

ANÁLISE QUÍMICA DOS ESPELEOTEMAS GOËTHÍICOS E HEMATÍICOS DAS CROSTAS LATERÍICAS DE MORRO DAS BALAS, MUNICÍPIO DE FORMIGA – MG

Anísio Cláudio Rios Fonseca

Professor do Unifor-MG
Especialista em Solos e Meio-Ambiente pela UFLA

RESUMO

Este trabalho de pesquisa trata da análise da composição química de mineralizações em espeleotemas de goethita e hematita em crostas lateríticas da região de Morro das Balas, município de Formiga-MG, Brasil.

Palavras-chave: Goethíticos. Hematíticos. Quartz.

CHEMICAL ANALYSIS OF SPELEOTHEMS OF GOETHITE AND HEMATITE IN LATERITIC CRUSTS FROM MORRO DAS BALAS, FORMIGA-MG CITY

ABSTRACT

This work of search is about the analysis of chemical composition of mineralizations in speleotems of goethite and hematite in lateritic rocks in region of Morro das Balas, in Formiga city, state of Minas Gerais, Brazil.

Keywords: Goethite. Hematite. Quartz.

1 INTRODUÇÃO

Processos de laterização em solos predominantemente tropicais são amplamente estudados na área agrônoma e na área geológica. Sendo um processo essencialmente químico, o mesmo é naturalmente acelerado ou retardado conforme as condições ambientais reinantes, principalmente as de natureza climática, a temperatura e a precipitação. (AMBROSSI, 1986; COSTA, 1984). Quanto maiores forem a temperatura e a precipitação, mais favorecido será o processo. Costa (1991) tem conduzido importantes estudos sobre os processos de laterização na região amazônica e obtido resultados aplicáveis para interpretação dos processos análogos da região de Morro das Balas.

Rochas lateríticas de diferentes graus de evolução são encontradas em diversos tipos de solos, principalmente na região amazônica (COSTA, 1991), devido ao clima altamente favorável aos processos de laterização. Em muitos locais, estes processos geram rochas-minérios importantes, tais

como muitas das reservas de minério de manganês do Brasil.

O processo de laterização e dissecação de um solo culmina na formação de uma crosta de aparência e espessura bem variáveis onde predominam óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, devido à intensa lixiviação da sílica em PH elevado. (ALKIMIM, 1998; CURI, 1998). Estes colóides vão depositando minerais formando as mais diversas variedades em termos estruturais e morfológicos. Trabalhos desenvolvidos por Fonseca (2005) na região de Morro das Balas demonstraram que as rochas lateríticas ali presentes não podem estar ligadas diretamente com as transgressões e regressões marinhas do cráton São Francisco (RADAMBRASIL, 1983), mas sim derivadas de rochas depositadas durante esta transgressão, devido ao grande lapso de tempo entre a transgressão e a idade média dos lateritos. (COSTA, 1991).

O processo de laterização pode se desenvolver em uma velocidade muito grande, em termos geológicos, como o que acontece com solos cultivados em Angola (BOTELHO, 1981), onde o processo pôde ser parcialmente mensurado. Embora com significativas variações texturais, estruturais e químicas devido à profundidade em que se formaram e também relacionados com o tipo de solo de origem, pode-se dizer que todas as crostas lateríticas apresentam mineralizações de quartzo. Crostas lateríticas portadoras de óxidos de manganês apresentam fraturas preenchidas por cristais engrenados de quartzo, como as citadas por Fonseca (2005), cuja espessura varia de poucos milímetros a mais de 2 cm, de acordo com o tipo de fratura.

Drusas de hematita botrioidal (FONSECA, 2005) ocorrem preenchendo cavidades e fraturas diversas nas rochas lateríticas encontradas próximas ao local denominado de Morro dos Cristais, local inserido dentro de Morro das Balas e estão associadas a numerosas mineralizações de quartzo de tamanho variável, com predominância do submilimétrico e há vestígios de formações estalactíticas em algumas destas rochas, embora sem a riqueza morfológica encontrada em outras amostras.

Já as crostas lateríticas encontradas associadas a brechas intraformacionais de quartzo com cimento manganésífero são predominantemente alteradas por fenômenos de dissolução que originaram diversos espeleotemas de óxidos de ferro associados com pequenos cristais de quartzo que, em muitos casos, preenchem os interstícios. É comum encontrar, dentro das brechas intraformacionais, algumas cavidades atapetadas por pequenos cristais negros, quase microscópicos, com aspecto de veludo e que provavelmente são de polianita. A água atua nestas rochas de maneira ambígua, ora no sentido de formar as rochas, ora no sentido de transformá-las em outras rochas e minerais, consoante as mudanças climáticas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O local de coleta das crostas lateríticas contendo os espeleotemas fica na região de Morro das

Balas, município de Formiga-MG. Está situado pouco abaixo do local do primeiro estudo realizado por Fonseca (2005) e geologicamente insere-se no mesmo contexto. As crostas lateríticas encontradas no local são meros testemunhos de estruturas extensas e muito maiores que foram removidas e destruídas pela erosão milenar. Em um corte na estrada, pode ser observado no solo um perfil tipicamente alóctone que apresenta as chamadas linhas de pedras, constantes em trabalhos feitos por Costa. (1991). O material coletado no terreno parece pertencer todo a este perfil, embora possa ser assegurado que este material provém de muito perto, dadas outras ocorrências conhecidas em perfis autóctones em locais próximos.

Entre as dezenas de quilogramas de crostas ferruginosas coletadas, existe uma enorme profusão de formas, cores, texturas e estruturas destes espeleotemas e isto está ligado diretamente ao grau de mineralização e também ao intemperismo atuante nestas estruturas lateríticas que, ao que tudo indica, estão impregnadas com mineralizações de quartzo de origem hidrotermal, processo onde soluções aquosas ricas em sais oriundas de magmas percolam fraturas em rochas pré-existentes e cristalizam minerais diversos. Estas soluções hidrotermais afetaram grandemente as diversas fraturas e cavidades de dissolução presentes na rocha e recristalizaram goëthita e hematita, em formas botrioidais e em formas prismáticas presentes nos espeleotemas, na forma de cristais tabulares e estriados, sem uma orientação preferencial que estipulasse um padrão de crescimento. Embora a goëthita e a hematita possam ser estritamente sedimentares no solo, soluções hidrotermais de baixa temperatura podem cristalizá-las.

Figura 1 - Espeleotemas rosados na crosta laterítica

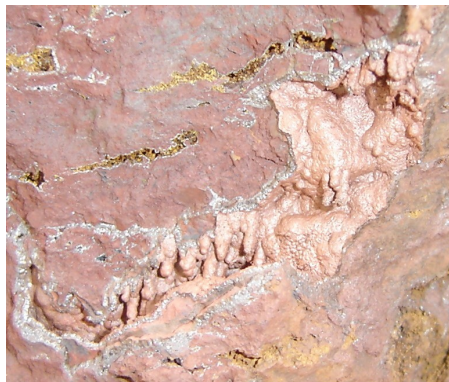


Fonte: Dados da pesquisa.

Os espeleotemas são qualquer estrutura mineral formada por processos cársticos de dissolução e recristalização química, no entanto, parecem ser exclusivamente sedimentares e formados através do mesmo processo dos espeleotemas originados em cavernas situadas em corpos de minério de ferro ou mesmo em cavernas de origem calcária. Nestes casos, a goëthita apresenta-se comumente em formas botrioidais, renimorfias e estalactíticas, de aspecto fibrorradiado. A hematita pode também assumir estas formas, conforme seu processo genético. A goëthita apresenta-se com uma variada gama de cores que variam do amarelo ao cinza do aço, mas seu traço é predominantemente mais amarelado. Veios fibrorradiados de goethita atravessam as amostras, seguindo provavelmente linhas de fratura das

mesmas, de tal forma que as soluções hidrotermais as recristalizaram.

Figura 2 - Espeleotemas de cor rosada e brilho nacarado



Fonte: Dados da pesquisa.

O que chama a atenção do observador é a presença de cristais prismáticos e brilhantes de goëthita/ hematita, imbricados em torno dos espeleotemas. Em outras amostras, há a associação de espeleotemas com um invólucro de quartzo incolor que se torna branco quando visto sem instrumentos ópticos. Esse quartzo forma curiosas associações com os espeleotemas, impregnando-os e inter crescendo com eles, formando em diversas amostras um mosaico de cristais imbricados que delineiam seções circulares de estalactites goëthíticas.

Figura 3 - Finísimos espeleotemas revestidos de quartzo

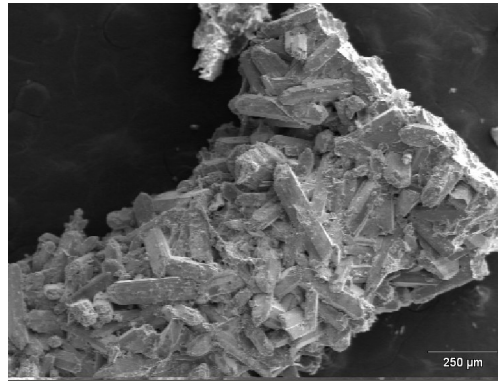


Fonte: Dados da pesquisa.

O tamanho e a perfeição dos espeleotemas são extremamente variáveis e dependem do tamanho da cavidade de dissolução onde se formaram e de todas as condições físicas e químicas do processo.

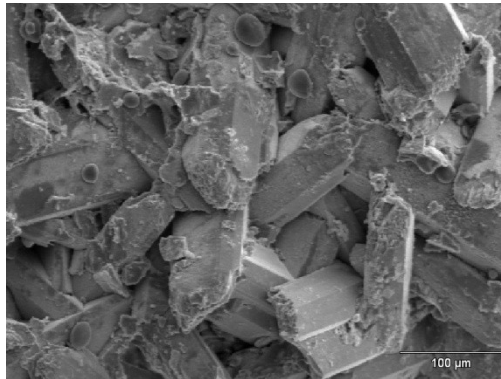
Os cristais encontrados são predominantemente prismáticos e também tabulares, havendo, porém algumas formações drússicas de cristais curtos e melhor orientados, mas que não foram observados no microscópio eletrônico de varredura (MEV). Em algumas amostras existe uma espécie de estrutura alveolada, onde placas de hematita/goëthita estão separadas por cavidades compridas, dando um aspecto muito interessante ao conjunto. Este tipo de associação não apresenta os cristais prismáticos e nem foi analisada no MEV, mas foi observada ao microscópio estereoscópio do laboratório de mineralogia.

Figura 4 - Visão geral de um dos espeleotemas com drusas de cristais prismáticos



Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 5 - Microfotografia em detalhe do espeleotema anterior

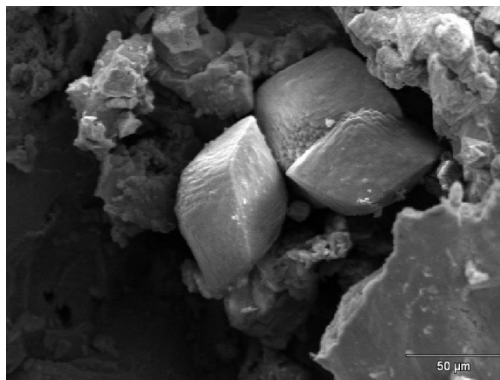


Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: Observar o aspecto tabular do cristal em destaque.

Em uma das imagens geradas pelo MEV, destacam-se ao fundo romboedros encurvados de siderita. Estes romboedros são pequenos e aparecem implantados nos cristais prismáticos/tabulares e sua composição pôde ser mensurada por meio do sistema EDS.

Figura 6 - Romboedros de siderita mostrando clivagem



Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 7 - Formações estalactíticas impregnadas com cristais tabulares de goëthita



Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 8 - Espeleotemas exibindo acentuado brilho metálico, mas sem evidenciar cristais tabulares



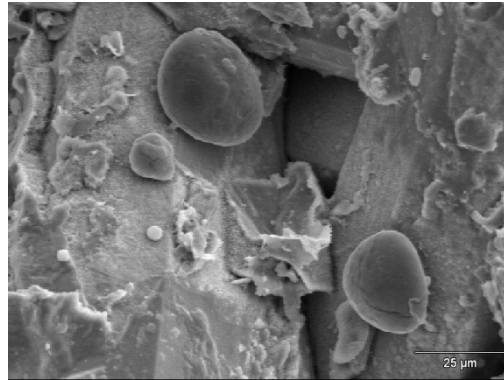
Fonte: Dados da pesquisa.

As imagens geradas pelo MEV do departamento de microscopia eletrônica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul evidenciaram algumas estruturas com aspecto almofadado aderidas aos cristais prismáticos dos espeleotemas. Na ocasião da análise, tanto o Dr. Heinrich Theodor Frank como o operador do aparelho puderam testemunhar o momento em que estas estruturas almofadadas começaram a literalmente explodir, devido ao feixe de elétrons emitido pelo aparelho. Como estas estruturas aparentemente não são de origem mineral, provavelmente trata-se de uma estrutura orgânica como um fungo ou uma colônia de bactérias, por exemplo. A maneira como tal estrutura conseguiu desenvolver-se naquele ambiente se deve ao fato de que a crosta laterítica é bem porosa e possui canais intercomunicáveis que não devem ter sido totalmente obstruídos pela mineralização hidrotermal, ou então, devido ao intemperismo da crosta laterítica, a estrutura encontrava-se próxima à superfície e era constantemente abastecida pelas soluções aquosas ricas em matéria orgânica e sais, infiltradas da superfície; isso, claro, considerando que sejam estruturas orgânicas.

Muitas das crostas lateríticas apresentam intensa intemperização em sua superfície, sendo que o quartzo que permeia os espeleotemas encontra-se amarelado devido a impregnações de óxidos de ferro e estruturalmente muito pulverulento, de modo que os agregados se desfazem com muita facilidade. Os

troglóbos que ocorrem em cavidades e cavernas em diversos minérios de ferro são tomados como referência para a hipótese de que a estrutura das microfotografias abaixo seja realmente um fungo ou bactérias. O fato em si é curioso e deve ser tratado com seriedade para estudos na área de Ciências Biológicas e Espeleologia, sendo citado aqui apenas como uma curiosidade, já que o equipamento utilizado nas análises os detectou.

Figura 9 - Estruturas almofadadas intactas



Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 10 - Estrutura mostrando fenda de expansão causada pela emissão do feixe de elétrons do MEV



Fonte: Dados da pesquisa.

3 MATERIAL E MÉTODOS

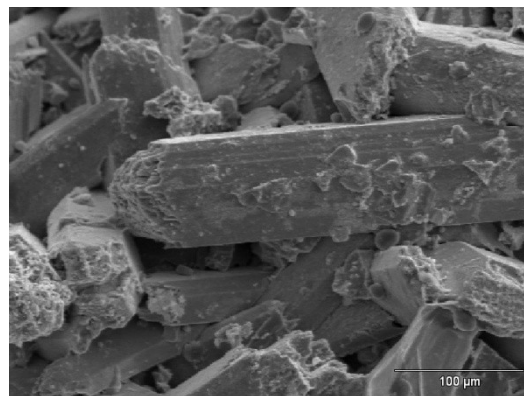
Para análise prévia das amostras, foram utilizados alguns ensaios clássicos da mineralogia. (BOTELHO, 1979; DANA, 1978). Foram aferidas as seguintes propriedades: dureza, usando como referência a escala de Mohs (os valores variam de 1 a 10), cor do traço na porcelana e densidade relativa. Para mensuração da densidade relativa, foi utilizada uma balança digital da marca Coleman.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os valores obtidos para a densidade relativa aproximam-se dos valores ideais encontrados para a

goëthita, embora haja bastante hematita mesclada a ela em diversos graus, havendo, pois, pseudomorfoses diversas devido à desidratação. Em estudos feitos no mesmo material rochoso por Fonseca (2005), os mesmos detectaram hematita praticamente pura em drusas botrioidais esferoidais, onde a relação entre ferro e oxigênio difere muito dos resultados obtidos aqui pelo mesmo método de microscopia eletrônica e esta diferença é devido ao fato de que as drusas botrioidais são praticamente anidras, ao passo que os cristais prismáticos estão hidratados, o que aumenta a relação Fe/O e o hidrogênio não é detectado pelo método usado.

Figura 11- Cristais tabulares de goethita recobrimdo espeleotema



Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 12- Gráfico EDS da amostra da FIG. 11

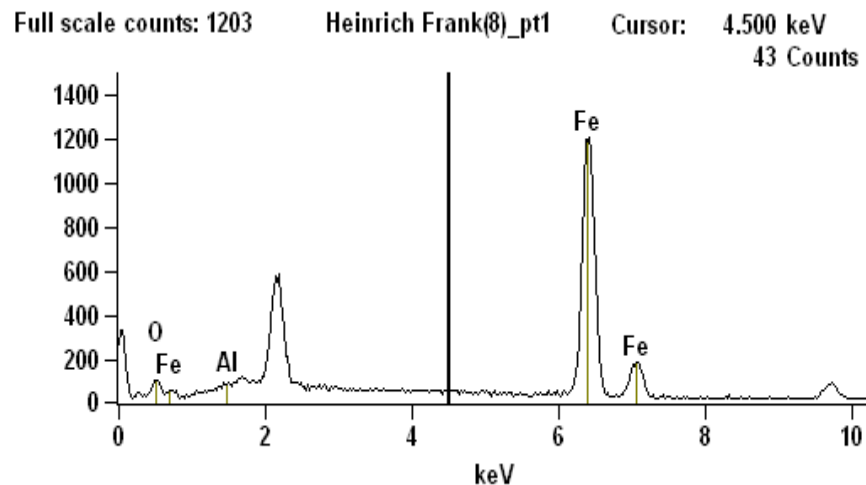
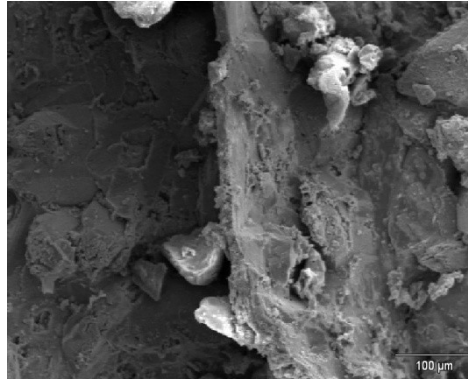


Tabela 1- Valores de O, Al e Fe da amostra

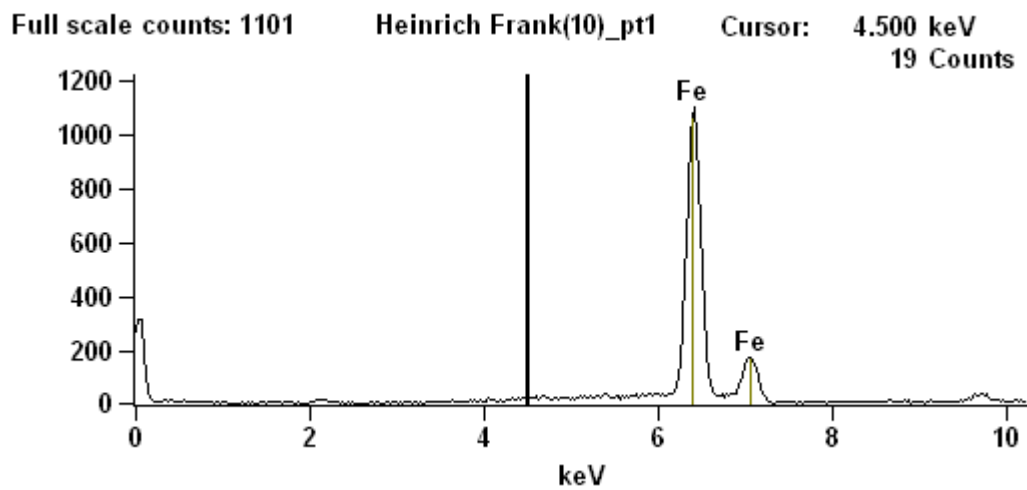
Parameter	O	Al	Fe
Weight concentration %	30.06S	0.00	69.94
ZAF Value	1.64	2.53	1.07
Atom concentration %	60.00	0.00	40.00
Atom % error	+/- 7.77	+/- 0.00	+/- 0.53
Formula		Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
	O	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
Compound Concentration %	0.00	0.00	100.00

Figura13 - Cristais tabulares de goëthita



Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 14- Gráfico EDS da FIG. 13



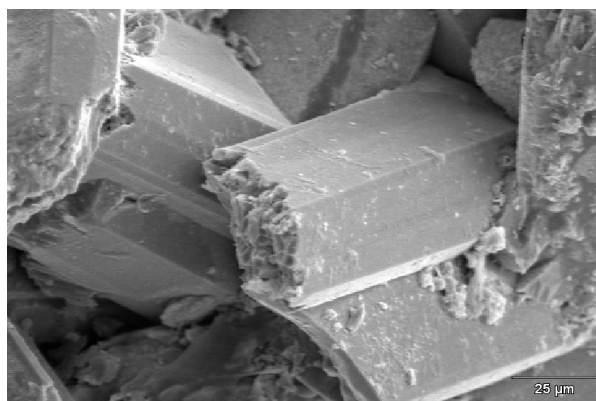
Fonte: Dados da pesquisa (microscopia de varredura).

Tabela 2- Valores de O e Fe da amostra

Parameter	O	Fe
ZAF Value	1.67	1.07
Weight concentration %	30.06S	69.94
Atom concentration %	60.00	40.00
Atom % error	+/-0.00	+/-0.54
Formula		Fe ₂ O ₃
Parameter		Fe ₂ O ₃
Compound concentration %	0.00	100.00

Fonte: Dados da pesquisa (microscopia de varredura).

Figura 15- Cristais tabulares de goëthita com aumento de 750x



Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: Observar as estrias longitudinais nos cristais.

Figura 16- Gráfico EDS da amostra da FIG. 15

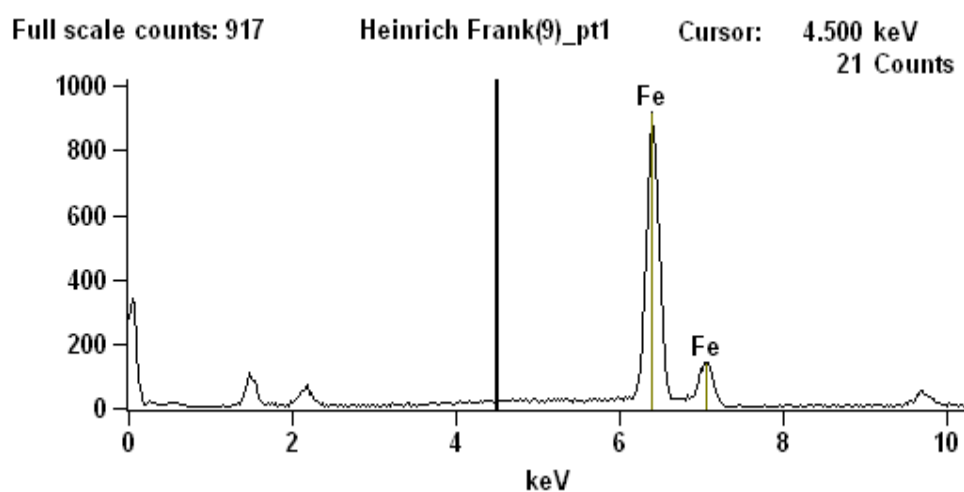
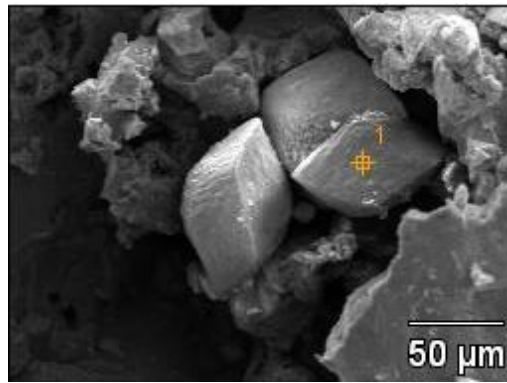


Tabela 3- Valores de O e Fe da amostra

Parameter	O	Fe
ZAF Value	1.65	1.07
Weight Concentration %	30.06	69.94
Atom concentration %	60	40
Atom % error	+/- 0.00	+/- 0.63
Formula		Fe ₂ O ₃
Compound concentration %	0.00	100.00

Fonte: Dados da pesquisa

Figura 17- Romboedros de siderita ampliados 500x



Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 18- Gráfico EDS da amostra da FIG.17

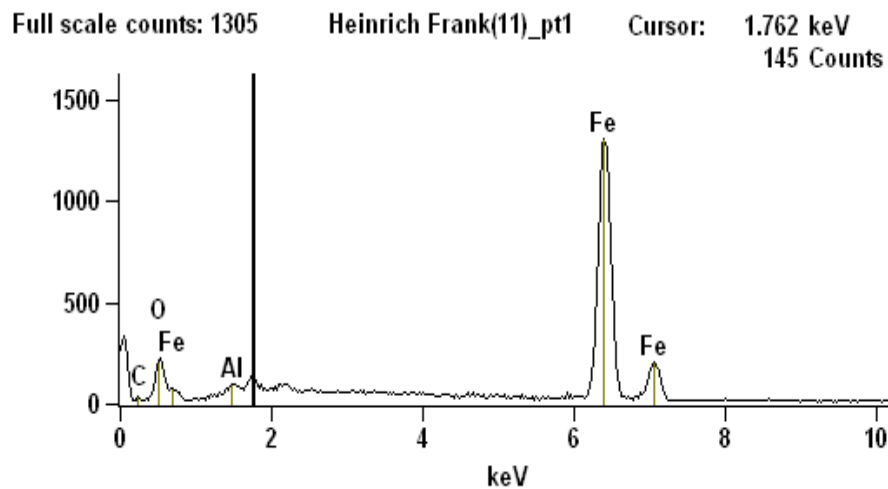


Tabela 4 - Valores de C, O, Al e Fe da amostra

Parameter	C	O	Al	Fe
ZAF Value	3.93	1.69	2.56	1.09
Weight concentration %	2.01	33.44S	0.76	63.80
Atom concentration %	4.87	60.97	0.82	33.33
Atom % error	+/-0.46	+/-2.81	+/-0.08	+/-0.41
Formula	CO ₂		Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
Compound concentration %	7.35	0.00	1.43	91.22

Fonte: Dados da pesquisa.

As análises expressam a composição em óxidos nas amostras, além dos parâmetros de concentração de massa, concentração atômica e fatores de correção. A presença de Al₂O₃ na amostra, ainda que em pequena porcentagem, é relevante o bastante para se atribuir sua presença a processos de intemperismo em rochas feldspáticas e posterior remoção de sílica em PH favorável, precipitando assim o óxido de alumínio.

5 CONCLUSÃO

Os resultados indicam uma grande predominância de óxidos de ferro hidratados, devido à relação Fe/O e os cristais prismáticos são mesmo de goëthita, recristalizados e depositados hidrotermalmente nas formações estalactíticas pré-formadas por processos de karstificação. Isto é interessante, já que a goëthita ocorre mais normalmente em massas fibrorradiadas e não em cristais isolados. Um sistema intercomunicável composto de canalículos e poros na rocha laterítica conduziu os fluidos mineralizantes por toda a rocha laterítica, depositando sílica na forma de quartzo, associado às estalactites. O óxido de ferro das crostas foi recristalizado desta maneira.

Há geodos em rochas lateríticas basicamente compostos apenas por quartzo. A intensidade da associação das rochas lateríticas e do quartzo, bem como o quartzo endêmico na região estudada leva a crer que os eventos mineralizantes foram conjuntos ou pelo menos contemporâneos. O fato de haver apenas testemunhos de estruturas lateríticas muito maiores mostra também que o intemperismo agiu de forma a destruir a maioria das formações lateríticas da região, gerando novos solos.

A karstificação em pequena escala da rocha laterítica é um processo análogo ao que ocorre em rochas carbonáticas nos maciços calcários e é subordinada ao grau de dissolução dos compostos de ferro, onde o ferro ferroso é mais solúvel em igualdade de PH. (CURI, 1998). Existe neste processo a lenta formação de estruturas intermediárias entre estalactites e helictites, pois contrariam a gravidade e são assim formados devido a forças endógenas, intrínsecas do processo de cristalização. Conclui-se que os dois processos ocorreram em épocas distintas, sendo que os espeleotemas cobertos por mineralizações são os mais antigos. Não se pesquisou se o processo hidrotermal de gênese mineral pode gerar espeleotemas como os que foram encontrados, mas de acordo com trabalhos espeleológicos realizados em cavernas localizadas em canga e minério de ferro, os espeleotemas são formados à temperatura ambiente, ou seja, genuinamente sedimentares.

A grande quantidade de quartzo encontrada na região estudada vem corroborar a natureza hidrotermal das mineralizações de quartzo encontradas dentro das crostas ferruginosas. Os cristais de quartzo encontrados até o momento não atingem grandes dimensões e alguns apresentam figuras de crescimento tipo phantom. Finalizando, cabe dizer que toda a região de Morro das Balas foi palco de eventos mineralizantes que atingiram as rochas do pacote sedimentar de forma mais ou menos extensa, criando curiosas formações que merecem ser estudadas com muito rigor, dada sua mineralogia e metalogenia.

REFERÊNCIAS

- ALKMIM, F. F., MARSHAK, S. Transamazonian orogeny in the southern São Francisco Cráton Region, Minas Gerais, Brazil: evidence for paleoproterozoic collision and collapse in the Quadrilátero Ferrífero. **Precambrian Research**, USA, v. 90, p. 29-58, 1998.
- AMBROSI, A.; NAHON, D. Petrological and geochemical differentiation of lateritic iron crust profiles. **Chemical Geology**, USA, v. 57, p. 371-393, 1986.
- BRANCO, P. M. **Dicionário de mineralogia**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 1982.
- COMIG. Companhia Mineradora do Estado de Minas Gerais. **Mapa Geológico do estado de Minas Gerais**. Belo horizonte, 2003. Edição especial.
- COSTA, M. L. Aspectos Geológicos dos lateritos da Amazônia. **Revista Brasileira de Geociências**, Curitiba, v. 21, p. 146-160, 1991.
- _____. A dinâmica de formação de lateritas: o exemplo do NE do Pará e NW do Maranhão. In: CONGRESSO BRASILEIRO GEOLOGIA, 33., 1984, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBG, v. 10, p. 4823-4837.
- _____. Lateritos e lateritização. In: CONGRESSO BRASILEIRO GEOLOGIA, 36., 1990, Natal. **Anais...** Natal: SBG, 1984. p. 404-421.
- DANA, J. D. **Manual de mineralogia**. Rio de Janeiro: LCT, 1978.
- DEER, W. A. **Minerais constituintes das rochas**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1981.
- FONSECA, A. C. R. **Morfologia de rochas lateríticas de Morro das Balas, município de Formiga-MG**. 2005. 30 f. Monografia (Especialização em solos e meio-ambiente)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.
- LEINZ, V.; CAMPOS, J. E. **Guia para determinação de minerais**. São Paulo: Nacional, 1976.
- MACHADO F. L. *et al.* Projeto RADAMBRASIL. **Folha SF 23/24**, Rio de Janeiro/Vitória, v. 32, p. 27-324, 1983.
- SUGUIO, K.; BARBOUR, A. P. Morfologia e gênese das estruturas limoníticas dos sedimentos da Bacia de São Paulo. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 41, n. 2, p. 161-180, 1969.
- WINGE, M. **Glossário Geológico Ilustrado**. Brasília: UnB, 2001. Disponível em: <<http://www.unb.br/ig/glossario/>>. Acesso em: 12 jan. 2006.