

Universidade do Minho

Escola de Ciências

Óscar Filipe André da Silva Costa

**Cartografia geoquímica de alta resolução
em jazigos de Pb-Zn da Zona de Ossa
Morena**

Dissertação de Mestrado
Mestrado em Geociências - Valorização de recursos
geológicos

Trabalho efetuado sob a orientação do(a)
**Professora Doutora Amélia Paula Martins Marinho
Dias dos Reis**
**Professor Doutor Pedro Miguel Madureira Pimenta
Nogueira**

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



Atribuição
CC BY

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Agradecimentos

A realização deste trabalho não teria sido possível sem o apoio, disponibilidade e dedicação de algumas pessoas, a quem devo os meus agradecimentos.

À minha orientadora Professora Doutora Amélia Paula Martins Marinho Dias Reis pela disponibilidade, esclarecimento de dúvidas, partilha de conhecimento, sugestões e contribuição do material necessário para a realização deste trabalho.

Ao meu orientador Professor Doutor Pedro Miguel Madureira Pimenta Nogueira pela sugestão do tema, partilha de conhecimento, ajuda no trabalho de campo e disponibilização de material fulcral para a realização deste trabalho.

Ao Professor Doutor Pedro Simões pela ajuda essencial na análise petrográfica.

À Sra. Sandra do laboratório de Geologia da Universidade de Évora pela ajuda e acompanhamento na realização das lâminas delgadas presentes neste trabalho.

Ao Sr. Saúl pela ajuda na moagem de amostras e na realização da difração de raios-X.

Ao meu colega António pela ajuda no trabalho de campo.

Ao meu pai por estar sempre presente e ter acreditado e me apoiado durante todo o meu percurso académico.

À Cristina por estar sempre presente e ao meu lado.

À minha avó, a quem dedico este trabalho, que sempre me apoiou em tudo e infelizmente partiu durante a realização do mesmo. Estás sempre nos nossos pensamentos.

Declaração De Integridade

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

Resumo

As minas da Preguiça e Vila Ruiva estão situadas na Zona Ossa Morena, na região Moura-Ficalho, onde ocorrem diferentes tipos de mineralizações do tipo Zn-Pb(-Ag-Sb-Au) em que Preguiça e Vila Ruiva são exemplo. Ambos os depósitos se localizam na Serra da Preguiça no distrito de Beja, tendo sido explorados para Fe-Zn-Pb no início e meados do século XX.

As explorações em Preguiça e Vila Ruiva incidiram principalmente nos domínios de enriquecimento supergênico, pelo que a informação disponível sobre a mineralização primária é escassa. Em ambas as minas ocorrem chapéus de ferro, principalmente no seio de metadolomias câmblicas.

O principal objetivo do trabalho é efetuar uma reavaliação do potencial mineiro destas minas, com a utilização de métodos e técnicas de prospeção, recorrendo à elaboração de uma cartografia geoquímica de alta resolução da zona mineira Preguiça-Vila Ruiva. A cartografia será complementada e interpretada à luz de uma caracterização petrográfica, mineralógica e geoquímica por difração de raios-X dos litótipos e das fases minerais.

A cartografia de alta resolução é realizada com auxílio a um equipamento de fluorescência de raios-X portátil. Os resultados serão posteriormente interpretados através de técnicas de análise multivariada de dados, geoestatística e SIG.

Verificou-se que os principais elementos medidos nos solos, zinco, chumbo e ferro, concentram-se nos locais de maior influência antropogénica, no entanto, os seus comportamentos de variação espacial diferem pela área de estudo.

Palavras-chave: fluorescência de raios-X portátil; Preguiça; Vila Ruiva

Abstract

The Preguiça and Vila Ruiva mines are in the Ossa Morena Zone, in the Moura-Ficalho region, where different types of Zn-Pb(-Ag-Sb-Au) mineralisation occur, of which Preguiça and Vila Ruiva are an example. Both deposits are in the Serra da Preguiça in the district of Beja and were explored for Fe-Zn-Pb in the early and mid-20th century.

Exploration at Preguiça and Vila Ruiva focused mainly on supergene enrichment domains, so available information on primary mineralisation is scarce. In both mines, iron hats occur, mainly within Cambrian metadolomies.

The main objective of the work is to re-evaluate the mining potential of these mines, using methods and techniques of prospection, through the elaboration of high-resolution geochemical cartography of the Preguiça-Vila Ruiva mining area. The cartography will be complemented and interpreted in the light of a petrographic, mineralogical, and geochemical characterization by X-ray diffraction of lithotypes and mineral phases.

The high-resolution cartography is carried out with the aid of portable X-ray fluorescence equipment. The results will be further interpreted using multivariate data analysis techniques, geostatistics, and GIS.

It was found that the main elements measured in soils, zinc, lead, and iron, are concentrated in sites of greater anthropogenic influence, however, their spatial variation behaviours differ across the study area.

Keywords: portable X-ray fluorescence; Preguiça; Vila Ruiva

Índice

Agradecimentos.....	v
Declaração De Integridade.....	vi
Resumo.....	vii
Abstract.....	viii
Lista de Figuras.....	xi
Lista de Tabelas.....	xv
Lista de Anexos.....	xvi
1. Introdução.....	1
2. Enquadramento Geológico.....	2
2.1 Tectónica.....	3
2.2 Geologia.....	6
2.3 Mineralizações.....	10
3. Materiais e métodos.....	12
3.1 Amostragem.....	12
3.2 Preparação das amostras.....	17
3.3 Métodos analíticos.....	17
3.4 Estatística, modelação espacial e SIG.....	18
4. Resultados.....	20
4.1 Petrografia.....	21
4.1.1 Mina da Preguiça.....	21
4.1.2 Mina da Vila Ruiva.....	26
4.2 Análise por difração de raios-X.....	32
4.2.1 Mina da Preguiça.....	33

4.2.2 Mina da Vila Ruiva	41
4.3. Análise Estatística.....	50
4.3.1 Análise Estatística Univariada	50
4.3.2 Análise Estatística Bivariada	62
4.3.3 Análise estatística multivariada	71
4.4. Cartografia geoquímica.....	74
4.4.1 Caracterização dos perfis	74
4.4.1.1 Perfis Mina da Preguiça	75
4.4.1.2 Perfil intermédio	76
4.4.1.3 Perfis Mina da Vila Ruiva	77
4.4.2 Mapas pontuais de concentrações.....	79
4.4.3 Mapas de superfície	83
5. Conclusões	91
6. Trabalhos futuros	93
7. Bibliografia	94
8 - Anexos	97

Lista de Figuras

Figura 1 - Imagem de satélite das minas da Preguiça e Vila Ruiva (direita) e sua localização no território de Portugal continental (esquerda).	2
Figura 2 - Zonas do Maciço Ibérico (extraído e modificado de Pérez-Estaún et al. (2004) a partir de Julivert et al. (1974).....	3
Figura 3 - Faixas da ZOM com potencial mineiro, extraído e modificado de Mateus, et al. 2012. As minas da Preguiça e Vila Ruiva correspondem ao número 32 e 33 respetivamente.....	4
Figura 4 - Topografia da região Moura-Ficalho, extraído de Patinha (2002)	5
Figura 5 - Corte geológico de direção SW-NE representando a estrutura geral da ZOM, extraído de Araújo et al. (2018) a partir de Ribeiro et al. (2007).....	6
Figura 6 -Coluna litoestratigráfica da região Moura-Ficalho, extraído e modificado de Patinha (2002). As estruturas mineralizadas das minas da Preguiça e Vila Ruiva encontram-se representadas pelo número 6 (óxidos e carbonatos de Zn, blenda e galena) e 7 (hematite, óxidos e carbonatos de Zn), respetivamente....	7
Figura 7 - Mapa geológico da zona mineira Preguiça-Vila Ruiva baseado a partir de uma carta geológica do Instituto Geológico e Mineiro do sector de Preguiça – Vila Ruiva à escala 1:20 000 não publicada, extraído e modificado de Patinha (2002). A informação topográfica foi baseada na Carta Militar – 524 Sobral da Adiça (Moura) à escala 1:25 000. Equidistância das curvas de nível corresponde a 10m	8
Figura 8 - Ortofotografia realizada por voos de drone durante dezembro 2021	13
Figura 9 - Amostras de rocha (círculos amarelos) recolhidas na mina da Preguiça (cima) e Vila Ruiva (baixo) para análise por DRX	14
Figura 10 - Fotografia de satélite com representação da amostragem realizada na zona mineira Preguiça-Vila Ruiva.....	15
Figura 11 - Amostras de solo (círculos vermelhos) recolhidas na mina da Preguiça (cima) e Vila Ruiva (baixo) para análise por DRX	16
Figura 12 - Fotografias ao microscópio das amostras PR1a , PR1b e PR1c . A e B – Aspeto textural geral da amostra PR1a definida pelos carbonatos espírríticos a microesparríticos e grandes cristais de quartzo com indícios de deformação, representação ainda de óxidos de ferro hidratados (NX); C – Aspeto geral da amostra PR1b com cristais de dolomite euédricos, carbonatos esparríticos e quartzo a definirem o aspeto textural granoblástico inequigranular (NX); D – Ao centro anfíbola-Na na amostra PR1b , com aspeto em “leque” e	

precipitação de óxidos de ferro nos bordos (NP); E – Aspeto textural geral da amostra **PR1c** definida por carbonatos esparriticos a microesparriticos e quartzo, ocorrência ainda de serpentina (NX); F – Grandes cristais de dolomite na amostra **PR1c** com concentração de opacos secundários e cristais de quartzo deformados (NX). 23

Figura 13 - Fotografias ao microscópio das amostras **PR1i** e **PR1m**. A e B – Aspeto textural geral da amostra **PR1i** granoblástica equigranular definida por carbonatos e quartzo, representação de veios de carbonatos com grandes cristais de quartzo e opacos a cortar a matriz (A) e um filonete carbonatado (B) (NX); C – Contacto entre as duas texturas da amostra **PR1m** (NX); D – Veio de calcite na amostra **PR1m** com fases de crescimento de dolomite (NX); E – Ocorrência na amostra **PR1m** de calcite com macla tipo I e II (NX); F – Ocorrência na amostra **PR1m** de calcite com macla tipo III (NX). 25

Figura 14 - Fotografia ao microscópio das amostras **VR1a**, **VR1b** e **VR1c**. A – Aspeto geral da textura blastomilonítica presente na amostra **VR1a** com evidente deformação no quartzo e carbonatos (NX); B- Textura granoblástica equigranular presente na amostra **VR1a** de matriz esparritica cortada por veios de quartzo, com representação de possível ocorrência de esfena (NP); C e D – Aspeto textural geral da amostra **VR1b** definida por quartzo e carbonatos esparriticos, com ocorrência de talco e possível esfena (NX e NP respetivamente); E e F – Aspeto textural geral da amostra **VR1c** definida por uma matriz equigranular homogénea de carbonatos microesparriticos e preenchimento de fraturas por quartzo e opacos com fortes evidências deformacionais (NX). 28

Figura 15 - Fotografias ao microscópio das amostras **VR1d**, **VR3a** e **VR3b**. A – Aspeto textural da amostra **VR1d** com evidência de microfalha num veio de opacos e preenchimento da fratura por sílica (NX); B – Zona de maior recristalização na amostra **VR1d** com grandes cristais de calcite com visível macla e clivagem, evidências ainda de deformação pelo dobramento do filonete preenchido por opacos (NX); C – Aspeto textural geral da amostra **VR3a** com ocorrência de opacos subeuédricos e pequenos cristais de óxidos de ferro hidratados (NX); D – Zona de maior recristalização na amostra **VR3a** com ocorrência de pequenos cristais de quartzo e evidência de opaco com areola de reação (NX); E – Aspeto textural geral da amostra **VR3b** de matriz microesparritica e veio de quartzo com evidências de deformação em regime dúctil-frágil (NX); F – Presença de estiólitos na amostra **VR3b** (NX). 30

Figura 16 - Fotografias ao microscópio das amostras **VR3c** e **VRE1b**. A – Aspeto textural geral da amostra **VR3c** com evidência de um veio de quartzo (NX); B – Ocorrência de opacos subeuédricos na amostra **VR3c**

(NX); C e D – Aspeto geral da amostra VRE1b dominada por opacos, carbonatos e quartzo, evidência, ainda, de pequenos cristais de óxidos de ferro hidratados (NX e NP respetivamente).	31
Figura 17 - Locais de recolha das amostras para análise por DRX na mina da Preguiça (esquerda) e Vila Ruiva (direita) utilizando como fundo o mapa da Figura 7; As bolas a amarelo representam amostras de rocha enquanto a vermelho representam solos, com a devida referência.	32
Figura 18 - Representação da relação entre a fração carbonatada e não carbonatada nas amostras recolhidas na mina da Preguiça através de análise por DRX.	34
Figura 19 - Representação da relação entre os grupos minerais identificados (carbonatos, silicatos, óxidos/hidróxidos e sulfatos) nas amostras recolhidas na mina da Preguiça através de análise por DRX. .	35
Figura 20 - Representação da composição mineralógica total nas amostras recolhidas na mina da Preguiça através de análise por DRX.	37
Figura 21 - Representação da relação entre a fração carbonatada e não carbonatada nas amostras recolhidas na mina da Vila Ruiva através de análise por DRX.	42
Figura 22 - Representação da relação entre os grupos minerais identificados (carbonatos, silicatos, óxidos/hidróxidos e sulfatos) nas amostras recolhidas na mina da Vila Ruiva através de análise por DRX.	43
Figura 23 - Representação da composição mineralógica total nas amostras recolhidas na mina da Vila Ruiva através de análise por DRX.	45
Figura 24 - Histogramas dos elementos Zn (A), Pb (B), Fe (C), obtidos na mina da Preguiça.	52
Figura 25 - Histogramas dos elementos Zn (A), Pb (B), Fe (C) obtidos na mina da Vila Ruiva.	55
Figura 26 - Histogramas dos elementos Zn (A), Pb (B), Fe (C) baseados nos dados totais.	58
Figura 27 - Diagramas de extremos e quartis dos elementos Zn (A), Pb (B), Fe (C), Mn (D), V (E), Cr (F), Co (G), Ni (H), Cu (I), As (J), Se (K), Cd (L), Sb (M) baseados nos dados totais.....	61
Figura 28 - Diagramas de dispersão das correlações Zn-Ni (A), Fe-Cr (B), Fe-Co (C) e Cr-Co (D) com os dados amostrais da mina da Preguiça.....	64
Figura 29 - Diagramas de dispersão das correlações Pb-As (A), Fe-Cr (B), Fe-Co (C) e Cr-Co (D) com os dados amostrais da mina da Vila Ruiva.	67
Figura 30 - Diagramas de dispersão das correlações Zn-Ni (A), Pb-As (B), Cr-Co (C), Cr-Fe (D) e Fe-Co (E) com os dados amostrais totais.....	70
Figura 31 - A - Diagrama de componentes para os dados totais; B - Scree plot para os dados totais.....	72

Figura 32 - Rede amostral com indicação dos perfis individuais das medições FRX-P, tendo como fundo a ortofotografia obtida por drone sobreposta à imagem de satélite.	74
Figura 33 - Perfis de medição FRX-P na mina da Preguiça	76
Figura 34 - Medição da FRX-P no perfil intermédio	77
Figura 35 - Perfis de medição FRX-P na mina da Vila Ruiva	78
Figura 36 - Teores de Zn (A), Pb (B) e Fe (C) na zona mineira Preguiça-Vila Ruiva. O primeiro valor da legenda corresponde ao mínimo teor medido, seguido do percentil 0.25, 0.50, 0.75, 0.85, 0.90, 0.925, 0.95, 0.975 e 0.99, sendo o último valor correspondente ao valor máximo.....	81
Figura 37 - Mapas geoquímicos de superfície dos dados totais obtidos por FRX-P para os elementos Zn (A), Pb (B), Fe (C), com os respetivos mapas pontuais de concentração sobrepostos	85
Figura 38 - Mapas geoquímicos de superfície dos dados totais obtidos por FRX-P para os elementos Cr (D), Mn (E), V (F), com os respetivos mapas pontuais de concentração sobrepostos.....	86
Figura 39 - Mapas geoquímicos de superfície dos dados totais obtidos por FRX-P para os elementos Co (G), Ni (H), Cu (I), com os respetivos mapas pontuais de concentração sobrepostos	87
Figura 40 - Mapas geoquímicos de superfície dos dados totais obtidos por FRX-P para os elementos As (J), Se (K), Cd (L), com os respetivos mapas pontuais de concentração sobrepostos	88
Figura 41 - Mapa geoquímico de superfície dos dados totais obtidos por FRX-P para o elemento Sb (M), com o respetivo mapa de pontos de concentração sobreposto	89

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Principais características petrográficas das amostras recolhidas na mina da Preguiça. Legenda: qz (quartzo); carb (carbonatos); dol (dolomite); Fe_xO_x (óxidos de ferro); mo (moscovite); anf-Na (anfíbola sódica); srp (serpentina); $FeO(OH)$ (óxidos de ferro hidratados)	21
Tabela 2 - Principais características petrográficas das amostras da mina de Vila Ruiva. Legenda: qz (quartzo); carb (carbonatos); dol (dolomite); Fe_xO_x (óxidos de ferro); $FeO(OH)$ (óxidos de ferro hidratados); tal (talco); esf (esfena); Hem (hematite); epi (epídoto)	26
Tabela 3 – Amostras de rocha recolhidas numa escombreira e na corta da mina da Preguiça	33
Tabela 4 - Amostras de rocha recolhidas na mina da Vila Ruiva	41
Tabela 5 - Minerais identificados pela análise por DRX nas amostras do encaixante, gossan e solo das minas da Preguiça e Vila Ruiva.	46
Tabela 6 - Minerais identificados por análise de DRX nas amostras do encaixante da mina da Preguiça e Vila Ruiva. Legenda: n- número de amostras; μ - média proporção relativa.....	49
Tabela 7 - Minerais identificados por análise de DRX nas amostras do gossan da mina da Preguiça e Vila Ruiva.....	49
Tabela 8 - Minerais identificados por análise de DRX nas amostras de solo da mina da Preguiça e Vila Ruiva	49
Tabela 9 - Análise exploratória dos dados correspondentes à mina da Preguiça. As concentrações dos elementos químicos estão expressas em mg/kg, com exceção do Fe cuja concentração está expressa em %.	51
Tabela 10 - Análise exploratória dos dados correspondentes à mina da Vila Ruiva. As concentrações dos elementos químicos estão expressas em mg/kg, com exceção do Fe cuja concentração está expressa em %.	53
Tabela 11 - Análise exploratória dos dados correspondentes aos dados totais. As concentrações dos elementos químicos estão expressas em mg/kg, com exceção do Fe cuja concentração está expressa em %.	56
Tabela 12 - Teste não paramétrico de Spearman com os dados amostrais da mina da Preguiça.....	63
Tabela 13 - Teste não paramétrico de Spearman com os dados amostrais da mina da Vila Ruiva	66
Tabela 14 - Teste não paramétrico de Spearman com os dados amostrais totais.....	69
Tabela 15 - Componentes e valores próprios para os dados totais	71

Lista de Anexos

Anexo 1 - Metadolimia com níveis chérticos na mina da Preguiça	97
Anexo 2 - Proporção relativa da mineralogia encontrada nas amostras das minas da Preguiça e Vila Ruiva na análise por DRX	98
Anexo 3 - Histogramas dos elementos Mn, V, Cr, Co, Ni, Cu, As, Se, Cd e Sb obtidos na mina da Preguiça	100
Anexo 4 - Histogramas dos elementos Mn, V, Cr, Co, Ni, Cu, As, Se, Cd e Sb obtidos na mina da Vila Ruiva	102
Anexo 5 - Histogramas dos elementos Mn, V, Cr, Co, Ni, Cu, As, Se, Cd e Sb obtidos a partir dos dados totais.....	104
Anexo 6 - Diagramas de dispersão obtidos através dos dados da Preguiça, todos os elementos apresentam-se em mg/kg, exceto o Fe (%).....	106
Anexo 7 - Diagramas de dispersão obtidos através dos dados da Vila Ruiva todos os elementos apresentam-se em mg/kg, exceto o Fe (%).....	113
Anexo 8 - Diagramas de dispersão obtidos através dos dados totais, todos os elementos apresentam-se em mg/kg, exceto o Fe (%)	119
Anexo 9 - Scores das amostras	126
Anexo 10 - Dados das medições por FRX-P	129
Anexo 11 - Mapas pontuais de concentrações dos elementos As, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Sb, Se e V	134
Anexo 12 - Variogramas omnidirecionais para obtenção dos mapas de superfície	139
Anexo 13 - Mapas de superfície da Preguiça do Zn, Pb, Fe, As, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Sb, Se e V	142
Anexo 14 - Mapas de superfície da Vila Ruiva do Zn, Pb, Fe, As, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Sb, Se e V.....	145

1. Introdução

As minas mais conhecidas na região de Sobral da Adiça são as minas da Preguiça e Vila Ruiva. Esta área é reconhecida pela sua abundância em espécies minerais, próximas de grandes áreas agrícolas e cursos de água, o que contribui para a fixação humana desde os tempos megalíticos na região.

Documentos antigos de mineração para esta zona mineira datam desde 1852 com identificação de ocorrências de ferro, chumbo e outros metais. Entre 1911 e 1912 foram realizadas quatro concessões de E para W, localizadas na Serra da Preguiça, denominadas como Herdade de Vila Ruiva, Herdade de Vila Ruiva nº1, Preguiça nº1 e Preguiça nº2. Entre 1911 e 1915 as minas Preguiça nº2 e Herdade de Vila Ruiva estiveram em operação, tendo sido extraídos no total cerca de 2.34 toneladas de minério com teores de 25% em zinco. A suspensão dos trabalhos ocorreu durante a Primeira Guerra Mundial, tendo as minas sido, mais tarde, abandonadas em 1929. Passados 21 anos, entre 1950 e 1966, o Serviço de Fomento Mineiro realizou um estudo de forma a retomar e expandir a atividade mineira antiga, com a abertura de 33 novas trincheiras e 830m em galerias. Entre 1964 e 1966 foram extraídos 13 000 toneladas de minério e reservas foram estimadas em cerca de 30 000 toneladas com 32% em zinco, sendo que mais tarde a empresa Compagnie Royale des Mines Asturienne, em parceria com o Governo português, estimou, na Serra da Preguiça, reservas até um milhão de toneladas com teores médios de 8% em zinco e 2% em chumbo. Mais recentemente, em 2008, a empresa canadiana Northern Lion Corp conduziu vários trabalhos de prospeção na área de Moura, incluindo na zona mineira Preguiça-Vila Ruiva.

As anomalias geoquímicas desempenham um papel importante na exploração mineral, pois estão intimamente relacionadas com a formação de depósitos de minério. Pretende-se neste trabalho efetuar uma contribuição para a reavaliação do potencial mineiro das minas da Preguiça e Vila Ruiva articulando a utilização de novas técnicas de exploração com métodos mais tradicionais. De forma a atingir este objetivo pretendeu-se: (i) Fazer a descrição petrográfica do encaixante de ambas as minas; (ii) Caracterizar a mineralogia do encaixante, gossan e solos das duas minas; (iii) Utilizar a fluorescência de raios-X portátil para medir concentrações dos metais nos solos superficiais; (iv) Identificar associações de elementos químicos de forma a aumentar o nosso conhecimento sobre os processos geoquímicos atuantes à superfície; (v) Utilizar técnicas de SIG e geoestatística de forma a efetuar a cartografia geoquímica 2D de alta resolução para a área de estudo.

2. Enquadramento Geológico

As antigas minas da Preguiça e Vila Ruiva situam-se na Serra da Preguiça no distrito de Beja, a cerca de 20km SE da cidade de Moura, na freguesia de Sobral da Adiça (Figura 1). As minas foram exploradas devido à presença de jazigos com associação principal Fe-Zn-Pb entre 1911-1915 e mais tarde entre 1960-1966 (Preguiça) e 1964-1966 (Vila Ruiva), (Goinhas, 1971; Oliveira, 1986; Matos e Rosa, 2001). Os recursos geológicos estimados para a mina da Preguiça foram calculados durante a década de 1960, tendo-se avaliado uma dimensão entre os 0.6-1Mt com concentrações de 8% Zn e 2% Pb, enquanto para a mina da Vila Ruiva estima-se uma dimensão de cerca 12500t com teores de 42% Zn (Goinhas, 1971; Oliveira, 1986; Matos e Rosa, 2001).



Figura 1 - Imagem de satélite das minas da Preguiça e Vila Ruiva (direita) e sua localização no território de Portugal continental (esquerda).

2.1 Tectónica

A nível geológico, Portugal é parte integrante do Maciço Ibérico, representado na Figura 2. O Maciço Ibérico apresenta uma grande diversidade litológica e estilos de deformação, sendo dividido em diferentes zonas (Arenas, 1986; Farias et al., 1987; Julivert et al., 1974; Ribeiro et al., 1990): Zona Cantábrica (ZC) e Zona Astúrico-Occidental Leonesa (ZOAL), representadas apenas em território espanhol, Zona Galiza Trás-os-Montes (ZGTM), Zona Centro-Ibérica (ZCI), Zona Ossa Morena (ZOM) e Zona Sul Portuguesa (ZSP) já inseridos tanto em território português como espanhol. É na Zona Ossa Morena (ZOM) que se localizam as minas da Preguiça e Vila Ruiva.

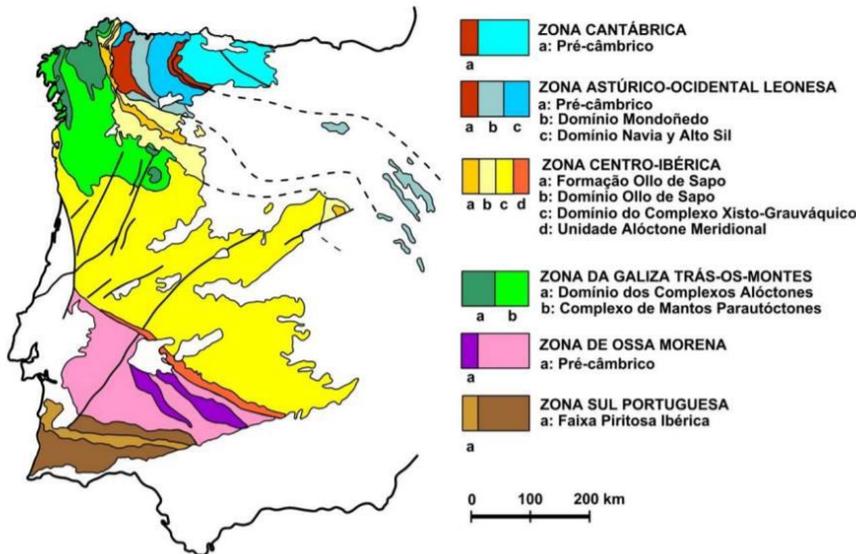


Figura 2 - Zonas do Maciço Ibérico (extraído e modificado de Pérez-Estaún et al. (2004) a partir de Julivert et al. (1974)

A Zona de Ossa Morena pode ser estruturalmente descrita como dominada por dois corredores deformacionais, nos bordos NE e SW, o primeiro centrado na Zona de Cisalhamento Tomar-Badajoz-Córdoba e o último associado à zona de sutura entre o Terreno Autóctone Ibérico e o Terreno Sul Português (Araújo et al, 2018).

As minas da Preguiça e Vila Ruiva estão inseridas na Faixa Magnetítico-Zincífera (ou Faixa Montemor-o-Novo – Ficalho), no bordo SW da ZOM, característica pela presença de sulfuretos maciços associados a calcários dolomíticos e vulcanitos intermédios-ácidos de idade provável do Câmbrio Inferior (Piçarra et al.,

2007), sendo do ponto de vista mineiro uma das áreas mais importantes da ZOM e das mais exploradas no passado (Figura 3).

B

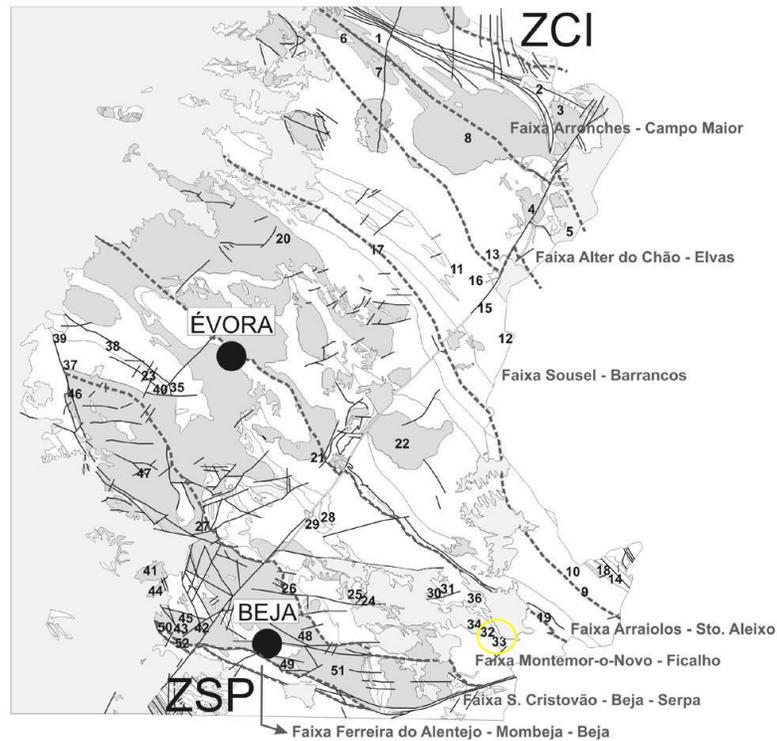


Figura 3 - Faixas da ZOM com potencial mineiro, extraído e modificado de Mateus, et al. 2012. As minas da Preguiça e Vila Ruiva correspondem ao número 32 e 33 respetivamente

O setor Montemor-Ficalho encontra-se com maior deformação em comparação com o bordo NE, com metamorfismo a atingir a fácies anfibolítica com alguma evidência de eventos metamórficos de alta pressão, próxima da fácies dos xistos azuis e ecolítica (Araújo et al, 2018). As litologias deste setor distribuem-se por duas estruturas geológicas distintas, o antiforma de Ficalho-Moura e o Complexo Imbricado dos Xistos de Moura (Piçarra et al., 2007), sendo o primeiro representado na área de estudo.

A zona de estudo é dominada por três estruturas principais, Malpique (anticlinal SW) Ficalho-Adiça (anticlinal central) e Preguiça-Serra Alta (anticlinal NE), sendo que estes anticlinais estão pronunciados devido ao contraste da dureza das rochas que afloram nos eixos das estruturas, dadas por calcários dolomíticos com chertes e rochas vulcânicas e xistosas envolventes (Patinha 2002). Estas estruturas encontram-se afetadas por acidentes tectónicos de direção WSW-ENE, gerando um regime distensivo, provocando abatimento de blocos das estruturas paleozóicas de SE para NW, originando uma série de grabens, sendo o

setor Ficalho-Sobral da Adiça descrito como um bloco soerguido, enquanto que a região de Moura presencia uma superfície aplanada que corresponde a uma série de blocos abatidos, com as formações paleozoicas fossilizadas sob a cobertura terciária (Patinha 2002), como ilustrado na Figura 4.

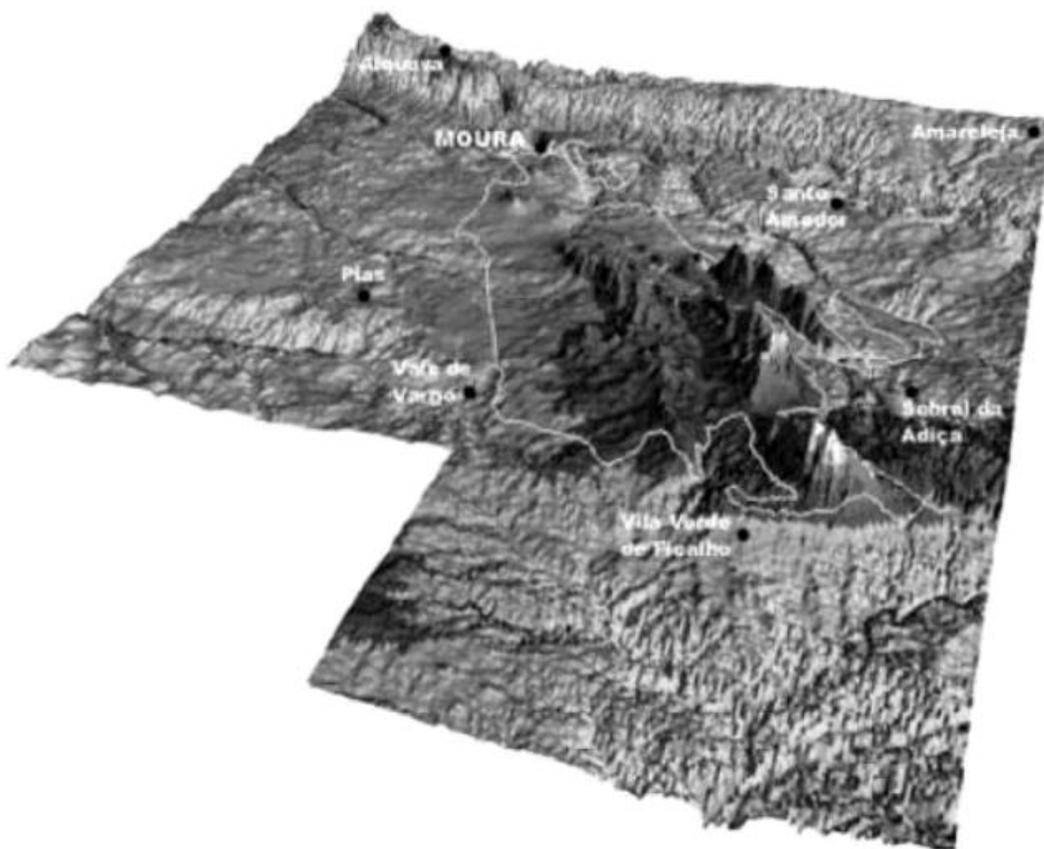


Figura 4 - Topografia da região Moura-Ficalho, extraído de Patinha (2002)

2.2 Geologia

A Figura 5 representa um corte geológico de direção SW-NE das estruturas gerais da ZOM, observando-se que o setor Montemor-Ficalho é característico por litologias autóctones com afloramento no antiforma de Ficalho-Moura e litologias parautóctones/alóctones definindo o Complexo Filonítico de Moura (pós-Silúrico) (Araújo et al., 2018), este último sendo interpretado como um prisma acrecional relacionado com obducção de unidades oceânicas sobre a margem do Terreno Autóctone Ibérico (Araújo et al., 2018).

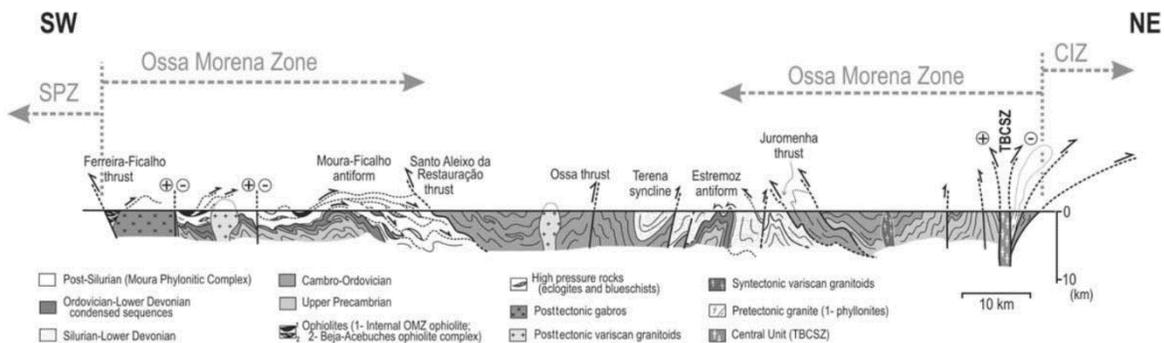


Figura 5 - Corte geológico de direção SW-NE representando a estrutura geral da ZOM, extraído de Araújo et al. (2018) a partir de Ribeiro et al. (2007)

Da base para o topo o antiforma de Ficalho-Moura é descrito em Piçarra et al., (2007), por:

- Formação de Águas de Peixe, é constituída por xistos negros com intercalações de chertes negros, grauvaques e metavulcanitos intermédios a básicos.
- Formação Dolomítica assentada em discordância sobre o Pré-câmbrico, de idade provável Câmbrico Inferior, constituída por vulcanitos intermédio-ácidos na base e calcários dolomíticos, por vezes siliciosos a topo (Patinha, 2002). Estes calcários constituem grande parte do relevo das serras de Preguiça-Serra Alta constituindo o encaixante presente nas minas da Preguiça e Vila Ruiva.
- Horizonte sílico-ferruginoso originando uma discordância Câmbrico-Ordovícica.
- Complexo Vulcano-Sedimentar de Ficalho-Moura de idade Silúrico Superior – Devónico, constituído por mármore e calcoxistos, com intercalações de chertes e vulcanitos ácidos e básicos.

A coluna litoestratigrafia das rochas do substrato da região está representada na Figura 6.

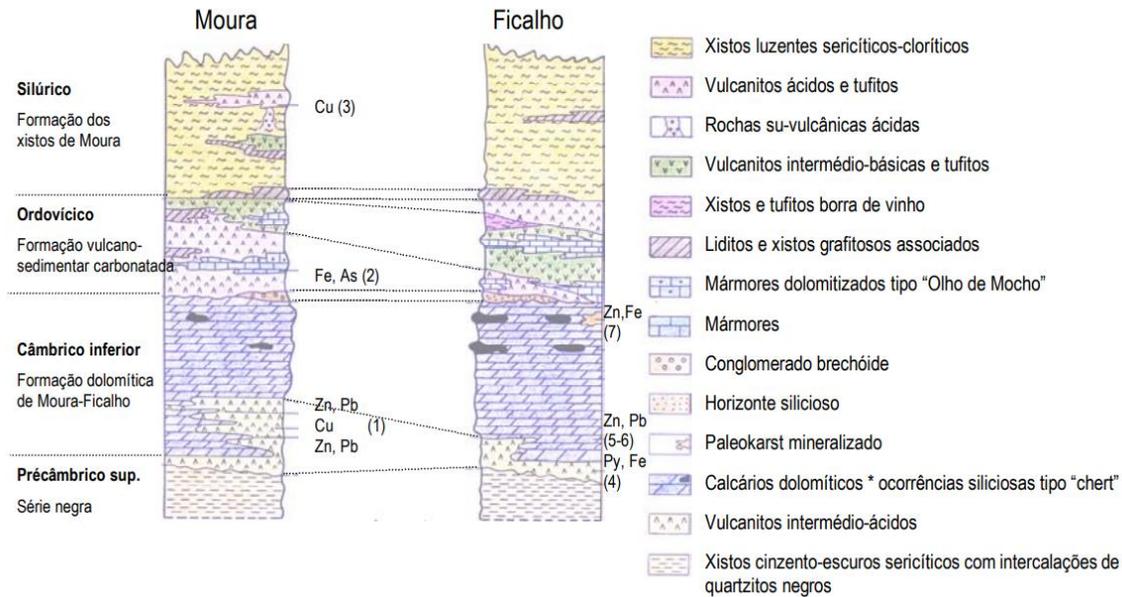


Figura 6 -Coluna litoestratigráfica da região Moura-Ficalho, extraído e modificado de Patinha (2002). As estruturas mineralizadas das minas da Preguiça e Vila Ruiva encontram-se representadas pelo número 6 (óxidos e carbonatos de Zn, blenda e galena) e 7 (hematite, óxidos e carbonatos de Zn), respetivamente

Foi realizado um mapa geológico da zona mineira Preguiça-Vila Ruiva (Figura 7), com representação das unidades geológicas, caracterização litológica e idades a partir de uma carta geológica do Instituto Geológico e Mineiro do sector de Preguiça – Vila Ruiva à escala 1:20 000 não publicada.

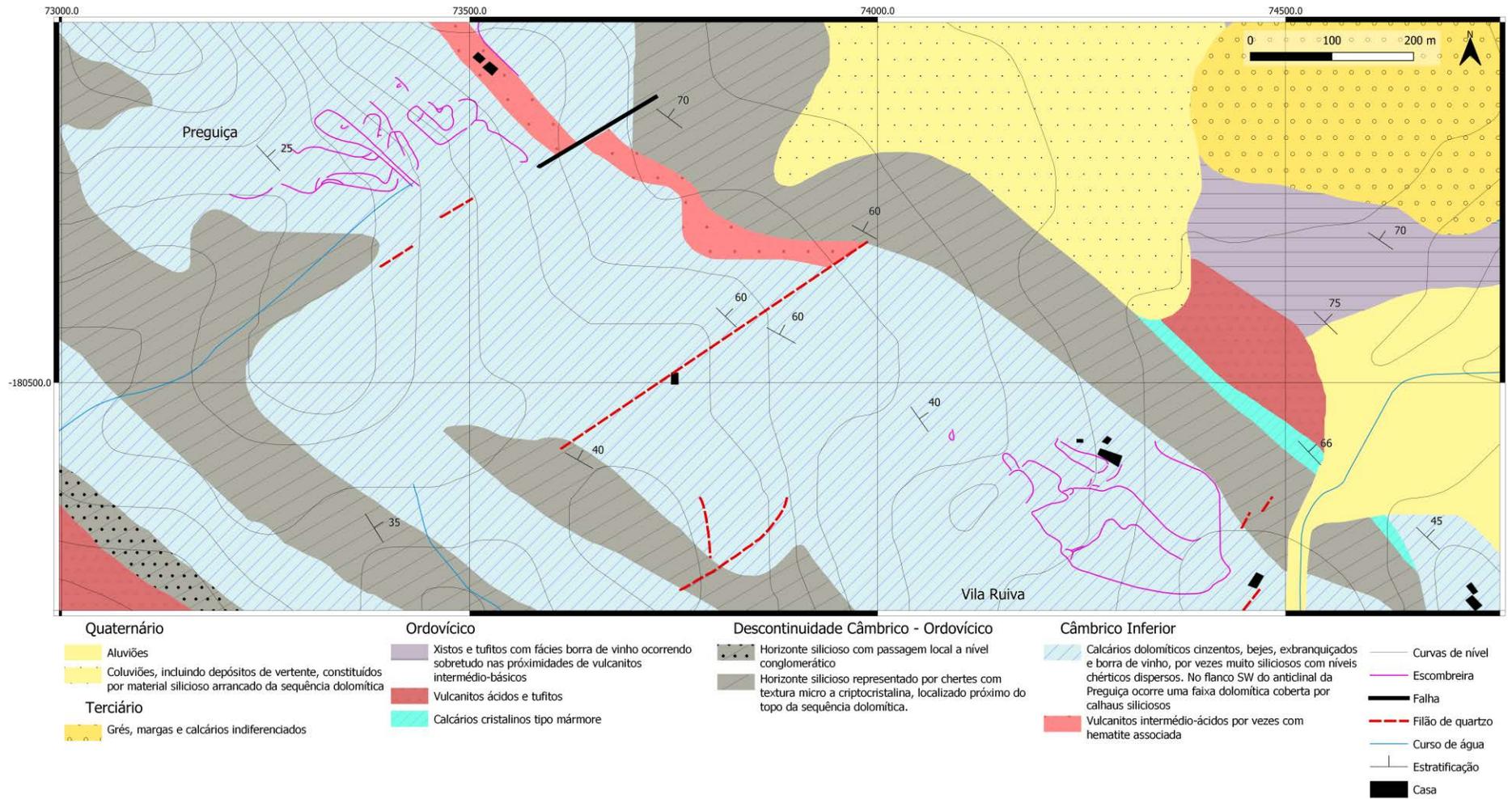


Figura 7 - Mapa geológico da zona mineira Preguiça-Vila Ruiva baseado a partir de uma carta geológica do Instituto Geológico e Mineiro do sector de Preguiça – Vila Ruiva à escala 1:20 000 não publicada, extraído e modificado de Patinha (2002). A informação topográfica foi baseada na Carta Militar – 524 Sobral da Adiça (Moura) à escala 1:25 000. Equidistância das curvas de nível corresponde a 10m

A geologia da zona mineira Preguiça-Vila Ruiva é dominada por rochas carbonatadas, tendo sido a sua classificação efetuada por vários autores ao longo dos anos.

Carvalhosa, (1968) classifica estas rochas como calcários e dolomitos de idade provável câmbrica. Descreve-as como rochas geralmente cristalinas, finas a grosseiras e de aspeto marmóreo, identificando uma mineralogia principal definida por carbonatos (calcite, dolomite e, às vezes, ankerite) e contendo acessoriamente quartzo, moscovite, clorite, epidoto e anfíbola (actinolite-tremolite). Segundo o mesmo autor, são calcários com dolomitização e chertificação bastante generalizada, dando origem a massas, lenticulas e veios muitas vezes concordantes com a estratificação dos calcários, tornando-as bastante siliciosas. Esta quantidade em sílica oferece mais resistência aos processos de erosão definindo os importantes relevos da região.

Piçarra et al., (2007) classifica as rochas da zona da Serra da Preguiça como rochas da Formação Dolomítica de idade provável do Câmbrico Inferior, apresentando a unidade uma base constituída por vulcanitos intermédio-básicos a que se associa esporadicamente vulcanismo ácido, seguida de calcários dolomíticos, com espessura provável de cerca de 400m. O mesmo autor descreve que estes calcários dolomíticos apresentam frequentemente níveis chérticos interestratificados e a preencher fraturas.

Mateus et al., (2012) descreve o encaixante das mineralizações da Preguiça e Vila Ruiva como metadolomias do Câmbrico Inferior, com evidências de carsificação.

As rochas de cobertura na zona mineira Preguiça-Vila Ruiva são apresentadas em Patinha (2002) como sendo:

- Calcários, por vezes margosos de idade Terciário, composto por depósitos detríticos, argilosos e intercalações conglomeráticas.
- A cobertura do Quaternário corresponde ao solo residual, com *terra rossa* evoluída e fragmentos de sílica residual sobre as dolomias.

2.3 Mineralizações

As ocorrências de Zn-Pb-(Ag) e Fe que aparecem na zona mineira Preguiça-Vila Ruiva também foram descritas por diversos autores.

Segundo Carvalhosa (1968), as rochas carbonatadas são por vezes acompanhadas de mineralizações de sulfuretos metálicos (pirite, galena, blenda, etc.), sendo que da oxidação destes minerais resultariam a gênese de chapéus de ferro bastante desenvolvidos, como é exemplo Vila Ruiva.

Goinhas, (1971) define que as ocorrências Zn-Pb se cingem a horizontes bem definidos dentro da série dolomítica do Câmbrico, acompanhadas, em geral, por fenómenos de silicificação e dolomitização secundários, sempre na proximidade de vulcanitos intermédios. A alteração supergénica de alguns destes depósitos dariam origem ao desenvolvimento dos chapéus de ferro presentes na Preguiça e Vila Ruiva (Patinha, 2002). Segundo Goinhas (1971), na mina da Preguiça estes depósitos de minério oxidado de Zn e Fe ocorrem em duas bolsadas interestratificadas nas dolomias Câmbricas, reconhecidas da superfície até ao nível freático a 100m de profundidade, abaixo do qual se encontra a mineralização de sulfuretos primários (Patinha, 2002).

Piçarra et al., (2007) descreve a presença de vários jazigos de sulfuretos maciços estratiformes, com magnetite, associados a calcários dolomíticos e vulcanitos intermédio-ácidos do Câmbrico Inferior que constituem a Faixa Magnetítico-Zincífera, salientando como exemplo as minas da Preguiça e Vila Ruiva. Descreve ainda um processo de gênese destes depósitos semelhante aos jazigos irlandeses sedimentares-exalativos, sendo o mesmo referido em Mateus et al., (2003).

Tornos et al., (2004) incluiu a gênese primária dos depósitos das minas da Preguiça e Vila Ruiva nas mineralizações do tipo VHMS (*volcanic-hosted massive sulphides*), constituída por sulfuretos maciços estratiformes em horizontes metacarbonatados e metavulcânicos, afetadas por forte, embora heterogénea, alteração hidrotermal. Os depósitos (explorados) da Preguiça e Vila Ruiva correspondem a minérios secundários muito ricos em Zn, encaixados em metadolomias do Câmbrico Inferior, formados por intensos processos de enriquecimento supergénico e oxidação in situ dos sulfuretos primários. (Tornos et al., 2004).

A mina da Preguiça apresenta um *gossan* que chega a mais de 40m de profundidade muito enriquecido em Zn, sendo esta a estrutura explorada no passado. Sondagens efetuadas pela empresa Prospectus no flanco NE da estrutura da Preguiça intersetaram o horizonte mineralizado

entre os 29.5m e 46.7m, com teores máximos de 20.4% Zn, 5.2% Pb, 49.7% Fe e 107ppm Ag (Faria, 2001; Piçarra et al., 2007).

A mineralogia principal da mina da Preguiça é composta por oxihidróxidos de ferro (hematite, magnetite, lepidocrocite ($\text{Fe}^{3+}\text{O}(\text{OH})$) e goethite) e carbonatos (calcite e smithsonite), tendo como minerais acessórios óxidos de manganês, pirite, esfalerite, minerais de argila e micas, ocorrendo de forma esporádica, ainda, calcite-Pb, willemite (Zn_2SiO_4), arsenossiderite ($\text{Ca}_2\text{Fe}^{3+}_3(\text{AsO}_4)_3\text{O}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) e descloizite ($\text{PbZn}(\text{VO}_4)(\text{OH})$) (Patinha, 2002). Para esta mina, é possível encontrar em recursos on-line descrições sobre uma mineralogia composta por anquerite ($\text{Ca}(\text{Fe}^{2+}, \text{Mg})(\text{CO}_3)_2$), aragonite, beudantite ($\text{PbFe}_3(\text{AsO}_4)(\text{SO}_4)(\text{OH})_6$), cerussite, coronadite ($\text{Pb}(\text{Mn}^{4+}_6\text{Mn}^{3+}_2)\text{O}_{16}$), hemimorfite ($\text{Zn}_4\text{Si}_2\text{O}_7(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$), hidrozincite ($\text{Zn}_5(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_6$), mimetite ($\text{Pb}_5(\text{AsO}_4)_3\text{Cl}$), phosphohedyphane ($\text{Ca}_2\text{Pb}_3(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$), platenerite (PbO_2), quartzo e siderite (*mindat.org*).

Quanto à mina da Vila Ruiva, Patinha, (2002) descreve a mineralogia principal como sendo constituída por oxihidróxidos de ferro (hematite e goethite), carbonatos (dolomite, calcite e smithsonite) e quartzo, tendo como minerais acessórios silicatos de zinco, vanadatos, oxihidróxidos de manganês e minerais de argila (ilite, caulinite e sericite-Fe), ocorrendo ainda pontualmente smithsonite, hidrozincite, descloizite, calcofanite ($\text{ZnMn}^{4+}_3\text{O}_7 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) e birnessite ($(\text{Na}, \text{Ca})_{0.5}(\text{Mn}^{4+}, \text{Mn}^{3+})_2\text{O}_4 \cdot 1.5\text{H}_2\text{O}$). Outras fontes disponíveis referem arsenodescloizite ($\text{PbZn}(\text{AsO}_4)(\text{OH})$), calcite-Fe, calcopirite, coronadite, galena, hemimorfite, pirite, siderite e esfalerite (*mindat.org*).

3. Materiais e métodos

Neste capítulo são apresentados os vários métodos e técnicas que permitiram a realização deste trabalho.

3.1 Amostragem

De modo a obter-se e recolher todos os dados necessários foram realizadas duas saídas de campo às minas da Preguiça e Vila Ruiva em períodos diferentes.

Na primeira saída de campo, em dezembro 2021, foi feita a realização de voos de drone pela zona mineira da Preguiça e Vila Ruiva, auxiliando a delimitar as escombreliras e cortas através da ortofotografia obtida (Figura 8). Na mesma saída de campo foram, ainda, recolhidas amostras de rocha do encaixante para a realização de lâminas delgadas, bem como rochas das escombreliras e encaixante para análise por difração de raios X (DRX), ver Figura 9, tendo sido, também, efetuados ensaios com o equipamento de fluorescência de raios X portátil (FRX-P), de forma a ter uma noção preliminar das concentrações dos elementos químicos nos solos, auxiliando a definir a rede de amostragem final para a segunda saída de campo.

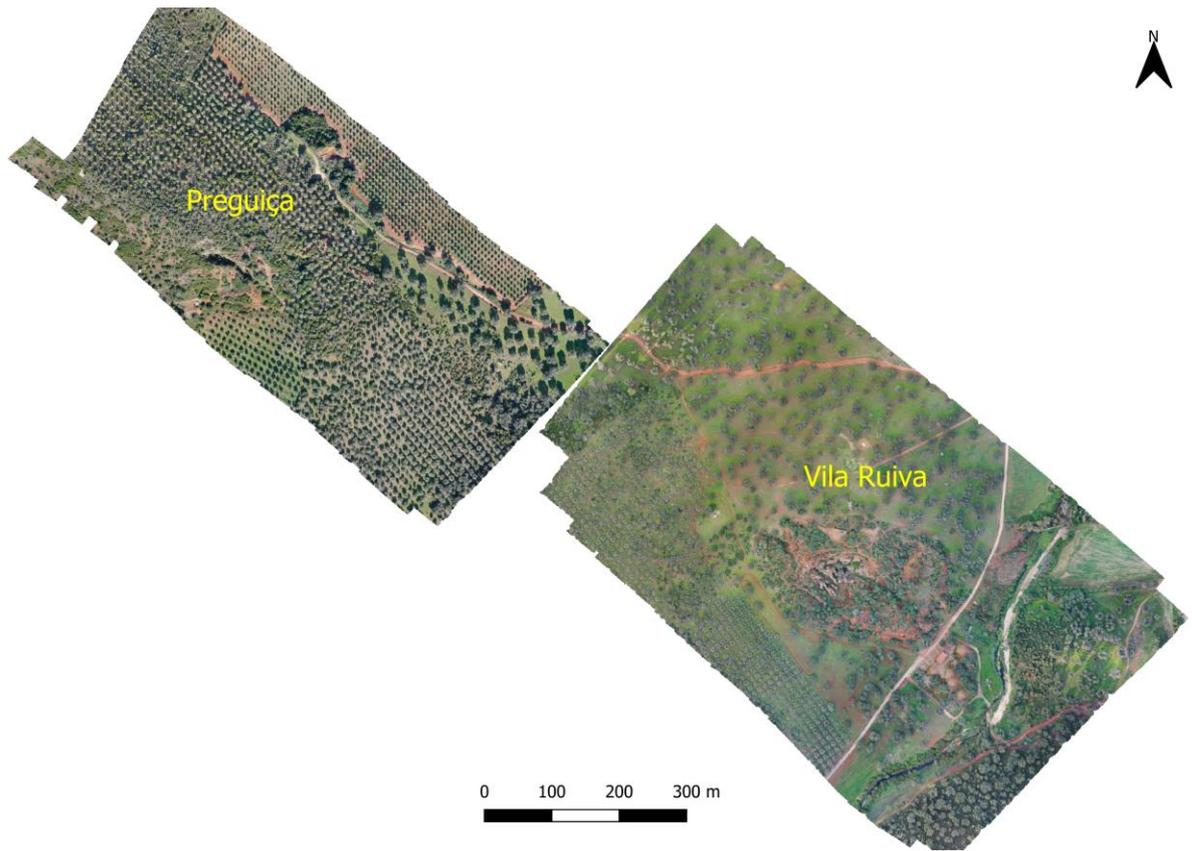


Figura 8 - Ortofotografia realizada por voos de drone durante dezembro 2021

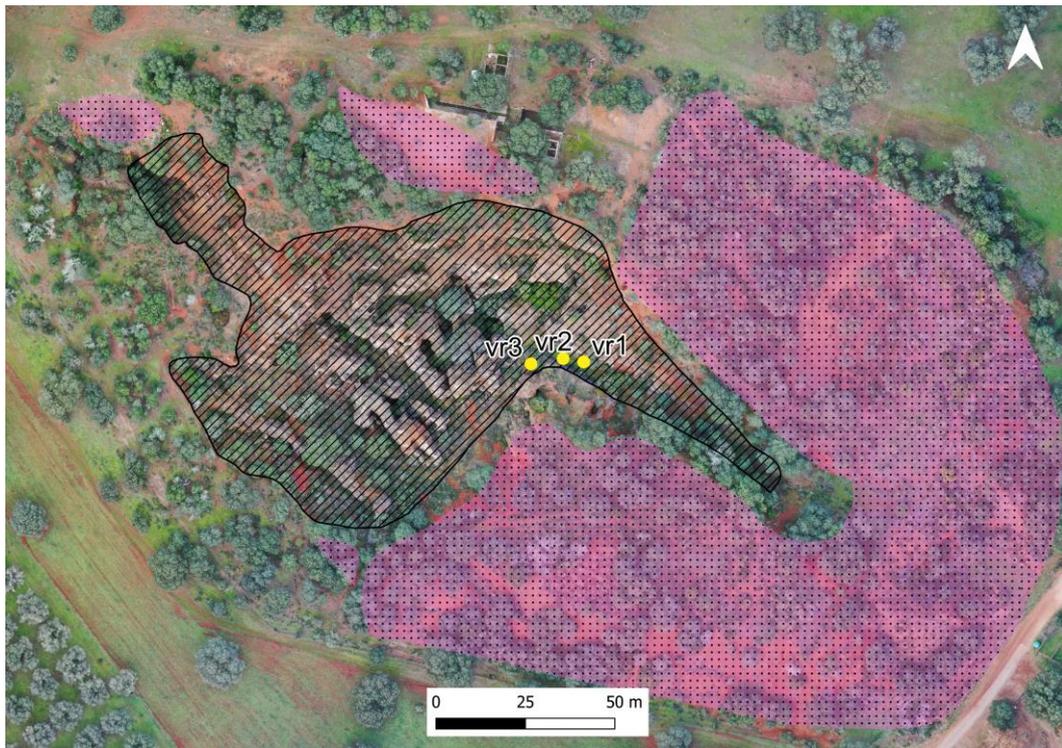
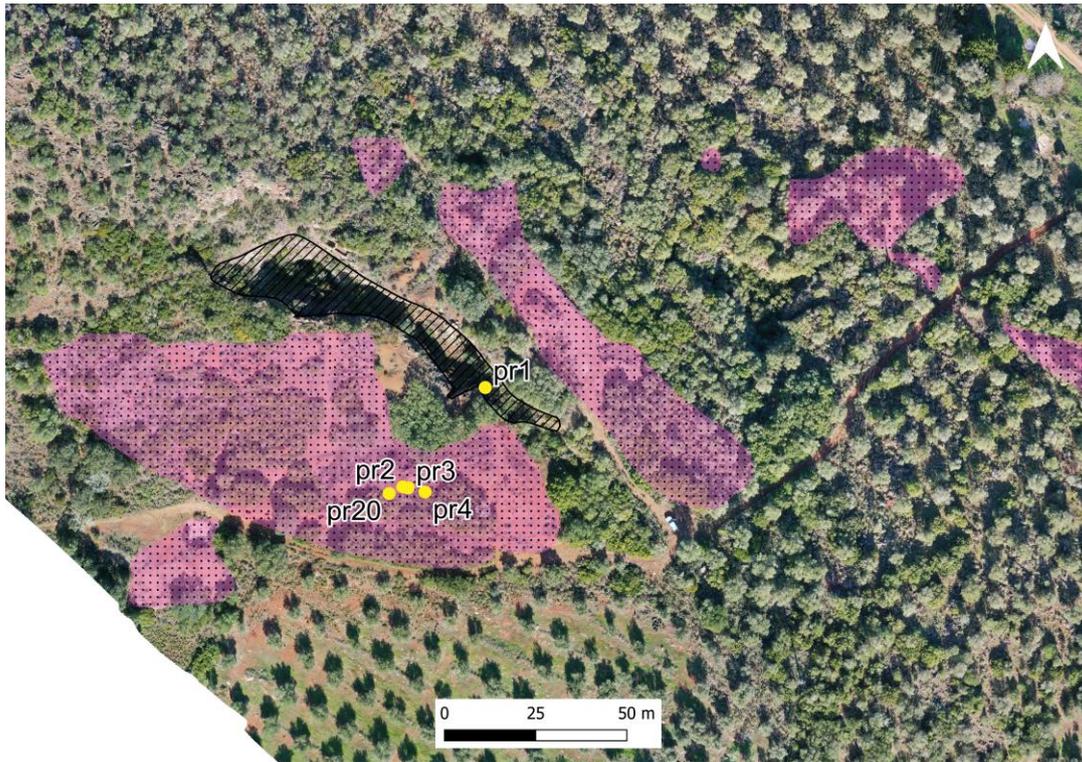


Figura 9 - Amostras de rocha (círculos amarelos) recolhidas na mina da Preguiça (cima) e Vila Ruiva (baixo) para análise por DRX

Antes da segunda saída de campo, a localização dos perfis e a distância entre os pontos de amostragem foram selecionadas com o auxílio de imagens de Google Earth. Foi prevista a realização de um total de seis perfis (dois na Preguiça, um entre Preguiça e Vila Ruiva e três em Vila Ruiva).

Durante a última semana de abril 2022 efetuou-se a segunda saída de campo para a análise por FRX-P, sendo realizada ao longo de seis perfis com direção aproximada NE-SW e uma distância entre disparos, quando a morfologia do terreno o permitia, de cerca 15m. Também foram realizados pontos FRX-P na corta e escombrelas da Preguiça e Vila Ruiva de forma a interligar a informação dos vários perfis, sendo que no total foram feitos 132 disparos (Figura 10).

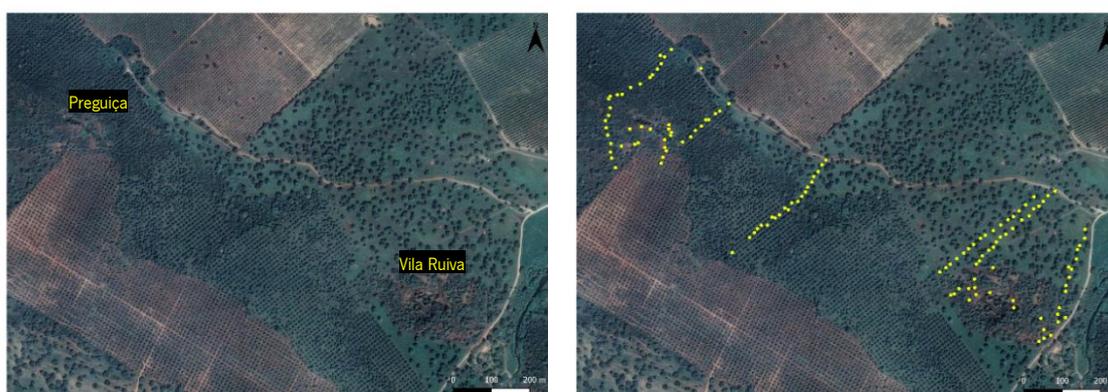


Figura 10 - Fotografia de satélite com representação da amostragem realizada na zona mineira Preguiça-Vila Ruiva

Na mesma saída de campo foram ainda recolhidas dez amostras de solos, quatro na Preguiça e seis em Vila Ruiva (Figura 11). A colheita foi efetuada utilizando uma pequena pá, transferindo o solo para sacos de plástico e selando com tiras de plástico com fecho. Os locais de recolha de solos correspondem a uma malha irregular, priorizando locais onde a concentração de Zn, Pb e Fe é mais elevada. Antes da recolha do solo, foi removido, de cada local, o coberto vegetal com posterior homogeneização dos primeiros 10-15cm de solo superficial.

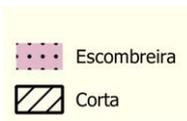
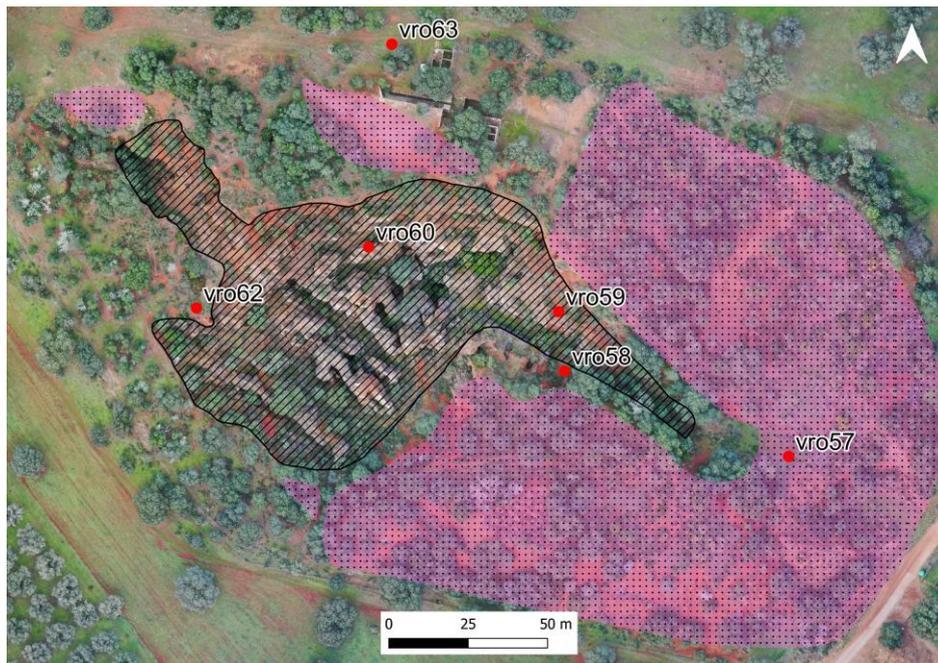
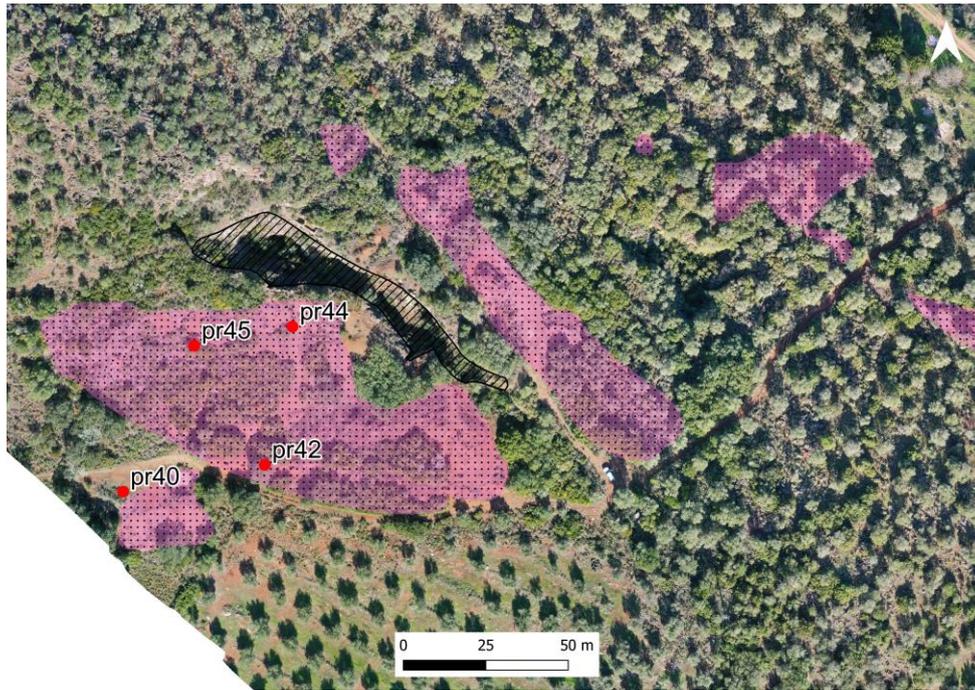


Figura 11 - Amostras de solo (círculos vermelhos) recolhidas na mina da Preguiça (cima) e Vila Ruiva (baixo) para análise por DRX

3.2 Preparação das amostras

No Departamento de Geociências da Universidade de Évora foi feita a obtenção das lâminas delgadas a partir das amostras recolhidas em campo, tendo-se, primeiramente, utilizado uma serra para o corte das rochas, seguido de desgaste em equipamento Logitech PM10. Depois de coladas em vidros calibrados para 1,10mm, as taliscas foram cortadas numa serra a vácuo para garantir uma espessura para desgaste final até 0.03mm de lâmina.

Depois de obtidas as lâminas foi realizada uma observação individual de cada lâmina de modo a julgar a sua espessura, nas lâminas de espessura acima da pretendida foi feito um desgaste manual em lixa de #800 e posterior #1200 até obter-se a espessura desejada.

O estudo petrográfico das lâminas delgadas realizadas no Departamento de Geociências da Universidade de Évora foi efetuado no Departamento de Ciências da Terra da Universidade do Minho. Utilizou-se um microscópio de marca Nikon, modelo Eclipse E400 POL triocular; a aquisição das fotografias foi realizada com uma máquina fotográfica Nikon, modelo Coolpix 4500, utilizando para o efeito um adaptador inserido na ocular superior.

As amostras de rocha recolhidas na primeira saída de campo foram observadas em lupa binocular no Laboratório de Microscopia do Departamento de Ciências da Terra da Universidade do Minho para caracterização macroscópica e seleção das amostras a analisar por DRX.

A preparação das amostras para análise por DRX incluiu as seguintes fases:

- Fragmentação das amostras com o martelo geológico em pedaços de forma a caber num moinho de maxilas, onde a rocha foi moída em três modos sequencias, reduzindo a largura da folga entre os discos, o que permitiu ir reduzindo a granulometria da amostra.
- Em seguida os fragmentos foram passados lentamente no moinho de impacto, para a obtenção de um pó homogéneo e reservados para análise por DRX.

3.3 Métodos analíticos

A campanha de solos para análise por FRX-P foi realizada durante o final de abril de 2022, seguindo a amostragem pré-definida e descrita anteriormente. Para esta análise foi utilizado o equipamento explorer 900 da Skyray em modo de análise “enviromental soil”, com tempo de leitura de 100s, sendo feita uma preparação do solo antes de cada leitura. Nos locais de disparo, a cobertura vegetal, quando presente, foi removida e a superfície aplanada e compactada para

garantir uma boa adesão e homogeneização do material do solo. Em cada leitura foram medidas as concentrações dos elementos zinco (Zn), chumbo (Pb), vanádio (V), crómio (Cr), manganês (Mn), cobalto (Co), níquel (Ni), cobre (Cu), arsénio (As), selénio (Se), cádmio (Cd) e antimónio (Sb).

As amostras de solo recolhidas nas cortas e escombreyras das minas foram secadas em estufa a uma temperatura de 50°C e posteriormente passadas no crivo de 2mm. A fração inferior a 2 mm foi reservada para análise por DRX.

A composição mineralógica das amostras em pó foi determinada através da análise por DRX utilizando uma MPD PhilipsX'Pert, equipada com uma fenda de divergência automática e um filtro Ni. O software utilizado para a interpretação dos difratogramas foi realizado através do programa X'Pert HighScore Plus©2006 PANalytical B.V. (v.2.2), apoiado pela base de dados do ICDD (International Center for Di_raction Data).

3.4 Estatística, modelação espacial e SIG

Os dados recolhidos na realização da FRX-P foram integrados numa base de dados que foi utilizada na análise estatística com o auxílio do software IBM SPSS Statistics 20.

As variáveis foram examinadas quanto à existência de valores aberrantes e à normalidade da distribuição dos dados por meio de histogramas, diagramas de extremos e quartis, e o teste Shapiro-Wilk. O teste Shapiro-Wilk examina se a população da variável é normalmente distribuída ($p > 0.05$).

Sempre que a distribuição dos dados se afastava duma distribuição normal, foram tentadas transformações das variáveis (exponencial, raiz quadrada, logaritmo de base 10) (Cabral Pinto et al., 2019). O logaritmo base 10 foi utilizado na transformação dos elementos Zn, Pb, Fe, Mn, Co, Cu e As, e o exponencial para elementos Cd e Sb.

Para avaliar as diferenças nas concentrações dos elementos químicos entre as duas minas em estudo foram utilizados testes não paramétricos. As diferenças entre grupos foram testadas utilizando o teste U de Mann-Whitney, sendo os resultados interpretados com base ou em diferenças de classificação ou em diferenças na mediana dos grupos (Marinho Reis et al., 2018). Uma probabilidade de 0,05 ou inferior foi considerada significativa ao testar a hipótese nula de não haver diferenças nas concentrações dos elementos químicos nos solos das duas minas. Para testar as diferenças entre três grupos de variáveis (Preguiça, Vila Ruiva e perfil intermédio) foi utilizado o teste H de Kruskal-Wallis com testes post-hoc, com os resultados interpretados com

base em diferenças de classificação (Cabral Pinto et al., 2019). Uma probabilidade de 0,05 foi assumida como significativa ao testar a hipótese nula de ausência de diferenças nas concentrações nos solos das minas e do perfil intermédio.

Na estatística bivariada são apresentados os diagramas de dispersão de pares de elementos químicos e calculados coeficientes de correlação de Spearman. Pretendeu-se com esta análise compreender melhor a variação conjunta dos pares e variáveis, e assim, avaliar melhor as relações geométricas existentes.

A análise em componentes principais (ACP) é uma técnica de análise multivariada que têm sido aplicadas com sucesso na identificação de associações de variáveis geoquímicas representativas de um dado fenómeno natural (Marinho Reis et al. 2018). A ACP é adaptada a variáveis quantitativas, transformando u variáveis possivelmente correlacionadas em u variáveis não correlacionadas, referidas como componentes principais. A ACP propõe-se explicar a quantidade máxima de variância com o menor número de componentes principais e a perda mínima de informação relevante (Jolliffe 2002). As relações geométricas entre as variáveis geoquímicas podem ser identificadas através da projeção em gráficos 2-D da correlação de cada variável original com os primeiros, e mais importantes, componentes principais.

A informação georreferenciada foi organizada num projeto SIG utilizando o programa Qgis Desktop 3.22.7.

A krigagem ordinária foi utilizada para interpolar as concentrações dos elementos químicos determinadas por FRXP em locais que não foram amostrados, de forma a identificar os padrões de distribuição espacial destes elementos nos solos das duas áreas mineiras. O princípio por detrás da krigagem é o de que as amostras próximas no espaço provavelmente serão mais semelhantes, em comparação com amostras que estão mais afastadas entre si. O método de interpolação utiliza a função semivariograma para descrever a relação espacial entre amostras em termos de distância entre elas (Goovaerts, 1999; Reis et al., 2007; Reis et al., 2016). Neste estudo, o pequeno número de perfis efetuados e a heterogeneidade na distribuição dos locais de medição de FRXP não permitiu o cálculo de variogramas direcionais. Como tal, o modelo teórico de continuidade espacial foi ajustado ao variograma omnidirecional.

Os variogramas e os mapas criados por krigagem ordinária foram realizados no programa Surfer 11 da empresa GoldenSoftware.

4. Resultados

Nos subcapítulos seguintes são apresentados os resultados relativos à difração de raios-X, petrografia, análise estatística e cartografia geoquímica.

As rochas descritas no capítulo da DRX, apesar de pertencerem ao mesmo encaixante, correspondem a amostras diferentes das apresentadas na análise petrográfica.

4.1 Petrografia

De forma a obter informação potencialmente relevante para a interpretação do comportamento geoquímico das diferentes variáveis, neste capítulo é apresentada a petrografia da zona mineira da Preguiça e Vila Ruiva, onde foram recolhidas várias amostras do encaixante de cada mina, bem como uma amostra da escombreira (**VRE1b**).

4.1.1 Mina da Preguiça

Nesta mina foram selecionadas 5 amostras das quais foram efetuadas lâminas delgadas. A identificação de cada amostra é caracterizada pela sigla PR1 (Preguiça encaixante) seguida de uma letra como forma de enumerar as rochas (a,b,c, etc.), sendo as características de cada amostra sintetizadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Principais características petrográficas das amostras recolhidas na mina da Preguiça. Legenda: qz (quartzo); carb (carbonatos); dol (dolomite); Fe₂O₃ (óxidos de ferro); mo (moscovite); anf-Na (anfíbola sódica); srp (serpentina); FeO(OH) (óxidos de ferro hidratados)

Amostra	Litologia	Cor	Textura	Mineralogia
PR1a	Metadolomia	Acastanhada com veios escuros	Granoblástica com matriz esparrítica	qz + carb + Fe ₂ O ₃ + opacos + FeO(OH)
PR1b	Metadolomia	Acastanhada com veios escuros	Granoblástica com matriz esparrítica	qz + carb + dol + FeO(OH) + opacos + mo + anf-Na
PR1c	Metadolomia	Acastanhada com veios escuros	Granoblástica com matriz microesparrítica	qz + dol + carb + srp + Fe ₂ O ₃ + opacos
PR1i	Metadolomia	Avermelhada	Granoblástica com bandado	qz + carb + opacos
PR1m	Metadolomia	Castanho e branco	Granoblástica com matriz esparrítica	cal + dol + carb + opacos

A rocha **PR1a** apresenta uma textura granoblástica inequigranular com matriz esparrítica não uniforme ao longo da amostra e maiores cristais de carbonatos onde a recristalização metamórfica foi mais intensa. Os carbonatos apresentam uma coloração avermelhada devido à presença de óxidos de ferro. O quartzo ocorre em abundância preenchendo lacunas e fraturas da

rocha, identificando-se alguma recristalização, principalmente nos grãos concentrados nos veios, chegando até 2mm de possança, onde aí observa-se que estes cristais foram sujeitos a forte deformação dada a presença de contactos serrilhados, extinção ondulada e algum estiramento (Figura 12A e B).

Além da presença de veios também ocorrem pequenos filonetes com acumulações de óxidos de ferro e opacos, que precipitaram nos rebordos dos veios e grãos de quartzo.

Assinala-se ainda concentrações de óxidos de ferro hidratados caracterizados pela sua cor vermelha garrida (Figura 12A).

A amostra **PR1b** mostra uma textura granoblástica inequigranular definida por carbonatos (principalmente dolomite) e quartzo. Grandes cristais de dolomite euédrica são comuns, com alternância de carbonatos de menores dimensões (Figura 12C). Os cristais de quartzo também apresentam variabilidade de tamanho com grãos a chegar aos 2mm de comprimento. A rocha apresenta clara deformação facilmente identificável, tal como ocorre na amostra **PR1a**, com grãos de quartzo a apresentarem contactos serrilhados, extinção ondulada e migração de sub-grãos. Acessoriamente identifica-se cristais de moscovite longos, aparentando algum alinhamento preferencial, definindo ainda a presença de pequenos veios de mica branca secundária. Verifica-se ainda a ocorrência de anfibola-Na, de aspeto fibrosa e cor azul, apontando, pelas características óticas, serem cristais de riebeckite ou arfvedsonite (Figura 12D). Opacos distribuem-se pela amostra, geralmente anédricos, bem como pequenos cristais de óxidos de ferro hidratados.

A metadolomia **PR1c** apresenta textura granoblástica inequigranular, sendo definidas duas texturas de diferentes granulometrias, dada por cristais de quartzo e carbonatos variando de microesparriticos a esparriticos. Os carbonatos encontram-se concentrados como pequenos cristais de dolomite dispersos pela matriz (Figura 12E), bem como, grandes cristais euédricos definindo losangos característicos de dolomite, com fases de crescimento (Figura 12F). Com estas dolomites de maior tamanho associam-se grandes cristais de quartzo chegando a 1cm de diâmetro com claras evidências de recristalização concluindo-se, por isso, corresponderem a locais onde a rocha sofreu processos de recristalização metamórfica mais intensa. Acessoriamente identifica-se alguma serpentina e uma distribuição geral de opacos anédricos.

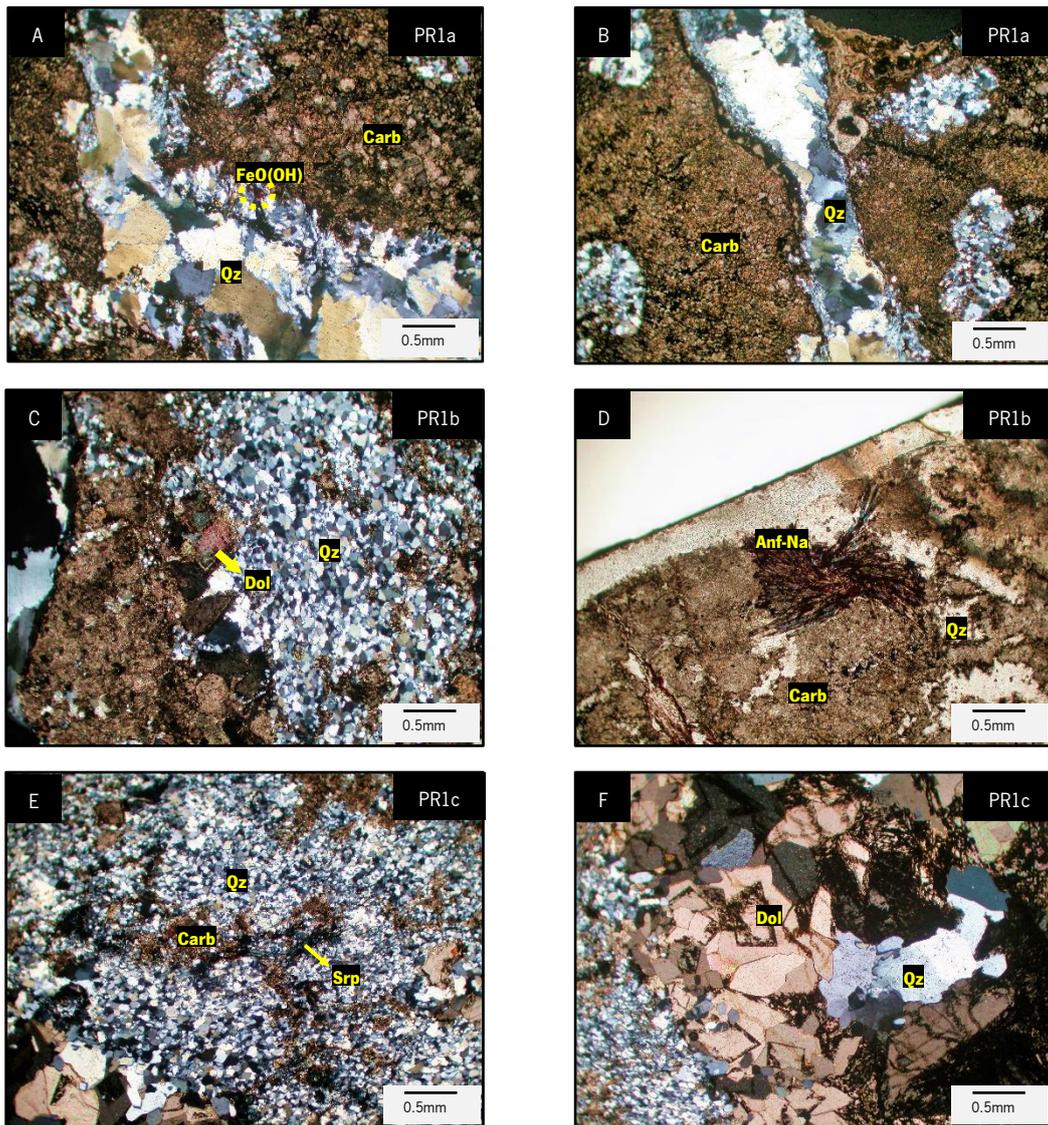


Figura 12 - Fotografias ao microscópio das amostras **PR1a**, **PR1b** e **PR1c**. A e B – Aspecto textural geral da amostra **PR1a** definida pelos carbonatos esparríticos a microesparríticos e grandes cristais de quartzo com indícios de deformação, representação ainda de óxidos de ferro hidratados (NX); C – Aspecto geral da amostra **PR1b** com cristais de dolomite euédricos, carbonatos esparríticos e quartzo a definirem o aspecto textural granoblástico inequigranular (NX); D – Ao centro anfíbola-Na na amostra **PR1b**, com aspecto em “leque” e precipitação de óxidos de ferro nos bordos (NP); E – Aspecto textural geral da amostra **PR1c** definida por carbonatos esparríticos a microesparríticos e quartzo, ocorrência ainda de serpentina (NX); F – Grandes cristais de dolomite na amostra **PR1c** com concentração de opacos secundários e cristais de quartzo deformados (NX).

A amostra **PR1i** apresenta uma textura granoblástica inequigranular definida por carbonatos e quartzo, aparentando formar um pseudobandado. Ocorrência pela rocha de veios e filonetes que cortam a matriz, formados de carbonatos anédricos e acumulações maiores de quartzo (Figura 13A e 13B). Opacos são comuns, tendo aspeto euédricos a subeuédricos.

PR1m é definida por duas texturas bem demarcadas, uma mais recente com fortes evidências de recristalização metamórfica caracterizada pelo domínio de grandes cristais de calcite e outra com domínio de opacos. Esta última apresenta cristais de calcite microesparrítica, opacos secundários como prováveis produtos de alteração dos sulfuretos, que concede à amostra coloração acastanhada, com ocorrências, ainda, de veios de carbonatos definidos por fases de crescimento de dolomite euédrica nos bordos (Figura 13D). Na textura com grandes cristais de calcite observa-se clivagem e maclas, como tipo I, II e III (Figura 13E e 13F). O contacto entre estas duas texturas é abrupto e contem acumulação de opacos (Figura 13C).

Em síntese, as rochas encaixantes da mina da Preguiça apresentam uma textura granoblástica e são constituídas essencialmente por carbonatos e quartzo. Os tipos de carbonatos presentes são de difícil identificação já que se encontram com aspeto homogeneizado pela matriz microesparrítica a esparrítica. No entanto, grandes cristais de dolomite são comumente observados nas amostras. Indícios de deformação e recristalização metamórfica são claros, tanto nos carbonatos como nos grãos de quartzo, bem como o enriquecimento em óxidos de ferro, providenciando um fundo avermelhado à matriz. Os opacos compõem uma parte significativa destas rochas, sendo provavelmente produtos de alteração dos carbonatos e/ou dos sulfuretos. Acessoriamente foi ainda identificada anfíbola sódica, moscovite e serpentina.

As propriedades anteriormente descritas e observadas em lâmina delgada reforçam a classificação da rocha encaixante como metadolomias. No entanto, a amostra **PR1m** tem aspeto textural diferente, sendo dominada por grandes cristais de calcite e opacos, evidenciando uma matriz carbonatada que sofreu forte recristalização. É, no entanto, necessária a análise de mais amostras do encaixante para perceber a frequência e distribuição deste tipo de litologia.

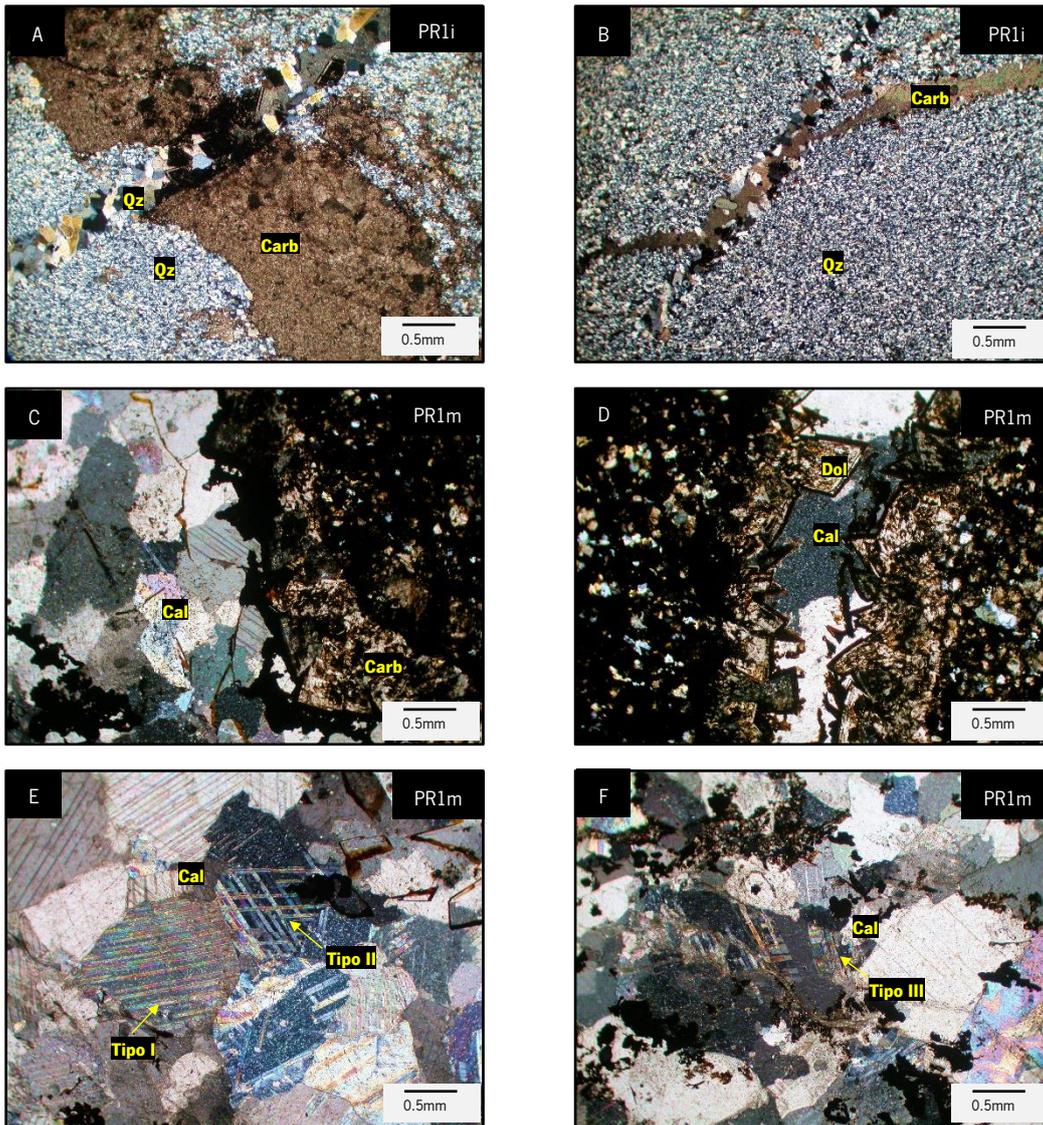


Figura 13 - Fotografias ao microscópio das amostras **PR1i** e **PR1m**. A e B – Aspeto textural geral da amostra **PR1i** granoblástica equigranular definida por carbonatos e quartzo, representação de veios de carbonatos com grandes cristais de quartzo e opacos a cortar a matriz (A) e um filonete carbonatado (B) (NX); C – Contacto entre as duas texturas da amostra **PR1m** (NX); D – Veio de calcite na amostra **PR1m** com fases de crescimento de dolomite (NX); E – Ocorrência na amostra **PR1m** de calcite com macla tipo I e II (NX); F – Ocorrência na amostra **PR1m** de calcite com macla tipo III (NX).

4.1.2 Mina da Vila Ruiva

Em Vila Ruiva foram selecionadas 8 amostras para a realização de lâminas delgadas, recolhidas no encaixante e escombreira. A identificação de cada amostra apresenta a sigla VR1 (Vila Ruiva) e VRE1 (Vila Ruiva escombreira), sendo as características de cada amostra sintetizadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Principais características petrográficas das amostras da mina de Vila Ruiva. Legenda: qz (quartzo); carb (carbonatos); dol (dolomite); FeO (óxidos de ferro); FeO(OH) (óxidos de ferro hidratados); tal (talco); esf (esfena); Hem (hematite); epi (epidoto)

Amostra	Litologia	Cor	Textura	Mineralogia
VR1a	Metadolomia?	Branco acastanhado	Blastomilonítica de matriz microesparrítica	<i>qz + carb + esf?</i>
VR1b	Metadolomia?	Branco-azulado	Granoblástica de matriz esparrítica	<i>qz + carb + cal + dol + tal? + esf?</i>
VR1c	Metadolomia?	Branco acastanhado	Granoblástica de matriz microesparrítica	<i>qz + carb + opacos + FexOx</i>
VR1d	Metadolomia?	Avermelhado	Granoblástica de matriz esparrítica	<i>qz + carb + opacos + FexOx</i>
VR3a	Metadolomia?	Branco acastanhado	Granoblástica de matriz esparrítica	<i>qz + carb + cal + FeO(OH)</i>
VR3b	Metadolomia?	Branco-azulado	Granoblástica com finos veios escuros e matriz microesparrítica	<i>qz + carb</i>
VR3c	Metadolomia?	Branco-azulado	Granoblástica com finos veios escuros e matriz microesparrítica	<i>qz + carb + opacos</i>
VRE1b	Massa de óxidos de ferro	Cinza-Escuro	Maciça granular	<i>hem? + carb + opacos + FeO(OH) + epi?</i>

A amostra **VR1a** é definida por uma textura blastomilonítica de matriz microesparrítica, mineralogicamente constituída essencialmente por quartzo e carbonatos. A rocha apresenta fortes indícios de deformacionais com estiramento de grãos de quartzo, alguns com forma sigmoide, e aparentes estruturas S-C definidas por quartzo e carbonatos (Figura 14A). Na amostra ocorrem duas texturas, uma blastomilonítica e outra com matriz completamente dominada por carbonatos mais grosseiros com veios constituídos por sílica e carbonatos. Ocorrência, ainda de minerais opacos e, pelas características óticas, provável esfena (Figura 14B).

VR1b apresenta uma textura granoblástica equigranular de matriz esparrítica. Mineralogicamente observam-se carbonatos (dolomite e calcite) e quartzo com alguma recristalização. Acessoriamente identifica-se provável talco? (Figura 14C) e esfena? (Figura 14D).

A amostra **VR1c** define uma textura granoblástica equigranular de matriz microesparrítica homogénea com fraturas preenchidas por quartzo com alguma deformação, opacos e óxidos de ferro (Figura 14E e 14F).

VR1d define-se por uma textura granoblástica inequigranular com diferentes graus de recristalização, com zonas de grãos grosseiros de calcite maclada e clivagem visível (Figura 15B). A matriz é esparrítica, o quartzo encontra-se essencialmente acumulado em veios e filonetes (alguns de sílica amorfa). Identifica-se uma amostra com evidências deformacionais em regime dúctil-frágil com falhamento e dobramento de pequenos veios (Figura 15A). Ocorrência ainda de opacos, principalmente concentrados nos veios que cortam a matriz.

A amostra **VR3a** apresenta uma textura granoblástica inequigranular de matriz esparrítica (Figura 15C). Em alguns cristais de calcite observa-se macla e clivagem. O quartzo é esporádico ocorrendo em pequenas concentrações pela rocha tal como os óxidos de ferro hidratados. Os opacos ocorrem tanto de forma euédrica, alguns com aureolas de reação (Figura 15D), e outros de forma subeuédrica com grande distribuição pela amostra.

VR3b apresenta uma textura granoblástica homogénea de matriz microesparrítica. A amostra é dominada pela matriz carbonatada, apresentando ligeira crenulação, estiólitos (Figura 15F) e evidências deformacionais dúctil-frágil nos veios de quartzo (Figura 15E).

A amostra **VR3c** é definida por uma textura granoblástica equigranular de matriz microesparrítica, sendo microscopicamente semelhante à amostra VR3b com presença de estiólitos, filonetes de quartzo com alguma deformação (Figura 16A), acumulação de quartzo de forma lenticulares e presença de opacos de aspeto subeuédrico (Figura 16B).

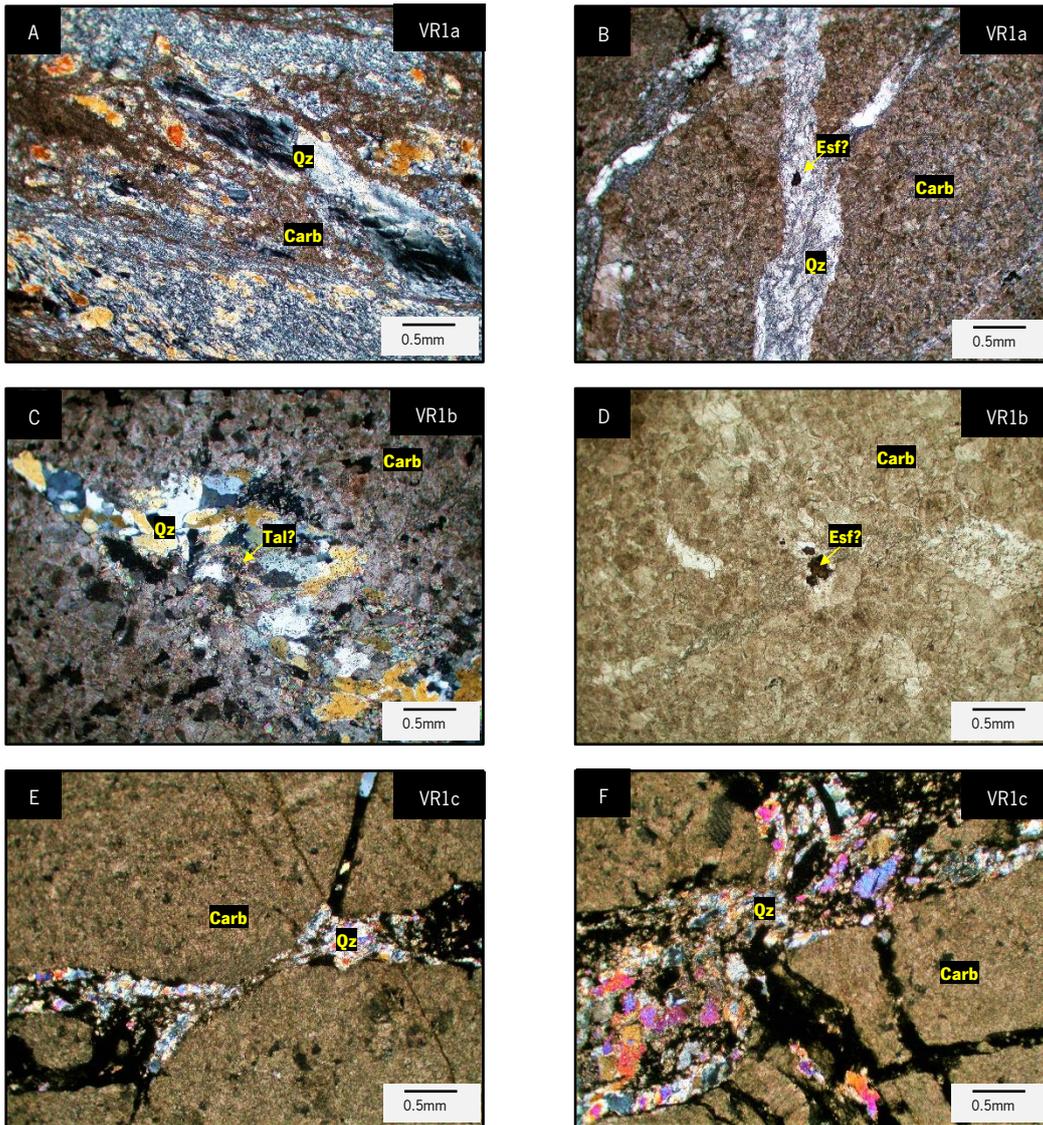


Figura 14 - Fotografia ao microscópio das amostras **VR1a**, **VR1b** e **VR1c**. A – Aspecto geral da textura blastomilonítica presente na amostra **VR1a** com evidente deformação no quartzo e carbonatos (NX); B- Textura granoblástica equigranular presente na amostra **VR1a** de matriz esparrítica cortada por veios de quartzo, com representação de possível ocorrência de esfena (NP); C e D – Aspecto textural geral da amostra **VR1b** definida por quartzo e carbonatos esparríticos, com ocorrência de talco e possível esfena (NX e NP respetivamente); E e F – Aspecto textural geral da amostra **VR1c** definida por uma matriz equigranular homogénea de carbonatos microesparríticos e preenchimento de fraturas por quartzo e opacos com fortes evidências deformacionais (NX).

A rocha **VRE1b** é definida como óxidos de ferro (principalmente hematite) com alguma fração argilosa. É uma amostra que, ainda, contém uma importante fração de carbonatos e opacos tanto subeuédricos como anédricos, encontrando-se bastante brechificada com evidências deformacionais e recristalização de quartzo (Figura 16C). Verifica-se a ocorrência de óxidos de ferro hidratados (Figura 16D) e ainda de minerais de cor de polarização elevada, possivelmente epidoto, bem como minerais não identificados de relevo moderado a elevado com cores de polarização fracas de 1º ordem, podendo ser confundíveis com quartzo.

Em síntese e comparando com as amostras do encaixante da mina da Preguiça, em Vila Ruiva observam-se também rochas dominadas por carbonatos e quartzo. As diferentes características texturais dificultaram uma distinção clara entre dolomite e calcite em Vila Ruiva. Nesta mina não ocorrem grandes cristais de dolomite ou calcite, verificando-se um aspeto mais homogêneo da matriz. No encaixante de Vila Ruiva observa-se, além de uma textura granoblástica, uma amostra com textura blastomilonítica, identificando-se, ainda, várias rochas com crenulação e microfalhas a cortarem a matriz carbonatada e veios (preenchidos por sílica, por vezes amorfa, e carbonatos). Acessoriamente, além de opacos, foram identificados, como prováveis, esfena e talco.

As propriedades anteriormente descritas e observadas em lâmina delgada não permitem uma classificação concreta do tipo de encaixante, podendo ser descritos como metacalcários dolomíticos/ metadolomias.

As características texturais das amostras de Vila Ruiva sugerem que estas terão sofrido deformação mais intensa em comparação com as da Preguiça. No entanto, será necessário analisar mais amostras para confirmar esta hipótese.

A amostra **VRE1b** não corresponde ao encaixante, sendo dominada por opacos, quartzo e carbonatos.

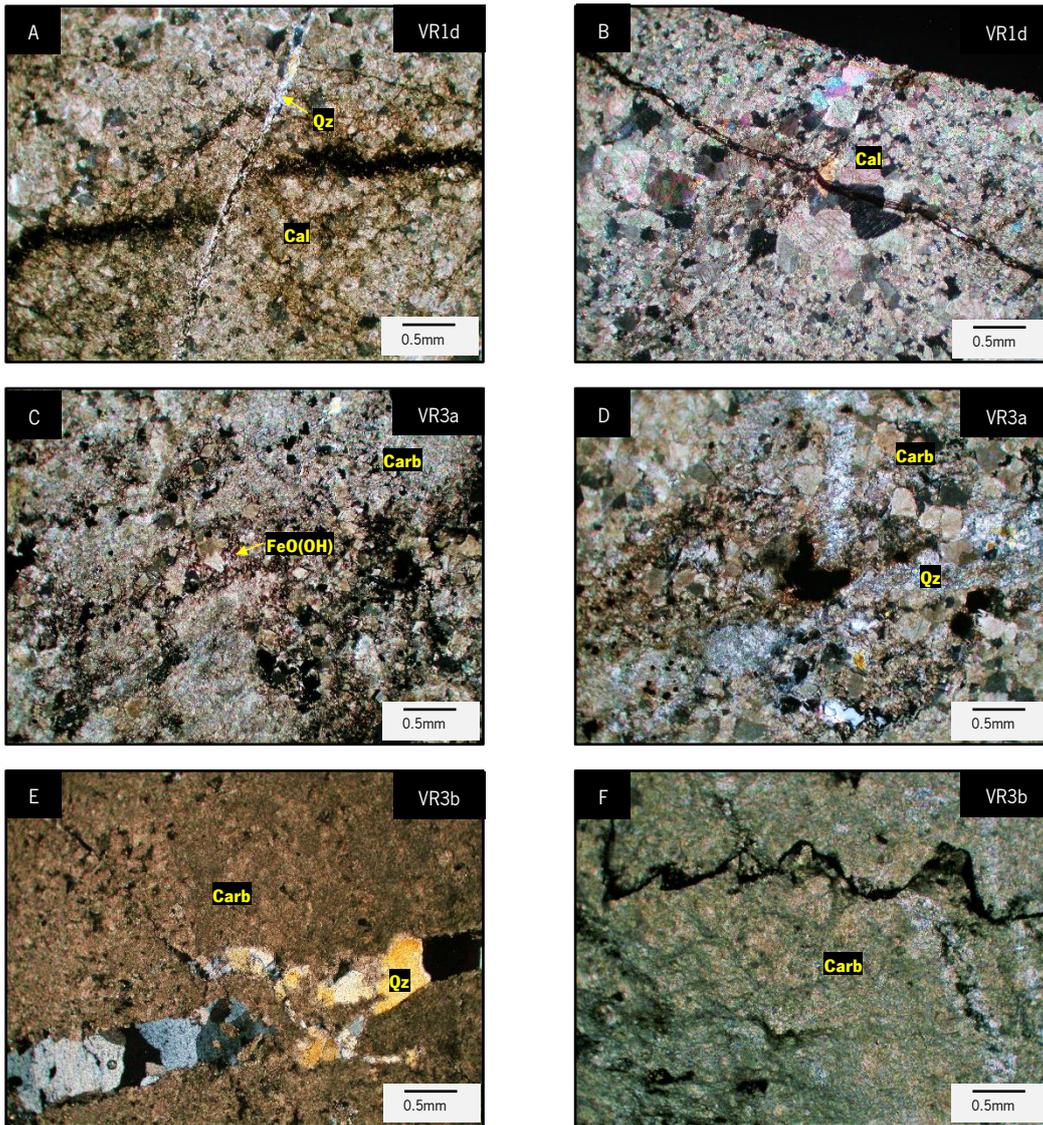


Figura 15 - Fotografias ao microscópio das amostras **VR1d**, **VR3a** e **VR3b**. A – Aspecto textural da amostra **VR1d** com evidência de microfalha num veio de opacos e preenchimento da fratura por sílica (NX); B – Zona de maior recristalização na amostra **VR1d** com grandes cristais de calcite com visível macla e clivagem, evidências ainda de deformação pelo dobramento do filonete preenchido por opacos (NX); C – Aspecto textural geral da amostra **VR3a** com ocorrência de opacos subeuédricos e pequenos cristais de óxidos de ferro hidratados (NX); D – Zona de maior recristalização na amostra **VR3a** com ocorrência de pequenos cristais de quartzo e evidência de opaco com areola de reação (NX); E – Aspecto textural geral da amostra **VR3b** de matriz microsparrítica e veio de quartzo com evidências de deformação em regime dúctil-frágil (NX); F – Presença de estiólitos na amostra **VR3b** (NX).

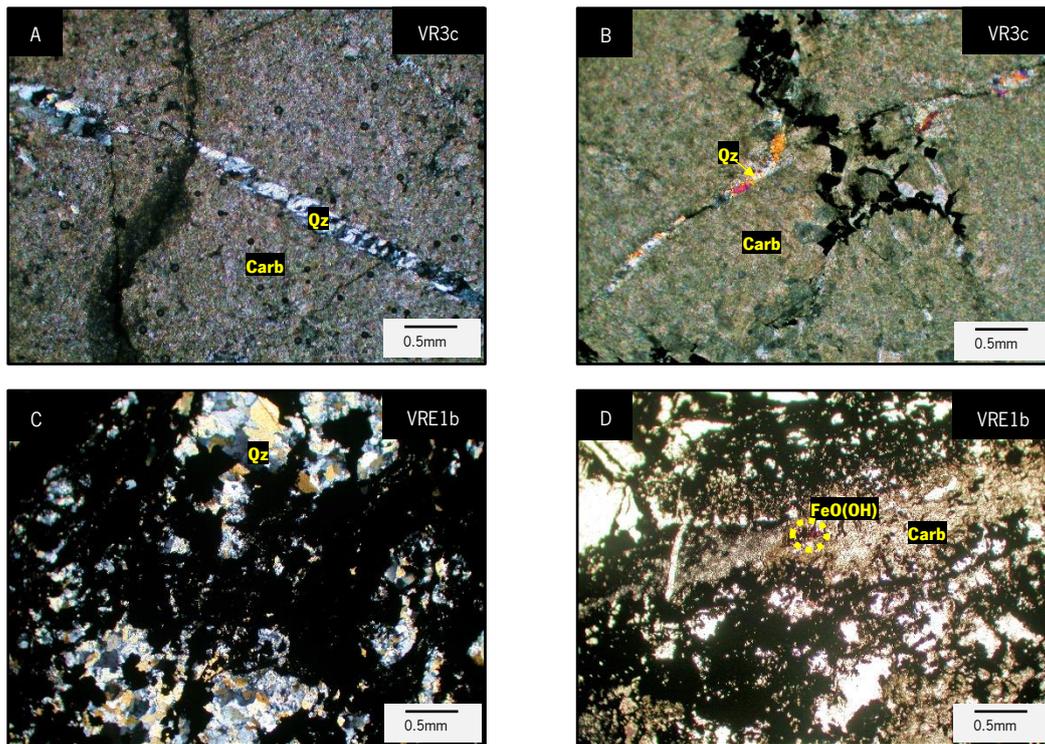


Figura 16 - Fotografias ao microscópio das amostras **VR3c** e **VRE1b**. A – Aspecto textural geral da amostra **VR3c** com evidência de um veio de quartzo (NX); B – Ocorrência de opacos subeuédricos na amostra **VR3c** (NX); C e D – Aspecto geral da amostra **VRE1b** dominada por opacos, carbonatos e quartzo, evidência, ainda, de pequenos cristais de óxidos de ferro hidratados (NX e NP respectivamente).

4.2 Análise por difração de raios-X

Neste capítulo é apresentada a análise por difração de raios-X de amostras de rocha recolhidas na escombreira e encaixante das minas da Preguiça e Vila Ruiva, bem como amostras de solo recolhidas nas cortas e escombreiras das zonas mineiras (Figura 17). As análises de cada amostra encontram-se agrupadas por mina, sendo sintetizadas em 3 figuras, representando as relações percentuais relativas em termos de:

- Quantidade de fração carbonatada em relação à fração não carbonatada (Figuras 18 e 21);
- Percentagem dos principais grupos minerais presentes, agrupando-se em carbonatos, silicatos, óxidos/hidróxidos e sulfatos (Figuras 19 e 22);
- Proporção da mineralogia total (Figuras 20 e 23).

Salienta-se, no entanto, que se trata apenas de uma semi-quantificação, como descrito anteriormente

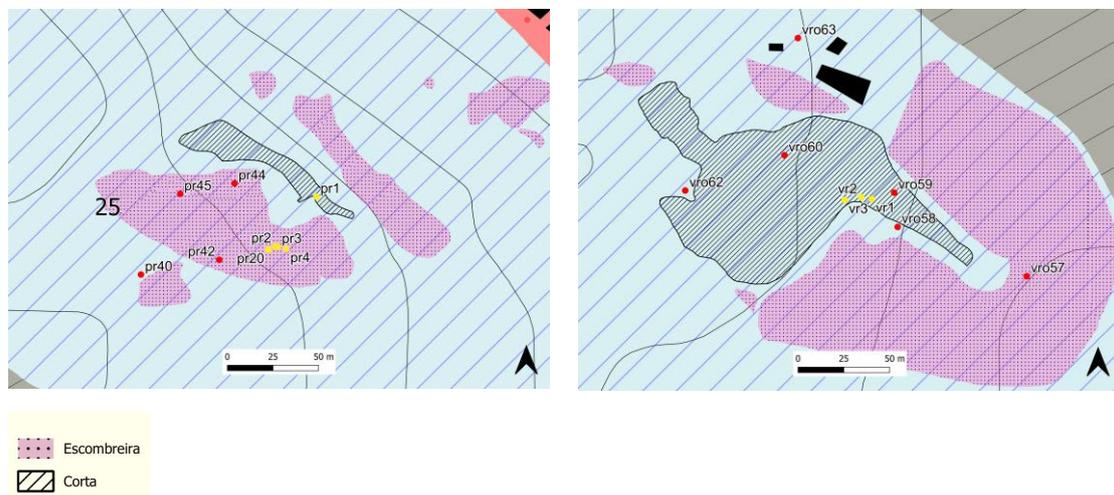


Figura 17 - Locais de recolha das amostras para análise por DRX na mina da Preguiça (esquerda) e Vila Ruiva (direita) utilizando como fundo o mapa da Figura 7; As bolas a amarelo representam amostras de rocha enquanto a vermelho representam solos, com a devida referência.

4.2.1 Mina da Preguiça

As amostras de rocha recolhidas na mina da Preguiça para análise por DRX encontram-se sintetizadas na Tabela 3:

Tabela 3 – Amostras de rocha recolhidas numa escombreira e na corta da mina da Preguiça

Amostra	Descrição macroscópica	Local de recolha
 <p>1 cm</p>	<p>Amostra (PR1) de cor branca a castanho avermelhado com presença de veios castanhos a vermelho-escuros.</p>	<p>Encaixante, extraída com o martelo geológico a partir de uma das paredes da corta.</p>
 <p>1 cm</p>	<p>Amostra (PR4) de cor avermelhada, aparentando alta densidade, observando-se cristalização macroscópica de calcite.</p>	<p>Recolhida numa das escombreiras que se encontram a sul da corta.</p>
 <p>1 cm</p>	<p>Amostra (PR2) de coloração escura a avermelhada.</p>	<p>Recolhida numa das escombreiras que se encontram a sul da corta.</p>
 <p>1 cm</p>	<p>Amostra (PR3) com coloração avermelhada de aspeto terroso, com cavidades (<i>geodes</i>) preenchidas por pequenos minerais brancos facetados, como observado em lupa binocular.</p>	<p>Recolhida numa das escombreiras que se encontram a sul da corta.</p>
 <p>1 cm</p>	<p>Amostra (PR20) de cor semelhante a PR2, no entanto com um aspeto texturalmente mais heterogéneo, com presença de cristais macroscópicos.</p>	<p>Recolhida numa das escombreiras que se encontram a sul da corta.</p>

Na Figura 18 mostra-se a relação percentual de fração carbonatada com a fração não carbonatada para as amostras da mina da Preguiça.

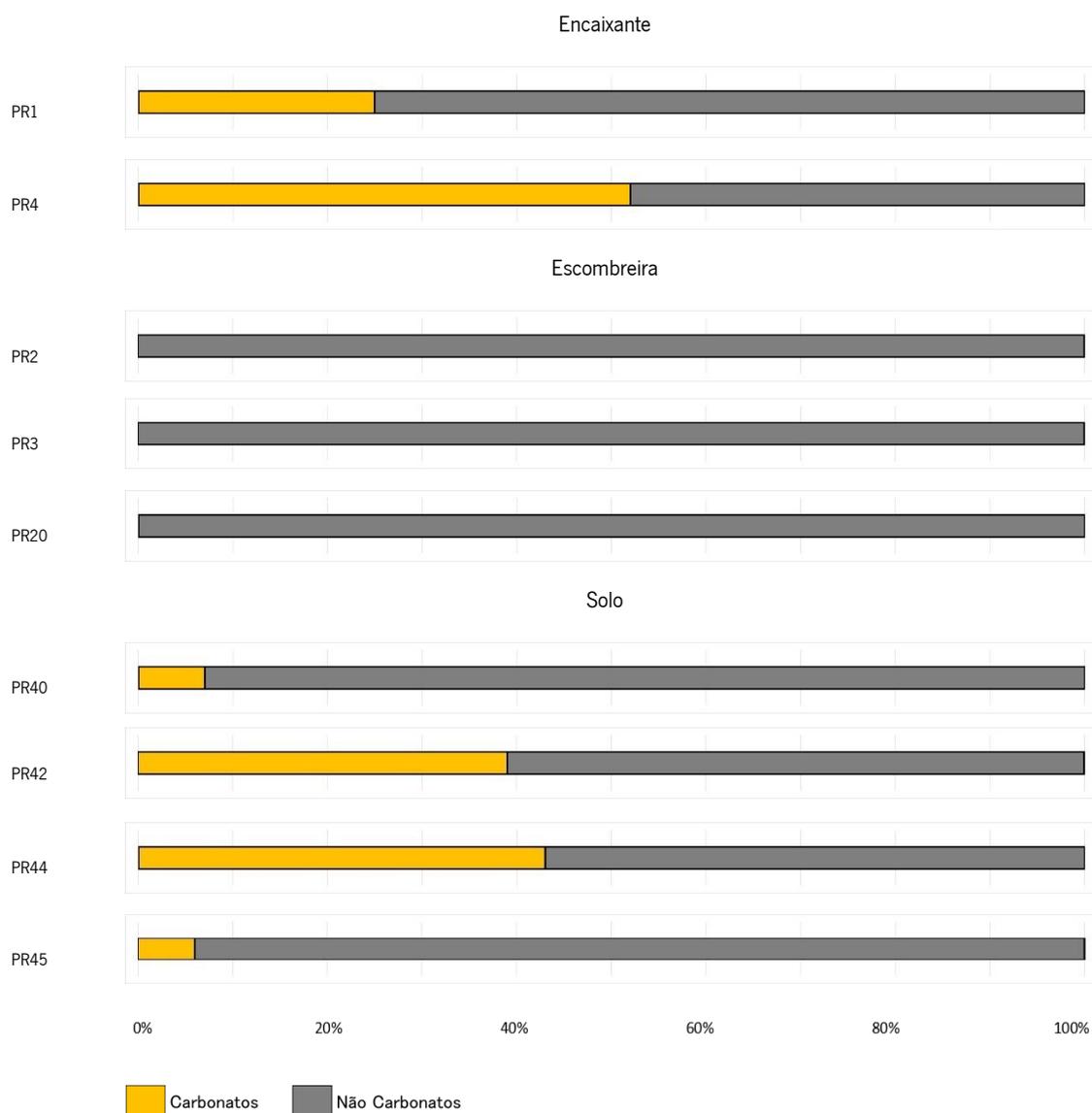


Figura 18 - Representação da relação entre a fração carbonatada e não carbonatada nas amostras recolhidas na mina da Preguiça através de análise por DRX.

As amostras representativas da rocha encaixante apresentam entre 25% (**PR1**) e 52% de carbonatos (**PR4**), enquanto que as amostras recolhidas na escombeira (**PR2**, **PR3** e **PR20**) se encontram com ausência de carbonatos.

A fração carbonatada das amostras do solo variam entre 6-43%, com **PR44** (43%), **PR42** (39%), **PR40** (7%) e **PR45** (6%), o que indica uma significativa variabilidade no teor de carbonatos dos solos da mina da Preguiça.

Na Figura 19 apresentam-se as classes de minerais identificadas nas amostras por DRX da mina da Preguiça. Os minerais não carbonatados dividem-se agora em silicatos, óxidos/hidróxidos e sulfatos.

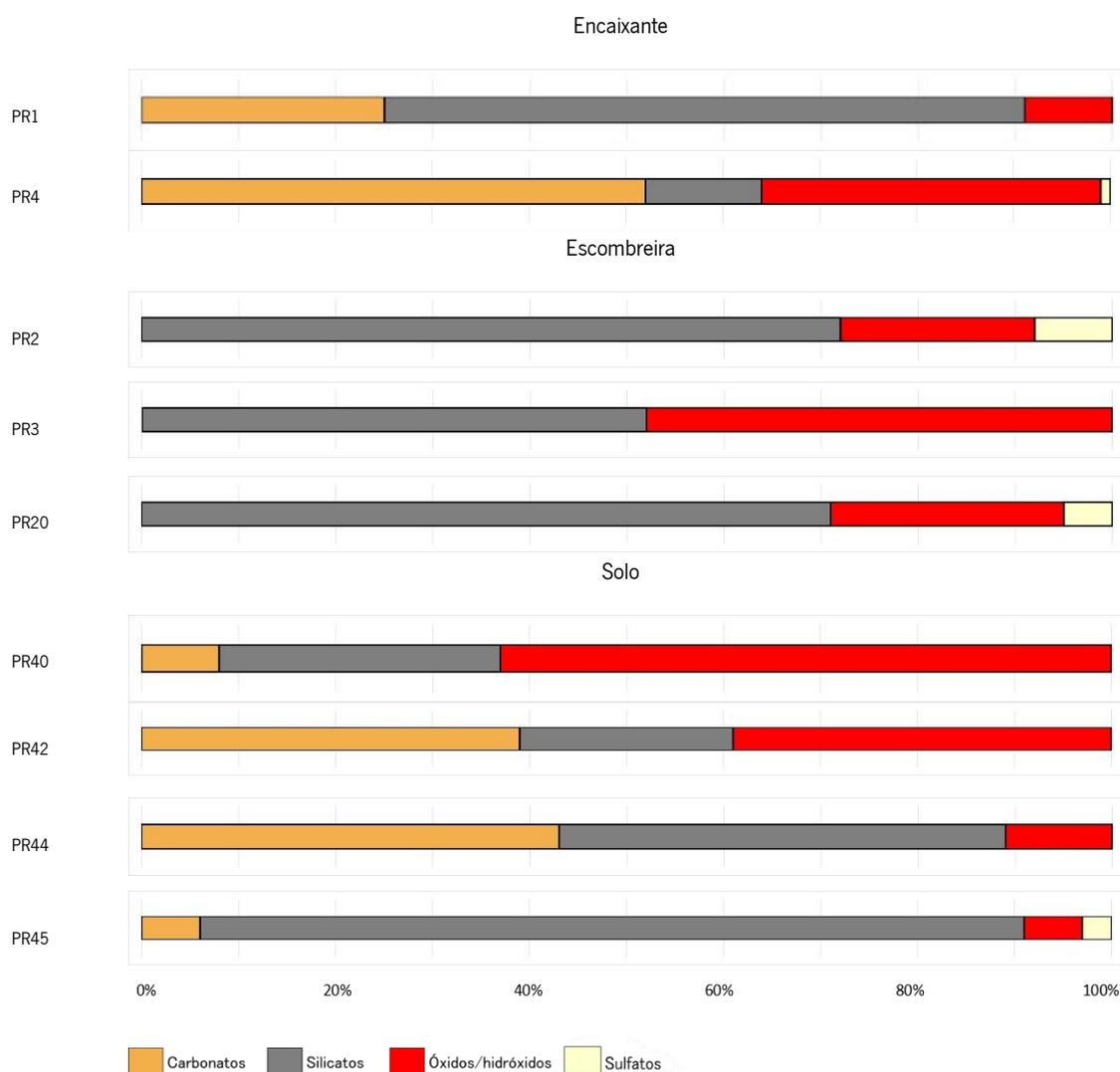


Figura 19 - Representação da relação entre os grupos mineralógicos (carbonatos, silicatos, óxidos/hidróxidos e sulfatos) nas amostras recolhidas na mina da Preguiça através de análise por DRX.

Nas amostras representativas do encaixante, **PR1** é mais rico em silicatos (66%) do que **PR4** (12%). A proporção relativa de óxidos/hidróxidos é de 9%.

Em **PR4**, a fração não carbonatada da rocha é dominada por óxidos/hidróxidos (35%), com pouca presença de sulfatos (1%).

As amostras da escombreira são dominadas pela fração silicatada (52-72%), com importante proporção relativa de óxidos/hidróxidos na amostra **PR3** (43%). Os sulfatos variam entre 5-8%.

Nos solos observa-se uma forte heterogeneidade em relação às proporções relativas de óxidos/hidróxidos variando entre 6-63%, tal como acontece com os silicatos (22-85%). Sulfatos

correspondem à proporção da fração não carbonatada mais baixa com 3% em **PR45** e ausência em **PR40**, **PR42** e **PR44**.

Os resultados da análise por DRX sugerem uma considerável variabilidade na composição mineralógica geral dos grupos amostrais (encaixante, escombreira e solo), como mostra a Figura 20.

A amostra **PR1** apresenta uma composição mineralógica dominada por quartzo (35%), esfena (31%) e dolomite (23%) com quantidades menores de hematite (8%), anquerite (2%), e cerussite (1%), enquanto a amostra **PR4** é dominada por dolomite (37%) e hematite (35%), com proporções menores de calcite (15%), quartzo (12%) e anglesite (1%).

Nas amostras da escombreira identifica-se uma composição essencialmente quartzosa, exceto a amostra **PR3** que é particularmente rica em willemite (52%). As proporções em óxidos de ferro variam entre 20-43%, maioritariamente em goethite, hematite e magnetite menor.

Minerais acessórios incluem calcofanite (3%-5%), anglesite (5-8%) e cristobalite (1% em **PR20**).

Analisando os gráficos correspondentes às amostras de solo percebe-se a elevada distribuição de zinco na corta da Preguiça, identificando-se proporções relativas de willemite entre 7-52%, calcofanite (5%) e hemimorfite (3%). O quartzo varia entre 9-28%. Os óxidos de ferro presentes nas amostras de solo incluem hematite, concentrada em **PR40** (61%) e **PR42** (36%), e goethite (2-6%). A fração carbonatada é constituída por dolomite (4-39%) e calcite (3-34%).

Em menores proporções encontram-se ainda os minerais de Pb, cerussite (1-6%) e anglesite em **PR45** (3%). Ocorrência ainda de birnessite em **PR44** (2%) e filossilicatos em **PR45** (10%).

No Anexo 2 a mineralogia total encontra-se representada numa tabela com as respetivas ocorrências amostrais e teores.

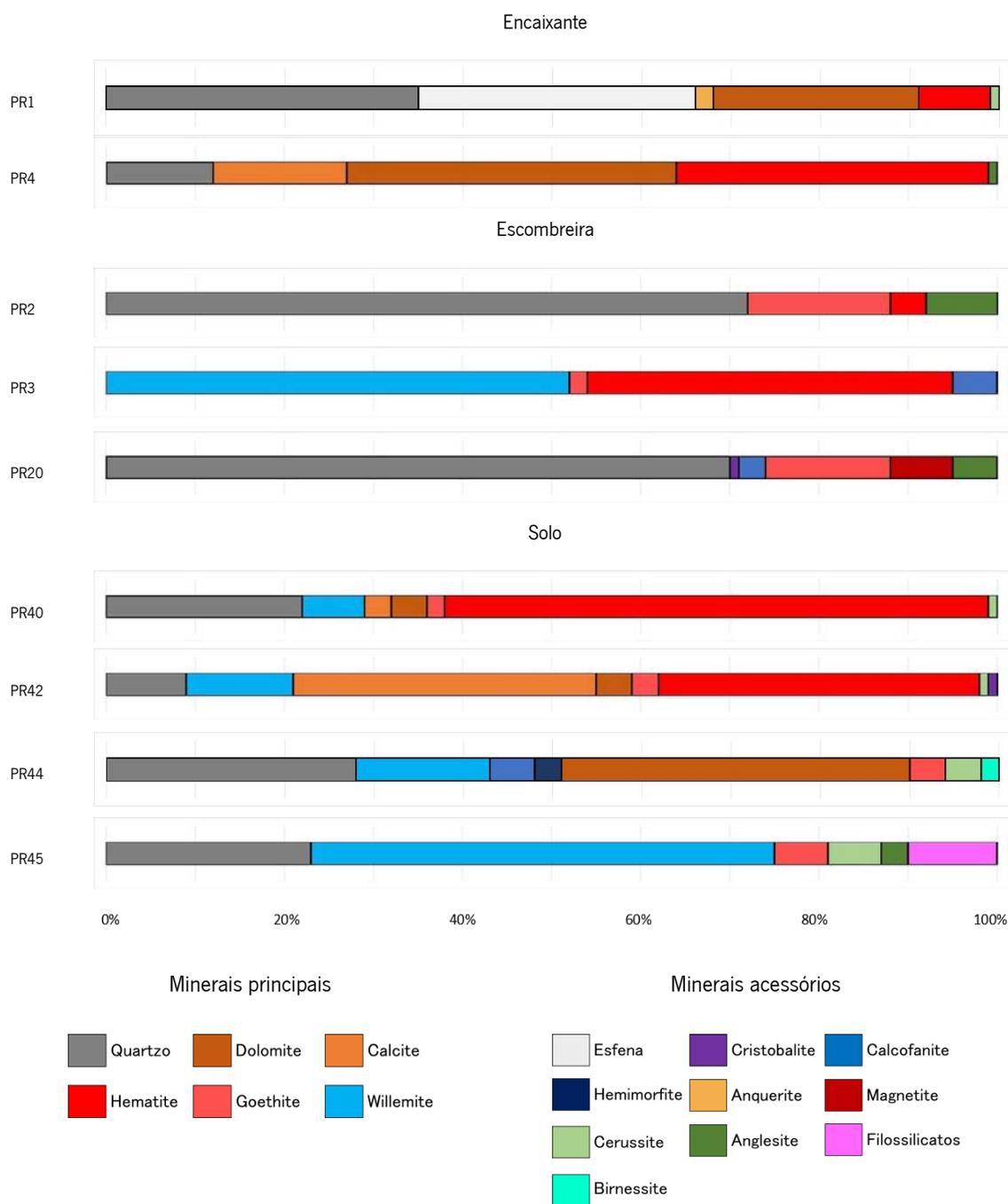


Figura 20 - Representação da composição mineralógica total nas amostras recolhidas na mina da Preguiça através de análise por DRX.

Com base nos dados e gráficos anteriormente descritos da análise por DRX, pode-se propor nas amostras da mina da Preguiça que:

Encaixante

- A amostra **PR1**, sendo uma rocha retirada do encaixante, pode ser classificada como uma metadolomia, designação comumente descrita na literatura mais recente (Tornos et al.,

2004; Mateus et al., 2012). A amostra **PR4**, recolhida numa escombreira da Preguiça, possivelmente será também uma rocha do encaixante, com base na mineralogia encontrada, semelhante a **PR1**. A elevada fração silicatada da amostra **PR1** pode corresponder aos níveis chérticos que preenchem as fraturas do encaixante, como referidos por Piçarra et al., (2007). Na mina da Preguiça estes chertes são geralmente brancos, podendo, no entanto, apresentar uma coloração mais vermelha-acastanhada, como observado no Anexo 1, e na amostra **PR1** (Tabela 3), provavelmente resultante da presença de minerais ferro-magnesianos (Piçarra, et al., 2007), comprovada pela petrografia, Tabela 1. A ocorrência de uma elevada concentração de esfena no calcário **PR1** é anómala para este tipo de litologia, não sendo referido em nenhuma bibliografia correspondente à zona mineira Preguiça-Vila Ruiva, sendo que, no entanto, Franz et al., (1985) identificou a ocorrência de esfena, especialmente aluminosa, em dolomitos siliciosos. No capítulo da petrografia foi também identificada a possibilidade de esfena nas metadolomias.

Os resultados mostram, ainda, uma quantidade de óxidos de ferro anormalmente elevada em calcários (Figura 20), que parece conferir às rochas uma maior densidade, propriedade observada especialmente em **PR4**. Apesar de autores como Piçarra et al., (2007) referirem nestes calcários a presença de magnetite, neste estudo apenas foram identificadas quantidades importantes de hematite. A ocorrência de anglesite e cerussite nas rochas possivelmente será o resultado da alteração dos sulfuretos-Pb primários.

Em síntese, a rocha do encaixante (**PR1** e **PR4**) apresenta uma importante fração dolomítica $\geq 23\%$, podendo ser caracterizadas como metadolomias com proporção relativa de anquerite e calcite, variáveis entre amostras, bem como possíveis importantes ocorrências de esfena. São rochas com importante fração quartzosa e hematítica (conferindo-lhe, por vezes, uma maior densidade), com ocorrências de veios chérticos e, ainda, proporções acessórias de anglesite.

No entanto, o reduzido número de amostras utilizadas neste estudo evidencia a necessidade de trabalhos futuros com mais amostras de forma a aumentar o conhecimento atual do encaixante destes dois depósitos minerais.

Escombreira

- As três amostras recolhidas na escombreira (**PR2**, **PR3** e **PR20**) apresentam uma mineralogia característica de um gossan, sendo assim consideradas como representativas do gossan da Preguiça. Este gossan é caracterizado por um forte enriquecimento em Zn, como indicado pela abundância de minerais como willemite, calcofanite e hemimorfite. Este enriquecimento em Zn havia sido já descrito por outros autores, nomeadamente por Tornos et al., (2004).

Observando-se a Figura 20 verificam-se semelhanças entre a mineralogia de **PR2** e **PR20**, ambas constituídas maioritariamente por uma fração quartzosa, com níveis de óxidos de ferro (goethite, hematite e magnetite) e acessoriamente anglesite. É possível que estas duas rochas da escombreira sejam amostras da zona de oxidação mais superficial, de forma semelhante aos gossan dos depósitos sulfuretos da Faixa Piritosa Ibérica(FPI) que apresentam mais perto da superfície uma mineralogia dominada por quartzo e hematite, com pequenas concentrações de Pb, como descrito por Velasco, et al., (2013). Segundo Piçarra et al., (2007), nestas minas podem ocorrer oxihidróxidos de Mn devido aos altos teores deste elemento, potencialmente explicando a ocorrência de calcofanite (Figura 20).

A amostra **PR3** difere mineralogicamente e texturalmente das restantes rochas (**PR2** e **PR20**), sendo dominada por willemite, provavelmente a preencher as cavidades descritas anteriormente na observação macroscópica (Tabela 3). A willemite é, talvez, o produto de alteração dos sulfuretos de Zn primários, como observado em várias zonas de alteração supergénica (Brugger et al., 2003). Apesar de Brugger et al., (2003) sugerirem que a willemite poderá ter uma génese primária em contextos hidrotermais e sob certas condições oxidantes e alcalinas na presença de enxofre e quartzo dissolvido, nas áreas da Preguiça e Vila Ruiva, a hipótese de uma génese secundária para este mineral é a mais plausível, resultando da alteração de minerais primários como a esfalerite.

As diversas associações mineralógicas descritas para o gossan (Patinha et al., 2004.), sugerem a necessidade de mais estudos de forma a perceber melhor os processos físico-químicos envolvidos e a evolução do *gossan* da mina da Preguiça.

Solos

- Os solos apresentam distribuições de silicatos bastante variáveis, com quartzo e willemite difundidos pelas amostras, verificando-se ainda a ocorrência de filossilicatos na amostra mais silicatada (**PR45**). Em contraste, as amostras menos silicatadas apresentam-se mais ricas em óxidos de ferro (**PR40** e **PR42**). Os solos **PR42** e **PR44** destacam-se pelo enriquecimento em carbonatos, não aparentando existir o domínio de um carbonato sobre outro. Os minerais mais dispersos pelas amostras incluem a birnessite (podendo ser explicada pelo teor de Mn presente na mina, Anexo 10 , cristobalite e sulfatos-Pb (cerussite e anglesite).

Pela observação da análise por DRX os solos aparentam uma heterogeneidade na distribuição dos principais grupos minerais na corta da Preguiça, com amostras dominadas por óxidos de ferro, e amostras enriquecidas em silicatos e carbonatos. sendo necessário, no entanto, o estudo de mais amostras para uma melhor caracterização destes solos.

4.2.2 Mina da Vila Ruiva

As amostras de rocha recolhidas na mina da Vila Ruiva para análise por DRX encontram-se sintetizadas na Tabela 4:

Tabela 4 - Amostras de rocha recolhidas na mina da Vila Ruiva

Amostra	Descrição macroscópica	Local de recolha
 	<p>Amostra (VR1) de cor branca a castanho, presença de veios castanhos a vermelho-escuros. Evidência recristalização dos carbonatos</p>	<p>Encaixante, extraída com o martelo geológico a partir de uma das paredes da corta.</p>
 	<p>Amostra (VR3) de cor branca a azulada, com zonas avermelhadas. Evidência recristalização dos carbonatos</p>	<p>Encaixante, extraída com o martelo geológico a partir de uma das paredes da corta.</p>
 	<p>Amostra (VR2) com coloração castanha-avermelhada, texturalmente com aspeto homogéneo e textura tipo <i>boxwork</i> e em esponja</p>	<p>Rocha solta no solo da corta.</p>

Na Figura 21 mostra-se a relação percentual de fração carbonatada com a fração não carbonatada para as amostras da mina da Vila Ruiva.

As amostras do encaixante apresentam uma elevada fração carbonatada com **VR1** (90%) e **VR3** (85%).

A amostra do chapéu de ferro é representada por **VR2**, com ausência de fração carbonatada.

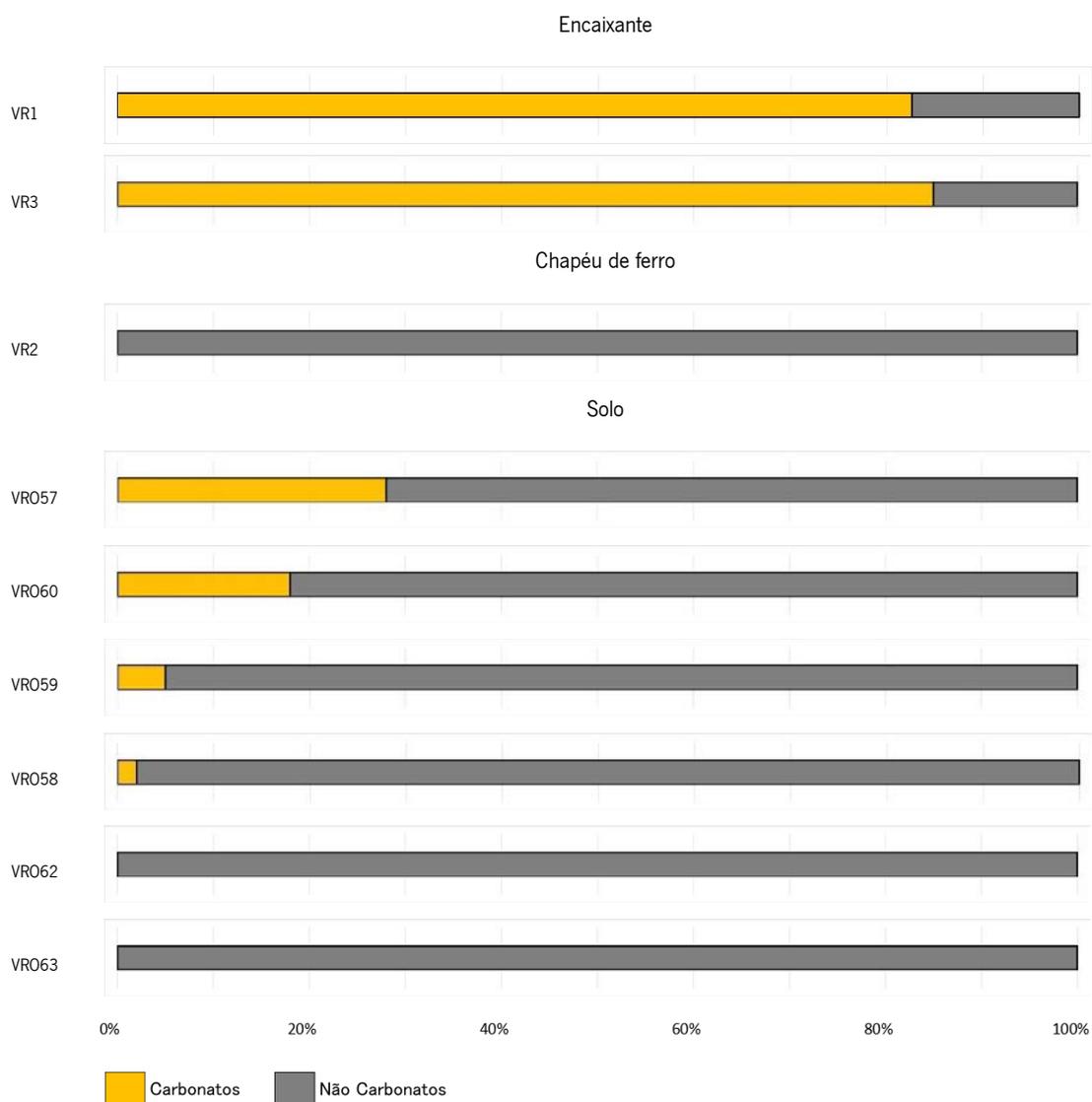


Figura 21 - Representação da relação entre a fração carbonatada e não carbonatada nas amostras recolhidas na mina da Vila Ruiva através de análise por DRX.

Relativamente ao solo da Vila Ruiva, a quantidade de carbonatos varia entre 2-28%, sendo que as amostras **VR062** e **VR063** destacam-se pela ausência carbonatos.

Na Figura 22 apresentam-se as abundâncias relativas das diferentes classes minerais nas amostras por análise de DRX da mina da Vila Ruiva. Os minerais não carbonatados dividem-se agora em silicatos, óxidos/hidróxidos e sulfatos.

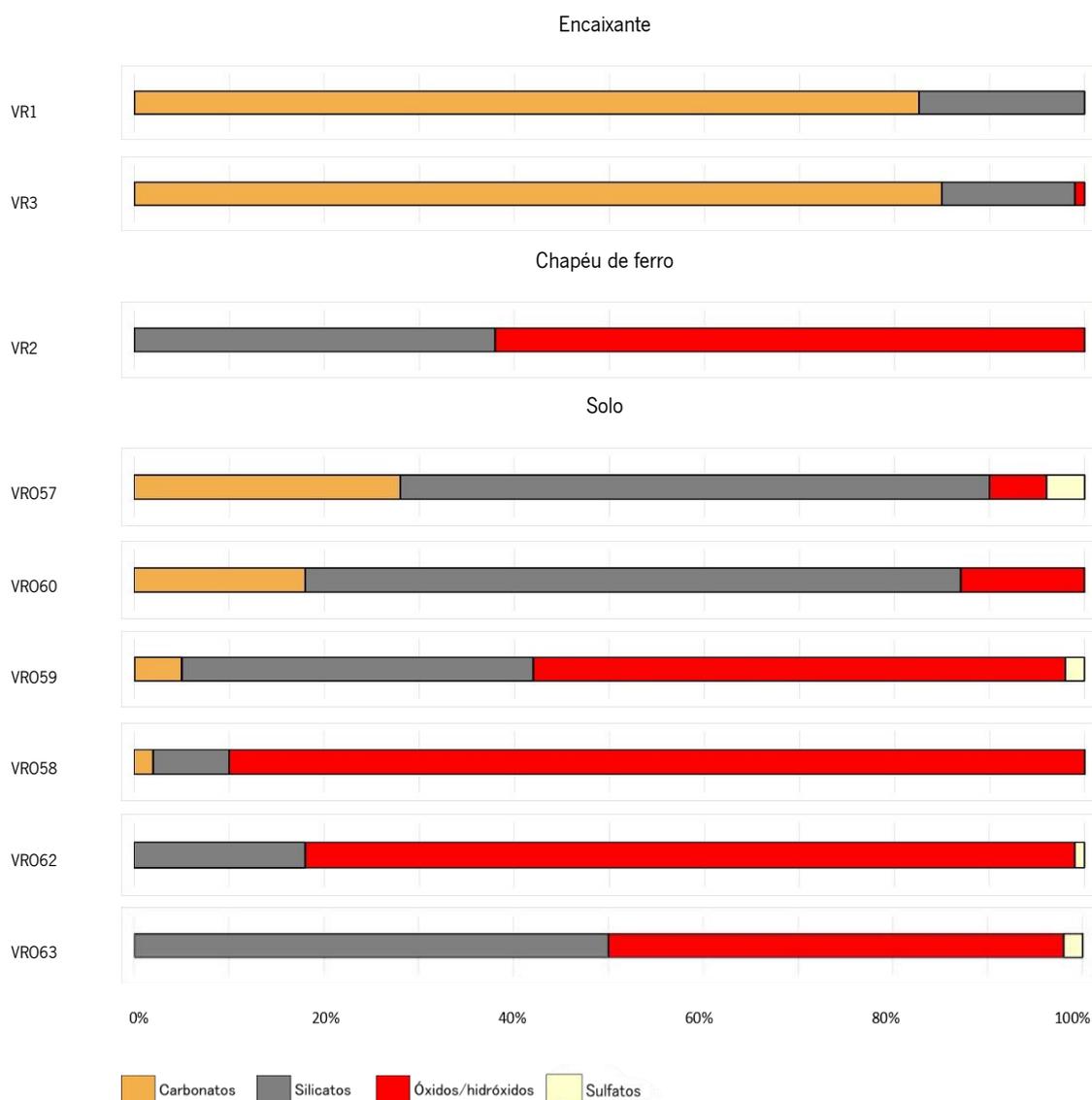


Figura 22 - Representação da relação entre os grupos minerais identificados (carbonatos, silicatos, óxidos/hidróxidos e sulfatos) nas amostras recolhidas na mina da Vila Ruiva através de análise por DRX.

As amostras do encaixante são compostas essencialmente por carbonatos, com abundâncias menores de silicatos (10-13%) e pontuais de óxidos/hidróxidos (**VR3**).

A amostra de chapéu de ferro em Vila Ruiva (**VR2**) contém uma fração não carbonatada constituída por óxidos/hidróxidos (62%) e silicatos (38%).

Os solos da Vila Ruiva apresentam um domínio claro de silicatos (variando entre 8-69%), especialmente nas amostras **VR057** (62%), **VR060** (69%), **VR063** (50%) e óxidos/hidróxidos (variando entre 6-90%), particularmente nas amostras **VR058** (90%), **VR059** (56%) e **VR062** (81%). Os sulfatos variam entre 1-4%.

Os resultados da análise por DRX sugerem, tal como na Preguiça, uma considerável variabilidade na composição mineralógica de Vila Ruiva, Figura 23.

As amostras do encaixante são compostas essencialmente por dolomite, com menor proporção relativa de anquerite . Os resultados da DRX sugerem que o encaixante da Vila Ruiva possa ser classificado como metadolomias, de forma semelhante ao que ocorre na mina da Preguiça. A abundância do quartzo ronda os 10%, com ocorrências pontuais de magnetite (1%).

A amostra do gossan é constituída essencialmente por quartzo (38%) e óxidos de ferro, com magnetite (33%), hematite (17%) e goethite (12%).

No solo, os minerais de Zn estão representados por smithsonite (2-19%), willemite (3-7%) e hemimorfite (5%), enquanto que o único mineral de Pb identificado foi a anglesite (1-4%). Os solos da Vila Ruiva são particularmente abundantes em óxidos de ferro, representados por hematite (53-86%), goethite (2-8%) e magnetite (1%). Os silicatos nos solos são compostos principalmente por quartzo (5-56%) e filossilicatos (1-28%), com ocorrência de cristobalite em **VRO63** (1%) A fração carbonatada é apenas constituída por dolomite (4-9%).

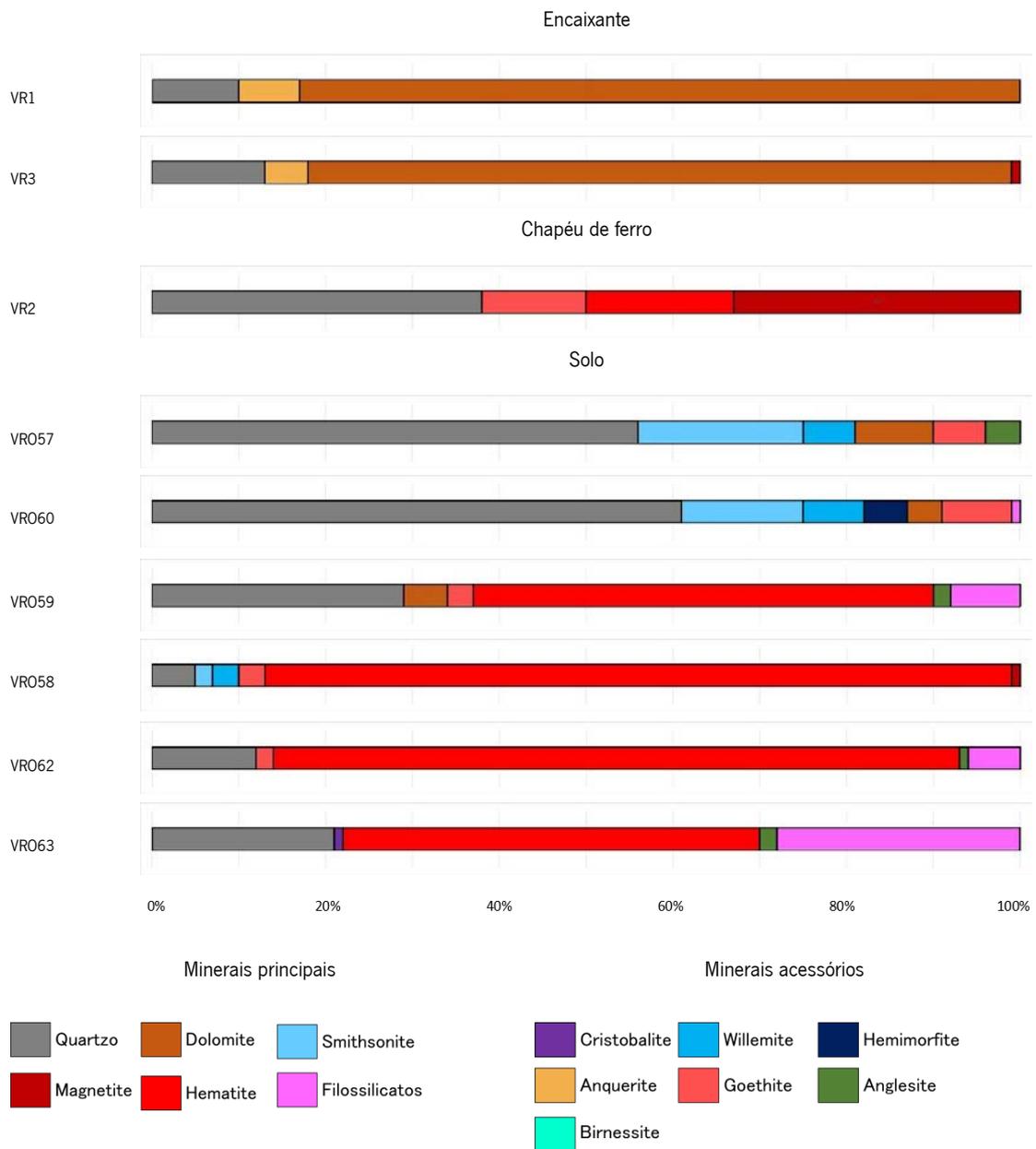


Figura 23 - Representação da composição mineralógica total nas amostras recolhidas na mina da Vila Ruiva através de análise por DRX.

A mineralogia identificada nas minas da Preguiça e Vila Ruiva encontra-se sintetizada na Tabela 5.

Tabela 5 - Minerais identificados pela análise por DRX nas amostras do encaixante, gossan e solo das minas da Preguiça e Vila Ruiva.

Mineral	Mina					
	Preguiça			Vila Ruiva		
	Encaixante	Gossan	Solo	Encaixante	Gossan	Solo
Quartzo (SiO ₂)	x	x	x	x	x	x
Cristobalite (SiO ₂)		x	x			x
Esfena (CaTiSiO ₅)	x					
Smithsonite (ZnCO ₃)			x			
Willemite (Zn ₂ SiO ₄)		x	x			x
Calcofanite (ZnMn ²⁺ O ₄ · 3H ₂ O)		x	x			
Hemimorfite (Zn ₂ Si ₂ O ₇ (OH) ₂ · H ₂ O)			x			x
Anquerite (Ca(Fe ²⁺ Mg)(CO ₃) ₂)	x			x		
Calcite (CaCO ₃)	x		x			
Dolomite (CaMg(CO ₃) ₂)	x		x	x		x
Goethite (α-Fe ³⁺ O(OH))		x	x		x	x
Hematite (Fe ₂ O ₃)	x	x	x		x	x
Magnetite (Fe ²⁺ Fe ³⁺ ₂ O ₄)		x		x	x	x
Cerussite (PbCO ₃)	x		x			
Anglesite (PbSO ₄)	x	x	x			x
Birnessite ((Na,Ca) _{0.5} (Mn ³⁺ ,Mn ⁴⁺) _{0.5} O ₂ · 1.5H ₂ O)			x			
Filossilicatos			x			x

As Tabelas 6, 7 e 8 apresentam as médias das proporções relativas calculadas a partir dos difratogramas de modo a simplificar a comparação da composição mineralógica das amostras das duas minas. Com base nos dados e gráficos anteriormente descritos da análise por DRX, e comparando com as amostras da mina da Preguiça (Tabelas 6, 7 e 8), pode-se propor nas amostras da mina da Vila Ruiva que:

Encaixante

- As amostras **VR1** e **VR3**, sendo rochas extraídas do encaixante, podem ser classificadas como metadolomias, tal como as rochas encaixantes descritas anteriormente da Preguiça.

Estas rochas da Vila Ruiva apresentam, em comparação com a Preguiça, ausência de calcite e uma fração dolomítica muito mais dominante ($\geq 81\%$), sendo rochas menos silicatadas e com inferior enriquecimento em óxidos de ferro. Minerais como quartzo, anquerite e magnetite ocorrem em frações acessórias. No entanto, devido à limitação na quantidade de amostras estudadas, é necessário o estudo de mais amostras do encaixante da zona mineira Preguiça-Vila Ruiva para perceber/confirmar diferenças e/ou semelhanças na composição mineralógica destas rochas. Também o provável enriquecimento em esfena que se observa num calcário do encaixante da Preguiça (**PR1**) poderia ser explicado com uma análise petrográfica mais ampla.

Gossan

- Apesar de ser apresentada apenas uma amostra relativa ao *gossan* da Vila Ruiva, percebe-se que provavelmente o chapéu de ferro presente em Vila Ruiva será mais enriquecido em óxidos de ferro em comparação com o da Preguiça. A amostra é constituída essencialmente por quartzo e óxidos de ferro (62%), enquanto que as amostras do *gossan* da Preguiça contêm <50% de óxidos de ferro, com importantes frações de quartzo, minerais-Zn e sulfatos-Pb.

A amostra **VR2** representa, possivelmente, uma amostra do *gossan* mais superficial onde se acumulam principalmente óxidos de ferro e quartzo. A textura tipo *box work* e em esponja, observada em amostra de mão (Tabela 4), bem como a coloração, indicia a possível meteorização de esfalerite primária, tal como Haldar (2018) reconhece num diferente caso de estudo. No entanto, é necessária a análise de mais amostras do *gossan* da Vila Ruiva e Preguiça de forma a perceber e comparar a evolução destes chapéus de ferro.

Solos

- Os solos apresentam algumas semelhanças entre si, podendo-se categorizar dois grupos de amostras: os solos **VR057** e **VR060**, caracterizados por elevada fração quartzosa e importantes teores de smithsonite; os solos **VR059**, **VR058**, **VR062** e **VR063** caracterizados por grandes concentrações de hematite e importantes frações de filossilicatos.

Comparando com os solos da Preguiça, pode-se propor que possivelmente os solos da Vila Ruiva são menos silicatados, apresentam menor concentração de minerais-Zn e Pb e menor teor em carbonatados sendo, no entanto, substancialmente mais ricos em óxidos de ferro.

Propõe-se, no entanto, um estudo com mais amostras de solo para comparar e, possivelmente, confirmar as proposições anteriores.

Tabela 6 - Minerais identificados por análise de DRX nas amostras do encaixante da mina da Preguiça e Vila Ruiva. Legenda: n- número de amostras; μ - média proporção relativa

Encaixante	Minerais																	
	Quartzo		Titanite		Anquerite		Calcite		Dolomite		Hematite		Magnetite		Cerussite		Anglesite	
	n	μ	n	μ	n	μ	n	μ	n	μ	n	μ	n	μ	n	μ	n	μ
Preguiça	2*	23.5%	1	31%	1	2%	1	15%	2*	30%	2*	21.5%	-	-	1	1%	1	1%
Vila Ruiva	2*	11.5%	-	-	2*	6%	-	-	2*	82%	-	-	1	1%	-	-	-	-

Tabela 7 - Minerais identificados por análise de DRX nas amostras do gossan da mina da Preguiça e Vila Ruiva

Gossan	Minerais															
	Quartzo		Cristobalite		Willemite		Calcofanite		Goethite		Hematite		Magnetite		Anglesite	
	n	μ	n	μ	n	μ	n	μ	n	μ	n	μ	n	μ	n	μ
Preguiça	2	42%	1	1%	1	52%	1	3%	3*	10.7%	2	22.5%	1	7%	2	6.5%
Vila Ruiva	1*	38%	-	-	-	-	-	-	1*	12%	1*	17%	1*	33%	-	-

Tabela 8 - Minerais identificados por análise de DRX nas amostras de solo da mina da Preguiça e Vila Ruiva

Solos	Minerais																	
	Quartzo		Cristobalite		Smithsonite		Willemite		Calcofanite		Hemimorfite		Calcite		Dolomite		Goethite	
	n	μ	n	μ	n	μ	n	μ	n	μ	n	μ	n	μ	n	μ	n	μ
Preguiça	4*	20.5%	1	1.1%	-	-	4*	22%	1	5%	1	3%	2	18.5%	3	15.7%	4*	3.8%
Vila Ruiva	6*	30.7%	1	1%	3	11.7%	3	5.3%	-	-	1	5%	-	-	3	6%	5	4.4%
	Hematite		Magnetite		Cerussite		Anglesite		Birnessite		Filossilicatos							
	n	μ	n	μ	n	μ	n	μ	n	μ	n	μ						
Preguiça	2	48.5%	-	-	4*	3%	1	3%	1	2%	1	10%						
Vila Ruiva	4	66.5%	1	1%	-	-	4	2.3%	-	-	4	10.8%						

* representa 100% das amostras estudadas

4.3. Análise Estatística

Neste capítulo é descrito o tratamento estatístico efetuado aos dados de fluorescência de FRX-P.

4.3.1 Análise Estatística Univariada

Na Tabela 9 mostram-se os resultados da análise exploratória de dados correspondentes à mina da Preguiça. Nesta área foram adquiridos 48 pontos com a FRX-P, tanto ao longo de perfis predefinidos bem como na corta e escombreira (Figura 10).

Analisando a Tabela 9 observa-se que o Zn, excetuando o Fe, é o elemento que apresenta os valores mais elevados enquanto o Cd apresenta os valores mais baixos. De um modo geral todos os elementos ocorrem em concentrações elevadas, com destaque para Zn, Pb, Fe, V, Mn, Co, Cu e As, este último chegando a apresentar um valor máximo de 1.2%. A maior parte dos elementos apresentam uma assimetria positiva, com exceção do V e Sb de assimetria negativa, e Mn onde a assimetria é próxima de zero (0.1).

A Figura 24 mostra os histogramas do Zn, Pb e Fe, sendo que o Anexo 3 apresenta os dos restantes elementos químicos obtidos na mina da Preguiça. Verifica-se que, especialmente o Zn e Pb, mas, também, o Fe, apresentam distribuições fortemente assimétricas, com grande dispersão de valores para a direita. Esta assimetria tem forte impacto na média, que se apresenta assim fortemente enviesada no sentido dos valores elevados. O Mn apresenta uma distribuição quase simétrica, tal como Cd e V. Ao contrário dos restantes elementos químicos, o Sb, apresenta dispersão dos valores à esquerda, o que resulta num enviesamento da média para os valores baixos.

Tabela 9 - Análise exploratória dos dados correspondentes à mina da Preguiça. As concentrações dos elementos químicos estão expressas em mg/kg, com exceção do Fe cuja concentração está expressa em %.

Elemento	n	Min	Mediana	Média ± sd	Max	Amplitude interquartil	Assimetria
Zn	48	1873.1	9405.4	34669.8 ± 56175.2	262459.7	25311.4	2.3
Pb	48	265.6	863.7	5262.2 ± 8113.4	29664.2	6679.8	1.6
V	48	32.2	131.1	115 ± 40.8	200.3	56.6	-0.4
Cr	48	9.34	111.18	135.43 ± 99.61	455.87	97.63	1.7
Mn	48	590.5	2429.3	2582.7 ± 714.8	4225.9	1122.7	0.1
Fe	48	1.79	6.96	8.15 ± 4.97	24.15	4.47	1.6
Co	48	11.5	63	79.7 ± 65.9	289.3	58.1	1.8
Ni	48	39.4	68.4	176.8 ± 216	994.7	167.8	2.1
Cu	48	52	179.6	238.1 ± 202.1	852.4	198.1	1.5
As	48	119.6	468.6	2200.3 ± 3284.9	12176.6	2753.5	1.6
Se	48	0.09	0.36	8.50 ± 15.02	52.23	10.53	1.6
Cd	48	0.02	0.74	0.73 ± 0.24	1.76	0.14	0.9
Sb	48	10.79	26.55	30.48 ± 4.95	30.48	4.35	-1.4

n: dimensão da amostra; Min: mínimo; sd: desvio-padrão; Max: máximo; Negrito: valores mais altos

Considerando as distribuições fortemente assimétricas reveladas pelos histogramas (Figura 24), para testar a normalidade das populações foi utilizado o teste não paramétrico de Shapiro-Wilk, verificando-se que, apenas a variável Mn apresenta distribuição normal ($p > 0.05$).

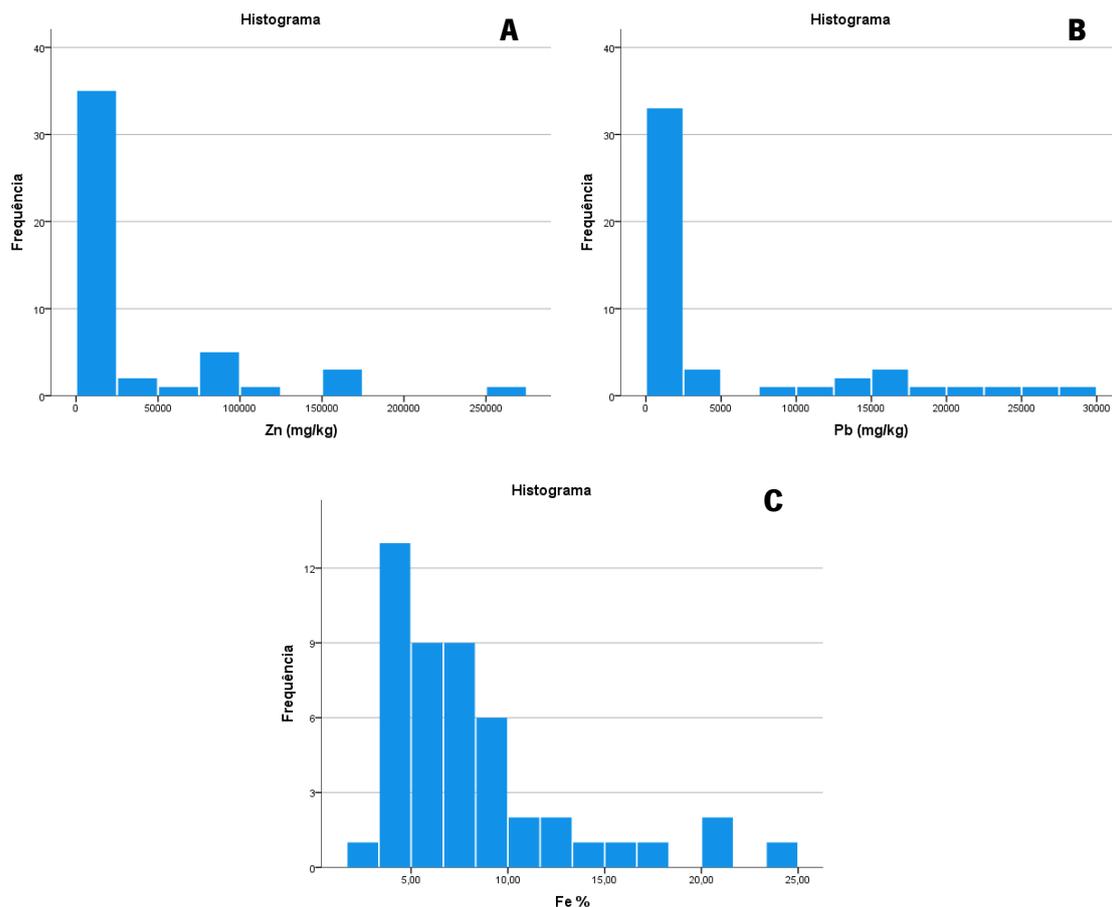


Figura 24 - Histogramas dos elementos Zn (A), Pb (B), Fe (C), obtidos na mina da Preguiça.

Em síntese os solos da mina da Preguiça apresentam:

- Valores muito elevados de Zn, Pb e Fe, o que seria expectável uma vez que esta mina foi anteriormente explorada para sulfuretos de Zn-Pb. Excluindo estes metais, As e Mn são os elementos que apresentam teores mais elevados.
- Apenas o Mn e o V apresentam distribuições aproximadamente simétricas. Os restantes elementos químicos caracterizam-se por distribuições assimétricas com enviesamento da média para os valores mais altos, exceto o Sb onde se verifica um enviesamento para a esquerda.

Na Tabela 10 mostram-se os resultados na análise exploratória de dados correspondentes à mina da Vila Ruiva. Nesta área foram adquiridos 63 pontos com a FRX-P, tanto ao longo de perfis predefinidos como na corta e escombreira.

Tabela 10 - Análise exploratória dos dados correspondentes à mina da Vila Ruiva. As concentrações dos elementos químicos estão expressas em mg/kg, com exceção do Fe cuja concentração está expressa em %.

Elemento	n	Min	Mediana	Média	Max	Amplitude	Assimetria
				± sd		interquartil	
Zn	63	404.67	1744.4	13212.9 ± 34162.	215795.4	7123.9	4.5
Pb	63	128	571.9	1325.3 ± 2197.6	13266.3	1515.8	4.1
V	63	0.1	133.5	120.4 ± 35.9	175.8	54	-1.0
Cr	63	0.1	72.5	97.75 ± 82.73	479.95	86.95	2.3
Mn	63	882.2	1892	2367.4 ± 1629.3	8348.7	1281.5	2.3
Fe	63	2.13	4.91	6.09 ± 4.14	26.25	4.19	2.5
Co	63	13.6	36.8	54.7 ± 52.8	326.9	49.5	2.9
Ni	63	0.1	52.9	95.8 ± 135.8	866.9	35.2	4.1
Cu	63	36.9	90.9	132.4 ± 121	730	83.8	3.1
As	63	52.6	281.1	642.4 ± 1000.5	6079.1	735.2	3.8
Se	63	0.09	.09	1.03 ± 3.14	17.21	0.00	4.4
Cd	63	0.16	.72	0.70 ± 0.12	0.91	0.14	-1.6
Sb	63	18.06	27.17	27.00 ± 2.42	31.59	2.74	-1.1

n: dimensão da amostra; Min: mínimo; sd: desvio-padrão; Max: máximo; Negrito: valores mais altos

Com base na Tabela 10 observa-se que, tal como na Preguiça, o Zn, excluindo o Fe, é o elemento que apresenta, em média, os teores mais elevados. O valor máximo mais alto é o do Fe com 26.25 %: O Cd apresenta, nos solos da Vila Ruiva, os teores mais baixos.

A Figura 25 mostra os histogramas do Zn, Pb e Fe, estando no Anexo 4 representados os histogramas dos restantes elementos medidos na mina de Vila Ruiva. O Zn, Pb, Fe e Mn mostram distribuições fortemente assimétricas, principalmente o Zn e o Pb, o que tem um forte impacto na

média que se encontra fortemente enviesada para os valores altos, tal como verificado para os dados da Preguiça (Tabela 10 e Figura 24). Nenhuma variável apresenta uma distribuição simétrica, com o V, Cd e Sb a mostrarem uma assimetria negativa.

Considerando as distribuições fortemente assimétricas reveladas pelos histogramas (Figura 25 e Anexo 4), foi utilizado o teste não paramétrico de Shapiro-Wilk para testar a normalidade da distribuição das populações de dados da Vila Ruiva. Verificou-se que nenhum dos elementos químicos estudados apresenta uma distribuição normal ($p < 0.05$).

Comparando as duas áreas verifica-se:

- Que as concentrações são, na generalidade, significativamente mais elevadas ($p < 0.05$) na mina da Preguiça. As exceções são V e Cd para os quais as diferenças não são estatisticamente significativas ($p > 0.05$), e o Sb que apresenta concentrações mais elevadas na mina da Vila Ruiva.
- A mina da Vila Ruiva apresenta, na generalidade, distribuições mais assimétricas do que a Preguiça, pressupondo-se a presença de fortes pontos *outliers* em Vila Ruiva.

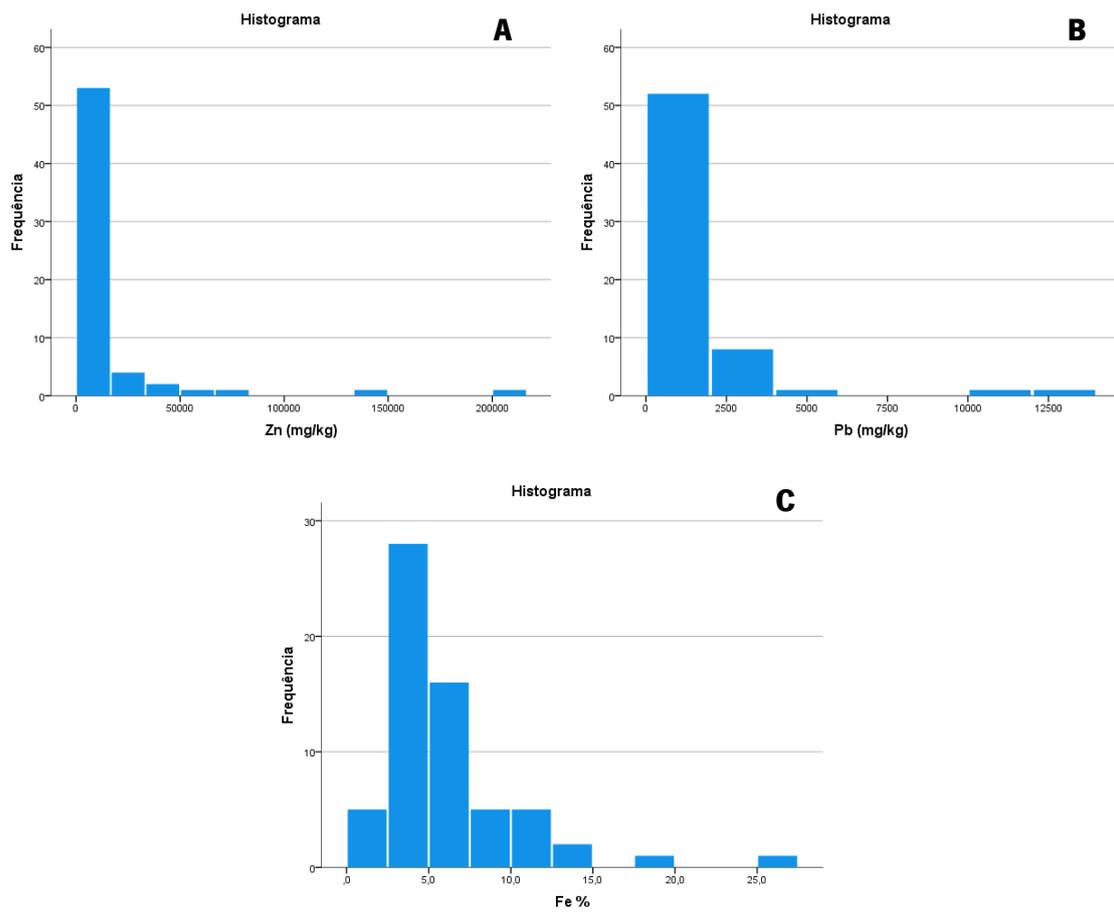


Figura 25 - Histogramas dos elementos Zn (A), Pb (B), Fe (C) obtidos na mina da Vila Ruiva.

A Tabela 11 apresenta a análise exploratória dos dados totais que incluem os pontos realizados na mina da Preguiça, mina da Vila Ruiva e perfil intermédio. No total foram adquiridos 132 pontos com a FRX-P.

Tabela 11 - Análise exploratória dos dados correspondentes aos dados totais. As concentrações dos elementos químicos estão expressas em mg/kg, com exceção do Fe cuja concentração está expressa em %.

Elemento	n	Min	Mediana	Média ± sd	Max	Amplitude interquartil	Assimetria
Zn	132	404.7	3385	19291.6 ± 42838.4	262459.7	11316	3.5
Pb	132	119.1	489.1	2587.5 ± 5490	29664.2	1447.8	3.1
V	132	0.1	131.6	117.3 ± 37.1	200.3	54.3	-0.7
Cr	132	0.1	79.47	106.91 ± 86.22	479.95	72.04	2.2
Mn	132	590.5	2200.2	2411.2 ± 1216.7	8348.7	1102.5	2.6
Fe	132	1.79	5.16	6.61 ± 4.32	26.25	4.02	2.2
Co	132	11.5	40.1	60.2 ± 56.2	326.9	47.4	2.5
Ni	132	0.1	55.2	118.1 ± 166.5	994.7	39.7	3.1
Cu	132	36.9	103.6	170 ± 159.9	852.4	121.1	2.3
As	132	52.6	263	1126 ±	12176.6	713	3.0
Se	132	0.09	0.09	3.6 ± 9.98	52.23	0.44	3.2
Cd	132	0.02	0.74	0.72 ± 0.17	1.76	0.13	0.8
Sb	132	10.79	27.14	26.19 ± 3.62	31.59	2.97	-2.1

n: dimensão da amostra; Min: mínimo; sd: desvio-padrão; Max: máximo; Negrito: valores mais altos

Pela Tabela 11 observa-se que o Zn e Fe são os elementos com teores mais altos, sendo o Cd o elemento com concentrações mais baixas, tal como observado para as minas quando analisadas individualmente.

A Figura 26 apresenta os histogramas do Zn, Pb e Fe para a área total, estando no Anexo 5 representados os histogramas dos restantes elementos químicos medidos.

O V apresenta uma distribuição aproximadamente simétrica, enquanto que a maioria dos elementos apresentam forte assimetrias positivas, especialmente o Zn. O Sb é o único elemento que apresenta uma assimetria negativa.

Considerando as distribuições fortemente assimétricas reveladas pelos histogramas (Figura 26 e Anexo 5), foi utilizado o teste não paramétrico de Shapiro-Wilk, para testar a normalidade da distribuição das populações dos dados totais. Verificou-se que nenhum dos elementos químicos estudados apresenta uma distribuição normal ($p < 0.05$).

Dentro da estatística uni variada foi realizada ainda a representação de diagramas de extremos e quartis, para as duas áreas de estudo e o perfil intermédio. Neste tipo de representação observa-se os pontos aberrantes, mediana, máximo e mínimo.

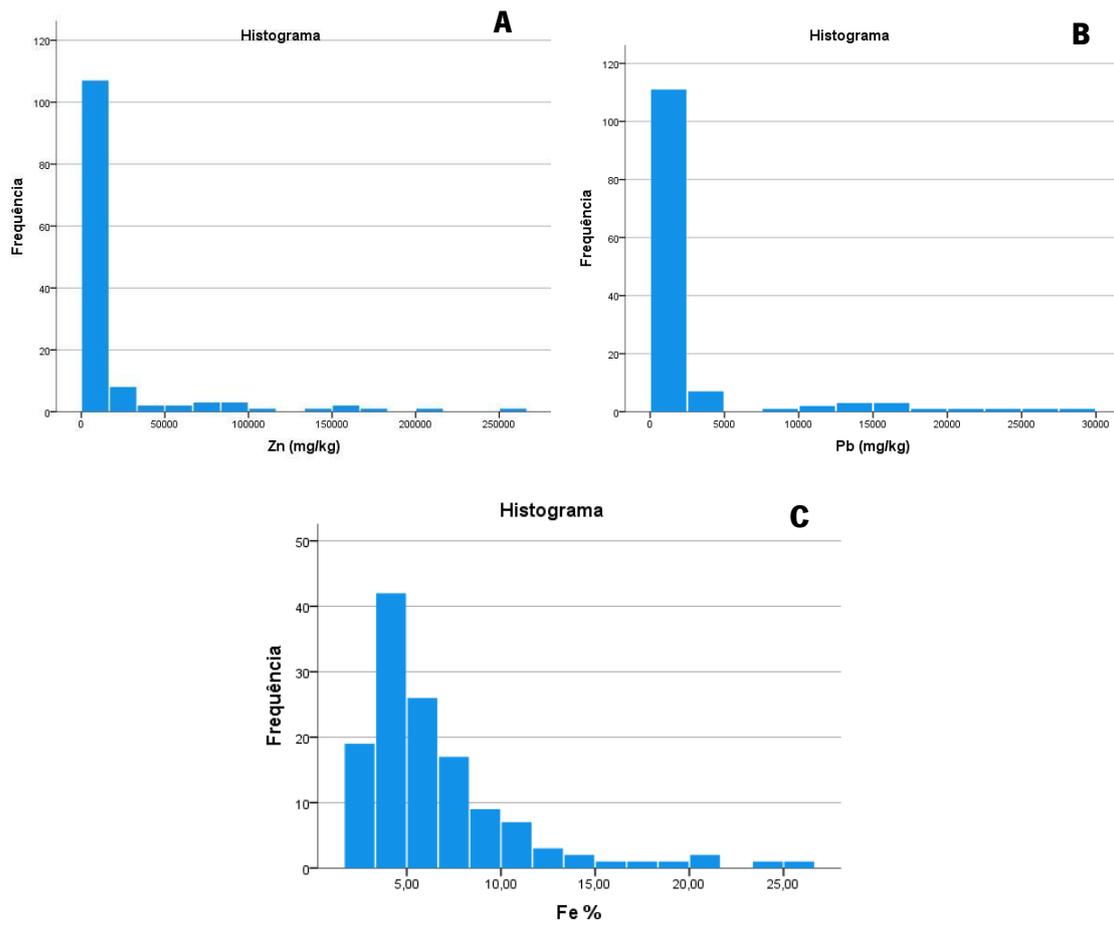


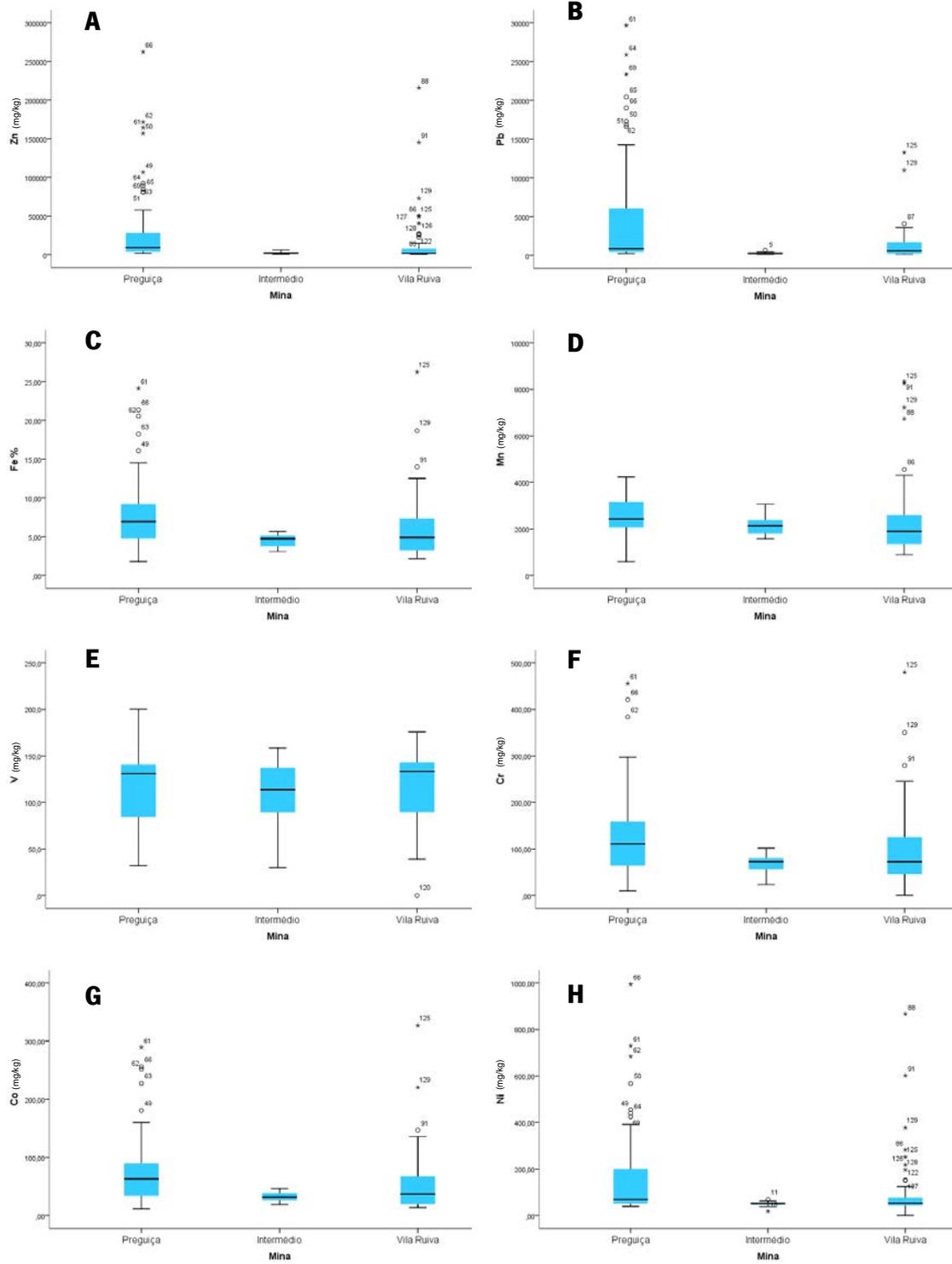
Figura 26 - Histogramas dos elementos Zn (A), Pb (B), Fe (C) baseados nos dados totais.

Na Figura 27 apresentam-se os diagramas de extremos e quartis de todos os elementos químicos medidos. Verifica-se que, na generalidade, os valores são significativamente ($p < 0.001$) diferentes nos 3 grupos de dados (Preguiça, Vila Ruiva e perfil intermédio), ocorrendo as concentrações mais elevadas na mina da Preguiça. As exceções são V, Cd e Sb onde as diferenças nas concentrações não são estatisticamente significativas.

Comparações pelo método *pairwise* mostram que para o Pb e As, as diferenças nas concentrações são significativas para os três grupos de dados ($p < 0.05$).

Para Zn, Cr, Fe, Co, Ni e Se, as diferenças são significativas para os pares Preguiça – Vila Ruiva e Preguiça - perfil intermédio ($p < 0.05$).

No caso dos elementos Mn e Cu, as concentrações são significativamente diferentes apenas para o par Preguiça – Vila Ruiva. Este resultado confirma que as concentrações de Mn no perfil intermédio são semelhantes às das minas. No solo, o cobre é móvel em condições oxidantes e ácidas (Salminen et al., 2005) como as que se verificam na área de estudo, o que favorece uma maior dispersão do elemento. O comportamento do Mn no solo é mais complexo, sendo controlado por diferentes fatores ambientais, nomeadamente as condições pH-Eh (Kabata-Pendias 2001). No entanto, o Mn é removido das zonas de meteorização por soluções ácidas como bicarbonato que se formam facilmente em ambientes geoquímicos (Zhaoqi 1989), como os da Preguiça e Vila Ruiva. Uma vez que a topografia favorece a dispersão lateral, é provável que as concentrações de Mn medidas no perfil intermédio sejam fortemente influenciadas por dispersão a partir da mina da Preguiça. Estes resultados indicam uma maior mobilidade do Cu e do Mn em meio ambiente superficial, com implicações em termos de impacto ambiental e técnicas de exploração geoquímica.



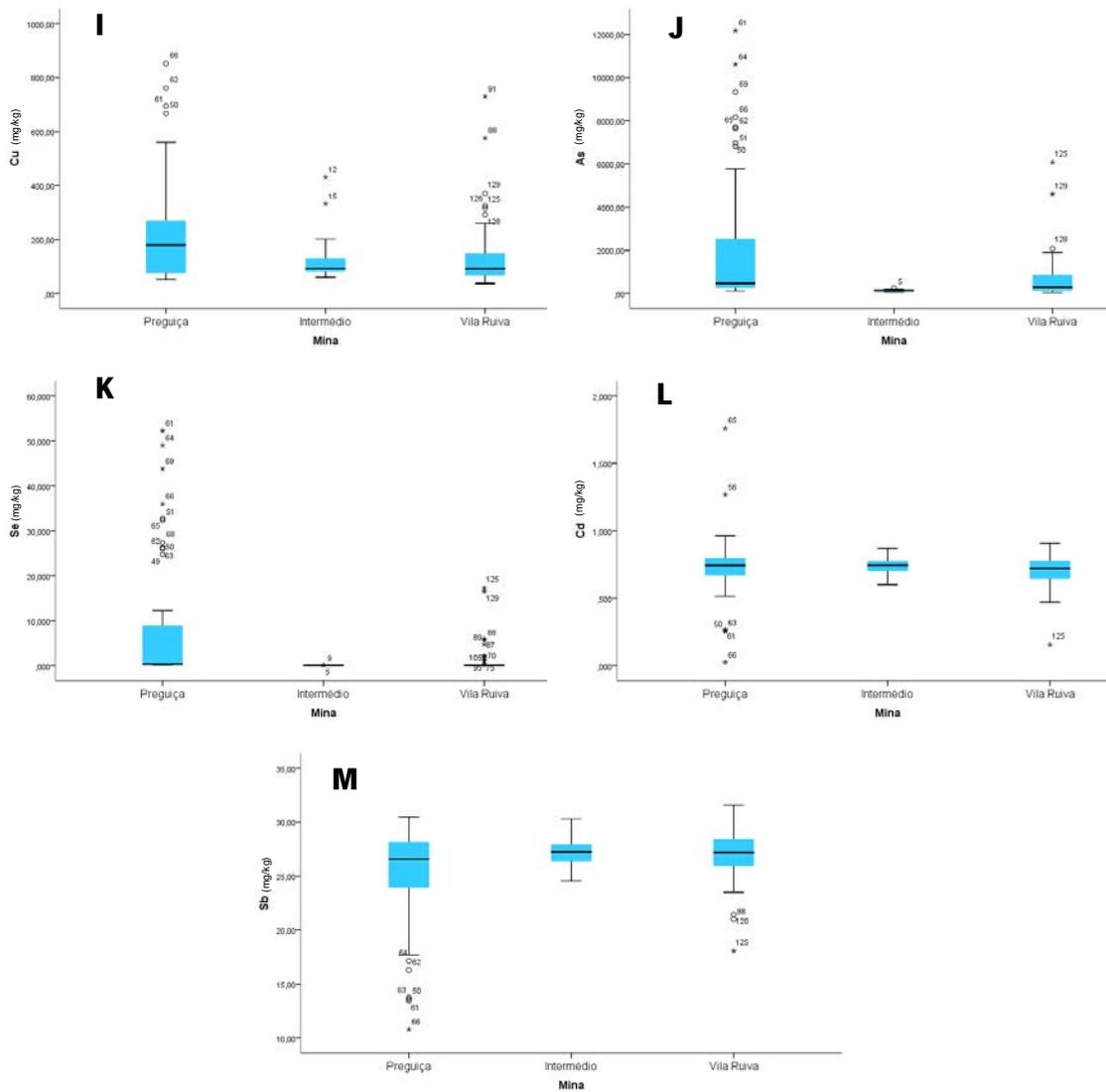


Figura 27 - Diagramas de extremos e quartis dos elementos Zn (A), Pb (B), Fe (C), Mn (D), V (E), Cr (F), Co (G), Ni (H), Cu (I), As (J), Se (K), Cd (L), Sb (M) baseados nos dados totais.

4.3.2 Análise Estatística Bivariada

Na Tabela 12 apresentam-se os coeficientes de correlação de Spearman dos dados correspondentes à mina da Preguiça. Verifica-se que a maior parte dos elementos apresentam correlações positivas, enquanto o Cd e o Sb apresentam correlações negativas com todos os elementos químicos, exceto, entre eles. Estes resultados sugerem que a geoquímica de Cd e Sb nos solos da Preguiça seja distinta e independente do comportamento geoquímico dos restantes elementos.

A correlação Fe-Co apresenta o valor mais alto com 0.999. O mais baixo coeficiente de correlação corresponde ao Se-Cd, não estando, por isso, estes elementos correlacionados.

Embora alguns pares de variáveis apresentem correlações próximas do 1, a análise do diagrama de dispersão (Anexo 6) mostra que as variáveis variam de forma diferente, e não estão verdadeiramente correlacionadas. Pares de variáveis nesta situação incluem: Zn-Pb, Zn-As, Pb-As, V-Cr e Cu-As.

Noutros casos, o diagrama de dispersão sugere uma relação entre as variáveis que não é do tipo linear, presentes no Anexo 6.

A Figura 28 mostra os diagramas de dispersão para os pares de variáveis que apresentam uma verdadeira correlação linear.

Tabela 12 - Teste não paramétrico de Spearman com os dados amostrais da mina da Preguiça

Correlações

Elemento	N	Zn	Pb	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	As	Se	Cd	Sb
Zn	48		,920**	,573*	,796**	,550*	,879**	,889**	,862**	,893**	,943**	,743**	-,276	-,860**
Pb	48			,471*	,688**	,384*	,764**	,773**	,811**	,867**	,912**	,826**	-,188	-,804**
V	48				,905**	,822**	,803**	,793**	,776**	,426*	,580**	,333	-,345*	-,582**
Cr	48					,821**	,954**	,951**	,881**	,670**	,792**	,544**	-,377**	-,786**
Mn	48						,800**	,792**	,642**	,375*	,512**	,218	-,382**	-,544**
Fe	48							,999**	,869**	,763**	,859**	,633**	-,354*	-,835**
Co	48								,871**	,777**	,869**	,633**	-,352*	-,835**
Ni	48									,777**	,879**	,671**	-,300*	-,800**
Cu	48										,902**	,698**	-,322*	-,814**
As	48											,737**	-,246	-,813**
Se	48												-,069	-,670**
Cd	48													,472**
Sb	48													

Coeficiente de correlação

** - Correlação é significante no nível 0.01

* - Correlação é significante no nível 0.05

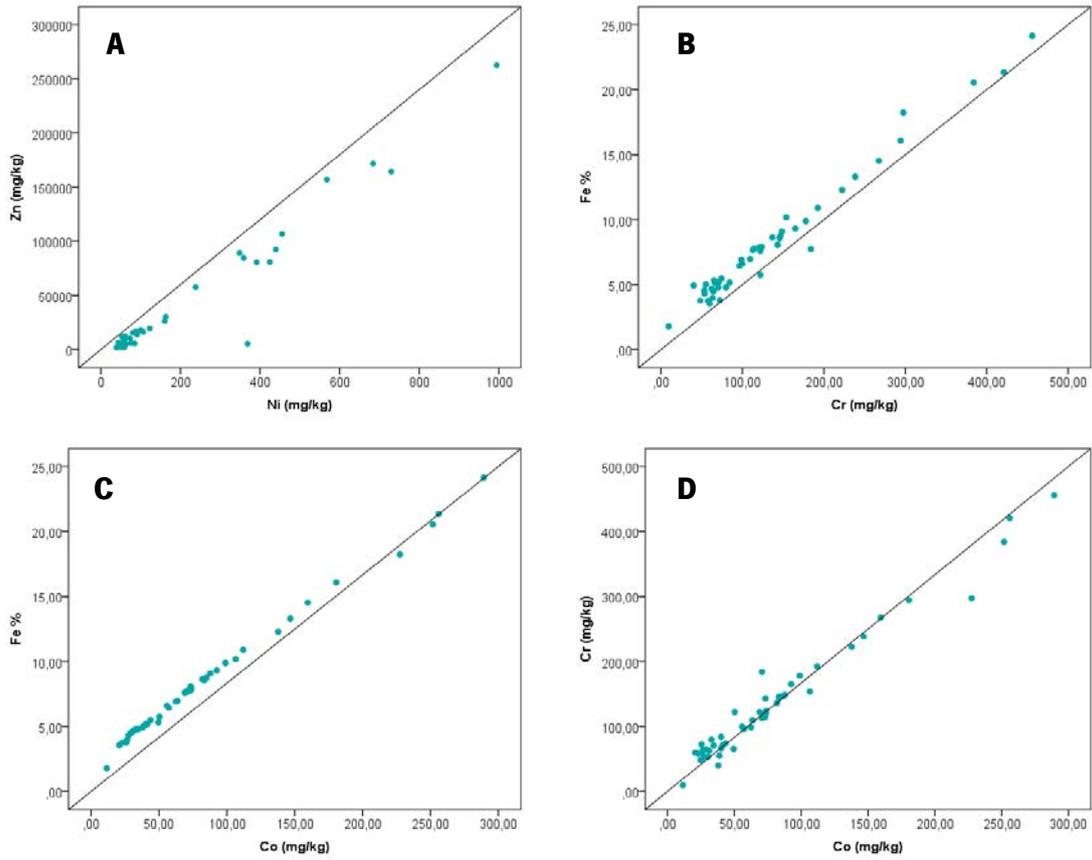


Figura 28 - Diagramas de dispersão das correlações Zn-Ni (A), Fe-Cr (B), Fe-Co (C) e Cr-Co (D) com os dados amostrais da mina da Preguiça.

Na Tabela 13 apresentam-se os coeficientes de correlação de Spearman dos dados correspondentes à mina da Vila Ruiva.

Tal como na Preguiça, em Vila Ruiva também o coeficiente de correlação é positivo na maior parte dos elementos, exceto para o par Cd – Sb. Também a correlação Fe-Co apresenta o coeficiente mais alto com valor igual de 0.999, enquanto o coeficiente de correlação mais baixo corresponde a Zn-Se, não estando estes elementos correlacionados.

Também em Vila Ruiva, embora alguns pares de variáveis apresentem correlações próximas do 1, a análise do diagrama de dispersão (Anexo 7) mostra que as variáveis variam de forma diferente, e não estão verdadeiramente correlacionadas. Pares de variáveis nesta situação incluem: Zn-Pb, Zn-Mn, Zn-As, Pb-Mn, Pb-Fe, Pb-Co, V-Cr, Cr-Mn, Cr-Ni, Mn-Fe, Mn-Co, Mn-As, Fe-Ni, Fe-As, Co-Ni e Co-As.

Noutros casos, o diagrama de dispersão sugere uma relação entre as variáveis que não é do tipo linear, ver Anexo 7.

A Figura 29 mostra os diagramas de dispersão para os pares de variáveis que apresentam uma verdadeira correlação linear.

Conclui-se que, apesar do aumento generalizado dos coeficientes de correlação em Vila Ruiva, estes valores não se traduzem num maior número de diagramas de dispersão com correlações verdadeiramente lineares.

Verifica-se que, as correlações entre os pares Fe-Cr, Fe-Co e Cr-Co se observam nas duas áreas. Enquanto que na Preguiça o par Zn-Ni apresenta uma relação linear, o mesmo não se observa para a mina da Vila Ruiva. Também o par Pb-As apresenta uma relação linear em Vila Ruiva, não ocorrendo o mesmo na mina da Preguiça.

Tabela 13 - Teste não paramétrico de Spearman com os dados amostrais da mina da Vila Ruiva

Correlações

Elemento	N	Zn	Pb	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	As	Se	Cd	Sb
Zn	63		,904**	,666*	,823**	,904**	,894**	,886**	,835**	,869**	,928**	,240	-,531*	-,642*
Pb	63			,707**	,843**	,900**	,908**	,904**	,816**	,856**	,979**	,400*	-,637**	-,640**
V	63				,919**	,858**	,871**	,869**	,813**	,644**	,735**	,314	-,502**	-,440**
Cr	63					,922**	,966**	,968**	,931**	,828**	,878**	,315	-,547**	-,509**
Mn	63						,947**	,940**	,864**	,821**	,920**	,371*	-,594**	-,630**
Fe	63							,999**	,901**	,824**	,942**	,275	-,627**	-,608**
Co	63								,906**	,824**	,939**	,271	-,615**	-,589**
Ni	63									,873**	,843**	,306	-,417**	-,438**
Cu	63										,877**	,284	-,446**	-,494**
As	63											,325*	-,644**	-,620**
Se	63												-,283	-,341**
Cd	63													,698**
Sb	63													

Coeficiente de correlação

** - Correlação é significante no nível 0.01

* - Correlação é significante no nível 0.05

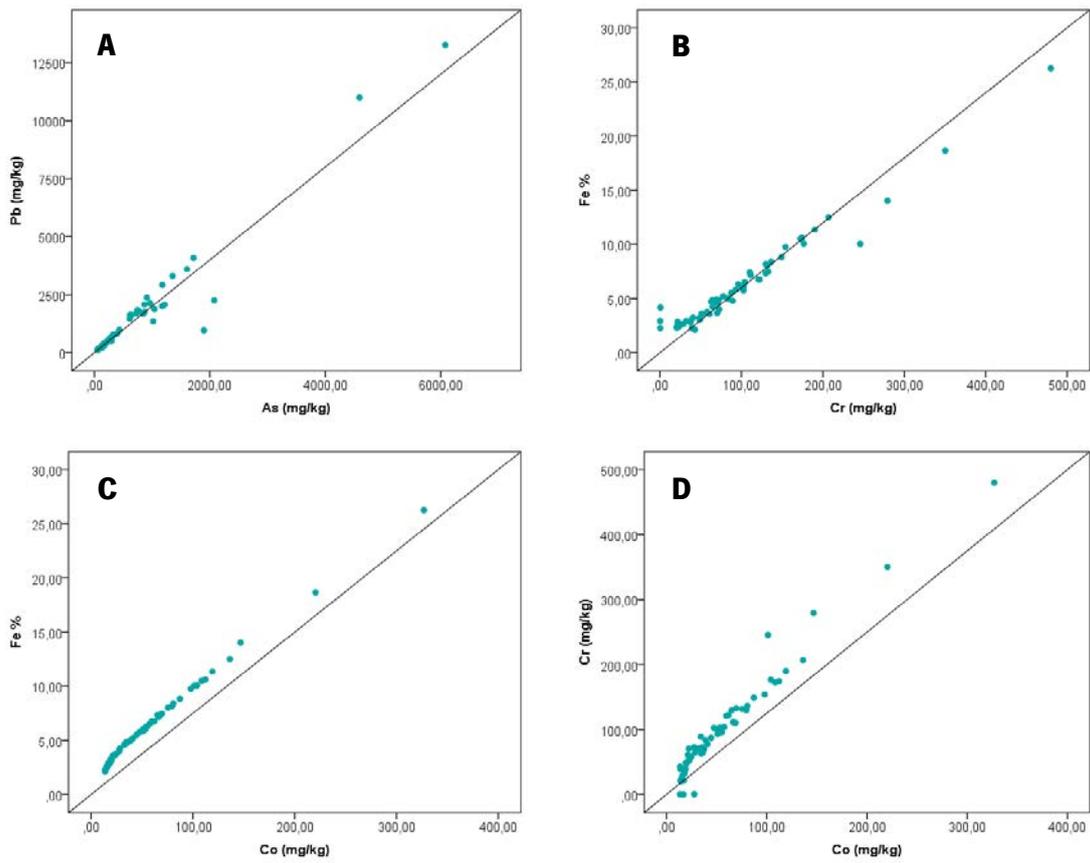


Figura 29 - Diagramas de dispersão das correlações Pb-As (A), Fe-Cr (B), Fe-Co (C) e Cr-Co (D) com os dados amostrais da mina da Vila Ruiva.

Na Tabela 14 apresentam-se os coeficientes de correlação de Spearman dos dados correspondentes aos dados totais.

A evolução e os valores dos coeficientes de correlação são expectáveis tendo em conta as descrições anteriores dos dados individuais das minas, com o coeficiente mais alto correspondente ao Fe-Co e o mais baixo ao Se-Cd.

Como ocorre nos valores individuais de cada mina também nos dados totais ocorrem pares de variáveis que apresentam correlações próximas do 1, no entanto a análise do digrama de dispersão (Anexo 8) mostra que as variáveis não estão verdadeiramente correlacionadas. Pares de variáveis nesta situação incluem: Zn-As e Cr-Ni.

Noutros casos, o diagrama de dispersão sugere uma relação entre as variáveis que não é do tipo linear, ver Anexo 8.

A Figura 30 mostra os diagramas de dispersão com as correlações que mais se aproximam de uma distribuição linear

Tabela 14 - Teste não paramétrico de Spearman com os dados amostrais totais

		Correlações												
Elemento	N	Zn	Pb	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	As	Se	Cd	Sb
Zn	132		,871**	,462*	,771**	,785**	,846**	,849**	,828**	,787**	,890**	,519	-,265*	-,617**
Pb	132			,508*	,758**	,671**	,832**	,839**	,785**	,725**	,970**	,619	-,380*	-,632**
V	132				,857**	,702**	,766**	,757**	,694**	,408*	,548*	,224	-,487**	-,468**
Cr	132					,874**	,965**	,961**	,899**	,680**	,811**	,425*	-,444**	-,605**
Mn	132						,878**	,871**	,814**	,643**	,720**	,387*	-,344**	-,521**
Fe	132							,999**	,887**	,730**	,878**	,474*	-,464**	-,682**
Co	132								,886**	,733**	,885**	,473*	-,461**	-,679**
Ni	132									,748**	,823**	,477**	-,295*	-,529**
Cu	132										,745**	,440*	-,284*	-,588**
As	132											,554**	-,396**	-,616**
Se	132												-,101	-,465**
Cd	132													,584**
Sb	132													

** - Correlação é significante no nível 0.01

* - Correlação é significante no nível 0.05

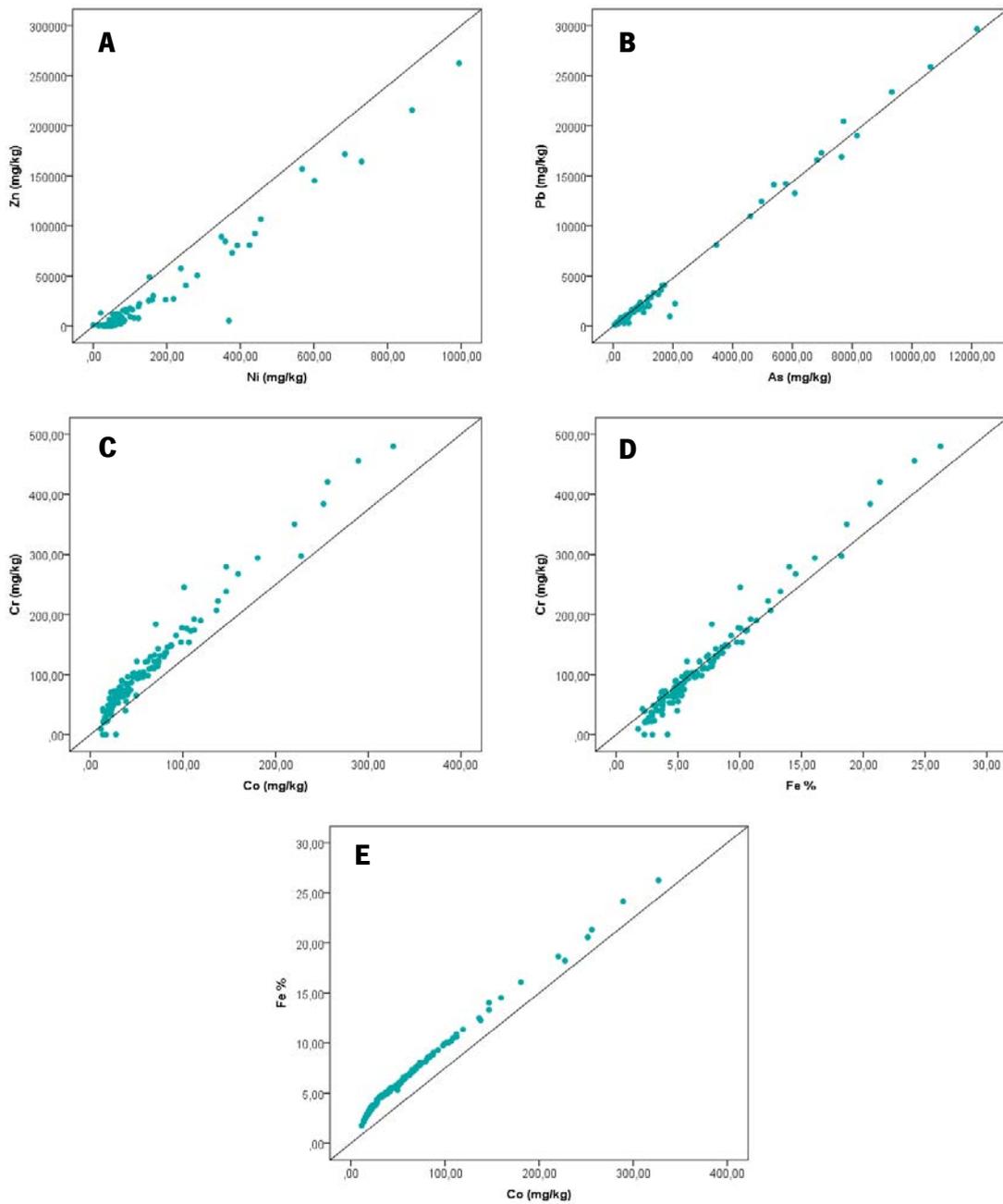


Figura 30 - Diagramas de dispersão das correlações Zn-Ni (A), Pb-As (B), Cr-Co (C), Cr-Fe (D) e Fe-Co (E) com os dados amostrais totais.

4.3.3 Análise estatística multivariada

Na Tabela 15 apresentam-se os valores próprios e a variância explicada para os 13 componentes principais (CP), ou eixos fatoriais, extraídos na ACP efetuada com os dados totais. Observando-se a tabela verifica-se que os dois primeiros fatores apresentam um valor próprio superior a 1 e juntos explicam cerca de 82% da variância total, sendo estes componentes escolhidos para estudar as relações geométricas entre as amostras (Figura 31A), observando-se, ainda, que o *scree plot* (Figura 31B) entra num patamar a partir do fator 2.

Tabela 15 - Componentes e valores próprios para os dados totais

Componente	Valores Próprios		
	Total	% Variância	% Cumulativa
1	9.105	70.040	70.040
2	1.582	12.170	82.210
3	0.867	6.672	88.882
4	0.614	4.724	93.606
5	0.413	3.180	96.786
6	0.162	1.243	98.029
7	0.124	0.952	98.981
8	0.094	0.723	99.705
9	0.018	0.136	99.840
10	0.011	0.086	99.927
11	0.006	0.046	99.973
12	0.002	0.015	99.987
13	0.002	0.013	100.000

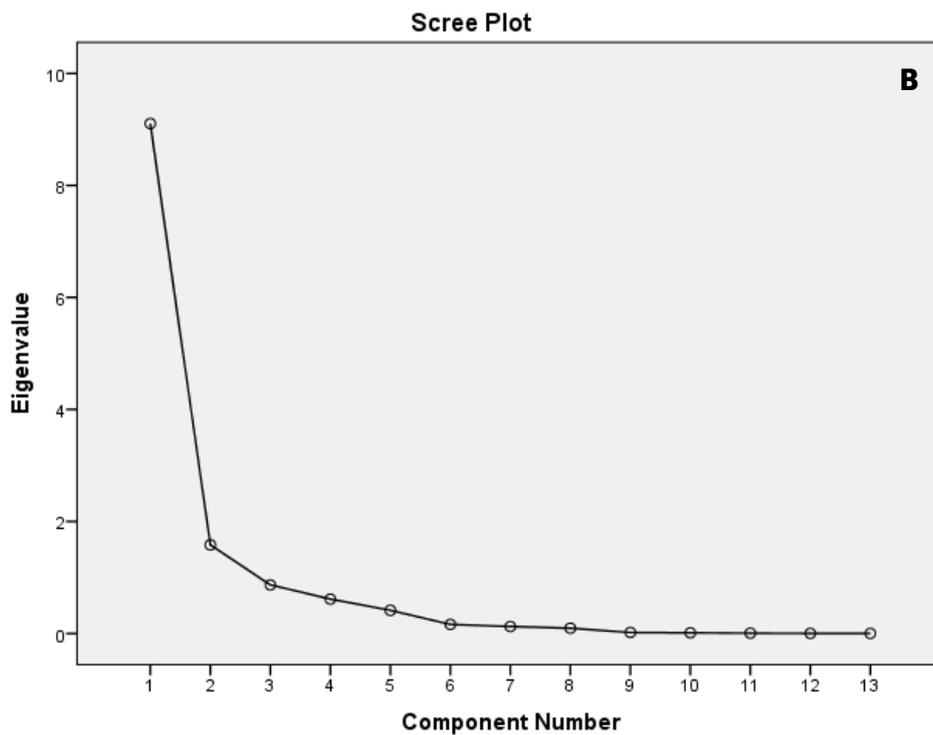
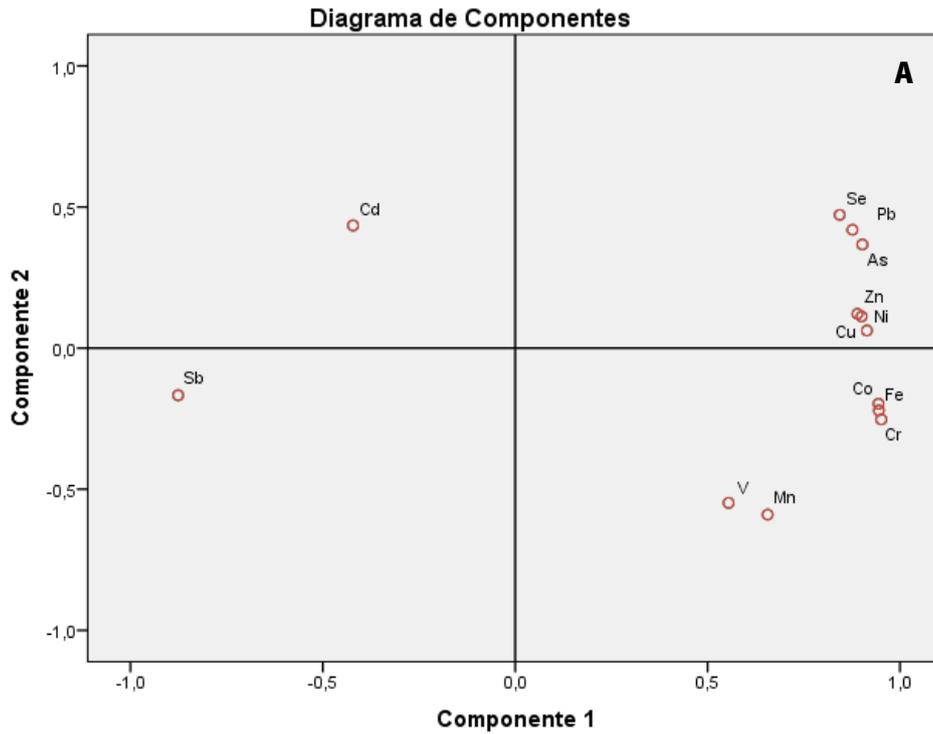


Figura 31 - A - Diagrama de componentes para os dados totais; B - Scree plot para os dados totais

A projeção das variáveis no primeiro plano fatorial (Figura 31A) (Componente 1 / Componente 2) mostra que:

- Zn, Ni e Cu estão correlacionados com CP1 e fortemente correlacionados entre si;

- Se, Pb e As estão também correlacionados com CP1 e correlacionados entre si;
- Também correlacionados entre si, mas no semieixo negativo de CP2 projetam-se Co, Fe e Cr, provavelmente representando os óxidos-Fe que ocorrem nos solos destas minas;
- V e Mn são igualmente explicados pelos dois componentes;
- O Sb projeta-se no semieixo negativo de CP1 e não está correlacionado com os restantes elementos químicos; o Cd está mal representado neste plano fatorial.

4.4. Cartografia geoquímica

Neste capítulo são apresentados os mapas geoquímicos pontuais e os mapas de superfície, que resultaram das medições da fluorescência de raio-x portátil (FRX-P). De forma a facilitar a interpretação estes mapas geoquímicos estão sobrepostos ao mapa geológico (adaptado) da Figura 7.

4.4.1 Caracterização dos perfis

A rede amostral inclui 132 pontos de análise distribuídos por dois perfis na mina da Preguiça, um perfil intermédio e três perfis na mina da Vila Ruiva, incluindo, ainda, pontos nas cortas mineiras e escombreyras (Figura 32).

Para fornecer informação potencialmente útil para interpretação dos mapas geoquímicos, são descritos, previamente, o trajeto dos perfis individuais realizados em campo.

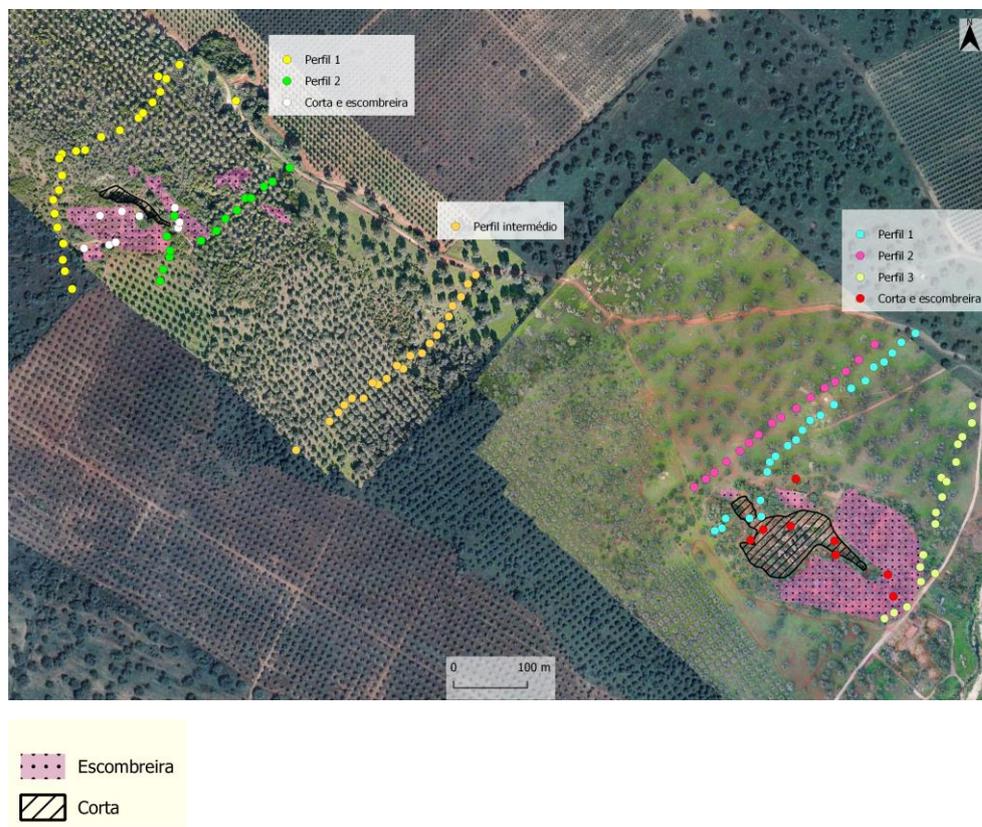


Figura 32 - Rede amostral com indicação dos perfis individuais das medições FRX-P, tendo como fundo a ortofotografia obtida por drone sobreposta à imagem de satélite.

4.4.1.1 Perfis Mina da Preguiça

Os perfis da mina da Preguiça (Figura 33) podem ser descritos como:

- O perfil 1 foi realizado na direção NE-SW, começando com uma medição teste na estrada que dá acesso à entrada da mina. O segundo ponto encontra-se no início da subida ao monte da Preguiça, começando aí o início do seguimento NE-SW. Este perfil é caracterizado por possuir vegetação densa tendo resultado num desvio para W em relação à direção inicialmente planeada para o perfil. Ao longo da subida encontram-se alguns grandes afloramentos de rocha encaixante, com evidências deformacionais, nomeadamente o dobramento de pequenos veios. Chegando ao topo do monte a direção das medições muda ligeiramente para NNW-SSE à medida que se desce em direção ao olival, de forma a tentar restabelecer a direção NE-SW planeada.
- A direção das medições no perfil 2 foi contrária ao perfil 1, no sentido SW-NE, com os primeiros 3 pontos a serem medidos num olival. Este perfil é caracterizado por medições mais próximas e, até, na escombreira e próximas da corta da mina da Preguiça. Também neste perfil identifica-se uma mudança na direção, aqui devido à própria morfologia do terreno, que não permitia uma medição continua em reta, começando numa direção SSW-NNE e alternando para uma direção SW-NE onde foi paralelamente seguido um caminho, que dá acesso à corta da mina, até à estrada.
- Os pontos medidos próximos da corta e na escombreira foram realizados de forma a interligar espacialmente a informação retirada do perfil 1 e perfil 2. Esta é uma zona com pouca vegetação comparando com os perfis, marcado por um relevo alterado da laboração mineira.

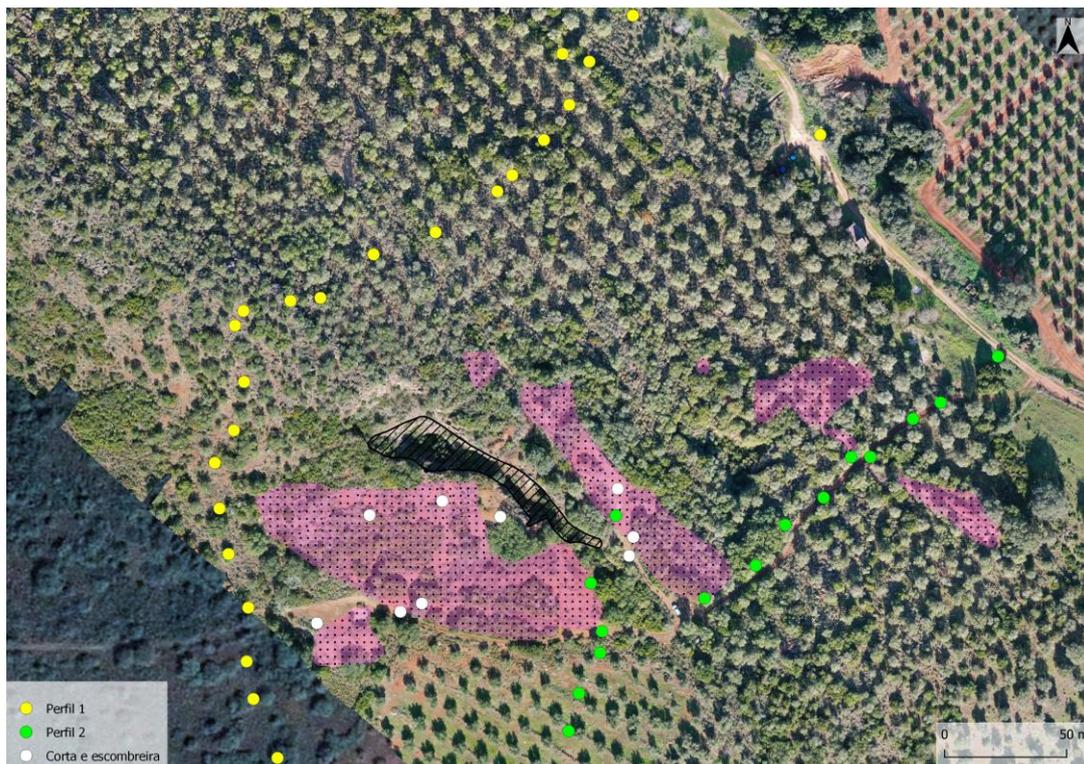


Figura 33 - Perfis de medição FRX-P na mina da Preguiça

4.4.1.2 Perfil intermédio

O perfil intermédio (Figura 34) encontra-se aproximadamente a 400m SE da mina da Preguiça e 500m NW da mina da Vila Ruiva. A direção de medição foi no sentido NW-SE e é caracterizado por uma subida em direção a um olival. É um terreno de fácil acesso, sem afloramentos importantes de rocha, coberto de vegetação rasa, onde foi possível realizar, com alguma precisão, a distância de 15m entre pontos. O último ponto foi realizado a uma maior distância do que os anteriores pontos para perceber se os teores dos elementos, naquele sítio, iriam variar significativamente em relação ao resto do perfil.



Figura 34 - Medição da FRX-P no perfil intermédio

4.4.1.3 Perfis Mina da Vila Ruiva

Os perfis da mina da Vila Ruiva (Figura 35) podem ser descritos como:

- O perfil 1 foi realizado na direção NE-SW, com o primeiro ponto a ser medido próximo da estrada, começando a partir daí a subida em direção à corta da Vila Ruiva, que, quando próxima, obrigou, devido à sua morfologia, um desvio para S. Foi medido um ponto na própria corta e retomada a direção original. Neste perfil não foram observados afloramentos importantes, sendo característico por uma vegetação rasa.
- O perfil 2 foi realizado na direção contrária ao perfil 1, SW-NE, com descida da corta até aproximação à estrada. O terreno é semelhante ao do perfil 1, no entanto, como não atravessa a corta foi possível neste perfil manter a direção original e a distância de 15m entre pontos.

- O perfil 3 foi medido na direção NNE-SSW em direção à escombreira a W da corta da Vila Ruiva. Na escombreira, os pontos medidos seguiram a sua delimitação exterior o que resultou num desvio das medições para SW.
- Na corta foram medidos mais cinco pontos, com algum espaçamento entre eles, para se obter uma análise mais ampla dos teores dentro da corta. Na escombreira W foram obtidos mais dois pontos, bem como, um ponto a N da corta, onde na primeira saída de campo, em dezembro 2021, verificou-se próximo daí, nas medições teste de FRX-P, uma alta concentração de zinco no solo (>20%).

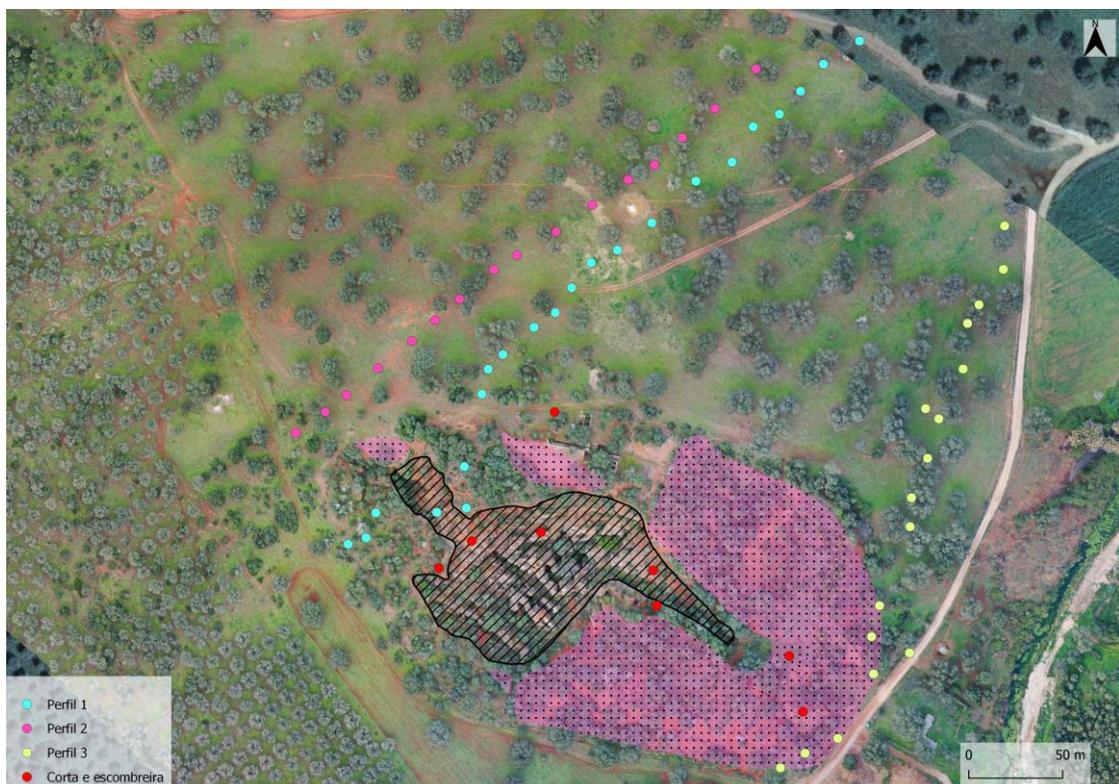


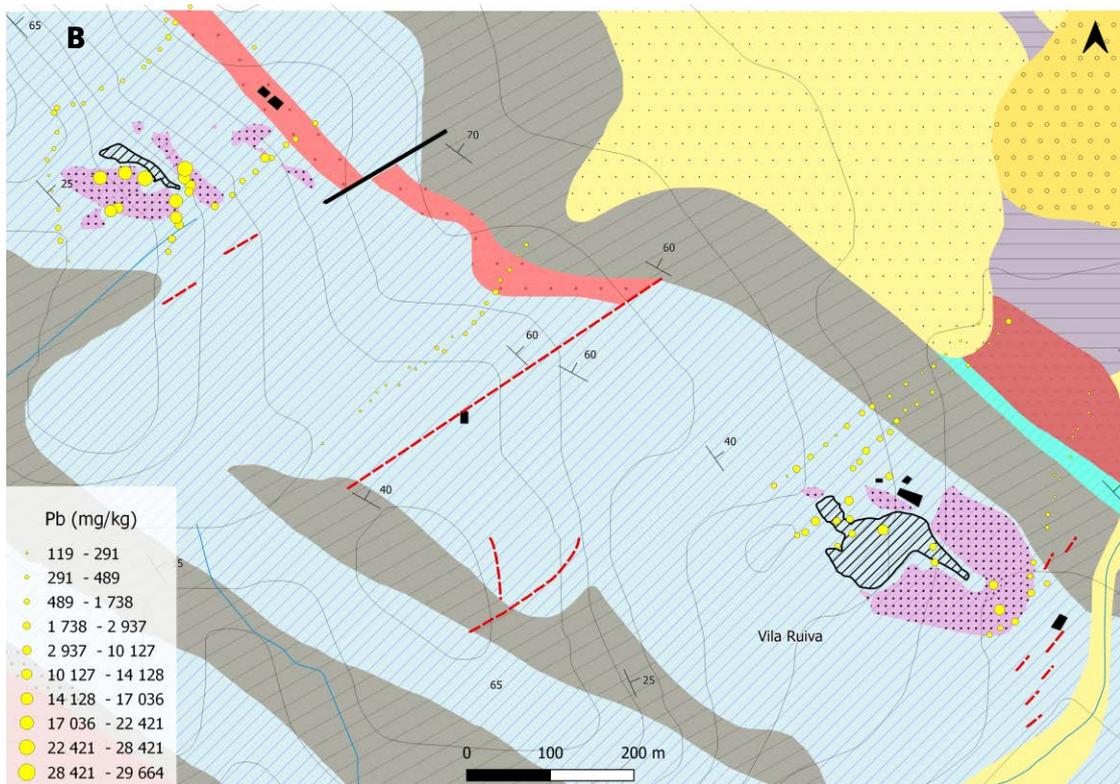
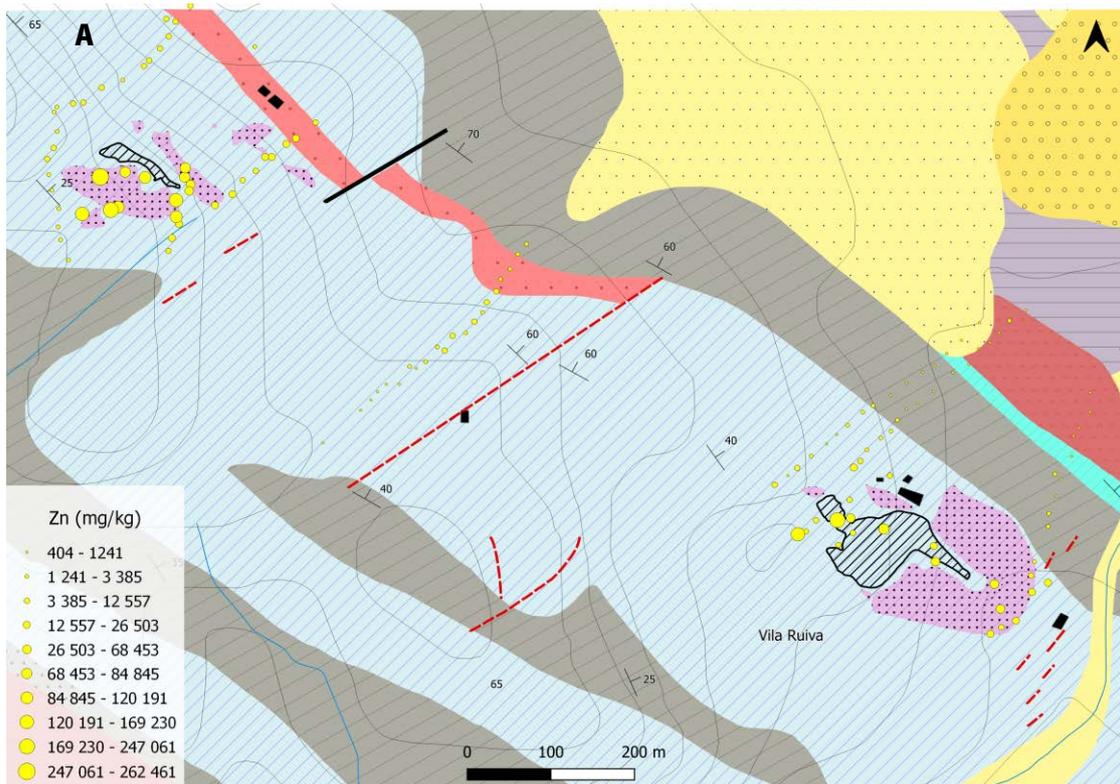
Figura 35 - Perfis de medição FRX-P na mina da Vila Ruiva

4.4.2 Mapas pontuais de concentrações

De forma a poder comparar a distribuição espacial dos diferentes elementos medidos (Zn, Pb, Fe, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, As, Se, Cd, Sb), nos mapas, os intervalos de concentração correspondem a percentis. Foram selecionados os percentis 0.25, 0.50, 0.75, 0.85, 0.90, 0.925, 0.95, 0.975 e 0.99, correspondendo a dez intervalos de teores, de modo a detalhar a variação espacial das concentrações mais elevadas dos vários elementos, contribuindo para o objetivo da obtenção de uma cartografia de alta resolução.

Na Figura 36 apresentam-se os mapas pontuais de concentrações na área total, dos elementos Zn (Fig. 36A), Pb (Fig. 36B) e Fe (Fig. 36C), tendo como fundo o mapa geológico da Figura 7. Os mapas para os restantes elementos encontram-se em Anexo 11.

Pela Figura 36A, observa-se que os teores mais elevados de Zn ocorrem nas zonas de escombreira na Preguiça e na zona da corta em Vila Ruiva, enquanto que o perfil intermédio tem na generalidade valores mais baixos. No Pb (Figura 36B) encontram-se os maiores teores nas escombreiras da Preguiça, sendo semelhantes na corta e escombreira da Vila Ruiva. O Fe (Figura 36C) concentra-se, na Preguiça, especialmente, nas escombreiras mais a sul, enquanto que em Vila Ruiva o valor aberrante encontra-se na escombreira, tendo a corta, no entanto, teores médios superiores.



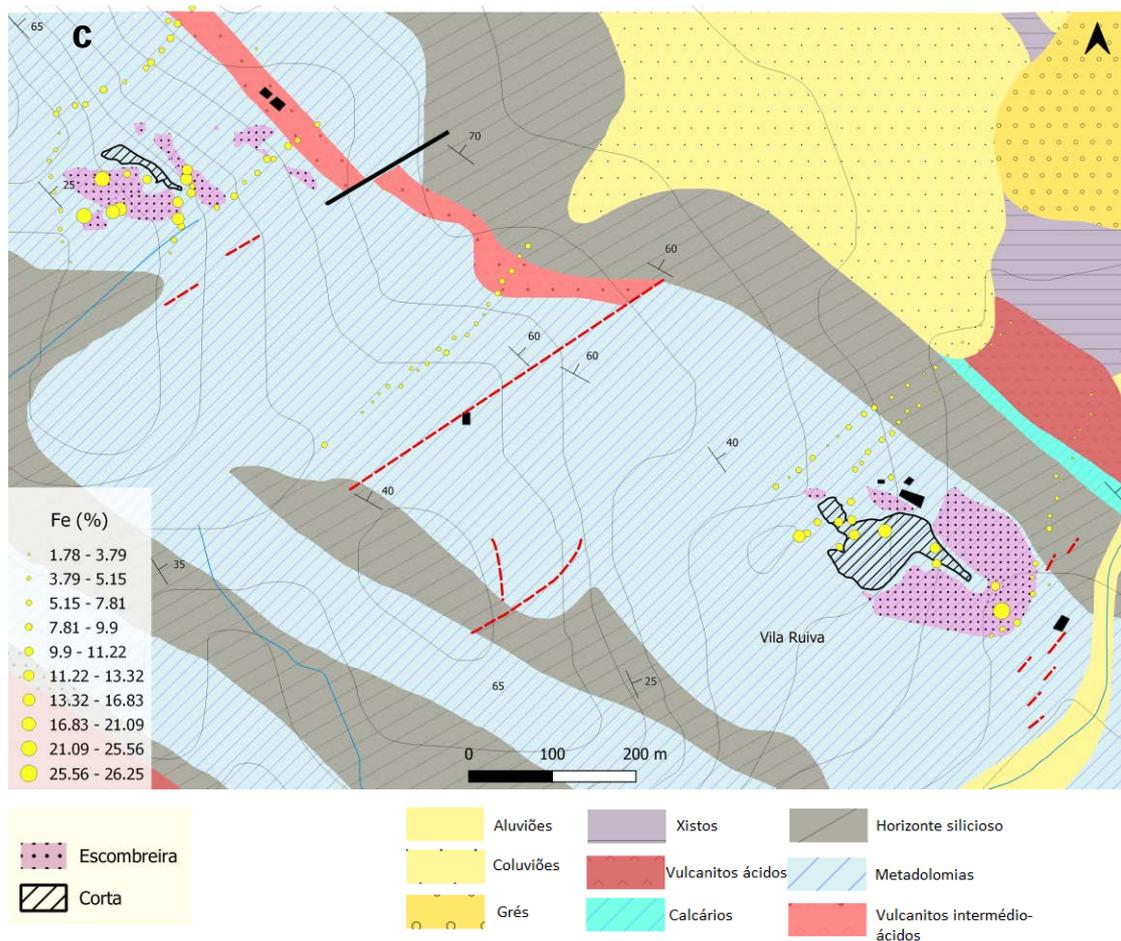


Figura 36 - Teores de Zn (A), Pb (B) e Fe (C) na zona mineira Preguiça-Vila Ruiva. O primeiro valor da legenda corresponde ao mínimo teor medido, seguido do percentil 0.25, 0.50, 0.75, 0.85, 0.90, 0.925, 0.95, 0.975 e 0.99, sendo o último valor correspondente ao valor máximo

Analisando os mapas pontuais dos restantes elementos (V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, As, Se, Cd e Sb), presentes no Anexo 11, observa-se que:

- O V apresenta maior concentração na área onde afloram os vulcanitos intermédio-ácidos, tanto no perfil intermédio como zona da mina da Preguiça, concentrando-se, ainda, nas escombeiras mais a sul da corta, enquanto em Vila Ruiva a concentração entre escombeira e corta é semelhante.
- O Cr e Co têm uma distribuição pela área semelhante ao Fe, concentrando-se essencialmente nas escombeiras da Preguiça, enquanto que o valor máximo ocorre na escombeira da Vila Ruiva.
- Mn na Preguiça evidencia alguma concentração nas escombeiras mais a sul da corta, bem como nas proximidades dos vulcanitos intermédio-ácidos. Em Vila Ruiva concentra-se principalmente na corta da mina.

- O Ni e Cu têm um comportamento semelhante ao Zn, com concentração nas escombrelras da Preguiça e na zona da corta da Vila Ruiva. O Cu apresenta, ainda, importantes concentrações no perfil intermédio.
- As e Se apresentam distribuições semelhantes ao Pb, com maiores teores nas escombrelras da Preguiça e semelhantes teores na corta e escombrelra da Vila Ruiva.
- Cd e Sb apresentam mapas de concentração diferentes dos restantes elementos, concentrando-se no perfil intermédio e nos arredores das zonas mineiras (especialmente o Sb).

4.4.3 Mapas de superfície

Na Figura 37 apresentam-se os mapas geoquímicos, obtidos por krigagem ordinária, dos elementos químicos analisados por FRX-P, com sobreposição dos mapas pontuais de concentrações, bem como representação das cortas e escombreliras.

Analisando os mapas geoquímicos do Zn, Pb e Fe retira-se que o zinco (Figura 37A) mostra especial concentração nas proximidades das escombreliras da Preguiça e corta da Vila Ruiva. Em Vila Ruiva, a escombrelira tem teores mais baixos que a corta, sendo possível que o Zn tenha sido lixiviado dos solos da escombrelira devido ao declive do terreno e à mobilidade deste elemento, no entanto, serão necessários mais pontos de medição para perceber a variação espacial de alta resolução para toda a área. No mapa do Pb (Figura 37B) verifica-se uma menor dispersão deste elemento na área de estudo, concentrando-se somente nos solos das cortas e das escombreliras. O padrão de variação espacial do Zn e Pb permitem delimitar as áreas de maior impacto antropogénico. No Fe (Figura 37C) identifica-se anomalias a N (**A**) e NE (**B**) da corta da Preguiça que não se encontram bem identificadas nos mapas geoquímicos do Zn e Pb.

Observando os mapas geoquímicos dos restantes elementos químicos (Cr, Mn, V, Co, Ni, Cu, As, Se, Cd, Sb) retira-se que:

- O Cr e Co apresentam, tal como o Fe, um padrão de variação espacial onde se identificam as anomalias **A** e **B**, a N e NE da corta da Preguiça, respetivamente.
- No V também se identifica as anomalias **A** e **B**, mas também a N-NE do perfil intermédio (anomalia **C**) e N da corta da Vila Ruiva (anomalia **D**), sugerindo ainda um possível alinhamento destas na direção NW-SE da área total.
- O Mn apresenta um padrão de dispersão semelhante ao Fe, identificando-se as anomalias **A** e **B** e, ainda, dispersão lateral na mina da Vila Ruiva.
- No Ni observa-se a anomalia **B**. Em Vila Ruiva identifica-se dispersão lateral, especialmente a W da corta, tal como no Zn.
- No mapa do Cu identifica-se a anomalia **A** e **B**, observando um comportamento em Vila Ruiva muito semelhante ao Ni e Zn. Na parte central do perfil intermédio observa-se, ainda, uma anomalia (**E**).

- As e Se têm comportamentos semelhantes ao Pb no solo da área de estudo, concentrando-se, sobretudo, nas zonas de escombeira e corta.
- O Cd e Sb têm o comportamento mais distinto dos restantes elementos químicos, parecendo estar espacialmente pouco relacionados com as cortas e escombeiras

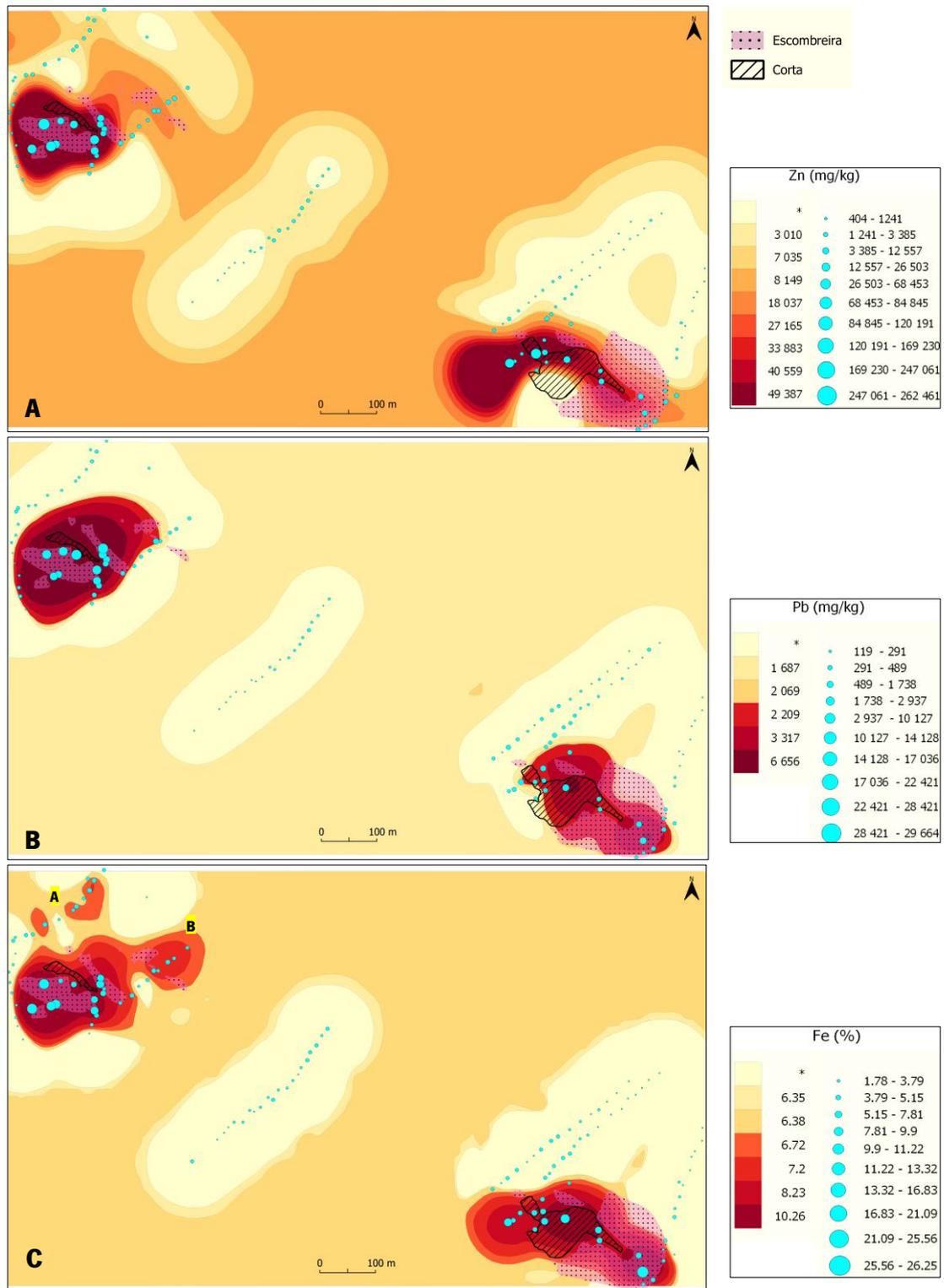


Figura 37 - Mapas geoquímicos de superfície dos dados totais obtidos por FRX-P para os elementos Zn (A), Pb (B), Fe (C), com os respectivos mapas pontuais de concentração sobrepostos

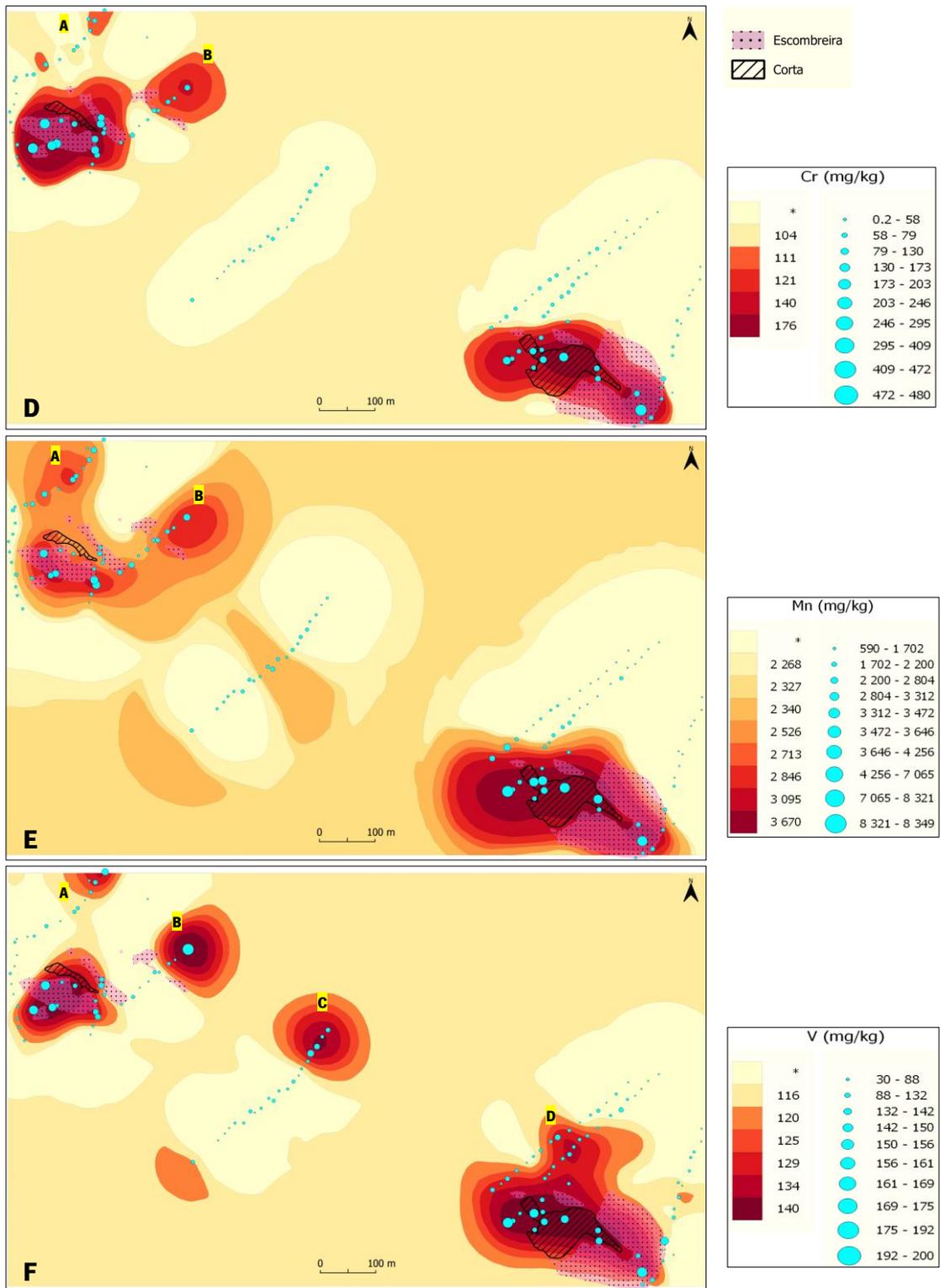


Figura 38 - Mapas geoquímicos de superfície dos dados totais obtidos por FRX-P para os elementos Cr (D), Mn (E), V (F), com os respectivos mapas pontuais de concentração sobrepostos

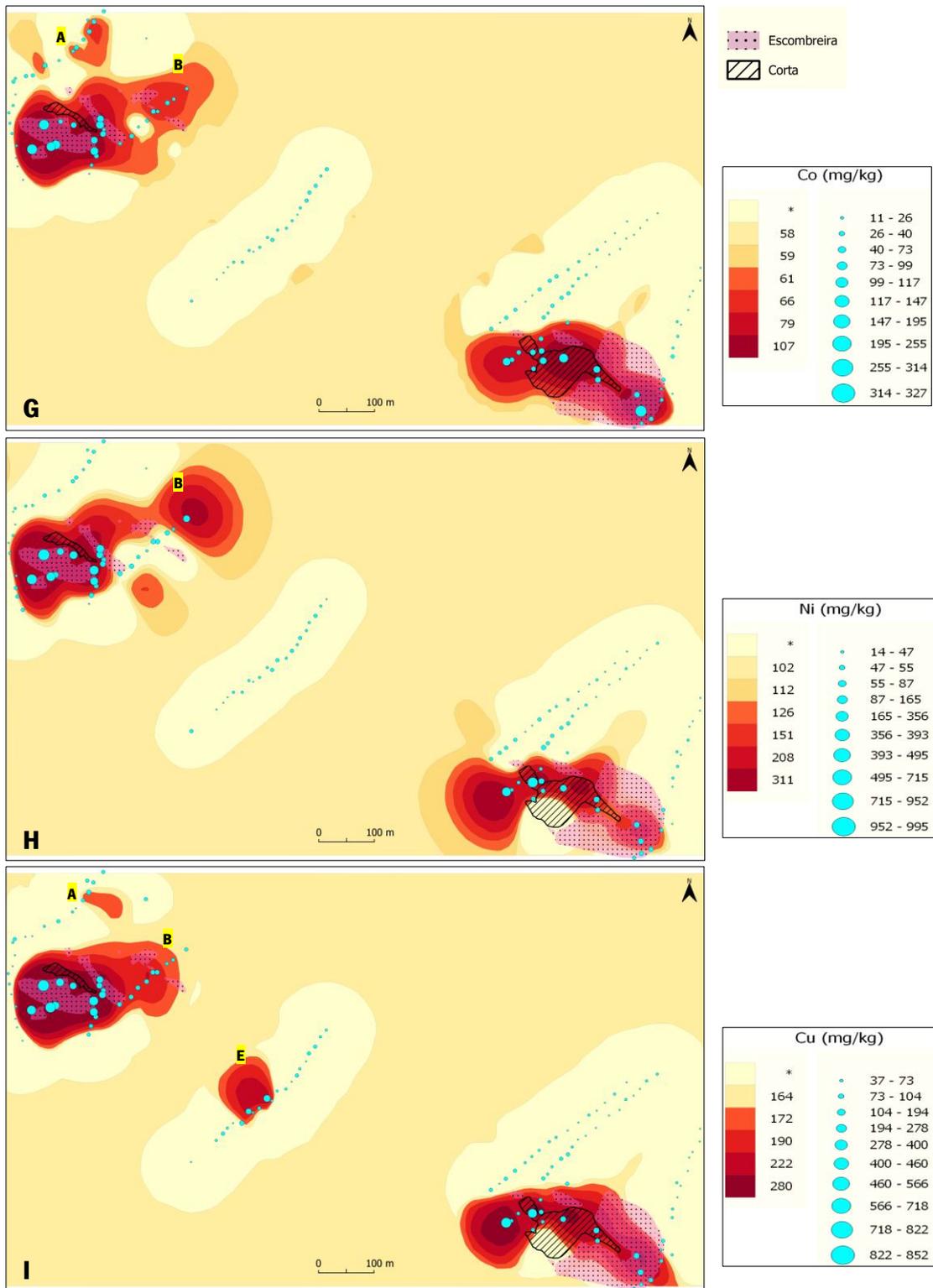


Figura 39 - Mapas geoquímicos de superfície dos dados totais obtidos por FRX-P para os elementos Co (G), Ni (H), Cu (I), com os respectivos mapas pontuais de concentração sobrepostos

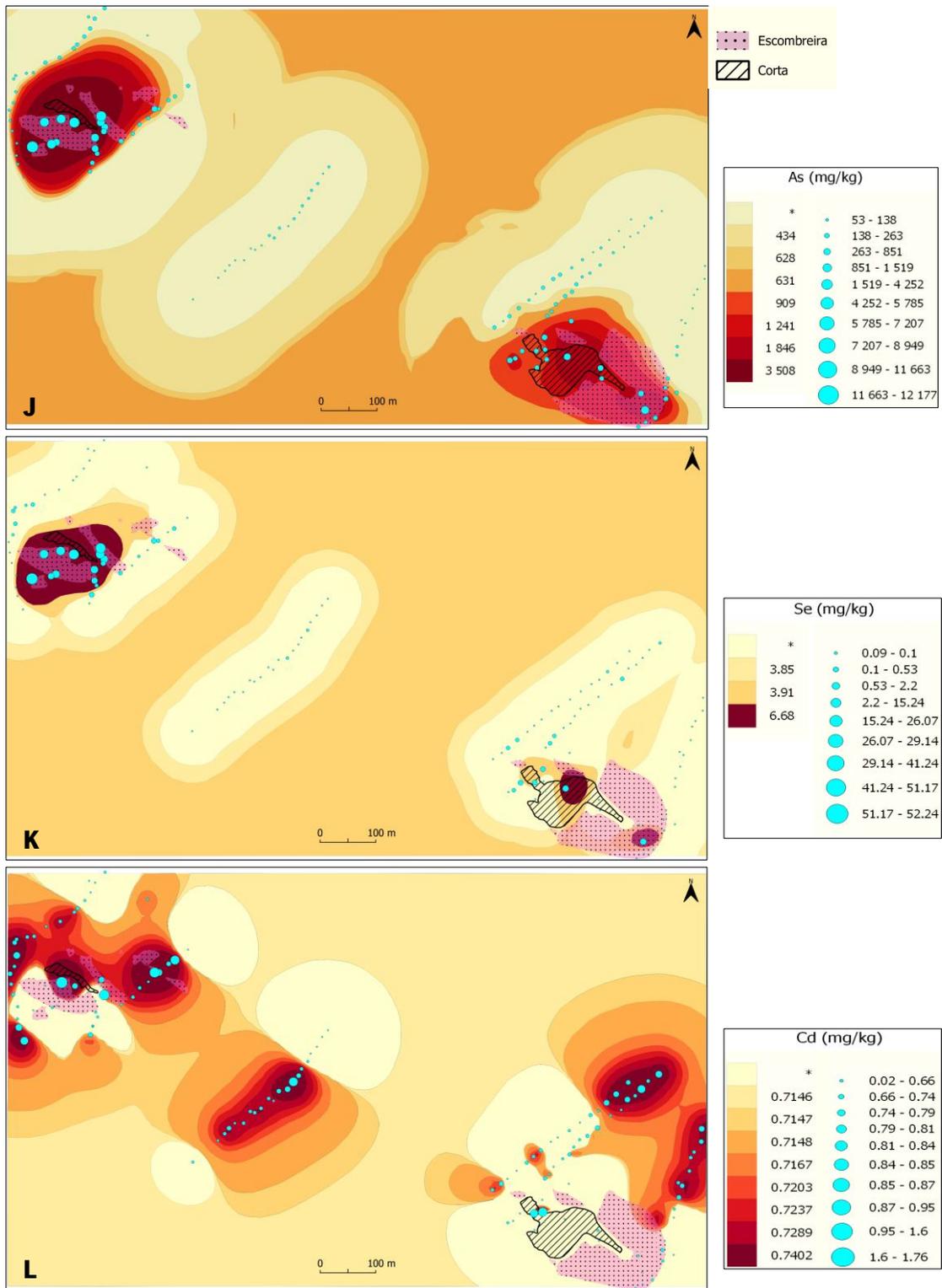


Figura 40 - Mapas geoquímicos de superfície dos dados totais obtidos por FRX-P para os elementos As (J), Se (K), Cd (L), com os respectivos mapas pontuais de concentração sobrepostos

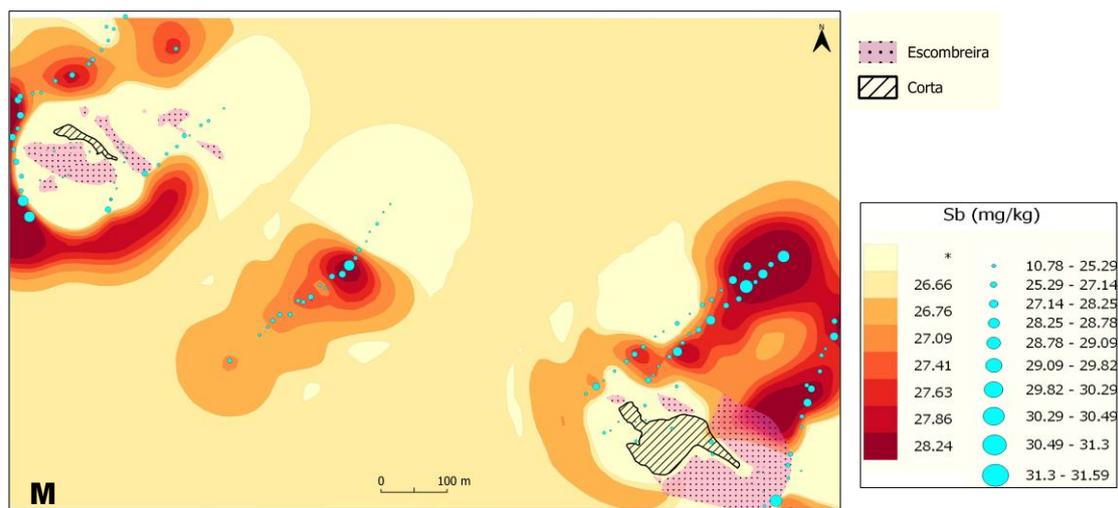


Figura 41 - Mapa geoquímico de superfície dos dados totais obtidos por FRX-P para o elemento Sb (M), com o respetivo mapa de pontos de concentração sobreposto

Com base nos mapas geoquímicos dos vários elementos estudados da Figura 37 pode-se propor que, a alta concentração de Zn (>49 387 mg/kg) observada nas zonas mineiras da Preguiça e Vila Ruiva se deve à presença de minerais portadores deste elemento, como willemite, smithsonite, calcofanite e hemimorfite nos solos das cortas e escombreiras (Tabelas 7 e 8). A dispersão do elemento deve-se provavelmente à sua alta mobilidade em ambientes oxidantes ácidos, típicos ambientes onde ocorrem processos de alteração supergénica de sulfuretos (McQueen, 2008), ampliada por erosão hídrica das escombreiras (constituídas por rochas do gossan especialmente rico em Zn).

A concentração de Pb essencialmente nas escombreiras e cortas (> 6 656 ppm) pode ser explicada pela presença de minerais no gossan e solos portadores deste elemento, como cerussite e anglesite (Tabelas 7 e 8). Ao contrário do Zn, que é facilmente adsorvido por minerais de argila, carbonatos e óxidos hidróxidos (Rodríguez et al., 2009; McLean and Bledsoe, 1992) propiciando a sua dispersão no solo, o Pb apresenta fraca mobilidade (McQueen, 2008), apresentando anomalias muito restritas às zonas das cortas e escombreiras. Estudos sugerem que, mesmo em solos impactados pela atividade mineira, a concentração de Pb em soluções de lixiviação é muito baixa (S.-W. Yun et al., 2020).

A anomalia **A**, detetada nos mapas de superfície de vários elementos como o Fe (Figura 37C), a norte da Preguiça, provavelmente poderá indicar uma escombreira da atividade mineira mais recente. Essa possível escombreira é difícil de verificar com o auxílio do drone devido à espessa vegetação. A anomalia **B** poderá ser explicada devido à ocorrência de escombreiras

próximos do local de concentração. O afloramento de vulcanitos intermédio-ácidos com hematite poderá, também, explicar as anomalias **A** e **B**. O padrão de distribuição espacial do V sugere um alinhamento NW-SE que pode corresponder ao afloramento destes vulcanitos (Anexo 11). É provável que, na realidade, os afloramentos destes vulcanitos na zona mineira sejam de composição mais intermédia, podendo esclarecer a semelhança na distribuição espacial de Fe, Co, Cr e V a N e NE da Preguiça, indicativos de composições mais intermédias, devido a serem elementos com afinidades mais calcófilas e siderófilas.

O alto teor de Mn nas escombreyras da Preguiça e Vila Ruiva poderá ser explicado pela identificação de minerais-Mn no solo, como birnessite e calcofanite (Tabelas 7 e 8). A dispersão deste elemento nas minas é favorecida pela topografia. A concentração observada no perfil intermédio poderá ter sido influenciada pela erosão das escombreyras presentes na Preguiça.

O Se, Cd e Sb deverão ser melhor estudados porque os dados, Figura 37K, L, M e Figura 31B, sugerem que estes elementos possam estar associados a outros processos/eventos; sendo necessários mais pontos de medição por FRX-P.

Como trabalhos futuros seria interessante , a realização de mais perfis de direção NE-SW, especialmente entre Preguiça e Vila Ruiva, de forma a perceber e detalhar, com mais pormenor, os padrões geoquímicos de variabilidade espacial, de forma a melhor entender os processos mineralógicos e físico-químicos envolvidos.

5. Conclusões

O presente estudo pretendeu efetuar uma reavaliação do potencial mineiro da zona mineira Preguiça-Vila Ruiva utilizando técnicas de caracterização petrográfica, mineralógica e geoquímica, e geoestatística e SIG para elaboração de uma cartografia geoquímica de alta resolução.

No estudo petrográfico observou-se que as rochas encaixantes da mina da Preguiça podem ser classificadas como metadolomias, sendo que nas amostras da Vila Ruiva esta afirmação é mais difícil devido ao aspeto mais homogéneo dos carbonatos. As características texturais das amostras do encaixante de Vila Ruiva sugere que são rochas que sofreram uma deformação mais intensa, em comparação com as rochas da Preguiça.

Na análise por DRX observou-se que o encaixante de Vila Ruiva apresenta uma fração dolomítica dominante ($\geq 81\%$), superior à da Preguiça, sendo, por isso, possível assumir que grande parte dos carbonatos observados na petrografia das amostras da Vila Ruiva correspondam a dolomite, classificando-as, por isso, tal como na Preguiça, como metadolomias. Observou-se ainda que as metadolomias da Vila Ruiva são rochas menos silicatadas e com menor quantidade de óxidos de ferro. As amostras de gossan estudadas nas minas indiciam um gossan mais rico em Fe em Vila Ruiva comparando com a Preguiça, a qual contem frações importantes de minerais portadores de Zn, quartzo e sulfatos de Pb. Na análise dos solos conclui-se que os solos da Vila Ruiva apresentam uma menor concentração de minerais de Zn do que os da Preguiça, e mais enriquecidos em óxidos de ferro.

Na estatística univariada verificou-se que ocorrem, na generalidade, concentrações mais elevadas dos elementos medidos por FRX-P nos solos da Preguiça, sendo as únicas exceções os elementos V, Cd e Sb onde as diferenças nos teores não são estatisticamente significativas. Verificou-se, também, que o perfil intermédio apresenta os teores mais baixos, exceto em Mn, o qual apresenta concentrações semelhantes às das zonas mineiras, provavelmente influenciadas pela dispersão que ocorre a partir da mina da Preguiça, favorecida pela mobilidade deste elemento.

A estatística bivariada identificou correlações nos elementos Fe-Cr, Fe-Co e Cr-Co nas duas áreas mineiras, enquanto que a correlação Zn-Ni se observa apenas na Preguiça e a correlação Pb-As se observa apenas na Vila Ruiva.

A estatística multivariada mostrou que os elementos Zn, Ni e Cu estão correlacionados com CP1 e fortemente correlacionados entre si, bem como Se, Pb e As. Os elementos Fe, Co e Cr estão correlacionados com CP1, mas projetam-se no semieixo negativo de CP2, e fortemente correlacionados entre si, enquanto que V e Mn são explicados por ambos os componentes. Verificou-se, ainda, que o Sb não está correlacionado com os restantes elementos químicos e que o Cd está mal representado no plano fatorial apresentado.

Na cartografia geoquímica verificou-se que os principais elementos medidos no solo, Zn, Pb e Fe, concentram-se nas escombreliras e cortas das minas, ou seja, nos locais de maior influência antropogénica. No entanto os seus comportamentos de variação espacial diferem, sendo que o Zn se apresenta concentrado especialmente nas escombreliras da Preguiça e corta da Vila Ruiva, com alguma dispersão ao redor destas áreas devido à sua mobilidade, enquanto que o Pb se foca somente nas áreas de escombreliras e cortas devido à sua fraca mobilidade. No mapa geoquímico do Fe identificam-se anomalias a N e NE da corta da Preguiça, onde ocorrem afloramentos de vulcanitos intermédio-ácidos, anomalias estas também com expressão importante no Co, Cr e V. Supõe-se que estas anomalias se devem a escombreliras nestes locais, no entanto uma composição mais intermédia destes vulcanitos poderão também explicar os teores medidos no solo.

6. Trabalhos futuros

Seria interessante como trabalhos futuros a análise petrográfica de mais lâminas delgadas relativas ao encaixante da Preguiça e Vila Ruiva, de forma a perceber as diferenças texturais e confirmar a possibilidade de as metadolomias da Vila Ruiva apresentarem uma deformação mais intensa.

Na análise por DRX, um maior número de amostras estudadas permitiria esclarecer a ocorrência de esfena no encaixante, bem como confirmar as diferenças e semelhanças mineralógicas destas rochas entre as minas. Permitiria conhecer melhor, também, a evolução dos gossans, podendo confirmar a hipótese de o gossan da Vila Ruiva ser mais rico em óxidos de ferro, e o da Preguiça mais rico em minerais portadores de Zn. Para os solos, uma análise amostral mais ampla permitiria confirmar a maior variabilidade mineralógica, nomeadamente nos óxidos de ferro e minerais de Pb e Zn.

Seria, também, importante associar valores dos parâmetros físico-químicos do solo, nomeadamente pH, potencial de oxidação-redução, teor de matéria orgânica e capacidade de troca catiónica, uma vez que estes parâmetros influenciam o comportamento geoquímico dos elementos.

Na cartografia geoquímica seria necessário, essencialmente, no futuro, a realização de mais pontos de medição, principalmente na zona entre as minas, que permitam elaborar modelos de variação espacial mais robustos, de forma a identificar variação espacial de alta resolução para toda a área, podendo explicar de forma mais cabal as anomalias encontradas.

7. Bibliografia

Araújo, A., São Pedro, D., Pedro, J., Maia, M., Moreira, N., Mendes P., Nogueira, P. (2018). GUIA DE CAMPO “A febre do ouro”

Brugger, J., McPhail, D. C., Wallace, M., & Waters, J. (2003). Formation of willemite in hydrothermal environments. *Economic Geology*, 98(4), 819-835.

Cabral Pinto, M. M., Marinho-Reis, P., Almeida, A., Pinto, E., Neves, O., Inácio, M., ... & Moreira, P. I. (2019). Links between cognitive status and trace element levels in hair for an environmentally exposed population: A case study in the surroundings of the estarreja industrial area. *International journal of environmental research and public health*, 16(22), 4560.

CARVALHOSA A. (1968) – Carta Geológica à escala 1/5 000. Notícia explicativa da folha 40-D. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa.

FARIA, F. (2001) - Área de Prospeção de Moura-Ficalho. Rei. Téc. Arquivo INETI.

FARIAS P., GALLASTEGUI G., GONZALEZ LODEIRO F., MARQUÍNEZ J., MARTIN PARRA L. M., MARTÍNEZ CATÁLAN J. R., PABLO MACIA J. G. & RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ L. R. (1987) – Aportaciones al conocimiento de la litoestratigrafia y estructura de Galicia Central. In: IX Reunión sobre Geología do Oeste Peninsular (Porto, 1985). Mem. Mus. Labor. Miner. Geol. Fac. Ciên. Univ. Porto, 1: 411-431.

Franz, G., & Spear, F. S. (1985). Aluminous titanite (sphene) from the eclogite zone, south-central Tauern Window, Austria. *Chemical Geology*, 50(1-3), 33-46.

GOINHAS J. A. C. (1971) – Estudo geológico-económico preliminar dos jazigos de Zn/Pb da região de Portel (Alentejo). I Congresso Hispano Luso-Americano de Geologia Económica, Madrid e Lisboa, 4(2): 621-642.

Goovaerts, P., (1999). Geostatistics in soil science: state-of-the-art and perspectives. *Geoderma* 89, 1–45.

Haldar, S. K. (2018). *Mineral exploration: principles and applications*. Elsevier.

I. T. Jolliffe. (2002). *Principal component analysis*, 2nd edn, Springer- Verlag, NewYork,

JULIVERT M., FONTBOTÉ J. M., RIBEIRO A. & CONDE L. E. N. (1974) – Mapa tectónico de la Península Ibérica y Baleares, Escala 1:1000.000. Memória Explicativa, 113pp. Instituto Geologico y Mineiro de Españã. Madrid.

Kabata-Pendias, A. (2001). Trace metals in soils-a current issue in Poland. *Acta Universitatis Wratislaviensis. Prace Botaniczne*, 79, 13-20.

Marinho Reis AP, Shepherd T, Nowell G, Cachada A, Duarte AC, Cave M, Wragg J, Patinha C, Dias A, Rocha F, da Silva EF, Sousa AJ, Prazeres C, Batista MJ. Source and pathway analysis of lead and polycyclic aromatic hydrocarbons in Lisbon urban soils. *Sci Total Environ*. 2016 Dec 15;573:324-336. doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.08.119. Epub 2016 Aug 26. PMID: 27570200.

Marinho Reis, A. P. M., Cave, M., Sousa, A. J., Wragg, J., Rangel, M. J., Oliveira, A. R., ... & Noack, Y. (2018). Lead and zinc concentrations in household dust and toenails of the residents (Estarreja, Portugal): a source-pathway-fate model. *Environmental Science: Processes & Impacts*, 20(9), 1210-1224.

MATEUS, A. , FIGUEIRAS, J., OLIVEIRA, V. , & MATOS J. X. (2003)- Recrystallised (Fe-) Zn-Pb ores of the Portel-Ficalho region (Ossa Morena Zone, Portugal). *Ciências da Terra (UNL)*, Lisboa, V, F86-F89.

Mateus, António & Munhá, José & Inverno, C. & Matos, João & Martins, Luís & de Oliveira, Daniel & Jesus, Ana & Salgueiro, Rute. (2012). Mineralizações no sector português da Zona de Ossa-Morena.

MATOS J. & ROSA C. (2001) – Diagnóstico preliminar de minas abandonadas – área sul. Relatório interno IGM, 276 pp.

McLean, J.E., Bledsoe, B.E., 1992. Behaviour of metals in soils. USEPA Ground Water Issue. EPA/540/S-92/018

McQueen, K., 2008. Regolith geochemistry. In: Scott, K.M., Pain, C.F. (Eds.), *Regolith Science*. Springer Science and CSIRO Publishing, pp. 74–104

OLIVEIRA V. & PIÇARRA A. (1986) – Litoestratigrafia do Anticlinório de Moura-Ficalho (Zona Ossa Morena). *Bol. Inf. Soc. Geol. Port.* 2(13).

Patinha, C. A. F. (2002). Impacto de elementos vestigiais na envolvente de antigas explorações mineiras utilizando meios amostrais diferenciados. Contribuição para o conhecimento dos mecanismos de dispersão e fixação dos elementos Cu, Pb, Zn e As em meio superficial. Departamento de Geociências, Universidade de Aveiro.

Pérez Estaún, A., Bea, F., Bastida, F., Marcos, A., Martínez Catalán, J. R., Martínez Poyatos, D., Arenas, R., Díaz García, F., Azor, A., Simancas, J. F., González Lodeiro, F. (2004). La Cordillera Varisca Europea: el Macizo Ibérico. In: *Geología de España* (Vera, J. A. ed.). Sociedad Geológica de España, IGME, Madrid, 21-25

Piçarra, José.; Oliveira, V., Silveira, A., Barbosa, B. (2007) Notícia explicativa da carta geológica da folha 44-A, Amareleja. Escala 1/50 000. Departamento de Geologia. Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação

Reis, A.P., Menezes de Almeida, L., Ferreira da Silva, E., Sousa, A.J., Patinha, C., Fonseca, E.C., (2007). Assessing the geochemical inherent quality of natural soils in the Douro river basin for grapevine cultivation using data analysis and geostatistics. *Geoderma* 141, 370–383.

Ribeiro, A., Munhá, J., Dias, R., Mateus, A., Pereira, E., Ribeiro, L., Fonseca, P., Araújo, A., Oliveira, T., Romão, J., Chaminé, H., Coke, C., Pedro, J. (2007) Geodynamic evolution of the SW Europe Variscides. *Tectonics*, Doi.10.1029/2006TC002058.

Ribeiro, A., Pereira, E., Dias, R. (1990). Structure of the Northwest of the Iberian Peninsula. In: *Pre-Mesozoic Geology of Iberia* (Dallmeyer, R., Martínez Garcia, E. eds.). Springer-Verlag

Rodríguez, L., Ruiz, E., Alonso-Azcárate, J., & Rincón, J. (2009). Heavy metal distribution and chemical speciation in tailings and soils around a Pb–Zn mine in Spain. *Journal of environmental management*, 90(2), 1106-1116.

Salminen R (Chief-editor), Batista M, Bidovec M, Demetriades A, De Vivo B, De Vos W, Duris M, Gilucis A, Gregorauskiene V, Halamic J, Heitzmann P, Lima A, Jordan G, Klaver G, Klein P, Lis J, Locutura J, Marsina K, Mazreku A, O'Connor PJ, Olsson S, Ottesen R-T, Petersell V, Plant J Reeder S Salpeteur I Sandström H Siewers U Steenfelt A Tarvainen T (2005) *Geochemical Atlas of Europe. Part 1: background information, methodology and maps*. Espoo, Geological Survey of Finland, <http://www.gtk.fi/publ/foregsatlas/>

Tornos, F., Inverno, C. M., Casquet, C., Mateus, A., Ortiz, G., & Oliveira, V. (2004). The metallogenic evolution of the Ossa-Morena Zone.

Velasco, F., Herrero, J. M., Suárez, S., Yusta, I., Alvaro, A., & Tornos, F. (2013). Supergene features and evolution of gossans capping massive sulphide deposits in the Iberian Pyrite Belt. *Ore Geology Reviews*, 53, 181-203.

Yun, S. W., Kang, D. H., Ji, W. H., Jung, M. H., & Yu, C. (2020). distinct dispersion of as, cd, Pb, and Zn in farmland soils near abandoned mine tailings: field observation results in South Korea. *Journal of Chemistry*, 2020, 1-13.

Zhaoqi, Z. (1989). Geochemical behavior of manganese in weathering environments and its significance in exploration. *Chinese Journal of Geochemistry*, 8, 54-64.

8 - Anexos

Anexo 1 - Metadolomia com níveis chérticos na mina da Preguiça



Preguiça

PR1	
mineral	Proporção relativa (%)
Quartzo	35
Titanite	31
Anquerite	2
Dolomite	23
Hematite	8
Coronadite	1

PR2	
mineral	Proporção relativa (%)
Quartzo	72
Goetite	16
Hematite	4
Anglesite	8

PR3	
mineral	Proporção relativa (%)
Willemite	52
Goetite	2
Hematite	41
Calcofanite	5

PR4	
mineral	Proporção relativa (%)
Quartzo	12
Calcite	15
Dolomite	37
Hematite	35
Anglesite	1

PR20	
mineral	Proporção relativa (%)
Quartzo	70
Cristobalite	1
Calcofanite	3
Goetite	14
Magnetite	7
Anglesite	5

PR40	
mineral	Proporção relativa (%)
Quartzo	22
Willemite	7
Calcite	3
Dolomite	4
Goetite	2
Hematite	61
Cerussite	1

Vila Ruiva

VR1	
mineral	Proporção relativa (%)
Quartzo	10
Anquerite	7
Dolomite	83

VR2	
mineral	Proporção relativa (%)
Quartzo	38
Goetite	12
Hematite	17
Magnetite/ma	33

VR3	
mineral	Proporção relativa (%)
Quartzo	13
Anquerite	5
Dolomite	81
Magnetite	1

VRO57	
mineral	Proporção relativa (%)
Quartzo	56
Smithsonite	19
Willemite	6
Dolomite	9
Goetite	6
Anglesite	4

VRO58	
mineral	Proporção relativa (%)
Quartzo	5
Smithsonite	2
Willemite	3
Goetite	3
Hematite	86
Magnetite	1

VRO59	
mineral	Proporção relativa (%)
Quartzo	29
Dolomite	5
Goetite	3
Hematite	53
Anglesite	2
Filossilicatos	8

PR42	
mineral	Proporção relativa (%)
Quartzo	9
Willemite	12
Calcite	34
Dolomite	4
Goetite	3
Hematite	36
Cerussite	1
Cristobalite	1

PR44	
mineral	Proporção relativa (%)
Quartzo	28
Willemite	15
Calcofanite	5
Hemimorfite	3
Dolomite	39
Goetite	4
Cerussite	4
Birnessite	2

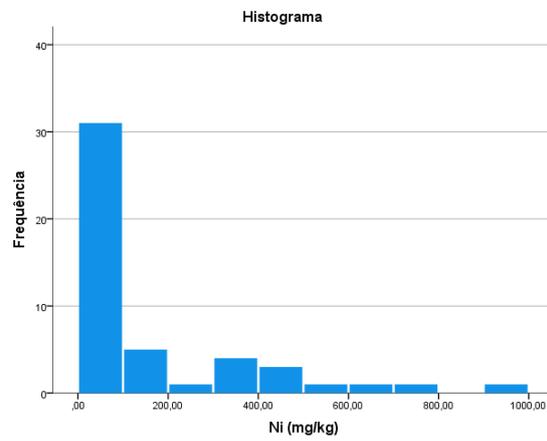
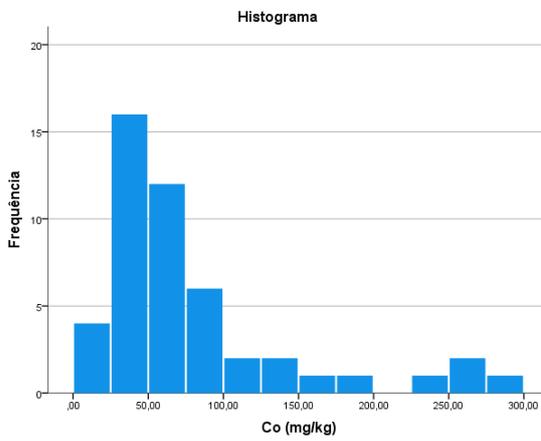
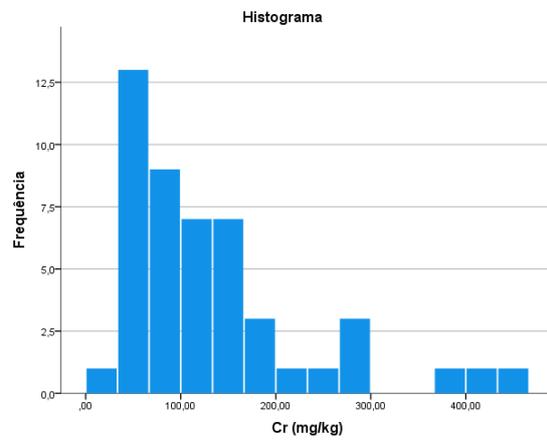
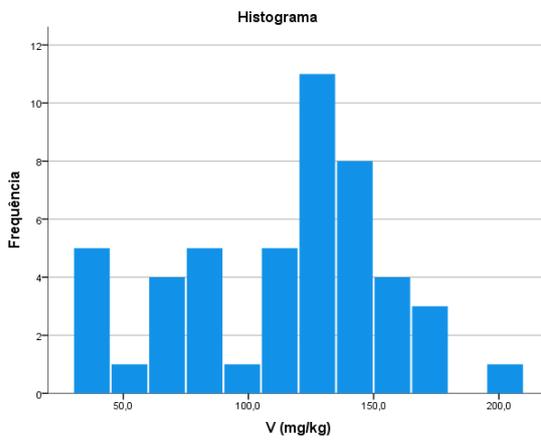
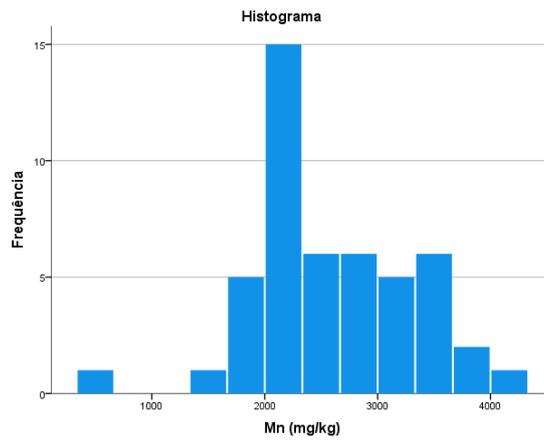
PR45	
mineral	Proporção relativa (%)
Quartzo	23
Willemite	52
Goetite	6
Cerussite	6
Anglesite	3
Filossilicatos	10

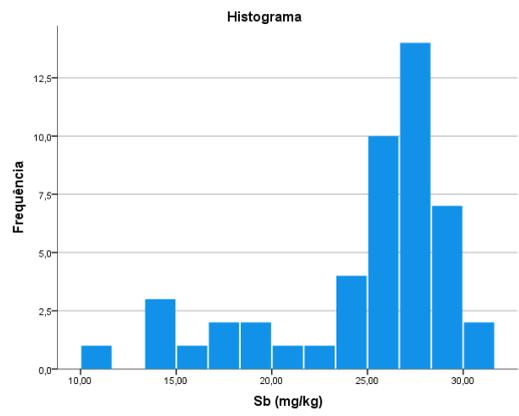
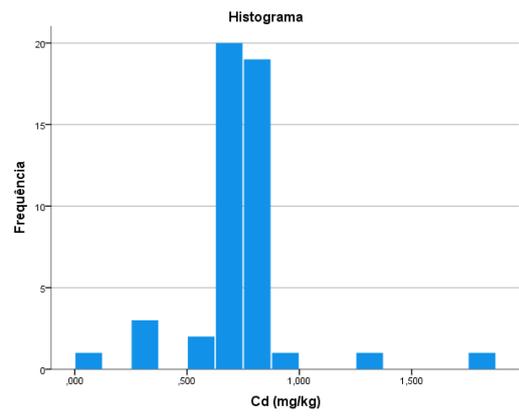
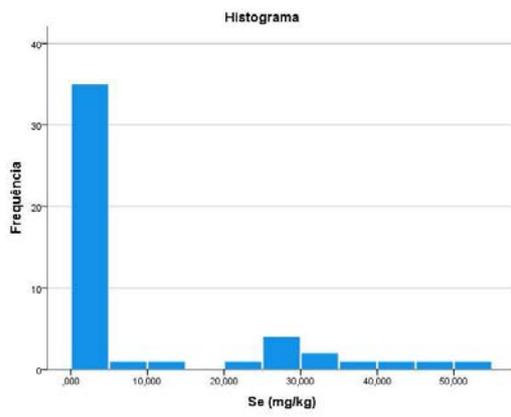
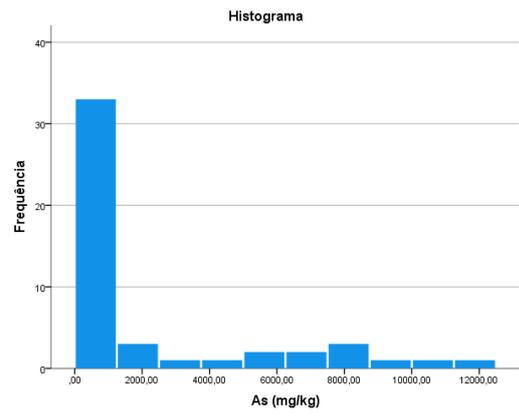
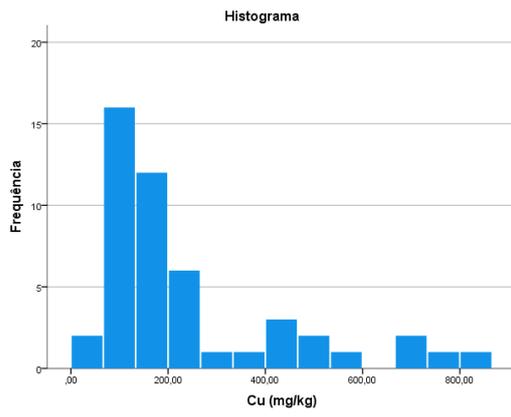
VRO60	
mineral	Proporção relativa (%)
Quartzo	61
Smithsonite	14
Willemite	7
Hemimorfite	5
Dolomite	4
Goetite	8
Filossilicatos	1

VRO62	
mineral	Proporção relativa (%)
Quartzo	12
Goetite	2
Hematite	79
Anglesite	1
Filossilicatos	6

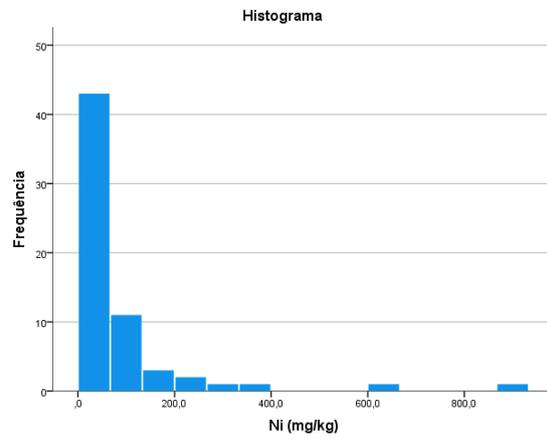
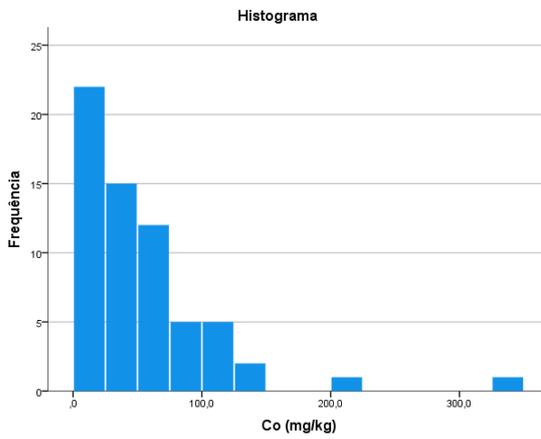
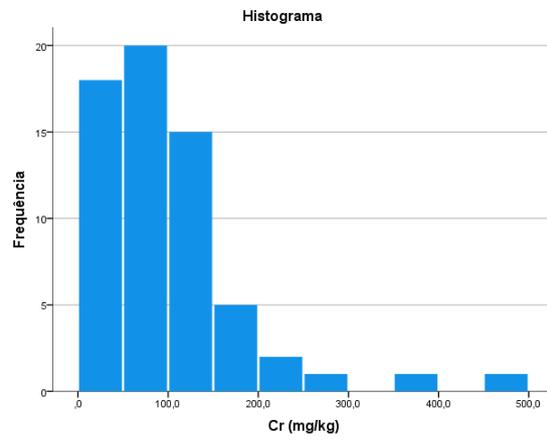
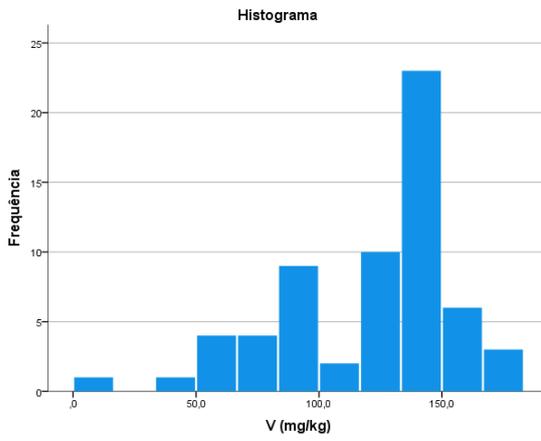
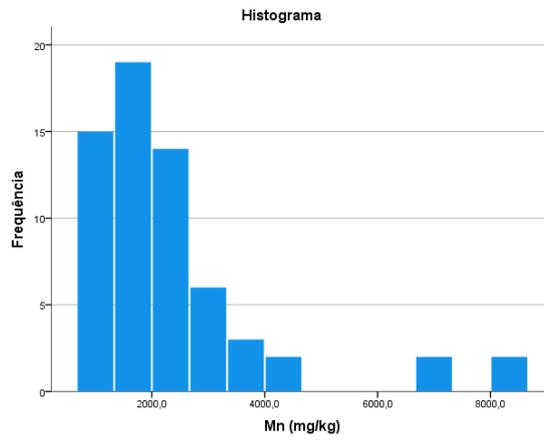
VRO63	
mineral	Proporção relativa (%)
Quartzo	21
Cristobalite	1
Hematite	48
Anglesite	2
Filossilicatos	28

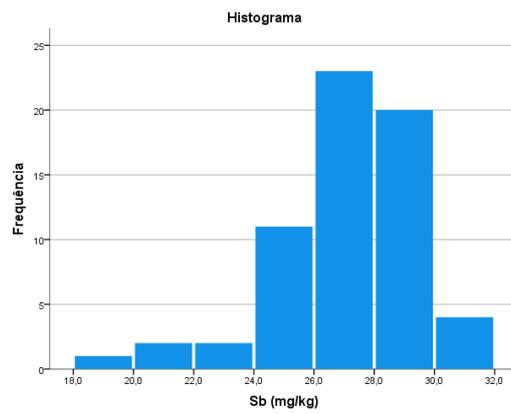
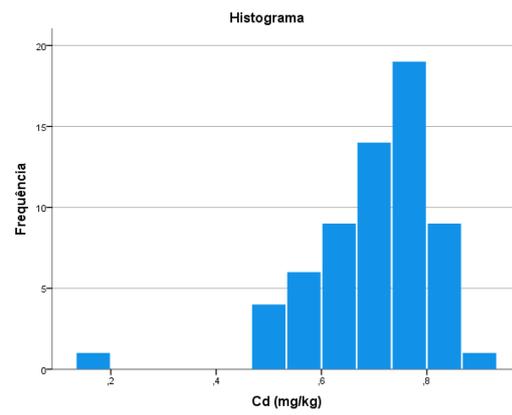
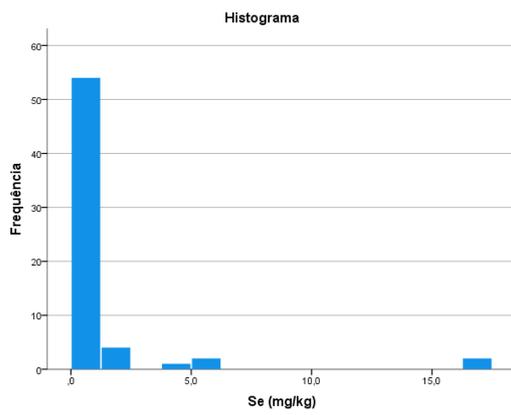
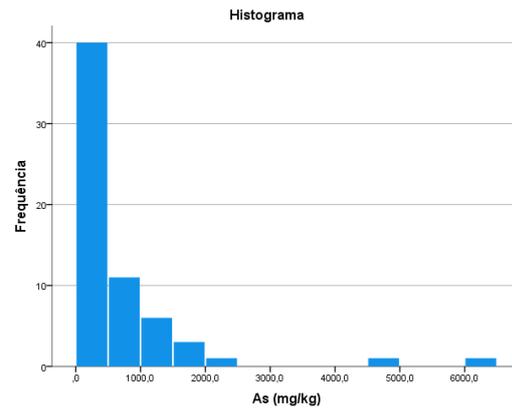
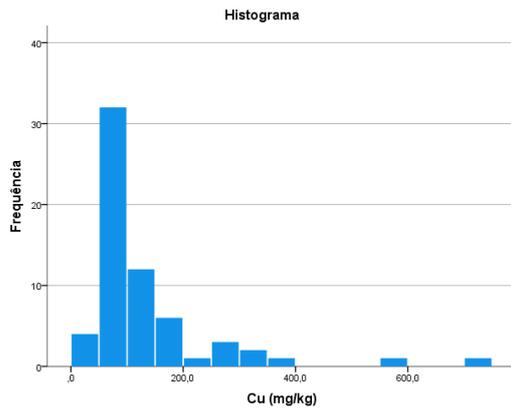
Anexo 3 - Histogramas dos elementos Mn, V, Cr, Co, Ni, Cu, As, Se, Cd e Sb obtidos na mina da Preguiça

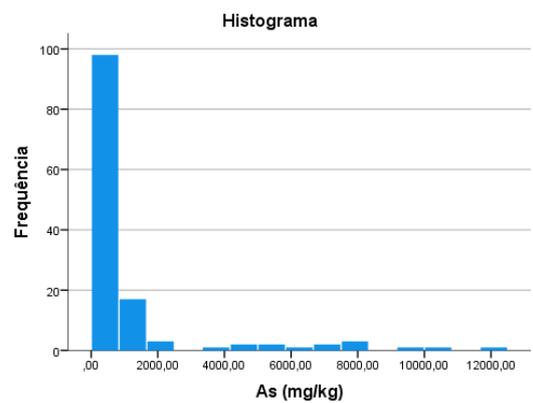
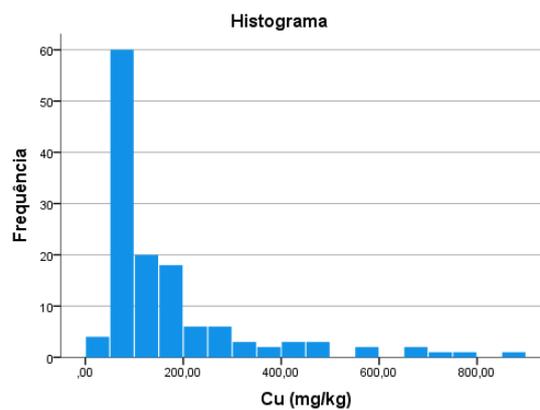
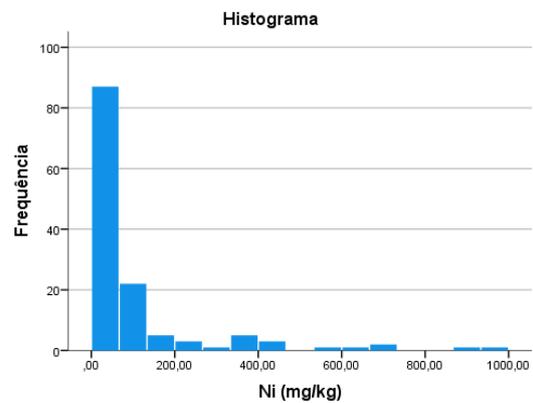
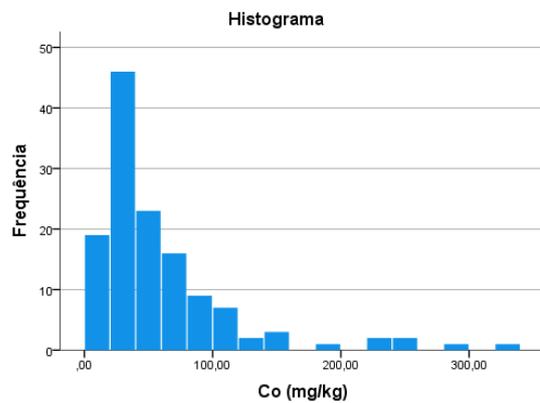
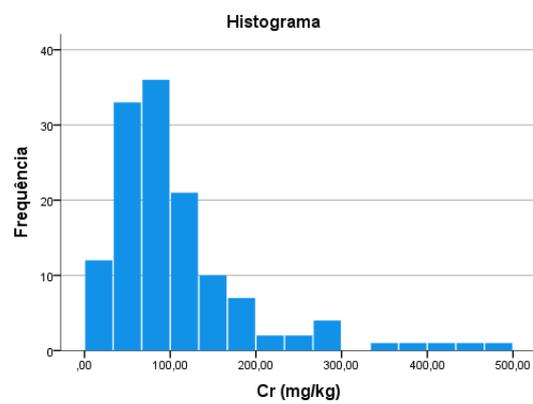
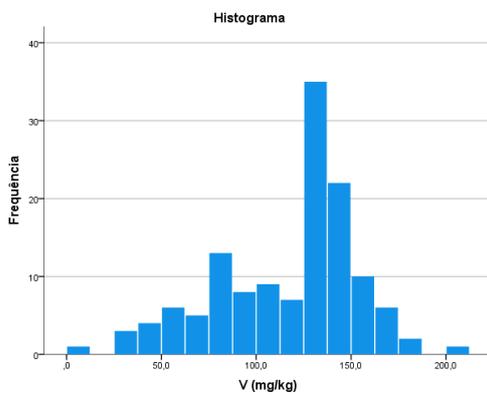
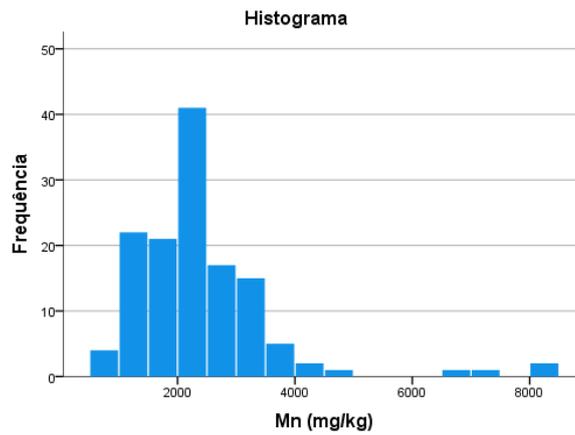


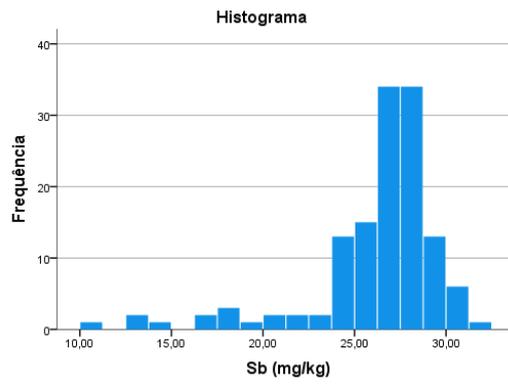
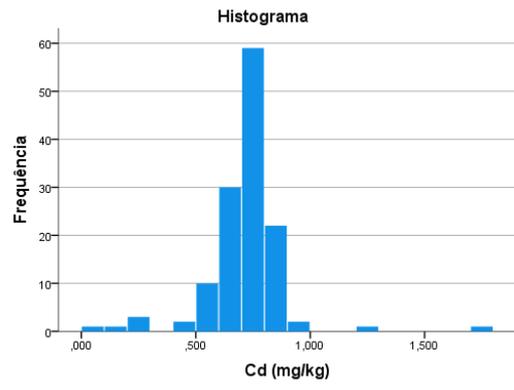
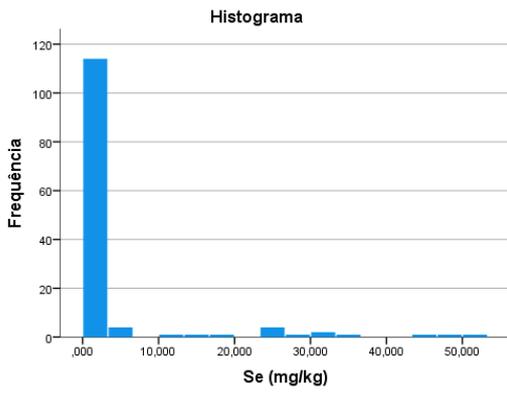


Anexo 4 - Histogramas dos elementos Mn, V, Cr, Co, Ni, Cu, As, Se, Cd e Sb obtidos na mina da Vila Ruiva

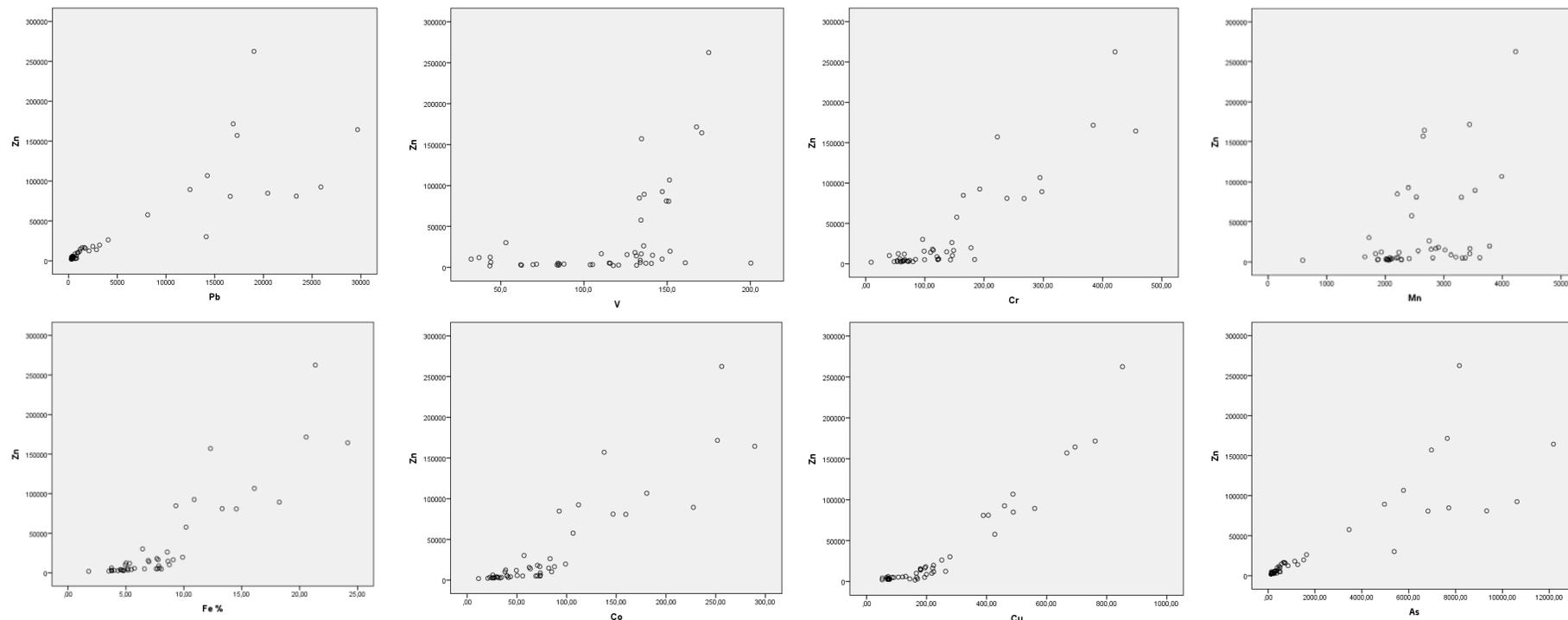


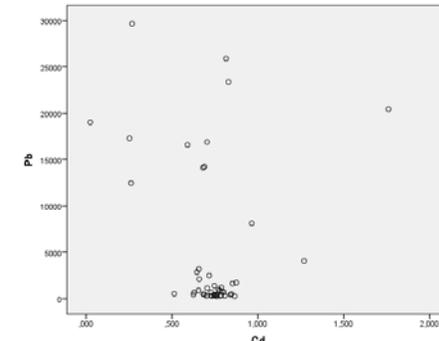
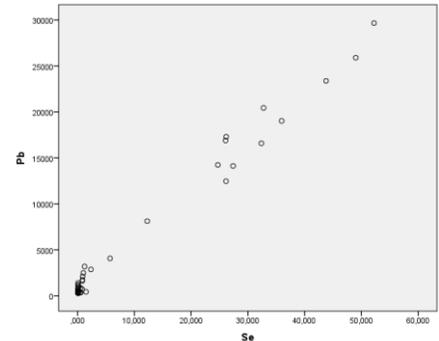
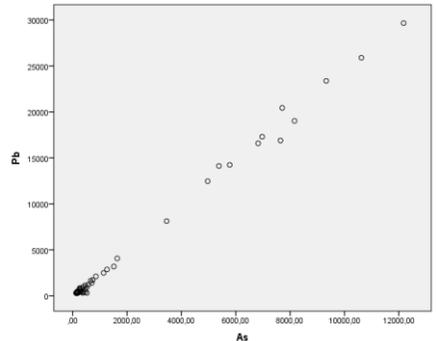
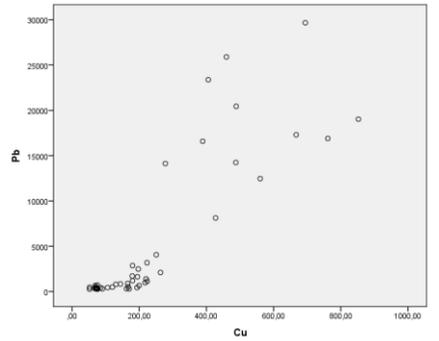
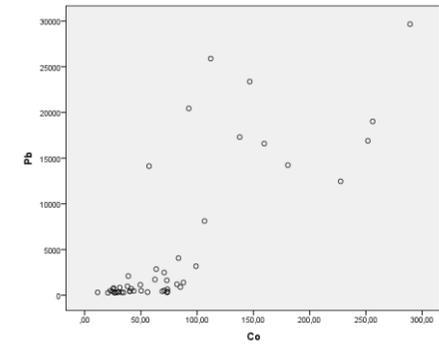
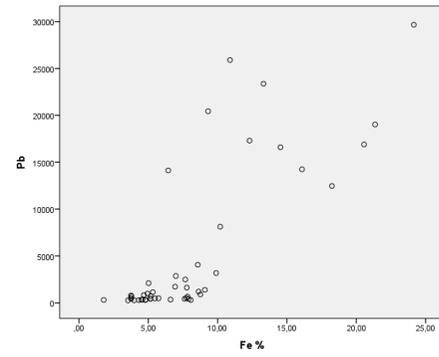
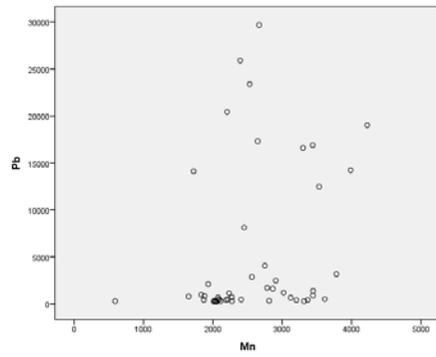
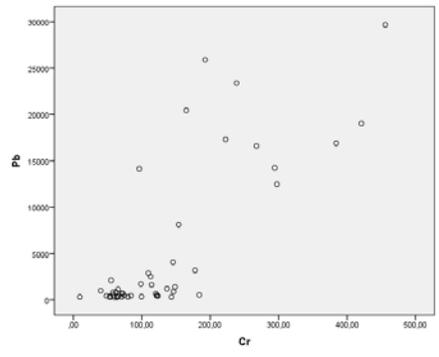
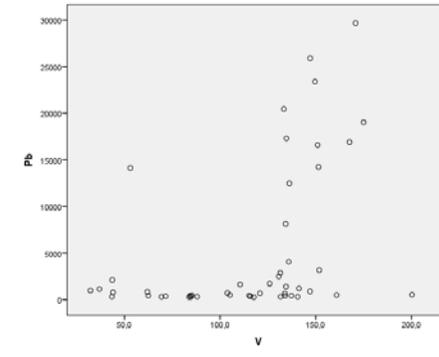
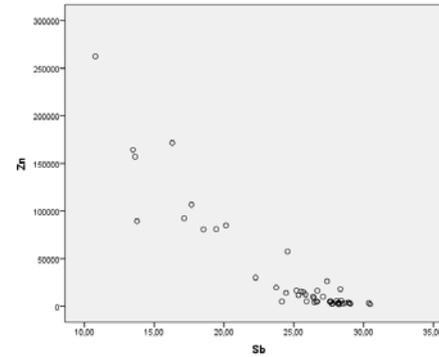
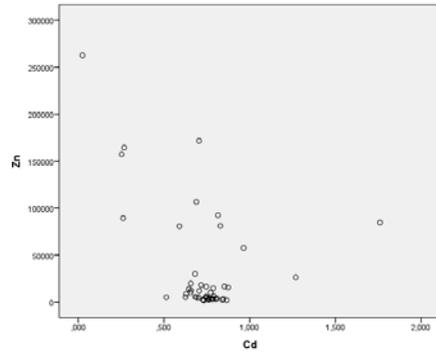
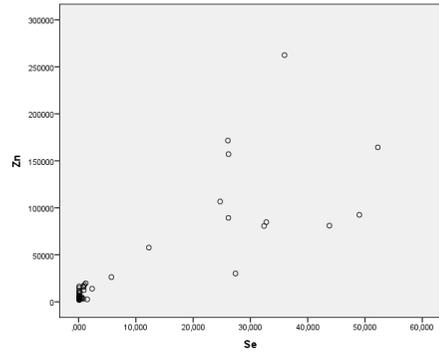


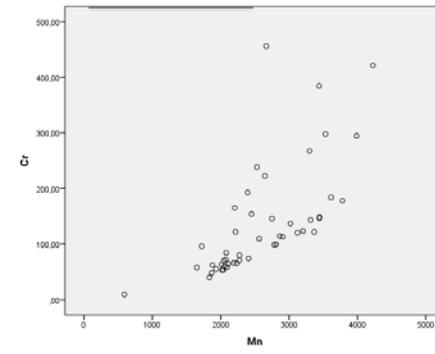
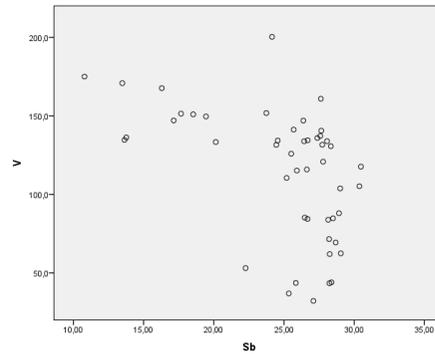
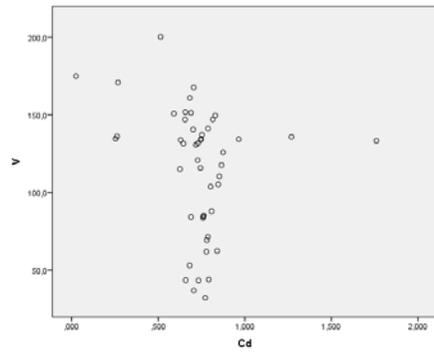
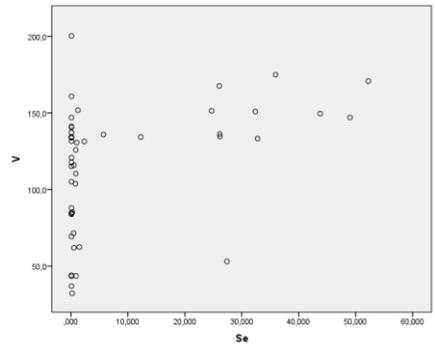
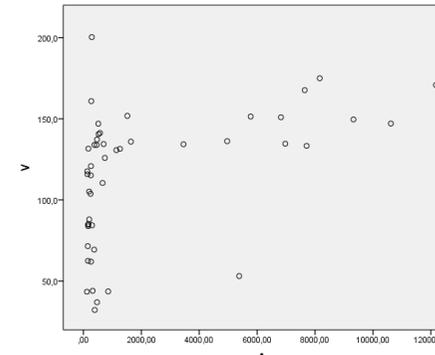
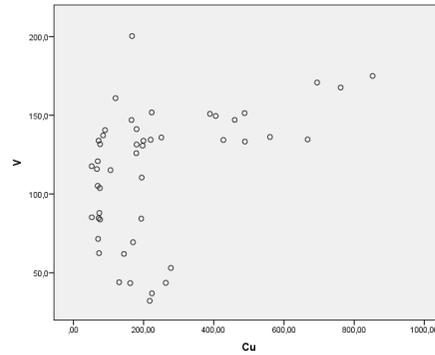
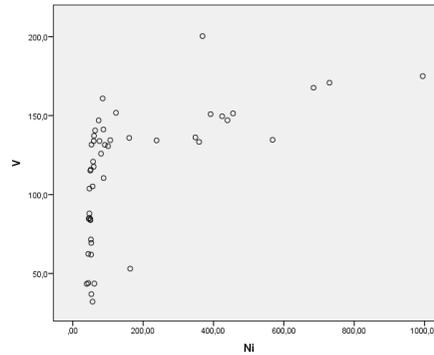
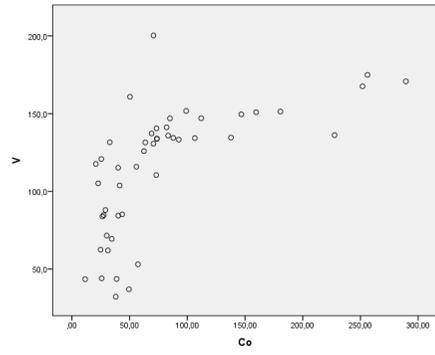
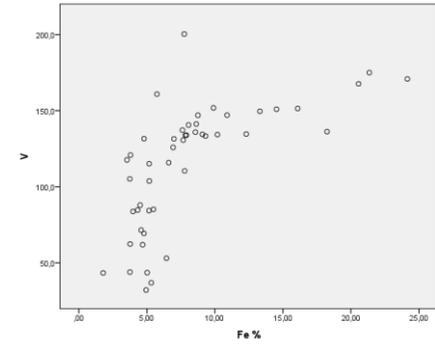
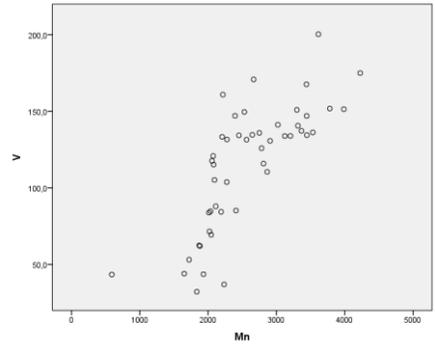
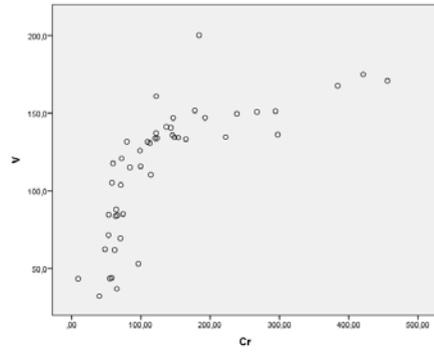
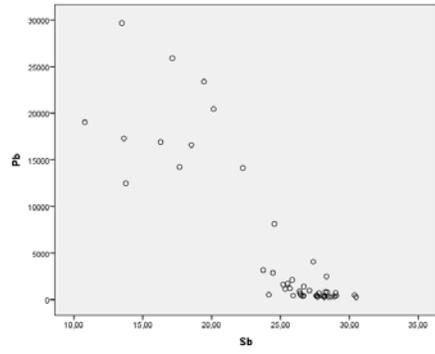


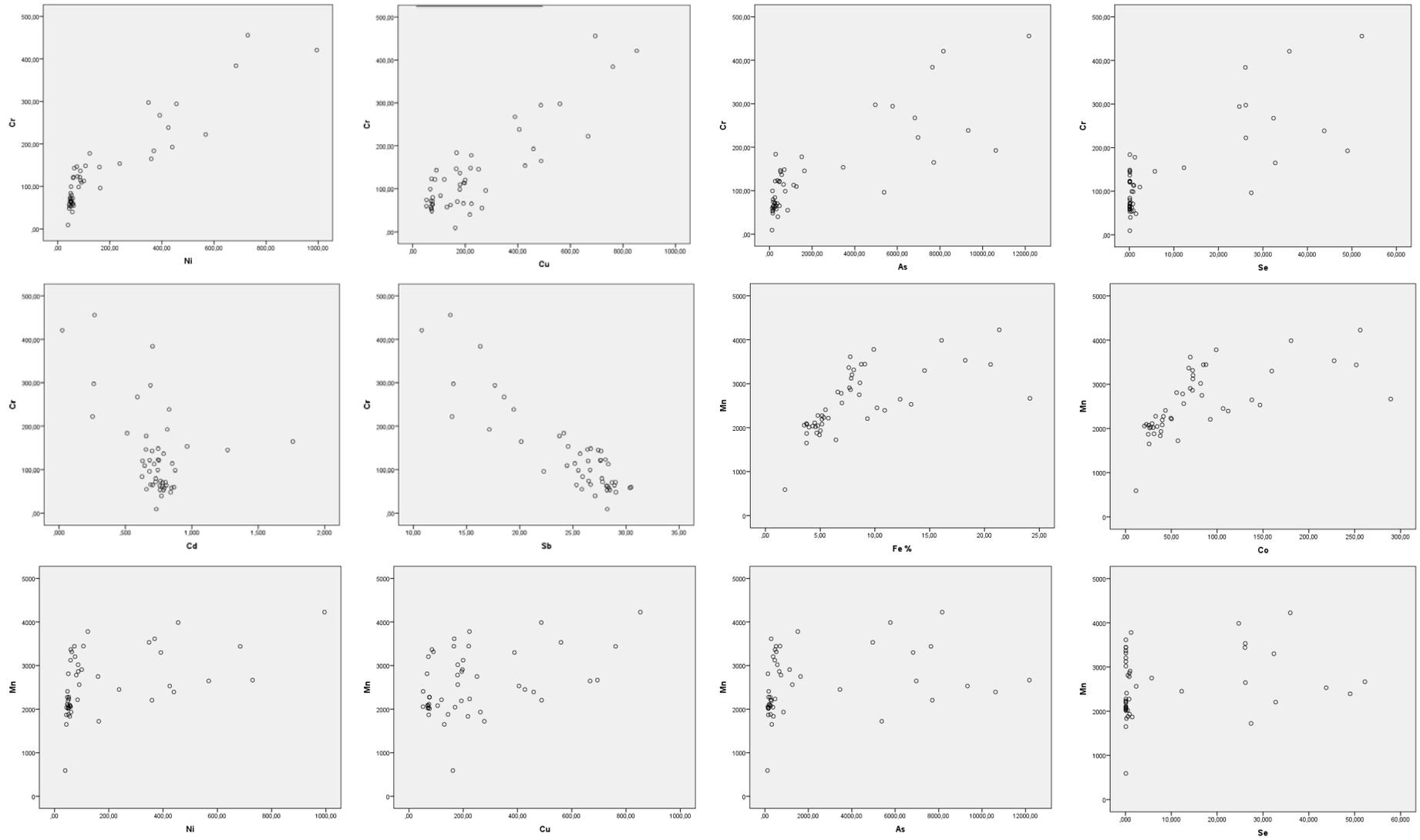


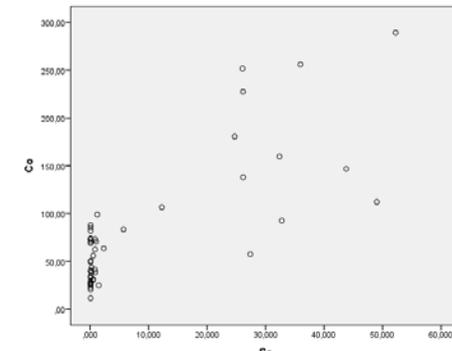
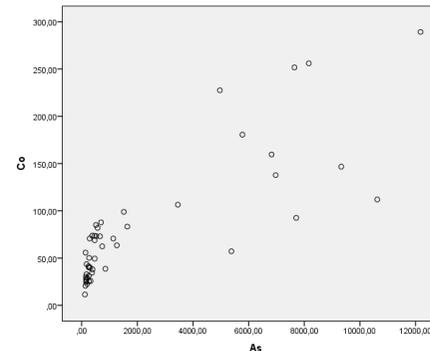
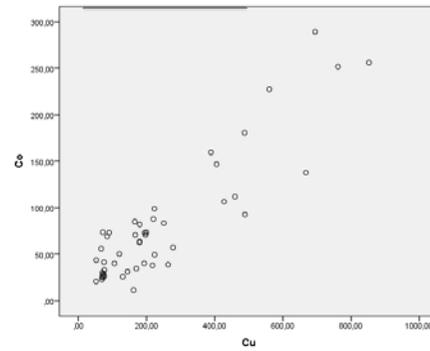
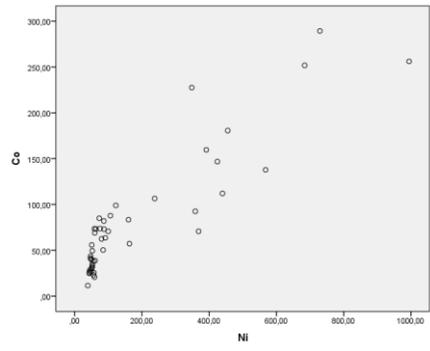
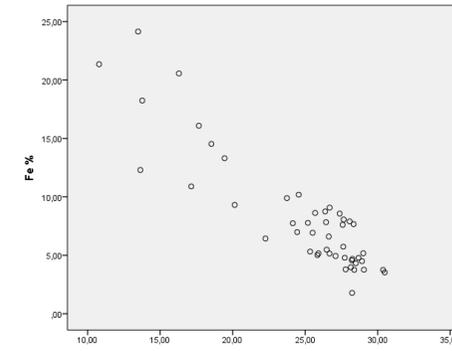
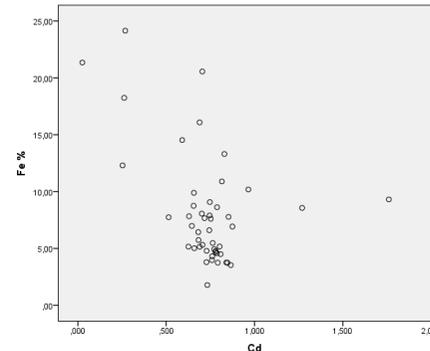
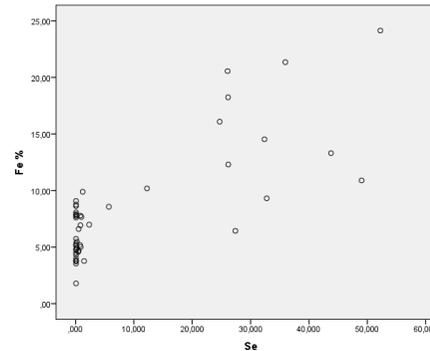
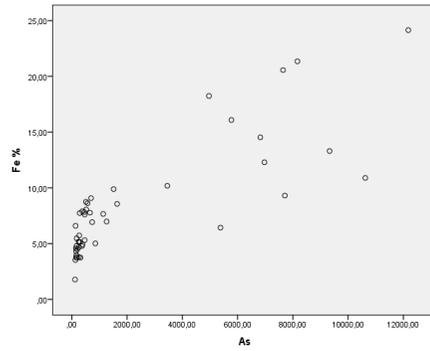
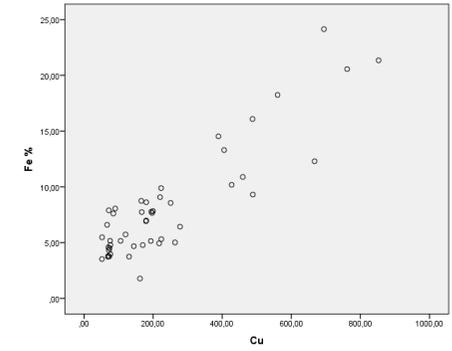
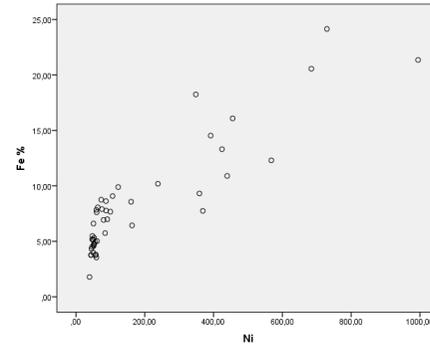
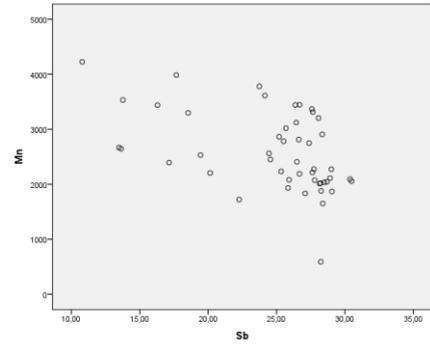
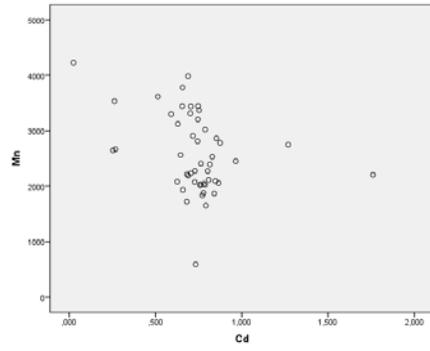
Anexo 6 - Diagramas de dispersão obtidos através dos dados da Preguiça, todos os elementos apresentam-se em mg/kg, exceto o Fe (%)

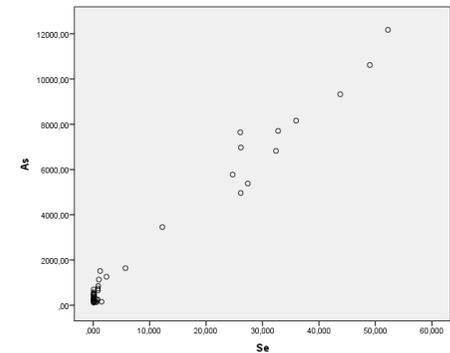
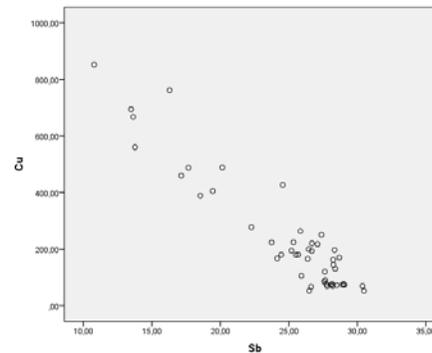
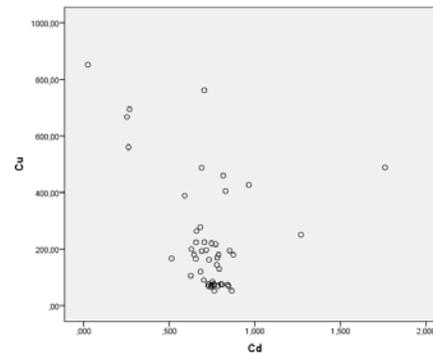
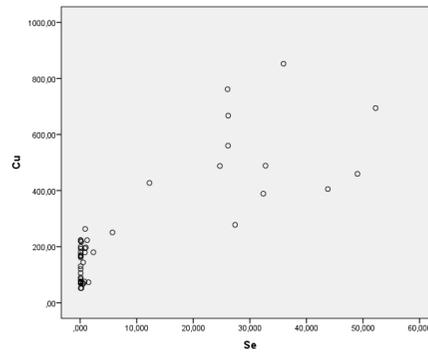
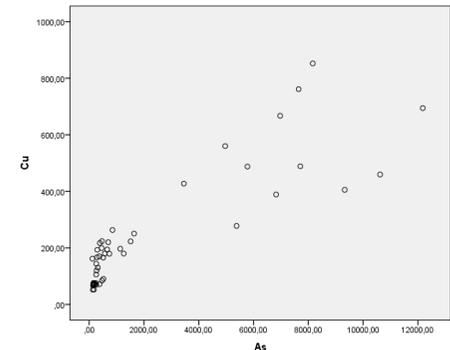
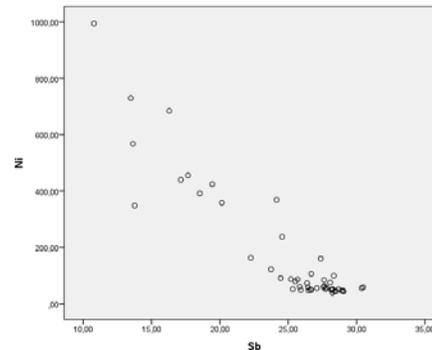
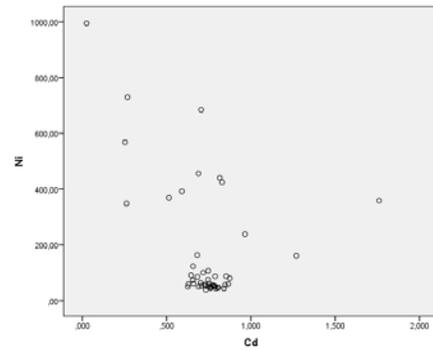
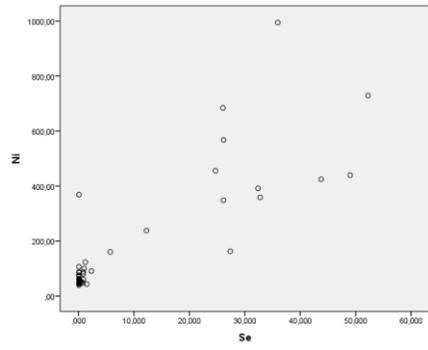
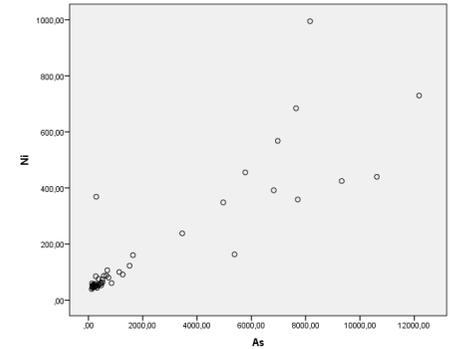
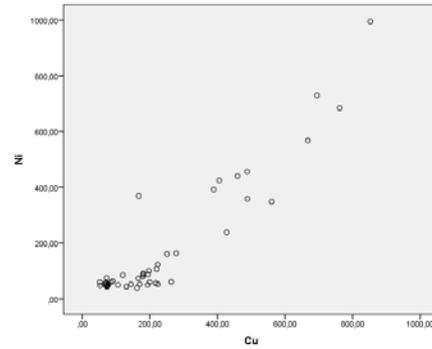
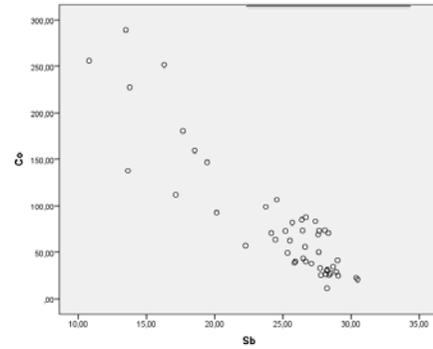
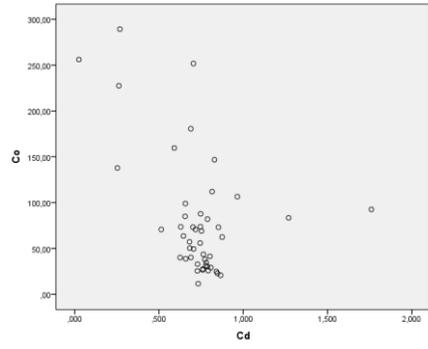


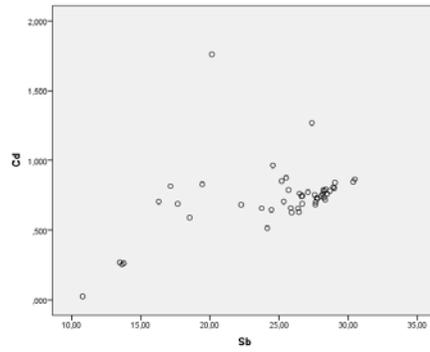
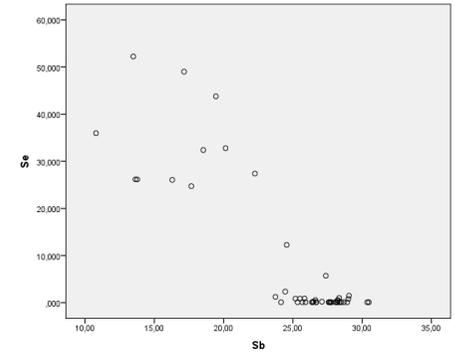
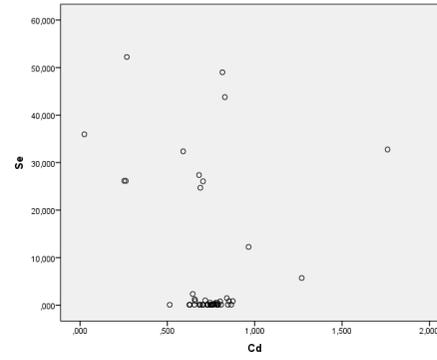
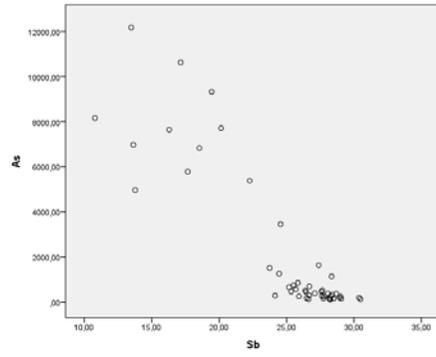
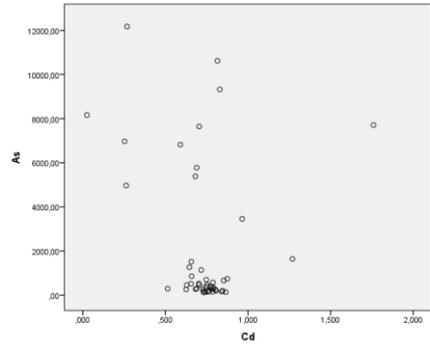




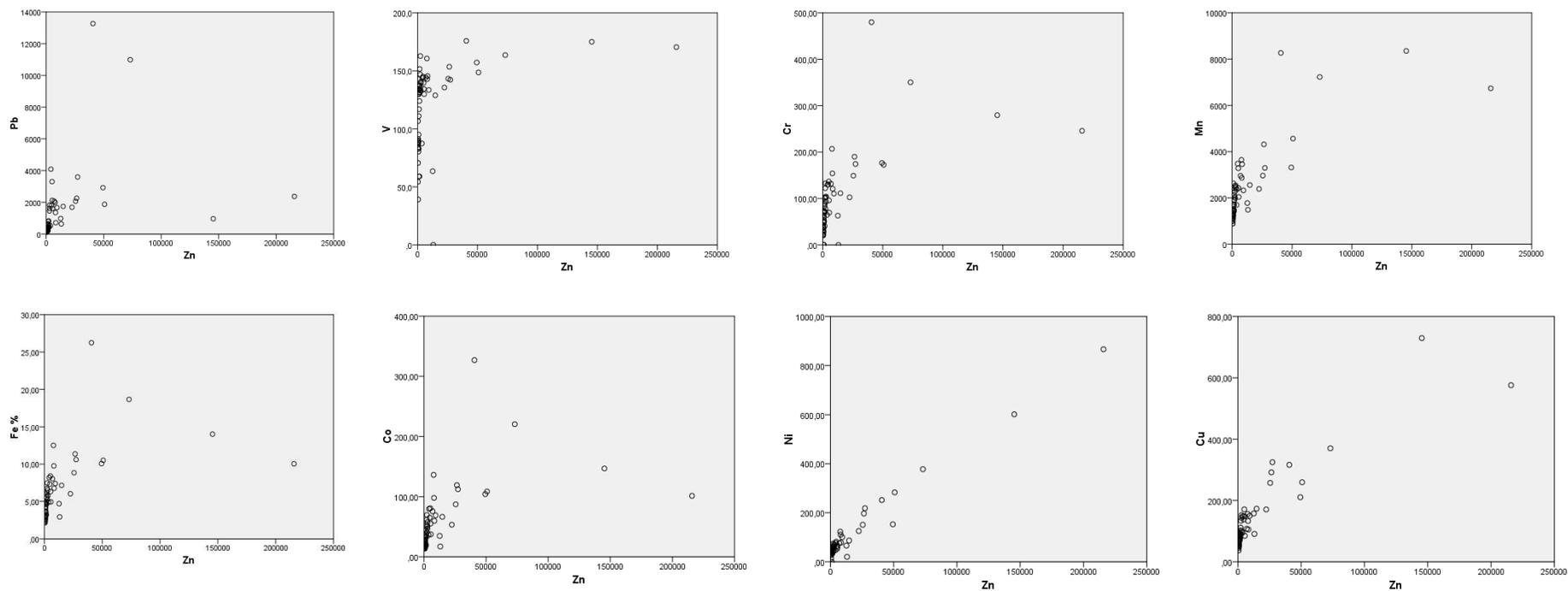


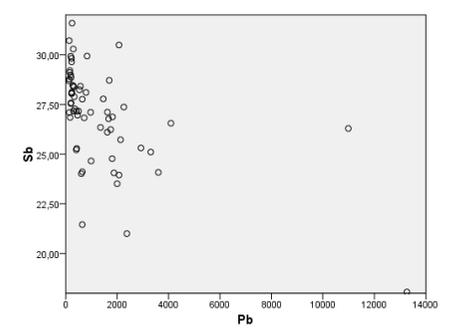
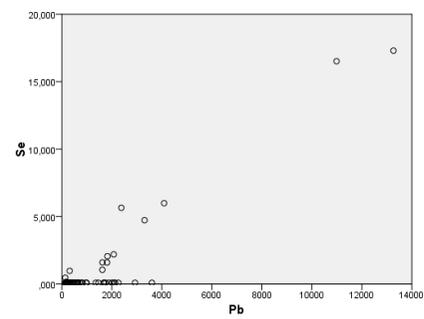
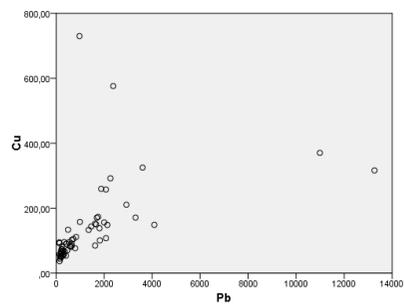
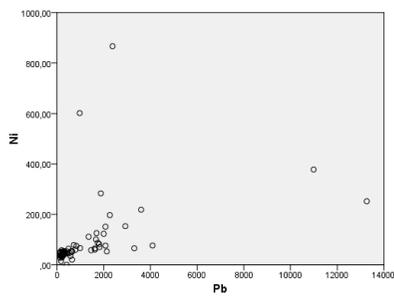
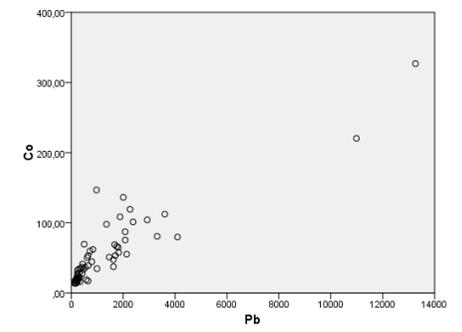
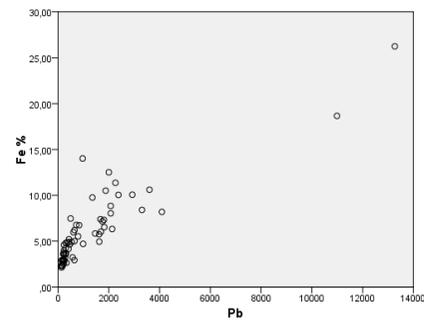
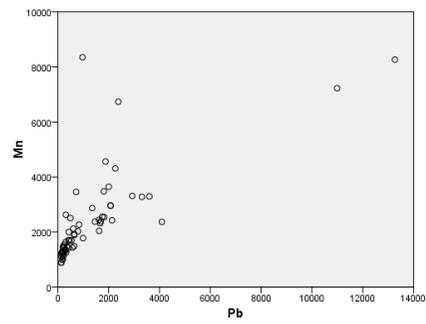
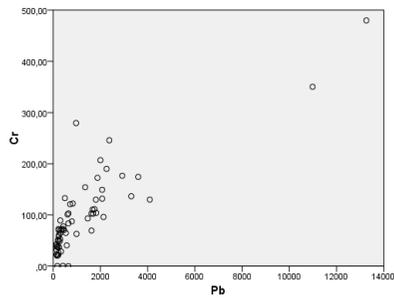
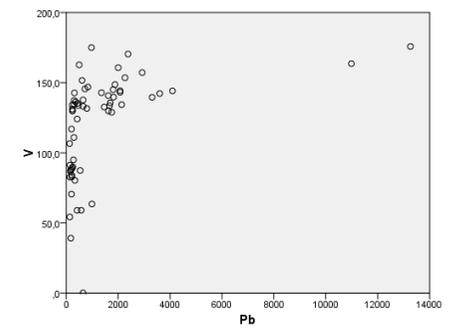
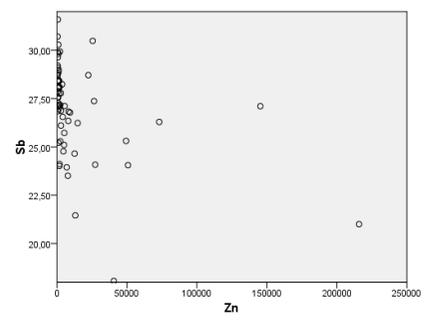
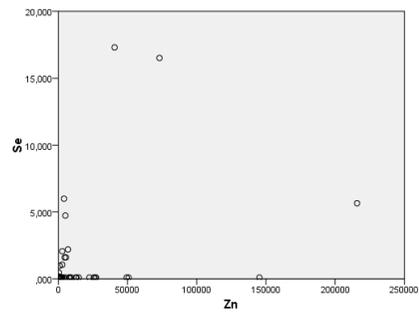
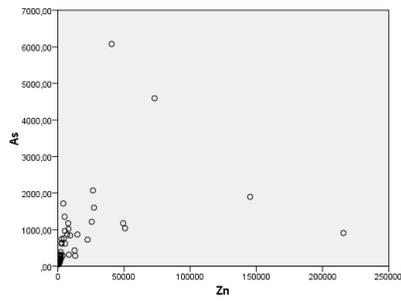


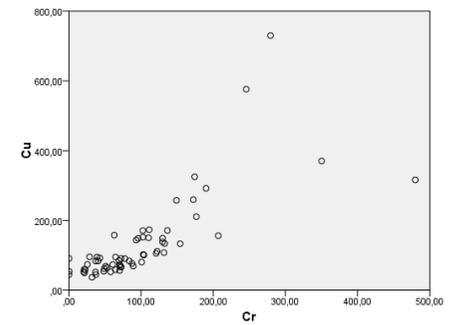
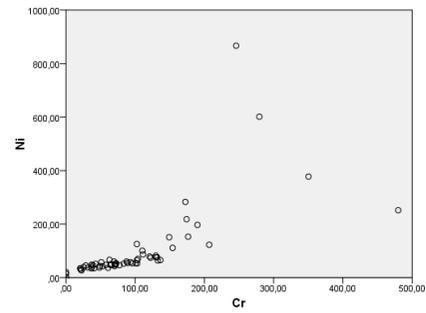
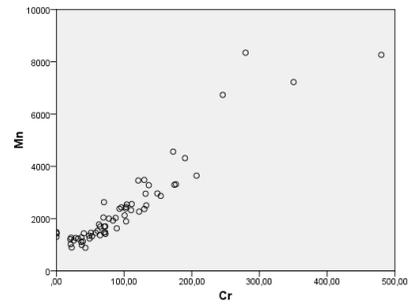
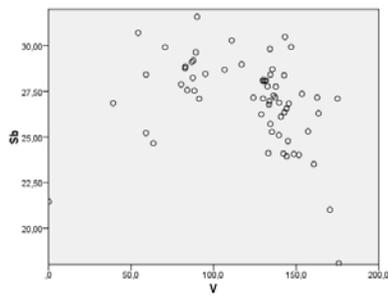
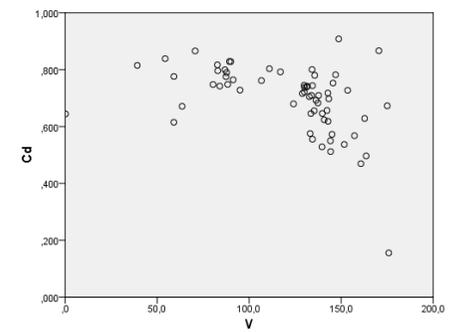
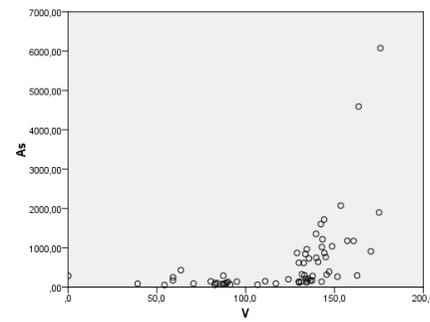
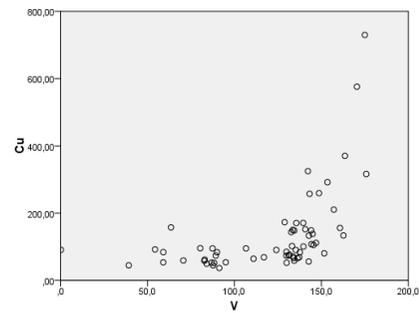
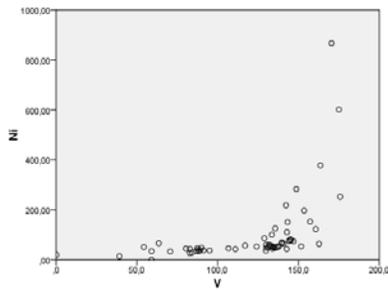
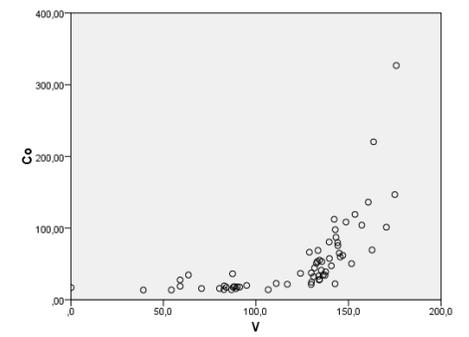
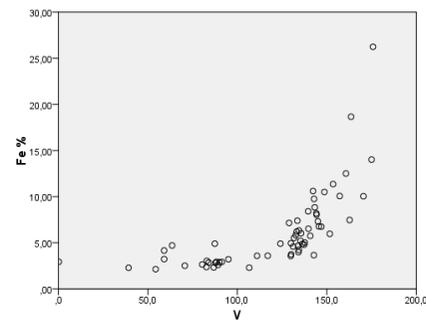
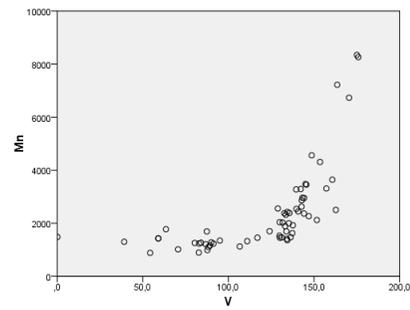
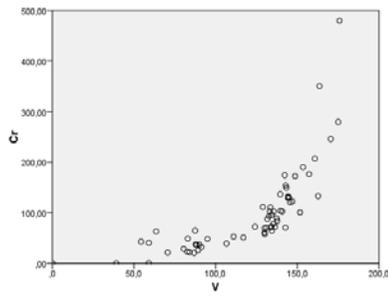


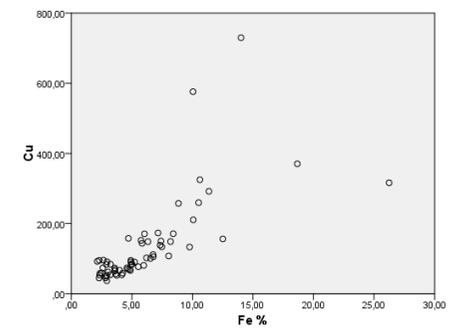
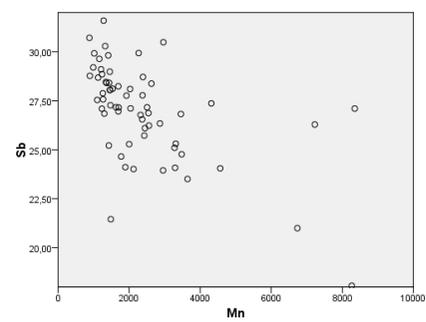
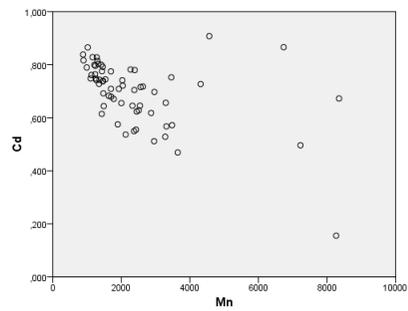
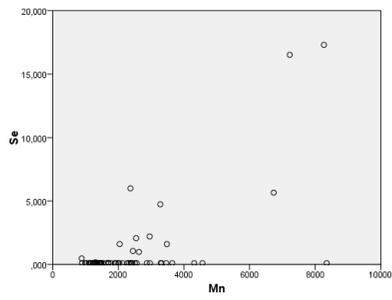
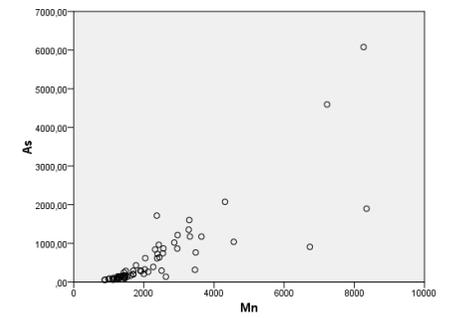
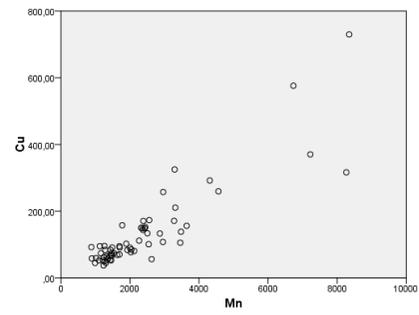
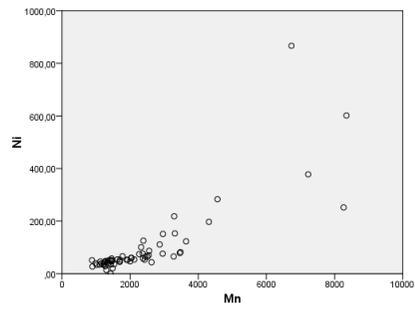
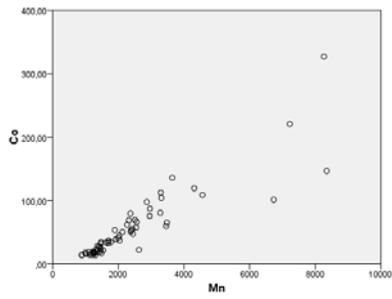
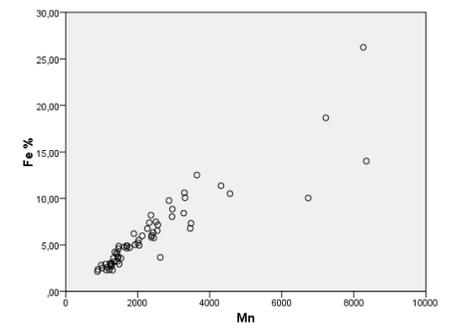
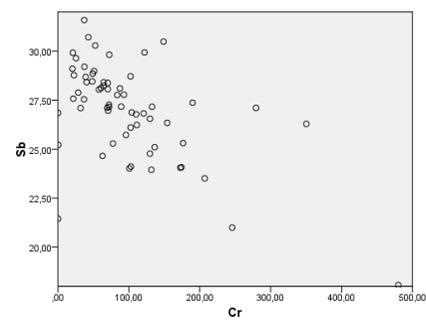
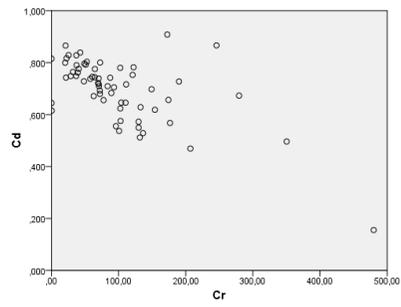
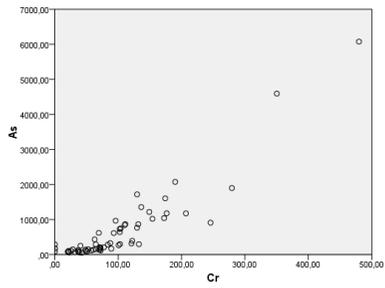


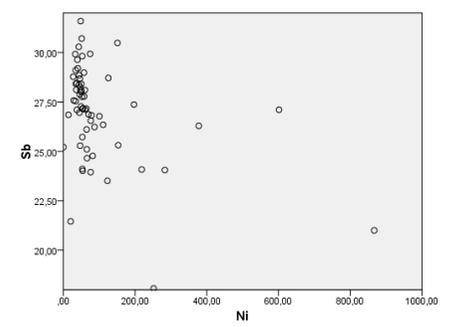
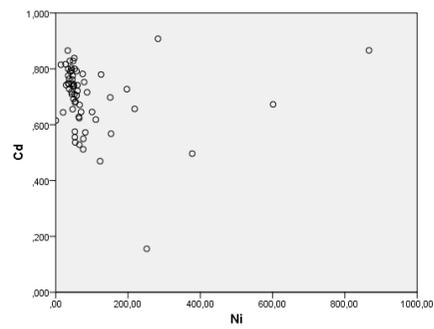
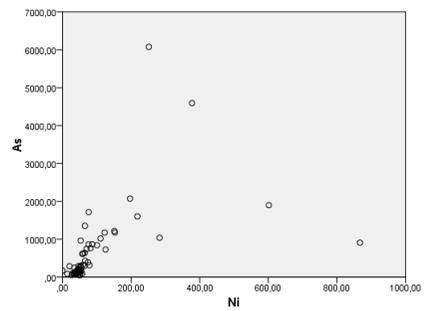
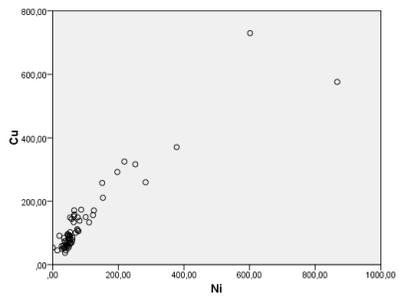
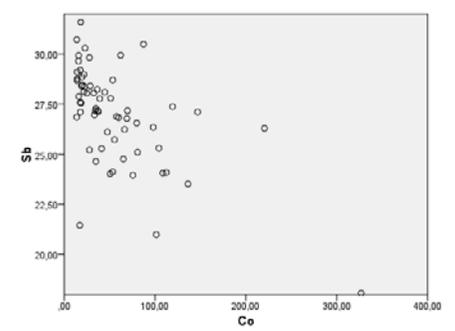
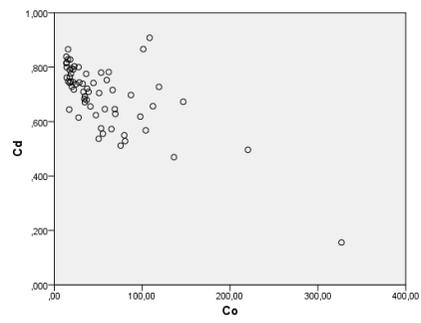
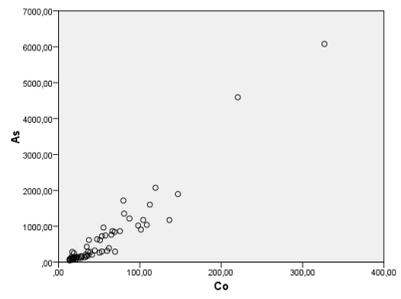
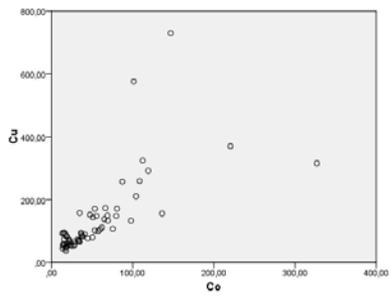
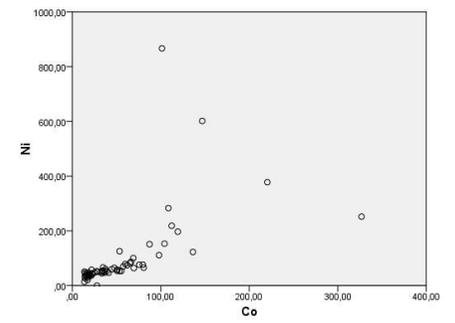
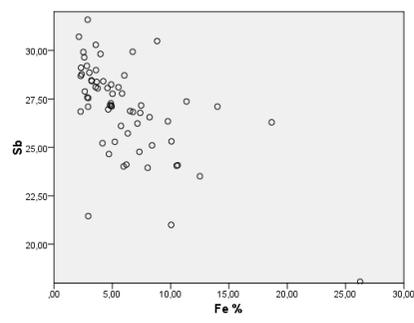
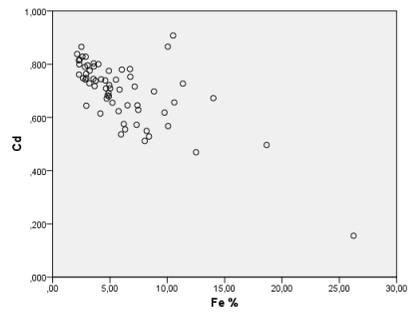
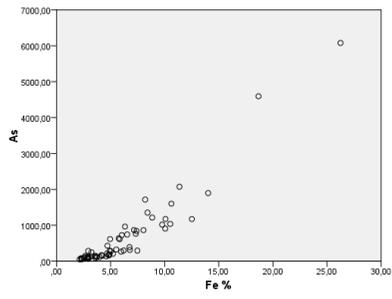
Anexo 7 - Diagramas de dispersão obtidos através dos dados da Vila Ruiva todos os elementos apresentam-se em mg/kg, exceto o Fe (%)

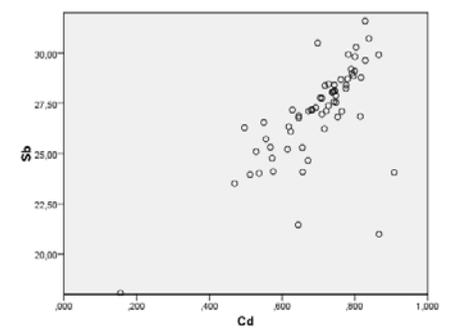
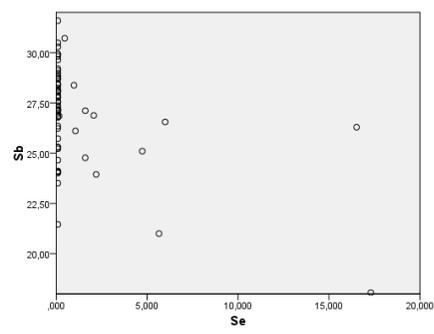
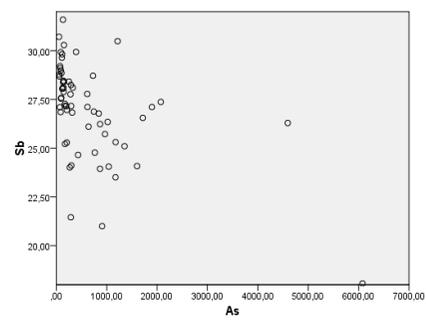
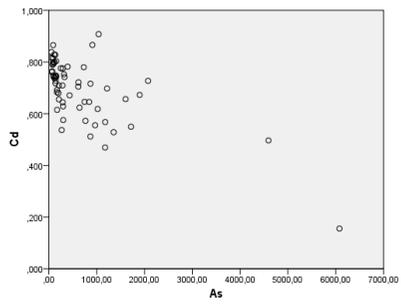
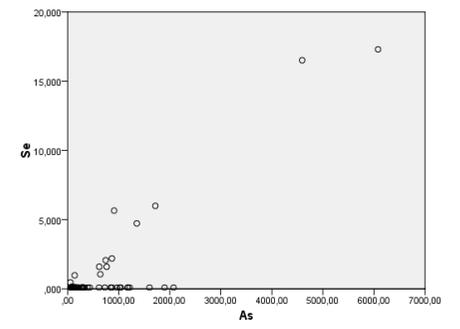
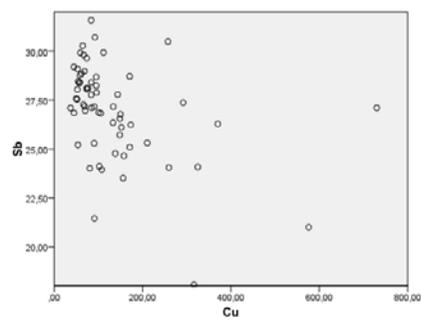
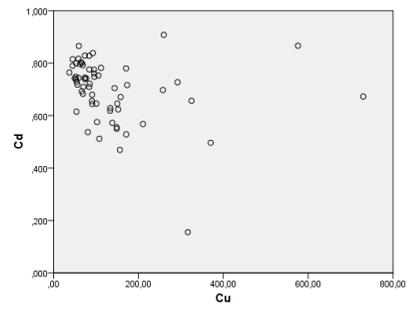
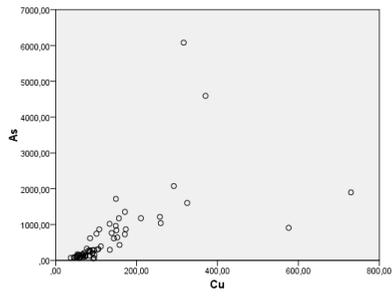




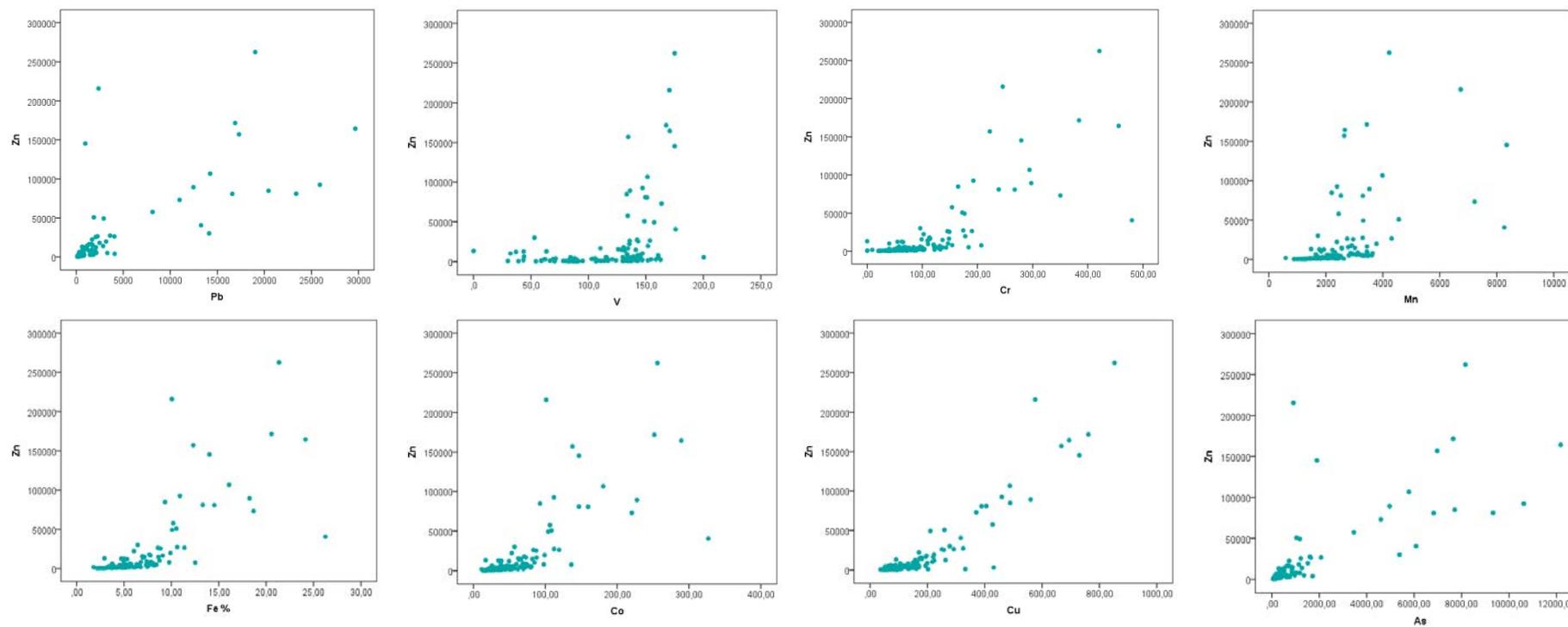


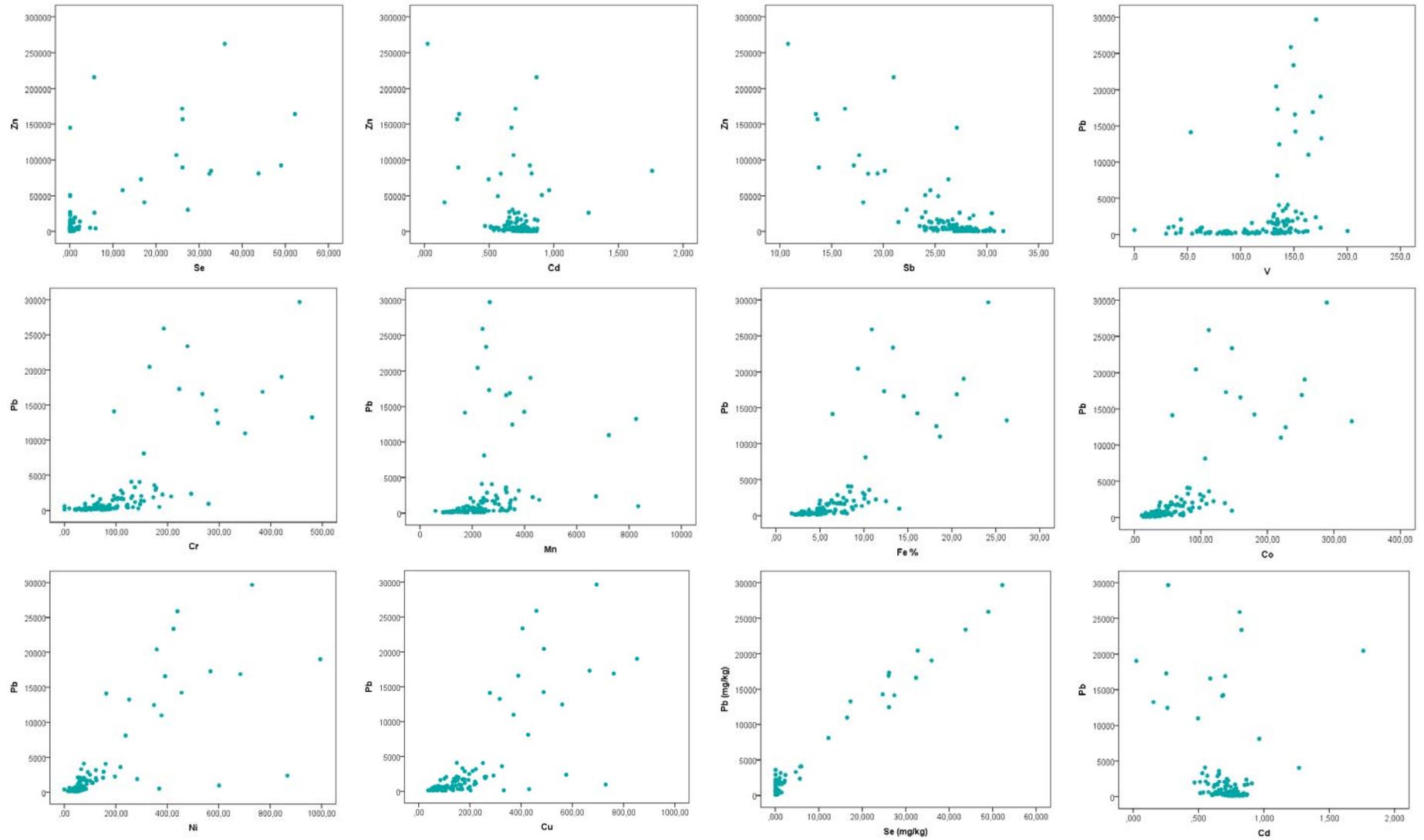


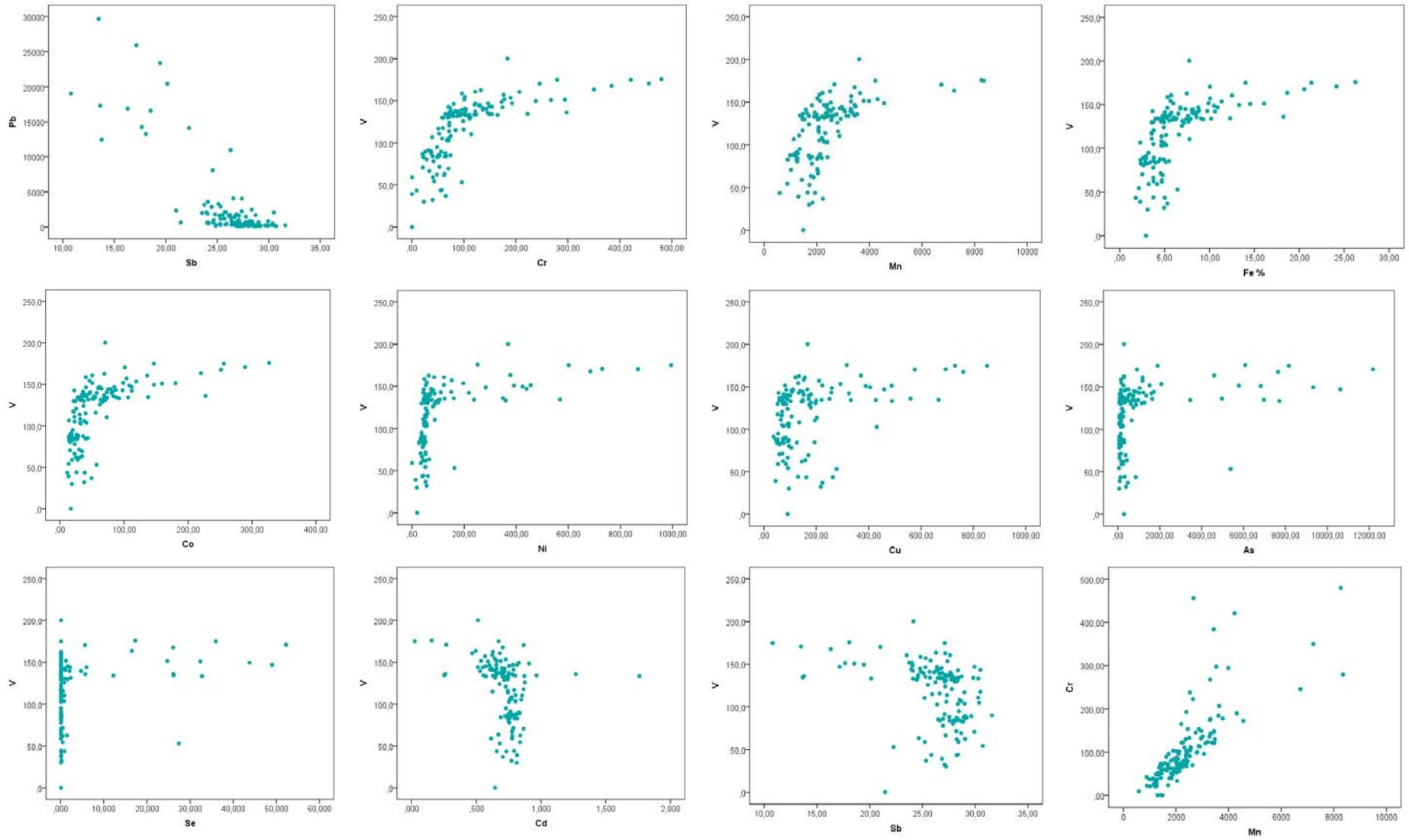


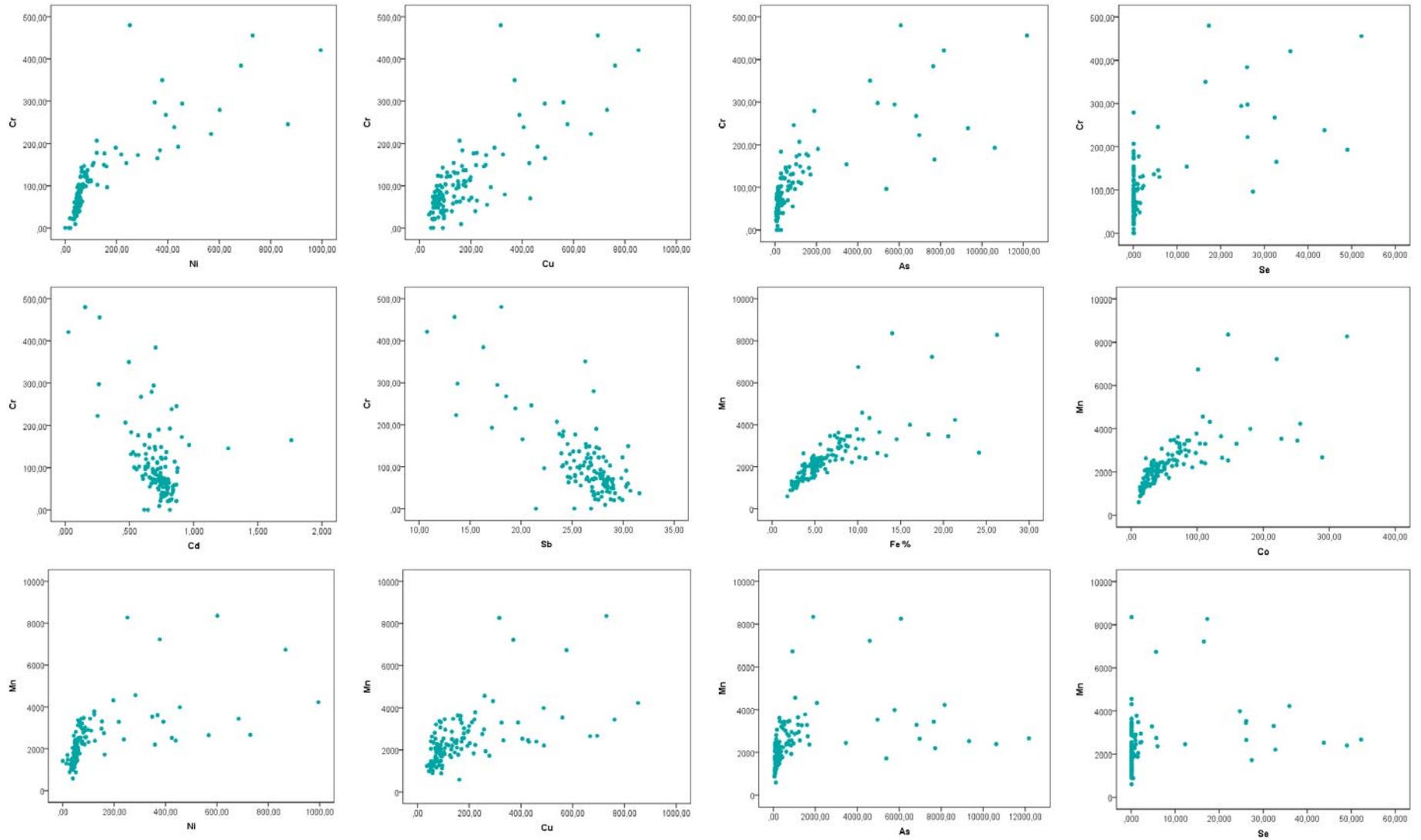


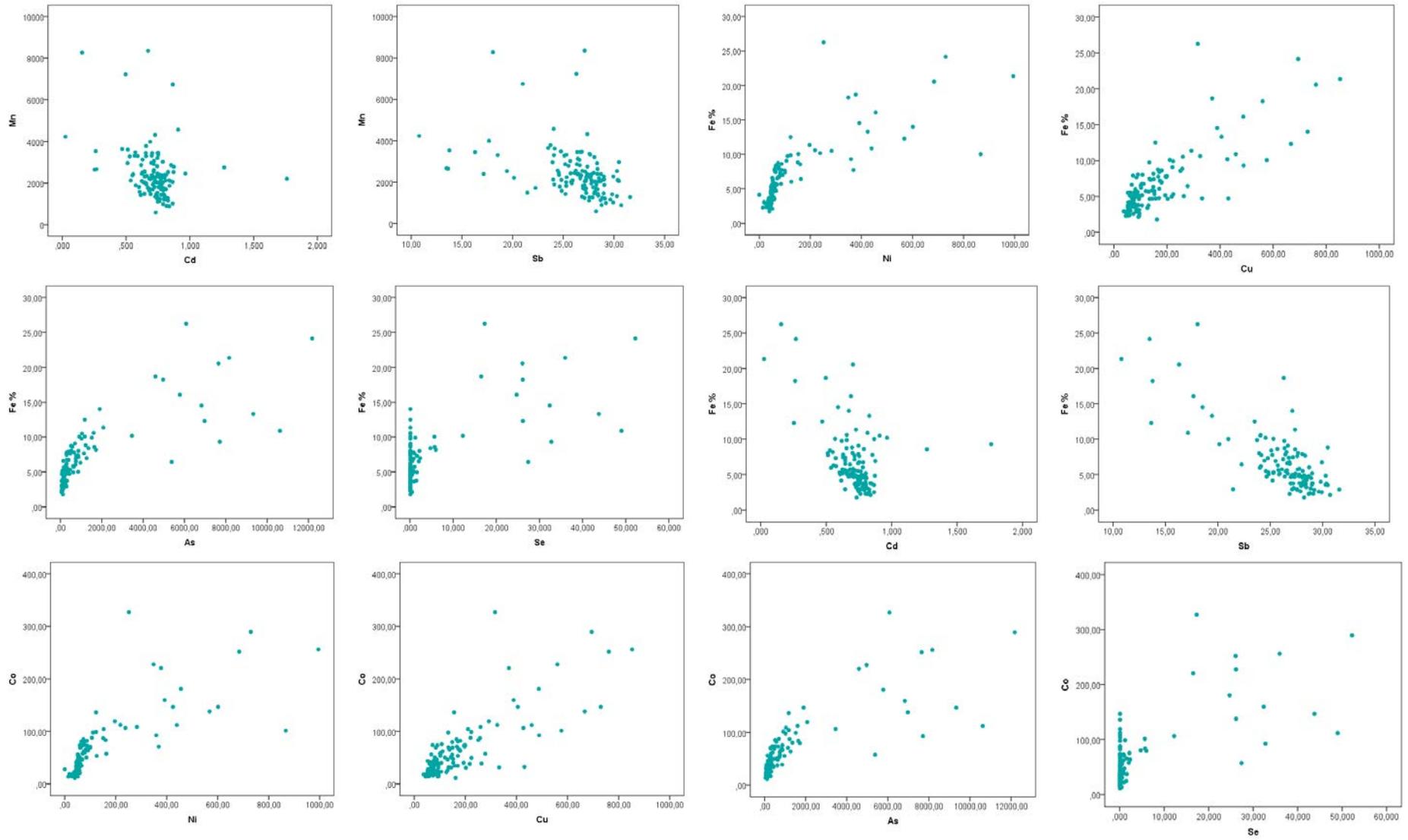
Anexo 8 - Diagramas de dispersão obtidos através dos dados totais, todos os elementos apresentam-se em mg/kg, exceto o Fe (%)

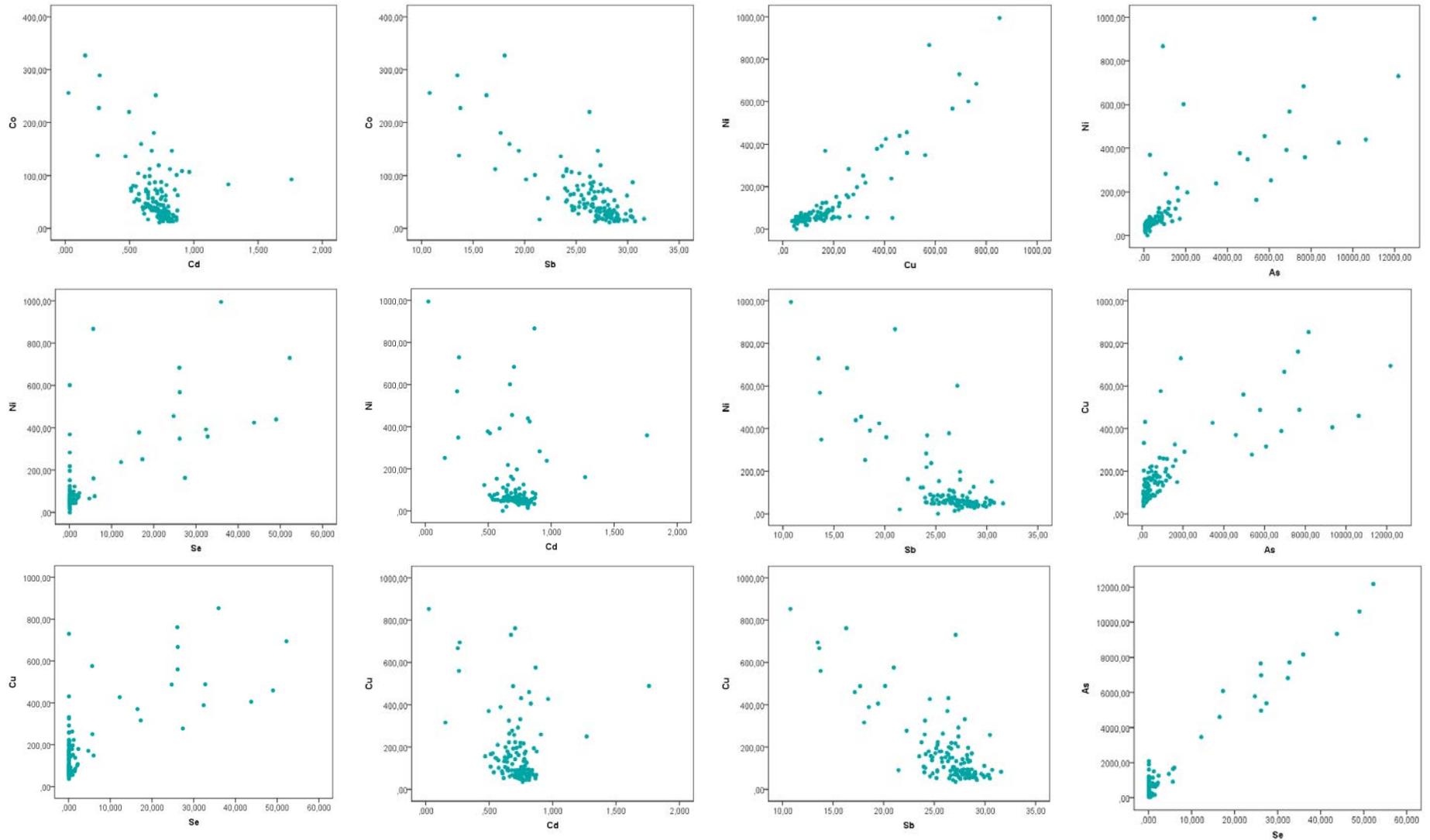


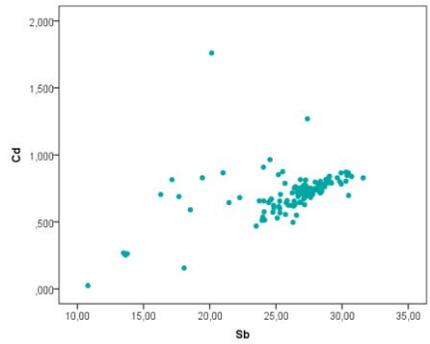
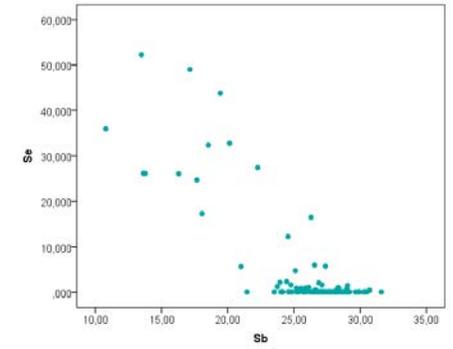
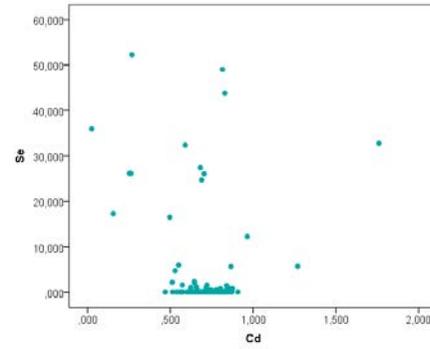
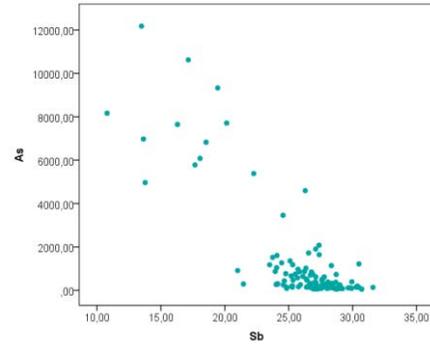
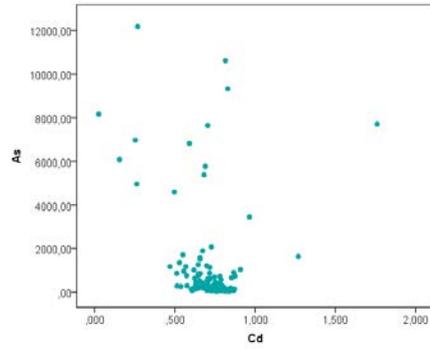












Anexo 9 - Scores das amostras

SCORES DAS AMOSTRAS							
	1	2	3	4	5	6	7
i01	-0.2383	-0.1797	0.2132	-0.1351	0.2308	-0.0975	0.0016
i02	-0.2759	-0.1249	0.2418	-0.1184	0.2483	-0.1238	0.0076
i03	-0.1673	-0.2221	0.1044	-0.1552	0.2216	-0.0813	0.0468
i04	-0.1474	-0.2314	0.1325	-0.1442	0.2631	-0.1496	0.0295
i05	-0.2178	-0.1569	0.1298	-0.104	0.1269	-0.1789	-0.084
i06	-0.3601	0.0004	-0.0292	0.0063	-0.0314	-0.0328	-0.0312
i07	-0.5134	0.1834	-0.0265	0.115	-0.0269	0.0069	-0.0011
i08	-0.3994	-0.1099	-0.2914	-0.1598	0.0134	0.1132	-0.0468
i09	-0.5144	0.1105	-0.1228	0.0507	-0.0885	0.0542	-0.0509
i10	-0.4111	0.0053	-0.1083	0.0184	-0.0561	0.0183	-0.0563
i11	-0.188	-0.2496	-0.0609	-0.0846	0.0387	-0.0787	-0.1199
i12	-0.1785	0.0499	-0.0954	0.2433	0.0175	-0.1079	0.2069
i13	-0.3924	-0.0106	-0.0736	0.015	-0.0141	0.0427	0.0078
i14	-0.5329	0.1921	0.0399	0.1838	-0.1414	-0.0454	-0.0703
i15	-0.217	-0.1066	-0.1433	0.0409	0.1212	-0.0068	0.1335
i16	-0.3144	-0.0345	-0.0482	0.0542	0.0325	-0.0353	0.0313
i17	-0.3616	-0.097	0.003	-0.1032	0.1143	-0.03	-0.0431
i18	-0.6493	0.3831	0.0732	0.3176	-0.2735	-0.0435	-0.0367
i19	-0.5025	0.1657	0.0673	0.1409	-0.0606	-0.0475	-0.0268
i20	-0.475	0.1127	0.1006	0.1073	-0.0263	-0.0293	-0.0366
i21	-0.3063	-0.1821	0.0128	-0.1234	0.0969	-0.0071	-0.0715
p01	-0.6896	0.4507	0.1868	0.3001	-0.0361	0.0883	0.1058
p02	-0.1509	-0.269	-0.0214	-0.1966	0.2051	0.0406	0.039
p03	-0.2625	-0.0873	0.1844	0.017	0.0629	-0.0527	-0.0207
p04	0.1064	-0.4103	-0.0239	-0.0906	-0.0681	-0.0436	0.0206
p05	0.0159	-0.3146	0.0439	-0.0066	-0.0497	-0.0338	0.0404
p06	-0.3026	0.0564	0.097	0.1855	-0.0901	-0.0304	0.0389
p07	-0.1079	-0.3051	-0.1169	-0.1215	-0.1184	0.0286	-0.0389
p08	-0.1	-0.313	-0.1307	-0.1301	-0.1114	-0.0199	-0.062
p09	-0.4215	0.1531	-0.0295	0.1887	-0.18	0.0767	0.0536
p10	-0.0461	-0.3691	-0.0686	-0.1376	-0.1021	0.0179	-0.0337
p11	-0.221	-0.1547	-0.0239	-0.0408	-0.0998	-0.0716	-0.0612
p12	-0.3619	0.0369	0.0309	0.0766	-0.1606	-0.0765	-0.0731
p13	-0.4519	0.2124	0.0158	0.1992	-0.1881	0.0575	0.0328
p14	-0.4009	0.0094	-0.0971	-0.0305	-0.0886	0.073	-0.0301
p15	-0.5709	0.2502	-0.0611	0.1386	-0.1885	0.0767	-0.0436
p16	-0.4946	0.1556	0.0006	0.1324	-0.1583	0.0373	-0.047
p17	-0.4816	0.0884	-0.0753	0.0536	-0.1077	0.0668	-0.0393
p18	-0.4805	0.0998	0.0167	0.0939	-0.0828	0.0406	-0.0539
p19	-0.4935	0.0919	0.0099	0.0829	-0.0922	0.0563	-0.054
p20	-0.3414	-0.1215	-0.0216	-0.1028	0.0899	0.0045	-0.057
p21	-0.3985	-0.0348	0.0073	-0.0612	0.0918	0.0217	-0.0781
p22	-0.5278	0.061	-0.1852	-0.0352	-0.0226	0.1409	-0.0546

p23	-0.5405	0.0271	-0.2247	-0.1027	0.0367	0.1342	-0.0619
p24	-0.5333	0.3154	0.0372	0.2695	-0.2264	0.0719	0.0284
p25	0.0782	-0.1	0.1116	-0.0481	0.0456	-0.1114	-0.0037
p26	-0.2548	0.2913	0.2116	0.3944	-0.2105	-0.0224	0.0706
p27	0.4178	-0.3726	-0.0267	-0.087	-0.0789	-0.1637	0.0136
p28	1.9025	0.1884	-0.1072	-0.0241	-0.0702	-0.1275	0.0292
p29	2.1332	0.486	0.5388	0.4381	0.4524	-0.07	-0.0511
p30	1.7793	0.3721	0.1592	-0.2727	-0.0507	0.0052	-0.1227
p31	0.0199	-0.1686	-0.1051	-0.0409	-0.0511	0.1073	0.0374
p32	0.1457	-0.2981	-0.165	-0.0166	-0.1285	-0.0374	0.0786
p33	-0.4168	0.349	0.0704	0.3988	-0.2869	-0.0049	0.0876
p34	-0.2758	0.2479	0.1598	0.414	-0.3036	-0.0945	0.0552
p35	0.1393	0.2219	-0.8397	-0.244	-0.151	-0.1281	0.1973
p36	-0.0052	-0.0291	-0.1838	0.0317	-0.1477	-0.1746	0.0773
p37	0.0755	-0.241	-0.1596	-0.0934	-0.0534	-0.1281	0.0928
p38	-0.059	-0.0333	-0.2307	-0.0516	-0.049	-0.1755	0.0422
p39	0.393	-0.654	0.0166	-0.1054	0.3937	-0.0565	-0.135
p40	3.5838	0.6652	0.5633	-0.3013	0.0148	0.335	0.1608
p41	2.718	0.2818	-0.274	0.1622	0.0874	0.0054	0.4346
p42	2.0673	-0.028	0.6409	0.128	-0.1316	-0.241	0.21
p43	1.9769	1.2398	-0.0133	-0.5384	0.1048	0.0109	-0.3736
p44	1.2217	1.4798	-1.3484	-0.5574	-0.1115	-0.3994	0.0606
p45	3.6107	0.0681	0.4788	0.7425	0.5739	0.1724	0.033
p46	0.7006	0.3326	-0.4191	-0.0769	-0.0126	-0.0376	0.2308
p47	0.5667	0.9417	0.328	-0.0321	-0.2316	0.0486	-0.2319
p48	1.8982	0.9563	-0.0786	-0.5694	-0.0493	0.1072	-0.1997
v01	-0.7304	0.3785	-0.0281	0.1647	-0.0949	0.2124	0.0713
v02	-0.6028	0.2859	0.0707	0.1722	-0.1257	0.0662	-0.0051
v03	-0.7278	0.334	-0.0615	0.0716	-0.0475	0.1221	0.0364
v04	-0.613	0.2115	0.1209	0.0657	0.0309	0.0057	-0.0319
v05	-0.6666	0.1955	-0.1072	0.0127	0.0027	0.2466	0.0382
v06	-0.3821	-0.1779	-0.054	-0.1496	0.1348	0.0313	-0.1681
v07	-0.5625	0.131	0.0931	0.0147	0.0508	0.0786	-0.0139
v08	-0.5739	0.0981	-0.0722	-0.0858	0.0801	0.1658	0.0381
v09	-0.4502	-0.0161	0.0116	-0.1657	0.1931	0.0625	0.0356
v10	-0.3636	-0.0607	0.0658	-0.1356	0.1627	-0.0272	0.0036
v11	-0.3184	-0.1145	0.0214	-0.1484	0.1346	0.0285	0.0076
v12	-0.21	-0.2116	-0.1696	-0.2187	0.0356	0.1559	0.0966
v13	-0.1965	-0.1374	-0.0106	-0.0985	0.0392	0.0357	0.0223
v14	-0.1003	-0.1962	0.0823	-0.1498	0.0472	0.0169	-0.0461
v15	-0.2789	-0.029	0.0247	-0.1221	0.1048	-0.0033	-0.0496
v16	-0.1191	-0.0958	-0.187	-0.0475	0.0899	0.1098	0.0461
v17	0.5239	-0.3321	-0.5219	0.0967	-0.0867	-0.2183	-0.0152
v18	0.151	-0.1719	0.2328	-0.2202	0.0205	0.102	0.0138
v19	1.6161	-0.4021	-1.0581	0.9981	0.5314	-0.0999	-0.3449
v20	0.213	-0.2956	0.2227	-0.1132	-0.0644	-0.0298	-0.0715

v21	0.1325	-0.335	0.2854	-0.1078	0.0333	-0.1122	-0.0731
v22	1.578	-0.9518	-0.9273	0.807	-0.0346	0.1946	-0.1245
v23	-0.0746	-0.3185	-0.1535	-0.118	-0.0235	-0.073	-0.0996
v24	-0.5243	0.0717	-0.0543	-0.0806	0.1235	0.0786	0.0103
v25	0.0966	-0.3617	0.1336	-0.0801	0.0015	-0.1104	-0.1274
v26	-0.1049	-0.1864	0.1124	-0.0967	0.1128	-0.036	-0.0197
v27	-0.5898	0.2358	0.0923	0.1109	0.0289	0.0334	-0.0002
v28	-0.5872	0.1555	0.0246	-0.0133	0.156	0.0744	0.027
v29	-0.3092	-0.0997	-0.0251	-0.14	0.0688	0.0435	0.0136
v30	-0.137	-0.167	0.285	-0.073	0.1366	-0.1448	0.0362
v31	-0.1133	-0.2721	0.2997	-0.1391	0.2173	-0.1502	-0.0295
v32	-0.3692	-0.0658	0.0938	-0.1524	0.1907	0.0084	0.0369
v33	-0.5429	0.2244	0.3826	0.2133	-0.0893	-0.1037	-0.0569
v34	-0.47	-0.0007	0.0071	-0.1266	0.1799	0.0302	0.0003
v35	-0.3373	-0.0999	0.0907	-0.1463	0.1829	0.0083	0.0212
v36	-0.7229	0.4237	0.1101	0.2433	-0.169	-0.0712	-0.06
v37	-0.6623	0.2404	-0.0505	0.0193	0.038	0.1109	0.0234
v38	-0.6736	0.2337	0.0068	0.0347	0.0391	0.0836	-0.0184
v39	-0.6901	0.2912	0.0198	0.0357	0.0439	0.0627	0.0354
v40	-0.6519	0.2278	0.0325	0.013	0.045	0.1102	0.0267
v41	-0.5906	0.1974	0.0931	0.0236	0.0635	-0.0322	-0.0282
v42	-0.5934	0.2077	0.1148	0.038	0.0584	0.0116	0.0046
v43	-0.4709	-0.0027	0.0279	-0.1354	0.1863	0.035	-0.0035
v44	-0.4135	-0.0255	0.0176	-0.1371	0.1628	0.0417	0.0479
v45	-0.6072	0.2174	0.0143	0.0497	-0.0056	0.0848	0.0176
v46	-0.4868	-0.0063	-0.1025	-0.1812	0.1654	0.1331	0.0535
v47	-0.3474	-0.0518	0.1065	-0.0699	0.1206	0.0067	0.0227
v48	-0.2527	-0.1246	0.1438	-0.0948	0.1524	-0.1213	-0.014
v49	-0.0446	-0.3739	0.0515	-0.2073	0.1219	0.0211	0.0763
v50	-0.4443	0.1235	0.0108	0.0544	-0.0759	0.052	0.0424
v51	-0.525	0.5111	0.4721	0.5532	-0.2551	-0.3292	-0.1124
v52	-0.0253	-0.1324	-0.0244	-0.0356	0.0009	-0.0429	0.0585
v53	0.1433	-0.2932	-0.1921	-0.0331	-0.0266	0.2875	0.1511
v54	-0.0366	-0.1797	0.0767	-0.0675	0.0413	0.0312	0.0678
v55	-0.3064	0.2054	0.2222	0.2791	-0.0899	-0.1194	0.0154
v56	2.5019	-1.1705	0.468	-0.3032	-0.9891	-0.0593	-0.1035
v57	0.5207	-0.282	-0.0516	0.0545	-0.0331	-0.0867	0.1739
v58	0.4374	-0.4203	0.0395	-0.0028	0.0654	0.0203	0.0623
v59	0.5071	-0.4589	-0.2869	-0.0368	-0.1764	0.0693	0.0868
v60	1.7813	-0.7204	-0.2113	-0.0554	-0.577	0.3409	-0.2095
v61	0.5142	-0.6289	0.2611	-0.1489	-0.1203	-0.1012	0.0961
v62	0.1526	-0.3587	0.0809	-0.124	-0.0647	0.0196	0.0899
v63	-0.0648	-0.1959	0.2294	-0.0617	0.0781	-0.026	-0.0146

Anexo 10 - Dados das medições por FRX-P

PONTO	x	y	Zn (PPM)	Pb (PPM)	V (PPM)	Cr (PPM)	Mn (PPM)	Fe (%)	Co (PPM)	Ni (PPM)	Cu (PPM)	As (PPM)	Se (PPM)	Cd (PPM)	Sb (PPM)
int01	-7.29212	38.04123	2050.798	300.5937	146.4733	80.3962479	1815.272949	5.303471	40.5614395	45.80196	85.4143982	141.9077	0.09	0.60154277	25.2859306
int02	-7.29224	38.04112	1638.097	191.3196	141.382	73.577507	1578.51001	5.025937	36.0757408	48.8414497	75.1532669	87.1507416	0.09	0.60614979	24.83988
int03	-7.29235	38.04096	2705.838	364.9293	154.416	101.850502	2022.937012	5.65317	46.180191	56.9061317	130.723297	162.410904	0.09	0.64228952	25.76828
int04	-7.29248	38.04085	2639.282	354.9398	158.6216	96.3548584	2102.375	5.329197	40.4681816	47.3933716	152.587997	144.915298	0.09	0.62390721	24.8140602
int05	-7.29254	38.04072	4587.114	663.8121	137.1666	75.9541168	2346.36499	5.508594	41.9855614	47.7649117	61.8137398	247.626999	0.1215424	0.66280562	24.5792103
int06	-7.29267	38.0406	3873.127	457.623	105.8745	71.7502518	2232.400879	4.978575	38.2236786	55.9196205	89.7553177	181.118301	0.09	0.7702024	27.2568092
int07	-7.29273	38.04049	3146.666	318.8631	84.159828	39.9581413	1744.505005	3.39559	22.1323204	51.9263611	125.920502	135.676697	0.09	0.79692101	27.9521008
int08	-7.29284	38.04039	3833.648	298.8052	133.35561	90.5343628	2531.458984	4.84428	33.9942703	62.6570282	69.504837	141.215607	0.09	0.87166762	30.2980404
int09	-7.29296	38.04027	2951.873	297.7433	89.45047	56.2478409	2131.230957	3.79969	25.9281597	48.295639	81.8391876	135.411301	0.1165346	0.83668709	29.0215492
int10	-7.29314	38.04024	3385.851	269.5451	103.4403	67.2067337	2397.831055	4.648961	31.43186	57.3077393	94.4047775	140.513199	0.09	0.80262452	28.3619404
int11	-7.29325	38.04008	6137.544	314.5405	139.09801	96.1536179	3066.824951	5.627553	46.2932396	68.9785614	88.4157791	173.107101	0.09	0.7187888	26.5954895
int12	-7.29335	38.04012	3182.046	301.0856	102.8221	69.8987198	2380.51709	4.731438	32.5281792	52.3783798	431.105896	141.735992	0.09	0.75205839	26.3875599
int13	-7.29351	38.03996	1621.221	163.3521	108.0939	74.6839371	2195.1521	4.65185	31.7025108	50.8869781	134.570297	94.756073	0.09	0.77254713	28.5207195
int14	-7.29364	38.03989	1233.083	154.9336	66.601677	33.5957489	2042.265015	3.744085	22.8029499	38.315609	90.8118362	78.3648071	0.09	0.77632499	27.1930599
int15	-7.29373	38.03991	1263.911	153.4119	134.254	79.167717	2447.916016	4.736217	31.5138607	54.3060303	332.116302	82.4418793	0.09	0.74544179	28.0017204
int16	-7.29387	38.03972	1140.165	145.1739	113.7674	71.7165604	2321.464111	4.666885	30.7999306	54.1448097	202.237396	78.1356735	0.09	0.74398071	27.3317909
int17	-7.29405	38.03972	1070.681	141.1584	131.1813	72.6937637	2100.168945	4.690033	31.6858196	52.8275108	72.3826904	73.8031769	0.09	0.72927511	27.2358208
int18	-7.29417	38.03964	849.1906	129.3879	29.96414	23.1576004	1701.970947	3.101188	18.6499901	18.6147594	94.9628372	62.9454384	0.09	0.81245363	27.2467308
int19	-7.29426	38.03955	888.5107	119.0827	78.06488	41.6937599	1810.714966	3.739318	23.0328407	41.3393784	105.146896	63.418499	0.09	0.75484729	26.9465599
int20	-7.2944	38.03944	796.1329	142.1183	85.777802	51.5001602	1815.890991	3.779339	24.8547707	45.6037407	91.7998428	78.9467392	0.09	0.72255731	26.9579697
int21	-7.29492	38.03909	933.3288	187.9668	136.90089	85.1840973	2378.413086	5.153724	38.3924217	60.3450012	59.6584396	92.7554321	0.09	0.70029593	27.4046001
pr01	-7.2958	38.0434	1873.124	309.1608	43.445339	9.33993053	590.5040283	1.785361	11.4723597	39.4249611	161.896896	119.547997	0.09	0.73243821	28.2334595
pr02	-7.29667	38.04385	5563.99	486.7701	160.8591	121.969002	2215.991943	5.738801	50.2856903	84.8987198	120.068604	270.450592	0.09	0.68257749	27.6247196
pr03	-7.297	38.04371	5330.194	436.4068	115.1426	84.1393738	2080.664063	5.162881	40.0688286	49.6240196	105.745003	255.206207	0.09	0.62547058	25.9157009

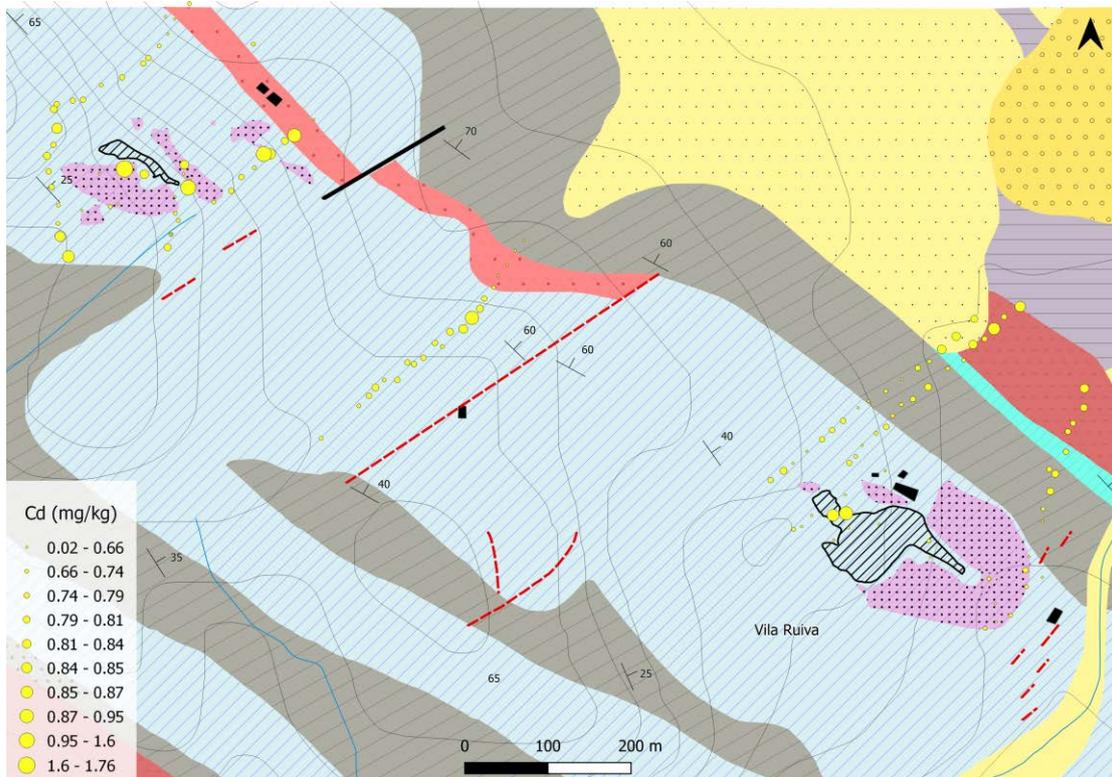
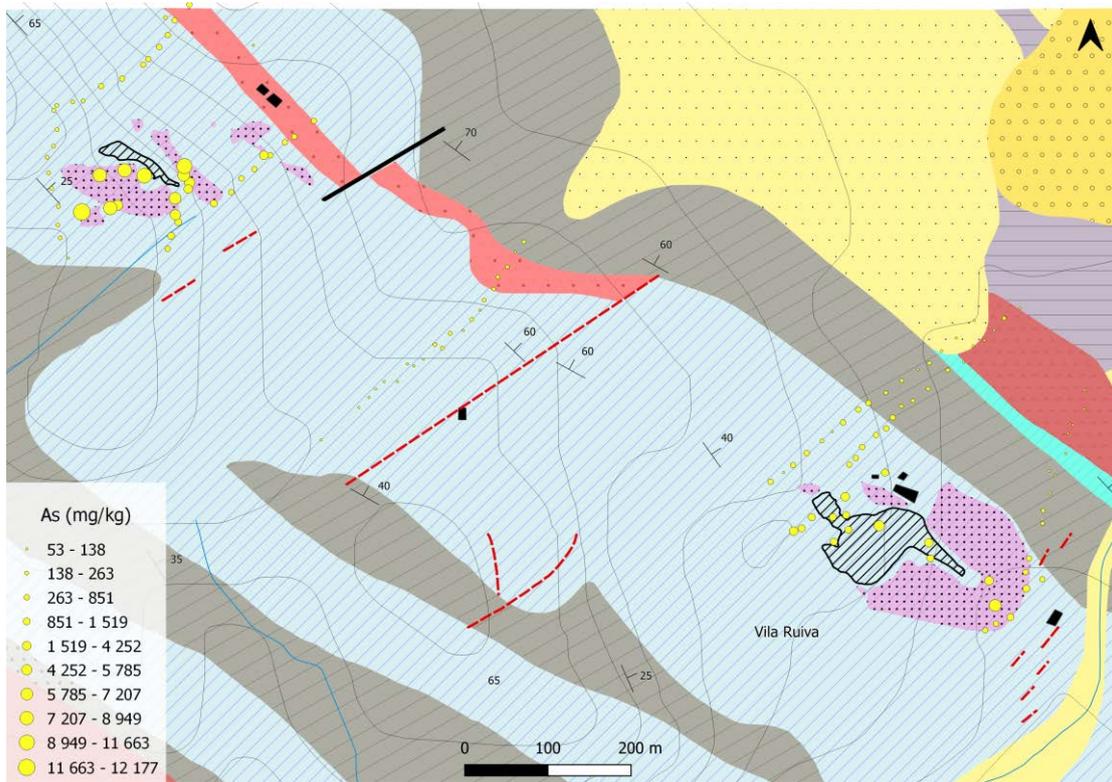
pr04	-7.29688	38.04368	10186.3	890.2612	146.9684	146.560303	3442.826904	8.75212	84.9847412	73.3877182	165.606201	513.408813	0.09	0.65485102	26.3760509
pr05	-7.29697	38.04352	8703.255	657.2856	133.8295	120.408798	3122.179932	7.831178	73.5370407	59.2477989	199.528305	456.252594	0.09	0.62921292	26.4377003
pr06	-7.29709	38.04339	5120.728	435.8656	84.364143	66.0152817	2190.650879	5.152544	40.1252518	49.8855591	193.263596	298.872009	0.09	0.68929201	26.6743298
pr07	-7.29724	38.04326	5931.794	407.0749	133.8929	123.413902	3204.268066	7.901066	73.6810684	75.6756973	71.7576294	378.764893	0.09	0.74560511	28.0652599
pr08	-7.29731	38.0432	5058.37	423.5327	137.1983	121.8582	3366.593018	7.612426	69.0102615	60.1331596	84.6790466	468.667694	0.09	0.75236481	27.5834808
pr09	-7.2976	38.04305	3298.831	298.58	69.36087	70.3510437	2044.505005	4.78277	34.5578194	52.3238907	169.931198	370.365204	0.09	0.78068572	28.6798897
pr10	-7.29789	38.04297	4847.783	305.4826	140.55969	143.208099	3314.641113	8.064339	73.2664871	63.48563	90.2129517	521.514771	0.09	0.70134169	27.6531601
pr11	-7.29814	38.04281	5035.564	344.0232	115.8285	99.5247726	2811.739014	6.601702	55.855751	51.0384216	66.8795929	139.101105	0.53400069	0.74388123	26.6254501
pr12	-7.29828	38.0428	4164.372	465.8588	85.195534	74.2276535	2407.821045	5.481047	43.5719604	47.7926903	52.3375092	174.647797	0.2405808	0.76319492	26.4822998
pr13	-7.2985	38.04276	3207.725	837.0404	61.985649	62.0984001	1878.86499	4.684758	31.1939507	51.9822693	144.0746	259.885315	0.52877653	0.77783757	28.2556591
pr14	-7.29854	38.04271	3221.344	704.522	103.7718	70.8647003	2273.014893	5.173015	41.3886185	47.1543007	75.3520813	246.093399	0.79383832	0.80215919	29.0039291
pr15	-7.2985	38.0425	2633.841	423.3842	62.46487	48.1877403	1869.112061	3.766249	24.8425503	43.8112106	72.9726486	155.7173	1.47807097	0.84021169	29.0484505
pr16	-7.29855	38.04232	3847.877	355.0243	71.517357	53.1638985	2020.222046	4.579089	30.1827106	51.3918304	70.3034668	150.052994	0.4724308	0.78689581	28.2089596
pr17	-7.29864	38.0422	3991.999	314.7561	87.967461	64.2708893	2112.185059	4.503044	29.0644398	47.0053596	73.9621811	199.651093	0.09	0.807827	28.9138508
pr18	-7.29862	38.04203	3046.665	277.852	83.817703	63.4409218	2012.232056	3.978668	26.4850693	50.0928612	76.012413	164.384598	0.09	0.75903863	28.1469307
pr19	-7.29858	38.04186	2626.376	290.5905	84.735336	53.4945793	2036.297974	4.315816	27.4809895	44.9254608	71.8200073	156.5504	0.09	0.76034927	28.4893208
pr20	-7.29849	38.04166	2496.108	307.1279	131.5878	79.7692337	2275.531006	4.787666	32.8739395	52.9443016	76.1883774	169.541107	0.09	0.72852433	27.7275505
pr21	-7.2985	38.04146	2731.924	680.0769	120.8158	72.1261215	2074.13501	3.793718	25.4389	57.7526207	69.4471436	259.532288	0.09	0.72753179	27.7877693
pr22	-7.29847	38.04132	3384.558	491.4867	105.1704	58.1948318	2092.818115	3.746076	22.7982597	56.3052292	69.1611404	195.5979	0.09	0.84667522	30.3702908
pr23	-7.29836	38.0411	2118.362	265.6654	117.639	59.7182503	2056.676025	3.535898	20.7030602	59.3985901	51.9693718	132.952805	0.09	0.86527872	30.4809704
pr24	-7.297	38.04119	6203.043	787.0081	44.01376	57.7518883	1650.084961	3.752792	25.7808495	43.7473793	130.268997	318.183594	0.09	0.79170889	28.3820496
pr25	-7.29695	38.04133	13959.35	2864.563	131.4635	109.490402	2562.391113	6.985813	63.5529518	91.2368317	179.957001	1262.93604	2.34520602	0.64512873	24.4456902
pr26	-7.29695	38.04133	12428.36	2099.04	43.63876	55.0670891	1931.905029	5.020002	38.7307091	60.9822388	263.26181	853.568115	0.8885743	0.65875608	25.8401794
pr27	-7.29685	38.04148	19709.05	3180.079	151.7831	177.8349	3780.730957	9.893665	98.9562531	122.847099	223.070297	1515.03699	1.23214602	0.65650779	23.7402191
pr28	-7.29689	38.04156	106682.2	14236.88	151.3757	294.281311	3987.048096	16.08508	180.6297	455.558289	487.665588	5777.22412	24.7101307	0.68890512	17.6686096
pr29	-7.29689	38.04174	157062.6	17303.25	134.6095	222.369904	2646.37793	12.29979	137.803207	567.940002	667.275085	6971.37305	26.1680508	0.2529963	13.6347704
pr30	-7.29677	38.04199	80776.41	16589.25	150.9249	267.487213	3299.332031	14.52867	159.5849	391.700714	388.841614	6823.61816	32.3796196	0.59040499	18.5318794

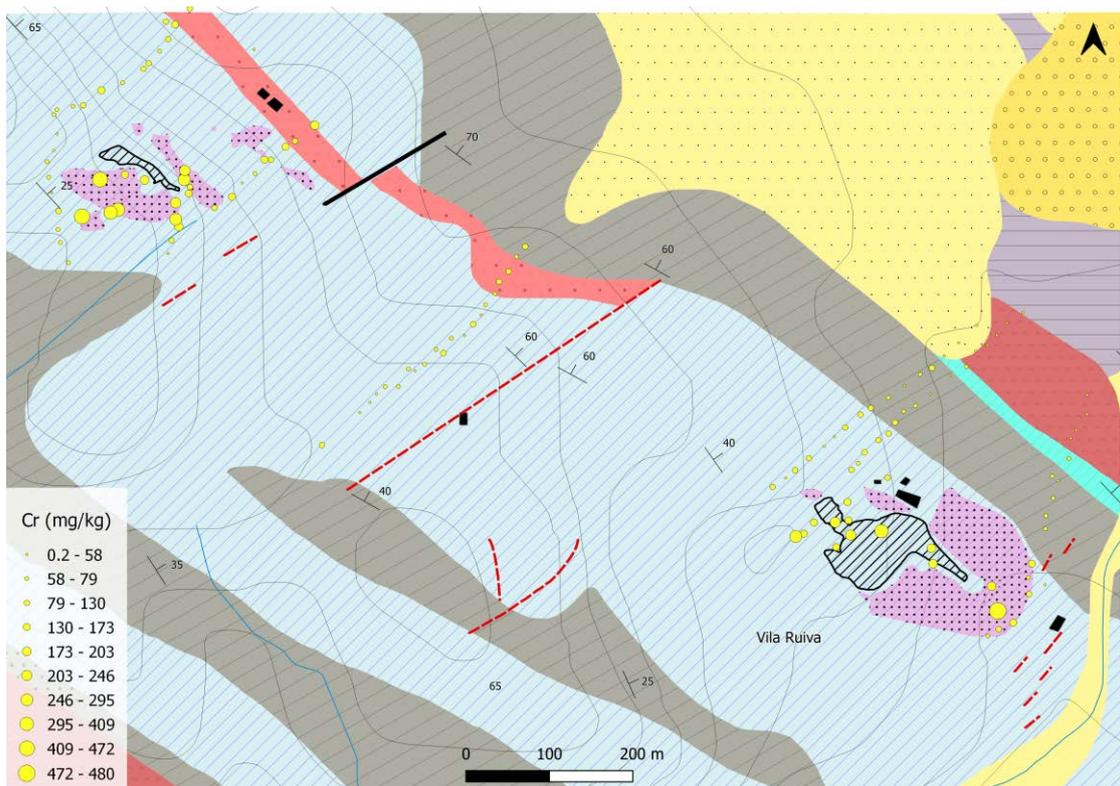
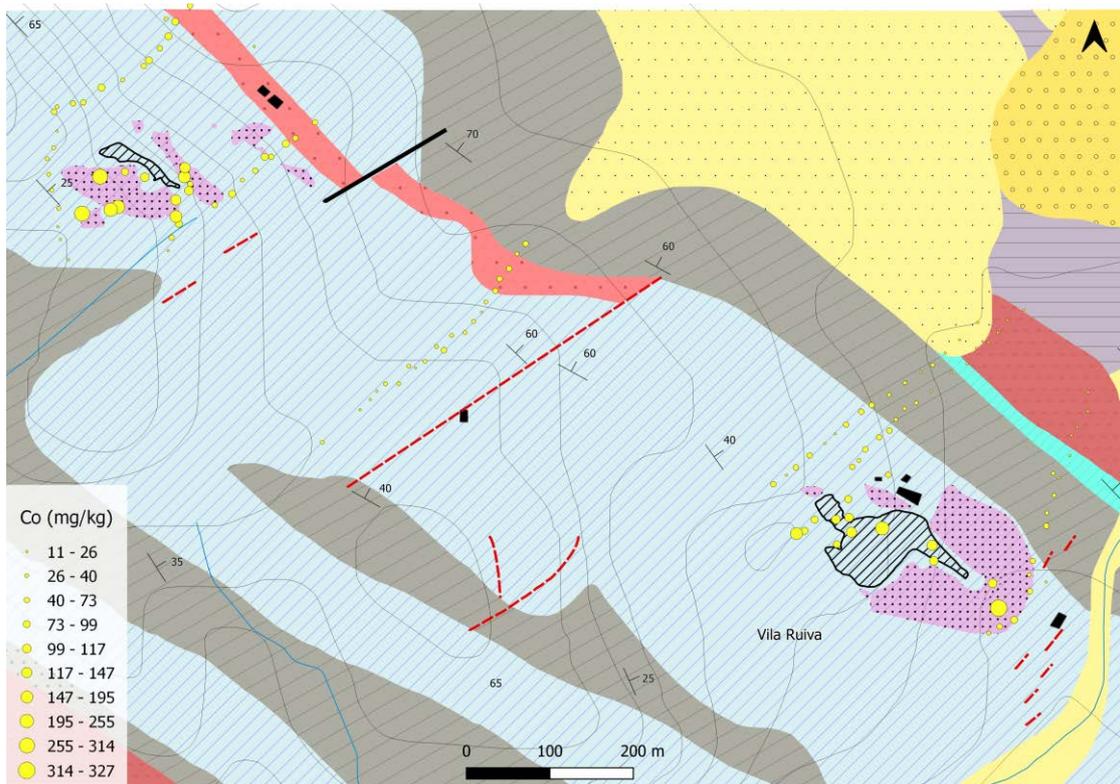
pr31	-7.29636	38.04168	18100.57	2483.54	130.65919	112.875198	2907.197998	7.669308	70.6760178	100.133904	196.992096	1136.33997	1.00725806	0.71660322	28.3357201
pr32	-7.29612	38.0418	16452.12	1389.11	134.4301	148.428497	3445.147949	9.08005	87.7830505	106.535797	220.190704	697.137024	0.09	0.74685317	26.6849899
pr33	-7.29598	38.04195	10107.62	980.8365	32.199108	39.9467697	1834.108032	4.940875	37.9942703	56.0830383	217.356705	390.414612	0.2089553	0.77153021	27.0921192
pr34	-7.2958	38.04205	11893.82	1139.343	36.942928	65.2408905	2233.896973	5.320123	49.4608116	52.6234512	223.650406	468.610809	0.09	0.70523351	25.3389492
pr35	-7.29567	38.0422	26247.07	4058.601	135.87151	145.598602	2749.663086	8.567213	83.3675079	160.388306	250.645203	1639.745	5.71677399	1.26905406	27.3782692
pr36	-7.29558	38.0422	16638.16	1628.611	110.4484	114.2491	2864.187988	7.775455	73.0505829	87.5545731	194.536896	660.411377	0.85360962	0.85276538	25.1879997
pr37	-7.29538	38.04234	14767.42	1198.255	141.2076	136.713394	3019.977051	8.626556	82.0007172	87.0083466	179.949997	572.580627	0.09	0.78759342	25.6849499
pr38	-7.29525	38.0424	15630.48	1717.653	125.8796	98.7063828	2782.471924	6.928917	62.4235992	80.2846527	179.205093	739.67627	0.8453455	0.87458241	25.5116806
pr39	-7.29498	38.04257	5244.709	522.4299	200.298	183.953705	3614.037109	7.745692	70.6950836	368.782501	166.959	287.957703	0.09	0.51351613	24.14711
pr40	-7.29817	38.0416	164339.9	29664.23	170.7946	455.871307	2666.769043	24.14663	289.3013	729.622986	694.370789	12176.5898	52.2311211	0.26798731	13.4799805
pr41	-7.29778	38.04164	171584.7	16893.15	167.63	384.039307	3438.919922	20.56005	251.760895	684.20282	761.388184	7644.96582	26.0649509	0.70442373	16.2947807
pr42	-7.29768	38.04167	89300.21	12463.43	136.1926	297.505707	3532.241943	18.24121	227.547501	348.484009	560.13562	4965.27295	26.1458893	0.2621429	13.7677498
pr43	-7.29731	38.04199	92509.72	25896.43	147.0663	192.587006	2393.977051	10.8934	112.0121	439.75061	459.516113	10620.3398	49.012989	0.8149718	17.1434002
pr44	-7.29758	38.04205	84730.42	20440.92	133.3084	164.925293	2205.156006	9.31299	92.5551834	358.981506	488.662415	7708.90723	32.7655106	1.76018202	20.1409607
pr45	-7.29792	38.042	262459.7	19023.48	174.9651	420.947815	4225.922852	21.34961	256.061707	994.647278	852.395203	8162.02295	35.9514389	0.02485196	10.7881603
pr46	-7.29671	38.04184	57664.96	8118.11	134.2616	153.795395	2450.784912	10.18718	106.512199	238.131805	427.276703	3455.85889	12.2564497	0.96470249	24.55163
pr47	-7.29669	38.04191	30177.98	14125.4	53.084011	96.2471237	1721.980957	6.436656	57.2120094	163.057693	277.759186	5380.35303	27.3918991	0.6812672	22.2610092
pr48	-7.29676	38.04209	81057.75	23375.17	149.5537	238.487	2530.322021	13.30729	146.741394	424.557404	405.450989	9327.11719	43.7792892	0.8290199	19.4421196
vr01	-7.28533	38.04046	404.654	134.4011	54.29501	42.8236504	882.1771851	2.134203	13.6511698	51.1507416	92.1368332	52.6121788	0.46519321	0.8386727	30.7128391
vr02	-7.28555	38.04035	1577.779	571.8962	59.03941	40.4989319	1433.303955	3.230133	18.8815804	34.39991	83.9239807	248.630203	0.09	0.77593797	28.4162998
vr03	-7.28569	38.04022	476.7292	196.5692	70.59774	21.0190105	1017.057007	2.515871	15.7307701	33.0957184	59.13274	87.7805634	0.09	0.86566752	29.9209099
vr04	-7.28582	38.04011	583.8962	208.0481	83.976799	21.5794907	1267.202026	2.852319	17.4518394	28.5691395	49.5477905	98.6345978	0.09	0.74223387	27.5780697
vr05	-7.28598	38.04005	572.0886	246.3439	89.99054	37.0594788	1279.93396	2.884723	18.0663605	48.1410713	83.5548935	131.1884	0.09	0.82818937	31.59058
vr06	-7.28611	38.03988	944.8394	311.8055	142.737	70.2324677	2628.169922	3.658092	22.2528095	43.2986298	56.04599	136.679596	0.97618979	0.71784317	28.3778191
vr07	-7.28633	38.03979	876.9154	273.6386	94.983124	48.3464317	1346.64502	3.208358	19.9268398	37.0504799	53.9881516	138.638306	0.09	0.72823852	28.4580994
vr08	-7.2866	38.03959	963.7186	292.8188	110.9603	52.6836205	1325.70105	3.581847	22.7803593	42.724369	64.4391403	150.551895	0.09	0.80340523	30.2898693
vr09	-7.28681	38.03946	806.5804	299.6661	134.3732	64.4732132	1361.709961	4.228459	28.4106808	49.9028702	58.4629211	153.295105	0.09	0.74367023	28.41185

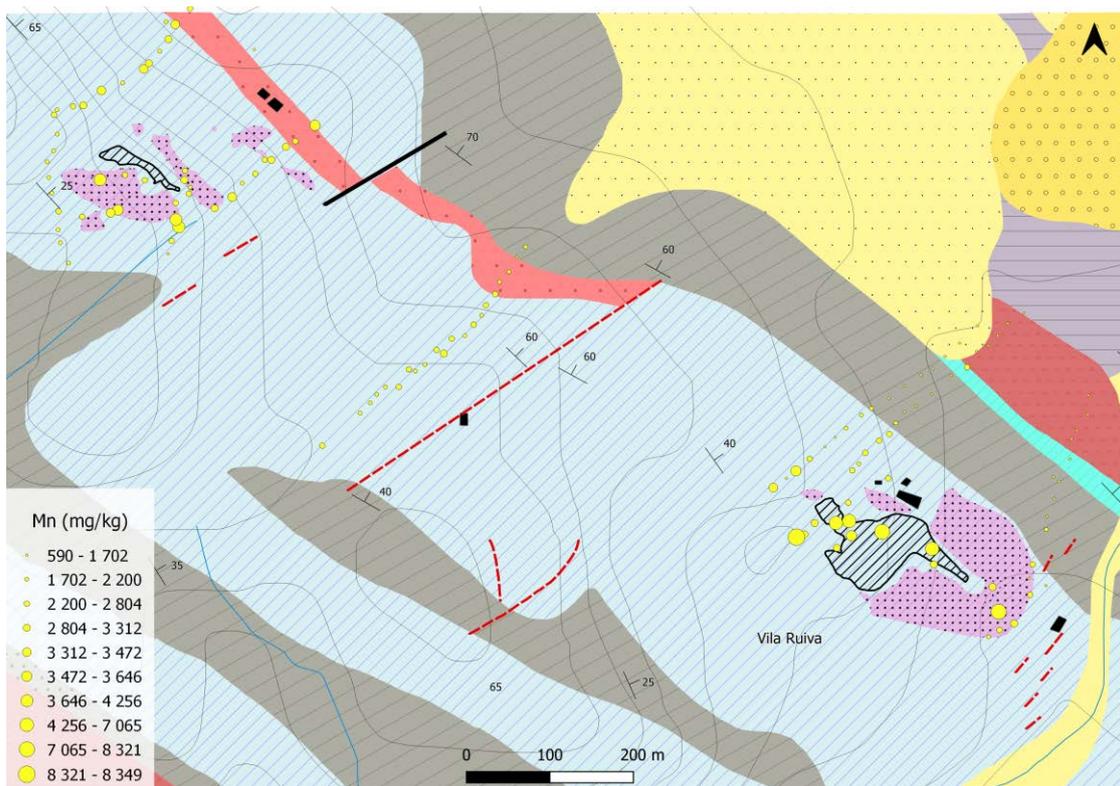
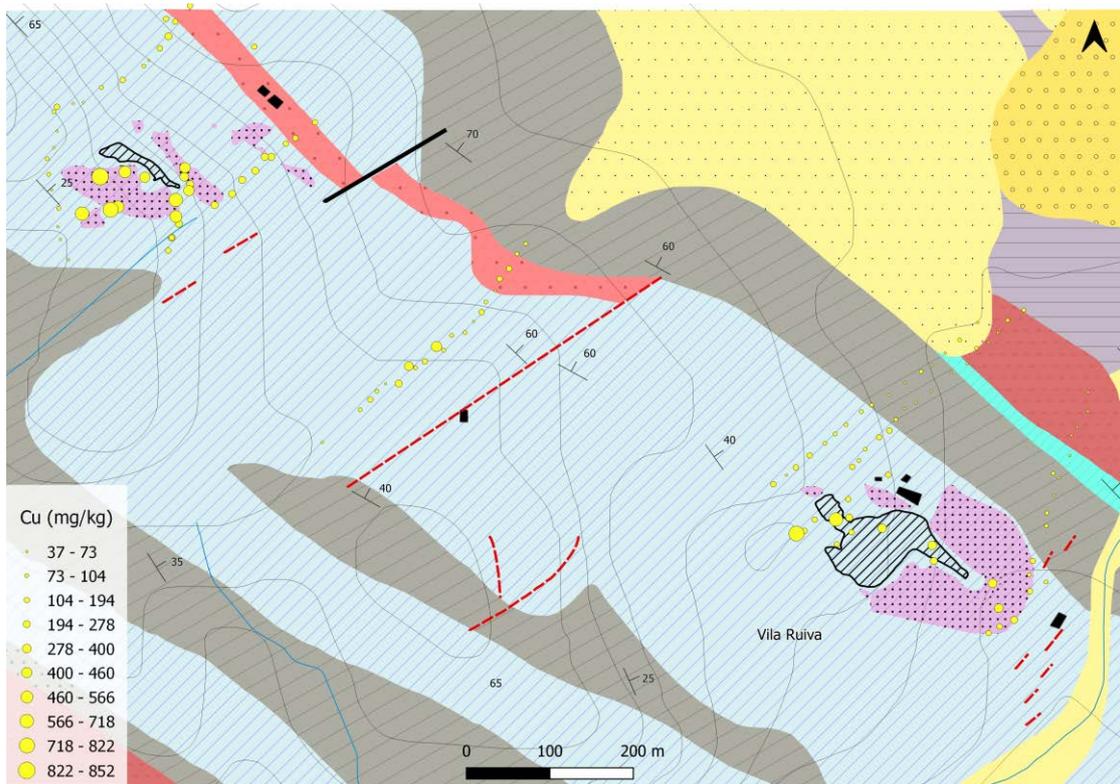
vr10	-7.28697	38.0394	1171.533	460.0991	133.8037	70.6954498	1695.292969	4.651565	33.1352501	44.5588989	70.0323792	207.901901	0.09	0.70933002	26.9612503
vro11	-7.28709	38.03928	1505.921	643.7612	137.6841	83.5643311	1924.776001	5.016748	38.9482307	51.9766197	83.7071228	281.118408	0.09	0.70937169	27.76437
vro12	-7.28718	38.03916	2129.37	829.982	146.9388	122.213097	2266.655029	6.747496	61.9534111	74.3702087	111.438904	390.998199	0.09	0.78211153	29.9353199
vro13	-7.28732	38.03909	2799.862	1459.654	132.6384	93.1170883	2376.26001	5.837309	50.9758911	57.6681595	143.562897	613.752686	0.09	0.70494479	27.7795506
vro14	-7.28751	38.03896	2821.101	1819.985	139.6971	103.950203	2541.87793	6.526791	57.5547905	70.0030136	100.597	744.365112	2.061553	0.64580542	26.8747196
vro15	-7.2876	38.03884	5480.593	1620.725	129.9169	69.3813324	2040.128052	4.946847	37.3724289	60.0076714	84.7449265	617.951416	1.59682095	0.72134447	27.1121006
vro16	-7.28769	38.03877	22387.01	1690.091	135.6058	102.426102	2388.197998	6.036685	53.29105	125.397003	170.657501	727.945618	0.09	0.78009409	28.7132301
vro17	-7.28774	38.03822	50751.22	1875.225	148.6357	172.437103	4562.469238	10.51075	108.511299	283.011597	259.44751	1039.41101	0.09	0.90811437	24.0541096
vro18	-7.28775	38.03842	4068.549	4090.96	144.1301	129.834503	2367.444092	8.192961	79.6854706	76.1767273	148.628403	1717.07104	5.99340296	0.54960752	26.5538807
vro19	-7.28792	38.0382	215795.4	2376.081	170.4623	245.757507	6734.604004	10.047	101.270798	866.872498	576.024902	908.736572	5.65184689	0.86648452	21.0008507
vro20	-7.28821	38.0382	5070.473	3306.926	139.5578	136.466904	3278.176025	8.411109	80.6302032	65.3030319	170.936203	1353.68506	4.73082399	0.52852672	25.1020603
vro21	-7.28835	38.03808	6948.042	2073.858	144.25031	131.697998	2952.971924	8.035082	75.4963608	75.7988586	107.561501	866.410522	2.19690609	0.5118503	23.9450207
vro22	-7.28846	38.03805	145279.3	968.1208	175.02879	279.364197	8348.744141	14.01495	146.763702	601.438904	730.014771	1898.13696	0.09	0.67277592	27.10602
vro23	-7.28877	38.03859	8290.358	718.1487	145.5443	120.861801	3456.313965	6.772963	59.7338715	78.5299072	105.369202	314.485291	0.09	0.75278652	26.8249702
vro24	-7.28859	38.03869	1232.78	197.2857	116.9343	50.9840202	1455.802002	3.597075	21.6315193	57.3110199	68.6567993	89.2691803	0.09	0.79219317	28.9840698
vro25	-7.28846	38.03877	4549.079	1805.421	144.99609	129.773895	3478.099121	7.320349	64.9860077	81.7132568	138.068207	764.001221	1.59497499	0.57245147	24.7705593
vro26	-7.28827	38.0389	2851.237	1617.487	140.7422	102.594101	2444.562012	5.749228	47.3892708	64.7601471	152.026398	639.196472	1.05492306	0.62359983	26.1048107
vro27	-7.28806	38.03903	820.5132	331.0149	80.324966	28.6110306	1259.738037	2.64639	15.78269	45.1935692	95.6044693	146.094803	0.09	0.74779028	27.8852997
vro28	-7.28792	38.03913	451.36	127.9729	106.6288	39.0734482	1125.307983	2.293959	14.0075798	45.7934418	94.9947128	59.8374214	0.09	0.76152837	28.6819
vro29	-7.28777	38.03923	1744.389	789.905	131.6474	87.4772263	2025.965942	5.52399	44.5242195	59.6591301	76.6777191	326.205292	0.09	0.74175888	28.1037998
vro30	-7.28756	38.03937	1857.649	645.7067	133.1292	102.937599	1891.965942	6.205451	53.2775116	52.8708	102.123901	298.304291	0.09	0.57542658	24.1099491
vro31	-7.28742	38.03944	1680.044	605.5161	151.6552	100.788597	2123.672119	5.972156	50.4157906	53.8062401	80.4865265	266.020508	0.09	0.53680748	24.0146694
vro32	-7.28718	38.03955	904.7727	358.6934	136.30769	72.0127182	1473.116943	4.876693	34.6862984	49.0469208	66.1158066	169.715195	0.09	0.69237161	27.2733002
vro33	-7.28696	38.03968	1030.507	410.3615	59.006451	0.44094229	1426.840942	4.162232	27.7076302	0.1	53.6415405	170.840195	0.09	0.61489338	25.2161903
vro34	-7.28674	38.0398	1014.765	237.191	129.8418	60.80867	1532.344971	3.566566	21.3602695	36.1373405	73.4367676	137.2771	0.09	0.7453053	28.11763
vro35	-7.28658	38.03987	1027.587	297.9966	137.32739	89.1864929	1628.285034	4.792308	34.1898499	54.5593109	68.7785797	167.302002	0.09	0.68312919	27.1700191
vro36	-7.28641	38.04	595.4658	172.9928	39.152248	0.1978537	1300.08606	2.284277	13.58249	14.0051603	44.6275406	85.5428772	0.15761741	0.81500453	26.84762

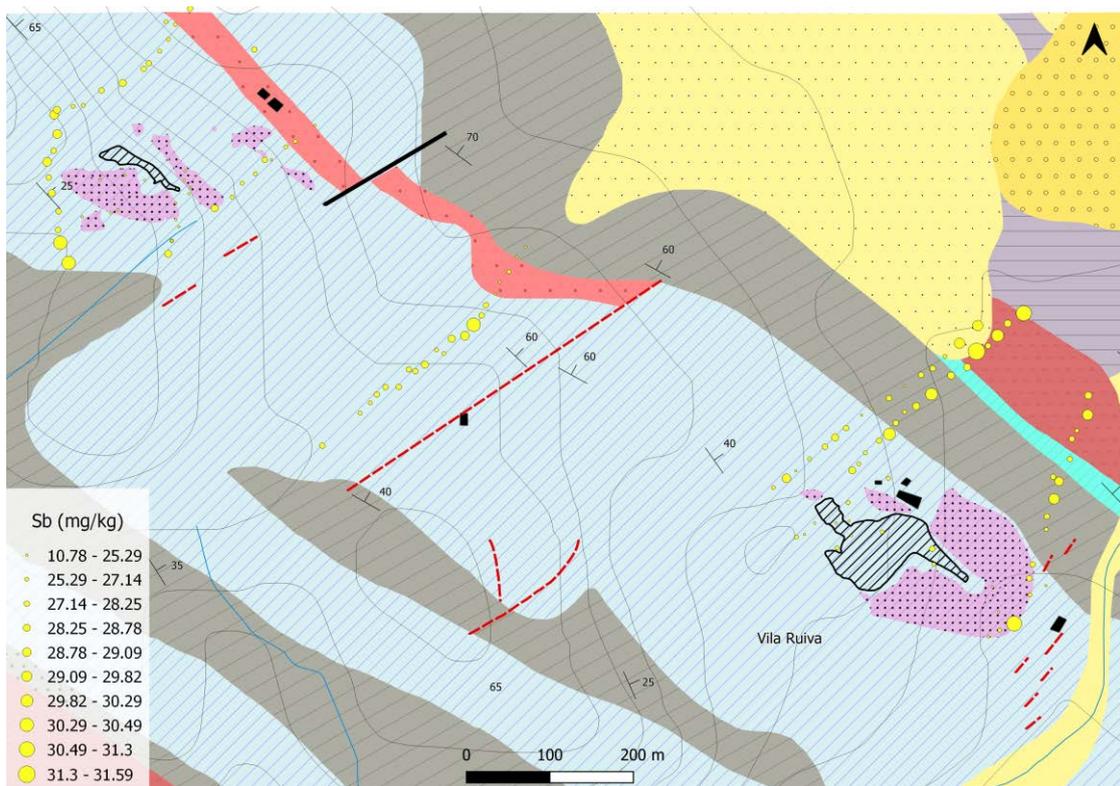
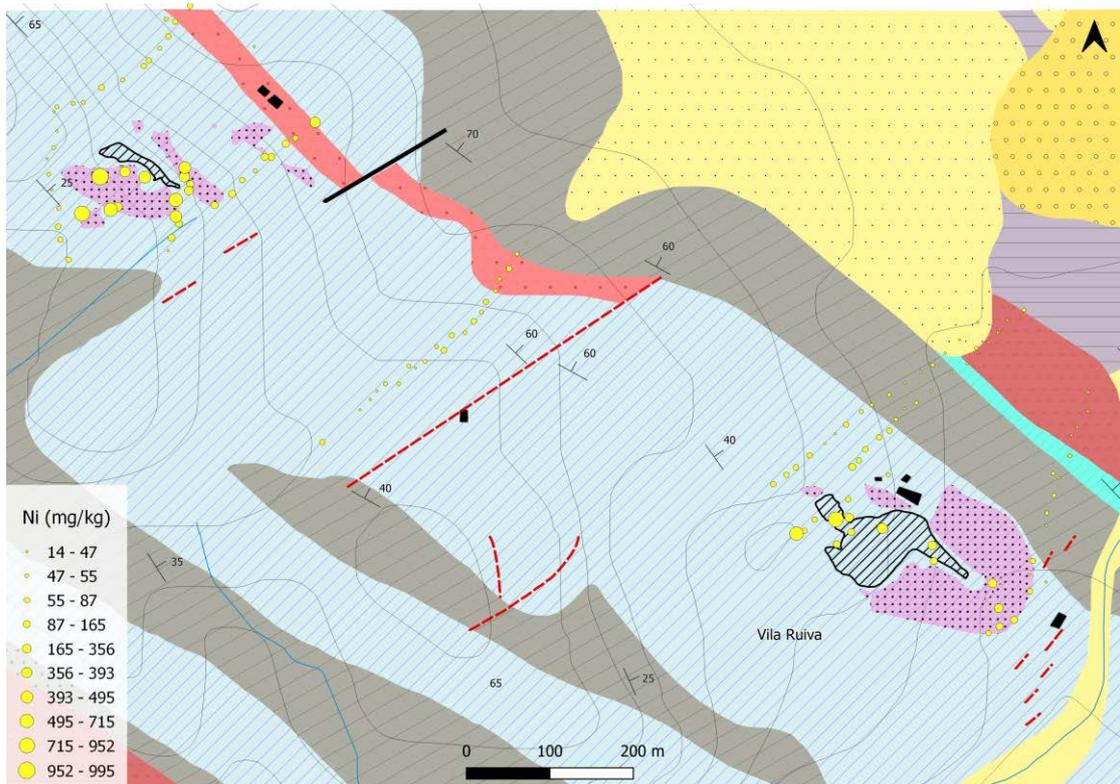
vro37	-7.28621	38.04014	626.5417	230.3172	89.232094	25.4936905	1159.284058	2.602416	15.5303497	39.0179596	73.4930191	109.768997	0.09	0.82870299	29.6413403
vro38	-7.28596	38.04033	439.6161	155.7042	86.788651	20.4032707	1210.036987	2.319195	14.0900097	34.2955208	52.698761	79.3454666	0.09	0.79966593	29.1078892
vro39	-7.28446	38.03956	421.7511	136.6946	82.685066	22.5739307	894.2774048	2.36732	14.1429596	27.1299095	58.1883698	58.2327194	0.09	0.8169691	28.7758694
vro40	-7.28447	38.03935	489.1525	162.2175	87.71357	37.3144188	989.2136841	2.821075	17.4790306	40.1525917	44.5702591	74.0879135	0.09	0.78993648	29.2022705
vro41	-7.28462	38.03918	606.2897	142.6618	91.251244	32.0493011	1233.303955	2.924635	17.7068901	37.318119	36.8797989	68.3540802	0.09	0.76434737	27.0975494
vro42	-7.28469	38.03909	720.9391	196.791	88.314987	36.7341309	1102.427979	2.93813	18.4190197	34.0730019	51.9789886	91.3811493	0.09	0.74832112	27.5456295
vro43	-7.28472	38.03887	906.7529	228.7798	130.04939	57.8570099	1455.781982	3.744243	24.7126007	47.3166618	52.5379906	116.019798	0.09	0.7377525	28.0480404
vro44	-7.28495	38.03868	1586.11	228.7611	131.1666	70.3211899	1464.86499	4.588269	32.299839	50.4525299	73.6972504	135.668198	0.09	0.73919117	28.0643692
vro45	-7.28487	38.03863	1006.583	209.6483	82.894272	48.9500999	1238.411011	3.039463	19.3934803	43.444561	61.7061386	103.1726	0.09	0.79614133	28.8569908
vro46	-7.28494	38.03844	997.0092	226.3379	134.1322	72.5242767	1411.494019	3.985469	27.6548996	52.4838409	66.5001373	115.615601	0.09	0.80027241	29.8195
vro47	-7.28504	38.03825	1597.731	415.5238	124.0477	72.1746368	1701.916992	4.906425	36.8277016	52.8912201	90.5727234	197.951508	0.09	0.67972928	27.1581402
vro48	-7.28505	38.03811	2447.366	428.3396	135.3015	77.5506516	1998.855957	5.216192	41.0266113	46.6091385	90.2742615	207.816605	0.09	0.6554985	25.2873898
vro49	-7.28524	38.03773	2312.01	493.1038	162.7326	132.725204	2504.108887	7.469814	69.4899368	63.8431816	133.644302	294.650909	0.09	0.62833869	27.1637707
vro50	-7.28529	38.03758	3683.689	534.2681	87.392357	64.6891937	1693.723999	4.906034	36.294899	46.5572319	95.0094604	290.379486	0.09	0.77538693	28.2399693
vro51	-7.28506	38.0375	13107.95	640.8898	0.1	0.1	1484.646973	2.93657	17.0066795	20.1687202	90.883812	287.119812	0.09	0.64428061	21.4540901
vro52	-7.28528	38.0374	14766.96	1746.074	128.88429	111.211304	2557.031982	7.15521	66.3235016	86.5903625	173.138596	868.575623	0.09	0.7161988	26.2330799
vro53	-7.2855	38.03709	25530.94	2072.206	143.2327	149.086304	2962.13208	8.842565	87.18293	150.820007	257.479187	1216.06897	0.09	0.69768292	30.4895096
vro54	-7.2857	38.03702	9345.451	1667.487	133.51849	110.317299	2321.842041	7.394887	68.8707199	100.380096	149.931	841.689087	0.09	0.64572543	26.7783203
vro55	-7.28585	38.03695	12599.62	987.1356	63.508411	62.8615608	1775.656982	4.709076	34.6291008	66.0328598	157.696701	431.573792	0.09	0.67105061	24.6539402
vro56	-7.28571	38.03722	40597.86	13266.33	175.8185	479.949707	8265.988281	26.24896	326.903107	251.732895	316.230804	6079.13916	17.3035603	0.15548129	18.0620003
vro57	-7.28579	38.03749	27296.02	3600.161	142.2921	174.247192	3293.167969	10.61084	112.248299	218.321793	324.987488	1603.23706	0.09	0.65649372	24.0811596
vro58	-7.28659	38.03774	49315.17	2924.214	157.1924	176.506195	3312.168945	10.06952	104.116997	152.915207	210.512695	1176.89294	0.09	0.56767893	25.31003
vro59	-7.28661	38.03791	26460.84	2259.548	153.4939	189.935394	4312.115234	11.3613	119.148201	196.819595	291.89621	2074.71094	0.09	0.7273739	27.3691406
vro60	-7.28729	38.0381	73076.13	10988.02	163.5546	350.294891	7223.724121	18.66393	220.398605	377.636993	370.315704	4593.35498	16.5173302	0.49648431	26.2915306
vro61	-7.28771	38.03806	7741.667	1998.958	160.6945	206.942001	3642.212891	12.5103	136.209106	122.754799	156.035294	1174.62	0.09	0.46920991	23.5089207
vro62	-7.28791	38.03793	8028.709	1353.428	142.84911	154.070206	2867.273926	9.761073	97.8747635	110.890198	133.089706	1019.26801	0.09	0.6183151	26.344101
vro63	-7.2872	38.03868	5239.892	2131.246	134.3842	95.9474335	2425.762939	6.325994	55.2431183	52.8834801	148.382996	964.978027	0.09	0.55539042	25.7227097

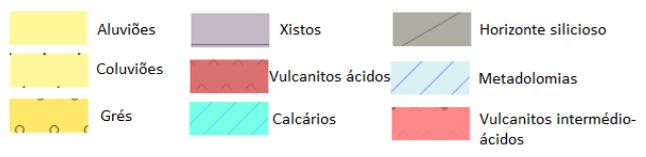
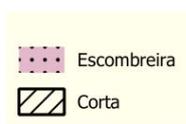
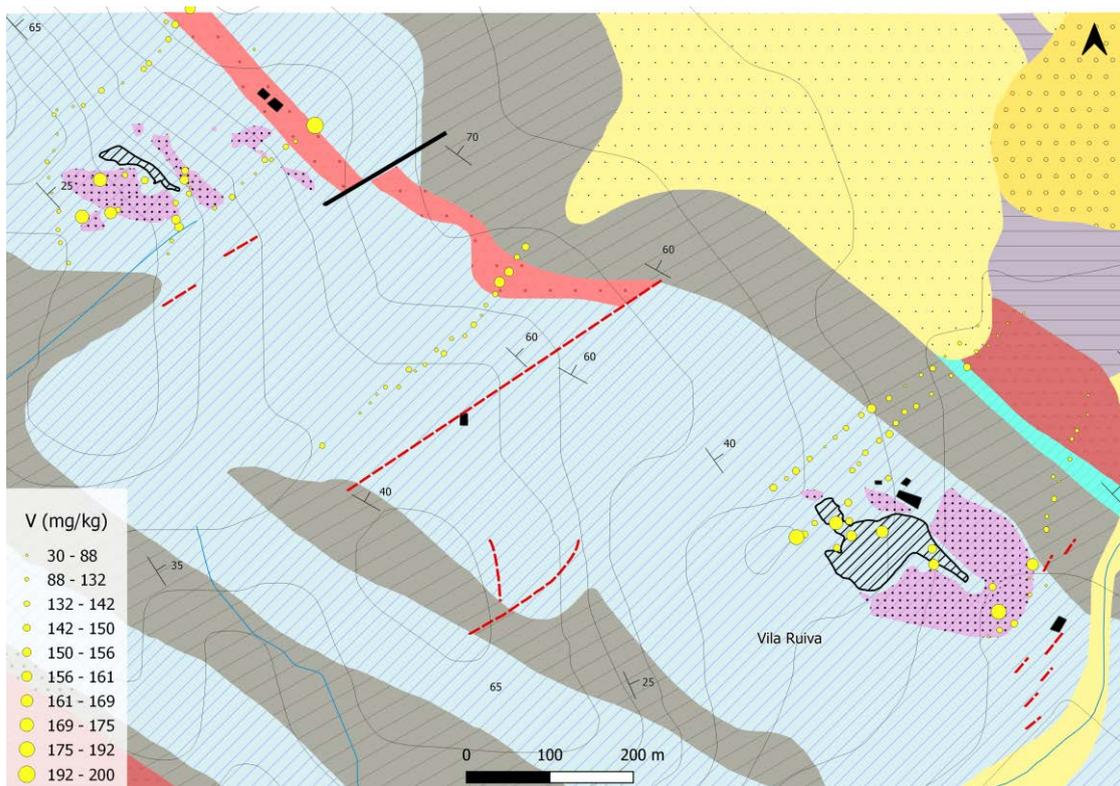
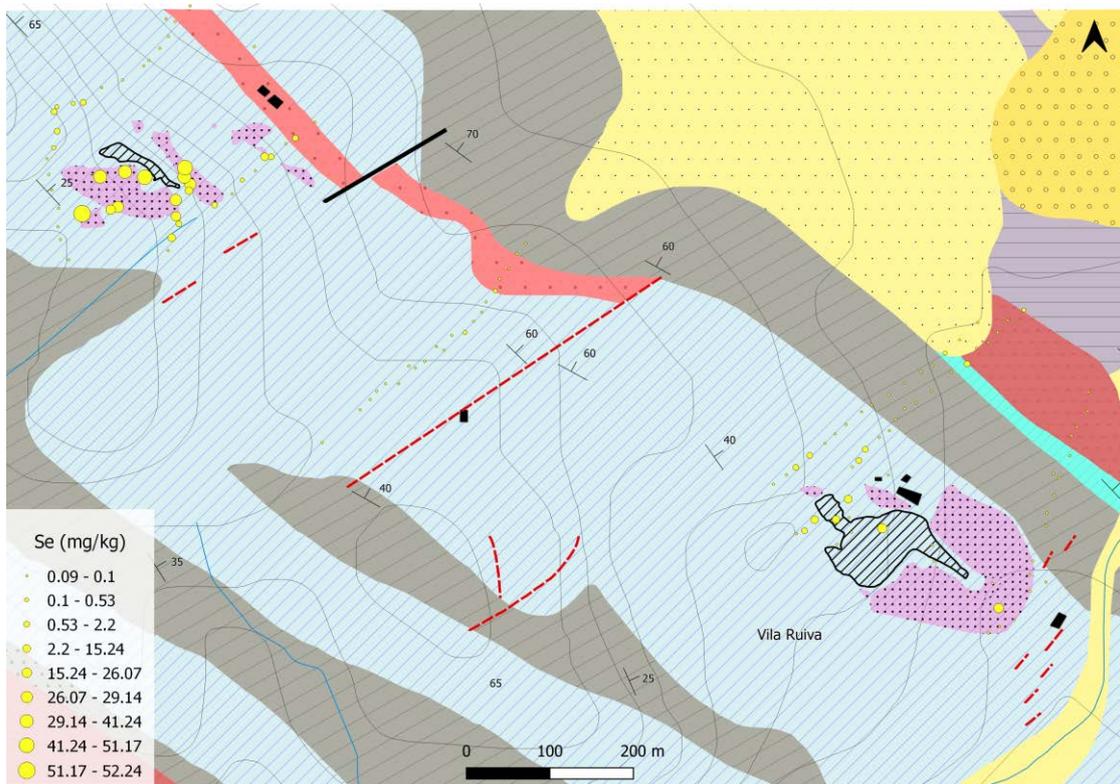
Anexo 11 - Mapas pontuais de concentrações dos elementos As, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Sb, Se e V



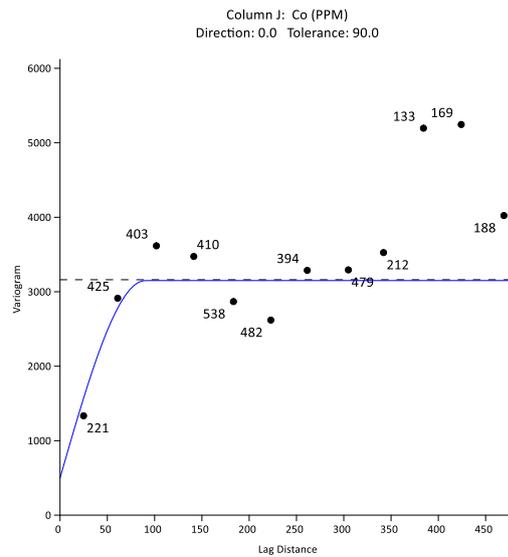
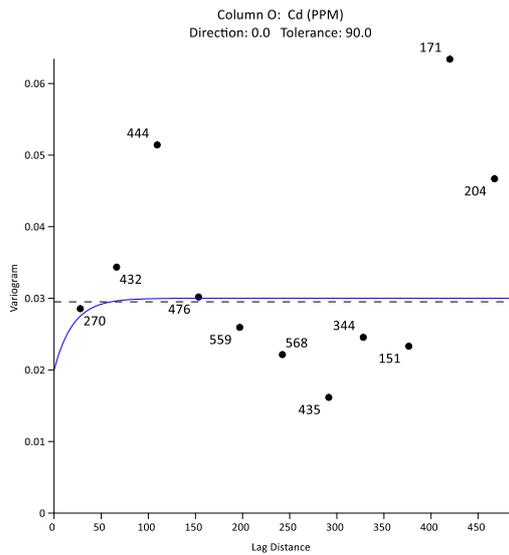
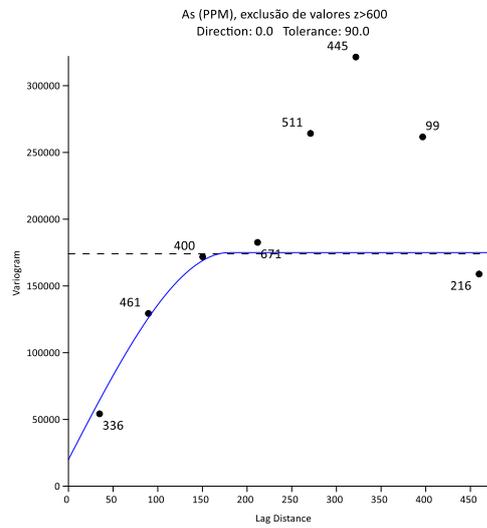
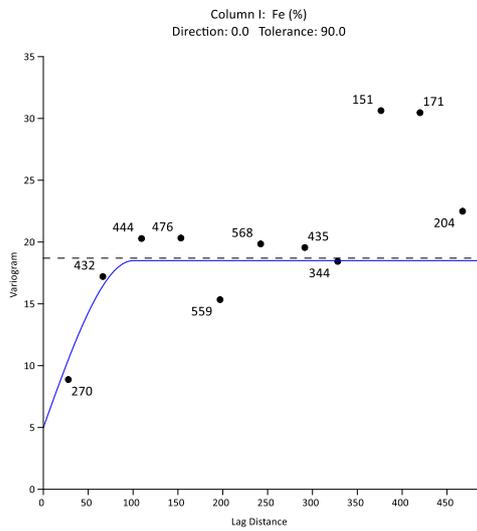
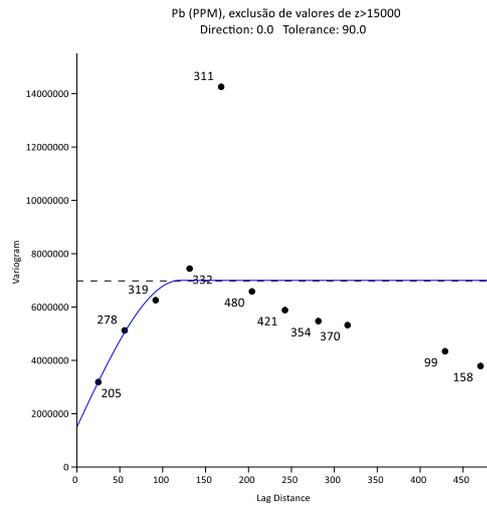
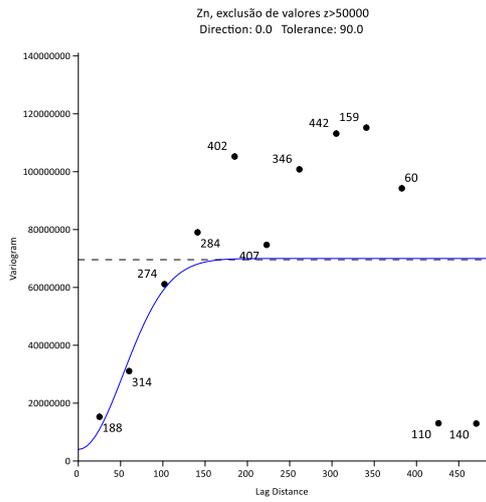


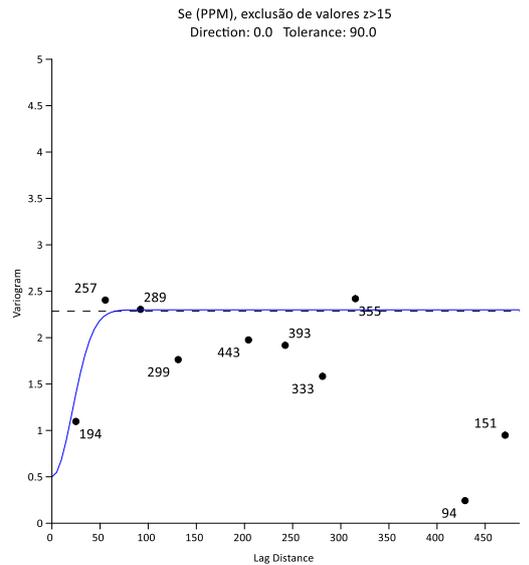
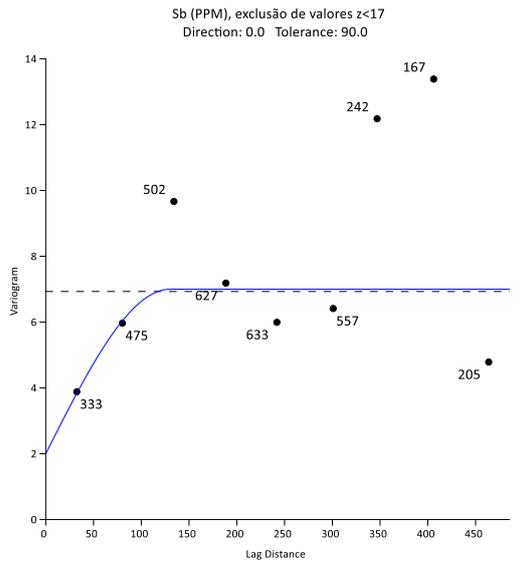
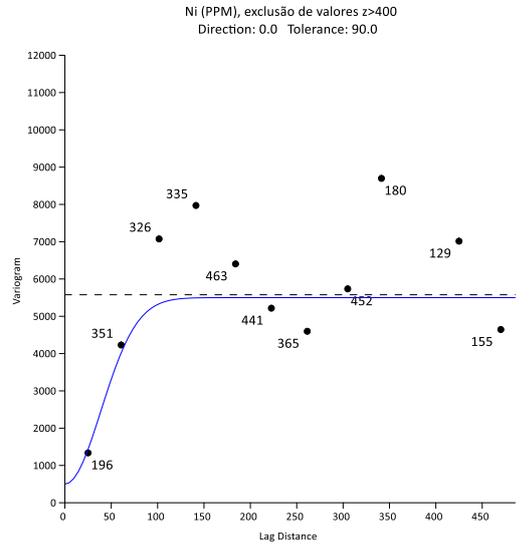
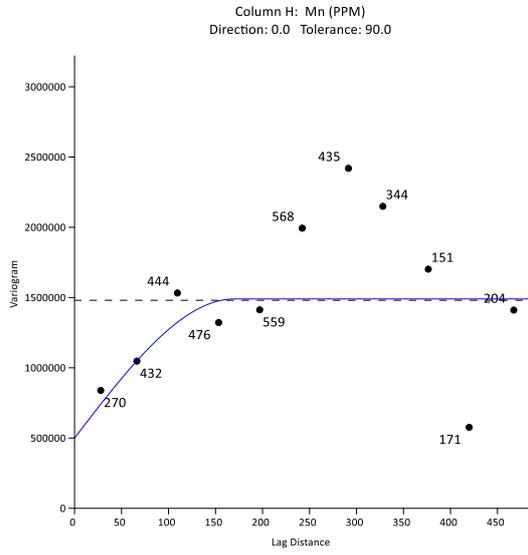
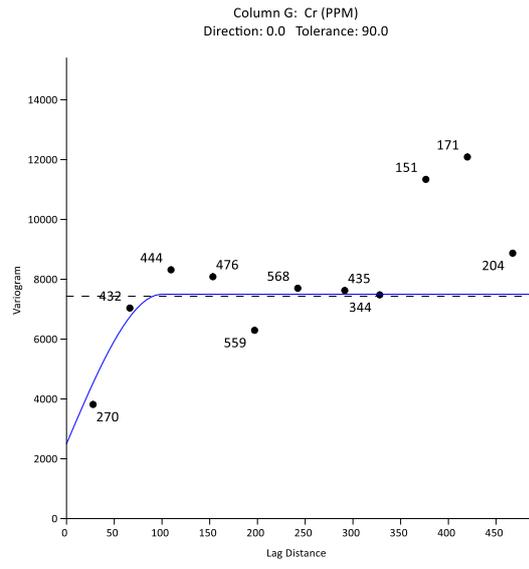
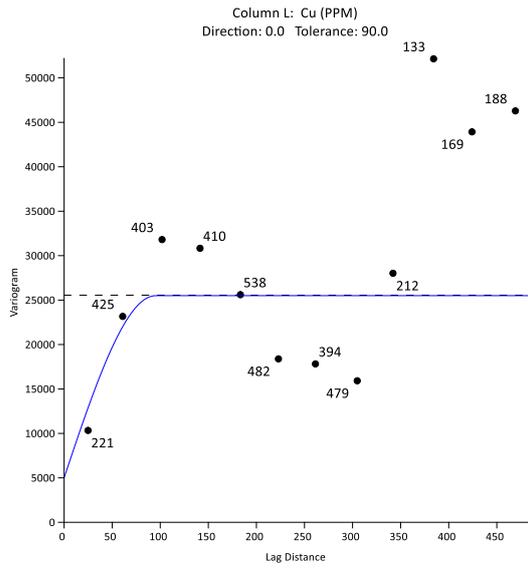




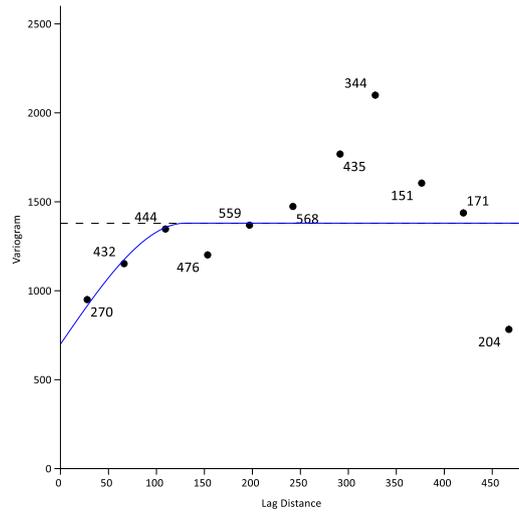


Anexo 12 - Variogramas omnidirecionais para obtenção dos mapas de superfície

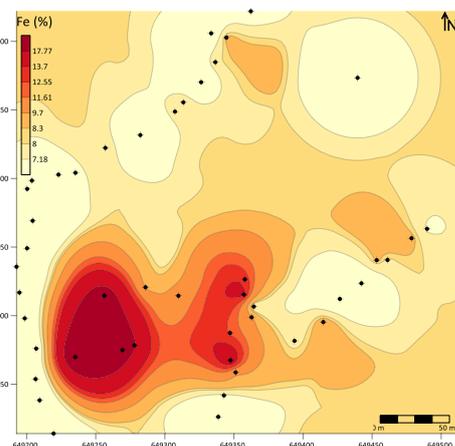
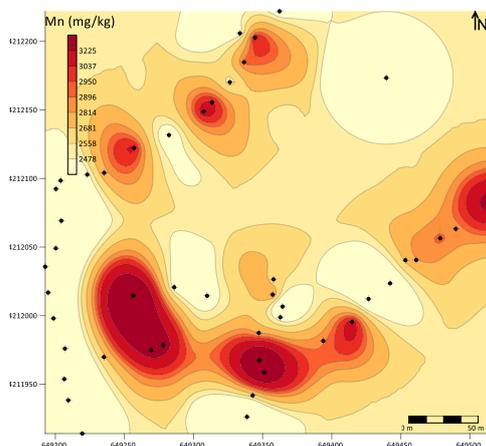
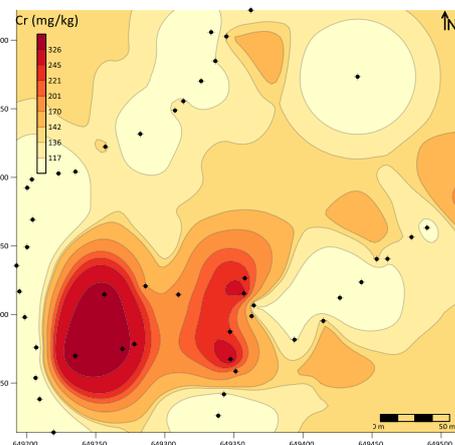
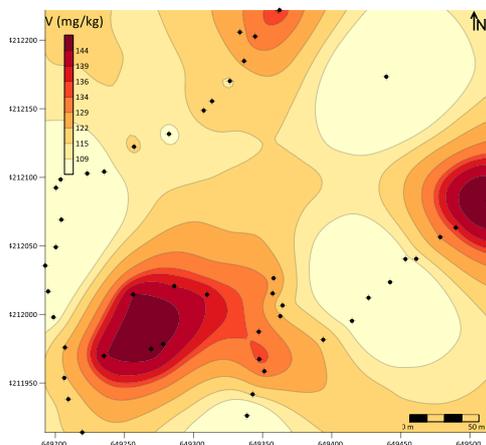
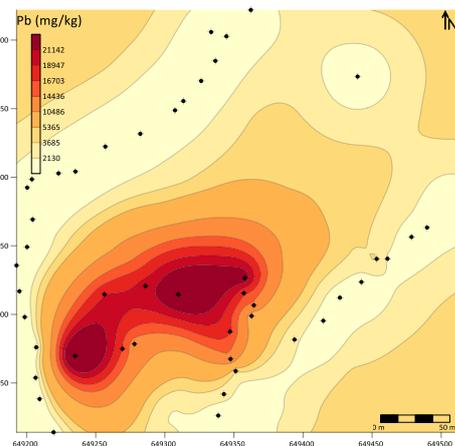
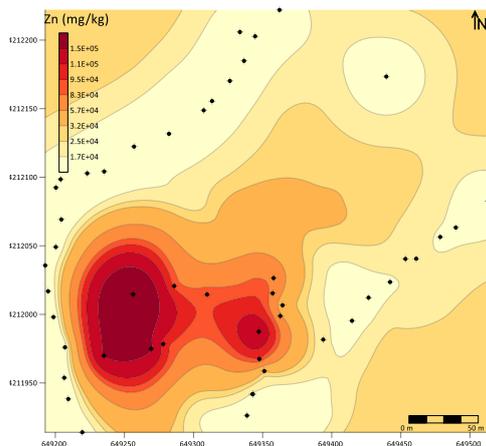


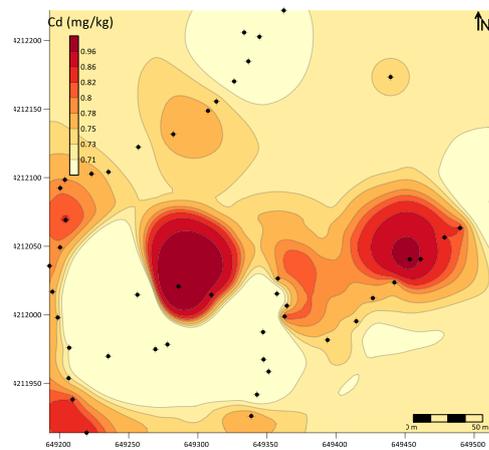
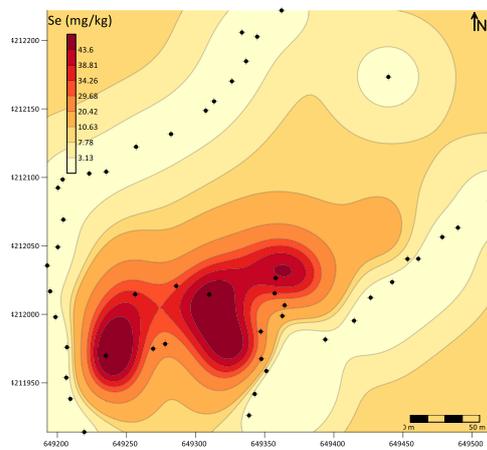
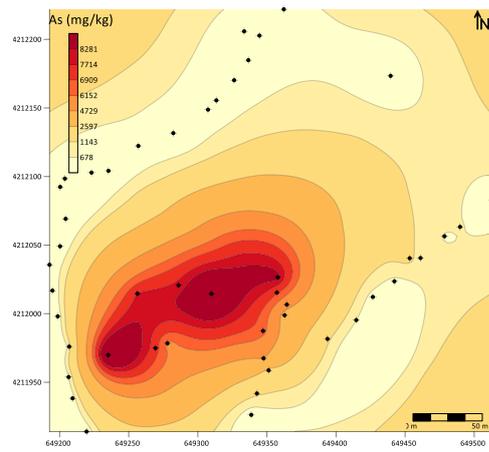
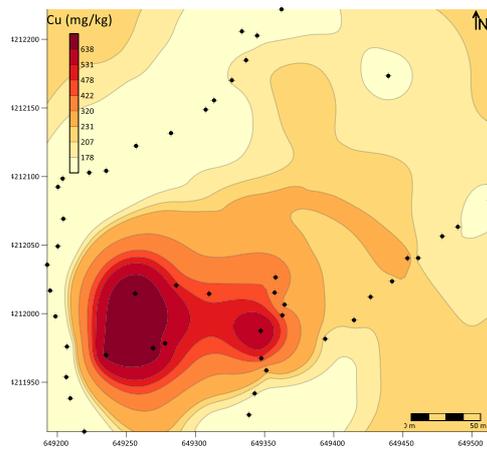
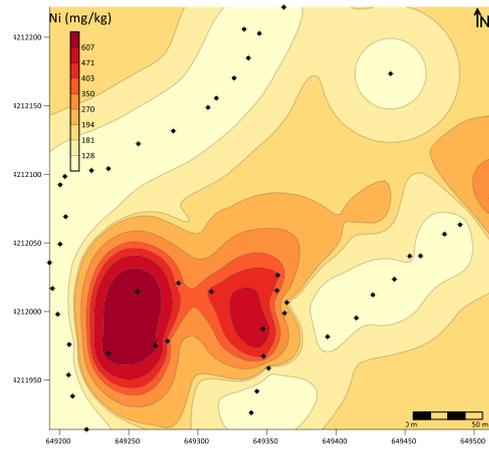
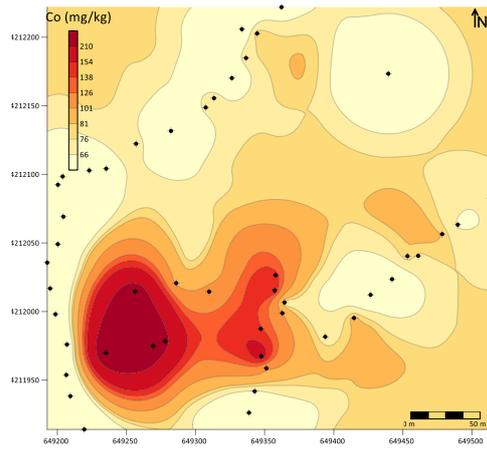


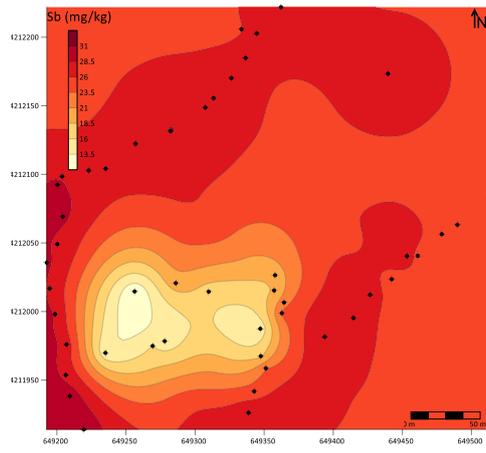
Column F: V (PPM)
Direction: 0.0 Tolerance: 90.0



Anexo 13 - Mapas de superfície da Preguiça do Zn, Pb, Fe, As, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Sb, Se e V







Anexo 14 - Mapas de superfície da Vila Ruiva do Zn, Pb, Fe, As, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Sb, Se e V

