



Clauber Bonalume, MSc
Gerente Regional de Vendas
Chemical Analysis Division

Emprego de espectrometria XRF portátil no mapeamento da contaminação de solos



70,000

colaboradores



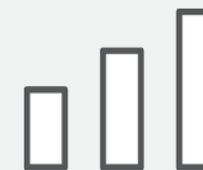
5,000

cientistas/engenheiros P&D



\$1B

investidos em P&D

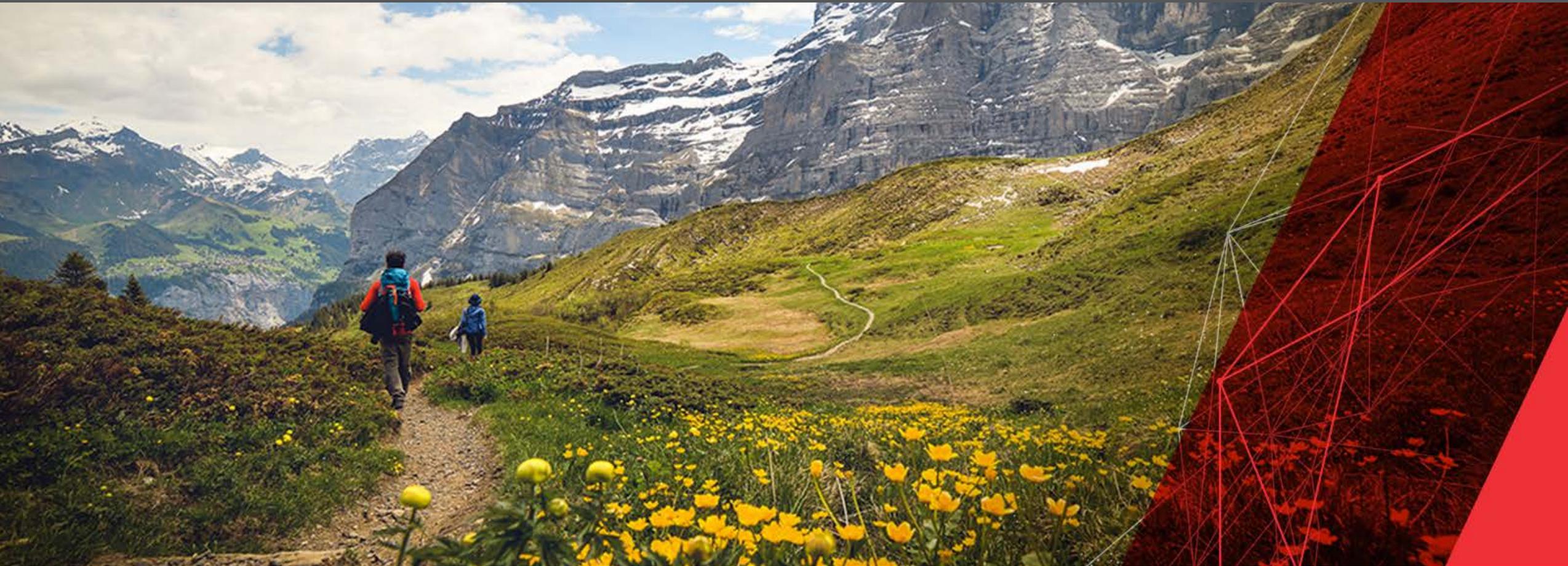


\$24B

em vendas

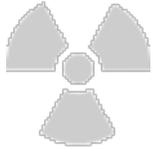
The world leader in serving science

Temos orgulho de nossa missão



Capacitamos nossos clientes a tornar o mundo
um lugar mais saudável, limpo e seguro

Key Segments

| | | | | | | |
|--|---|---|---|---|---|--|
|  |  |  |  |  |  |  |
| Food & Beverage | Safety & Security | Power Generation | Chemicals/ Polymers | Minerals & Metals | Environmental Products & Services | Life Sciences |
| Solutions to help companies protect the safety and quality of their packaged and unpackaged products | New technologies to improve national security and the safety of our power supply | High quality analytical and compliance solutions monitoring energy plants | Solutions to control and characterize materials in the production process | Equipment for monitoring and responding to process requirements in real time | Solutions to address evolving regulatory requirements and societal pressures | Solutions for material ID, in process control & measurement, and online packaging inspection |

Meeting the mission-critical needs of our diverse customer base

Cumprindo nossa Missão com Soluções de Análises Químicas para Mineração



**Analisando
contaminação por metais
pesados em solos**



**Monitorando a qualidade do
ar e resolvendo desafios
ambientais complexos**



**Controlando processos e
minimizando o consumo
de matéria prima e
geração de rejeitos**



**Verificando elementos
em ligas metálicas para
manutenção e gestão
de sucata**

Da exploração ao processamento, nossas soluções ajudam a otimizar o **desempenho** e aumentar a **lucratividade** enquanto impulsionam a **sustentabilidade** e a **segurança**



Exploração e Ambiental

- XRF Portátil
- Análise de tamanho de partícula



Pesagem, Monitoramento, Blending e Processo

- OES, XRD e XRF
- Tecnologia PGNAA e PFTNA



Balanco e Amostragem Metalúrgicos

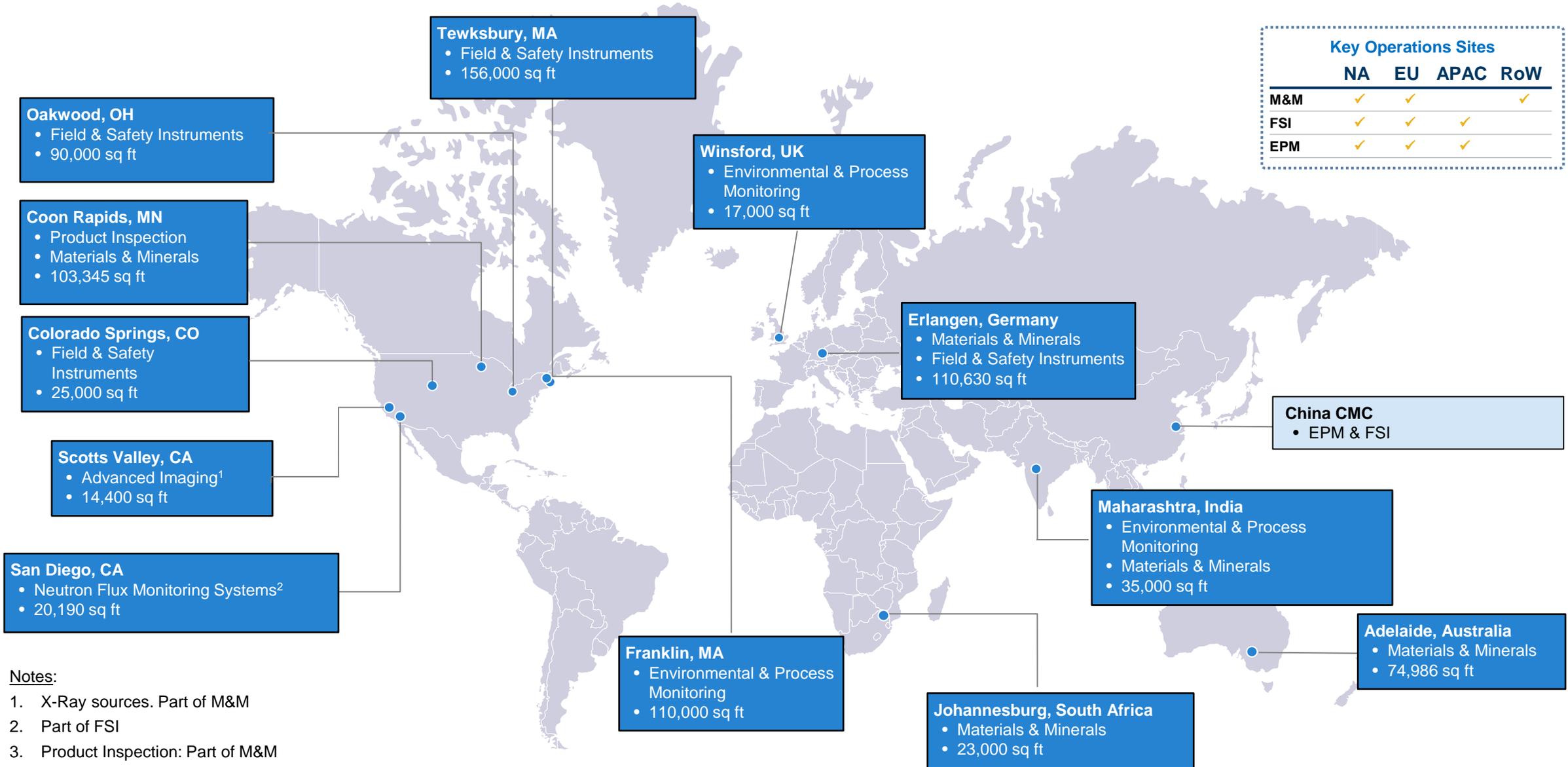
- Análise elementar em tempo real



Segurança

- Monitor de poeira
- Interruptores para correia

Fabricação ao Redor do Mundo



Notes:

1. X-Ray sources. Part of M&M
2. Part of FSI
3. Product Inspection: Part of M&M

Emprego de espectrometria XRF portátil no mapeamento da contaminação de solos



Por que Fluorescência de Raios X (XRF)?

- Capaz de analisar simultaneamente vários elementos químicos

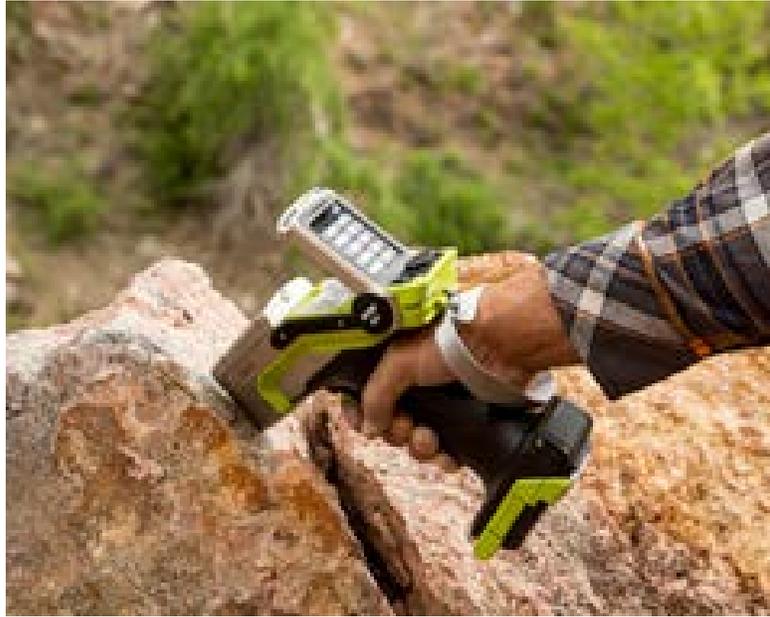
^{12}Mg a ^{92}U

- Performa muito bem para metais pesados
- Técnica bastante usada nos laboratórios das mineradoras

Por que XRF PORTÁTIL?

- Uso em campo
- Quantificação em segundos
- Menos amostras ao laboratório
- GPS Interno / Coordenadas
- Correlação com laboratório

Como funciona o instrumento?



Active Profile

Reading number and test time

Elements detected

Elements below the level of detection (LOD)

On the touch screen you can scroll to see the complete list.

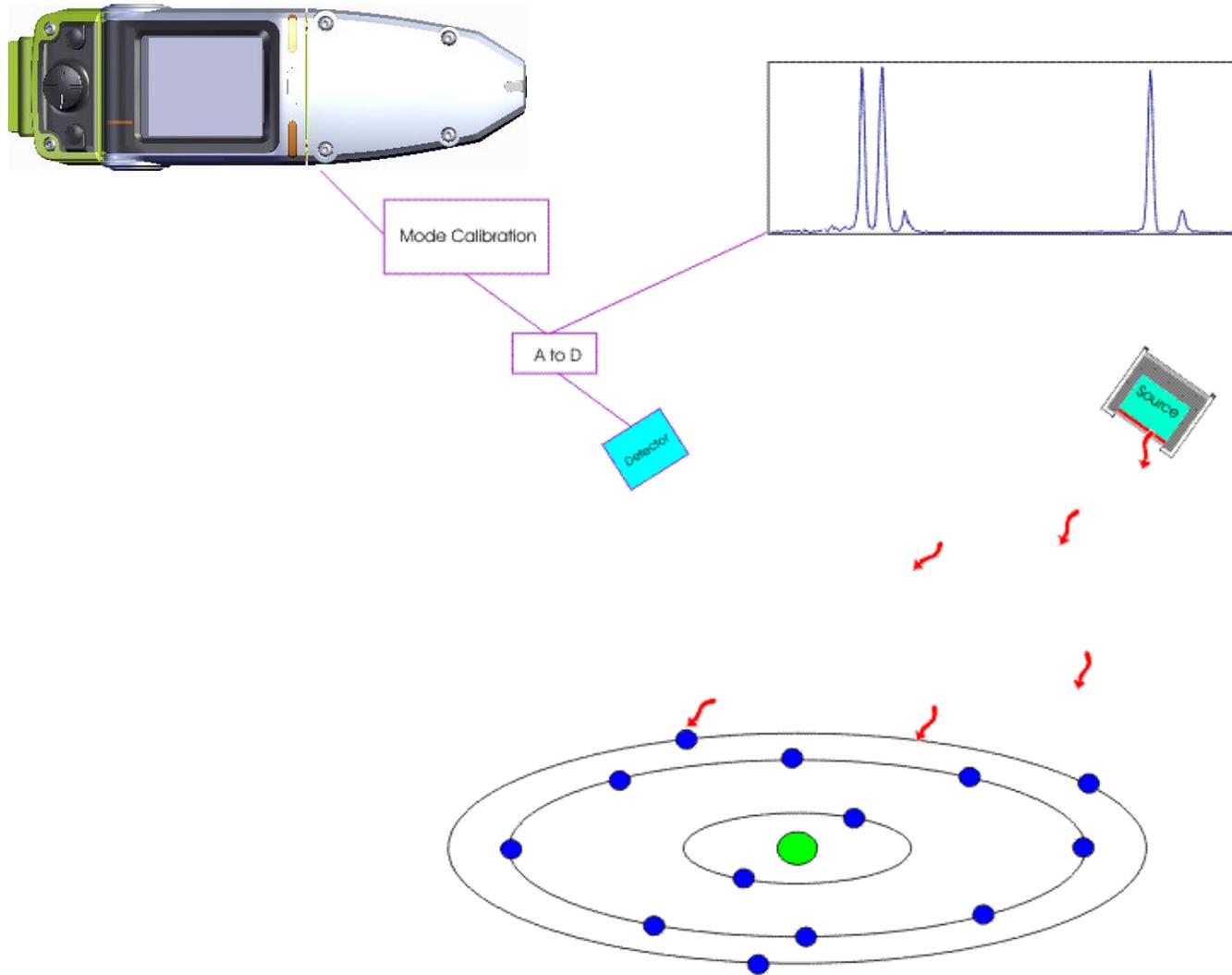
| Ele | % | $\pm 2\sigma$ |
|-----------|--------|---------------|
| Cu | 95.328 | 0.144 |
| Bal | 4.114 | 1.858 |
| Zn | 0.203 | 0.025 |
| Fe | 0.172 | 0.010 |
| Ni | 0.099 | 0.010 |
| Mn | 0.045 | 0.008 |
| Pb | 0.013 | 0.003 |
| Below LOD | | 4σ |
| Hg | <LOD= | 0.047 |

Select wrench to Change View, Sort/Units, Average Back, Print, or Export to Network Share

Bal is the balance elements that the XRF system cannot measure (elements with atomic number < Magnesium).

An algorithm combines these elements into the balance, or Bal.

Como funciona o instrumento?



Como funciona o instrumento?

X-Ray Energy Reference

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|---------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|--------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|---------------------|--------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------|--------------------------|-----------------------|-------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| H Hydrogen 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | He Helium 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Li Lithium 3 | Be Beryllium 4 | | | | | | | | | | | | | | | B Boron 5 | C Carbon 6 | N Nitrogen 7 | O Oxygen 8 | F Fluorine 9 | Ne Neon 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Na Sodium 11 | Mg Magnesium 12 | | | | | | | | | | | | | | | Al Aluminum 13 | Si Silicon 14 | P Phosphorus 15 | S Sulfur 16 | Cl Chlorine 17 | Ar Argon 18 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| K Potassium 19 | Ca Calcium 20 | Sc Scandium 21 | Ti Titanium 22 | V Vanadium 23 | Cr Chromium 24 | Mn Manganese 25 | Fe Iron 26 | Co Cobalt 27 | Ni Nickel 28 | Cu Copper 29 | Zn Zinc 30 | Ga Gallium 31 | Ge Germanium 32 | As Arsenic 33 | Se Selenium 34 | Br Bromine 35 | Kr Krypton 36 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rb Rubidium 37 | Sr Strontium 38 | Y Yttrium 39 | Zr Zirconium 40 | Nb Niobium 41 | Mo Molybdenum 42 | Tc Technetium 43 | Ru Ruthenium 44 | Rh Rhodium 45 | Pd Palladium 46 | Ag Silver 47 | Cd Cadmium 48 | In Indium 49 | Sn Tin 50 | Sb Antimony 51 | Te Tellurium 52 | I Iodine 53 | Xe Xenon 54 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cs Cesium 55 | Ba Barium 56 | | | | | | | | | | | | | | | Hf Hafnium 72 | Ta Tantalum 73 | W Tungsten 74 | Re Rhenium 75 | Os Osmium 76 | Ir Iridium 77 | Pt Platinum 78 | Au Gold 79 | Hg Mercury 80 | Tl Thallium 81 | Pb Lead 82 | Bi Bismuth 83 | Po Polonium 84 | At Astatine 85 | Rn Radon 86 | | | | | | | | | | | | | | |
| Fr Francium 87 | Ra Radium 88 | | | | | | | | | | | | | | | 57-71 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | 89-103 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | La Lanthanum 57 | Ce Cerium 58 | Pr Praseodymium 59 | Nd Neodymium 60 | Pm Promethium 61 | Sm Samarium 62 | Eu Europium 63 | Gd Gadolinium 64 | Tb Terbium 65 | Dy Dysprosium 66 | Ho Holmium 67 | Er Erbium 68 | Tm Thulium 69 | Yb Ytterbium 70 | Lu Lutetium 71 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | Ac Actinium 89 | Th Thorium 90 | Pa Protactinium 91 | U Uranium 92 | Np Neptunium 93 | Pu Plutonium 94 | Am Americium 95 | Cm Curium 96 | Bk Berkelium 97 | Cf Californium 98 | Es Einsteinium 99 | Fm Fermium 100 | Md Mendelevium 101 | No Nobelium 102 | Lr Lawrencium 103 | | | | | | | | | | | | |



Key to Energy Values



Requires Silicon Drift Detector (SDD) for metal alloys



Requires Silicon Drift Detector (SDD) for mining & minerals mode

ThermoFisher
SCIENTIFIC

| | | | | |
|----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
| H Hydrogen 1 | | | | |
| Li Lithium 3 | Be Beryllium 4 | | | |
| Na Sodium 11 | Mg Magnesium 12 | | | |
| K Potassium 19 | Ca Calcium 20 | Sc Scandium 21 | Ti Titanium 22 | V Vanadium 23 |



6.40 7.06

Fe

Iron
26

0.70 0.72

| | |
|----------------|---------------|
| K_{α}^1 | K_{β}^1 |
| Ag | |
| L_{α}^1 | L_{β}^1 |

| | | | | |
|-----------------------|--------------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------|
| He Helium 2 | | | | |
| C Carbon 6 | N Nitrogen 7 | O Oxygen 8 | F Fluorine 9 | Ne Neon 10 |
| Si Silicon 14 | P Phosphorus 15 | S Sulfur 16 | Cl Chlorine 17 | Ar Argon 18 |
| Ge Germanium 32 | As Arsenic 33 | Se Selenium 34 | Br Bromine 35 | Kr Krypton 36 |
| Sb Antimony 51 | Te Tellurium 52 | I Iodine 53 | Xe Xenon 54 | |
| Pb Lead 82 | Bi Bismuth 83 | Po Polonium 84 | At Astatine 85 | Rn Radon 86 |
| Er Erbium 68 | Tm Thulium 69 | Yb Ytterbium 70 | Lu Lutetium 71 | |
| Fm Fermium 100 | Md Mendelevium 101 | No Nobelium 102 | Lr Lawrencium 103 | |

K_{α}^1
 L_{α}^1
Ag
 L_{β}^1
 K_{β}^1

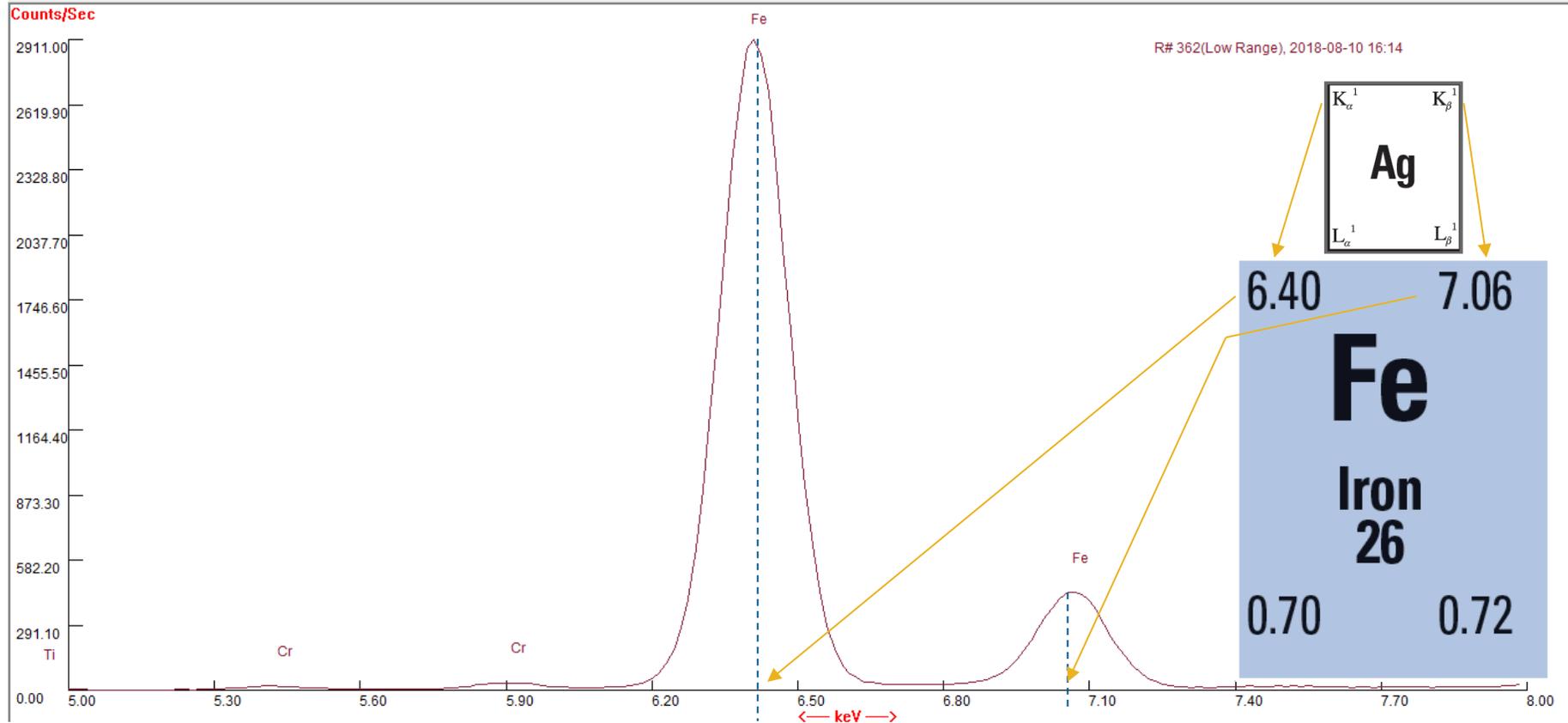
Key to Energy Values

Requires GOLDD technology for metal alloys

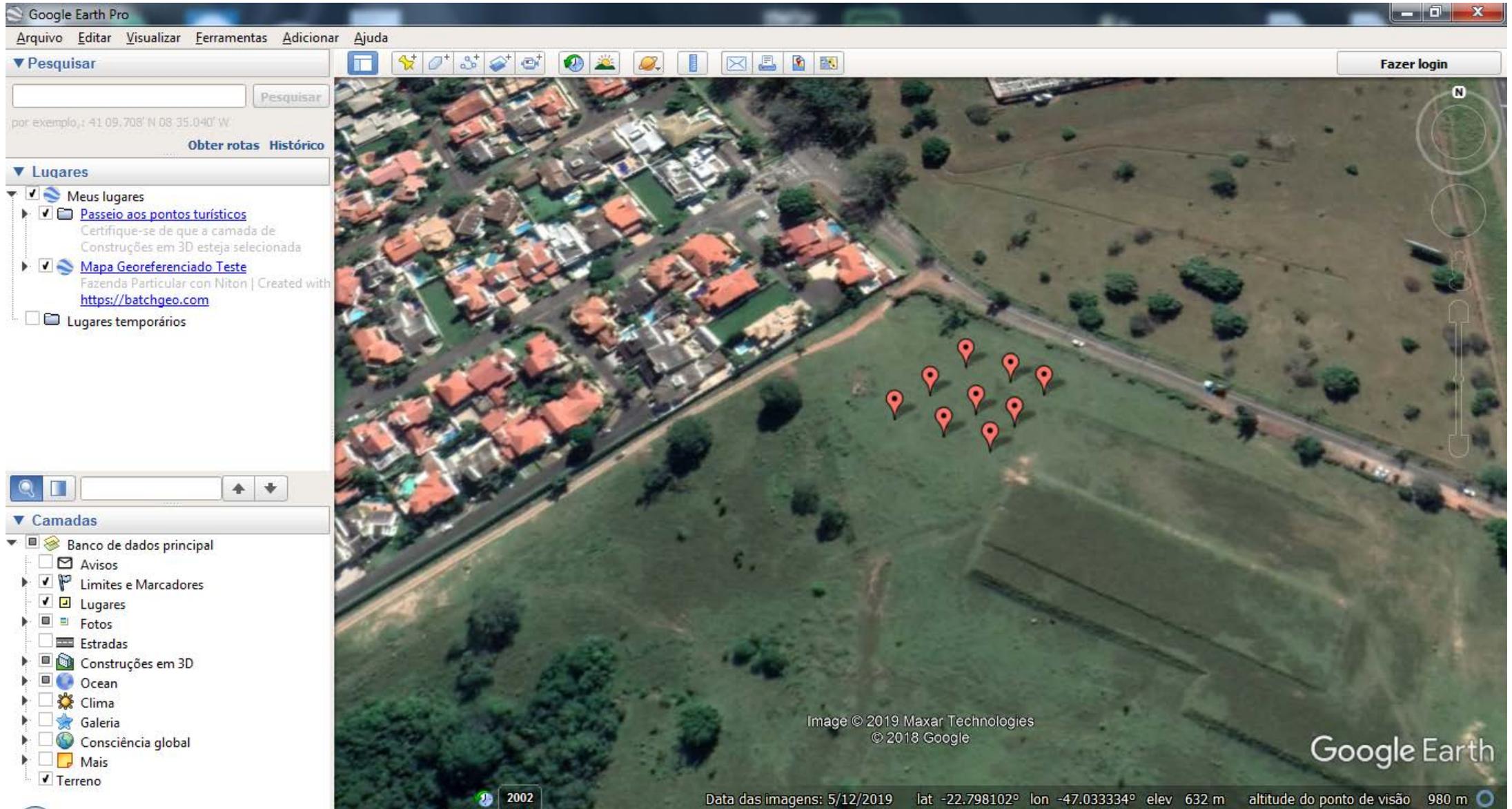
Requires GOLDD technology for mining & minerals mode



Como funciona o instrumento?



GPS Integrado (ou externo pareado por Bluetooth)



Dados Georeferenciados

Google Earth Pro

Arquivo Editar Visualizar Ferramentas Adicionar Ajuda

Pesquisar

por exemplo, : 41 09,708' N 08 35,040' W

Obter rotas Histórico

Luques

- Meus lugares
 - Passeio aos pontos turísticos
 - Mapa Georeferenciado Teste
- Lugares temporários

Camadas

- Banco de dados principal
 - Avisos
 - Limites e Marcadores
 - Lugares
 - Fotos
 - Estradas
 - Construções em 3D
 - Ocean
 - Clima
 - Galeria
 - Consciência global
 - Mais
 - Terreno

| | |
|----|-------|
| S | 0,39 |
| Cu | 0,22 |
| K | 1,12 |
| Al | 8,29 |
| Ca | 2,97 |
| Fe | 5,14 |
| Mg | 2,47 |
| Mn | 0,03 |
| P | 0,09 |
| Si | 31,59 |

-22.797168°, -47.035232°

Rotas: [Até aqui](#) - [Daqui](#)

Image © 2019 Maxar Technologies
© 2018 Google

Google Earth

2002

Data das imagens: 5/12/2019 lat -22.796087° lon -47.035249° elev 633 m altitude do ponto de visão 980 m

Dados Georeferenciados

The screenshot shows the Google Earth Pro interface. On the left, the 'Camadas' (Layers) panel is expanded to show 'Banco de dados principal' (Main data bank) with several sub-layers checked, including 'Limites e Marcadores' (Limits and Markers) and 'Lugares' (Places). The 'Lugares' list includes 'Mapa Georeferenciado Teste' (Georeferenced Test Map) with a description: 'Fazenda Particular con Niton | Created with https://batchgeo.com'. The main map area shows an aerial view of a residential area with red-roofed houses and a green field. A red pin is placed on the field, and a data popup window is open over it. The popup contains a table of chemical elements and their values, along with coordinates and route links.

| | |
|----|-------|
| S | 0,21 |
| Cu | 0,14 |
| K | 0,97 |
| Al | 7,58 |
| Ca | 2,93 |
| Fe | 4,16 |
| Mg | 2,97 |
| Mn | 0,02 |
| P | 0,04 |
| Si | 30,34 |

-22.797238°, -47.035041°
Rotas: [Até aqui](#) - [Daqui](#)

Image © 2019 Maxar Technologies
© 2018 Google

Google Earth

Data das imagens: 5/12/2019 lat -22.796754° lon -47.035810° elev 632 m altitude do ponto de visão 980 m

Dados Georeferenciados

Google Earth Pro interface showing georeferenced data points over a residential area. The data table is as follows:

| | |
|----|-------|
| S | 0,81 |
| Cu | 0,43 |
| K | 0,95 |
| Al | 8,45 |
| Ca | 2,48 |
| Fe | 4,03 |
| Mg | 2,06 |
| Mn | 0,01 |
| P | 0,31 |
| Si | 33,61 |

Coordinates: -22.797298°, -47.034864°
Rotas: [Até aqui](#) - [Daqui](#)

Image © 2019 Maxar Technologies
© 2018 Google

Google Earth

Data das imagens: 5/12/2019 lat -22.797495° lon -47.035444° elev 629 m altitude do ponto de visão 980 m

Dados Georeferenciados

Google Earth Pro

Arquivo Editar Visualizar Ferramentas Adicionar Ajuda

Pesquisar

por exemplo, : 41 09,708' N 08 35,040' W

Obter rotas Histórico

Luques

- Meus lugares
 - Passeio aos pontos turísticos
 - Mapa Georeferenciado Teste
Fazenda Particular con Niton | Created with <https://batchgeo.com>
 - Lugares temporários

Camadas

- Banco de dados principal
 - Avisos
 - Limites e Marcadores
 - Lugares
 - Fotos
 - Estradas
 - Construções em 3D
 - Ocean
 - Clima
 - Galeria
 - Consciência global
 - Mais
 - Terreno

| | |
|----|-------|
| S | 1,11 |
| Cu | 0,64 |
| K | 1,14 |
| Al | 7,23 |
| Ca | 3,73 |
| Fe | 6,34 |
| Mg | 2,94 |
| Mn | 0,02 |
| P | 0,36 |
| Si | 30,80 |

-22.797067°, -47.035094°

Rotas: [Até aqui](#) - [Daqui](#)

Image © 2019 Maxar Technologies
© 2018 Google

Google Earth

Data das imagens: 5/12/2019 lat -22.797285° lon -47.035881° elev 630 m altitude do ponto de visão 980 m

Dados Georeferenciados

The screenshot shows the Google Earth Pro interface. On the left, the 'Pesquisar' (Search) and 'Camadas' (Layers) panels are visible. The 'Camadas' panel shows the 'Banco de dados principal' (Main database) with various layers like 'Avisos', 'Limites e Marcadores', 'Lugares', 'Fotos', 'Estradas', 'Construções em 3D', 'Ocean', 'Clima', 'Galeria', 'Consciência global', 'Mais', and 'Terreno'. The main map area shows an aerial view of a residential area with several red location pins. A popup window is open over one of the pins, displaying a table of chemical data and coordinates.

| | |
|----|-------|
| S | 0,63 |
| Cu | 0,31 |
| K | 0,96 |
| Al | 8,42 |
| Ca | 2,46 |
| Fe | 3,95 |
| Mg | 2,05 |
| Mn | 0,01 |
| P | 0,27 |
| Si | 34,05 |

-22.797146°, -47.034915°
Rotas: [Até aqui](#) - [Daqui](#)

Image © 2019 Maxar Technologies
© 2018 Google

Google Earth

Data das imagens: 5/12/2019 lat -22.797617° lon -47.035397° elev 629 m altitude do ponto de visão 980 m

Dados Georeferenciados

The screenshot displays the Google Earth Pro interface. On the left, the 'Camadas' (Layers) panel is expanded to show 'Banco de dados principal' (Main data bank) with several sub-layers checked, including 'Limites e Marcadores' (Limits and Markers), 'Lugares' (Places), 'Fotos' (Photos), 'Estradas' (Streets), 'Construções em 3D' (3D Buildings), 'Ocean' (Ocean), 'Clima' (Climate), 'Galeria' (Gallery), 'Consciência global' (Global Awareness), 'Mais' (More), and 'Terreno' (Terrain). The main map area shows an aerial view of a residential area with several red location pins. A data table is overlaid on the map, displaying the following values:

| | |
|----|-------|
| S | 4,96 |
| Cu | 3,56 |
| K | 1,22 |
| Al | 5,76 |
| Ca | 5,05 |
| Fe | 8,88 |
| Mg | 3,77 |
| Mn | 0,06 |
| P | 0,63 |
| Si | 27,26 |

Below the table, the coordinates are shown as $-22.797195^\circ, -47.034767^\circ$. Below the coordinates, there are links for 'Rotas: Até aqui - Daqui'.

At the bottom of the map, the text reads: 'Image © 2019 Maxar Technologies © 2018 Google'. The Google Earth logo is visible in the bottom right corner. The status bar at the bottom shows 'Data das imagens: 5/12/2019 lat -22.797552° lon -47.035278° elev 630 m altitude do ponto de visão 980 m'.

Dados Georeferenciados

Google Earth Pro

Arquivo Editar Visualizar Ferramentas Adicionar Ajuda

Pesquisar

por exemplo, : 41 09,708' N 08 35,040' W

Obter rotas Histórico

Luques

- Meus lugares
 - Passeio aos pontos turísticos
 - Mapa Georeferenciado Teste
Fazenda Particular con Niton | Created with <https://batchgeo.com>
 - Lugares temporários

Camadas

- Banco de dados principal
 - Avisos
 - Limites e Marcadores
 - Lugares
 - Fotos
 - Estradas
 - Construções em 3D
 - Ocean
 - Clima
 - Galeria
 - Consciência global
 - Mais
 - Terreno

| | |
|----|-------|
| S | 0,64 |
| Cu | 0,36 |
| K | 0,87 |
| Al | 8,38 |
| Ca | 2,58 |
| Fe | 4,10 |
| Mg | 2,58 |
| Mn | 0,01 |
| P | 0,16 |
| Si | 32,37 |

-22.796946°, -47.034952°

Rotas: [Até aqui](#) - [Daqui](#)

Image © 2019

Google Earth

2002

Data das imagens: 5/12/2019 lat -22.797285° lon -47.035742° elev 630 m altitude do ponto de visão 980 m

Dados Georeferenciados

The screenshot shows the Google Earth Pro interface. The main map displays an aerial view of a residential area with several red location pins. A popup window is open over one of the pins, displaying a table of chemical data and coordinates. The interface includes a search bar, a 'Pesquisar' button, and a 'Fazer login' button. The left sidebar shows a list of layers under 'Camadas', including 'Banco de dados principal', 'Avisos', 'Limites e Marcadores', 'Lugares', 'Fotos', 'Estradas', 'Construções em 3D', 'Ocean', 'Clima', 'Galeria', 'Consciência global', 'Mais', and 'Terreno'. The bottom status bar shows the date of the image (5/12/2019), latitude (-22.797568°), longitude (-47.035833°), elevation (628 m), and viewing altitude (980 m).

| | |
|----|-------|
| S | 1,41 |
| Cu | 0,80 |
| K | 1,00 |
| Al | 6,96 |
| Ca | 3,89 |
| Fe | 7,93 |
| Mg | 2,73 |
| Mn | 0,03 |
| P | 0,61 |
| Si | 31,47 |

-22.797009°, -47.034776°
Rotas: [Até aqui](#) - [Daqui](#)

Image © 2019 Map data © 2018

Google Earth

2002

Data das imagens: 5/12/2019 lat -22.797568° lon -47.035833° elev 628 m altitude do ponto de visão 980 m

Dados Georeferenciados

The screenshot shows the Google Earth Pro interface. The main map displays an aerial view of a residential area with several red location pins. A popup window is open over one of the pins, displaying a table of chemical data and coordinates.

Geographic Data:
-22.797062°, -47.034646°
Rotas: [Até aqui](#) - [Daqui](#)

| | |
|----|-------|
| S | 0,34 |
| Cu | 0,22 |
| K | 0,82 |
| Al | 7,89 |
| Ca | 3,40 |
| Fe | 4,25 |
| Mg | 3,26 |
| Mn | 0,02 |
| P | 0,18 |
| Si | 29,18 |

Image © 2019 Maxar Technologies
© 2018 Google

Google Earth

Data das imagens: 5/12/2019 lat -22.797633° lon -47.035385° elev 629 m altitude do ponto de visão 980 m

- Análise Superficial
- Umidade
- Representatividade da Amostragem
- Efeitos de Matriz

Considerações sobre o **volume analisado / profundidade da análise**.

Os raios X característicos dos elementos presentes na amostra originam-se de uma camada bem definida da amostra chamada penetração crítica t_{crit} , que pode ser calculada pela equação:

$$t_{crit} = 4,61 / (\rho \cdot \mu_{tot})$$

onde:

ρ é a densidade da amostra

μ_{tot} é a soma dos coeficientes de atenuação de massa da radiação primária e característica da amostra analisada, multiplicada pela cossecante dos ângulos de entrada e saída

Considerações sobre o **volume analisado / profundidade da análise.**

Para um mesmo raio X característico, quanto mais densa a amostra, menor t_{crit}

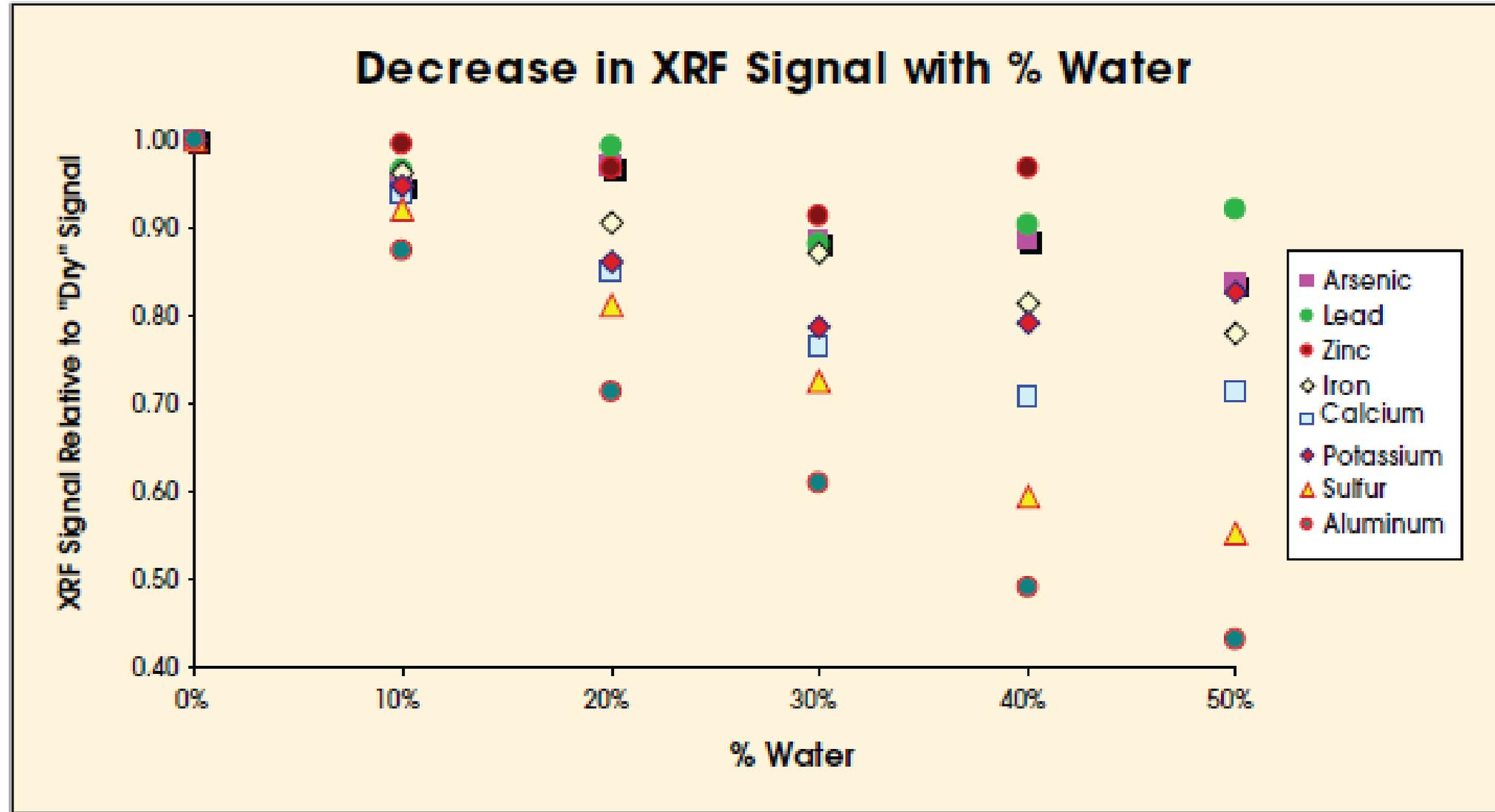
Para amostras de mesma densidade, quanto maior a energia característica, menor μ_{tot} , maior t_{crit}

Valores de t_{crit} estão tipicamente na faixa entre 10 e 1.000 μm

A umidade pode afetar a exatidão da análise. Normalmente umidade de até 20% provoca erros não tão significativos [4], principalmente para os elementos mais pesados.

No entanto os erros serão potencialmente significativos quando a superfície do material analisado estiver saturada com água. [4]

Nesses casos pode-se secar as amostras para posterior análise ou empregar-se o artifício de utilizar correções empíricas para faixas de umidade. [2]



Principais Desafios - Solução

Preparo simples e rápido de amostra no campo:

- Remover excesso de umidade
- Homogeneizar tamanho de grão / pulverizar



Clauber Bonalume

clauber.bonalume@thermofisher.com

+55 11 94467-0386

Produtos Thermo Scientific para Mineração



Niton™ XL5
Handheld XRF
Analyzer



Ramsey™
Weighbelt Feeder



AnStat Online Sampling
and Elemental Analysis
Station



Ramsey™ IDEA
Belt Scale System



DSA-200 Dry
Stream Analyzer



CB Omni Fusion
Online Elemental
Analyzer



Ramsey™
Conveyor
Protection Switches



Oretronic IV Tramp
Metal Detector



Personal Dust
Monitors