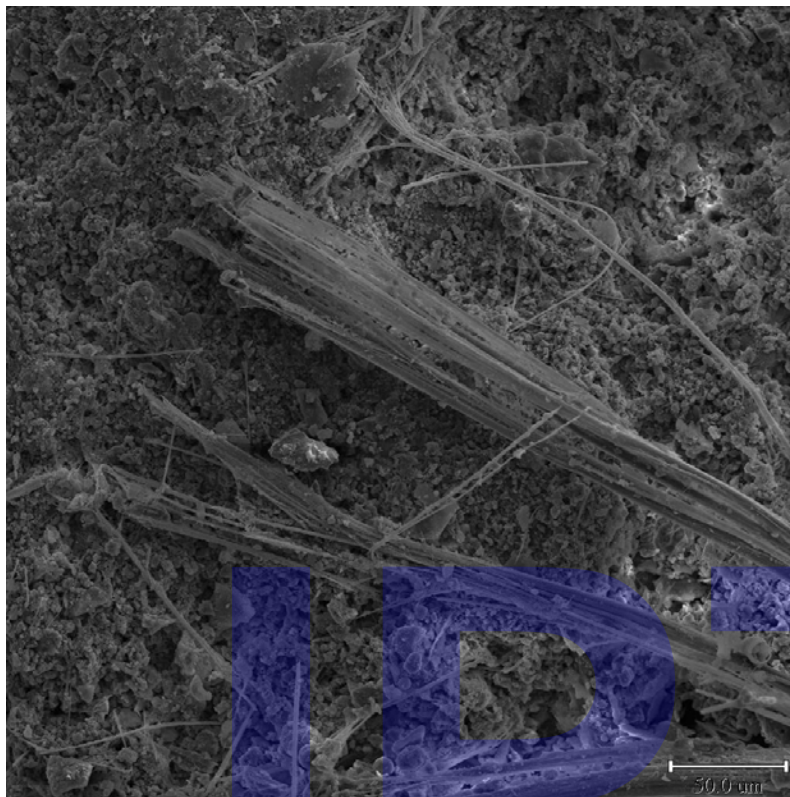
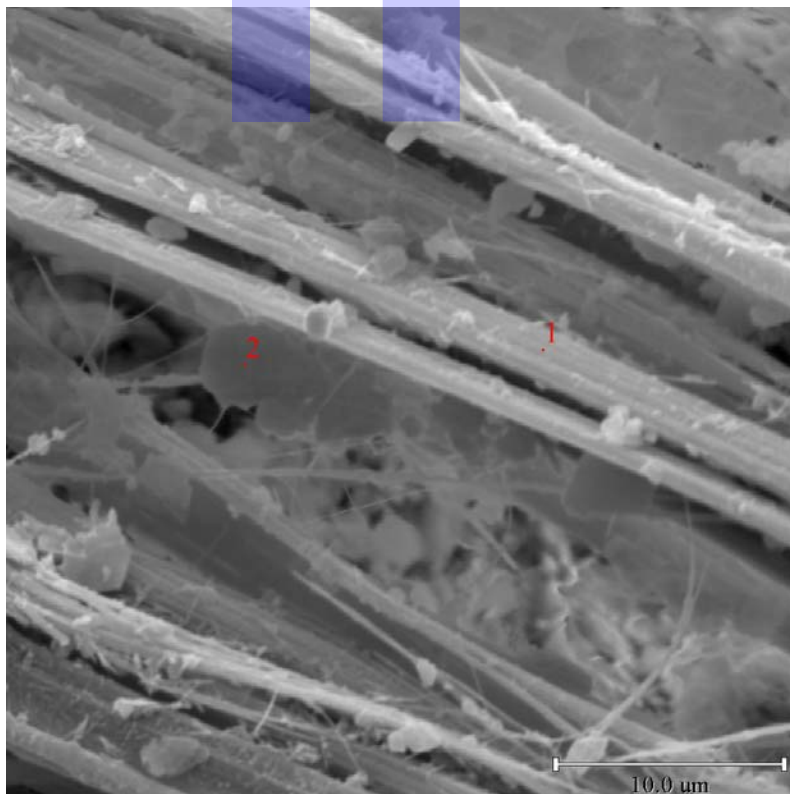


**ANEXOS D**

Microscopia eletrônica de varredura com  
espectroscopia de energia dispersiva



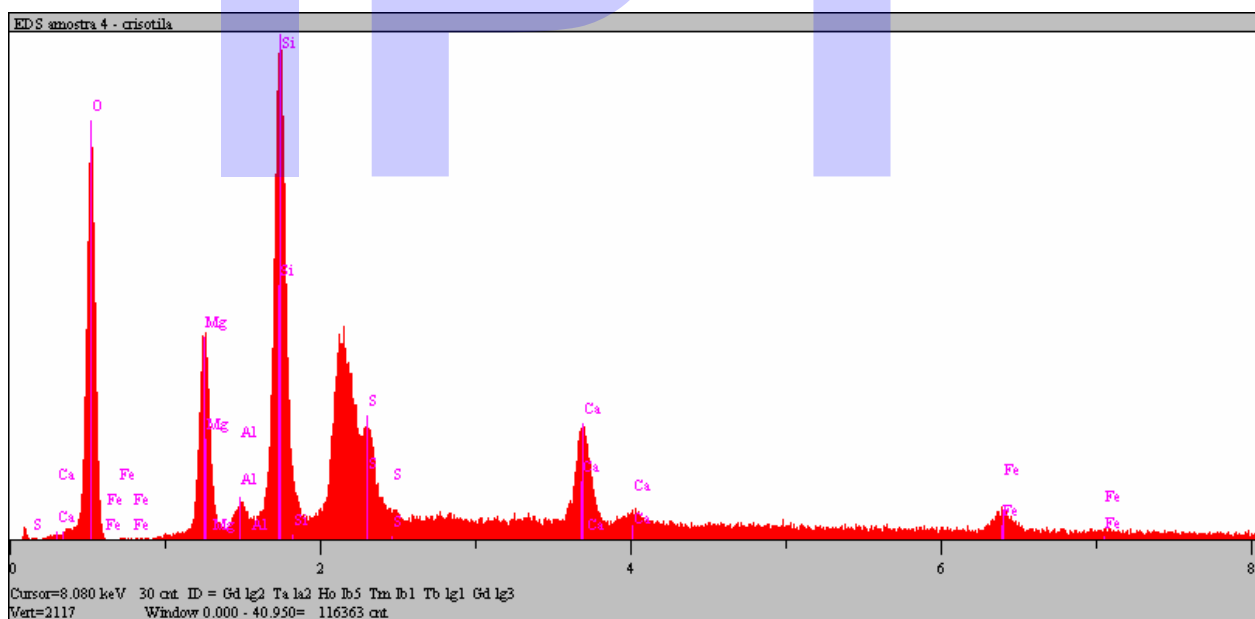
**Foto 1 – Am-4 – Forjaria.**  
Agregado de fibrilas na superfície da telha. Notar que as fibras apresentam pouca aderência à matriz, tornando-se susceptíveis a se soltar.



**Foto 2 – Am-4 – Forjaria.**  
Localização dos pontos (1 e 2) de análise por EDS - feixe de fibrilas (3500x).

**Tabela 1** - Am-4 – Forjaria. Análise semi-quantitativa EDS do ponto 1 - feixe de fribilas de crisotila com provável contaminação de enxofre e ferro.

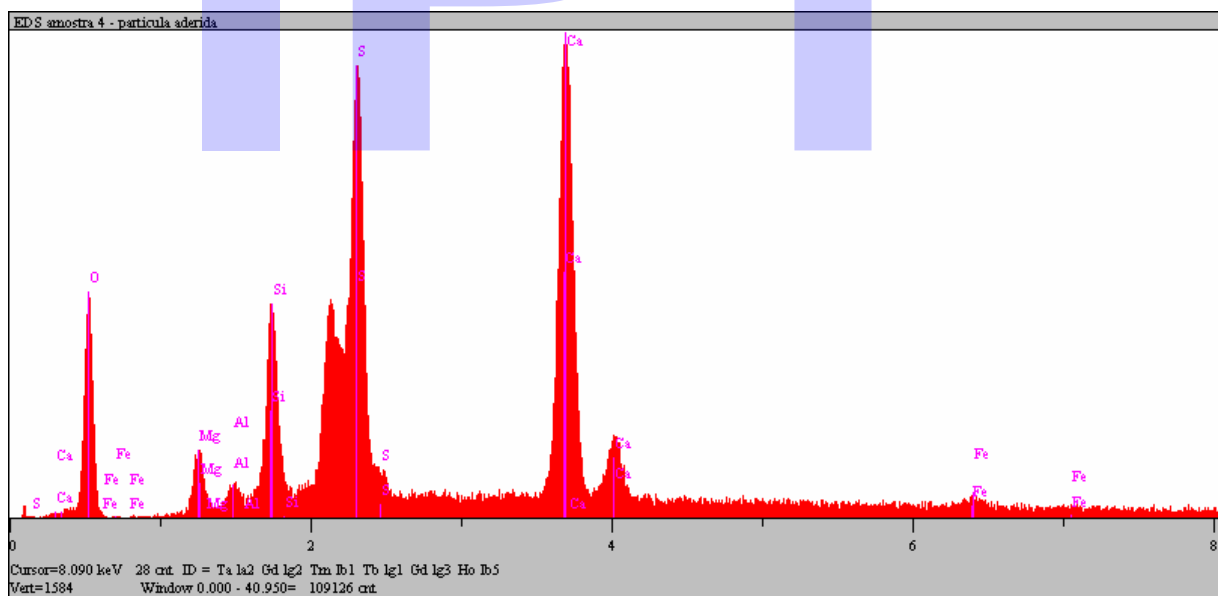
Elemento Químico	Raia	Porcentagem atômica	Porcentagem em massa
O	K $\alpha$	65.431	49.443
Mg	K $\alpha$	7.464	8.568
Al	K $\alpha$	0.660	0.841
Si	K $\alpha$	15.806	20.967
S	K $\alpha$	4.249	6.434
Ca	K $\alpha$	4.174	7.901
Fe	K $\alpha$	2.217	5.847
Total		100	100
kV	15.0		
Takeoff Angle	35.7°		



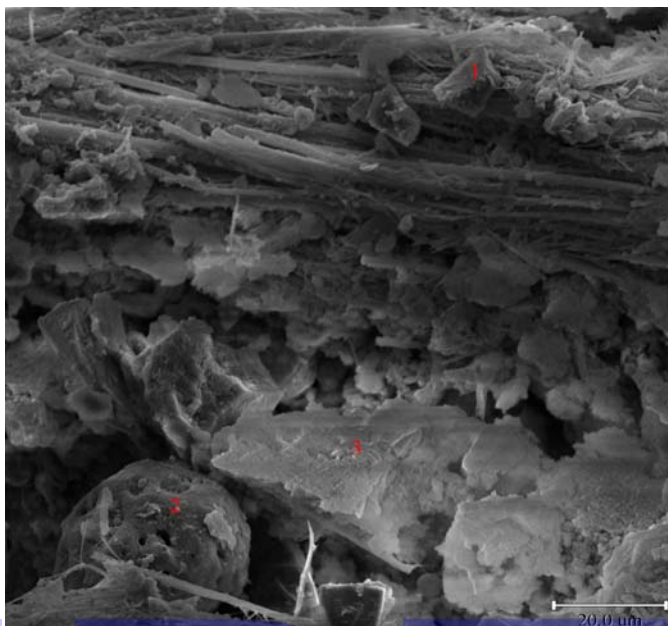
**Figura 1** - Am-4 – Forjaria. Espectro obtido por EDS do ponto 1 para a crisotila.

**Tabela 2 - Am-4 – Forjaria. Análise semi-quantitativa EDS do ponto 2 – provável grão de gipso.**

Elemento Químico	Raia	Porcentagem atômica	Porcentagem em massa
O	K $\alpha$	59.132	39.769
Mg	K $\alpha$	2.139	2.185
Al	K $\alpha$	0.581	0.659
Si	K $\alpha$	5.501	6.495
S	K $\alpha$	13.820	18.629
Ca	K $\alpha$	18.003	30.330
Fe	K $\alpha$	0.824	1.933
Total		100	100
kV	15.0		
Takeoff Angle	35.7°		



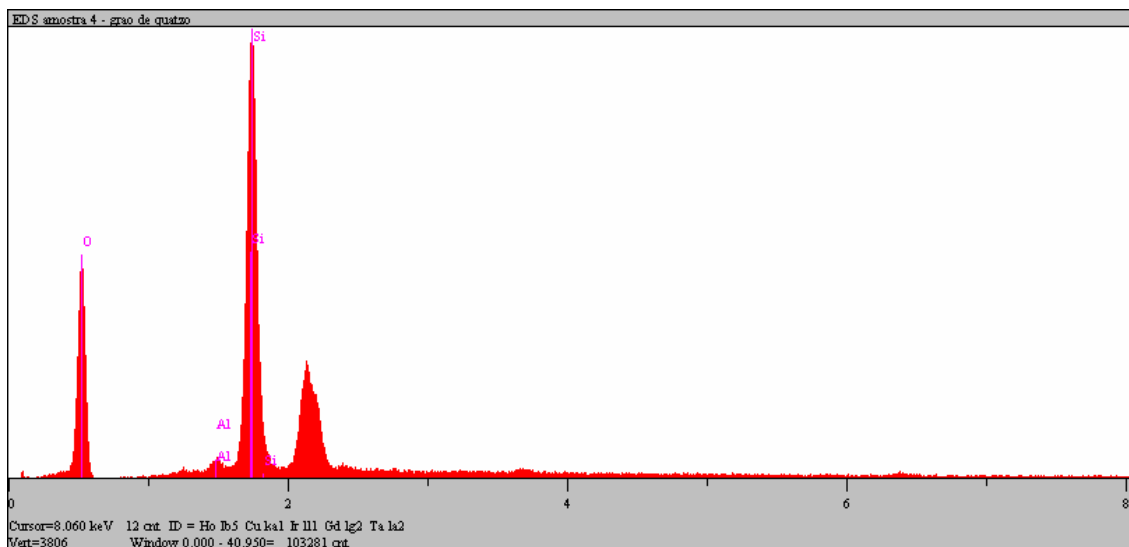
**Figura 2 - Am-4 – Forjaria. Espectro obtido por EDS do ponto 2 para o gipso.**



**Foto 3** – Am-4 – Forjaria. Localização dos pontos de análise por EDS – região central (1000x).

**Tabela 3** - Am-4 – Forjaria. Análise semi-quantitativa EDS do ponto 1 – grão de quartzo.

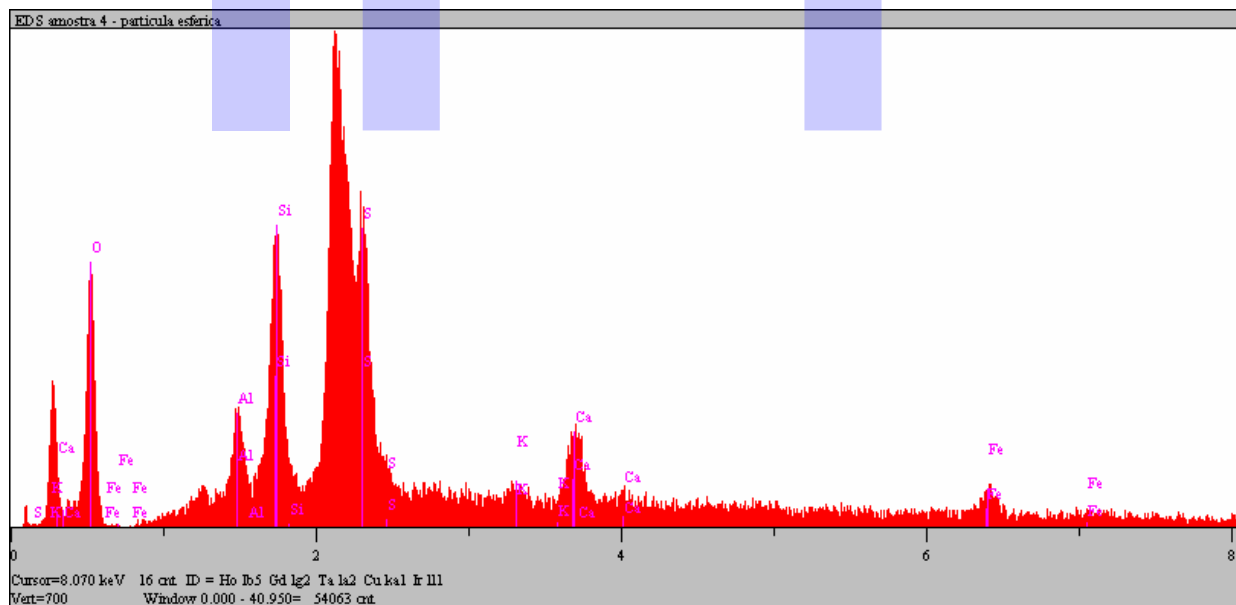
Elemento Químico	Raia	Porcentagem atômica	Porcentagem em massa
O	Kα	68.130	54.932
Al	Kα	0.694	0.943
Si	Kα	31.176	44.125
Total		100	100
kV	15.0		
Takeoff Angle	35.7°		



**Figura 3** - Am-4 – Forjaria. Espectro obtido por EDS do ponto 1 para o quartzo.

**Tabela 4 – Am-4 – Forjaria. Análise semi-quantitativa EDS do ponto 2 – provável belita com contaminação de enxofre.**

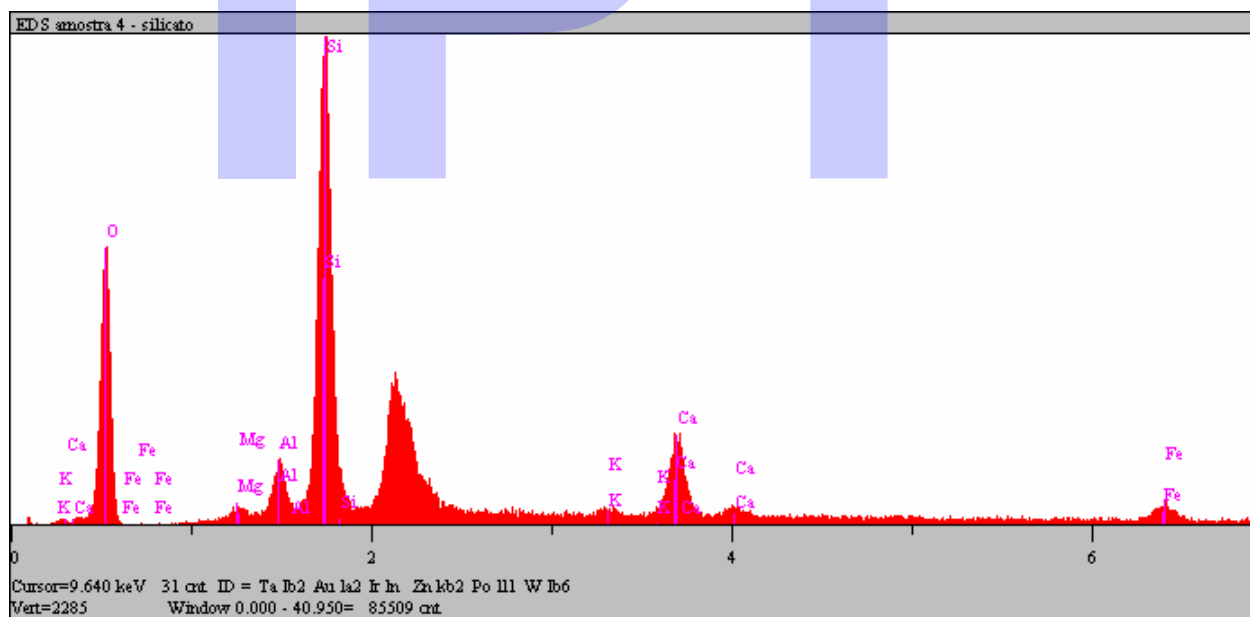
Elemento Químico	Raia	Porcentagem atômica	Porcentagem em massa
O	K $\alpha$	62.618	44.570
Mg	K $\alpha$	0.648	0.700
Al	K $\alpha$	3.129	3.755
Si	K $\alpha$	11.142	13.922
S	K $\alpha$	14.534	20.734
K	K $\alpha$	0.722	1.256
Ca	K $\alpha$	4.054	7.229
Fe	K $\alpha$	3.154	7.835
Total		100	100
kV	15.0		
Takeoff Angle	35.7°		



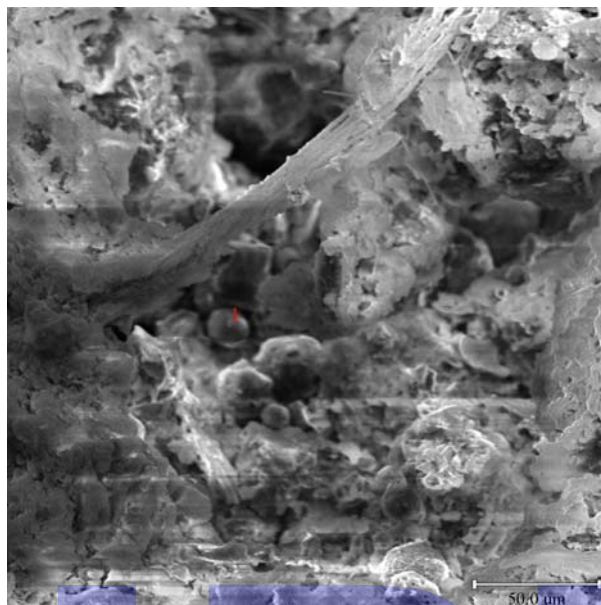
**Figura 4 - Am-4 – Forjaria. Espectro obtido por EDS do ponto 2 para a belita.**

**Tabela 5** – Am-4 – Forjaria. Análise semi-quantitativa EDS do ponto 3 – provável silicato de cálcio hidratado (C-S-H).

Elemento Químico	Raia	Porcentagem atômica	Porcentagem em massa
O	Kα	67.069	50.491
Mg	Kα	0.562	0.642
Al	Kα	2.323	2.949
Si	Kα	22.323	29.500
K	Kα	0.386	0.710
Ca	Kα	4.815	9.080
Fe	Kα	2.522	6.628
Total		100	100
kV	15.0		
Takeoff Angle	35.7°		



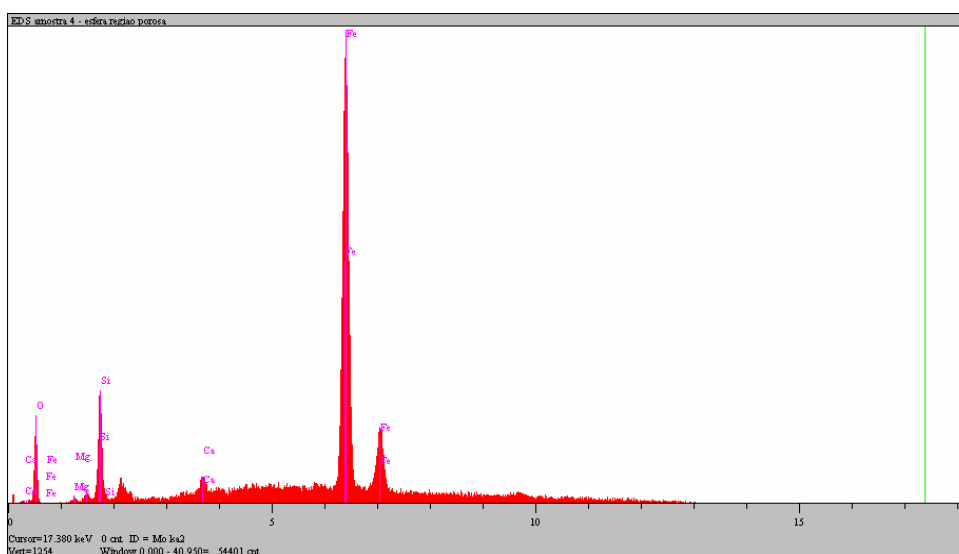
**Figura 5** - Am-4 – Forjaria. Espectro obtido por EDS do ponto 3 para o C.S.H..



**Foto 4 – Am-4 – Forjaria. Localização do ponto de análise por EDS – região porosa (500x).**

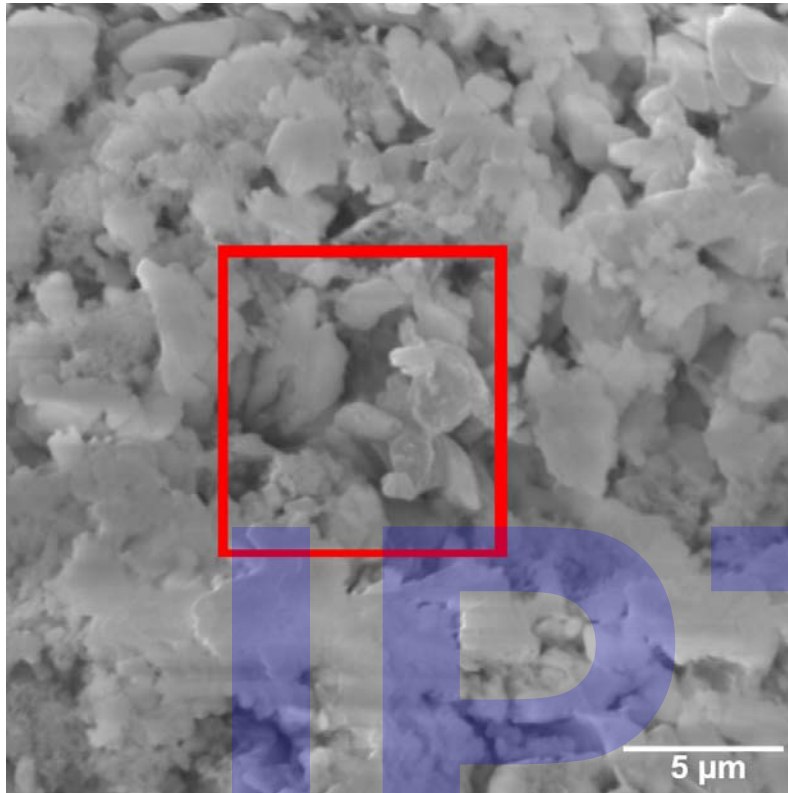
**Tabela 6 – Am-4 – Forjaria. Análise semi-quantitativa EDS do ponto 1 – provável magnetita.**

Elemento Químico	Raia	Porcentagem atômica	Porcentagem em massa
O	Kα	15.024	5.073
Mg	Kα	0.455	0.233
Al	Kα	0.624	0.355
Si	Kα	7.144	4.235
Ca	Kα	1.091	0.923
Fe	Kα	75.663	89.181
Total		100	100
kV	15.0		
Takeoff Angle	35.7°		

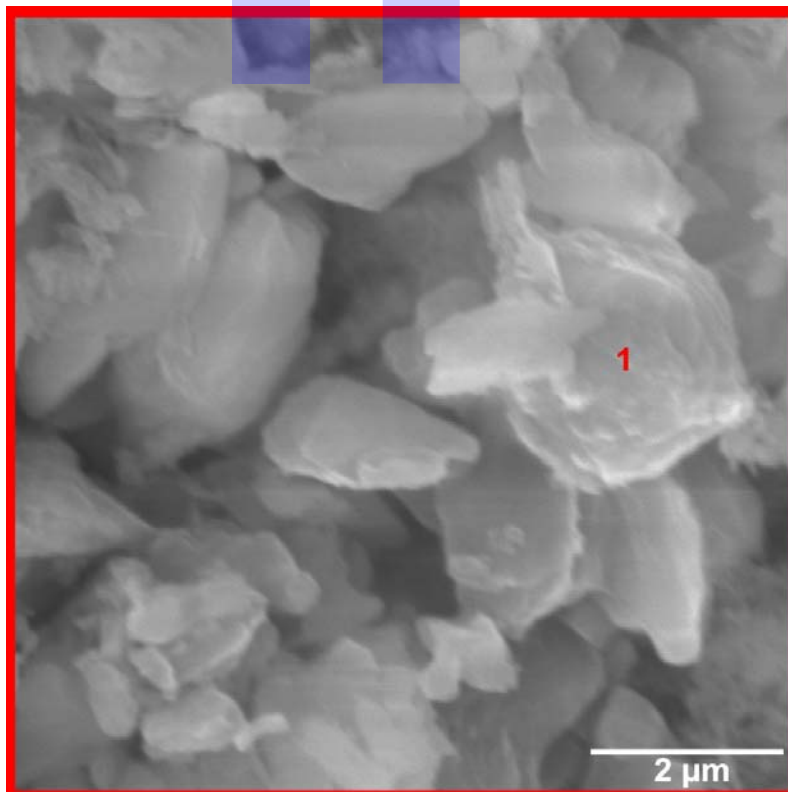


**Figura 6 - Am-4 – Forjaria. Espectro obtido por EDS do ponto 1 para a magnetita.**





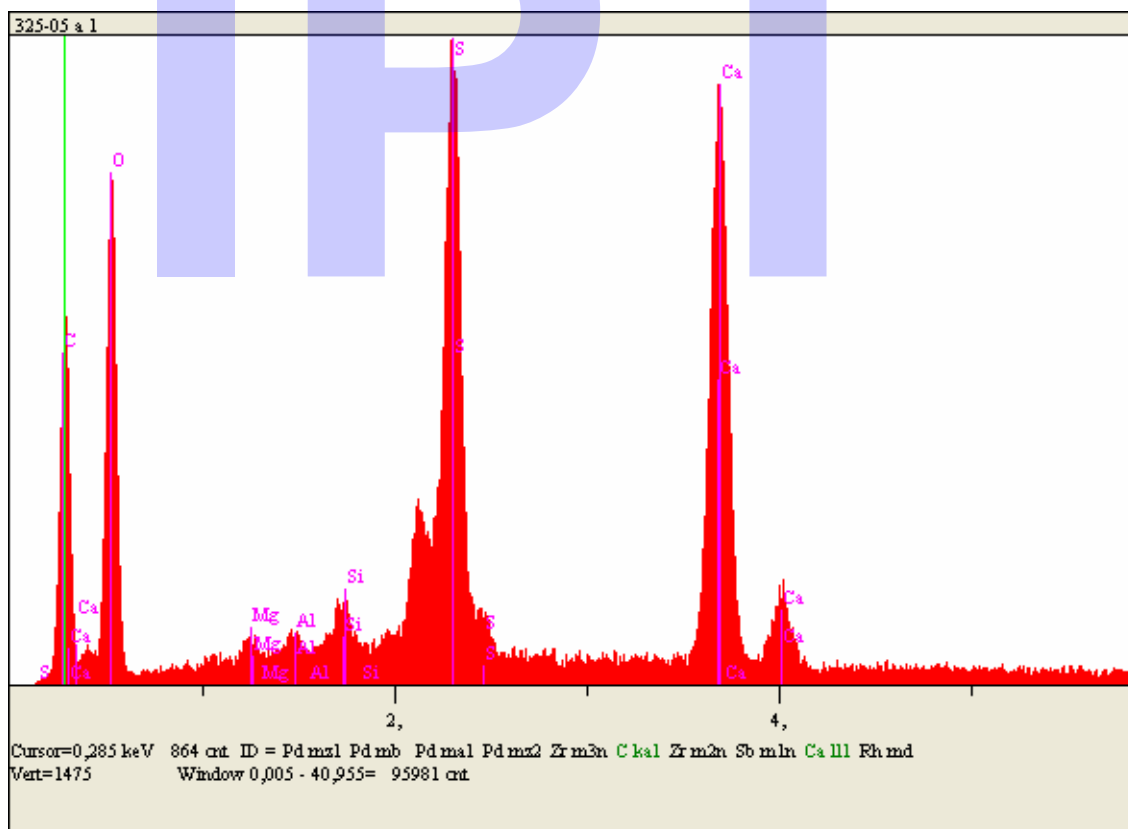
**Foto 5 – Am-5.1 Eixos.**  
Agregado de plaquetas hexagonais de gipso e calcita na superfície da telha. Em destaque o local da FOTO 6



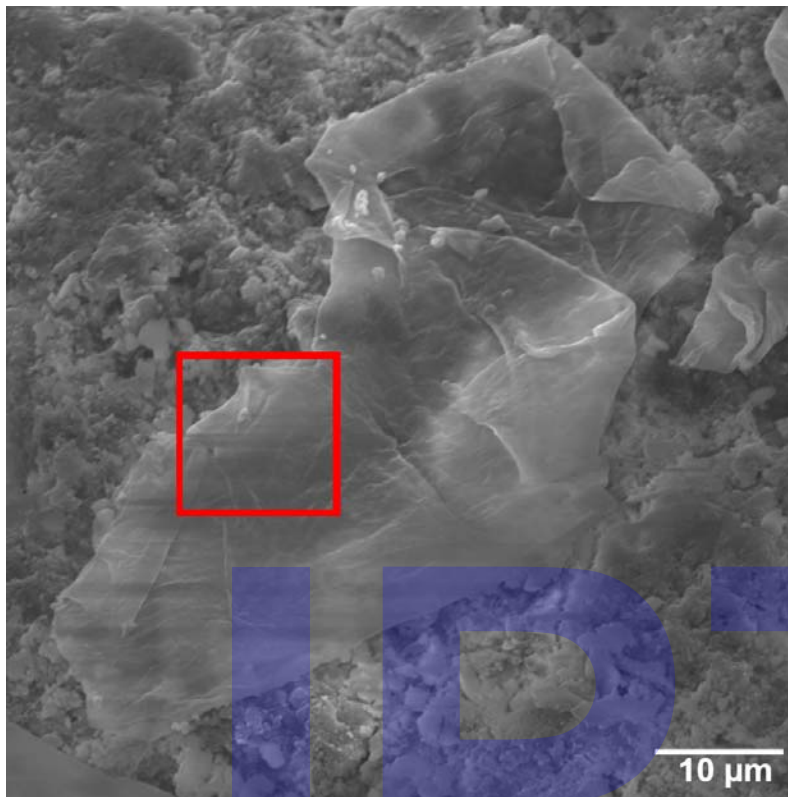
**Foto 6 – Am-5.1 Eixos.**  
Localização do ponto 1, analisado por EDS.

**Tabela 7 - Am-5.1 Eixos. Análise semi-quantitativa EDS – plaquetas de gipso e carbonato.**

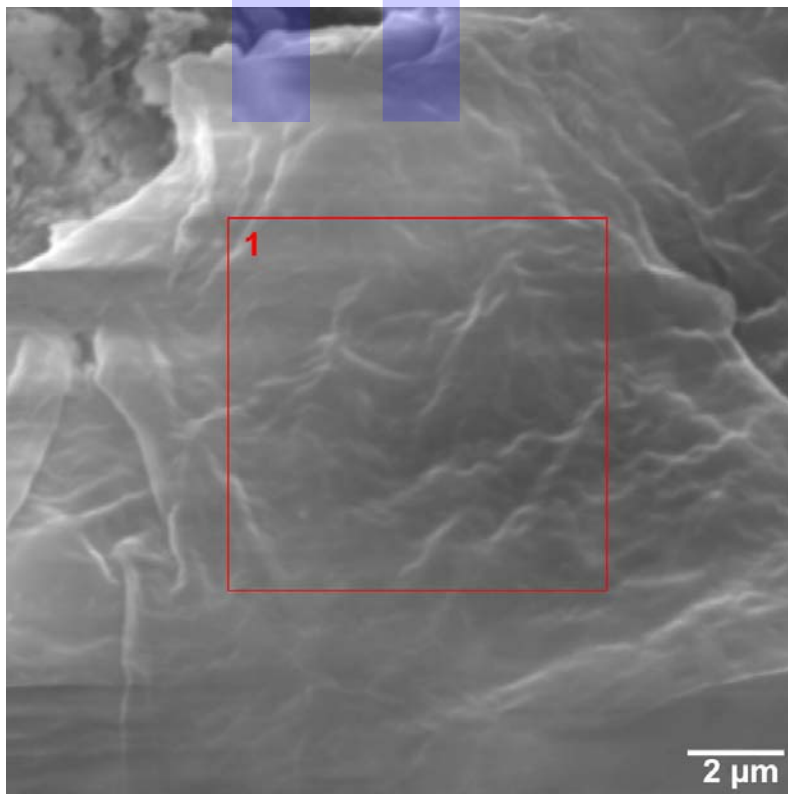
Elemento Químico	Raia	Porcentagem em massa
C	K $\alpha$	20,454
O	K $\alpha$	39,127
Mg	K $\alpha$	0,432
Al	K $\alpha$	0,290
Si	K $\alpha$	1,028
S	K $\alpha$	14,854
Ca	K $\alpha$	23,814
Total		100
kV	15.0	
Takeoff Angle	35.7°	



**Figura 7 - Am-5.1 Eixos. Espectro obtido por EDS do ponto 1.**



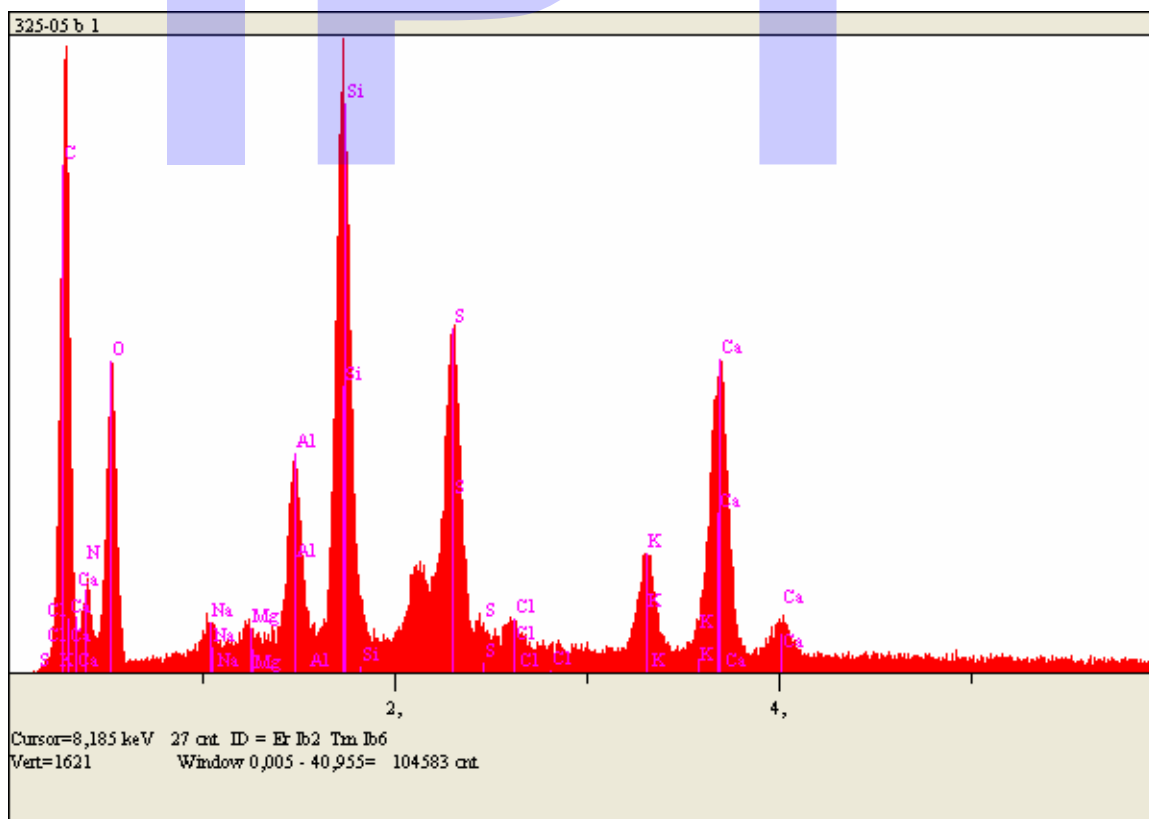
**Foto 7** – Am-5.1 Eixos. Placa com faces retas na superfície da telha. Em destaque o local da FOTO 8.



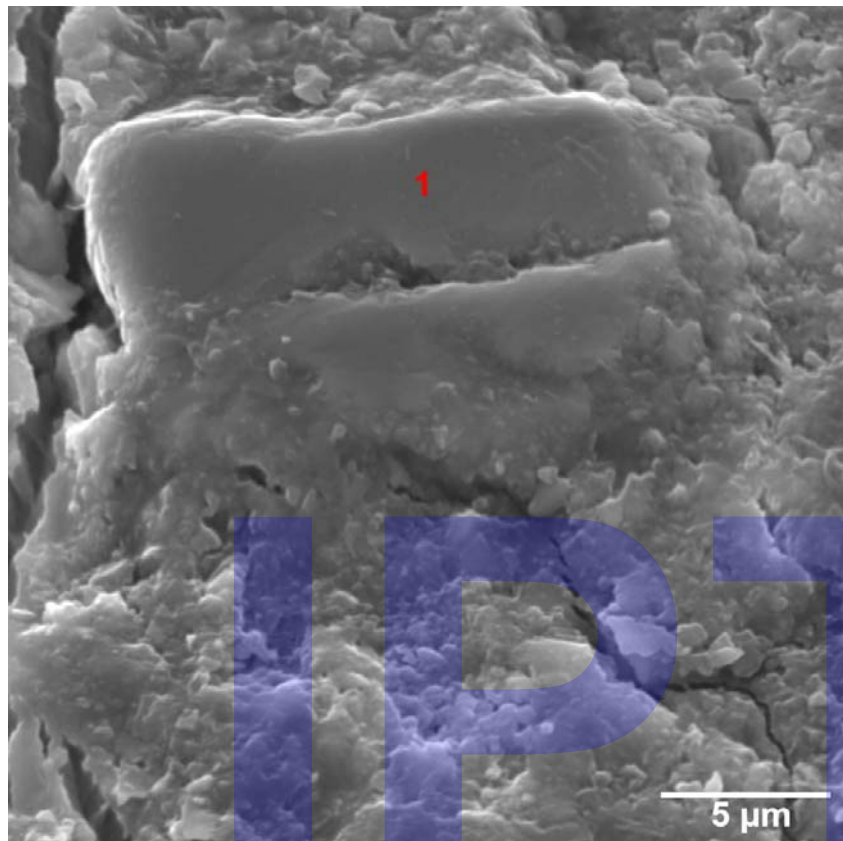
**Foto 8** – Am-5.1 Eixos. Localização da área 1, analisada por EDS.

**Tabela 8 - Am-5.1 Eixos. Análise semi-quantitativa EDS – placa hexagonal.**

Elemento Químico	Raia	Porcentagem em massa
C	K $\alpha$	30,508
N	K $\alpha$	11,425
O	K $\alpha$	23,072
Na	K $\alpha$	0,593
Mg	K $\alpha$	0,218
Al	K $\alpha$	2,886
Si	K $\alpha$	10,134
S	K $\alpha$	7,060
Cl	K $\alpha$	0,536
K	K $\alpha$	3,000
Ca	K $\alpha$	10,568
Total		100
kV	15.0	
Takeoff Angle	35.7°	



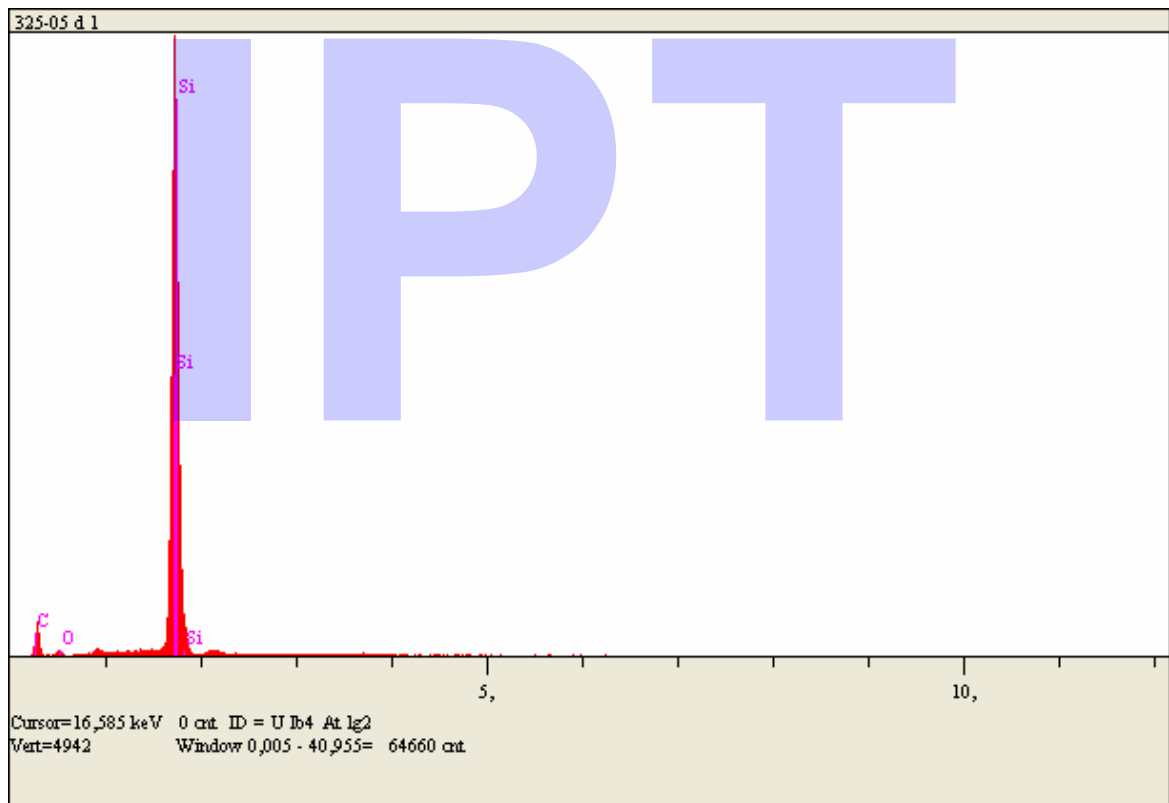
**Figura 8 - Am-5.1 Eixos. Espectro obtido por EDS da área 1.**



**Foto 9** – Am-5.1 Eixos.  
Provável sílica gelatinizada da  
zona de corrosão. Greta no  
canto esquerdo e no canto  
direito inferior.

**Tabela 9** - Am-5.1 Eixos. Análise semi-quantitativa EDS – provável sílica gelatinizada da zona de corrosão.

Elemento Químico	Raia	Porcentagem em massa
C	K $\alpha$	27,101
O	K $\alpha$	2,415
Si	K $\alpha$	70,484
Total		100
kV	15.0	
Takeoff Angle	35.7°	

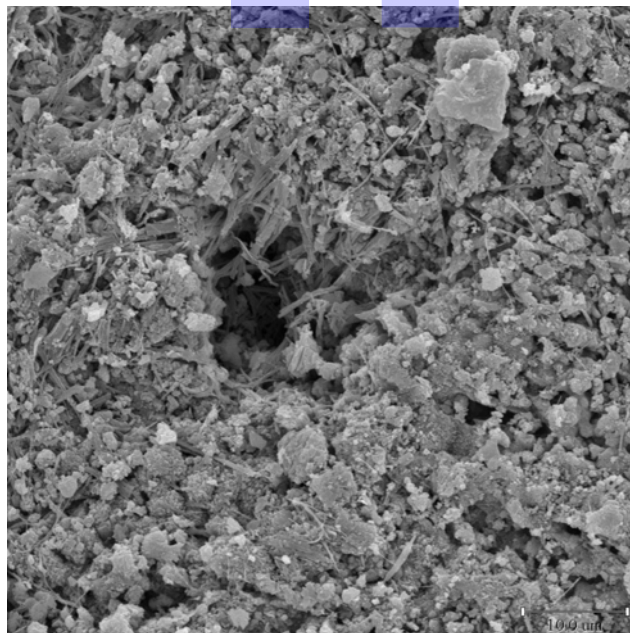


**Figura 9** - Am-5.1 Eixos. Espectro obtido por EDS do ponto 1.

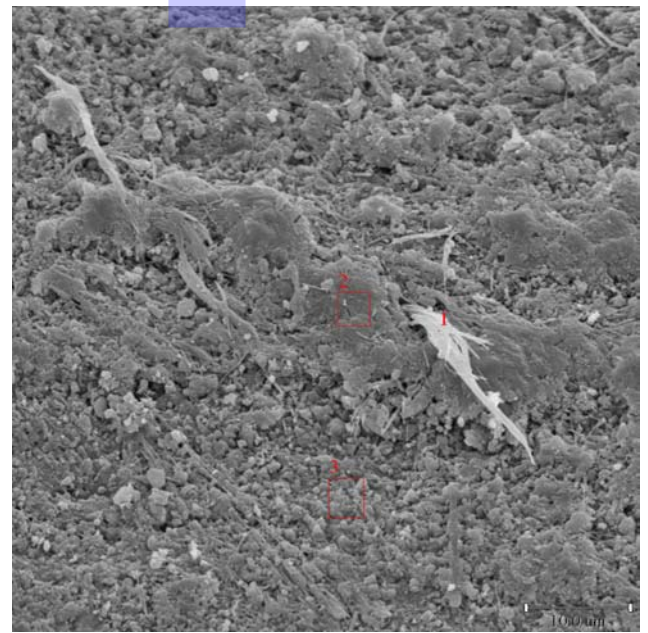




**Foto 10** – Nova. Vista geral (35x). Notar “estratificação” na telha, evidenciada por diferentes texturas entre as camadas.



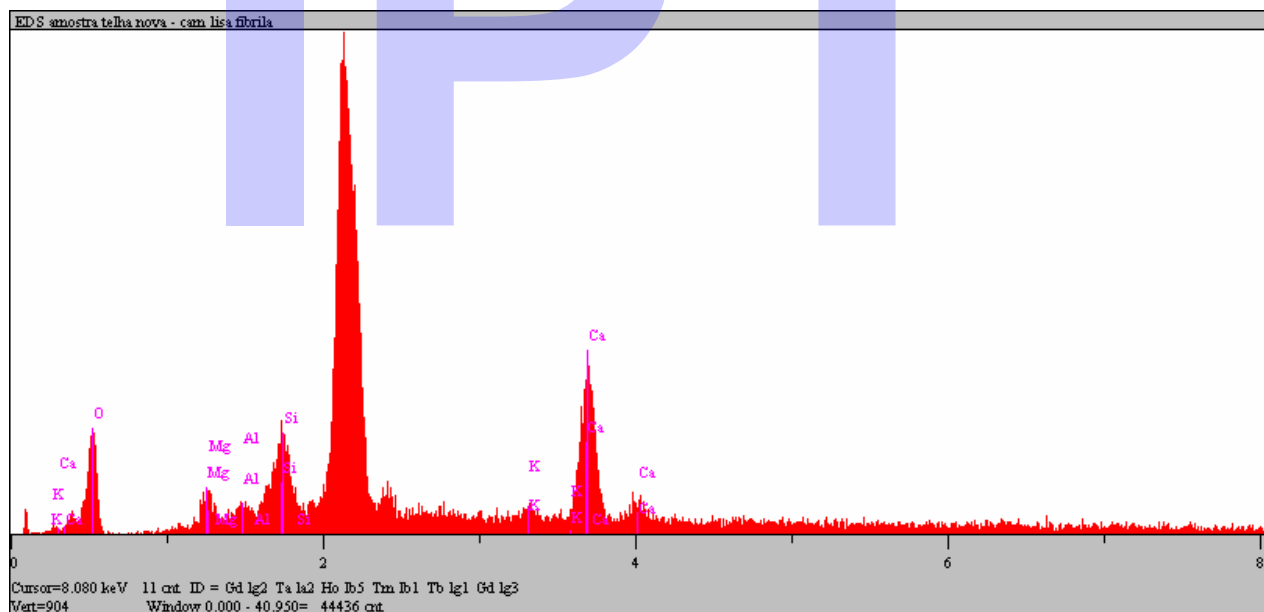
**Foto 11** – Nova. Detalhe camada rugosa (2000x).



**Foto 12** – Nova. Localização da área e pontos de análise por EDS – camada lisa (2000x).

**Tabela 10** – Nova. Análise semi-quantitativa do ponto 1 – provável fibrila de crisotila.

Elemento Químico	Raia	Porcentagem atômica	Porcentagem em massa
O	Kα	70.420	52.396
Mg	Kα	3.450	3.899
Al	Kα	0.747	0.938
Si	Kα	0.083	10.558
K	Kα	0.774	1.408
Ca	Kα	16.526	30.802
Total		100	100
kV	15.0		
Takeoff Angle	35.7°		

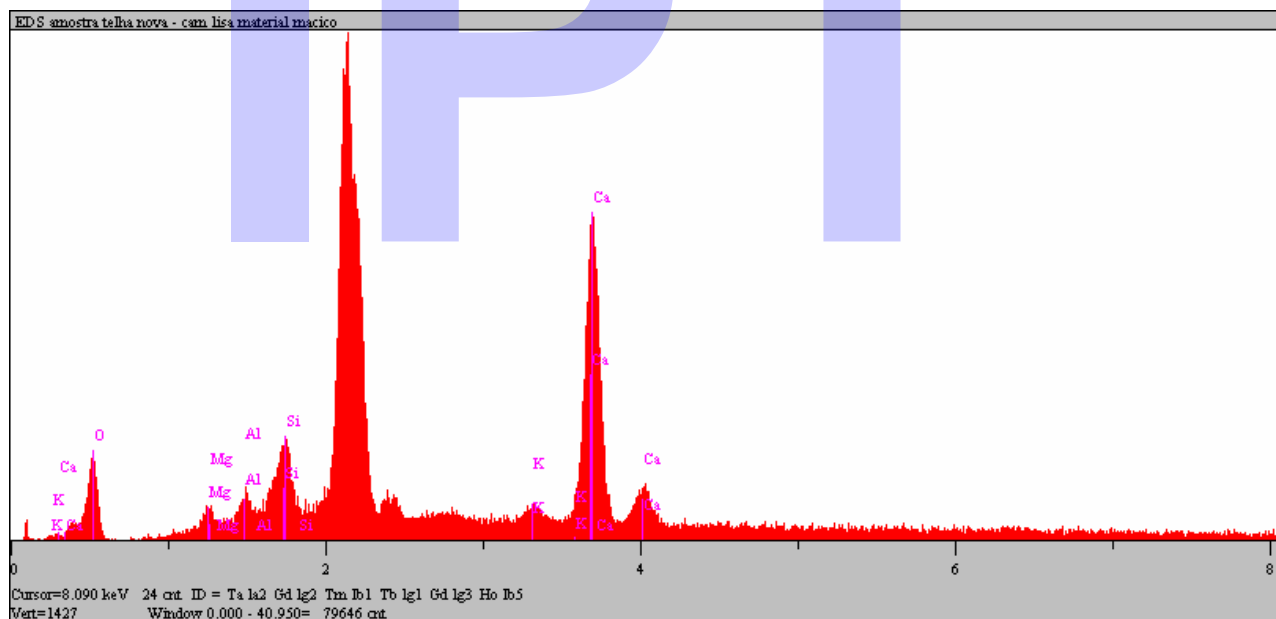


**Figura 10** - Nova. Espectro obtido por EDS do ponto 1 para a crisotila.



**Tabela 11 – Nova.** Análise semi-quantitativa do ponto 2 – provável portlandita.

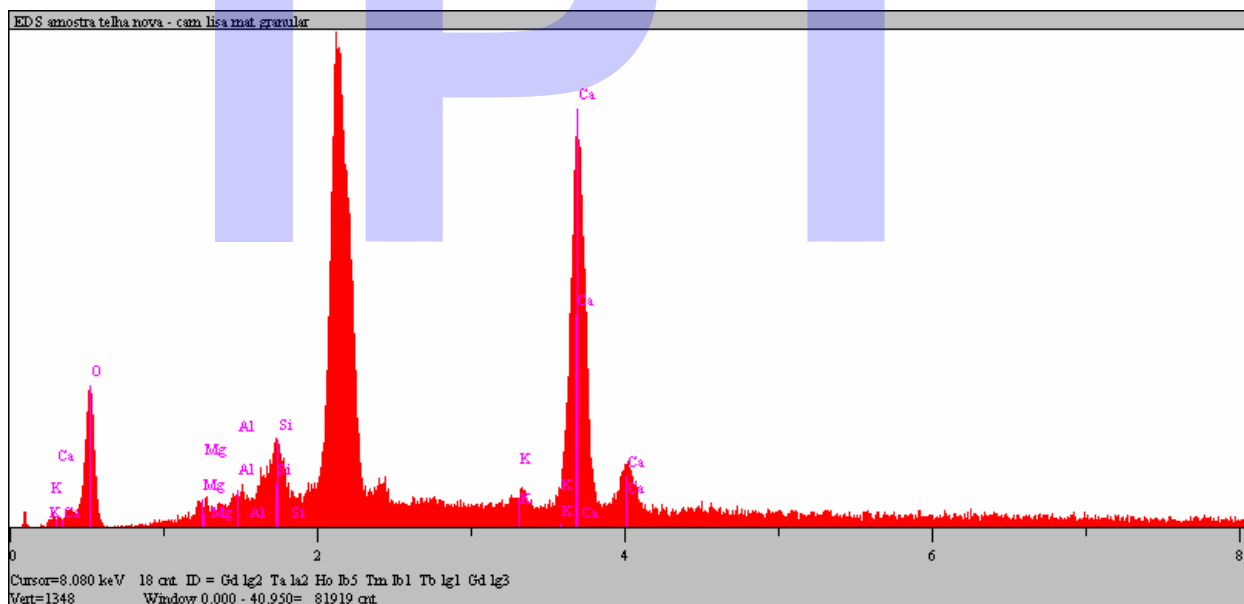
Elemento Químico	Raia	Porcentagem atômica	Porcentagem em massa
O	K $\alpha$	64.676	44.170
Mg	K $\alpha$	1.404	1.457
Al	K $\alpha$	1.288	1.484
Si	K $\alpha$	5.653	6.777
K	K $\alpha$	0.973	1.624
Ca	K $\alpha$	26.005	44.489
Total		100	100
kV	15.0		
Takeoff Angle	35.7°		



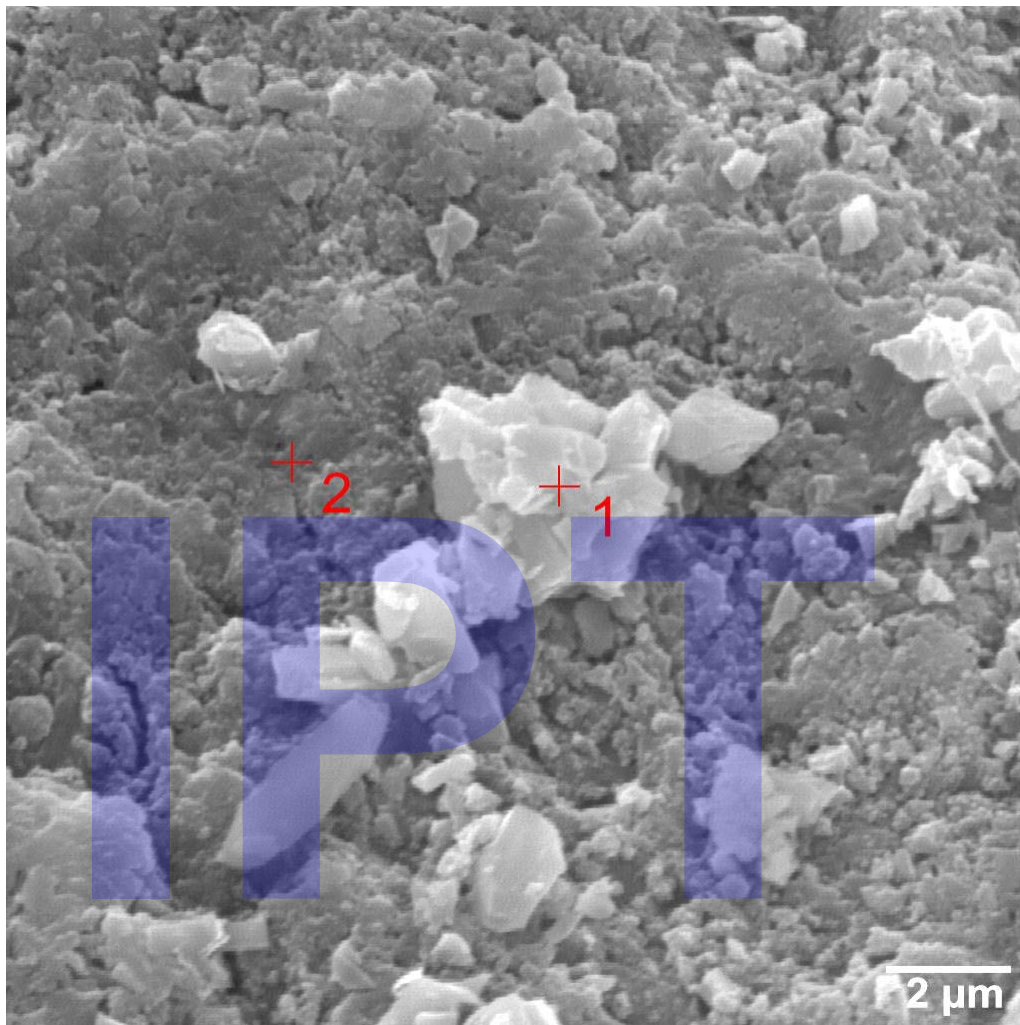
**Figura 11 - Nova.** Espectro obtido por EDS do ponto 2 para portlandita.

**Tabela 12** – Nova. Análise semi-quantitativa do ponto 3 – provável portlandita.

Elemento Químico	Raia	Porcentagem atômica	Porcentagem em massa
O	K $\alpha$	71.167	50.938
Mg	K $\alpha$	0.700	0.761
Al	K $\alpha$	0.534	0.645
Si	K $\alpha$	3.353	4.213
K	K $\alpha$	0.641	1.121
Ca	K $\alpha$	23.605	42.322
Total		100	100
kV	15.0		
Takeoff Angle	35.7°		



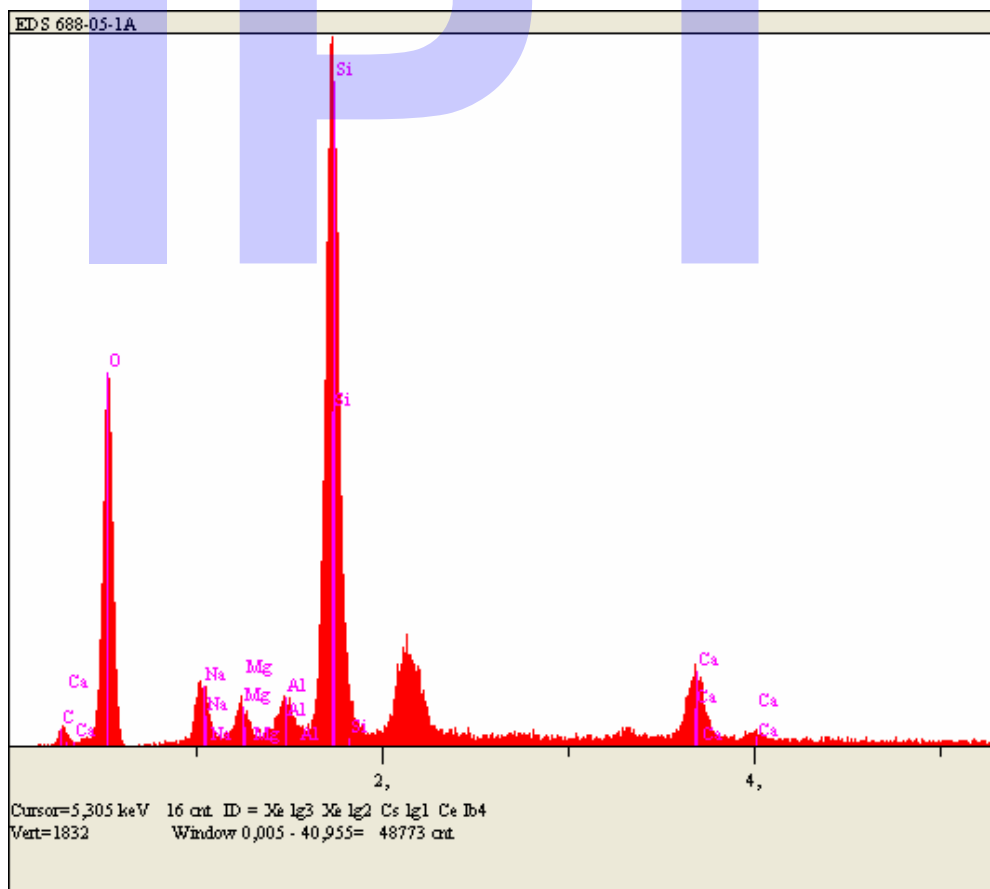
**Figura 12** - Nova. Espectro obtido por EDS do ponto 3 para calcita ±. Portlandita.



**Foto 13** – Ondulada refeitório Descoberta. Localização dos pontos de análise por EDS.

**Tabela 13** - Ondulada refeitório Descoberta. Análise semi-quantitativa por EDS do ponto 1 – Possível grão de quartzo.

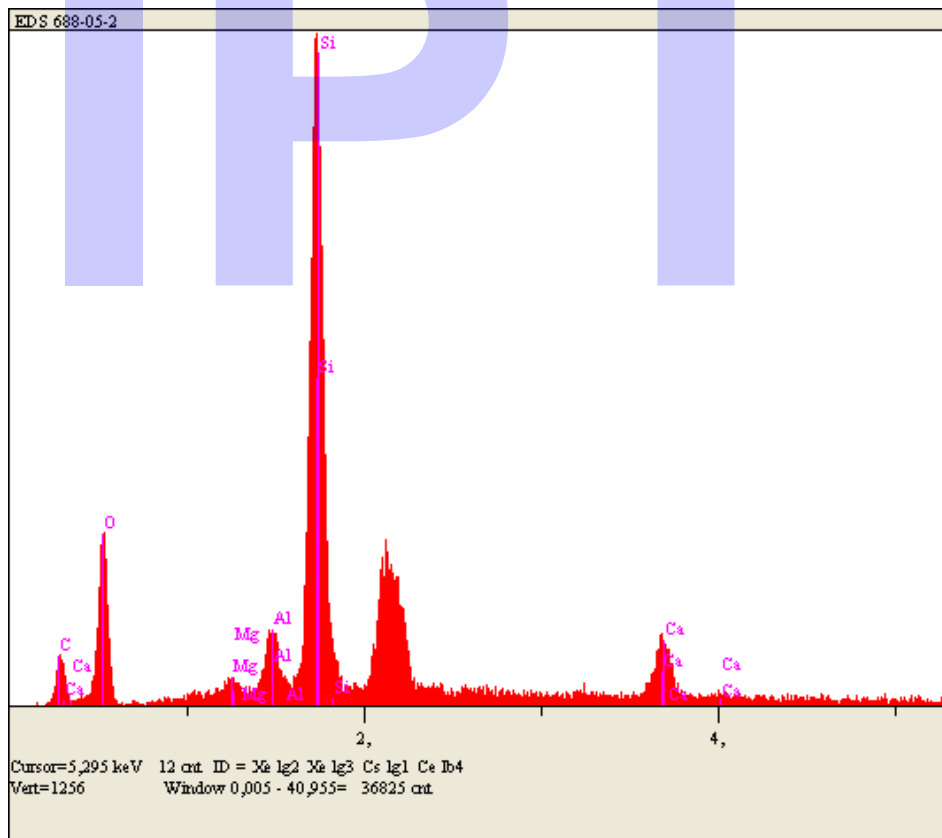
Elemento Químico	Raia	Porcentagem em massa
O	K $\alpha$	46,030
Na	K $\alpha$	3,844
Mg	K $\alpha$	1,595
Al	K $\alpha$	1,880
Si	K $\alpha$	38,658
Ca	K $\alpha$	7,993
Total		100
kV	15.0	
Takeoff Angle	35.7°	



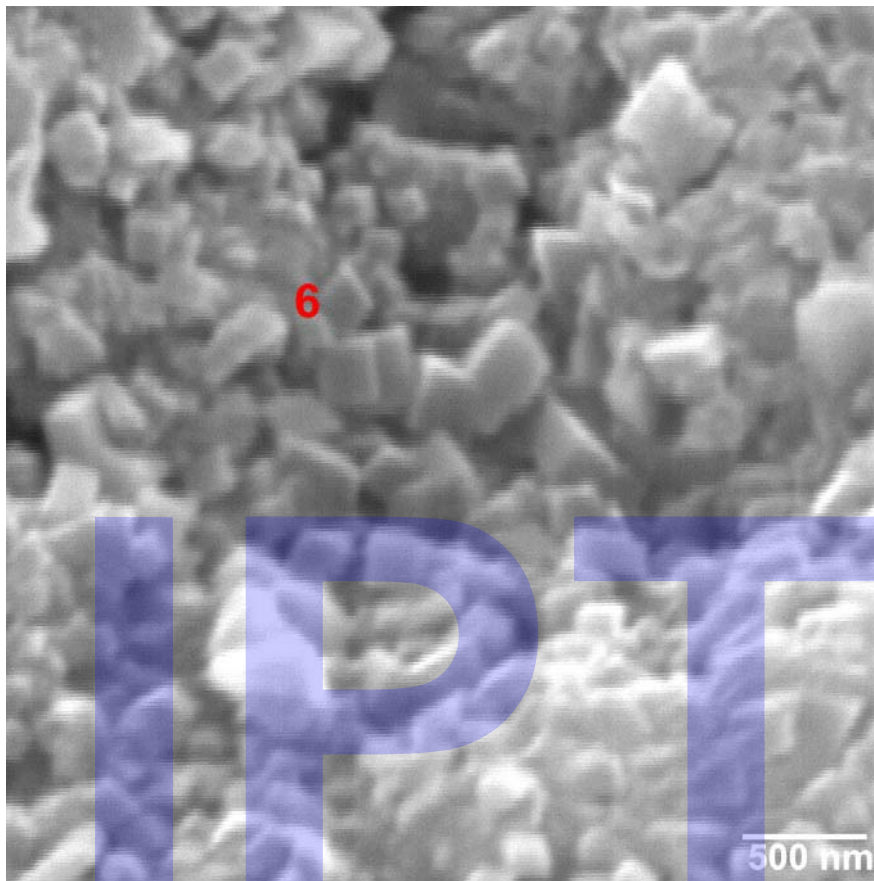
**Figura 13** - Ondulada refeitório Descoberta. Espectro obtido por EDS do ponto 1.

**Tabela 14** - Ondulada refeitório Descoberta. Análise semi-quantitativa EDS do ponto 2 – possível sílica.

Elemento Químico	Raia	Porcentagem em massa
C	K $\alpha$	0,000
O	K $\alpha$	35,740
Na	K $\alpha$	0,307
Mg	K $\alpha$	0,982
Al	K $\alpha$	4,347
Si	K $\alpha$	49,213
Ca	K $\alpha$	9,410
Total		100
kV	15.0	
Takeoff Angle	35.7°	



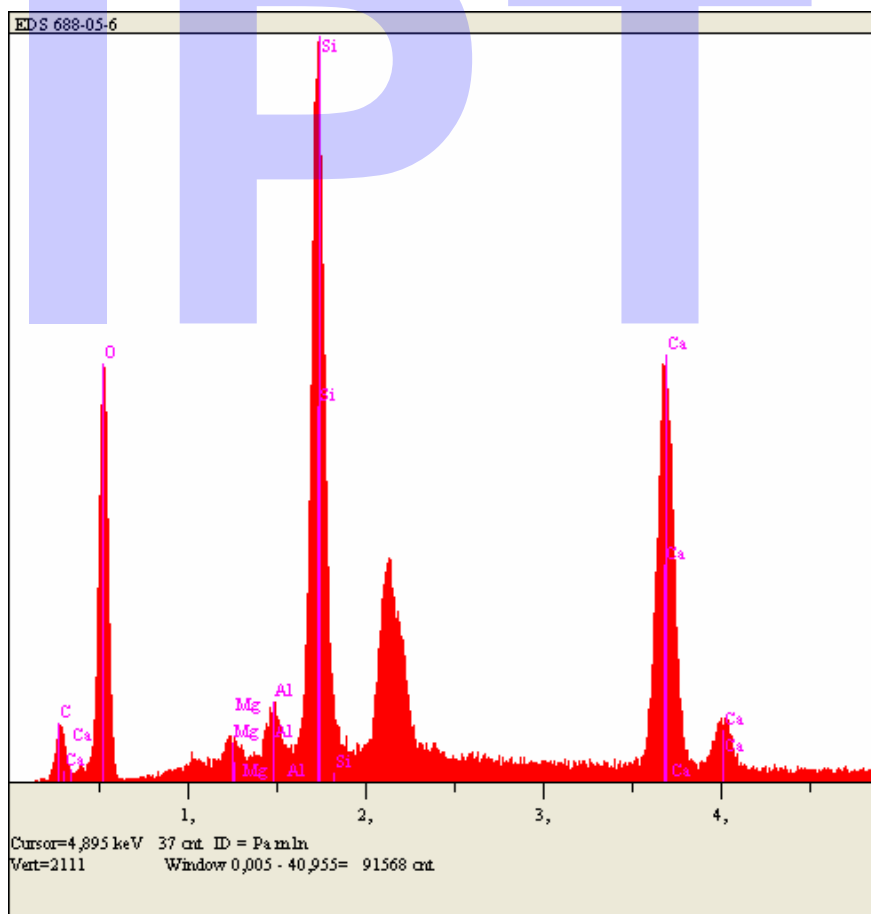
**Figura 14** - Ondulada refeitório Descoberta. Espectro obtido por EDS do ponto 2.



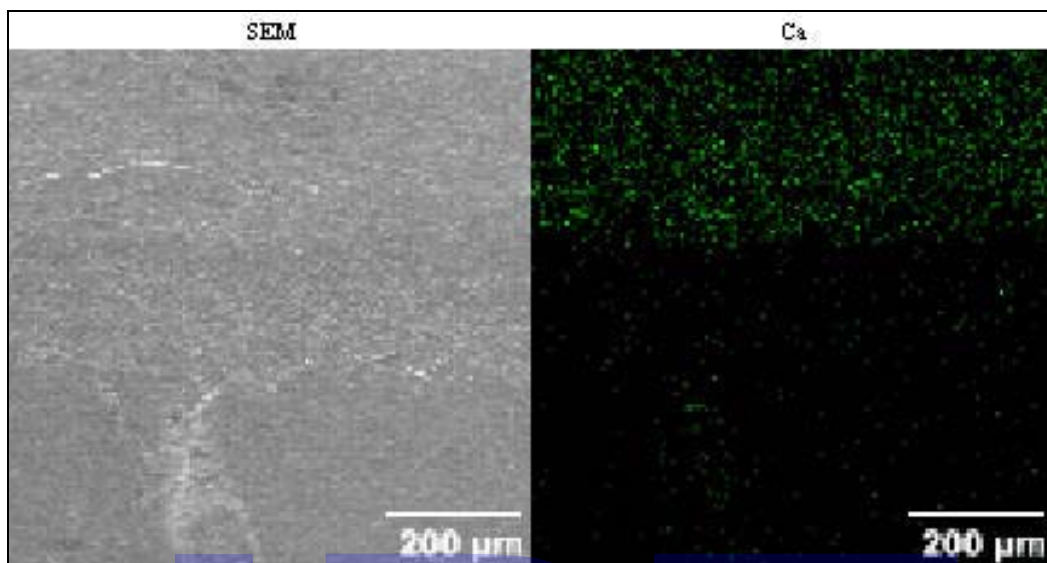
**Foto 14** – Ondulada refeitório Descoberta. Localização do ponto de análise por EDS – região central (1000x).

**Tabela 15** - Ondulada refeitório Descoberta. Análise semi-quantitativa EDS do ponto 6 – cristais de calcita + sílica gelatinizada.

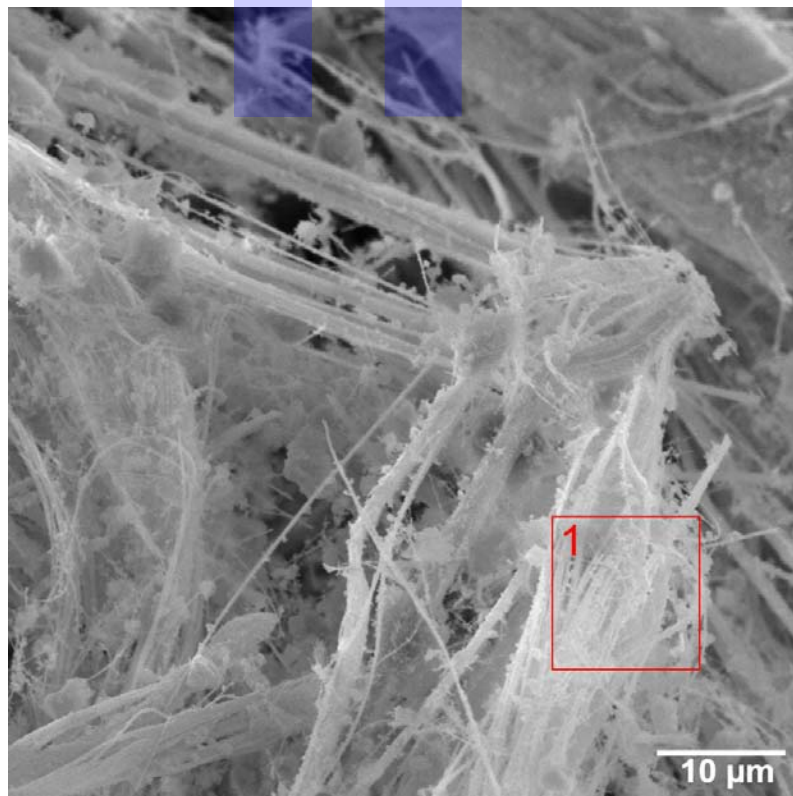
Elemento Químico	Raia	Porcentagem em massa
C	K $\alpha$	0,000
O	K $\alpha$	45,349
Mg	K $\alpha$	0,827
Al	K $\alpha$	1,586
Si	K $\alpha$	24,378
Ca	K $\alpha$	27,861
Total		100
kV	15.0	
Takeoff Angle	35.7°	



**Figura 15** - Ondulada refeitório Descoberta. Espectro obtido por EDS do ponto 6.



**Foto 15:** Ondulada refeitório Descoberta. Imagem SEM e mapa de pontos de cálcio – na imagem SEM destacam-se três faixas que equivalem às zonas carbonatadas (superior) e de corrosão (central), sendo a inferior somente o vidro+araldite. Na zona de corrosão, pobre em Ca, não há pasta carbonatada, restando provavelmente sílica gelatinizada.

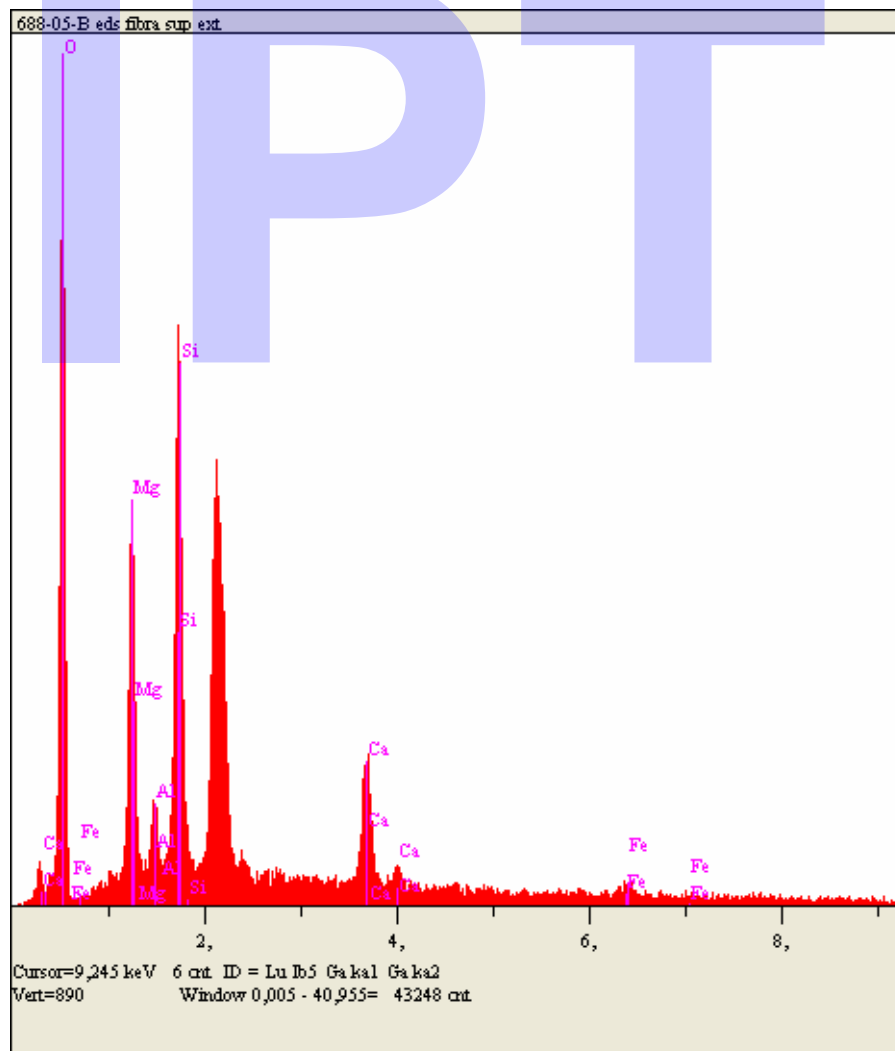


**Foto 16 –** Ondulada refeitório Descoberta. Fibras de crisotila destituídas da matriz e impregnadas por calcita. Superfície externa.

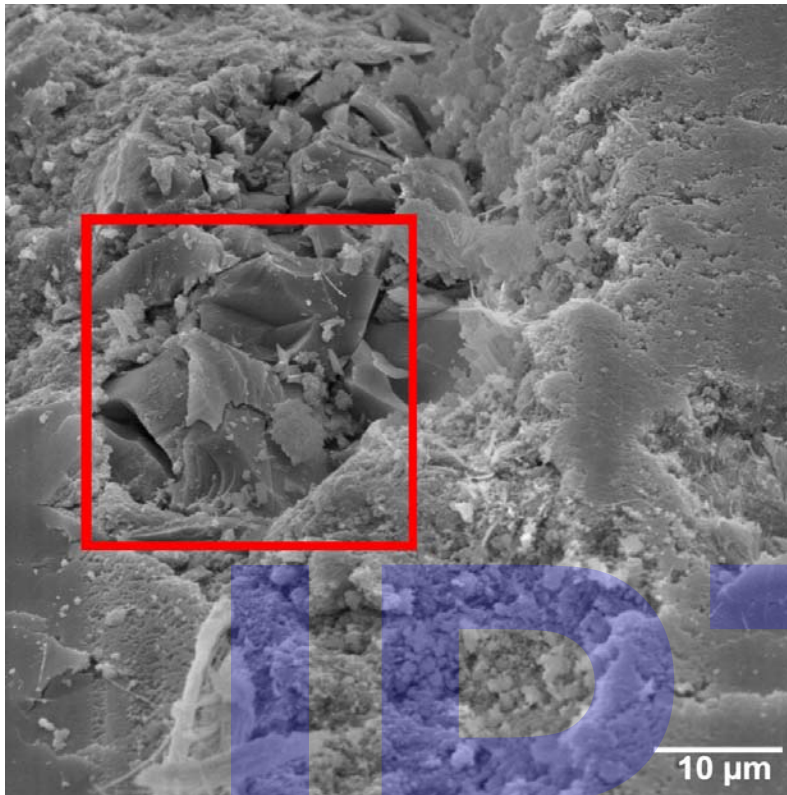


**Tabela 16** - Ondulada refeitório Descoberta. Análise semi-quantitativa EDS – fibras de crisotila possivelmente impregnadas por calcita.

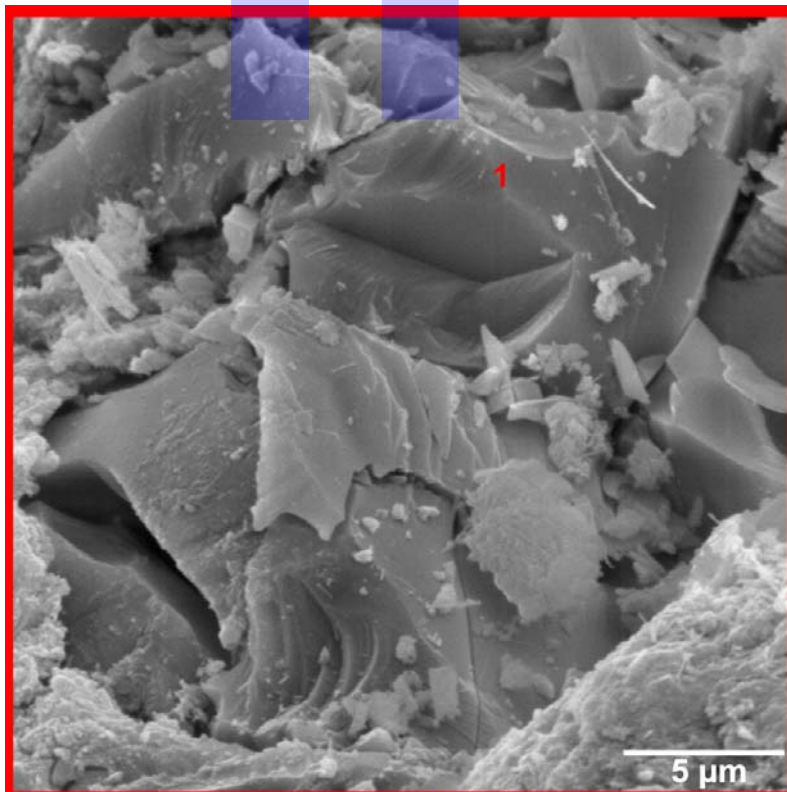
Elemento Químico	Raia	Porcentagem em massa
O	K $\alpha$	53,534
Mg	K $\alpha$	12,064
Al	K $\alpha$	2,258
Si	K $\alpha$	19,427
Ca	K $\alpha$	9,162
Fe	K $\alpha$	3,556
Total		100
kV	15.0	
Takeoff Angle	35.7°	



**Figura 16** - Ondulada refeitório Descoberta. Espectro obtido por EDS da área 1.



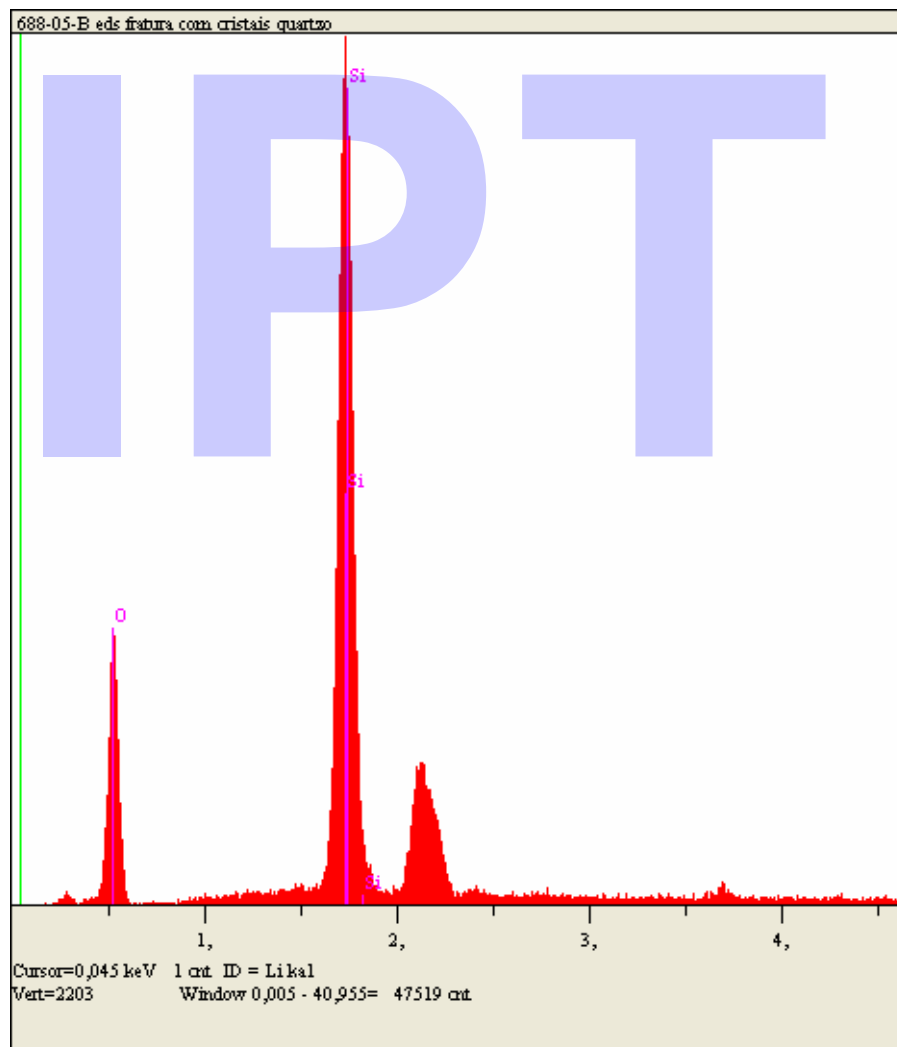
**Foto 17** – Ondulada refeitório Descoberta. Sílica gelatinizada, gretada, na zona de corrosão da telha. Em destaque o local da FOTO 18.



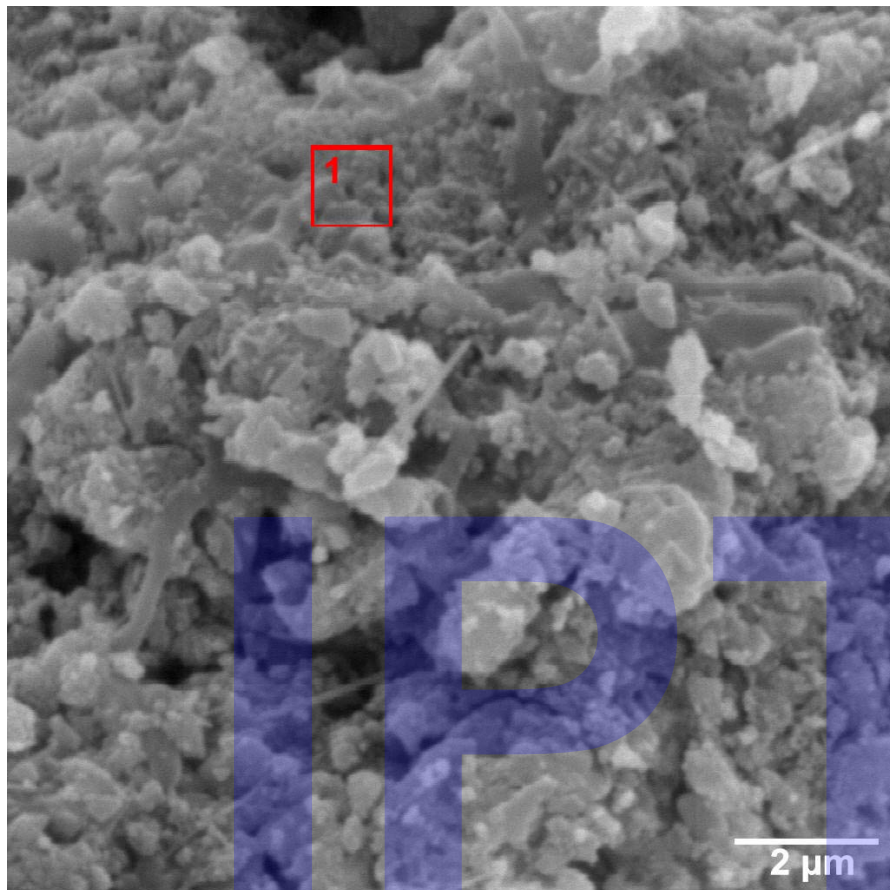
**Foto 18** – Ondulada refeitório Descoberta. Localização do ponto 1, analisado por EDS.

**Tabela 17** - Ondulada refeitório Descoberta. Análise semi-quantitativa EDS – sílica gelatinizada.

Elemento Químico	Raia	Porcentagem em massa
O	K $\alpha$	40,235
Si	K $\alpha$	59,765
Total		100
kV	15.0	
Takeoff Angle	35.7°	



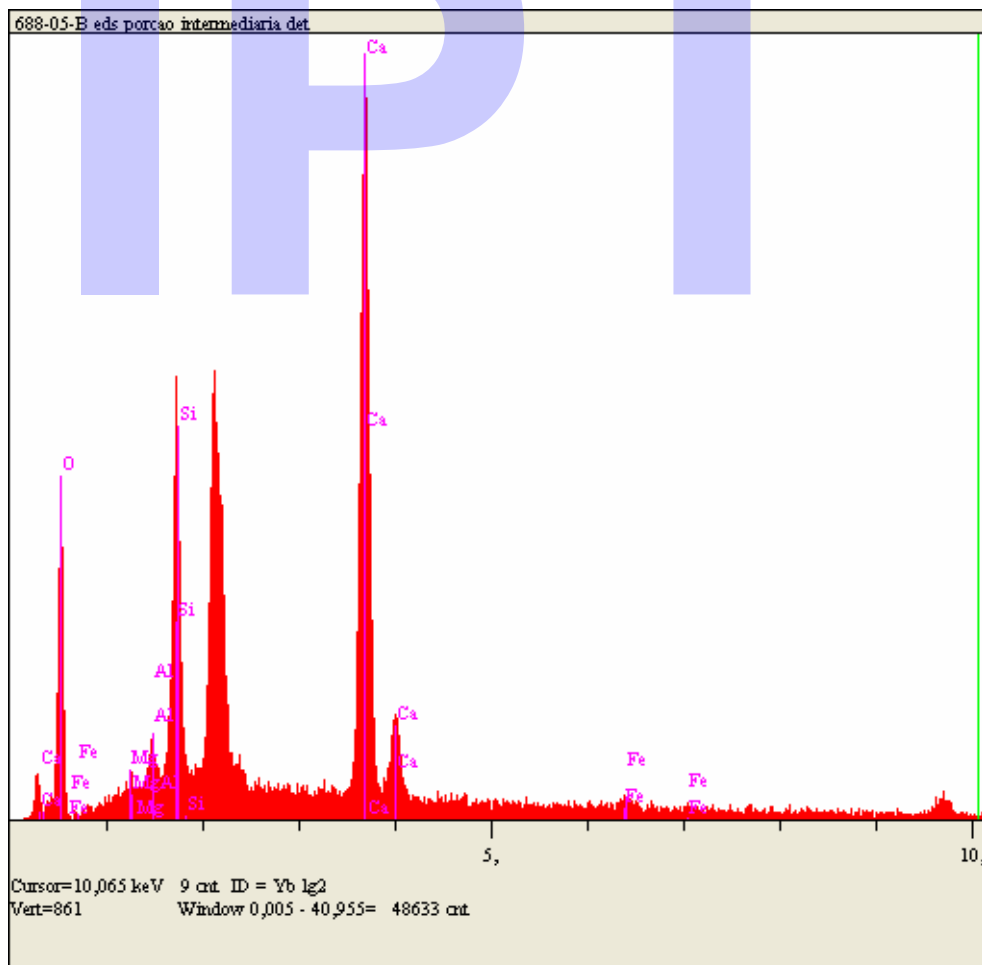
**Figura 17** - Ondulada refeitório Descoberta. Espectro obtido por EDS do ponto 1.



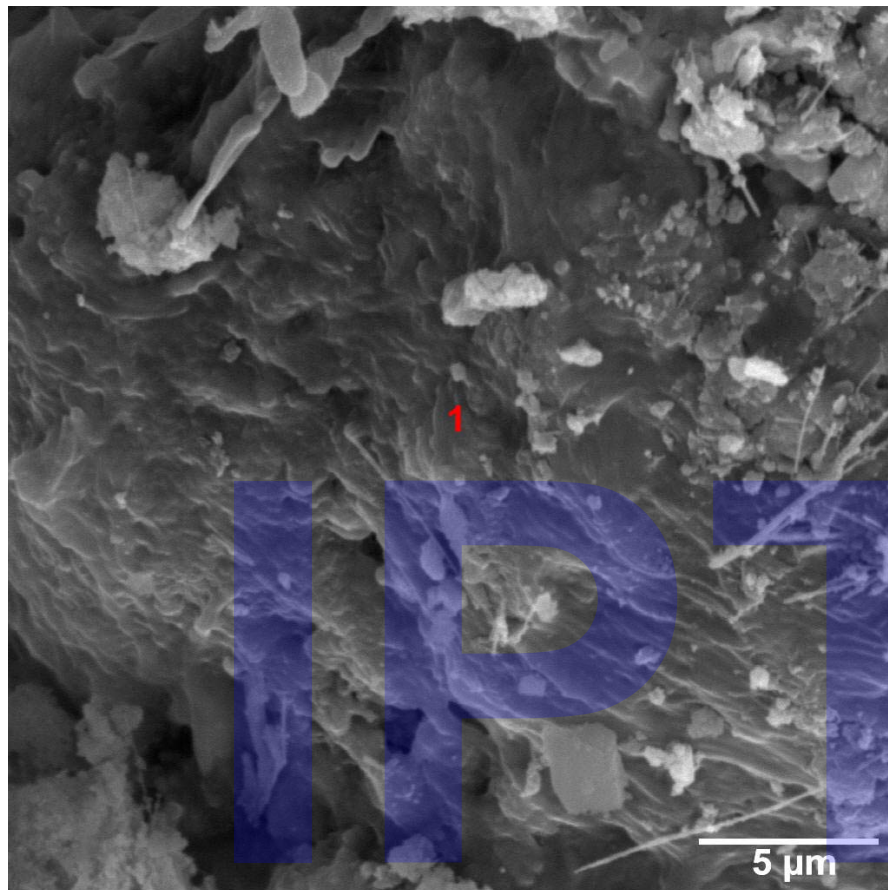
**Foto 19** Ondulada refeitório Descoberta. Provável mistura de C-S-H e calcita na zona intermediária à de corrosão e à interna.

**Tabela 18** - Ondulada refeitório Descoberta. Análise semi-quantitativa EDS – zona intermediária.

Elemento Químico	Raia	Porcentagem em massa
O	K $\alpha$	40,641
Mg	K $\alpha$	0,443
Al	K $\alpha$	1,308
Si	K $\alpha$	11,897
Ca	K $\alpha$	42,419
Fe	K $\alpha$	3,293
Total		100
kV	15.0	
Takeoff Angle	35.7°	



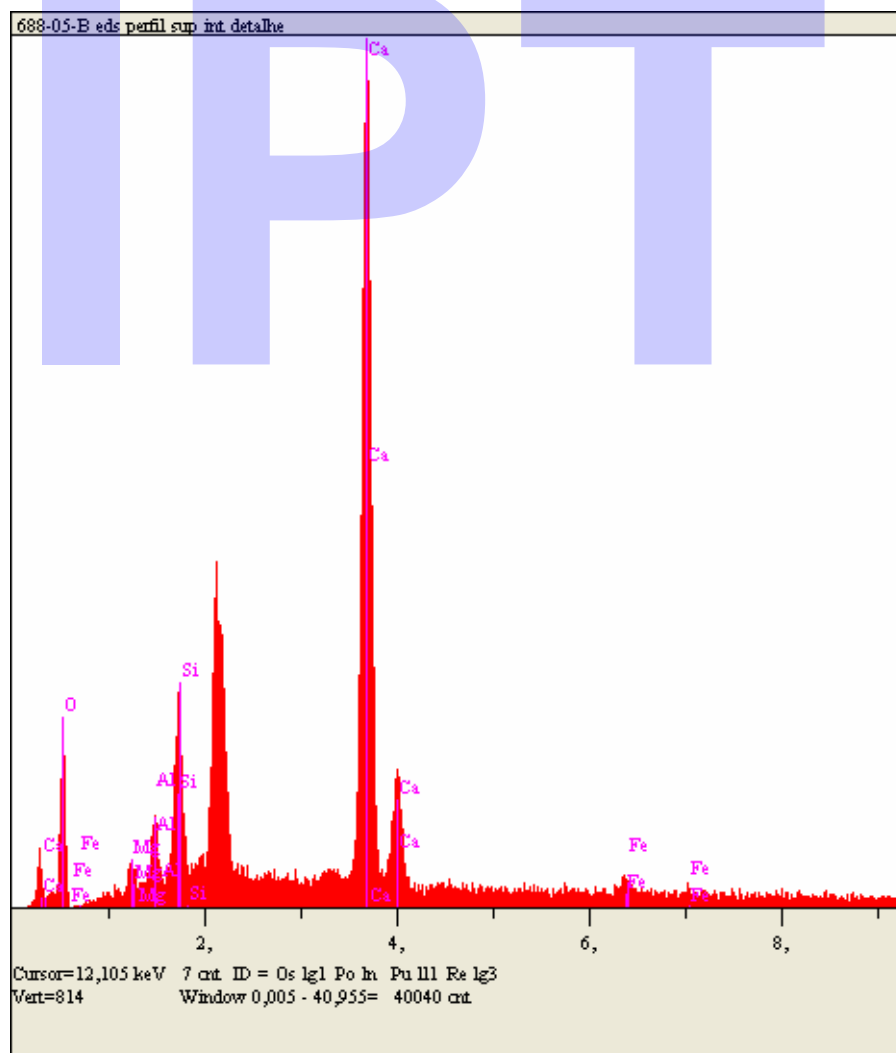
**Figura 18** - Ondulada refeitório Descoberta. Espectro obtido por EDS da área 1.



**Foto 20** – Ondulada refeitório Descoberta. Provável matriz rica em portlandita em zona interna da telha.

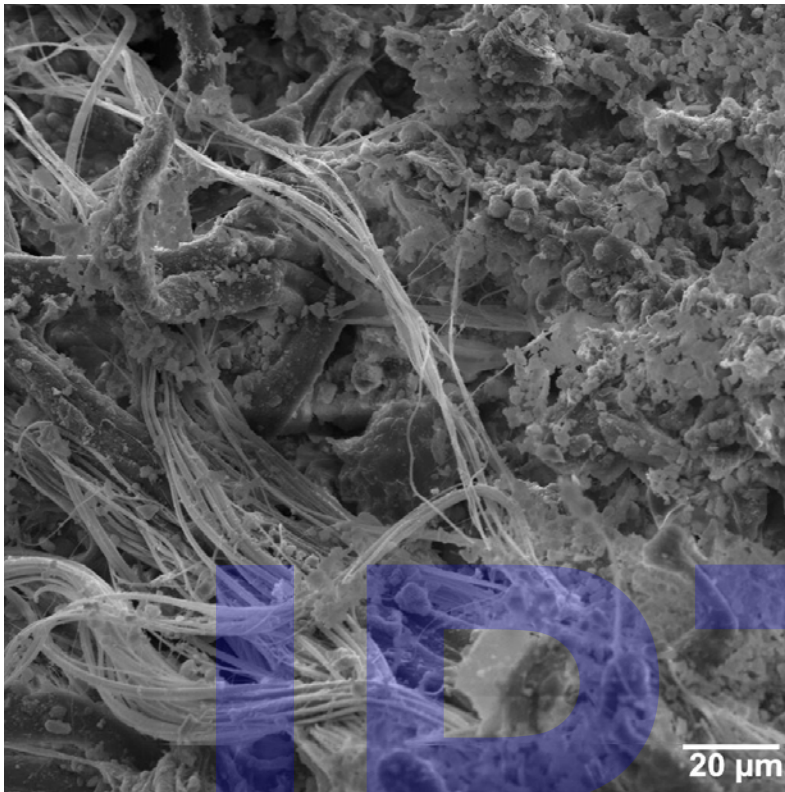
**Tabela 19** - Ondulada refeitório Descoberta. Análise semi-quantitativa EDS – zona interna da telha.

Elemento Químico	Raia	Porcentagem em massa
O	K $\alpha$	29,182
Mg	K $\alpha$	0,997
Al	K $\alpha$	2,393
Si	K $\alpha$	7,131
Ca	K $\alpha$	56,210
Fe	K $\alpha$	4,087
Total		100
kV	15.0	
Takeoff Angle	35.7°	

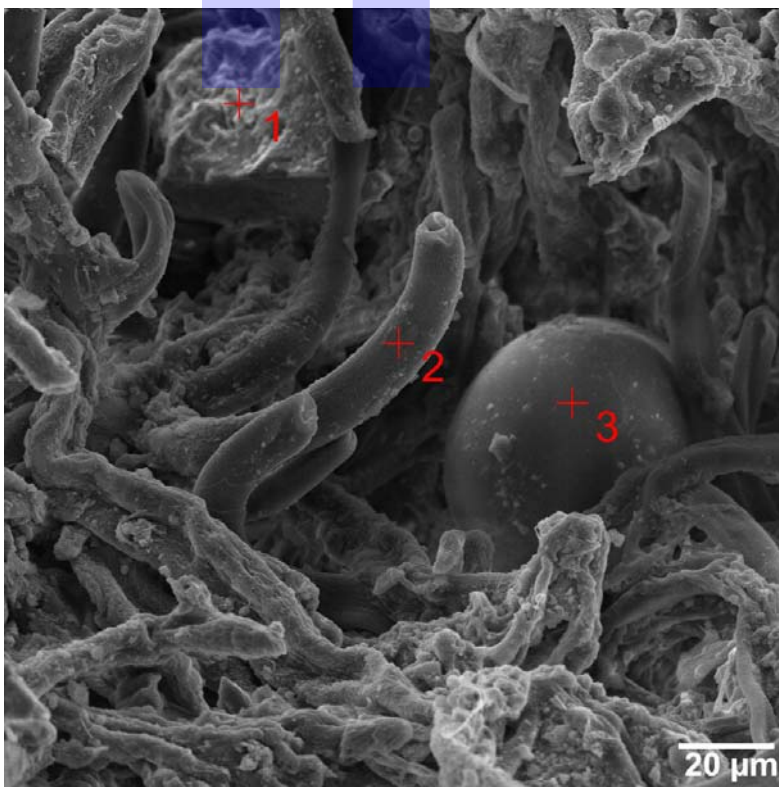


**Figura 19** - Ondulada refeitório Descoberta. Espectro obtido por EDS do ponto 1.





**Foto 21** – Crespum Descoberta. Fibras de crisotila e de material biológico entrelaçados em superfície da telha.

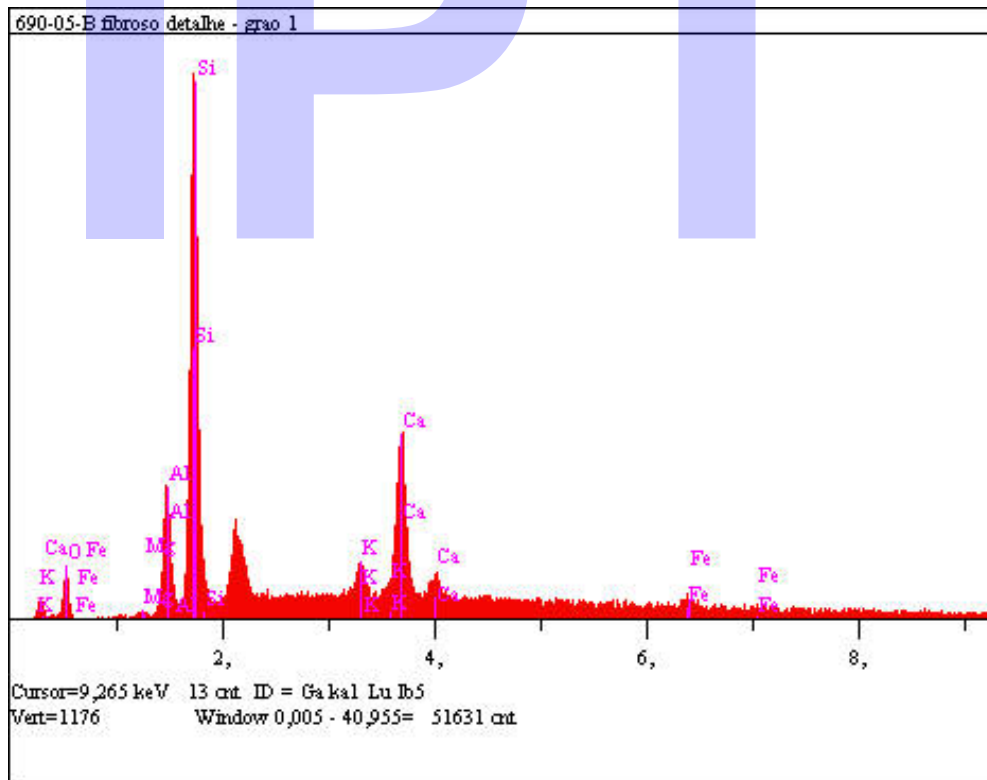


**Foto 22** – Crespum Descoberta. Fibras de crisotila e de material biológico entrelaçados em superfície da telha.



**Tabela 20** - Crespum Descoberta. Análise semi-quantitativa por EDS do ponto 1 – Possível grão de sujeira.

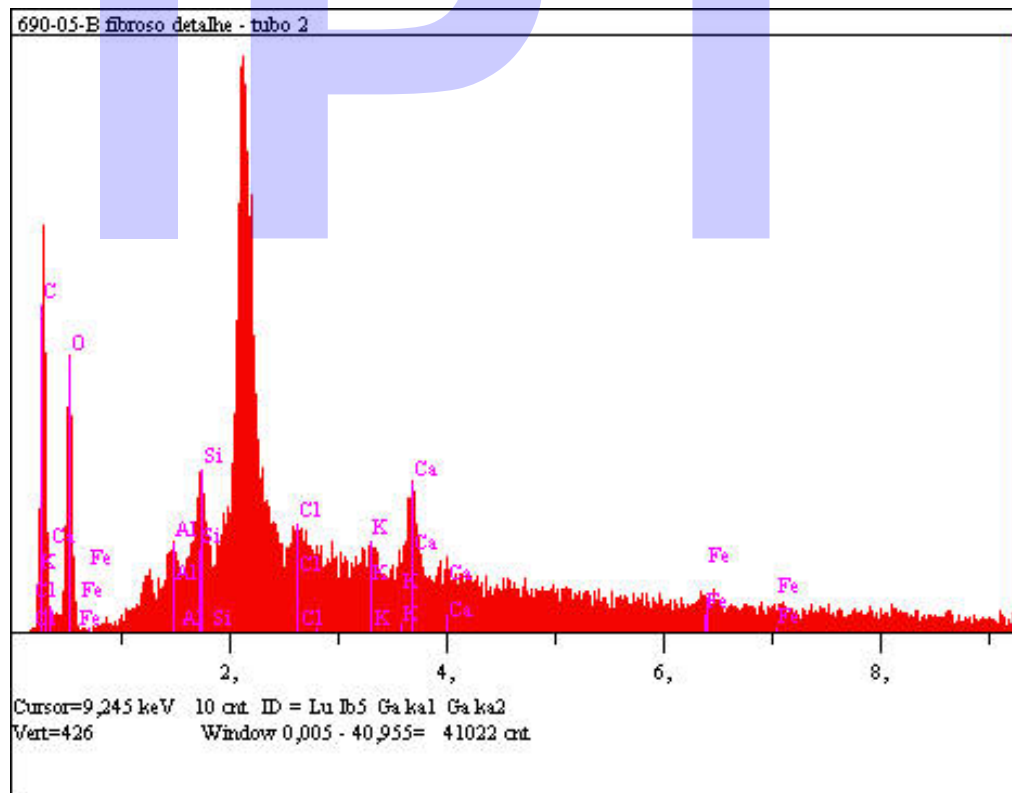
Elemento Químico	Raia	Porcentagem em massa
O	K $\alpha$	6,352
Mg	K $\alpha$	0,181
Al	K $\alpha$	7,083
Si	K $\alpha$	34,826
K	K $\alpha$	4,488
Ca	K $\alpha$	30,463
Fe	K $\alpha$	16,609
Total		100
kV	15.0	
Takeoff Angle	35.7°	



**Figura 20** - Crespum Descoberta. Espectro obtido por EDS do ponto 1.

**Tabela 21** - Crespum Descoberta. Análise semi-quantitativa EDS do ponto 2 – material biológico.

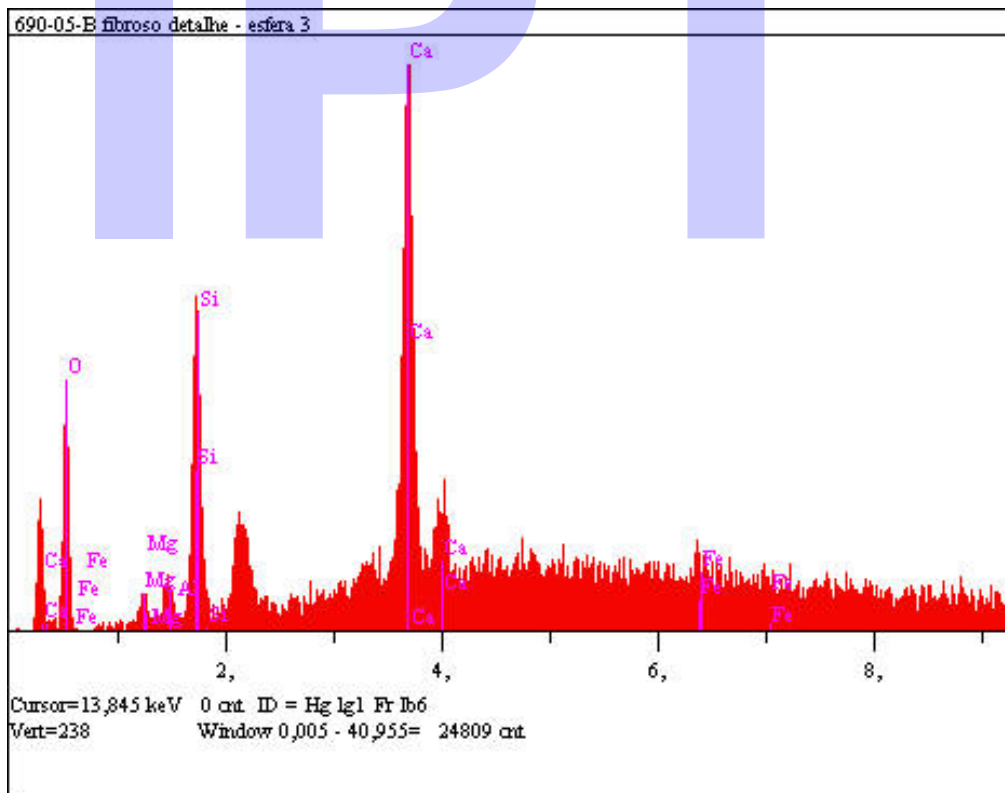
Elemento Químico	Raia	Porcentagem em massa
C	K $\alpha$	0,000
O	K $\alpha$	55,031
Al	K $\alpha$	2,897
Si	K $\alpha$	8,789
Cl	K $\alpha$	3,142
K	K $\alpha$	3,743
Ca	K $\alpha$	16,261
Fe	K $\alpha$	10,137
Total		100
kV	15.0	
Takeoff Angle	35.7°	



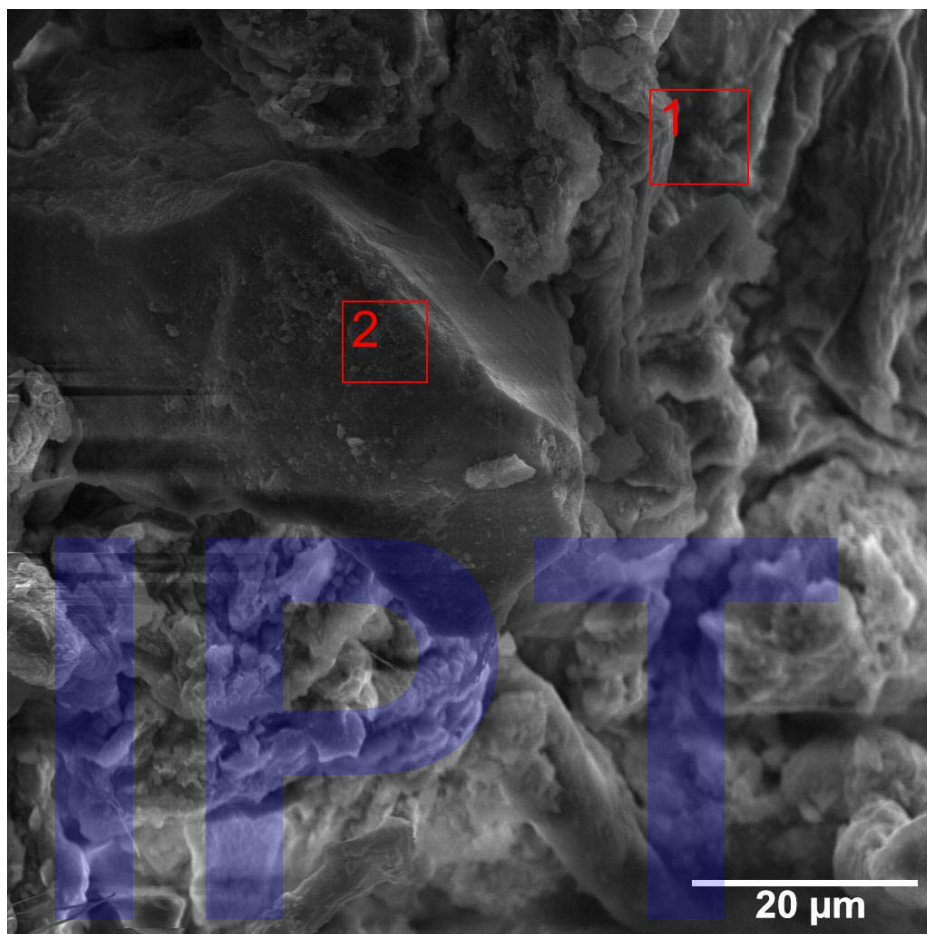
**Figura 21** - Crespum Descoberta. Espectro obtido por EDS do ponto 2.

**Tabela 22** - Crespum Descoberta. Análise semi-quantitativa EDS do ponto 3 – possível belita.

Elemento Químico	Raia	Porcentagem em massa
O	K $\alpha$	34,587
Mg	K $\alpha$	1,137
Al	K $\alpha$	1,532
Si	K $\alpha$	13,191
Cl	K $\alpha$	0,495
K	K $\alpha$	1,437
Ca	K $\alpha$	39,927
Fe	K $\alpha$	7,694
Total		100
kV	15.0	
Takeoff Angle	35.7°	



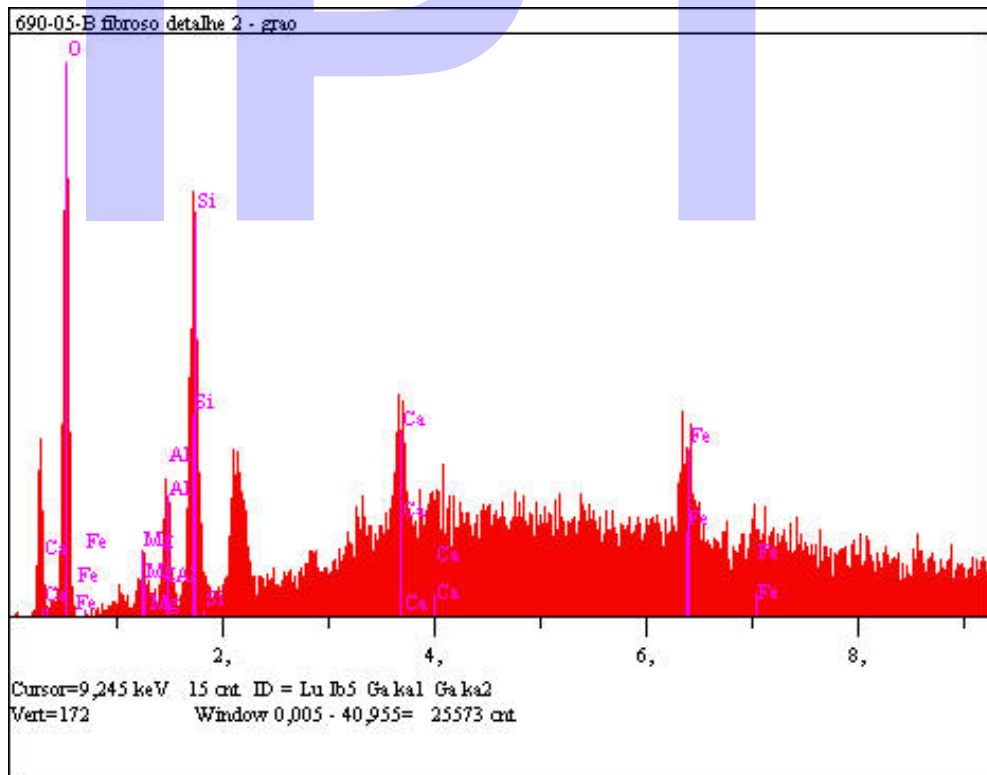
**Figura 22** - Crespum Descoberta. Espectro obtido por EDS do ponto 2.



**Foto 23** – Crespum Descoberta. Localização do ponto de análise por EDS (1000x).

**Tabela 23** - Crespum Descoberta. Análise semi-quantitativa EDS da área 1 – grão de quartzo impregnado com material ferruginoso.

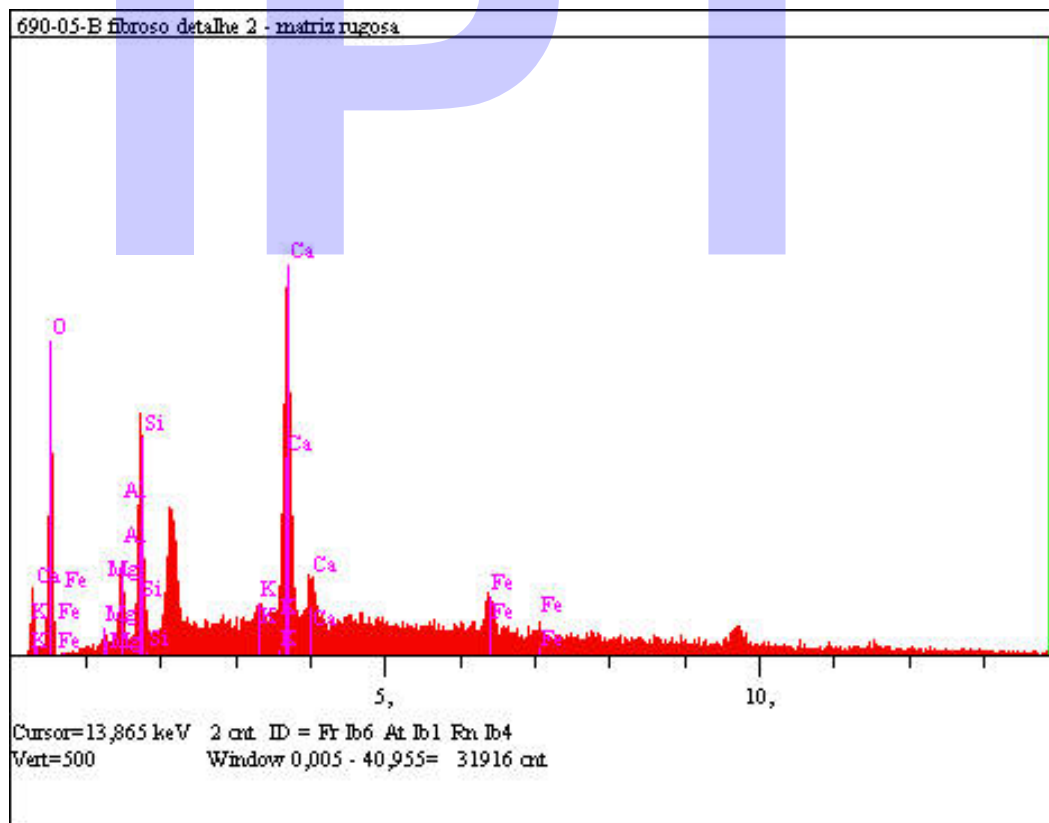
Elemento Químico	Raia	Porcentagem em massa
O	K $\alpha$	38,376
Mg	K $\alpha$	1,962
Al	K $\alpha$	4,334
Si	K $\alpha$	16,167
Cl	K $\alpha$	0,349
K	K $\alpha$	2,032
Ca	K $\alpha$	9,381
Fe	K $\alpha$	27,400
Total		100
kV	15.0	
Takeoff Angle	35.7°	



**Figura 23** - Crespum Descoberta. Espectro obtido por EDS da área 1.

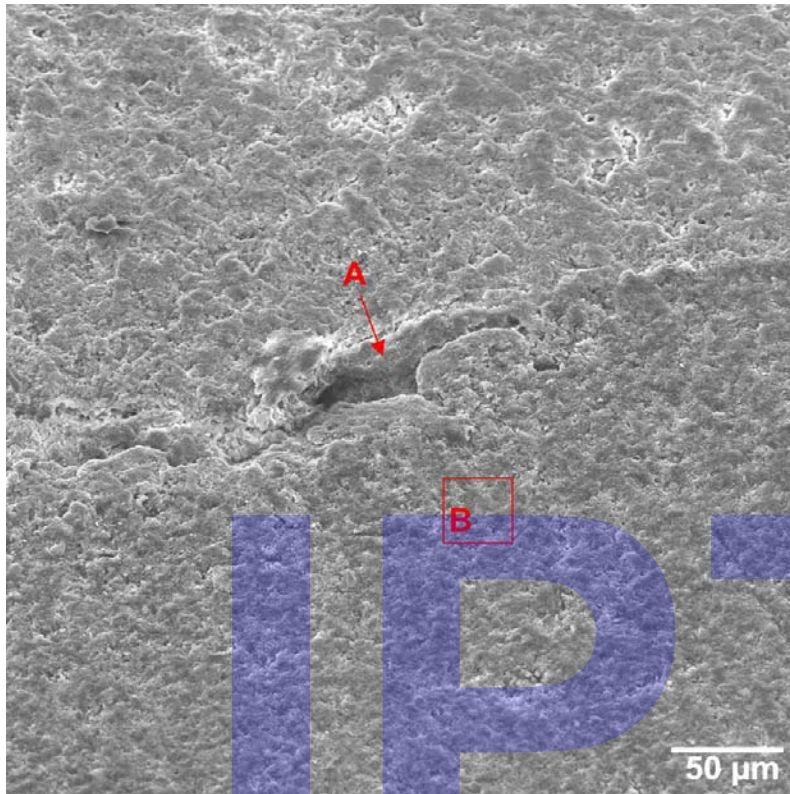
**Tabela 24** - Crespum Descoberta. Análise semi-quantitativa EDS da área 2 – provável C-S-H.

Elemento Químico	Raia	Porcentagem em massa
O	K $\alpha$	40,724
Mg	K $\alpha$	0,748
Al	K $\alpha$	3,468
Si	K $\alpha$	10,599
Cl	K $\alpha$	0,204
K	K $\alpha$	1,127
Ca	K $\alpha$	30,487
Fe	K $\alpha$	12,642
Total		100
kV	15.0	
Takeoff Angle	35.7°	

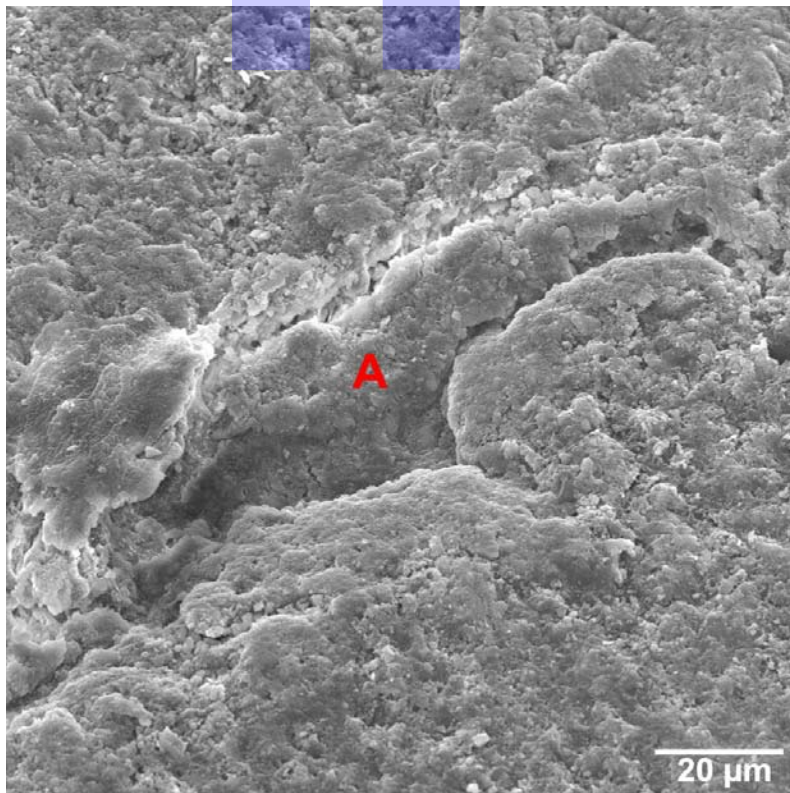


**Figura 24** - Crespum Descoberta. Espectro obtido por EDS da área 2.





**Foto 24** – Pavilhão Phebo Descoberta. Filme descontínuo de fuligem (A), resina de preparação (porção inferior) e base da telha (porção superior).

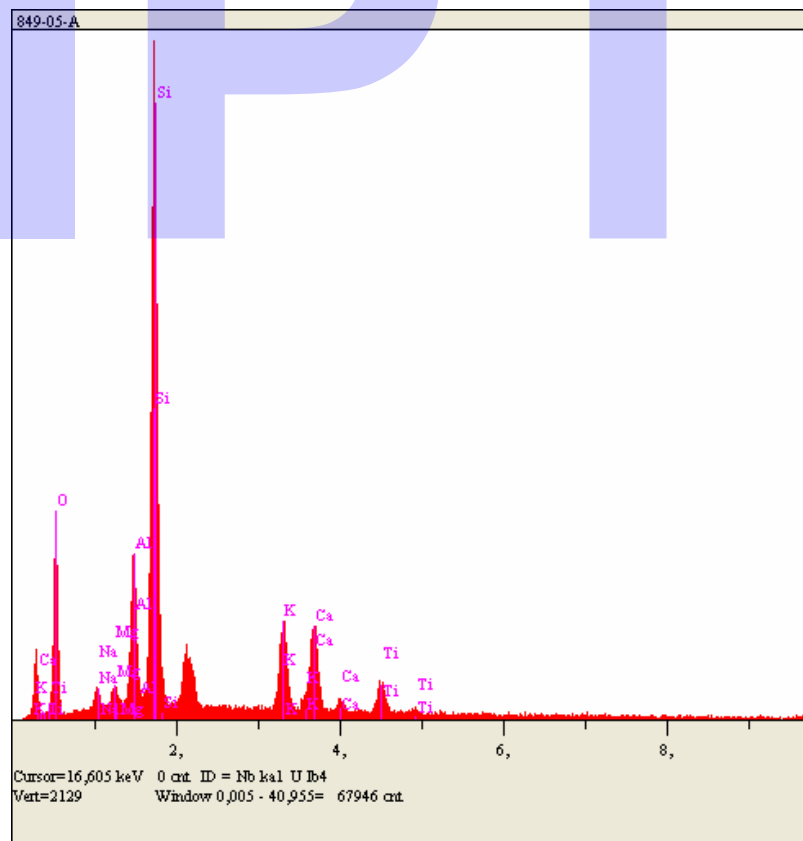


**Foto 25** – Pavilhão Phebo Descoberta. Detalhe do filme de fuligem e ponto de análise por EDS (A).

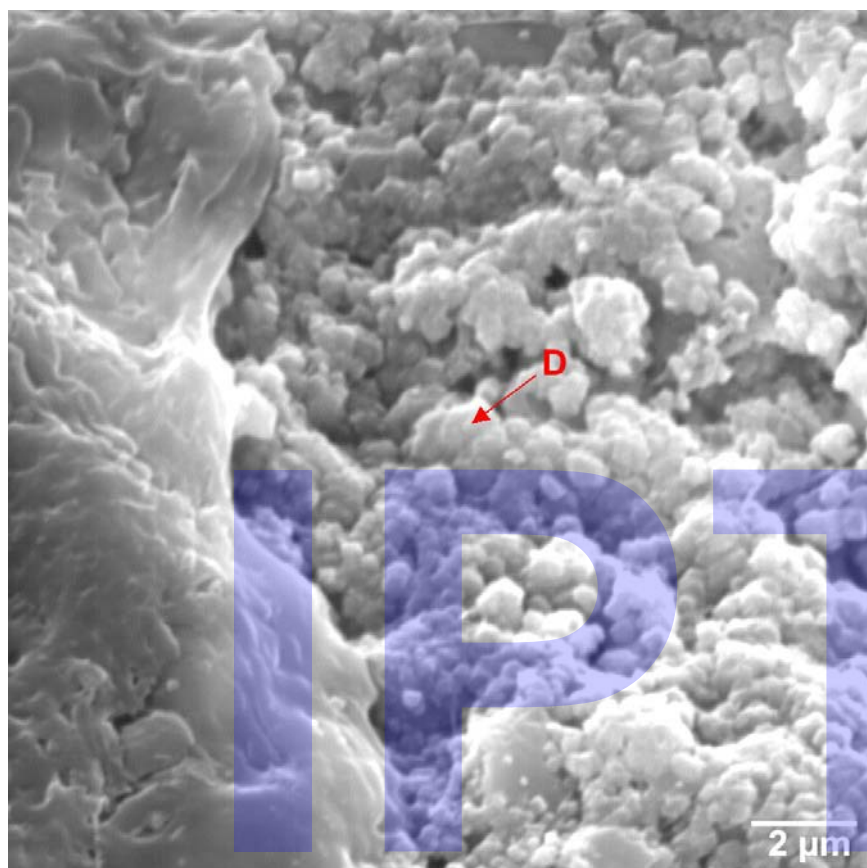


**Tabela 25** - Pavilhão Phebo Descoberta. Análise semi-quantitativa EDS – filme de fuligem.

Elemento Químico	Raia	Porcentagem em massa
O	K $\alpha$	32,895
Na	K $\alpha$	1,215
Mg	K $\alpha$	0,919
Al	K $\alpha$	7,228
Si	K $\alpha$	34,091
K	K $\alpha$	8,754
Ca	K $\alpha$	9,588
Ti	K $\alpha$	5,311
Total		100
kV	15.0	
Takeoff Angle	35.7°	



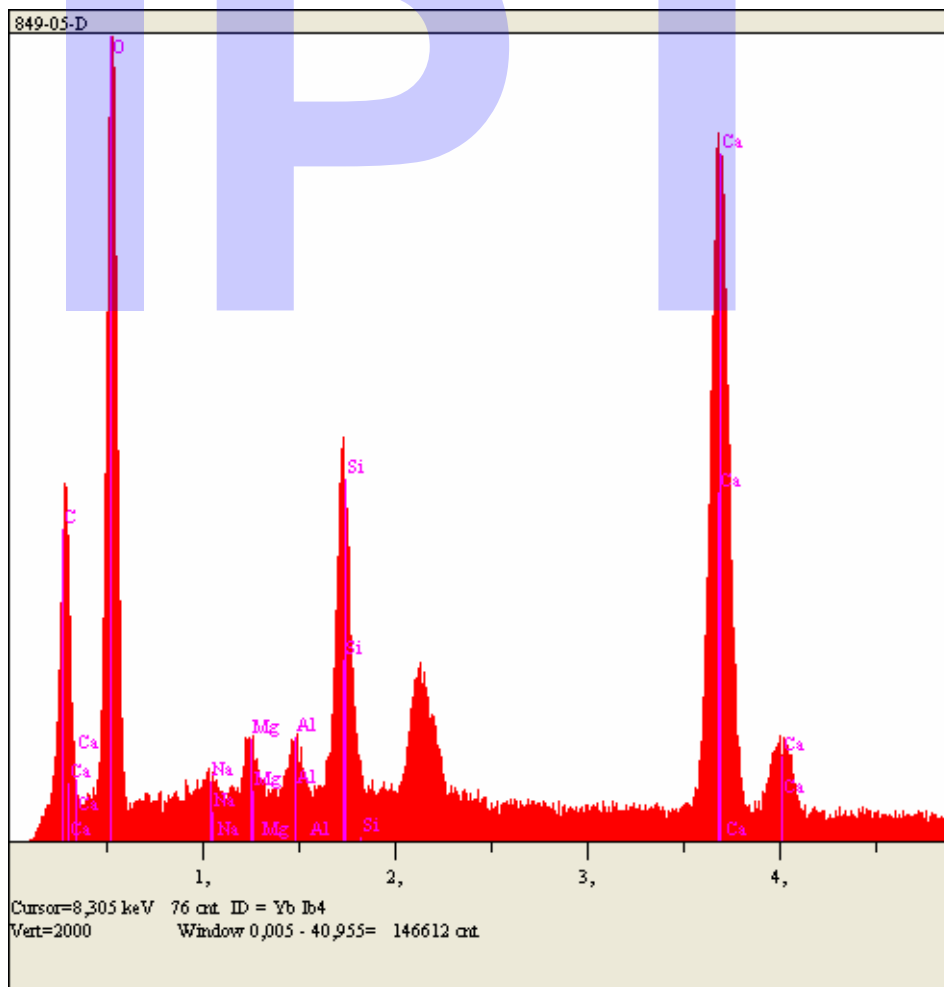
**Figura 25** - Pavilhão Phebo Descoberta. Espectro obtido por EDS do ponto A.



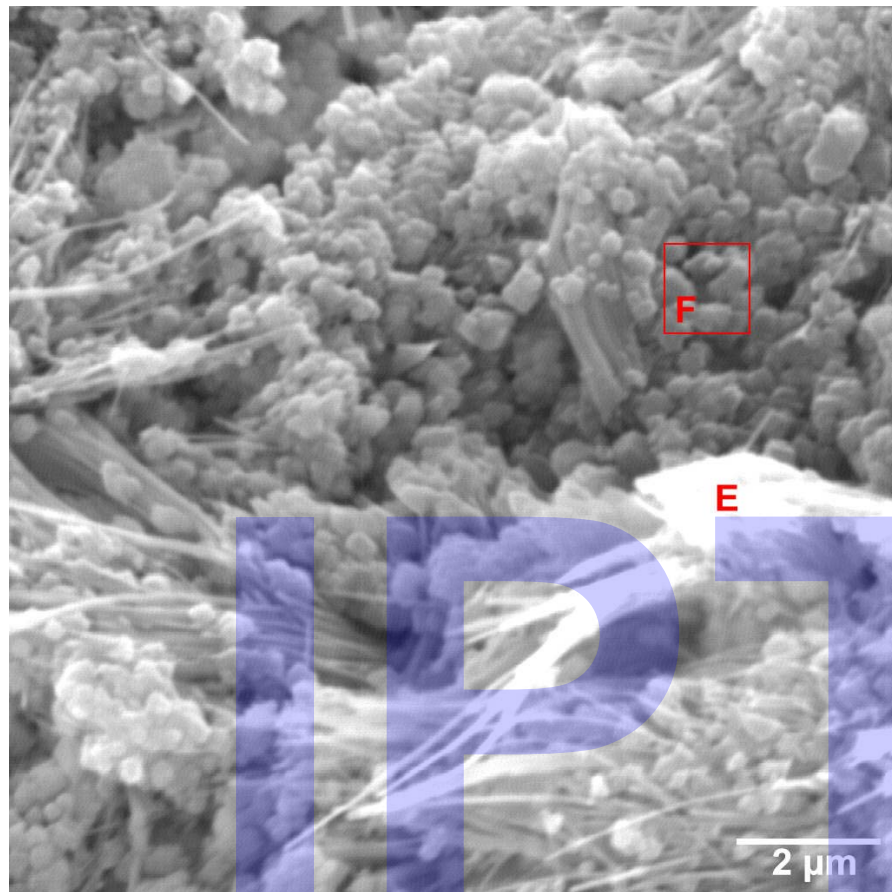
**Foto 26** – Pavilhão Phebo Descoberta. Aglomerado de C-S-H + calcita na pasta cimentícia.

**Tabela 26** - Pavilhão Phebo Descoberta. Análise semi-quantitativa EDS – aglomerado de C-S-H + calcita.

Elemento Químico	Raia	Porcentagem em massa
C	K $\alpha$	13,483
O	K $\alpha$	51,513
Na	K $\alpha$	0,581
Mg	K $\alpha$	1,060
Al	K $\alpha$	0,914
Si	K $\alpha$	6,629
Ca	K $\alpha$	25,820
Total		100
kV	15.0	
Takeoff Angle	35.7°	



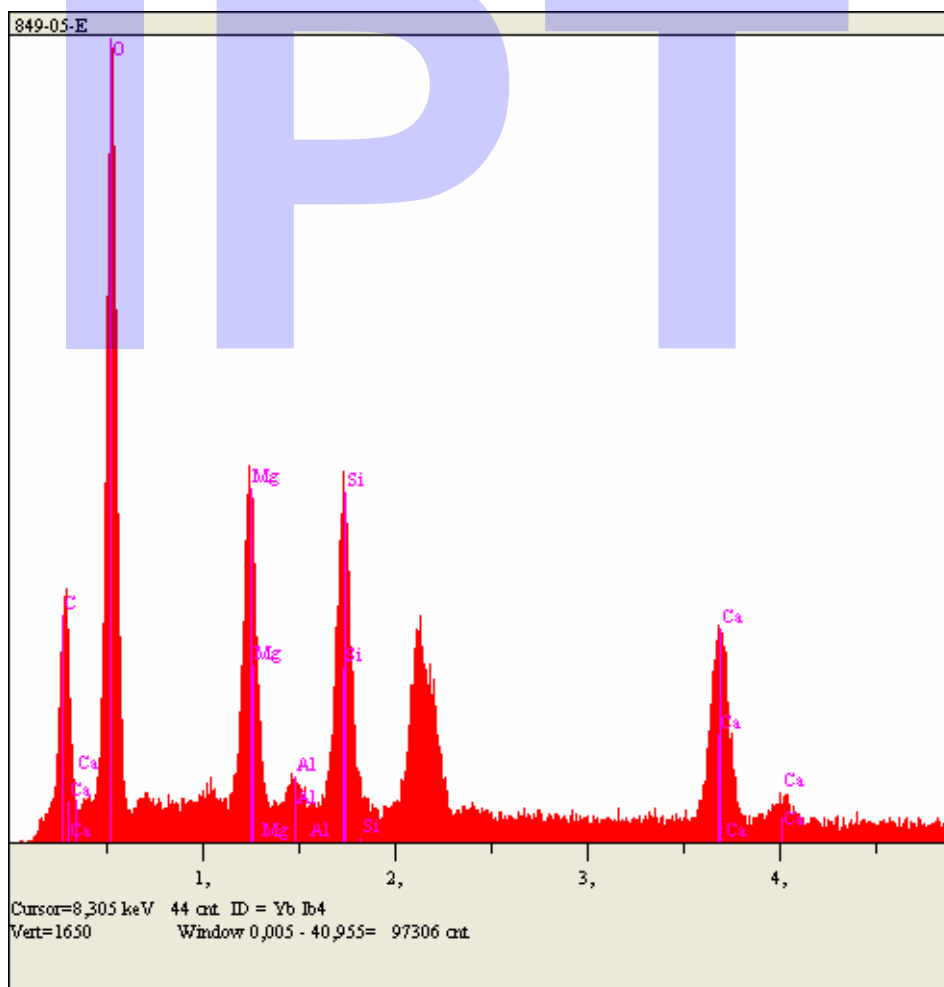
**Figura 26** - Pavilhão Phebo Descoberta. Espectro obtido por EDS da área D.



**Foto 27** – Pavilhão Phebo Descoberta. Trama de fibras de crisotila (E) impregnada com grão de carbonato da matriz (F).

**Tabela 27** - Pavilhão Phebo Descoberta. Análise semi-quantitativa EDS – fibras de crisotila (ponto E).

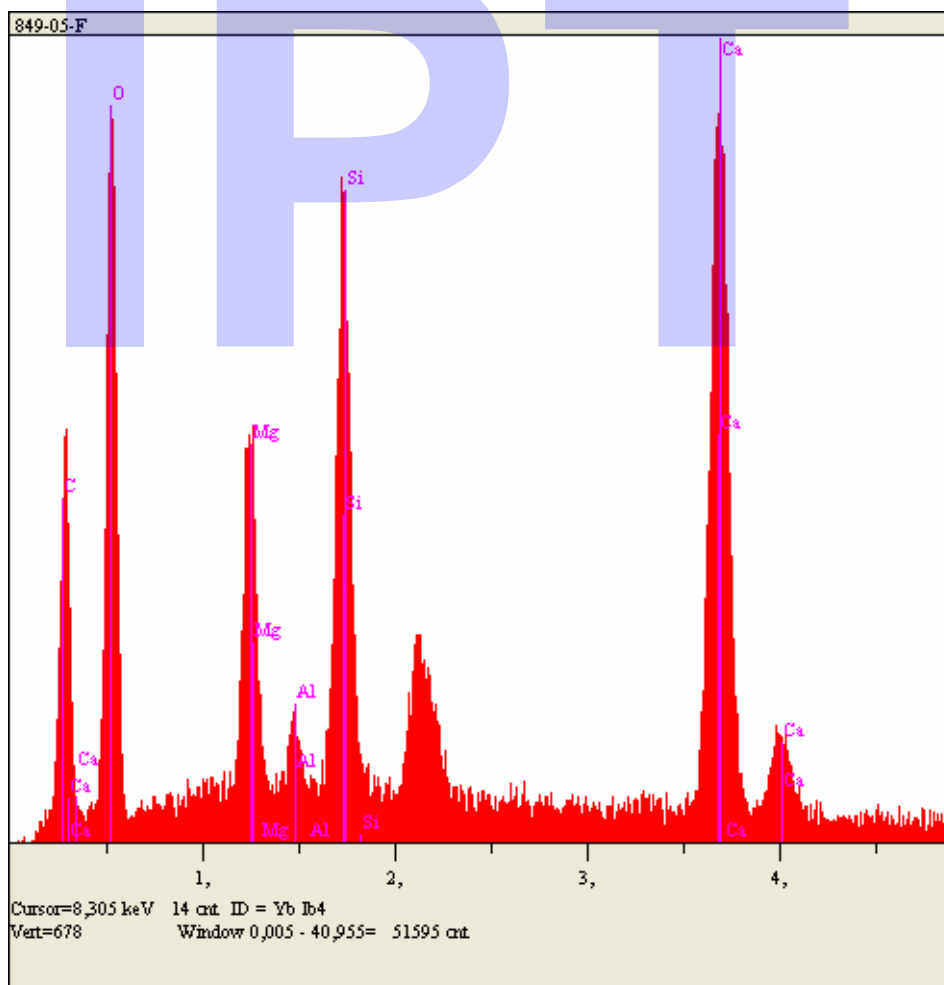
Elemento Químico	Raia	Porcentagem em massa
C	K $\alpha$	16,893
O	K $\alpha$	53,168
Mg	K $\alpha$	8,966
Al	K $\alpha$	0,680
Si	K $\alpha$	9,474
Ca	K $\alpha$	10,820
Total		100
kV	15.0	
Takeoff Angle	35.7°	



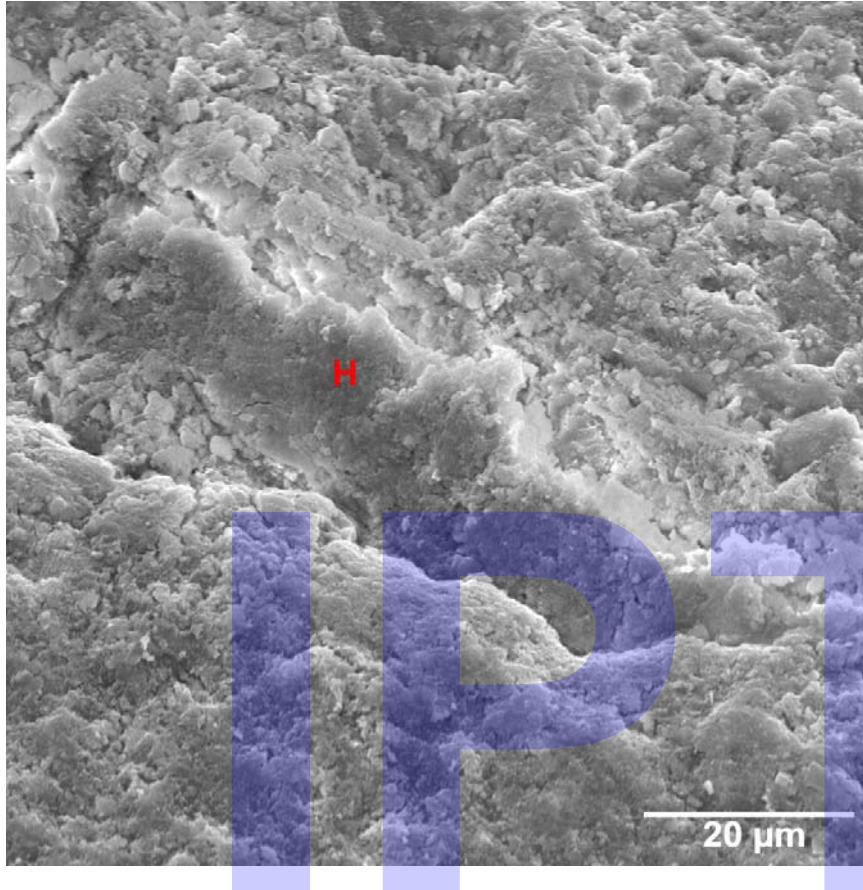
**Figura 27** - Pavilhão Phebo Descoberta. Espectro obtido por EDS do ponto E.

**Tabela 28** - Pavilhão Phebo Descoberta. Análise semi-quantitativa EDS – grãos de calcita + fibras de crisotila (ponto F).

Elemento Químico	Raia	Porcentagem em massa
C	K $\alpha$	14,231
O	K $\alpha$	42,218
Mg	K $\alpha$	6,403
Al	K $\alpha$	0,992
Si	K $\alpha$	10,873
Ca	K $\alpha$	25,282
Total		100
kV	15.0	
Takeoff Angle	35.7°	



**Figura 28** - Pavilhão Phebo Descoberta. Espectro obtido por EDS do ponto F.

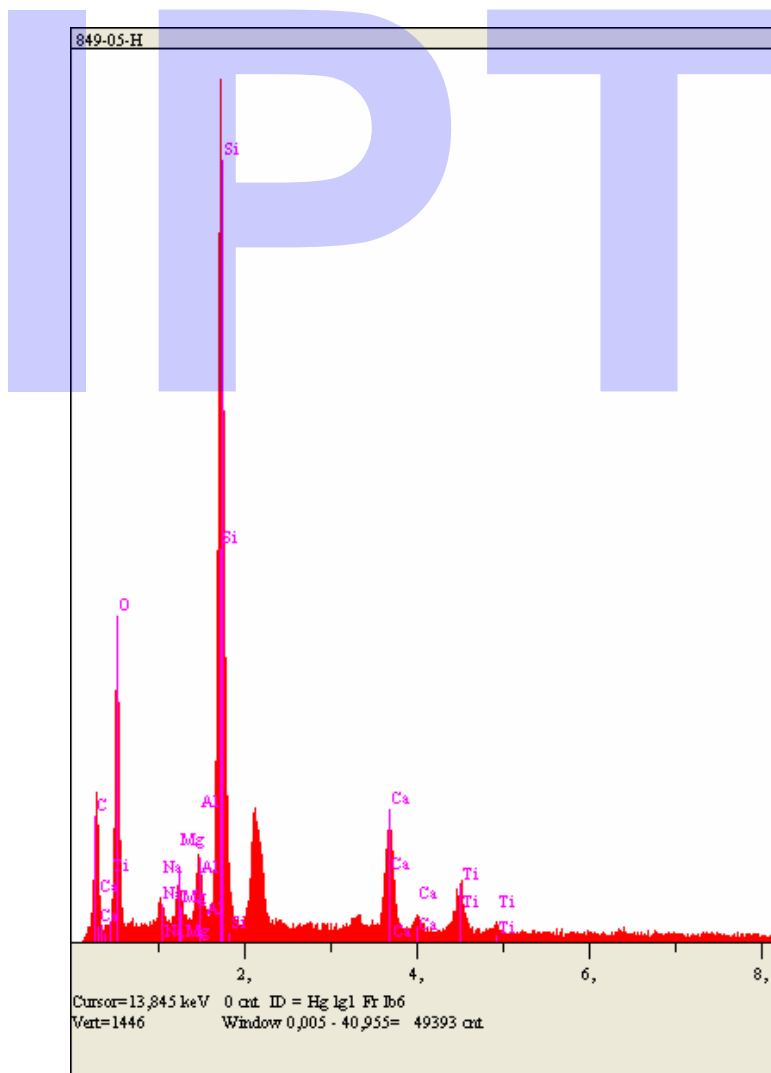


**Foto 28** – Pavilhão Phebo Descoberta. Filme descontínuo de fuligem. Localização do ponto H analisado por EDS.

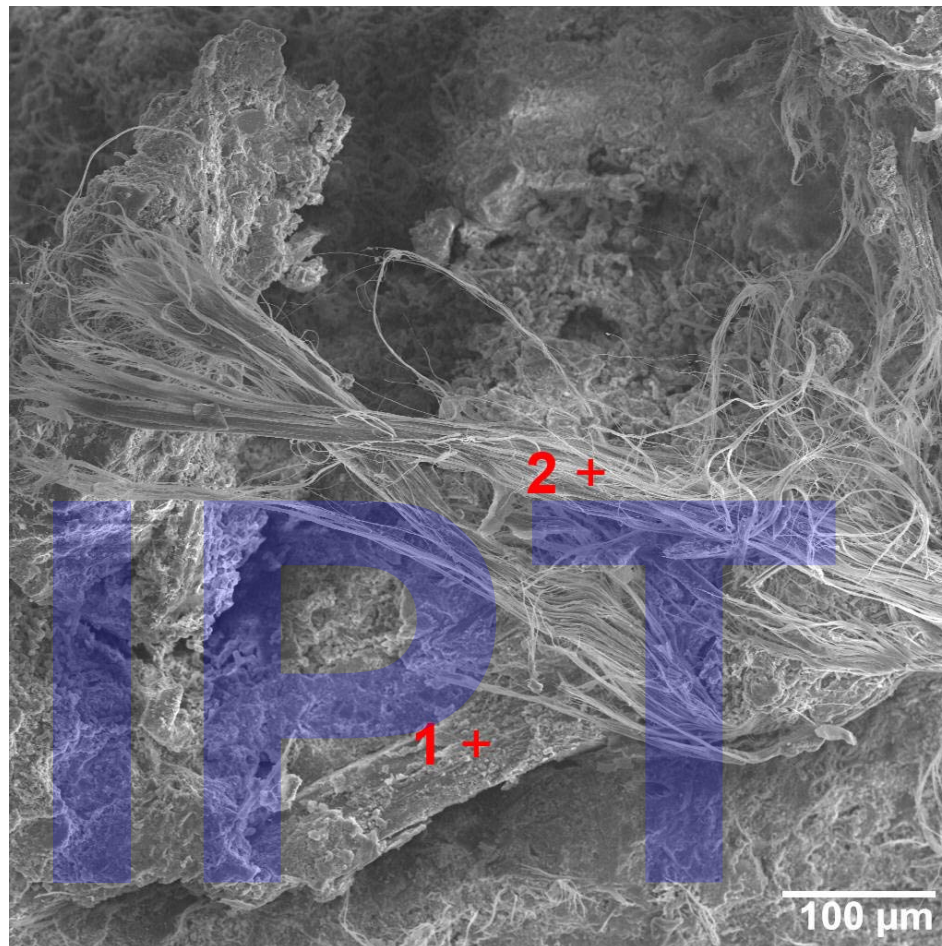


**Tabela 29** - Pavilhão Phebo Descoberta. Análise semi-quantitativa EDS – filme de fuligem.

Elemento Químico	Raia	Porcentagem em massa
C	K $\alpha$	20,566
O	K $\alpha$	33,288
Na	K $\alpha$	0,924
Mg	K $\alpha$	1,231
Al	K $\alpha$	1,964
Si	K $\alpha$	28,665
Ca	K $\alpha$	8,070
Ti	K $\alpha$	5,292
Total		
kV	15.0	
Takeoff Angle	35.7°	



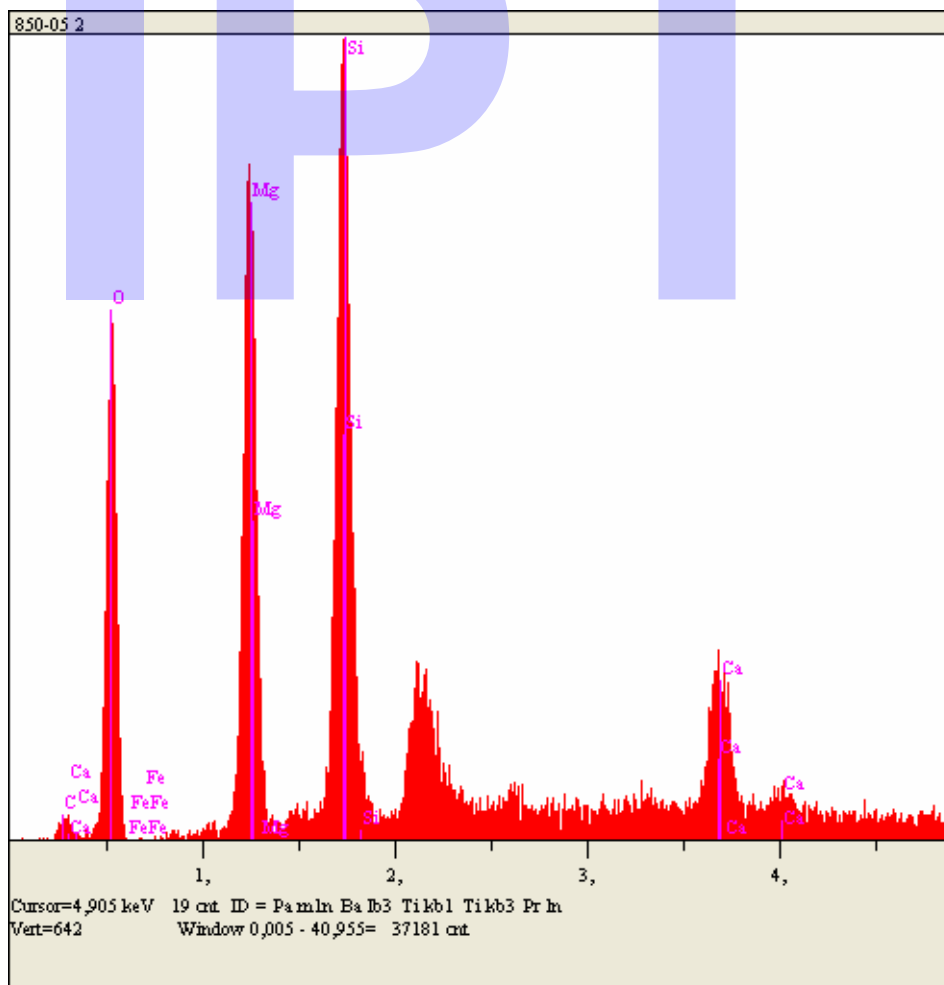
**Figura 29** - Pavilhão Phebo Descoberta. Espectro obtido por EDS do ponto H para **Foto 45**.



**Foto 29** – Embalagens – Phebo. Localização dos pontos de análise por EDS.

**Tabela 30** - Embalagens – Phebo. Análise semi-quantitativa por EDS do ponto 2.

Elemento Químico	Raia	Porcentagem em massa
C	K $\alpha$	0,000
O	K $\alpha$	35,476
Mg	K $\alpha$	19,247
Al	K $\alpha$	0,307
Si	K $\alpha$	28,080
Ca	K $\alpha$	10,969
Fe	K $\alpha$	5,920
Total		100
kV	15.0	
Takeoff Angle	35.7°	



**Figura 30** - Embalagens – Phebo. Espectro obtido por EDS do ponto 1.