI data used in this study was based on Level-2A products, which were resampled to a spatial resolution of 20 meters using the nearest neighbor method. This process provided orthorectified surface reflectance (bottom-of-atmosphere, or BOA), with sub-pixel multispectral and multitemporal registration accuracy. The atmospheric correction was carried out using the Sen2Cor processor algorithm. This algorithm corrects for atmospheric conditions, terrain, and cirrus cloud effects, converting top-of-atmosphere (Level 1C) data into surface reflectance (Level 2A). The only pre-processing performed on the data involved applying scale factors found in the metadata. These factors, named "BOA_QUANTIFICATION_VALUE" and "BOA_ADD_OFFSET", were used to convert digital numbers (DN) to reflectance values. Specifically, the BOA_ADD_OFFSET (typically -1,000) was added to the DN, followed by dividing the result by the BOA_QUANTIFICATION_VALUE (typically 10,000). This process ensured the calibration of the image to reflectance data.

ASTER offers three levels of data: L1A, L1B, and L1T. L1A consists of raw data without calibration, while L1T, used in this study, includes terrain, geometric, and radiometric corrections (Meyer *et al.*, 2015). Data processing was done using Python in Google Colab, a free platform suitable for machine learning and research, chosen for its user-friendly interface and integration of various libraries.

Pre-processing involved calibrating the data using coefficients from the ASTER user’s guide (Meyer *et al.*, 2015), resampling the first three bands to 30m resolution with nearest neighbor algorithm in QGIS software, and applying atmospheric correction using the dark object subtraction method (Chavez Jr, 1988) through the Semi-Automatic Classification Plugin (Congedo, 2021), using equation 1 below:

$$L_P = L_{min} - L_{DO1\%}$$

Equation 1 – Path Radiance.

The radiance value " L_{min} " corresponds to a digital count where the sum of all pixels with equal or lower digital counts equals 0.01% of the total. $L_{DO1\%}$ refers to the radiance of a dark object, which is assumed to have a reflectance value of 0.01. This can be calculated under



the assumption that atmospheric transmittance in both viewing and illumination directions is 100%, and there is no downwelling diffuse irradiance. The calculation follows the reflectance equation proposed by NASA (2011), shown in Equation 2:

$$L_{DO1\%} = 0.01 * \frac{ESU N_{\lambda} * \cos\theta_s}{\pi * d^2}$$

Equation 2 – $L_{DO1\%}$ radiance, expressed as 0.01 reflectance value.

"ESUN_λ" represents the mean solar exo-atmospheric irradiance for each band (fixed per band), "θ_s" is the solar zenith angle (90° minus the sun elevation angle, available in the metadata), and "d" is the Earth-Sun distance in astronomical units. Using this information, the bottom-of-atmosphere (BOA) reflectance can be calculated, as shown in Equation 3.

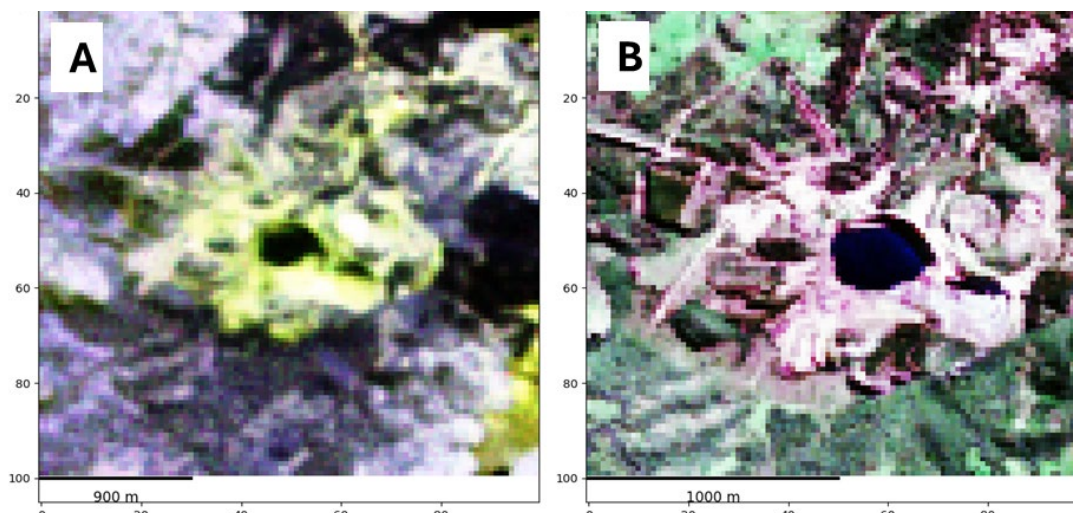
$$\rho = \frac{\pi * d^2 (L_{\lambda} - L_p)}{ESU N_{\lambda} * \cos\theta_s}$$

Equation 3 – Bottom of atmosphere (BOA), also called surface reflectance, equation.

Where " L_{λ} " is the radiance in each band, and the other terms where above cited.

With both images finally calibrated to surface reflectance, they were cutted into a window, to facilitate the computational process of next step. The results can be seen in figure 1.

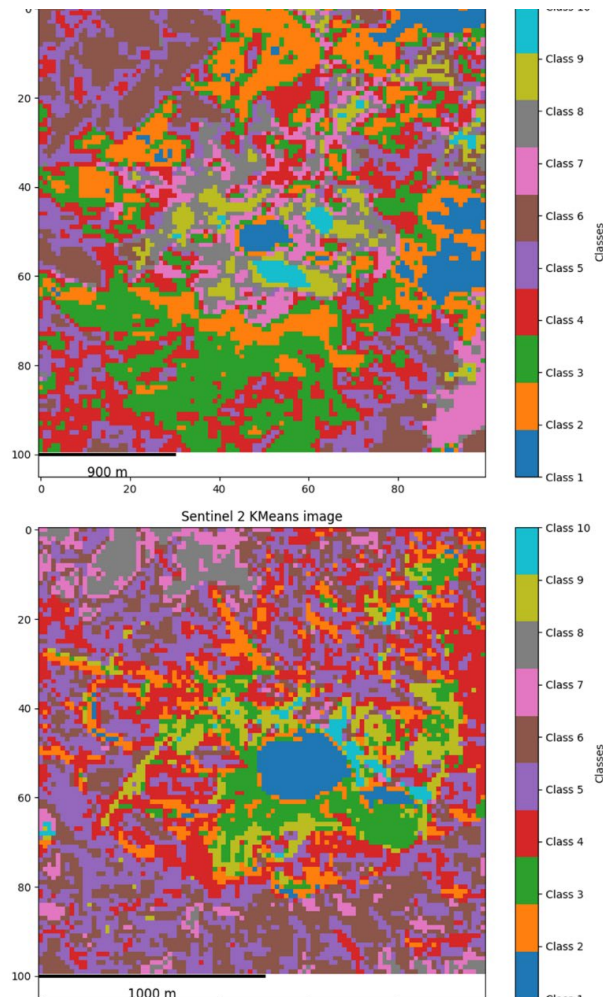
Figure 1 – Uruguay Mine, in ASTER (A) and Sentinel 2 MSI (B), in relative coordinates (100x100 pixels matrix).



Therefore, the kmeans unsupervised classification method were performed using the scikit learning algorithm, with 200 iterations as limit to return in both images 10 different classes the results can be seen in figure 2 below.



Figure 2 – Uruguay Mine classified imagen in ASTER and Sentinel 2 MSI.

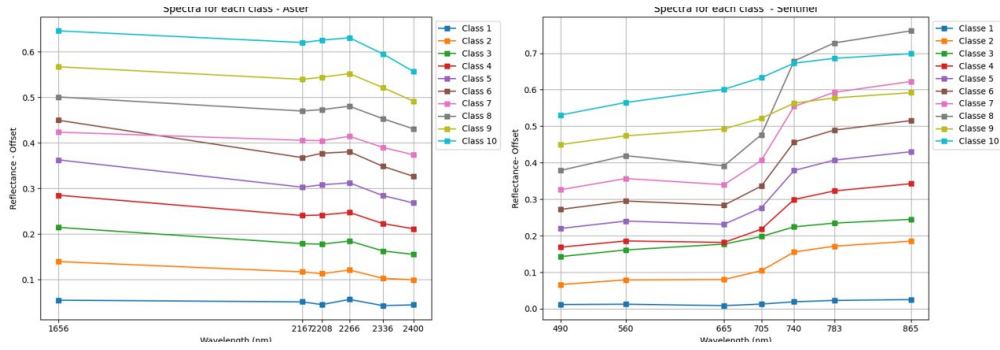


The angle relationship between spectral vectors has long been utilized by private software, such as the Spectral Angle Mapper (SAM) algorithm in ENVI, which measures spectral similarity between a scene's spectrum and a reference signature (Balbinot and Oliveira, 2023). This reference signature can come from field measurements, laboratory data, or orbital sensors like ASTER (Kruse *et al.*, 1993; Galvão *et al.*, 2005; Honarmand *et al.*, 2012). In this study, the USGS spectral library version 7 was used for comparison (Kokaly *et al.*, 2017). The angle comparison treats the spectra as vectors in an n-dimensional Euclidean space, where smaller angles indicate greater similarity (Kruse *et al.*, 1993). Here, cosine similarity was used, with values closer to 1 indicating higher spectral similarity.

For figure 2, in the ASTER case were selected class 1 as representative of the mineralization occurrence, and in the Sentinel 2 case, class 3. Classes obtained can be seen in figure 4.

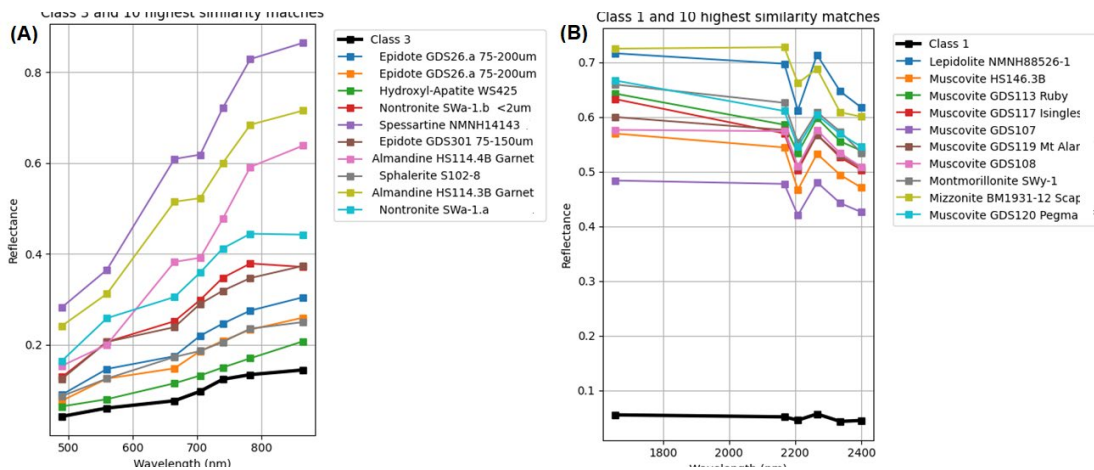


Figure 3 – 10 classes for each Satellite sensor.



For class 1 to ASTER and class 3 for Sentinel 2 data, were processed the angle similarity in the USGS spectral library for its 10 highest minerals spectra angle similarity, the results can be seen in figure 5.

Figure 4 – 10 Similarity mineral matches for Sentinel 2 class 3 (A) and ASTER class 1 (B).



The results were processed finally discussed and selected one of the similarity matches for each sensor used to map its occurrence in each scene.

RESULTS AND DISCUSSION

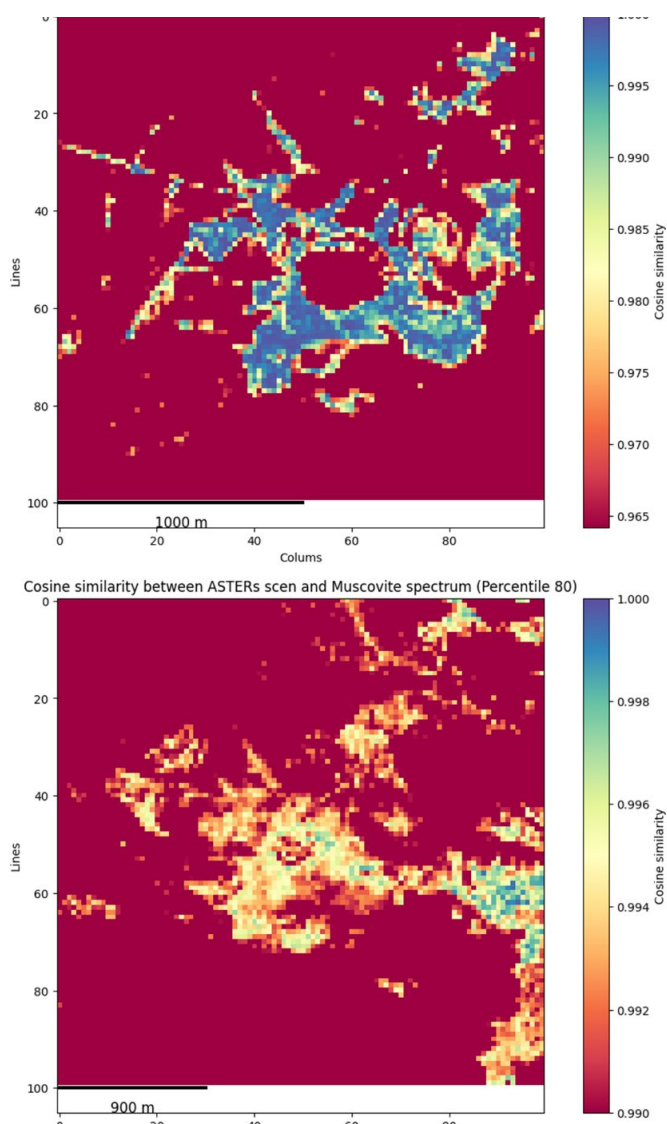
The angle similarity method proved to be effective in mapping similarities between the scene and spectral library spectra. As shown in Figure 4, all the selected spectra closely resemble the class representative spectrum. For Sentinel data, the first mineral spectrum similar to class 3 is epidote. While epidote has a spectral shape similar to the class, it lacks any distinct absorption features in the VNIR region. The same applies to the next similar mineral, hydroxyl-apatite. However, the following similar mineral, nontronite—an iron (III)-bearing member of the smectite group—exhibits a characteristic absorption feature near 850 nm, typical of



ferric minerals. Similarly, as noted by Morris (1985), goethite and hematite show absorption features around 650, 715, and between 850 and 1000 nm, which aligns with Sentinel-2 MSI band 8a. Therefore, nontronite was selected as the endmember for this sensor.

For the ASTER sensor, nearly all minerals associated with class I exhibited absorption features around ~2200 nm, characteristic of AlOH, which is a key indicator for clay minerals and white mica. These minerals typically show critical absorption features near ~2200 nm (attributable to Al-OH) and ~1910 nm (due to molecular water) (Clark *et al.*, 2007; Cohen, 2011). Given the absence of lepidolite in the study area, the muscovite spectrum was selected as an endmember to map the mineralization. The results are displayed in Figure 5.

Figure 5 – Endmember mapping for both Sentinel 2 and ASTER data.



CONCLUSIONS

Based on the data presented, it can be concluded that the proposed process for identifying and mapping a mineral endmember was successful. As shown in Figure 5, the rocks from the Uruguay mine were effectively highlighted by both selected methods. The endmembers identified through this approach are likely to closely match the actual mineral composition, as similar minerals—such as illite, kao-smectite (a mixture of kaolinite and smectite), montmorillonite, and nontronite—have been mapped in the same area by previous studies (Binotto, 2015; Balbinot and Oliveira, 2023).

The spectral pattern of a pixel primarily reflects the interaction between radiation and materials. However, due to the large area covered by each pixel and the mixture of materials within it, the pattern provides only an approximation of the actual composition. Renac *et al.* (2014), in their analysis of drill cores provided by the Votorantim/Nexa metal company, used macroscopic observations, thin section analysis, optical and scanning electron microscopy, and XRD analysis and concluded that the hydrothermal phases in the sandstone and conglomerate hosting Uruguay's mine ore are predominantly composed of chlorite, muscovite–illite, and quartz. This study found that, in ASTER imagery, the mineral spectral pattern is most prominently associated with muscovite.

Perereira *et al.* (2021) studied hydrothermal alteration in the Santa Maria deposit, located 3 km southwest of Uruguay mine, using Scanning Electron Microscopes (SEM) and Energy Dispersive X-Ray Spectrometry (EDS) to analyze drill core and outcrop samples provided by Votorantim/Nexa Resources. The ore consists of Pb-Zn (Cu-Ag) sulfides, with galena and sphalerite predominating over pyrite, chalcopyrite, and other minerals. They identified mineral alterations, such as illitization, oxidation, and chloritization, which result in color changes from orange (illitization) to brown (oxidation and chloritization). Illite, which has a 2200 nm absorption feature similar to muscovite (due to AlOH presence), was selected as a spectrally comparable endmember for the area in this study.

REFERENCES

- Balbinot, P. L., & Engelmann de Oliveira, C. H. 2023. Identificando argilominerais nas Minas do Camaquã, RS, através do método Spectral Angle Mapper em uma cena ASTER. *Pesquisas Em Geociências*, 50(1), e128295. <https://doi.org/10.22456/1807-9806.128295>.
- Bettencourt, J.S. 1972. A Mina de cobre de Camaquã, Rio Grande do Sul. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, 175 p.



III SIMPPós

3º SIMPÓSIO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIPAMPA - CAMPUS CAÇAPAVA DO SUL



Binotto, R. B. 2015. Identificação de padrões espectrais em depósitos minerais: uma aplicação nas Minas do Camaquã. RS, Brasil. Ph.D. Thesis in Remote Sensing - Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Porto Alegre.

Chavez Jr., P.S. 1988. An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data. *Remote Sensing of Environment*, v. 24, p. 459-479.

Clark, R. N.; Swayze, G. A.; Wise, R.; Livo, E.; Hoefen, T.; Kokaly, R.; Sutley, S. J. USGS digital spectral library splib06a. Denver, Co: USGS, 2007. (U.S. Geological Survey, Digital Data Series 231).

Cohen, J. F. Compositional variations in hydrothermal white mica and chlorite from wall-rock alteration at the Ann-Mason porphyry copper deposit, Nevada. 2011. 111 f. Dissertação (Mestrado) - Science in Geology, Oregon State University. Corvallis, Oregon, 2011.

Congedo, L. 2021. Semi-Automatic Classification Plugin: A Python tool for the download and processing of remote sensing images in QGIS. *Journal of Open-Source Software*, 6(64), 3172, <https://doi.org/10.21105/joss.03172>.

Fontgalland, I. L., De Menezes, G. C., Paz, M.A. De F., Souza, Ênio P. De, Farias, S.A. R., & Rêgo, V.G. De S. 2023. Normalized Difference Vegetation Index Analysis Using Ndvi and Savi Indices in the Conservation Unit Serra da Borborema Municipal Nature Park, Campina Grande, Paraíba, Brazil. *Revista De Gestão Social E Ambiental*, 17(1), e03116. <https://doi.org/10.24857/rgsa.v17n1-009>.

Galvão, L. S., Almeida-Filho, R., Vitorello, Í. 2005. Spectral discrimination of hydrothermally altered materials using Aster short-wave infrared bands: evaluation in a tropical savannah environment. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. v.7, p.107-114. DOI: 10.1016/j.jag.2004.12.003. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2004.12.003>.

Gonzalez, M. & Teixeira, G. 1980. Considerações sobre estratigrafia e ambientes de sedimentação da Região das Minas do Camaquã e Jazida Santa Maria—RS. Congresso Brasileiro de Geologia 31, Anais, vol. 3, Sociedade Brasileira de Geologia, SBG, Balneário de Camboriú, p. 1513–1524.

Honarmand, M., Ranjbar, H. & Shahabpour, J. 2012. Application of principal component analysis and spectral angle mapper in the mapping of hydrothermal alteration in the Jebel-Barez Area, Southeastern Iran. *Resource Geology*, 62(2): 119-139. <https://doi.org/10.1111/j.1751-3928.2012.00184.x>

Kruse, F.A., Lefkoff, A.B., Boardman, J.B., Heidebrecht, K.B., Shapiro, A.T., Barloon, P.J. & Goetz, A.F.H. 1993. The Spectral Image Processing System (SIPS)—interactive visualization and analysis



III SIMPPós

3º SIMPÓSIO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIPAMPA - CAMPUS CAÇAPAVA DO SUL



of imaging spectrometer data. *Remote Sensing of Environment*, 44(2-3): 145-163. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(93\)90013-N](https://doi.org/10.1016/0034-4257(93)90013-N)

Kokaly, R.F., Clark, R.N., Swayze, G.A., Livo, K.E., Hoefen, T.M., Pearson, N.C., Wise, R.A., Benzel, W.M., Lowers, H.A., Driscoll, R.L., and Klein, A.J., 2017, USGS Spectral Library Version 7: U.S. Geological Survey Data Series 1035, 61 p., <https://doi.org/10.3133/ds1035>

Laux, J.H. 1999. Caracterização da Mineralização Cupro-aurífera de uma Parte da Mina Uruguai, Caçapava do Sul-RS. Dissertação de Mestrado, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 135p.

Laux, J.H. & Lindenmayer, Z.G. 1998. Caracterização da mineralização Cu (Au) de um setor da Mina Uruguai, Minas do Camaquã, Brasil: Geotermometria da clorita. Congresso Latino-Americano de Geologia, 10 e Congresso Nacional de Geologia Econômica, 6, Buenos Aires, Actas, vol. 3, p. 124–129.

Laux, J.H. & Lindenmayer, Z.G. 2000. Caracterização do minério filoneano de um setor da Mina Uruguai, Minas do Camaquã. In: Ronchi, L.H., Lobato, A.O.C. (Eds.), Minas do Camaquã, um estudo multidisciplinar. Universidade do Vale do Rio dos Sinos/Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul, São Leopoldo, pp. 191-210.

Laux, J.H., Lindenmayer, Z. G., Teixeira, J.B.G. & Neto, A.B. 2005. Ore genesis at the Camaquã copper mine, a neoproterozoic sediment-hosted deposit in Southern Brazil. *Ore Geology Reviews*, 26(1-2): 71-89. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2004.11.001>.

Leinz, V. & Almeida, S.C. 1941. Gênese da jazida de cobre “Camaquã”, município de Caçapava-Rio Grande do Sul. Secretaria dos Negócios de Agricultura Indústria e Comércio do Estado do Rio Grande do Sul. Boletim - Divisão de Produção Mineral, DPM, vol. 88, 56 p.

Lima, L. de, Almeida, D.P.M. & Collao, S. 1997. La Mina Uruguai, Distrito Minero de Camaquã: Geología y características químicas de los minerales de alteración y metálicos (RS)-Brasil. Congreso Geológico Chileno, 8, Resúmenes Expandidos, vol. 2, p. 925–929.

Loughlin, W. P. (1991). Principal component analysis for alteration mapping. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. 57(9), p. 1163-1169.

Madeira Netto, J. Da S. 1993. Étude quantitative des relations constituants minéralogiques - réflectance diffuse des Latosols brésiliens: application à l'utilisation pédologique des données satellitaires TM (région de Brasília). Paris, Orstom. 236p.



Meyer, D., Siemonsma, D., Brooks, B., Johnson, L., 2015. Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer Level 1 Precision Terrain Corrected Registered at-Sensor Radiance (AST_L1T) Product, Algorithm Theoretical Basis Document. Open-File Report. Reston,VA. <https://doi.org/10.3133/ofr20151171>

Morris, R. C. 1985. Genesis of iron ore in banded iron-formation by supergene and supergenemetamorphic processes, a conceptual model. In: WOLF, K.H. (Ed.) Handbook of stratabound and stratiform ore deposits. Amsterdam: Elsevier.. v. 13, p.73-235.

Pantoja, D.A., Spenassato, D., & Emmendorfer, L. R. 2023. Comparison Between Classification Algorithms: Gaussian Mixture Model - GMM and Random Forest - RF, for Landsat 8 Images. Revista De Gestão Social E Ambiental, 16(3), e03234. <https://doi.org/10.24857/rgsa.v16n3-015>.

Pereira, D. R., Macambira, M. J. B., Pires, K. C. D. J., & Lago, S. B. D. (2021). Isotopic study of the Pb-Zn (Cu-Ag) Santa Maria Deposit, Caçapava do Sul Region, Rio Grande do Sul, Brazil. Brazilian Journal of Geology, 51.

Renac, C., Mexias, A.S., Gomes, M.E., Ronchi, L.H., Nardi, L. & Laux, J.H. 2014. Isotopic fluid changes in a Neoproterozoic porphyry–epithermal system: The Uruguay mine, southern Brazil. *Ore Geology Reviews*, 60: 146-160. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2013.12.016>

Ribeiro, M.J. 1991. Sulfetos em Sedimentos Detríticos Cambrianos do Rio Grande do Sul, Brasil. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 416 p.

Robb, L. 2005. Introduction to ore-forming processes. Blackwell Publishing, UK, 373 p.

Ronchi, L.H., Lindenmayer, Z.G., Bastos Neto, A. & Murta, C.R. 2000. O stockwork e a zona do minério sulfetado no arenito inferior da Mina Uruguai, RS. In: Ronchi L.H., Lobato, A.O.C. (Org.), Minas do Camaquã, um estudo multidisciplinar. Universidade do Vale do Rio dos Sinos/ Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul, São Leopoldo, pp. 165-190.

QGIS Development Team, 2009. QGIS Geographic Information System. Open-Source Geospatial Foundation. URL <http://qgis.org>.

Sulsoft. 2000. Guia do ENVI em Português. Disponível em: <www.sulsoft.com.br>.

Tangestani, M., H. T., Shayeganpour S., (2020) Mapping a lithologically complex terrain using Sentinel-2A data: a case study of Suriyan area, southwestern Iran, International Journal of Remote Sensing, 41:9, 3558-3574, DOI: 10.1080/01431161.2019.1706203.



Taylor, B.E. 2007. Epithermal gold deposits. In: Goodfellow, W.D. (Ed.), Mineral Deposits of Canada: A Synthesis of Major Deposit-Types, District Metallogeny, the Evolution of Geological Provinces, and Exploration Methods. Geological Association of Canada, Mineral Deposits Division, Special Publication, 5, pp. 113-139.

Veigel, R. 1989. Evolução Diagenética e Mineralização Cu-Pb-Zn dos “Red-Beds” do Distrito de Camaquã - RS. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, 185 p.

Veigel, R. & Dardenne, M.A. 1990. Paragênese e sucessão mineral nas diferentes etapas da evolução da mineralização Cu-Pb-Zn do Distrito de Camaquã. RS. Revista Brasileira de Geociências, 20: 55-67.



III SIMPPós

3º SIMPÓSIO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIPAMPA- CAMPUS CAÇAPAVA DO SUL



ENSINO

DESAFIOS E SOLUÇÕES: A RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS COMO MÉTODO NO ENSINO DE FÍSICA

MOTA, L. F. - Universidade Federal do Pampa;
MACHADO, C. I. C. - Universidade Federal do Pampa;
RÉGIO, J. C. S - Universidade Federal do Pampa;
GOI, M. E. J. - Universidade Federal do Pampa.

Palavras-Chave: Aprendizagem, Metodologia de Ensino, Leis de Newton.

Resumo: O presente trabalho investiga a aplicação da metodologia de Resolução de Problemas (RP) no Ensino de Física para alunos do 1º Ano do Ensino Médio. A pesquisa, realizada em uma escola estadual de Santana da Boa Vista/RS, buscou promover a participação ativa dos alunos, desenvolvendo habilidades de pesquisa e reflexão. Três problemas foram propostos, permitindo que os alunos relacionassem conceitos teóricos a situações cotidianas. Os resultados mostraram que a RP gerou um ambiente de aprendizado mais dinâmico. A interação e a valorização das perguntas dos alunos foram essenciais para enriquecer o processo. A experiência reforçou a importância do papel do professor como mediador e a necessidade de adaptar a metodologia às particularidades da turma.

INTRODUÇÃO

No contexto do ensino e aprendizagem, a metodologia de Resolução de Problemas (RP) vem se destacando em diversas áreas do conhecimento, promovendo a participação ativa dos alunos e desenvolvendo habilidades de investigação, análise e solução de problemas. A metodologia de RP coloca o sujeito como protagonista da sua própria aprendizagem, permitindo o uso de pesquisas e argumentos para buscar soluções a problemas específicos, enquanto a aula expositiva se limita a transmitir conteúdos teóricos. Em geral, a Física não é a componente curricular preferida da maioria dos estudantes, nesse sentido, a utilização da RP nas aulas de Física é relevante, pois demanda o desenvolvimento de habilidades de raciocínio lógico e analítico.



III SIMPPós

3º SIMPÓSIO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIPAMPA - CAMPUS CAÇAPAVA DO SUL



Dante (1991) define problema como qualquer situação que exige o pensar do indivíduo para solucioná-lo, e ao aplicar a RP nas aulas, os educandos têm a oportunidade de contribuir para uma aprendizagem mais eficaz. Esta metodologia promove uma aprendizagem que associa conteúdo teórico ao cotidiano do aluno, contribuindo para a compreensão do que está sendo estudado e formando um sujeito mais crítico e reflexivo. Echeverría e Pozo (1998) ressaltam que um problema é uma situação nova que requer a utilização estratégica de técnicas já conhecidas. Candau (2001) destaca que a escola necessita se reinventar para oferecer processos de ensino relevantes e desafiantes. Para o método RP ter êxito, o professor deve dominar a técnica e participar de um programa de formação contínua. A eficácia dessa formação está diretamente ligada à postura do professor, que deve se perceber como alguém em constante aprendizado.

A metodologia RP exige condições para que os alunos possam comunicar-se, enfrentar problemas, participar de um convívio social, fazer escolhas, e principalmente, aprender fazendo. Tradicionalmente, o ensino compartimentava disciplinas e impunha passividade aos alunos, refletindo a pouca participação deles e dos professores na definição das atividades formativas.

O conhecimento de Física na Educação Básica, com novas metodologias, ganhou um novo sentido, voltado para a formação de um cidadão contemporâneo e atuante. Mesmo os jovens que não tiverem mais contato escolar com a Física terão adquirido a formação necessária para compreender o mundo em que vivem. A partir disto, como modificar a forma de trabalhar a componente, sem comprometer uma construção sólida do conhecimento em Física? Até que ponto se deve desenvolver o formalismo da Física? Como transformar algumas cobranças relativas à manutenção do antigo currículo? O que fazer com pêndulos, molas e planos inclinados? Que tipo de laboratório faz sentido? Que temas devem ser privilegiados? É possível “abrir mão” do tratamento de alguns tópicos como, por exemplo, a Cinemática? Como a RP pode contribuir para tornar o ensino e a aprendizagem atraentes e efetivos? Como os professores de Física e outras Ciências, podem usar a RP como metodologia de ensino?

Diante destes questionamentos, busca-se nesta pesquisa investigar a potencialidade desta metodologia de ensino e como é a reação dos alunos de uma turma de 1º Ano do Ensino Médio, quando incentivados a experimentar aulas mais dinâmicas, que envolvem pesquisas e mais autonomia para conseguir chegar a solução de problemas propostos.

METODOLOGIA

A presente pesquisa é resultado de um trabalho da componente Integração das Ciências: Resolução de Problemas, desenvolvido junto ao curso de Ciências Exatas - Licenciatura,



III SIMPPós

3º SIMPÓSIO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIPAMPA - CAMPUS CAÇAPAVA DO SUL



da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), campus Caçapava do Sul. O público-alvo selecionado pertence ao primeiro ano do Ensino Médio, de uma escola estadual, localizada no município de Santana da Boa Vista/RS.

Para a construção da pesquisa e suas atividades, foi necessário conhecer previamente a escola e a turma, a qual conta com 15 alunos matriculados, bem como, os conteúdos abordados durante o período das ações. O conteúdo selecionado para as atividades foi baseado nas Leis de Newton, um tópico fundamental no estudo da Dinâmica. As intervenções foram planejadas para aplicar a metodologia de RP, com o objetivo de promover uma aprendizagem ativa. Dessa forma, os alunos puderam relacionar os conceitos teóricos das Leis de Newton com situações do cotidiano, facilitando a compreensão e aplicação prática do conteúdo. A seguir, no Quadro I, são apresentados os três problemas propostos para resolução, cada um deles elaborado para abordar diferentes aspectos das Leis de Newton.

Quadro I – Problemas de Física a serem solucionados pelos alunos.

1. A Primeira Lei de Newton estabelece que um objeto em repouso permanecerá em repouso, e um objeto em movimento continuará em movimento, a menos que uma força externa seja aplicada. Essa Lei é importante para a segurança dos passageiros de veículos. O desenvolvimento tecnológico dos carros continua em ritmo acelerado, buscando constantemente novas formas de melhorar a segurança, a eficiência e o conforto dos veículos. Como o desenvolvimento tecnológico dos sistemas de segurança dos veículos pode ser entendido a partir da Primeira Lei de Newton?
2. A Segunda Lei de Newton nos apresenta a relação entre a força aplicada a um objeto, sua massa e sua aceleração. A bicicleta é um meio de transporte amplamente utilizado em todo o mundo, tanto para fins recreativos quanto como um meio de transporte sustentável e eficiente, seu funcionamento é baseado nos princípios da física. Com base na Segunda Lei de Newton, quais são os fatores que provocam a aceleração de uma bicicleta?
3. A Terceira Lei de Newton é uma das leis fundamentais da física que descreve a relação entre duas forças de ação e reação que ocorrem entre dois corpos. Essa lei é especialmente relevante quando consideramos colisões entre objetos, como no caso de colisões de carro. Compreender o princípio dessa lei e suas aplicações práticas pode ajudar a prevenir acidentes e minimizar os danos em caso de colisões. Considerando a Terceira Lei de Newton e o conceito de colisões entre carros, como a interpretação adequada dessa lei pode influenciar a segurança dos veículos e de seus ocupantes em uma colisão?

Fonte: Os autores (2023).



III SIMPPós

3º SIMPÓSIO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIPAMPA - CAMPUS CAÇAPAVA DO SUL



Para solucionar os problemas foi mantido uma sequência didática similar à de Zuliano e Angelo (2001). Primeiramente, a professora da turma tratou de questões teóricas gerais sobre o conteúdo Forças. Após, foi entregue a cada grupo um problema e, em seguida, os alunos tiveram acesso ao laboratório de informática da escola e também a livros da biblioteca para responder à questão problema. Os problemas foram entregues sequencialmente, um de cada vez, com intervalos de uma semana para que os alunos pudessem pesquisar e buscar uma solução. Após resolverem os problemas, os alunos compartilharam as respostas com a turma e a professora. Durante essa socialização, eles expuseram como chegaram à solução do problema e apresentavam a solução que encontraram.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ensinar os alunos a resolver problemas vai além de fornecer ferramentas e estratégias eficazes para lidar com fórmulas e questões matemáticas. Trata-se de cultivar nos alunos o hábito e a atitude de enxergar a aprendizagem como um desafio a ser enfrentado e solucionado. Do ponto de vista dos alunos, aprender a resolver problemas não se resume apenas a encontrar soluções. É igualmente importante que eles aprendam a formular seus próprios problemas e se dedicar a resolvê-los. O objetivo final é capacitar os alunos a criar e solucionar desafios, promovendo um amadurecimento contínuo do processo de aprendizagem.

De acordo com a literatura (Watts, 1991; Pozo, 1998) o Problema 1 é classificado como semiaberto, disciplinar, curricular e teórico. O Problema 2 é fechado, disciplinar, curricular e teórico. E por fim, o Problema 3 é semiaberto, disciplinar, curricular e teórico. Durante a aplicação destes três problemas, observou-se diferentes reações e níveis de engajamento dos alunos. No primeiro problema, os alunos tiveram a oportunidade de usar os recursos da escola para encontrar soluções. Após resolverem este problema, os alunos compartilharam suas respostas com a turma e a professora. Foi interessante observar a participação ativa dos alunos nesse processo, apesar de alguns terem demonstrado a tendência de buscar respostas prontas na internet (Goi, 2004). Isso evidenciou a falta de costume em lidar com problemas abertos, que exigem maior reflexão e investigação (Medeiros, 2019).

Nos problemas 2 e 3, a abordagem adotada foi diferente, entregando-os sequencialmente ao final da aula com intervalos de uma semana para que os alunos pudessem pesquisar em casa e compartilhar as respostas. Essa abordagem pode ter levado à desmotivação de alguns alunos com relação às atividades de aula por alguns motivos: o contraste com a dinâmica do primeiro problema, onde a pesquisa em sala de aula estimulou o envolvimento dos estudantes. Também, a ausência de interação com colegas se mostrou uma dificuldade, já que, relataram que a falta de *feedback* imediato desencorajou alguns. Além disso, a disponibilidade de uma semana para



III SIMPPós

3º SIMPÓSIO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIPAMPA - CAMPUS CAÇAPAVA DO SUL



a entrega das respostas pode ter levado alguns estudantes a procrastinar, se desorganizar e esquecer, entre outros motivos que poderiam ser apontados. Em ambos os casos, problemas 2 e 3, na socialização das respostas, foi realizada uma esquematização no quadro com as respostas dos alunos, pois os que haviam pesquisado queriam participar e contribuir com suas descobertas. Esse método de esquematização ajudou a visualizar o raciocínio dos alunos e promoveu uma discussão mais aprofundada sobre as soluções propostas. Foi perceptível que utilizando a RP de forma rotineira e não esporádica os alunos ficaram mais confortáveis e confiantes em lidar com os desafios propostos.

CONCLUSÕES

Diante do exposto, podemos afirmar que a experiência ao implementar a metodologia de Resolução de Problemas foi importante para o engajamento dos alunos, criando um ambiente de aprendizado mais dinâmico e interativo. É importante ressaltar que as perguntas dos alunos devem ser sempre valorizadas. A maneira como o professor responde pode transformar esses questionamentos em momentos de investigação e descoberta, enriquecendo ainda mais o aprendizado. Portanto, as reflexões deste estudo são direcionadas a este contexto específico, sugerindo que a metodologia de Resolução de Problemas pode realmente fazer a diferença no ensino de Física, mas isso depende da adaptação do professor às necessidades e dinâmicas da turma.

O papel do educador vai além de escolher boas questões e coordenar discussões; é necessário compreender as dificuldades e facilidades dos alunos, assim como a formação do pensamento investigativo, a fim de contribuir para a Resolução dos Problemas. A sociedade atual exige cada vez mais indivíduos críticos e capazes de lidar com os desafios do dia a dia; espera-se que os alunos sejam imersos nesse contexto e desenvolvam essa habilidade no ambiente escolar. Para alcançar esse objetivo, todos os autores abordados no texto enfatizam a Resolução de Problemas como uma estratégia fundamental para promover o pensamento crítico. Portanto, é crucial que os educadores adotem abordagens que estimulem a resolução de problemas, promovendo um ambiente desafiador e propício ao desenvolvimento das habilidades cognitivas dos alunos. Somente assim poderemos formar uma nova geração de indivíduos capazes de enfrentar os desafios complexos do século XXI e contribuir para uma sociedade mais crítica, reflexiva e engajada.



III SIMPPós

3º SIMPÓSIO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIPAMPA - CAMPUS CAÇAPAVA DO SUL



REFERÊNCIAS

CANDAU, V. M. **Reinventar a escola**. Petrópolis: Vozes; 2 ed; 2001.

DANTE, L. R. **Didática da Resolução de Problemas de Matemática**. São Paulo: Ática, 1991.

ECHEVERRÍA, M. P. P. e POZO, J. I. **Aprender a resolver problemas e resolver problemas para aprender**. Em: POZO, J. I. (Ed.). *A solução de problemas: aprender a resolver, resolver para aprender* (p. 13-42). Porto Alegre: Artmed, 1998.

GOI, M. E. J. **A Construção do Conhecimento Químico por Estratégias de Resolução de Problemas**. 151f. Dissertação (Mestrado). Canoas: ULBRA, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Luterana do Brasil, ULBRA, 2004.

MEDEIROS, D. R. **Resolução de problemas como proposta metodológica para o Ensino de Química**. 2019. 147f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências), Universidade Federal do Pampa, 2019.

POZO, J. I. (org.). **A Solução de Problemas: Aprender a resolver, resolver para aprender**. Porto Alegre: Artmed, 1998.

WATTS, M. **The Science of Problem-Solving - A Practical Guide for Science Teachers**. London: Cassell, 1991.

ZULIANI, Sílvia R. Q. A. e ÂNGELO, Antônio C. D. A utilização de metodologias alternativas: o método investigativo e a aprendizagem de química. In: *Educação em Ciências da pesquisa à prática docente*. Ed. Escrituras: Autores Associados, p. 69-80, 2001.



III SIMPPós

3º SIMPÓSIO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIPAMPA - CAMPUS CAÇAPAVA DO SUL



ENSINO DE CIÊNCIAS, METODOLOGIAS E RELAÇÕES EPISTÊMICAS: UMA ANÁLISE TEXTUAL DISCURSIVA EMERGENTE DA RBPEC

TRINDADE, M. B. - Universidade Federal do Pampa;
MORAIS, F. N. C. - Universidade Federal do Pampa;
CORRÊA, A. P. S. - Universidade Federal do Pampa;
SILVA, A. L. S. - Universidade Federal do Pampa.

Palavras-Chave: Ensino de Ciências, Análise Textual Discursiva, Práticas Pedagógicas

Resumo: As ações descritas neste resumo foram financiadas pelo CNPq, na modalidade Iniciação Científica, via o Edital de Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) - CNPQ/UNIPAMPA. Emergem do problema: Como as metodologias e práticas pedagógicas no ensino de Ciências são capazes de promover uma aprendizagem significativa e contextualizada? Utilizando a Análise Textual Discursiva (ATD), conforme proposto por Moraes e Galiuzzi (2007), este estudo examinou um conjunto de artigos publicados entre 2019 e 2023 pela Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (RBPEC). O foco do trabalho consistiu na desconstrução dos textos e na unitarização das informações, permitindo a formação de categorias interpretativas. As categorias principais identificadas foram: *Práticas Pedagógicas* e *Epistemologia em Ensino de Ciências e Atividades Experimentais no Ensino de Ciências*. Os resultados indicam a relevância de metodologias que integrem práticas epistêmicas e experimentação à promoção de uma aprendizagem significativa.

INTRODUÇÃO

O Ensino de Ciências vivencia o desafio de proporcionar uma aprendizagem que ultrapasse a memorização, incentivando a compreensão profunda e crítica dos temas científicos. Diante desse contexto, o objetivo principal desta pesquisa tem sido investigar como as metodologias e práticas pedagógicas no Ensino de Ciências podem promover uma aprendizagem significativa



III SIMPPós

3º SIMPÓSIO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIPAMPA - CAMPUS CAÇAPAVA DO SUL



e contextualizada, ao mesmo tempo em que favorecem a compreensão epistêmica da Ciência. Especificamente, buscou-se analisar a forma como práticas experimentais e epistêmicas têm sido abordadas em artigos científicos recentes, contribuindo para o desenvolvimento de uma educação científica mais crítica e fundamentada. A Análise Textual Discursiva (ATD) se apresenta como uma metodologia eficaz para analisar informações em estudos educacionais, permitindo investigar as práticas pedagógicas e metodologias utilizadas no Ensino de Ciências. Este estudo visou analisar artigos da revista (RBPEC) (<https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec>), destacando as estratégias pedagógicas e metodologias empregadas, com foco na desconstrução e unitarização dos textos para a formação de categorias interpretativas. Sua fundamentação teórica se apoiou em princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, que sugere que a aprendizagem ocorre quando novas informações são relacionadas, de maneira substantiva, ao que o aluno já sabe. Além disso, o trabalho via teses epistemológicas, em sua natureza, abrangência e justificativa, é vital ao desenvolvimento cognitivo e aprendizagem sobre a evolução conceitual do conhecimento científico, essenciais para a formação de práticas pedagógicas no Ensino de Ciências. A ATD, instrumento de análise, conforme descrita por Moraes e Galiazzi (2007), pode ser compreendida como um processo auto-organizado de construção de compreensões, em que novos entendimentos emergem a partir de uma sequência recursiva de três fases: a desconstrução dos textos (corpus da pesquisa), a unitarização (estabelecimento de relações entre os elementos unitários) e a categorização (o captar do emergente em que a nova compreensão é comunicada e validada). Esse processo possibilita investigar as relações entre teoria e prática, enfatizando a relevância das práticas epistêmicas e da experimentação como fundamentos para uma educação científica crítica e bem fundamentada.

METODOLOGIA

Foram analisados artigos publicados entre 2019 e 2023 pela revista RBPEC, envolvendo a desconstrução dos textos e sua unitarização, permitindo a identificação de segmentos de interesse e a formação de categorias para interpretação. As fases da ATD aplicadas incluíram a desconstrução e a unitarização. Na terceira e última fase, foi realizada a categorização, onde se estabeleceram relações entre os elementos unitários identificados nas fases anteriores, culminando na formação das categorias interpretativas. As duas categorias principais que emergiram desse processo foram: *Práticas Pedagógicas e Epistemologia no Ensino de Ciências* e *Atividades Experimentais no Ensino de Ciências*. Essas categorias representam as principais abordagens identificadas na literatura, sublinhando a combinação de práticas epistêmicas e experimentação como fatores essenciais para fomentar uma aprendizagem significativa e de saberes das Ciências.



III SIMPPós

3º SIMPÓSIO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIPAMPA - CAMPUS CAÇAPAVA DO SUL



RESULTADOS E DISCUSSÃO

A escolha do periódico e a aplicação de buscas pelos descritores e termos relacionados, restringindo-se aos títulos dos artigos, possibilitaram a elaboração da Tabela I.

Tabela I – Quantitativo de artigos obtidos a partir da segunda fase da pesquisa.

Descritores	Ano de publicação				
	2019	2020	2021	2022	2023
Teoria da Aprendizagem significativa	-	-	-	1	-
Experimentação	-	-	1	1	1
Epistemologia(s)	2	1	3	3	1

Fonte: autores (2024).

Os artigos analisados foram agrupados em duas categorias principais: *Práticas Pedagógicas e Epistemologia em Ensino de Ciências* e *Atividades Experimentais no Ensino de Ciências*. A primeira categoria destacou a importância de narrativas históricas, jogos didáticos e investigações científicas como estratégias pedagógicas para problematizar as práticas científicas, capazes de tratar a Ciência como uma construção social e histórica. A segunda categoria ressaltou a relevância das atividades experimentais para a aprendizagem significativa, desenvolvimento de habilidades práticas e cognitivas, e a compreensão conceitual e epistêmica da Ciência.

CONCLUSÕES

Com base nas informações analisadas na Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (RBPEC), no período de 2019 a 2023, a pesquisa permitiu identificar tendências importantes nas práticas pedagógicas e epistemológicas no Ensino de Ciências. As categorias interpretativas formadas, Práticas Pedagógicas e Epistemologia no Ensino de Ciências e Atividades Experimentais no Ensino de Ciências, demonstraram que há um foco crescente em abordagens que integram práticas experimentais e epistemológicas. Os resultados indicam que o número de publicações relacionadas à experimentação manteve-se relativamente constante ao longo dos anos, refletindo um interesse contínuo pela aplicação dos conceitos científicos nas práticas educativas. Em contrapartida, a Teoria da Aprendizagem Significativa, que apresentou uma ausência de publicações nos primeiros anos do recorte temporal, reapareceu em 2022, sugerindo um ressurgimento do interesse por abordagens que priorizam a construção de significado no processo de aprendizagem. A categoria Epistemologia(s), por sua vez, revelou uma variabilidade ao longo dos anos, com picos de interesse em 2019 e 2021, o que pode indicar ciclos de discussão e aprofundamento em aspectos epistemológicos da educação científica.



Esses dados sugerem uma dinâmica de pesquisa em constante evolução, em que diferentes abordagens e enfoques ganham destaque em momentos específicos, refletindo a busca por metodologias que promovam uma aprendizagem mais significativa e conectada com a prática científica. Os resultados da pesquisa reforçam a relevância de metodologias que integrem práticas epistêmicas e experimentais no Ensino de Ciências, destacando sua importância para a formação de uma educação científica crítica e adequadamente fundamentada.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação (PROPI) da Universidade Federal do Pampa (Unipampa) e ao Grupo de Pesquisa Ensino, Aprendizagem e Significados em Ciências (EnASci).

REFERÊNCIAS

AUSUBEL, David Paul. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva**, Lisboa: Editora Plátano, 2003.

MORAES, Roque, GALIAZZI, Maria do Carmo. **Análise textual discursiva**. Ijuí: Editora Unijuí, 2007.



III SIMPPós

3º SIMPÓSIO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIPAMPA - CAMPUS CAÇAPAVA DO SUL



VAMOS MANTER VIVO O RIO JACUÍ: UMA PROPOSTA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL NAS ESCOLAS PÚBLICAS DE CACHOEIRA DO SUL-RS

**MACHADO, C. I. C. - Universidade Federal do Pampa;
MOTA, L. F. - Universidade Federal do Pampa;
ROSA, P. C. C. - Universidade Federal do Pampa;
GOI, M. E. J. - Universidade Federal do Pampa.**

Palavras-Chave: Recuperação Ambiental, Preservação, Extensão Universitária

Resumo: Este texto apresenta uma proposta educativa voltada à preservação e recuperação ambiental do Rio Jacuí, que sofreu impactos significativos devido às enchentes no Estado do Rio Grande do Sul. O projeto envolve alunos do Ensino Fundamental e Médio de escolas públicas de Cachoeira do Sul/RS em uma ação educativa e prática de recuperação das margens do rio. A proposta tem como objetivos sensibilizar a comunidade escolar sobre a importância da preservação ambiental e contribuir diretamente para a recuperação ecológica do Rio Jacuí, promovendo um ciclo de aprendizado e ação cidadã. A iniciativa será realizada em três fases principais: rodas de conversas formativas, limpeza da margem e reflorestamento com espécies nativas, além do repovoamento do rio com espécies aquáticas, em colaboração com órgãos especializados.

INTRODUÇÃO

O Estado do Rio Grande do Sul foi gravemente afetado pelas enchentes de 2024, sendo o Rio Jacuí uma das principais áreas impactadas. A recuperação ambiental após esses desastres exige não apenas medidas governamentais, mas também o envolvimento ativo da sociedade, especialmente das futuras gerações. Neste contexto, a educação ambiental se apresenta como uma ferramenta fundamental para promover a conscientização e o cuidado com os recursos naturais (Silva, 2019). Este texto apresenta uma proposta de projeto de extensão



III SIMPPós

3º SIMPÓSIO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIPAMPA - CAMPUS CAÇAPAVA DO SUL



universitária, que será desenvolvido pela Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), intitulado "Vamos Manter Vivo o Rio Jacuí", que visa mobilizar alunos de escolas públicas do Ensino Fundamental e Médio para ações preventivas e recuperativas da natureza.

O desenvolvimento do projeto envolverá uma parceria entre a UNIPAMPA e órgãos ambientais, como a EMATER e EMBRAPA, além da Prefeitura Municipal de Cachoeira do Sul, visando sensibilizar a comunidade sobre a importância da preservação ambiental, além de promover uma restauração das áreas afetadas pelas enchentes.

O presente projeto parte de uma proposta já realizada no ano de 2012, por jovens do Curso de Liderança Juvenil (CLJ) de Cachoeira do Sul. No ano em questão, as atividades desenvolvidas incluíram a revitalização de áreas críticas às margens do Rio Jacuí e colocação de lixeiras ao longo de um determinado espaço adotado, despertando nos jovens o senso de responsabilidade ambiental. Inspirados por essa experiência, agora queremos dar um passo adiante, envolvendo ainda mais escolas e comunidade. Nossa intenção é, não apenas repetir o que deu certo, mas ampliar o impacto, trazendo novas ideias, métodos atualizados de educação ambiental, e fortalecendo as parcerias com instituições que compartilham do nosso compromisso com a preservação do meio ambiente.

A degradação ambiental é uma realidade que afeta diversas regiões do Brasil, e as enchentes de 2024 intensificaram esse problema no Rio Grande do Sul. De acordo com Lima *et al.* (2021), ações preventivas e educativas são essenciais para diminuir os efeitos de desastres naturais e garantir a sustentabilidade ambiental. Com as enchentes, o Rio Jacuí passou a apresentar uma maior degradação das margens, o que agrava a situação de vulnerabilidade do ecossistema.

Neste cenário, a participação de alunos de escolas públicas em projetos de recuperação ambiental é uma oportunidade de conscientizar as futuras gerações sobre a importância de preservar os recursos naturais (Cunha, 2020). Por meio de atividades práticas, como limpeza das margens e reflorestamento, espera-se a partir deste projeto não apenas restaurar parcialmente determinados segmentos das margens do Rio Jacuí, mas também incentivar uma reflexão sobre a importância da preservação ambiental.

METODOLOGIA

O projeto "Vamos Manter Vivo o Rio Jacuí" será desenvolvido em três etapas principais: Rodas de Conversa e Formação; Visita ao Local e Limpeza da Margem; e Reflorestamento do Rio.



III SIMPPós

3º SIMPÓSIO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIPAMPA - CAMPUS CAÇAPAVA DO SUL



A primeira etapa do projeto consistirá na realização de rodas de conversa formativas com os alunos de escolas parceiras de Cachoeira do Sul/RS, focando em temas como a importância da preservação ambiental, os impactos das enchentes no Rio Grande do Sul e as consequências da degradação do Rio Jacuí. Essas atividades educativas serão ministradas por especialistas em educação ambiental. As discussões também abordarão a responsabilidade de cada cidadão na preservação dos recursos naturais, estimulando o protagonismo dos jovens na proteção do meio ambiente.

Na segunda etapa, será organizada uma visita ao local onde será realizada a ação de recuperação, com a limpeza da margem de um trecho de 1 km do Rio Jacuí. Caso a visita física não seja viável, será realizada uma filmagem detalhada da área para que os alunos possam visualizar as condições do local (Ferreira, 2017). Equipados com equipamentos de proteção individual (EPIs), os alunos participarão da coleta de lixo e resíduos das margens, em parceria com a prefeitura local, que se responsabilizará pelo transporte e destinação adequada do material recolhido.

Após a limpeza da margem, inicia-se a terceira etapa, em que biólogos realizarão um estudo da área para identificar as espécies nativas adequadas para o reflorestamento. O plantio das mudas será feito pelos alunos, em parceria com hortos florestais da prefeitura local ou com mudas cultivadas nas próprias escolas. As crianças dos Anos Iniciais poderão participar do processo de plantio e cuidado com as mudas, promovendo uma conscientização ambiental desde cedo (Oliveira, 2022). Além disso, em colaboração com órgãos como a EMATER e EMBRAPA, será promovido o repovoamento do Rio Jacuí com espécies aquáticas nativas, de acordo com as orientações dos profissionais da área (Souza, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Espera-se que o projeto obtenha resultados significativos tanto no âmbito ambiental quanto no educacional. Do ponto de vista ecológico, o projeto contribuirá para a recuperação da vegetação nativa das margens do Rio Jacuí e para a reintrodução de peixes (alevinos) nativos, ajudando a restabelecer o equilíbrio do ecossistema local. Já no aspecto educacional, o envolvimento dos alunos no projeto fortalecerá a conscientização sobre a importância da preservação ambiental e promoverá o desenvolvimento de habilidades cidadãs e de cooperação.

CONCLUSÕES

O projeto "Vamos Manter Vivo o Rio Jacuí" representa uma ação concreta de preservação ambiental, unindo a comunidade acadêmica e escolar em prol de uma ideia comum: a recuperação parcial de um importante recurso natural do Rio Grande do Sul. Através da



III SIMPPós

3º SIMPÓSIO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIPAMPA - CAMPUS CAÇAPAVA DO SUL



educação e do envolvimento prático, espera-se que os alunos se tornem agentes de mudança em suas comunidades, propagando a importância da preservação do meio ambiente para as futuras gerações.

REFERÊNCIAS

CUNHA, J. A. **A educação ambiental como ferramenta de mudança social**. Editora Verde, 2020.

FERREIRA, M. T. A importância da prática educativa na preservação ambiental. **Revista Educação Ambiental**, v. 10, n. 2, p. 45-58, 2017.

LIMA, R. G. SOUSA, P. H.; DIAS, L. M. Enchentes e recuperação ambiental: desafios e oportunidades no Brasil. **Revista Brasileira de Estudos Ambientais**, v. 8, n. 1, p. 12-25, 2021.

OLIVEIRA, T. S. Reflorestamento como prática pedagógica: o envolvimento de crianças em ações ambientais. **Educação e Natureza**, v. 11, n. 1, p. 90-103, 2022.

SILVA, F. J. O papel das escolas na preservação do meio ambiente. **Revista Brasileira de Educação**, v. 25, n. 2, p. 89-101, 2019.

SOUZA, P. V. Repovoamento de rios: uma abordagem ecológica para a recuperação de ecossistemas aquáticos. **Revista de Biologia Aquática**, v. 7, n. 2, p. 55-68, 2019.



III SIMPPós

3º SIMPÓSIO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIPAMPA - CAMPUS CAÇAPAVA DO SUL



GEOCIÊNCIAS



III SIMPPós

3º SIMPÓSIO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIPAMPA - CAMPUS CAÇAPAVA DO SUL



ANÁLISE ESTRUTURAL DE REDE DE FRATURAS UTILIZANDO MODELOS VIRTUAIS DE AFLORAMENTOS

SELK, R. - Universidade Federal do Pampa;
GREGORY, T. R. - Universidade Federal do Pampa;
GUADAGNIN, F. - Universidade Federal do Pampa.

Palavras-Chave: MVAs, parâmetros estruturais, DFN.

Resumo: Este trabalho visa sintetizar de forma objetiva e coerente parte dos métodos usados para a análise das redes de fraturas discretas (DFNs) em maciços rochosos utilizando Modelos Virtuais de Afloramento (MVAs), visando obter parâmetros estruturais detalhados. A análise estrutural é conduzida com base nos princípios do sistema Pxy, demonstrando a eficácia dos MVAs na extração de informações estruturais 1D, 2D e 3D e na quantificação precisa de fraturas, facilitando o emprego desses parâmetros na determinação de porosidade e permeabilidade e fluxo de fluidos em subsuperfície. Neste contexto, o presente trabalho objetiva o mapeamento das redes de fraturas discretas, sendo uma etapa fundamental para a determinação dos parâmetros do sistema Pxy e posterior uso na modelagem de exploração de hidrocarbonetos, geotecnia e outras áreas da geologia, contribuindo e melhorando a eficiência de extração de dados e análises estruturais. Este trabalho fornece subsídios teóricos importantes para futuras pesquisas e aplicações práticas que regem a geomodelagem.

INTRODUÇÃO

A análise estrutural é um campo da geologia que se dedica ao estudo das estruturas geológicas e processos deformacionais das rochas e materiais terrestres, com o objetivo de entender a evolução dos processos tectônicos e o comportamento estrutural interno e externo do planeta de Terra, prevendo resultados de esforços em pequena ou grande escala (Pluijm e Marshak, 2004). As fraturas e as redes de fraturas são geradas por processos de deformação de natureza rúptil, formando-se em profundidades mais rasas e apresentando significativa



importância no armazenamento e fluxo de fluidos como água, óleo e gás (Zerfass; Chemale Junior, 2015).

Assim, o entendimento da rede de fraturas em maciços rochosos (Rede de Fraturas Discretas - do inglês DFN, *Discrete fracture network*) possibilita a compreensão da porosidade e permeabilidade, que influenciam diretamente na capacidade de armazenamento e eficiência do fluxo de fluidos. Essa modelagem das DFNs é obtida por meio da caracterização de alguns parâmetros específicos, como intensidade, orientação, abertura, comprimento, área e volume de fraturas (Uzkeda *et al.*, 2022).

Os MVAs são uma representação 3D de um maciço rochoso aflorante ou outras feições geológicas de interesse, contendo geralmente superfícies geológicas relacionadas ou não a processos deformacionais. Essa representação possibilita a análise estrutural, mapeamento e modelamento de rede de fraturas discretas, reproduzindo com acurácia as características geométricas e topológicas (relacionadas à distribuição espacial) das fraturas (Tavani *et al.*, 2024).

Este trabalho tem como objetivo sintetizar o método de extração das redes de fraturas para posterior uso na determinação de informações estruturais a partir de MVAs. Essas informações definem os parâmetros estruturais do diagrama Pxy (Dershowitz e Einstein, 1988; Sanderson e Nixon, 2015), usados na modelagem de armazenamento e fluxo de fluidos em meios rochosos. Especificamente, será apresentada a metodologia usada na construção dos MVAs e na extração da rede de fraturas dos mesmos. Também é abordado como serão utilizados os parâmetros Pxy em trabalhos futuros.

METODOLOGIA

A metodologia adotada para a análise estrutural e quantificação das DFNs utilizando MVAs segue a proposta de Uzkeda *et al.* (2022), Tavani *et al.* (2024), Peacock e Sanderson (2018) e Gregory e Guadagnin (2024), que envolvem a seguinte sistemática: 1. Revisão bibliográfica: fundamentação teórica aplicada à análise estrutural relacionadas às áreas de estudo, abrangendo: a. contexto geológico; b. análise estrutural; c. rede fraturas; d. aquisição, construção e processamento de MVAs; e. modelagem geológica; e f. metodologias para extração de dados estruturais em MVAs; 2. Aquisição de dados em campo: definidos os afloramentos alvos, a etapa de aquisição de dados em campo é desenvolvida levando em conta as condições climáticas para voos com aeronaves pilotadas remotamente (RPAS – *Remotely Piloted Aerial System*); 3. A etapa de processamento dos dados para processo de geração dos MVAs segue a seguinte dinâmica de trabalho: (a) avaliação e correção da luminosidade das imagens; (b)



III SIMPPós

3º SIMPÓSIO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIPAMPA - CAMPUS CAÇAPAVA DO SUL



alinhamento das imagens; (c) geração da nuvem densa de pontos; e (d) construção, otimização e texturização da malha triangulada. A etapa (a) é desenvolvida utilizando Python® e o software Lightroom®. Já as etapas (b), (c) e (d) foram realizadas com o auxílio do software Agisoft MetaShape®; 4. A análise estrutural e a quantificação das DFNs são realizadas por meio da extração de feições estruturais (fraturas) quando a feição é geologicamente exposta, ou seja, quando a superfície geológica coincide com a superfície topográfica. A identificação é realizada manualmente, semi-automaticamente ou automaticamente utilizando os programas de modelagem CloudCompare® e MOVE® (Uzkeda *et. al.* 2022). Os procedimentos seguem a metodologia proposta por Gregory e Guadagnin (2024). Essa etapa é o escopo do presente trabalho e serve de base para as etapas seguintes, desenvolvidas em trabalhos futuros; 5. A análise estrutural e a quantificação da rede fraturas partirá dos princípios fundamentais propostos por Peacock e Sanderson (2018). Assim, medidas estruturais como comprimento, largura, área, volume, abertura e orientação preferencial das famílias de fraturas deverão ser definidas em conjunto com os respectivos parâmetros de porosidade, intensidade e densidade, aplicados no Sistema Pxy estabelecido por Bisdom *et al.* (2014) e Sanderson e Nixon (2015), por meio do software MOVE®.

O sistema Pxy foi desenvolvido por Dershowitz e Einstein (1988) e complementado por Sanderson e Nixon (2015), que descrevem o termo “*fracture abundance*” como a frequência ou intensidade das fraturas. As colunas (x) representam as dimensões das feições analisadas (número, comprimento, área e volume) e as linhas (y) representam as dimensões da amostragem realizada (volume, área e linha), conforme ilustrado na Figura 01. O diagrama permite classificar, quantificar e comparar fraturas em diferentes dimensões, auxiliando na modelagem geológica da rede de fraturas (Bisdom *et al.*, 2014; Sanderson e Nixon, 2015).

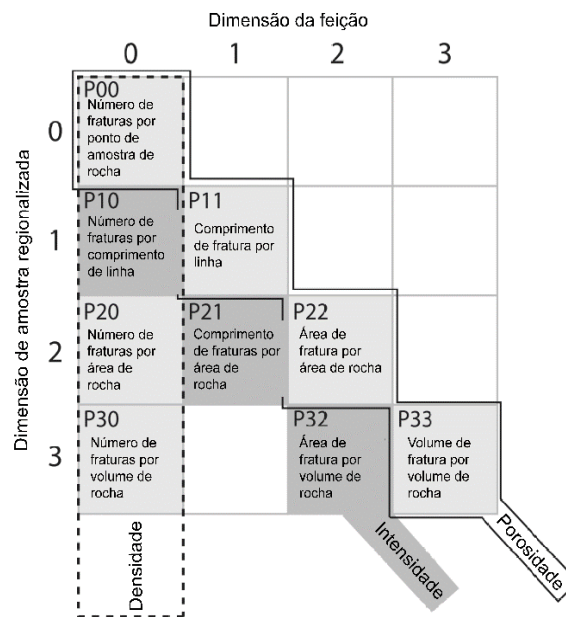


III SIMPPós

3º SIMPÓSIO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIPAMPA - CAMPUS CAÇAPAVA DO SUL



Figure I – Diagrama Pxy, onde a diagonal P00, P11, P22, P33 é atribuída às dimensões para definição da porosidade e a diagonal P10, P21, P32 para definir intensidade.



Fonte: adaptado de Bisdom *et al.* (2014) e Sanderson e Nixon (2015).

O sistema Pxy, segundo Sanderson e Nixon (2015), fornece suporte para amostragem em uma dimensão (1D), duas dimensões (2D) e três dimensões (3D), sendo as medidas 1D (P00, P10, P11): P00 - esta amostragem fornece por meio de furos de sondagem a quantidade de fraturas que cruzam um ponto; P10 - quantidade de fraturas que intersectam uma linha por metro. As medidas 2D (P20, P21, P22): P20 - quantidade de fraturas em unidade de área amostrada em uma superfície, como por exemplo mapas ou superfície geológica exposta; P21 - é a medida dos traços/linha de fratura por área; P22 - é a área de fraturas por área de rocha. As medidas 3D (P30, P32, P33) P30 - consiste no número de fraturas por volume; P32 - consiste na área total da superfície de fraturas por volume; P33 - é o volume de fratura por volume de rocha.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os afloramentos selecionados para a pesquisa foram definidos com base em critérios específicos estabelecidos pela empresa, os quais não podem ser detalhados por questões de confidencialidade.

A construção dos MVAs e o mapeamento de rede de fratura, apresentaram os seguintes resultados: a. aproximadamente 40 horas de voo com drone; b. a coleta de 9981 imagens em alta resolução no formato RAW para confecção dos MVAs; c. imageamento de 15



afloramentos, alguns em locais de difícil acesso; d. a construção de 15 MVAS; e. a extração manual de fraturas de 01 afloramento, resultando na extração de 60 fraturas expostas, configurando 6 famílias de fraturas; f. o processamento semi-automático resultou na criação de 30.236 facetas(fraturas) e 6 famílias de fraturas.

Os resultados obtidos são capazes de auxiliar na compreensão da dinâmica e da espacialidade das DFNs em maciços rochosos, servindo de subsídio para futura análise estrutural detalhada e definição dos parâmetros estruturais do sistema Pxy em MVAs.

CONCLUSÃO

A aplicabilidade e os benefícios na utilização de MVAs na obtenção de parâmetros estruturais, principalmente em regiões de difícil acesso, possibilita analisar os padrões de fraturas e assim construir, junto com outros parâmetros, modelos que modelam o comportamento de fluidos em subsuperfície, usando os parâmetros do sistema Pxy. As representações precisas de maciços rochosos facilitam a análise detalhada das características geométricas e topológicas das fraturas. Esta abordagem complementa os métodos tradicionais de campo, melhorando a eficiência e a qualidade dos dados estruturais. No entanto, é essencial garantir a qualidade dos dados de entrada para obter modelos precisos. A padronização dos procedimentos de aquisição e processamento de dados é necessária para minimizar variações. A integração de MVAs com dados sísmicos e de perfuração pode oferecer uma modelagem tridimensional mais completa. Estudos futuros devem explorar a das condições de fraturamento para entender melhor a dinâmica temporal das redes de fraturas.

Assim, espera-se contribuir para futuras aplicações e pesquisas no âmbito da geomodelagem de DFNs, fornecendo subsídio teórico auxiliar para trabalhos futuros nas áreas de Geologia do Petróleo, Geologia Estrutural, Geotecnia e outras áreas afins que possam utilizar dos resultados para aprimorar seus trabalhos.

REFERÊNCIAS

BISDOM, Kevin; GAUTHIER, Bertrand D. M.; BERTOTTI, Giovanna; HARDEBOL, N. J. Calibrating discrete fracture-network models with a carbonate three-dimensional outcrop fracture network: Implications for naturally fractured reservoir modeling. **AAPG Bulletin**. v. 98, n. 7, p. 1351–1376, jul. 2014.



III SIMPPós

3º SIMPÓSIO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIPAMPA- CAMPUS CAÇAPAVA DO SUL



GREGORY, T.R.; GUADAGNIN, F.; ROEMERS-OLIVEIRA, E. 2024. Proposta de rotina de extração de fraturas em modelos 3D de afloramentos. 51º Congresso Brasileiro de Geologia, Belo Horizonte, MG, Anais...

PEACOCK, David C. P.; SANDERSON, David J.; ROTEVATN, Atle. Relationships between fractures. **Journal of Structural Geology**, v. 106, p. 41–53, ago. 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsg.2017.11.010>.

PLUIJM, Ben A. Van DER; MARSHAK, Stephen. **Earth Structure: An Introduction to Structural Geology and Tectonics**. 2ª ed. W.W. Norton & Company, 2004.

SANDERSON, D. J.; NIXON, C. W. **The use of topology in fracture network characterization**. **Journal of Structural Geology**, v. 72, p. 55–66, mar. 2015.

TAVANI, Stefano; CORRADETTI, Amerigo; MERCURI, Marco; SEERS, Thomas. **Virtual outcrop models of geological structures**: From the construction of photogrammetric 3D models to their application towards the analysis of geological structures. Società Geologica Italiana, Roma, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3301/MON.2024.01>.

UZKEDA, Hodei; POBLET, Joseph; MAGÁN, Marta; BULNES, Maytes; MARTÍN, Santiago; FERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, David. Virtual outcrop models: Digital techniques and an inventory of structural models from North-Northwest Iberia (Cantabrian Zone and Asturian Basin). **Journal of Structural Geology**, v. 157, p. 104568, abr. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jsg.2022.104568>.

ZERFASS, Henrique; CHEMALE JUNIOR, Farid. Geologia Estrutural em ambiente rúptil: fundamentos físicos, mecânica de fraturas e sistemas de falhas naturais. **Terrae Didactica**, v. 7, n. 2, p. 61- 80, 29 jun. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.20396/td.v7i2.8637428>.



III SIMPPós

3º SIMPÓSIO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIPAMPA - CAMPUS CAÇAPAVA DO SUL



PROPRIEDADES GEOTÉCNICAS DOS SOLOS DA ESTRADA DE ACESSO AO CERRO DO ANDRADE, CAÇAPAVA DO SUL-RS

SELK, R. - Universidade Federal do Pampa;
SANTOS, A. S. - Universidade Federal do Pampa;
GUEDES, F. A. R. - Universidade Federal do Pampa;
GARCIA, P. E. - Universidade Federal do Pampa;
CUNHA, V. T. - Universidade Federal do Pampa;
NOVA, G. P. C. - Universidade Federal do Pampa.

Palavras-Chave: Mapeamento geotécnico, Argilosidade, Relevo.

Resumo: A melhoria de estradas em áreas de mineração é fundamental para garantir segurança e eficiência logística, otimizando a produtividade do empreendimento. Este trabalho apresenta resultados de mapeamento geológico-geotécnico de solos (1:25.000) ao longo da estrada de acesso ao Cerro do Andrade, zona detentora de importante depósito cuprífero ainda não explorado. Os protólitos dos solos estudados são granitoides e metassedimentares. O relevo observado é forte ondulado. As rochas e solos foram analisados, respectivamente, via petrografia macroscópica e ensaios geotécnicos laboratoriais. A coleta dos solos e a análise laboratorial respeitaram normas técnicas (ABNT e DAER) tradicionalmente empregadas em estudos dessa natureza. Foram performados ensaios de umidade, densidade, granulometria, liquidez, plasticidade e condutividade hidráulica. Observou-se alta plasticidade, baixa condutividade hidráulica, considerável espessura e densidade em solos de cotas topográficas baixas. Em cotas elevadas, notou-se comportamento inverso. Os resultados indicam o conteúdo de argila dos solos como principal controlador das propriedades físicas analisadas.



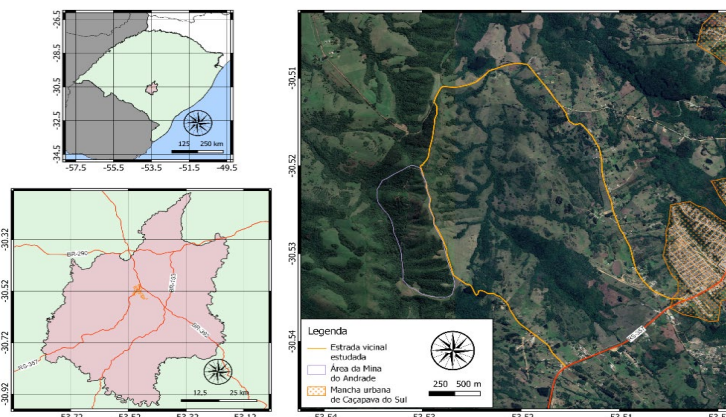
III SIMPPós

3º SIMPÓSIO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIPAMPA - CAMPUS CAÇAPAVA DO SUL



INTRODUÇÃO

Figura I – Mapa de localização da área de estudo.



O Cerro do Andrade, região onde localiza-se o depósito cuprífero homônimo, está situado cerca de 4 km a oeste da zona urbana de Caçapava do Sul, com acesso por meio da ERS-357 e de estradas vicinais (Figura I). O depósito do Andrade é classificado como inferido, apresentando $6,1 \times 10^6$ toneladas com teor de 0,43% de Cu (Mining Ventures, 2013 *apud* Silva, 2019). A área de estudo abrange as rochas metassedimentares do Complexo Metamórfico Passo Feio (CMPF; Bitencourt, 1983) e os granitoides do Complexo Granítico Caçapava do Sul (CGCS; Bitencourt, 1983). As mineralizações de cobre encontradas no Cerro do Andrade ocorrem em rochas metassedimentares especialmente na forma de calcocita, bornita e calcopirita, com covelita, pirita, digenita e cobre nativo associados. A gênese do depósito do Andrade é associada à mobilização e à mistura de fluidos sulfetados oriundos das rochas metassedimentares do CMPF a partir da intrusão do CGCS (Remus *et al.*, 2000).

Em pequena escala, o contexto pedológico da região é resumido a solos rasos, pouco desenvolvidos. Segundo Streck *et al.* (2018), o tipo de solo encontrado na região de estudo é neossolo litólico distrófico. Entretanto, na escala em que ocorreu o mapeamento descrito neste relatório, foi possível identificar outros tipos de solo. A partir das informações retornadas pelos ensaios geotécnicos propostos por este trabalho, a principal característica dos solos passível de ser inferida é a erodibilidade. Tal parâmetro pode indicar quais zonas da estrada ofereceriam maiores dificuldades de tráfego em função, por exemplo, da ocorrência de pedregulhos e valas.



III SIMPPós

3º SIMPÓSIO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIPAMPA - CAMPUS CAÇAPAVA DO SUL



METODOLOGIA

Tabela I- Relação de ensaios e respectivos métodos. Siglas: **w(%)** = teor de umidade; **m1** = massa de solo úmido + massa do recipiente de pesagem; **m2** = massa de solo seco + massa do recipiente de pesagem; **m3** = massa do recipiente de pesagem; **Ds** = densidade (kg/m^3 ou g/cm^3); **ma** = massa de amostra de solo seco (g); **v** = volume do cilindro (cm^3); **Cu** = coeficiente de uniformidade; **Cc** = coeficiente de curvatura; **Dxx** = xx percentil da distribuição de frequência; **Ks** = condutividade hidráulica de solo saturado; **V** = volume de água coletado (mm^3); **A** = área de seção transversal da amostra de solo (mm^2); **t** = tempo de coleta; **H** = comprimento da amostra de solo (mm); **h** = altura da lâmina d'água sobre a amostra (mm).

Ensaio	Norma técnica ou ferramenta	Equação base
Umidade	NBR 6457:2016	$w(\%) = [(m1 - m2) / (m2 - m3)] * 100$
Densidade	DNER-ME 093/094	$Ds = ma / v$
Granulometria	Peneiramento; Granulômetro a laser	$Cu = D60 / D10$
		$Cc = (D30)^2 / D60 \times D10$
		Função previsão linear (Excel)
Liquidez	NBR 6459:2016; Aparelho de Casagrande	Função previsão linear (Excel)
Plasticidade	NBR 7180	–
Condutividade hidráulica	Permeâmetro de carga constante	$Ks = (V * H) / [A * t * (H + h)]$

A investigação do solo em campo foi realizada seguindo a NBR 9603/2015, baseada no método de amostragem direta através da perfuração com trado manual do tipo holandês, de 1 metro de comprimento e 8 cm de diâmetro. A amostragem foi feita em 38 pontos com espaçamento médio de 250 m; eventualmente, perfis de solo ao longo de cortes de estrada foram descritos. Quando possível, foi coletada uma amostra de cada horizonte de solo, visando atingir a rocha sã ou o limite do comprimento do trado. Especificamente para a realização do ensaio de condutividade hidráulica, foram coletadas amostras indeformadas de solo através de cápsulas de ferro galvanizado com dimensões de 5 cm de diâmetro e 5,3 cm de altura. Os ensaios laboratoriais, bem como as respectivas normas técnicas empregadas, são apresentados na Tabela I.



III SIMPPós

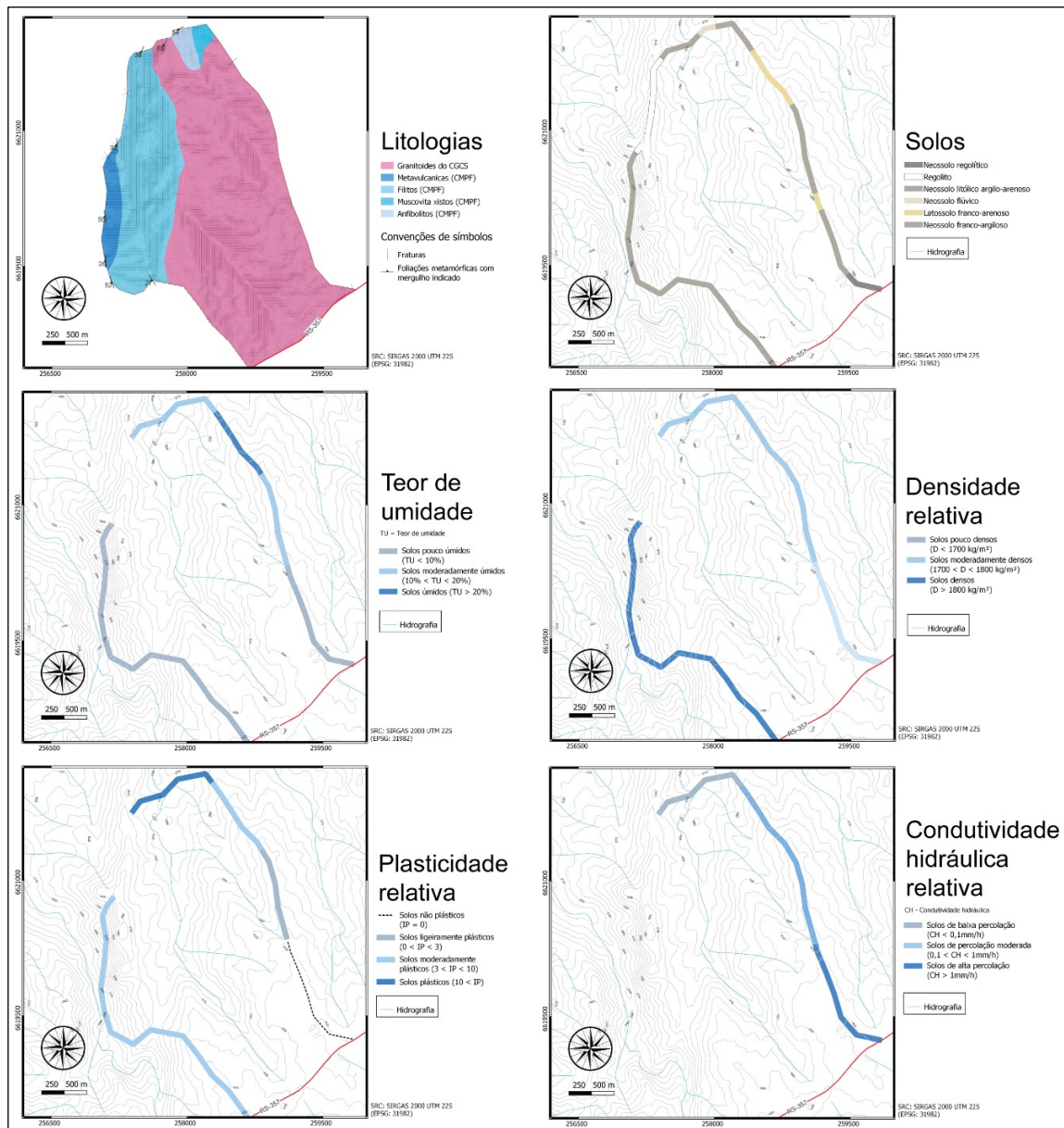
3º SIMPÓSIO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIPAMPA - CAMPUS CAÇAPAVA DO SUL



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neossolos litólicos argilo-arenosos e regolíticos e latossolos franco-arenosos ocorrem preferencialmente sobre os granitoides do CGCS, em cotas mais elevadas, exibindo baixo grau de evolução, espessura máxima de um metro e abrupto contato vertical com a rocha sã. A composição destes solos reflete a mineralogia dos granitoides, evidenciando pedogênese *in situ*. Nestes solos, observou-se granulometria desuniforme a moderadamente uniforme, mal graduada a bem graduada. As demais propriedades são expostas na Figura 2.

Figura 2 – Mapas elaborados com os resultados do mapeamento geológico-geotécnico.



Em cotas topográficas relativamente baixas evidenciam-se neossolos argilo-arenosos moderadamente evoluídos, pouco compactos quando secos, e moderadamente compactos quando úmidos, dada a presença de argila nos interstícios dos grãos. Neossolos flúvicos são identificados nas zonas de contato entre o CGCS e o CMPF, sendo pouco evoluídos e apresentando granulometrias que variam de argila, silte e areia muito fina, lateralmente e horizontalmente. Aqui, notou-se granulometria desuniforme a moderadamente uniforme, mal graduada. As demais propriedades são expostas na Figura 2.

Luvissolos crômicos subordinados a neossolos flúvicos e neossolos franco-argilosos ocorrem em áreas de domínio litológico de xistos e de rochas metavulcânicas (CMPF). Tais luvissolos são caracterizados por espessura delgada, em torno de 1 m, coloração acinzentada e mudanças abruptas de granulometria entre os horizontes. Nessas zonas, o solo tende a ser mal drenado (portanto, menos permeável) e mais plástico.

Chernossolos rëndzicos são observados pontualmente em áreas com maiores densidades de vegetação e próximas a drenagens, ocorrendo em conjunto com neossolos argilo-arenosos e franco-argilosos medianamente profundos, com cores bruno acinzentadas e textura arenosa no horizonte A e cores bruno amareladas ou bruno acinzentadas e textura média no horizonte B. Neste domínio, a pedogênese *in situ* é menos frequente, e há maior contribuição de sedimentos coluviais advindos de outras litologias. Aqui, observou-se granulometria desuniforme a moderadamente uniforme, de graduação aberta. As demais propriedades são expostas na Figura 2.

As mudanças litológicas ao longo do perfil da estrada tiveram por consequência contrastes nos padrões de relevo e nas propriedades físicas do solo, principalmente a plasticidade e a condutividade hidráulica.

CONCLUSÕES

Em baixos topográficos, que frequentemente abrangem neossolos franco-argilosos, foi notada certa tendência do solo ser mais heterogêneo quanto à granulometria, apresentando elevados conteúdos de argila. Além disso, observa-se maior espessura e densidade. Estes fatores são refletidos na alta plasticidade e baixa condutividade hidráulica do solo, aspectos que provavelmente diminuem sua erodibilidade. Em altos topográficos, onde ocorrem principalmente neossolos regolíticos e litólicos, observou-se comportamento quase inverso: solos mais arenosos, menos espessos, menos densos e com boa drenagem, fatores que tendem a aumentar a erodibilidade do solo. Estas características indicam que o principal controlador das propriedades físicas analisadas é o conteúdo de argila dos solos. Portanto, infere-se que



o conteúdo de argila é inversamente proporcional à erodibilidade. Assim, sugere-se maior atenção às zonas de solo arenoso para o estabelecimento de medidas mitigatórias.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6457: Amostras de solo - Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização**. Rio de Janeiro, 8 p. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6459: Solo - Determinação do limite de liquidez**. Rio de Janeiro, 5 p. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7180: Solo - Determinação do limite de plasticidade**. Rio de Janeiro, 3 p. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9603: Sondagem a trado - Procedimento**. Rio de Janeiro, 5 p. 2015.

BITENCOURT, M. F. A. S. **Geologia, petrologia e estrutura dos metamorfitos da região de Caçapava do Sul, RS**. Dissertação de Mestrado. Curso de pós-graduação em geociências. Orientador: Léo Afrâneo Hartmann. Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1983.

REMUS, M. V. D.; HARTMANN, L. A.; MCNAUGHTON, N. J.; GROVES, D. I.; FLETCHER, I. R. **The link between hydrothermal epigenetic copper mineralization and the Caçapava Granite of the Brasiliano Cycle in southern Brazil**. Journal Of South American Earth Sciences, São Paulo, v. 13, p. 191-216, jan. 2000.

SILVA, S. L. **Análise e modelagem estrutural do depósito de cobre do Andrade, Caçapava do Sul - RS**. 2019. 65 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geologia). Orientador: Felipe Guadagnin - Universidade Federal do Pampa, Caçapava do Sul, 2019.

STRECK, E. V. (et al.) **Solos do Rio Grande do Sul**. 3 Ed. Emater/RS-Ascar – Porto Alegre, 2018.



III SIMPPós

3º SIMPÓSIO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIPAMPA - CAMPUS CAÇAPAVA DO SUL

