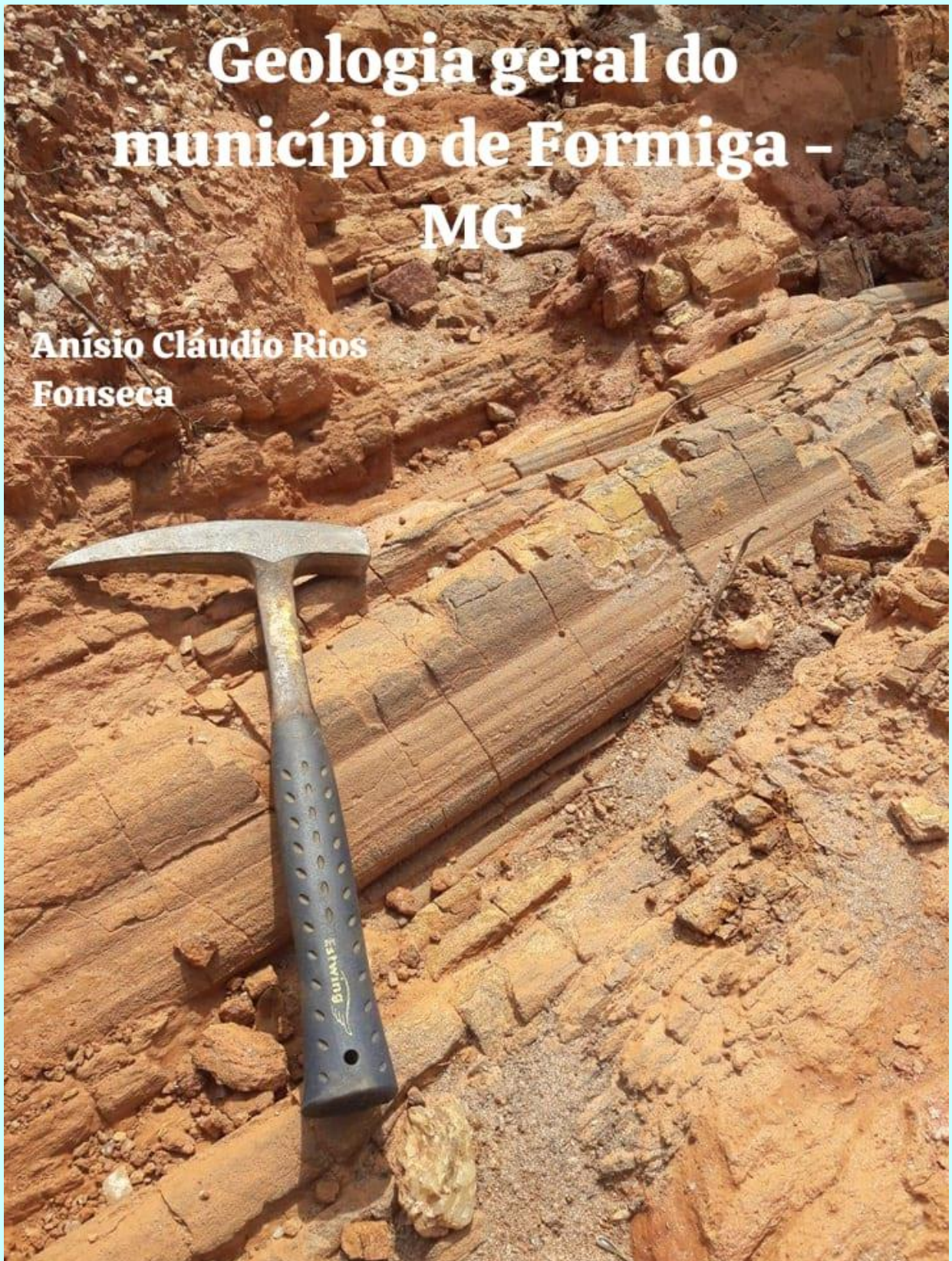


Geologia geral do município de Formiga – MG

**Anísio Cláudio Rios
Fonseca**



Geologia geral da região do município de Formiga- MG

Por Anísio Cláudio Rios Fonseca

Professor pesquisador do UNIFOR/MG

Coordenador do Laboratório de Mineralogia “ Professor Anísio Cláudio Rios Fonseca” do UNIFOR-MG



Dedicatória

Dedico este trabalho aos meus filhos, os quais sempre estiveram ao meu lado e me deram forças para continuar, mesmo com todas as coisas corroborando ao contrário.

Prefácio:

Foi a mineralogia que me pôs em contato com o professor Anísio Cláudio Rios Fonseca. Nós dois colecionávamos minerais e ambos nos tornamos curadores de museu, ele dirigindo o Museu de Mineralogia do UNIFOR-MG e eu, o Museu de Geologia que a CPRM mantém em Porto Alegre. Aos poucos, aquelas duas atividades que nos uniam foram me mostrando um amigo que crescia profissionalmente de um modo que me surpreendia. Ele começou a dar aulas na Universidade de Formiga, o que tornou seu campo de atuação mais amplo e mais importante. Seu (e meu) interesse pelos minerais de manganês da região, incluindo as curiosas esferas de goethita/hematita, tornou o Morro das Balas um local familiar para mim, mesmo sem nunca ter ido lá. A gama de interesses do professor Anísio foi sempre aumentando e hoje o vemos publicando o excelente “Geologia Geral do Município de Formiga”. Isso me lembrou um muito antigo projeto que eu tinha, o de fazer o Mapa Geológico do Município de Lagoa Vermelha (RS), onde nasci, trabalho que cheguei iniciar mas que não pude concluir, principalmente por morar a 300 km de distância. Mas, se Lagoa Vermelha é uma região geologicamente monótona, o Prof. Anísio nos mostra que Formiga tem “um substrato geneticamente variado”, o que certamente tornou muito mais difícil e mais importante elaborar esta obra. Ele nos mostra os domínios petrográficos do município, sua geologia geral, ocorrências minerais e até mesmo pedologia, com o mapa de solos da região. Mostra as curiosas formas erosivas nos calcários de Pains, os sempre interessantes espeleotemas (não apenas de carbonato, mas também de hematita e goethita). E, como todo verdadeiro pesquisador, mostra inclusive pinturas rupestres e artefatos indígenas que encontrou em seu caminho. Ao estudar as ocorrências minerais de Formiga, ele informa que já encontrou nada menos de 34 espécies minerais no seu território. Ao descrever os solos do município, denuncia a retirada de areia do fundo dos rios e a influência que isso tem no processo erosivo. Essa mesma atividade, proibida muitos anos atrás na região de Porto Alegre (RS), está agora sendo defendida por vários especialistas, que acreditam que esta proibição contribuiu para a inédita enchente que atingiu aquela cidade em maio de 2024. Isso mostra como a extração de areia do fundo dos rios é atividade que deve ser tratada com muita seriedade, pois pode ter efeitos negativos ou positivos, dependendo da dinâmica fluvial de cada região. Resta-me por fim elogiar as muitas ilustrações que enriquecem o texto e a linguagem acessível com que o trabalho foi redigido, sempre com a definição de termos técnicos menos comuns. Meus parabéns ao Prof. Anísio Cláudio Rios Fonseca por esta rica obra, documento que pouquíssimos municípios brasileiros podem se orgulhar de ter.

Pércio de Moraes Branco- Geólogo, gemólogo e escritor

1 Introdução:

Durante muito tempo a falta de material didático-científico referente à geologia da região de Formiga -MG foi um empecilho para uma melhor compreensão do meio físico e mesmo das próprias causas dos elementos geográficos e biológicos que existem em nossa região. A falta de informações sempre levou a pesquisa para dados de outras regiões do país ou mesmo fora dele, sendo que aqui mesmo sempre tivemos tudo ao alcance das mãos, com a condição de ver e tocar aquilo que se estudava apenas na teoria. Sem maiores pretensões, esta publicação une parte do que já houve de pesquisa na nossa região por órgãos governamentais e ou particulares no tocante a geologia e também divulga a pesquisa que durante anos o autor fez na região. A ênfase em micro ocorrências de minerais e rochas é uma das vantagens desse artigo, já que muitas das ocorrências minerais aqui citadas são desconhecidas no meio especializado.

Formiga é um município que impressiona por sua variabilidade de riquezas naturais. Esta riqueza está vinculada a uma série de fatores interligados que repousam sobre um substrato rochoso geneticamente variado. Este substrato, por sua vez, tem sido moldado ao longo do tempo geológico por forças endógenas que, por sua dinâmica, alteram constantemente a face do planeta. A tectônica criou grandes cadeias de morros e os rios escavaram seu percurso no solo e na rocha, o que continua acontecendo incessantemente.

O clima foi e é o grande motor dos fenômenos de intemperismo físico e químico que atuam sobre as rochas, transformando seus minerais em outros minerais mais estáveis às condições reinantes. O feldspato das rochas ígneas, por exemplo, possui grande estabilidade em grandes profundidades, mas ao entrar em contato com os agentes de intemperismo, transforma-se em minerais de argila, principalmente a caulinita. Piroxênios e anfibólios sofrem o mesmo. Com isso, os solos vão se formando e evoluindo. O transporte retira estes solos e rochas de seus locais de origem e os transportam para locais de cotas mais baixas. Esse transporte acaba por selecionar os constituintes segundo seu tamanho e densidade. Daí o município possuir extensos depósitos de areia quartzosa de excelente qualidade.

Estudos realizados na região pelo Plano Pai (1972), projeto RADAMBRASIL (1983) e COMIG (2003) dataram os principais litotipos locais através de técnicas de decaimento radioativo de isótopos existentes em certos minerais. O embasamento cristalino possui uma idade de cerca de 2,8 bilhões de anos e é constituído principalmente de rochas gnáissicas e migmatíticas. Intrudidos nelas há vários outros litotipos com idades variáveis. Para que se possa compreender melhor a região do município de Formiga em termos físicos, devem-se associar os conhecimentos geográficos e geológicos para assim entender o que e como estes fatores influenciam, por exemplo, os tipos de solos existentes na região, a hidrologia, a fauna e flora locais. Todos estes fatores estão interligados por um elo comum, que é a evolução geológica, geomorfológica e pedológica da região.

2 Os domínios petrográficos do município

Dada sua evolução geológica muito peculiar, o município de Formiga situa-se dividido basicamente entre dois domínios geológicos importantes:

2.1 Bacia Sedimentar do Grupo Bambuí (proterozóico superior): Originada por transgressões e regressões marinhas que cobriram o cráton São Francisco há mais de 600 milhões de anos (RADAMBRASIL, 1983). Durante estes processos, diversos tipos de sedimentos foram depositados no cráton¹ do São Francisco, tanto sedimentos clásticos² como químicos³. O material rochoso mais conhecido e importante na região devido a sua importância econômica é o calcário em todas as suas gradações. Ocorrem também rochas clásticas como lamitos diversos, argilitos, margas, siltitos, conglomerados, brechas, arcósios (os três últimos são membros do denominado conglomerado samburá).

¹ Feição estrutural do maciço rochoso muito antiga e estabilizada

² Composto por fragmentos de rochas e minerais

³ Rochas formadas principalmente por precipitação química de solutos, envolvendo subordinadamente fases insolúveis

2.2 Complexo Maciço Cristalino Arqueano: Correspondente aos terrenos constituídos de rochas ígneas e metamórficas granito-gnáissicas tipo TTG (Tonálito-thondjemito- granodioríticas), cujo material mais conhecido é o que genericamente se chama de “granito”, embora ocorram outros tipos de rochas, consoante seus percentuais e proporções de feldspatos alcalinos e calcossódicos, minerais máficos⁴ e o teor de sílica (tonálitos, granodioritos, monzonitos, etc.) Este material foi e ainda é amplamente explorado em nossa região e até exportado. Segundo o plano PAI (1972), o relevo ocorre distintamente em formas suaves alternando para forma de cristas apalacheanas, cuja característica é o relevo acidentado, dobrado pelo metamorfismo regional e escarpado no sul do município, oriundo de forças tectônicas de dobramento. Cita-se também parte do grupo Canastra (pré-cambriano), com idades variando entre 1,3 a 1,7 bilhões de anos, com seus quartzitos e filitos micaxistos, citado no levantamento feito pela GEOMINAS no Plano de ação imediata, da década de 1970. Rochas deste grupo podem ser observadas na região de Pontevila, onde são encontrados filitos intensamente cortados por veios milimétricos a centimétricos de quartzo.

3 Descrição das unidades ou domínios:

3.1 O Complexo Cristalino Arqueano indiviso

O complexo cristalino compreende as áreas que não estão cobertas por rochas sedimentares da região, ou seja, corresponde ao que se denomina genericamente de rochas ígneas e metamórficas granito-gnáissicas, embora existam dentro delas diversas variações em termos de composição química e mineralógica e inclusive de grupos de rochas leucocráticas⁵ e melanocráticas⁶. Na verdade, o pacote sedimentar repousa sobre o embasamento cristalino, ocupando depressões côncavas ou bacias intracratônicas. O que se chama de granito na verdade corresponde a uma grande

⁴ Minerais escuros, normalmente ferro- magnesianos

⁵ Rochas ígneas predominantemente claras e com alto teor de sílica

⁶ Rochas ígneas escuras, ricas em minerais ferro- magnesianos e com baixo teor de sílica

família de rochas análogas que contém variações constantes em sua composição, principalmente no seu teor de sílica e na natureza de seus feldspatos, se potássicos, sódicos ou calcossódicos⁷. Quanto menor o teor de sílica total (SiO_4^{4-}), geralmente mais escura será a rocha devido à mineralogia dominante (piroxênios, anfibólios, olivina) e, genericamente falando, normalmente mais férteis serão os solos por elas originados devido à sua composição mineralógica. Um exemplo disso é uma outra família de rochas – as rochas basálticas, que originaram as famosas terras roxas do sul do país, riquíssimas em nutrientes essenciais para as plantas e que originam solos que, dependendo de seu grau de evolução, são fertilíssimos. Interessante notar que, apesar de serem denominadas como roxas, estes solos não são roxos e sim vermelhos. É que espanhóis pronunciam **rojo** e italianos “**rosso**”, que quer dizer vermelho. Daí o termo foi incorporado à língua tupiniquim. Existem no município algumas ocorrências de basalto em borda de dique, onde a área da ASADEF é um exemplo. Porém, principalmente, a ocorrência mais evidente é a de sua correspondente de textura um pouco mais grosseira (hipoabissal); o diabásio. Na prática, o que acontece é que a porção de rocha situada na interface entre o corpo ígneo e a rocha encaixante acaba por resfriar mais rapidamente e, daí, a rocha resultante possuir uma granulação (textura) pouco visível ou não visível a olho nu. O basalto está incluído nesta categoria de rochas. Microgabro é outro termo utilizado para diabásio, visto que o gabro é a correspondente do diabásio com resfriamento lento e ou em grandes profundidades, possuindo uma granulometria grosseira, pois o tempo para resfriar foi bem maior. Existem na região vários diques⁸ de diabásio (diabasóides). Estes diques normalmente têm uma composição totalmente diferente das rochas onde estão intrudidos (rochas encaixantes), sendo este fato nitidamente observado logo depois da ponte da usina velha, na BR 354. Estes diques são formados a partir do magma básico, com baixo teor de sílica, que ascende e penetra em fraturas e diáclases das rochas encaixantes⁹, chegando também a criar sua própria rede de fraturas devido à enorme pressão e temperatura em que se encontram

⁷ Designa o termo mais próximo ao mineral anortita ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$)

⁸ Dique é uma formação geológica que mede centenas de metros e até quilômetros de comprimento por uma largura que varia de centimétrica até decamétrica. É como uma gigantesca lâmina rochosa que corta os terrenos e as rochas.

⁹ Rochas mais antigas que envolvem a rocha intrusiva mais recente

(MOTOKI, 2003). Este evento é conhecido no meio especializado como fraturamento hidráulico. Magmas básicos são mais fluidos porque têm pouca sílica (SiO_4^{4-}) e, com isso, penetram mais facilmente entre qualquer fratura existente nas rochas. Os diques possuem idade inferior a da rocha que o contém (rocha encaixante). Os diques que cortam a porção sul do município estão datados, segundo trabalhos da Universidade Federal de Ouro Preto e CPRM, em torno de 2,35 bilhões de anos, sendo que boa parte pertence ao sistema de diques Timboré. As rochas destes diques encontram-se, em muitos casos, metamorfasadas no fácies¹⁰ xisto verde, onde o plagioclásio¹¹ dominante acaba apresentando cor esverdeada devido à saussuritização¹². O piroxênio da rocha, normalmente augita, encontra-se também alterado metamorficamente para um anfibólio de nome uralita e/ou actinolita e tremolita fibrosas, através de processo análogo chamado uralitização (WINGE, 2001). Isto empresta a estas rochas um aspecto muito atraente, já que originalmente eram negras ou cinzas.

¹⁰ Conjunto de características químicas e termodinâmicas que caracterizam a formação e ocorrência de grupos de rochas e minerais

¹¹ Grupo de feldspatos triclinicos com minerais sódicos e cálcicos

¹² Definida pelo glossário da MINEROPAR (disponível em www.mineropar.pr.gov.br) como um processo metamórfico através do qual os feldspatos são alterados para uma mistura de zoisita, clinozoisita ou epidoto finamente divididos, acompanhados por albita, quartzo, calcita, clorita e ocasionalmente, granada



Figura 1- Afloramento de gabro-diorito verde alterado por saussuritização e uralitização durante processo hidrotermal, próximo à Usina Velha, BR 354 (20°34'10.25"S 45°23'08.89"), Formiga-MG

A região da Usina Velha, situada à BR 354, apresenta afloramentos enormes de “granitos” nos cortes da estrada que podem ser constatados sem dificuldade. Estudos efetuados pelo projeto RADAMBRASIL (1983), COMIG (2003) e mapas geológicos produzidos por universidades e CPRM (Serviço Geológico do Brasil) estipulam em 2.500.000.000 a 2.800.000.000 de anos (neoarqueano) a idade do Embasamento Cristalino do município de Formiga, o qual é constituído de rochas granito-gnáissicas do tipo TTG, cujos representantes são o Granito Divinópolis, o gnaiss Itapecerica e o gnaiss Candeias. A classificação TTG é relativa à mineralogia destas rochas. Este embasamento está entrecortado por diques máficos como o da foto nº 1. A idade destes diques é sempre inferior à das rochas encaixantes.

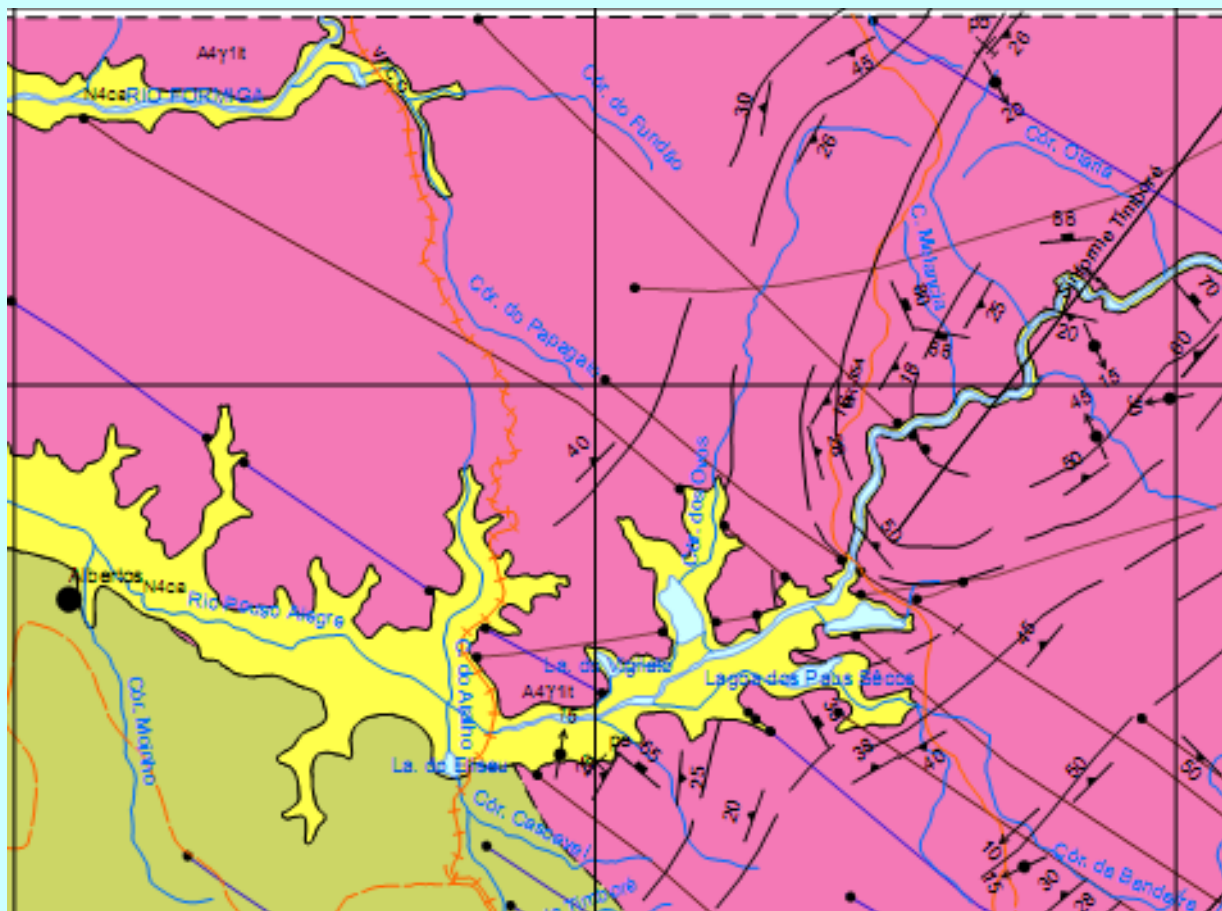


Figura 2- Recorte da CARTA GEOLÓGICA FOLHA SF.23-V-B-VI - CAMPO BELO ESCALA 1:100.000 - CPRM – 2007. Área do rio Pouso Alegre- o recorte e a legenda foram integralmente copiados do mapa original constante no site www.cprm.gov.br

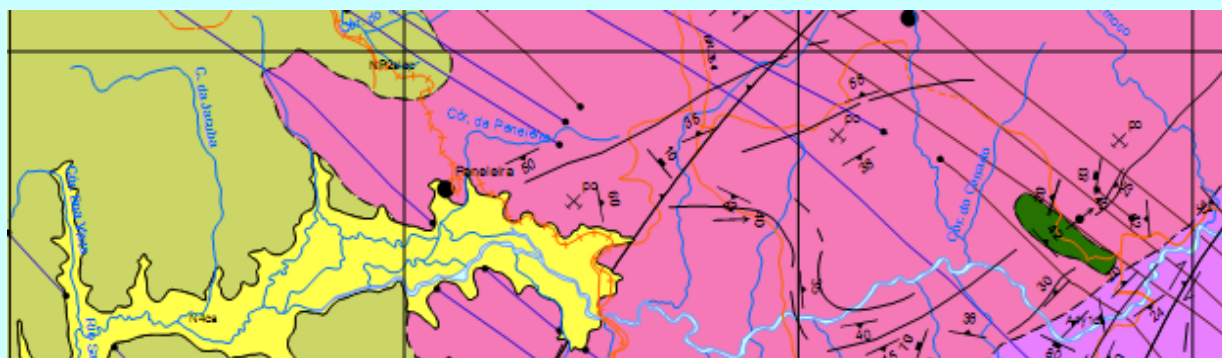
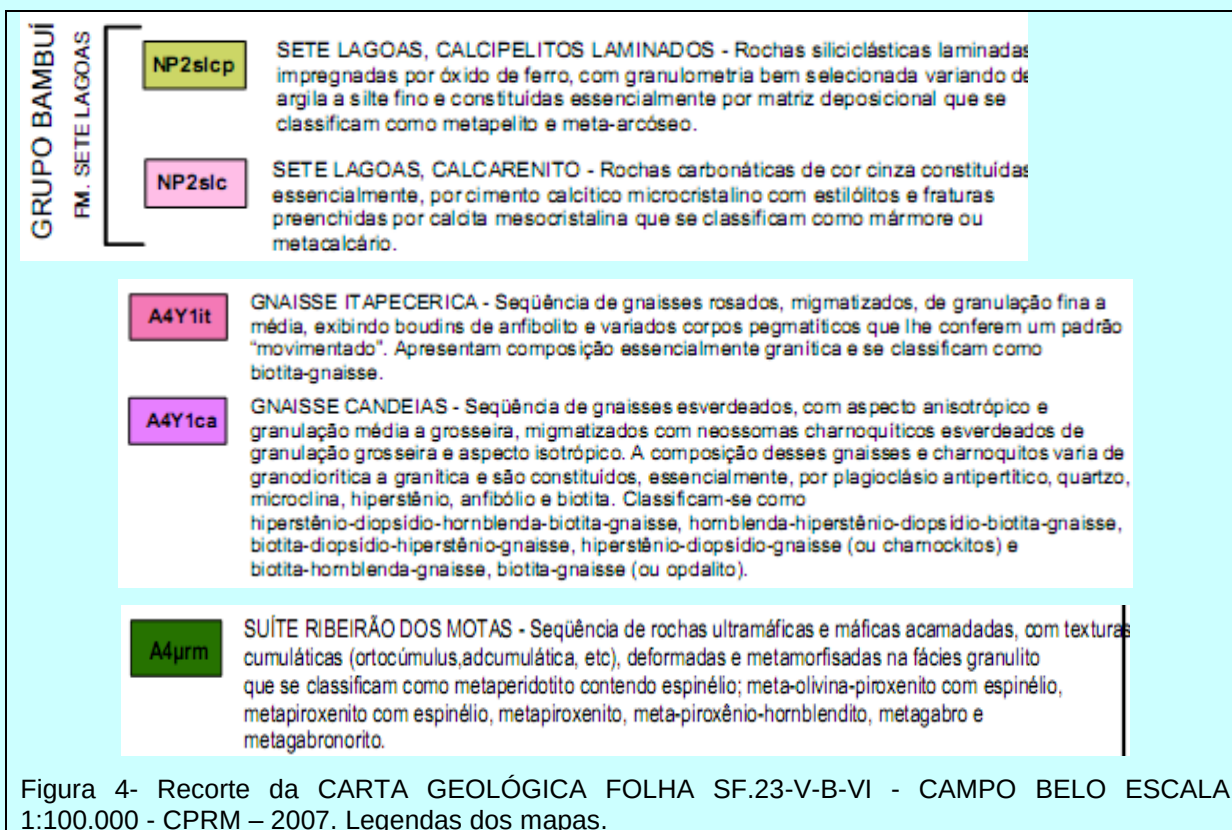


Figura 3- Recorte da CARTA GEOLÓGICA FOLHA SF.23-V-B-VI - CAMPO BELO ESCALA 1:100.000 - CPRM – 2007. Área do rio Santana- o recorte e a legenda foram integralmente copiados do mapa original constante no site www.cprm.gov.br



- **Gnaisse Itapecerica:** Constituído por gnaisses rosados, migmatizados, de granulação fina a média, exibindo boudins de anfibolito e variados corpos pegmatíticos preenchendo diáclases.
- **Gnaisse Candeias:** Constituído de gnaisses esverdeados, granulação média a grosseira, migmatizados com neossomas charnockíticos. Composição granodiorítica a granítica, ricos em hiperstênio.
- **Diques do sistema Timboré:** Idade estimada entre 2.050.000.000 a 2.300.000.000 de anos (Paleo- proterozóico- Rhyaciano). São rochas máficas holocristalinas, inequigranulares, granulação média a grossa que afloram em um sistema de diques com direção NE-SW. A rocha da foto 01 pertence ao sistema Timboré.

Excetuando a porção sul do município onde o relevo é muito acidentado e dobrado por agentes metamórficos, as rochas do embasamento cristalino geram formas de relevo de contornos mais suaves, tais como o morro do Cristo Redentor,

localizado na zona urbana do município de Formiga, do morro da Melancia e tantos outros. Outra exceção a fazer é a respeito da face do morro onde o rio Formiga margeia. Devido a maneira abrupta com que ele se apresenta em termos de inclinação, nos idos de 1.980 alguns blocos de granito tiveram que ser detonados para evitar possíveis desabamentos sobre a linha férrea e sobre as casas ali existentes. Todas estas rochas granóides foram afetadas por diversos processos tectônicos, metamórficos e de pós-mineralização oriunda de soluções diversas de processos ígneos, hidrotermais e metassomáticos, as quais percolaram as fraturas e diáclases das rochas pré-existentes e cristalizaram quartzo, formando extensos corpos de quartzo filonar, dentre outros minerais.

A carência de cascalho de origem fluvial foi, durante muito tempo, suprida pela utilização deste quartzo filonar (PAI, 1972). Entretanto, até o presente ano (2024), jazidas de cascalho continuam sendo uma raridade no município, visto que são escassas e a demanda cada vez maior.



Figura 5- Aspecto geomorfológico da porção sul do município, muito afetado por dobramentos tectônicos: BR 354, após a entrada para a Serrinha, Formiga-MG.



Figura 6- Aspecto da rocha granitóide rósea no corte da estrada BR 354, na entrada da Usina Velha - Formiga –MG



Figura 7 - Cachoeira situada na localidade de Cachoeira do Areião. Notar o paleossoma¹³ escuro anfibolítico e o neossoma¹⁴ granítico félsico- Cachoeira do Areião, Formiga –MG



Figura 8- Uma das quedas da Cachoeira da Cerâmica, cujo substrato é um gabro porfirítico com gradações intensamente diaclasado verticalmente e horizontalmente. Formiga- MG



Figura 9- Gabro porfirítico saussuritizado com diaclasamento subparalelo. Cachoeira da cerâmica, Formiga- MG



Figura 10- Outro ângulo evidenciando o intenso diaclasamento tridimensional. Cachoeira da cerâmica, Formiga- MG

¹³ Rocha ou fase mais antiga.

¹⁴ Rocha ou fase mais recente



Figura 11- Afloramentos de *BIF* e associações. O solo mais avermelhado (abaixo) é originado de rocha anfíbolítica, que acompanha o corpo da *BIF* mais acima. Serrinha, Formiga-MG



Figura 12- Cachoeira da Serrinha-Formada em local de falhas verticais e dobramentos complexos. O afloramento rochoso é de *BIF*, gnaisses, xistos, anfíbolitos. Serrinha, Formiga-MG



Figura 13 – Caldeirões (o maior com 45 cm) escavados na rocha gnáissica por vórtices causados pelas corredeiras e por fragmentos de quartzo. Serrinha, Formiga- MG



Figura 14- Corte feito por lança térmica em rochas gnáissicas do embasamento na Ponte de Ferro para canalização do esgoto no ano de 2007. Pontilhão de Ferro, Formiga- MG

Segundo Chaves & Menezes (2014), a Tafragênese Toniana (1000 – 900 Ma) ocorrida no interior do Cráton São Francisco-Congo foi um processo marcado por rifteamento, sedimentação, vulcanismo bimodal e injeção de diques máficos (Vicat & Pouclet 1995, Correa-Gomes & Oliveira 2000, Tack *et al.* (2001), Chaves & Correia Neves 2005). Os diques básicos de Formiga atravessam o embasamento arqueano, sequencias supracrustais paleo-mesoproterozóicas (Supergrupos Minas e Espinhaço). Os diques básicos de Formiga mostram idade isocrônica Sm-Nd de 984 ± 110 Ma (Chaves & Correia Neves 2005) e idade Ar-Ar de 940 ± 50 Ma (Carneiro & Oliveira 2005).

Os diques Tonianos brasileiros e africanos são diabásios com textura ofítica a intergranular e mineralogia constituída por augita (borda uralitizada), plagioclásio saussuritizado, ilmenita, biotita, apatita e quartzo (Vicat & Pouclet 1995). Se mostram metamorfisados no fácies xisto-verde devido à Orogenia Brasileira/Pan-Africana, ocorrida entre 630 – 490 milhões de anos. Próximo à costa oeste Africana afloram meta-basaltos toleíticos tipo CFB (basaltos de derrames continentais) denominados Gangila, com idade entre 999 e 920 milhões de anos (Tack *et al.* 2001). Estes também foram metamorfisados pela Orogenia Brasileira/Pan-Africana.

Ainda segundo os autores as similaridades nos padrões de terras-raras (ETR) normalizados ao condrito, com um forte enriquecimento geral em ETR, são comparáveis aos dos basaltos de ilhas oceânicas (OIB – *Ocean Island Basalts*). Os diques são classificados como basaltos toleíticos intraplaca e mostram nítida assinatura de basaltos de ilhas oceânicas (OIB) reveladora de fonte extremamente enriquecida em elementos incompatíveis, podendo ser uma pluma mantélica Toniana (Vicat e Pouclet, 1995), ou resultar da fusão parcial da cabeça de uma pluma fóssil mais antiga. As idades TDM (Sm-Nd) dos diques de Formiga são de cerca de 1,6 bilhões de anos (Chaves & Correia Neves 2005).

Todo o embasamento cristalino pré-cambriano de Formiga é rico em rochas ornamentais que já foram muito utilizadas no município como revestimento e pisos de casas, na década de 1980. Rochas metamórficas como os micaxistos e quartzo-micaxistos foram muito usados para acabamento em construções e são facilmente retiradas de suas jazidas porque se dividem com relativa facilidade graças à sua xistosidade e foliação. Sua aceitação é muito grande porque causam um belo efeito e também pelo preço atrativo. Sua impermeabilização com resinas ou vernizes é aconselhável porque é sensível ao ataque físico-químico pela água, o que diminui sua coesão e o leva a se desintegrar lentamente.

Outro fato interessante a ressaltar é que, quando se vê uma das muitas cachoeiras do município, vê-se também uma parte da história geológica do local. Instaladas em locais de falhas verticais e encaixes entre as rochas cristalinas, o uso de cachoeiras para lazer no município já faz parte da tradição local e existem diversos belíssimos locais para esse divertimento que, com certeza, já fez parte da infância de

muitas pessoas. Na maior parte delas a água corre sobre um substrato granítico-gnáissico.

Uma exceção é a cachoeira da cerâmica, cujo substrato é de rocha máfica; o gabro porfirítico e suas gradações conforme se deu a velocidade do resfriamento. Obviamente, as praias de areias brancas só se formam a partir de solos cujo material de origem são rochas ácidas, ou seja, apresentam um elevado teor de sílica e sílica livre na forma de quartzo, cujo intemperismo, pedogênese e posterior erosão diferencial culminarão na formação de sedimentos selecionados na fração areia. Nestas rochas, o teor de sílica do magma que as formou era tão elevado que, depois de formar todos os minerais possíveis, o restante da sílica cristalizou na forma de quartzo e é justamente este quartzo que é o principal constituinte das areias locais. Isto se dá porque o quartzo é bem resistente ao intemperismo físico e químico.

As cachoeiras e outras quedas diversas ocorrem onde existem estas falhas verticais, e os rios percorrem calhas sinclinais e anticlinais. Nelas percebe-se o perfil da rocha perfeitamente polido pelas águas e, na maioria das cachoeiras, nota-se uma mistura de partes claras com partes escuras. Olhando com atenção, percebe-se que uma massa de magma de cor clara (ácido) arrancou partes da rocha encaixante escura (diabásio, gabro, anfibolito, piroxenito) e começou a se misturar com ela, mas não totalmente. Isso se deveu ao fato de que rochas escuras e ricas em piroxênios e anfibólios são mais refratárias e, portanto, apresentam pontos de fusão bem mais elevados do que a temperatura do magma ácido e rico em sílica que as envolveu. Percebem-se então grandes massas de rocha escura já metamorfisada amalgamados pela rocha clara (leucocrática) e intimamente associados a ela. Esta rocha mista recebe o nome de migmatito e ela é típica do Cambriano brasileiro (LEINZ, 1983) e muito comum na região. Nota-se macroscopicamente uma fase ígnea félsica (leucocrática) permeando as rochas e misturando-se a elas em proporções variáveis. A parte mais escura e mais antiga da rocha recebe o nome de paleossoma. A rocha mais nova é o neossoma. Chama-se anatexia o fenômeno de fusão de uma rocha preexistente por um magma qualquer e chamam-se xenólitos os blocos de rocha de composição diferente da rocha que os envolve. Isto tudo é facilmente constatado nos locais citados.

É possível reparar também que a rocha escura é mais resistente à erosão pela água corrente do que a fase mais clara. Isto se dá devido à sua maior resistência mecânica. Em época de chuvas é comum a formação dos sumidouros nos sopés das cachoeiras devido ao revolvimento da areia e deposição de argila em suspensão. Infelizmente tal evento já ceifou muitas vidas, pois a água, encontrando uma passagem entre encaixes nas rochas submersas, age com tal força que um indivíduo não consegue se livrar e acaba sendo sugado.

Já foram detectados imensos blocos de rochas granitóides claras destacando em seu interior um xenólito (enclaves ou encraves) de rocha bem escura, destoante do conjunto. Outro fato a se considerar é o de que a zona de contato entre a fase escura e a fase clara é constituída de minerais micáceos, mormente biotita, formando uma nítida camada sobre os piroxênios/anfibólios do paleossoma. Isso se dá devido a reação dos minerais preexistentes pelo efeito da alta temperatura da massa ígnea. Isso faz com que a boa clivagem da biotita permita que se parta essas rochas bem nestas áreas limítrofes, onde sua coesão é muito menor.

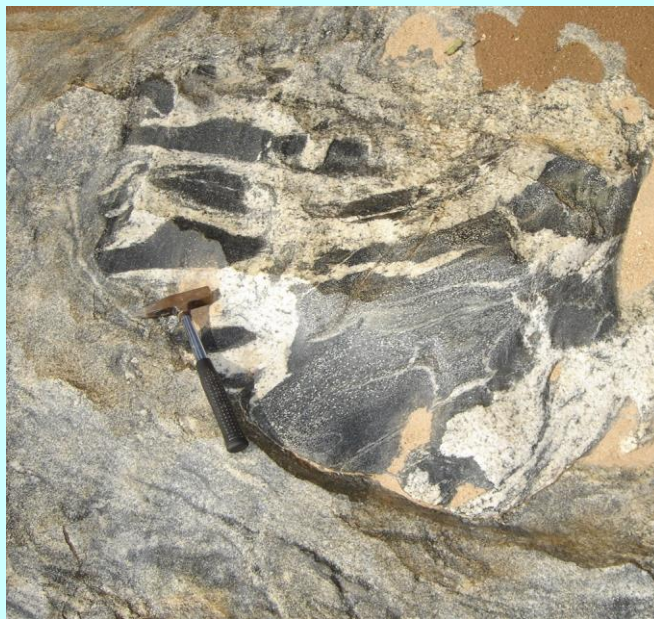


Figura 15- Xenólito anfibolítico parcialmente digerido pelo magma félsico. Cachoeira do Areião, Formiga- MG

Devido à boa clivagem dos abundantes feldspatos presentes na rocha, os granitóides da região se partem bem em certos planos físseis. O termo fissibilidade é mais empregado para rochas sedimentares e metamórficas, exprime a facilidade que

a rocha tem de se partir em certos planos. Granitos da região são muito trabalhados para se fazer paralelepípedos e meios-fios. Ao contrário do que possa parecer, aquele material do calçamento de ruas não é serrado; é partido com marretinhas e se divide em três planos quase ortogonais muito bons. Só para ilustrar, a conhecida ardósia (rocha metamórfica regional de baixo grau) tem geralmente um ótimo plano de fissibilidade, ou seja, ela se divide em placas perfeitas. Esse fenômeno é chamado de clivagem ardosiana.

As rochas granitoides- migmatíticas da região são afloramentos de enormes corpos intrusivos formados em grandes profundidades e que hoje afloram devido à processos isostáticos de soerguimento, onde a remoção das rochas sobrejacentes por processos de erosão e dobramento crustal acabaram por expor a rocha que, em contato com os agentes intempéricos, acaba por ser atacada por eles e meteorizando¹⁵. São facilmente notadas as juntas de alívio nos maciços graníticos, provocadas pela expansão produzida pelo alívio de carga e soerguimento isostático.



Figura 16- Frente de lavra abandonada no Morro da Melancia. São migmatitos entrecortados por diques granitoides.

¹⁵ Alteração físico-química devido ao intemperismo



Figura 17- Mar de morros e, ao fundo, relevo desenvolvido em ambiente sedimentar

A pesquisa de campo revela que existem muitos lugares de interesse científico e que devem ser mais bem estudados e explorados. Tomando como parâmetros o exemplo do levantamento feito pela GEOMINAS durante o Plano de Ação Imediata na década de setenta, posteriormente pelo projeto RADAMBRASIL, a pesquisa de ocorrências e micro-ocorrências minerais deve ser estimulada. Este autor sempre deu muita importância às micro-ocorrências porque podem ser muito interessantes e de materiais raros. Estas micro-ocorrências dificilmente são incluídas nos levantamentos e isso se torna um interessante campo de pesquisa. Como exemplo, pode ser citada a ocorrência de geminados de marcassita em uma área até então restrita na região da Luanda. Rochas de alto valor ornamental têm sido amplamente pesquisados por este autor para sua possível utilização em objetos de arte industrial e como uma fonte alternativa de renda para os artesãos da região.

3.2 Rochas (litotipos) do embasamento cristalino do município de Formiga:

Para conhecimento geral serão citadas algumas variedades de rochas e serão tecidos alguns comentários sobre elas. Muitas são conhecidas do grande público; outras nem tanto. Algumas delas estão representadas nas fotos que ilustram o presente artigo. Cabe ressaltar que a descrição das rochas neste trabalho está limitada tão somente às famílias a que pertencem, não escrutinando os rigores da classificação química e mineralógica das mesmas por não ser este o objetivo desta publicação. A complexidade dos eventos ligados à gênese dos litotipos regionais é responsável pela variabilidade existente.

3.2.1 Rochas ígneas

Rochas ígneas são originadas diretamente pelo resfriamento e cristalização do magma. O magma pode ser entendido como uma solução rica em sílica, cátions, água e gases à elevadas temperaturas, na ordem de centenas de graus. Isso pode se dar à grandes profundidades ou em derrames de lavas.

a) Granitos: Genericamente se chama de granito uma grande família de rochas com composição mineralógica parecida e que são abundantes em toda a região. Numa classificação rigorosa, a proporção de feldspato potássico excede em muito a de plagioclásio e o teor de quartzo deve ser maior que 20%. Na saída de Formiga para Campo Belo, transita-se entre as cristas apalacheanas da porção sul do município. São grandes afloramentos de rochas graníticas e gnáissicas formando um relevo acidentado e nos cortes da estrada é possível constatar sua cor rosada. Fato digno de nota é que todos estão mais ou menos afetados pelo metamorfismo em vários graus. Os granitos são rochas ácidas que perfazem mais de 60% de sílica total, ou seja, a soma de toda a sílica na forma de radical nos minerais constituintes da rocha e a sílica residual que se cristaliza na forma de quartzo. Isto é possível porque o magma que originou tais rochas era muito viscoso e rico em sílica. No seu resfriamento, esta sílica

formou todos os silicatos possíveis e, o que restou, ocupou os espaços restantes na forma de quartzo. Se for possível detectar quartzo em uma rocha ígnea qualquer, é porque ela é ácida. Lembrando que acidez em rochas nada tem a ver com pH (potencial hidrogeniônico), e sim com seu teor de sílica.



Figura 18- Rocha granítica leucocrática destacando cristais subeuédricos de magnetita. Estes se concentram na fase leucocrática. Cachoeira do Areão, Formiga- MG

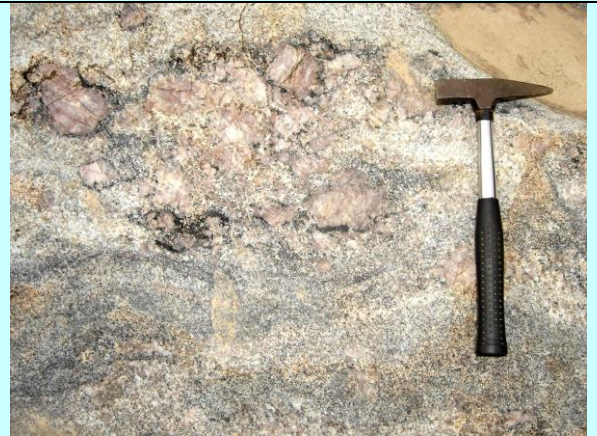


Figura 19- Veio de pegmatito com feldspato (róseo) bem destacado em rocha Granítica-migmatítica- Cachoeira do Pontilhão de Ferro, Formiga- MG



Figura 20 – Paredão de rocha migmatítica- granítica exibindo juntas de alívio sub-horizontais (setas) devido ao soerguimento isostático. Pedreira da FCA, Pontilhão de Ferro, Formiga- MG



Figura 21- Granito "Itapecerica" róseo parcialmente metamorfoisado- BR 354, Usina Velha, Formiga- MG

b) Pegmatitos – Formam diques preenchendo fraturas e diáclases dos granitos. São riquíssimos em feldspatos e quartzo exibindo grandes cristais de feldspato róseo. São formações comuns no domínio cristalino da região. Muitas vezes estão associados a eles grandes cristais de magnetita. São rochas formadas a partir de soluções residuais do magma, quando este forma rochas intrusivas. Este magma residual é muito mais fluido, reativo e possui um poder muito maior de percolação e ascensão. Por suas vez, os minerais possuem melhores condições químicas e termodinâmicas para cristalizarem, formando em muitos casos gigantescos cristais. No município de Lagoa da Prata, próximo à divisa com o município de Santo Antonio do Monte, pode ser encontrado o pegmatito gráfico, o qual apresenta um mosaico de quartzo e feldspato intercrescidos que lembra caracteres cuneiformes (escrita em runas).



Figura 22- Pegmatito constituído de feldspato e quartzo. Cachoeira do Areião, Formiga- MG.

c) Anatexito – Nome dado à rocha originada da refusão do protólito. Considera-se aí o máximo da refusão de rochas pré-existentes onde dificilmente se reconhece algum vestígio da rocha mais antiga (paleossoma). O que acontece é que existem vários graus de anatexia, de acordo com pressão, tempo e temperatura, e estas rochas recebem denominações de metatexitos.

d) Gabro – De granulação grosseira, fanerítica, mas com a mesma composição mineralógica do diabásio. Ele é o equivalente de lento resfriamento do magma, o que permitiu que sua granulometria fosse mais desenvolvida. Localmente apresenta grandes fenocristais de plagioclásio cálcico com um tom esverdeado devido à saussuritização e também uralitização da augita. Essa rocha é magnética devido à concentração elevada de óxidos metálicos magnéticos. Ainda não foram localizados muitos afloramentos da rocha, mas a Cachoeira da Cerâmica é parte de um grande corpo rochoso de gabro em um extenso dique com diferenciação granulométrica nas bordas. Ocorrem afloramentos no Morro do Peão, na Mina Santa, dentre outros. Este

dique atravessa uma grande extensão de terras. Há ocorrências desta rocha desde a Lagoa do Fundão até Camacho-MG.



Figura 23- Gabro porfirítico. Mina Santa, zona urbana, Formiga-MG



Figura 24- Gabro porfirítico polido evidenciando belos fenocristais- Mina Santa, Formiga – MG



Figura 25- Fenocristais de plagioclásio cálcico saussuritizado em gabro porfirítico- Cachoeira da Cerâmica, Br 354, Formiga- MG



Figura 26- Afloramento de gabro porfirítico do mesmo dique evidenciando blocos partidos. Condomínio Formiga- MG



Figura 27- Aspecto de bloco de gabro porfirítico partido devido provavelmente devido à dilatação/ contração térmicas. Condomínio Formiga- MG

f) Diabásio— De aspecto ornamental bem mais modesto, mas ainda apresentando alguns fenocristais esparsos, sem muitos atrativos. Ocorre no mesmo dique de gabro porfirítico, por exemplo, na área da ASADEF, onde grandes blocos arredondados apresentando esfoliação esferoidal podem ser observados. A própria presença de maior ou menor quantidade de fenocristais de plagioclásio está condicionada à eventos diferentes de formação e velocidade de resfriamento. Magmas que se deslocam para a superfície resfriam mais rapidamente, mas os cristais maiores que se formaram a maiores profundidades permanecem e precipitam na massa fluida e se localizam mais no fundo. As diferenças entre estas rochas podem se explicar por diferenças no resfriamento da borda para o centro do corpo ígneo.



Figura 28 -Diabásio porfirítico (poucos fenocristais brancos de plagioclásio) com textura em transição para rocha basáltica (afanítica). ASADEF, Formiga- MG

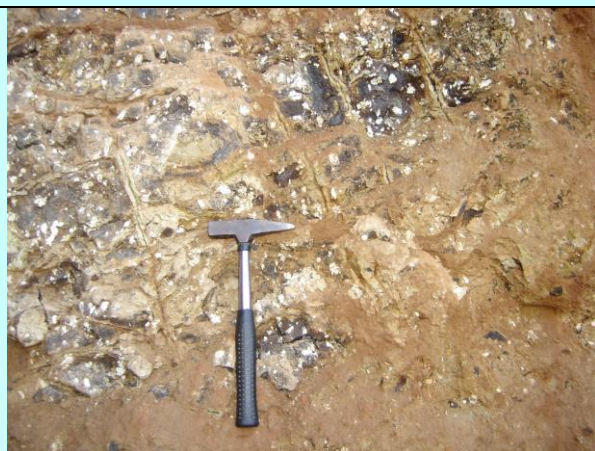


Figura 29- Diabásio porfirítico bastante intemperizado exibindo ainda vestígios de seus fenocristais de plagioclásio. ASADEF, Formiga- MG



Figura 30- Blocos de diabásio porfirítico apresentando esfoliação esferoidal (aspecto acebolado).

ASADEF, Formiga- MG

g) Gabro saussuritizado- Pertencente ao sistema de diques Timboré, esta rocha não exibe fenocristais tão evidentes quanto ao do dique que corta a zona urbana, mas está igualmente metamorvisado no fácies xisto verde. A considerar sua textura relativamente grosseira e composição, o termo certo seria Diorito-gabro, como o preconizado no levantamento do CPRM. A classificação diorito- gabro exemplifica o fato da composição química da rocha ser intermediária. Há afloramentos desta rocha

na entrada para a Serrinha, próximo à BR 354, na curva da Usina Velha, onde o corte na estrada evidencia sua presença, próximo ao condomínio Cancunhas, em Cunhas, na chegada de Albertos, onde é possível vislumbrar a coloração vermelha dos solos originados por ela e diversos matacões próximos à estrada, entre outros locais. Em 2008 amostras desta rocha foram enviadas para polimento em uma lapidação no município de Bom Despacho, resultando em ótimas peças.



Figura 31 Blocos de gabro saussuritizado situados às margens da BR-354, logo depois da ponte da Usina velha, Formiga- MG



Figura 32- Gabro saussuritizado. Usina Velha, Formiga- MG



Figura 33 Bloco de gabro saussuritizado fraturado às margens da BR-354. A amplitude térmica é a principal causa do fenômeno, aliada aos planos de fratura e diaclasamento da rocha. Ponte da Usina velha, Formiga- MG



Figura 34- Cachoeira sobre gabro saussuritizado. O intenso processo erosivo e rebaixamento do talvegue expôs o diaclasamento do corpo gabróide. Lagoa Grande, margens da BR-354, Formiga- MG

g) Basalto –Os únicos locais até o momento onde foram coletadas amostras desta rocha pelo autor foram na área da ASADEF e na Cachoeira da Cerâmica. Localmente este basalto se apresenta em grandes blocos arredondados (acebolados) com poucos

fenocristais de plagioclásio cálcico. A proximidade da borda da intrusão com a rocha encaixante promoveu um resfriamento mais rápido, sendo que a rocha apresenta uma granulometria mais fina, logo, no mesmo corpo ígneo podem ser encontradas diferentes gradações granulométricas. Macroscopicamente sua cor tende do cinza escuro para negro e sua granulometria ($\emptyset$) está abaixo de 0,2mm. Esta classificação teve como base apenas a sua granulometria, praticamente invisível a olho nu e sua associação com os corpos reconhecidamente de diabásio da região.

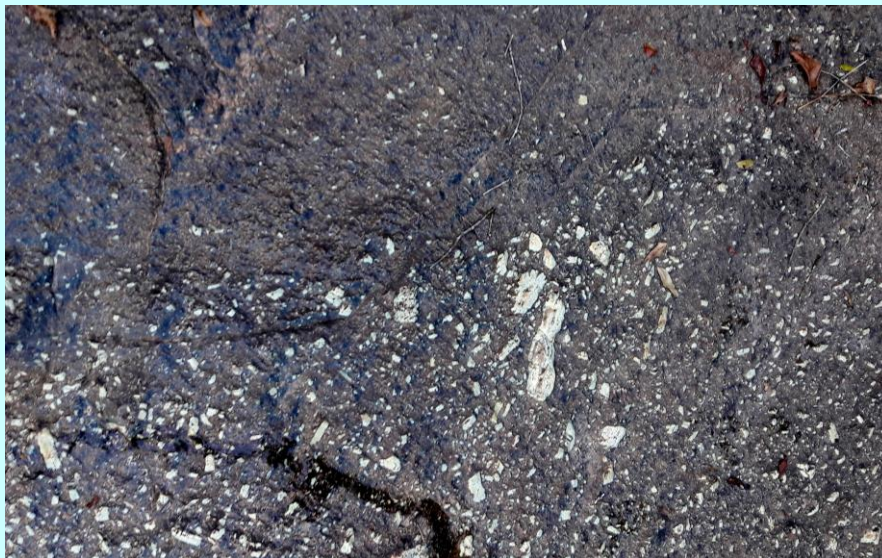


Figura 35- Interface de magmas rico em fenocristais, formado pelo lento resfriamento e magma pobre em fenocristais devido à perda de calor por condução pela rocha encaixante. Cachoeira da Cerâmica, Formiga- MG

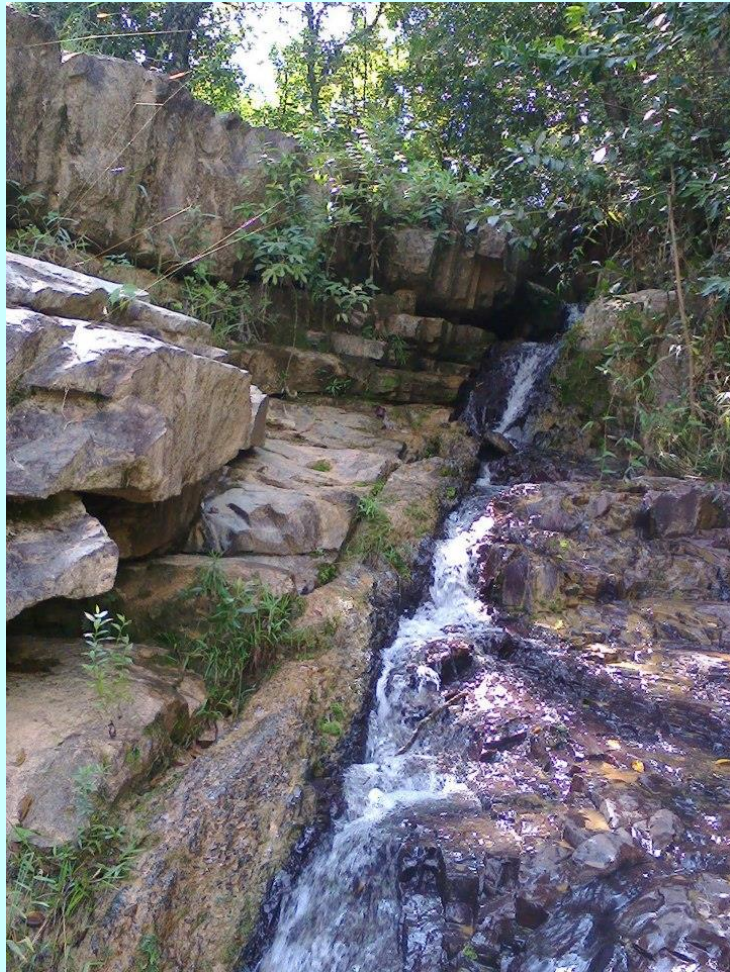


Figura 36- Contato entre a intrusão gabróide e a rocha encaixante. O curso d'água delimita a interface, onde o gabro grada a basalto, devido ao aumento da perda de calor por condução



Figura 37- Basalto exibindo fenocristais de plagioclásio cálcico. ASADEF, Formiga- MG

h) Ultramafito Maringá- A terminologia utilizada para este corpo rochoso é provisória e leva em conta sua localização no município, ausência de feldspatos, quartzo e abundância de minerais máficos nesta rocha, podendo ser correlacionada com a *Suíte* Ribeirão dos Motas ou mesmo a um corpo ultrapotássico, a confirmar. Embora ainda não tenha sido analisada por microscopia e outros métodos laboratoriais, logo, sem maiores informações técnicas, já foi registrado em campo que esta rocha tem ocorrência limitada no município. Sua densidade foi determinada em laboratório de química no UNIFOR-MG pelo método da balança hidrostática, com um valor médio de $3,15\text{g/cm}^3$. Um afloramento ocorre no bairro Maringá, dentro de uma propriedade rural. Grandes blocos desta rocha estão concentrados em uma pequena área. Pode se tratar de fragmento mantélico, quiçá ofiólito ou mélange agregada durante colisão continental e movimentação de placas, a exemplo do greenstone belt de Piumhi -MG. Possui coloração anegrada, com diversos pontos brilhantes que se destacam sob a luz. Está parcialmente alterada e bem fraturada. Nas zonas de alteração se desenvolve um mineral verde que possivelmente é clorita e associações.



Figura 38- Afloramento de ultramafito. Maringá, Formiga- MG



Figura 39- Flogopita no ultramafito. Maringá, Formiga- MG



Figura 40- Ultramafito com erosão diferencial. Maringá, Formiga- MG



Figura 41- padrão erosivo recente desenvolvido sobre neossolo litólico. Maringá, Formiga- MG



Figura 42- Ultramafito exibindo crosta de alteração encontrado no bairro Maringá, Formiga- MG.

i) Ultramafito Serrinha- Esta rocha é encontrada na região da Serrinha, associada às *BIF*, xistos, gnaisses. A terminologia utilizada segue os moldes do exemplo anterior. A ausência de feldspatos associada à presença de minerais verdes como anfibólio, serpentina e clorita a caracteriza desta maneira. Apresenta crosta de intemperismo de cor bem avermelhada e os solos oriundos desta rocha são extremamente argilosos e vermelhos. Pode se tratar de fragmento mantélico, quiçá ofiólito ou mélangé agregada durante colisão continental e movimentação de placas tectônicas. Estruturalmente e texturalmente a rocha se apresenta distintamente foliada e fanerítica, o que evidencia acamadamento ou metamorfismo. Dadas suas características, parece pertencer à *Suíte* Ribeirão dos Motas.



Figura 43- Ultramafito apresentando coloração verde anegrada, acamadado e foliação desenvolvida por metamorfismo. Possivelmente Suíte Ribeirão dos Motas. Serrinha, Formiga- MG



Figura 44- Afloramento de rocha ultramáfica intemperizada cortando estrada vicinal. Serrinha, Formiga- MG. Possível litotipo da Suíte Ribeirão dos Motas



Figura 45- Aspecto foliado/ acamadado do ultramafito. Serrinha, Formiga- MG

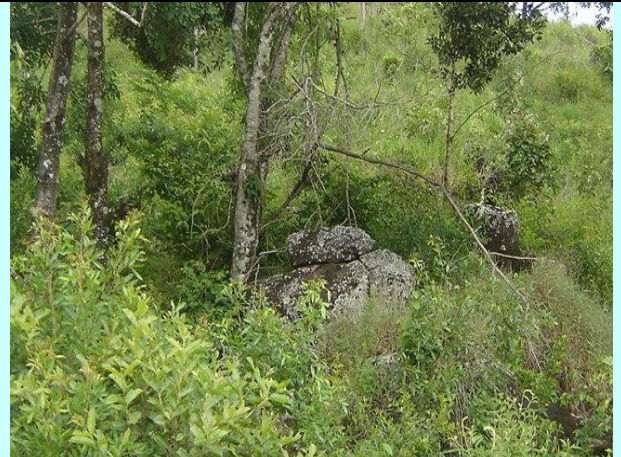
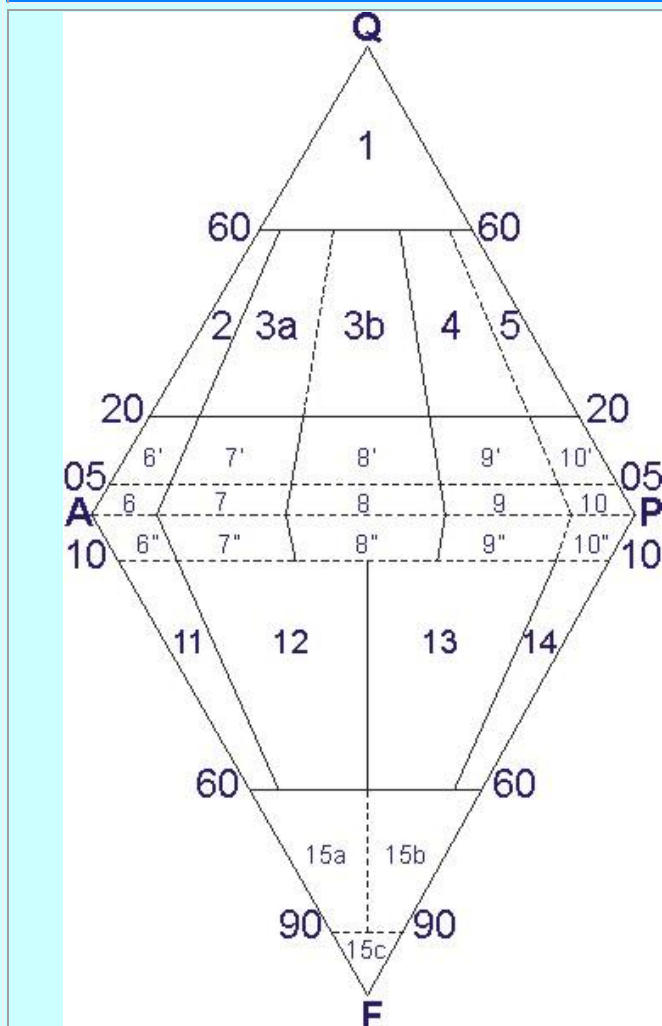


Figura 46- Afloramento de gnaissóide máfico. Serrinha, Formiga- MG

Abaixo estão os diagramas para classificação dos diversos grupos de rochas segundo a *International Union Of Geological Sciences (IUGS)* disponibilizados pelo site da Universidade Estadual Paulista (UNESP).

Para concentração de minerais máficos menor que 90% (M<90)

ROCHAS PLUTÔNICAS



- 1- Quartzolito
- 2- Álcali-feldspato Granito
- 3a- Sienogranito
- 3b- Monzogranito
- 4- Granodiorito
- 5- Tonalito
- 6'- Álcali-feldspato quartzo sienito
- 7'- Quartzo sienito
- 8'- Quartzo monzonito
- 9'- Quartzo monzodiorito / Quartzo monzogabro
- 10'- Quartzo diorito / Quartzo gabro / Quartzo anortosito
- 6- Álcali-feldspato granito
- 7- Sienito
- 8- Monzonito
- 9- Monzodiorito / Monzogabro
- 10- Diorito / Gabro / Anortosito
- 6"- Álcali-feldspato sienito com quartzo
- 7"- Sienito com fóide
- 8"- Monzonito com fóide
- 9"- Monzodiorito / Monzogabro com fóide
- 10"- Diorito / Gabro com fóide
- 11- Fóide sienito
- 12- Fóide monzosienito (sin.: fóide plagi-sienito)
- 13- Fóide monzodiorito / Fóide monzogabro (ambos sin.: essexito)
- 14- Fóide diorito / Fóide gabro (sinônimo-thermalito)
- 15- Foidolitos
- 16- Rochas ultramáficas (ultramafilitos)

Q – Quartzo

A - Feldspatos alcalinos (ortoclásio, microclínio, pertita, anortoclásio, albita)

P - Plagioclásio e escapolita

F - Feldspatóides ou foids (leucita, nefelina, sodalita, analcima, etc.)

M - Minerais máficos (micas, anfibólios, piroxênios, olivinas, opacos, epidoto, granada, etc.)

Figura 47- Diagrama IUGS para rochas ígneas. Fonte UNESP. Disponível em <http://www.rc.unesp.br/museudpm/rochas/index.html>

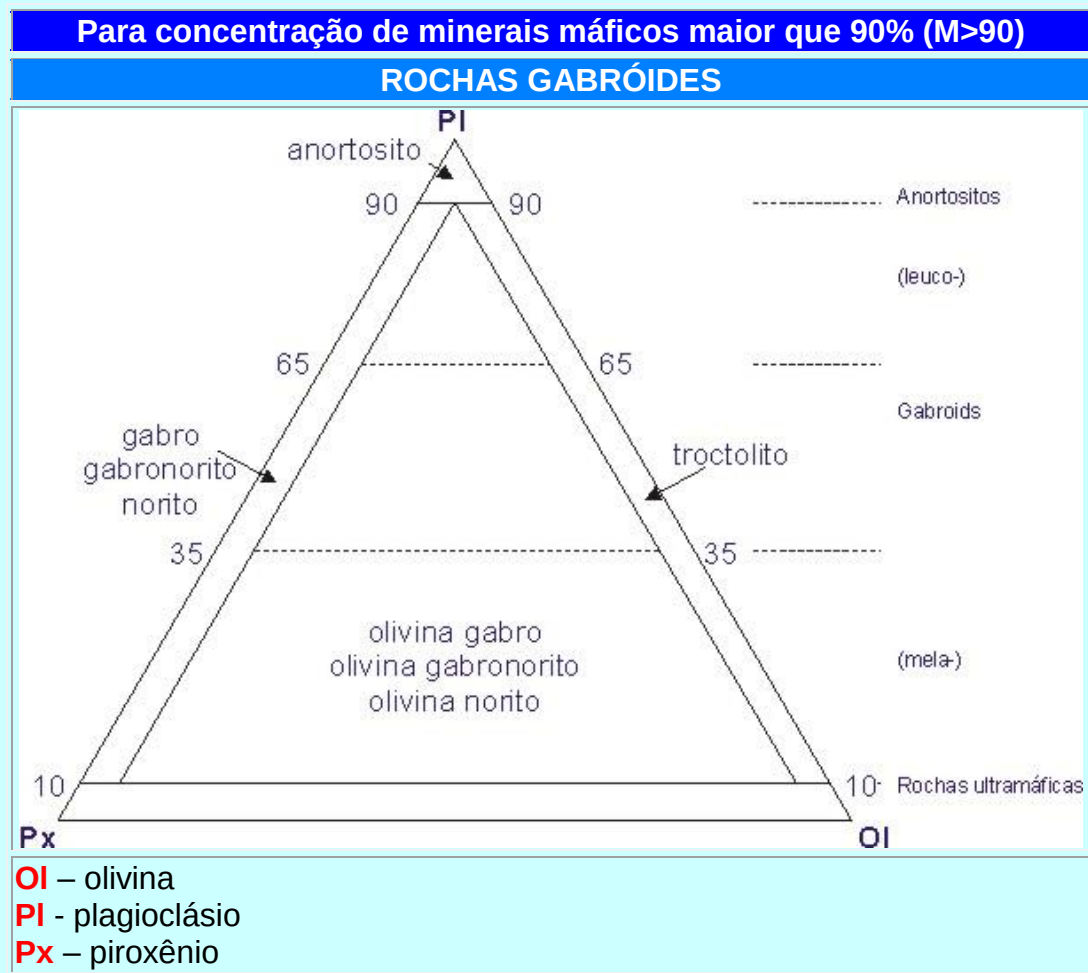


Figura 48- Diagrama IUGS para rochas básicas. Fonte UNESP. Disponível em <http://www.rc.unesp.br/museudpm/rochas/index.html>

Para concentração de minerais máficos maior que 90% (M>90)

ROCHAS PLUTÔNICAS ULTRAMÁFICAS

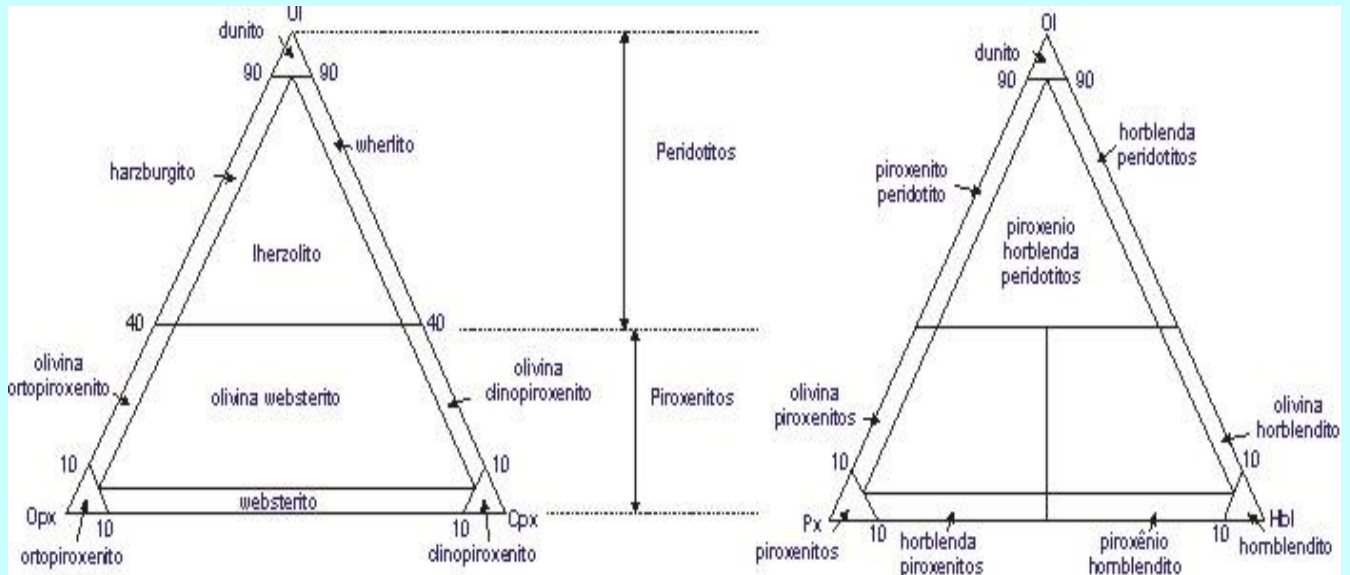


Figura 49- Diagrama IUGS para rochas ultramáficas. Fonte UNESP. Disponível em <http://www.rc.unesp.br/museudpm/rochas/index.html>

3.2.2 Rochas Metamórficas

a) Migmatito – Como já citado, esta rocha é muito abundante em toda a área onde afloram rochas do embasamento cristalino e, segundo LEINZ (1983), comum no cambriano brasileiro. Estruturalmente esta rocha apresenta mosaicos muito interessantes, dada a mistura de fases de mineralogias diferentes, bem como a orientação preferencial de seus constituintes. Neles destacam-se cristais de magnetita e muitas fraturas preenchidas por quartzo filonar, feldspato e pegmatitos.



Figura 50- Migmatito – Rocha metamórfica contendo uma fase neossômica ígnea granitóide (cor branca) leucocrática e exibindo diaclasamento. Cachoeira do Areião - Formiga- MG



Figura 51- Migmatito. Cachoeira do Areião, Formiga- MG

b) Banded iron formation (BIF)– Segundo Motoki (2003), rocha formada pela oxidação dos íons de ferro presentes nos mares pré-cambrianos (1,8 a 3 bilhões de

anos) e posterior precipitação, alternada com leitos de quartzo e outros minerais. A teoria mais corrente é que organismos primitivos, como as cyanobactérias começaram a realizar a fotossíntese porque, com a diferenciação do núcleo terrestre e aparecimento do cinturão de Van Hallen, as radiações letais oriundas do espaço puderam ser desviadas e, com isso, as formas de vida quimiossintetizantes puderam migrar para as partes mais rasas e se especializarem em fotossíntese. Há rochas como estas que preservam estruturas microscópicas destas cyanobactérias.

As maiores jazidas de minério de ferro do Brasil e do mundo foram originadas pela concentração química por laterização do ferro presente nas formações ferríferas bandadas. O quadrilátero ferrífero no estado de Minas Gerais é um exemplo de grande concentração de hematita (Fe_2O_3) a partir destas formações. O famoso itabirito é uma formação ferrífera bandada que sofreu metamorfismo e recristalizou. A rocha que existe na região da Serrinha está metamorfsada e exhibe dobramentos bem expressivos, tendo o processo metamórfico originado minerais silicáticos em suas bandas.



Figura 52- Dobramento tipo bainha em corpo de BIF. Serrinha, Formiga- MG



Figura 53- Foliação, dobramento e fraturamento tridimensional em BIF. Serrinha, Formiga- MG



Figura 54- BIF alterada e dobrada. As bandas claras são principalmente de quartzo e silicatos. As bandas escuras são constituídas de óxi- hidróxidos de ferro como magnetita e hematita. Serrinha, Formiga –MG



Figura 55- BIF praticamente inalterada exibindo níveis de óxidos de ferro e silicatos praticamente sem dobramentos. O espécime foi cortado e polido. Serrinha, Formiga -MG



Figura 56- BIF exibindo porfiroblastos de granada (vermelha) e magnetita/ martita (cinza) em uma massa rica em quartzo e anfibólio. Serrinha, Formiga- MG

Figura 57- Magnetita- xisto- rocha associada às BIF da Serrinha e de consistência bem friável onde foi coletada. Serrinha, Formiga- MG

c) Anfibolito e piroxenito- O paleossoma dos migmatitos da região é de natureza anfibolítica ou piroxenítica, já metamorfoisado de rochas básicas e ultrabásicas. O termo piroxenito é utilizado rigorosamente para rochas ígneas. Os anfibolitos são rochas metamórficas constituídas principalmente de hornblenda $[Ca_2Na(Mg,Fe)_4(Al,Fe,Ti)AlSi_8O_{22}(O,OH)_2]$, que é um anfibólio escuro e que ocorre caracteristicamente em cristais prismáticos a aciculares e quantidades subordinadas de quartzo e algum feldspato. Anfibolitos formam encraves ou xenólitos¹⁶ em neossomas leucocráticos¹⁷ como o da foto abaixo e podem apresentar diversos graus de assimilação pelo magma félsico. Já os piroxenitos constituem-se basicamente de piroxênios, mormente a augita e quantidades variáveis de olivina e outros minerais. Piroxênios e anfibólios são minerais muito semelhantes quimicamente e morfologicamente.



Figura 58- Bloco de anfibolito em rocha granítica- Cachoeira do Areão, Formiga –MG



Figura 59- Bloco com cerca de 2m de anfibolito que ocorre associado ao corpo de BIF na Serrinha, Formiga- MG

d) Sericita-xisto, clorita-xisto e quartzitos micáceos– Também incluídos no grupo dos micaxistos ou genericamente falando- xistos. É uma rocha metamórfica de

¹⁶ Fragmento de rocha arrancado da rocha encaixante e englobado pelo magma. O fato de xenólitos de rochas melanocráticas serem constituídos de minerais refratários, sua temperatura de fusão normalmente é superior a do magma, daí serem preservados.

¹⁷ Predominante constituídos de minerais claros

mesozona e apresenta um aspecto sedoso e um brilho parecido com o metálico, de acordo com sua pureza. Também pertencente ao grupo Canastra (PAI, 1972). Próximo ao hotel Marina, em Pontevila, existem destas rochas.

e) Micaxisto muscovítico, biotítico c/ minerais acessórios – Esta rocha é muito característica devido a sua xistosidade evidente. As micas alinham-se perpendicularmente à força que induziu o processo metamórfico e se alterna com o quartzo e minerais subordinados. Exibe com freqüência dobramentos devido ao metamorfismo. Na localidade da Luanda há uma jazida desta rocha e a mesma é explorada para finalidades ornamentais. Apresenta um brilho intenso causado pelas palhetas de mica orientadas. Parte-se facilmente e é fácil de trabalhar, mas devido à sua fragilidade é usada apenas para revestimentos de exteriores. É encontrada também na região da Serrinha.



Figura 60- Micaxisto biotítico parcialmente alterado. Luanda, Formiga- MG



Figura 61- Muscovita xisto- Luanda, Formiga- MG



Figura 62- Micaxisto tipo vermiculita- xisto. Morro da Melancia, Formiga- MG



Figura 63- Granada- Biotita -xisto. Cachoeira da Serrinha, Formiga- MG

f) Metacalcários calcíticos, dolomíticos, etc.- Rochas encontradas tipicamente em região de karst, o prefixo “**meta**” indica que foram metamorfisadas em baixo grau. Muitos deles exibem veios abundantes de calcita branca e acinzentada preenchendo fraturas, bem como recristalização de sua calcita estrutural.

g) Xistos diversos- Por esta terminologia entende-se qualquer rocha que apresente xistosidade, inclusive os micaxistos já citados.

h) Epidosito— Rocha constituída de epídoto, clorita, anfibólios, derivada de metamorfismo/hidrotermalismo brasileiro sobre rochas máficas/ ultramáficas. Sua crosta de intemperização é extremamente porosa e suave, onde se pode introduzir os dedos com facilidade.

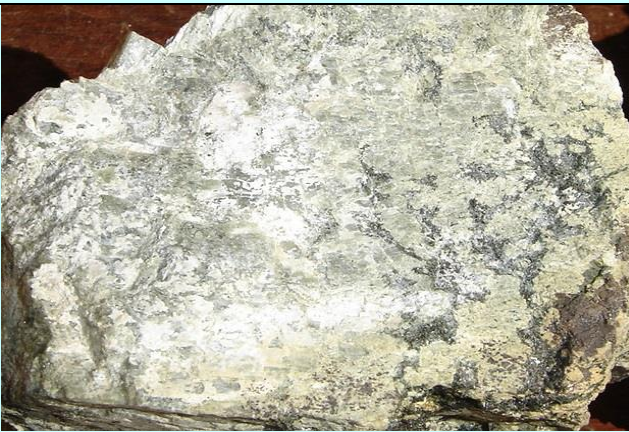


Figura 64- Epidosito coletado em entulho no ano de 1984, no antigo Areião, Formiga- MG



Figura 65- Epidosito com cristais de epídoto. Morro das Pedras, Formiga- MG

i) Granulito- Rocha de alto grau metamórfico existente na localidade Serrinha e que exibe abundantes porfiroblastos de granada vermelha, nos espécimes não alterados. Ocorre associada às *BIF's* e outros metamorfitos. A erosão diferencial sobre a rocha ressalta estes porfiroblastos, os quais estão em estágio mais ou menos avançado de intemperismo, mas mantendo sua forma original (pseudomorfose). Há amostras com porfiroblastos de 2cm.



Figura 66- Rocha gnaissóide apresentando crosta de intemperização. Notar os abundantes porfiroblastos de granada e goethita/hematita pseudomórficas segundo a granada na crosta intemperizada. Serrinha, Formiga- MG



Figura 67- Gnaiss magnetítico granatífero exibindo abundantes porfiroblastos de granada vermelha. Alguns porfiroblastos chegam a medir cerca de dois centímetros em certos casos. Externamente estão pseudomorfizados. Serrinha, Formiga- MG

j) Gnaiss- Muitos são explorados e vendidos como material ornamental. Apresentam foliação mais ou menos desenvolvida de acordo com sua composição mineralógica e são muito comuns regionalmente. Cabe citar que existem basicamente dois tipos de gnaiss – os ortognaisses, oriundos do metamorfismo de rochas graníticas e os paragneisses, oriundos do metamorfismo de rochas sedimentares e ou metamórficas tais como filitos e micaxistos. Sua aparência característica evidencia o realinhamento de seus minerais conforme a direção da pressão. Os minerais tabulares e placóides formam níveis que se intercalam com minerais como o quartzo e o feldspato, os quais não adquirem orientação preferencial (granoblásticos). Quando a rocha metamórfica não possui minerais placóides, micáceos ou aciculares, ela adquire uma estrutura granoblástica, sem nenhum tipo de orientação preferencial. O gnaiss existente próximo às quedas do rio Pouso Alegre apresenta evidente foliação e dobramentos expressivos, onde aflora em ângulos próximos à 90° conforme o local. A erosão diferencial destaca ainda mais esta estrutura. Encontram-se também intensamente cortados por estreitos diques de quartzo filonar.



Figura 68- Gnaiss exibindo um grande porfiroblasto de feldspato branco. Cachoeira do Areão, Formiga- MG



Figura 69- Gnaiss polido pela ação das águas da cachoeira da Serrinha. Formiga- MG

k) Sillimanita xisto- Litotipo recém coletado pelo professor Emmerson Silva ,a localidade rural de Morro das Pedras, ocorre associado às bauxitas concrecionárias do local, podendo ser a rocha matriz destas concreções. A sillimanita é um silicato de alumínio e a rocha por ela formada é extremamente compacta, tendo sido utilizada na manufatura de artefatos líticos.



Figura 70- Sillimanita xisto. Morro das Pedras, Formiga- MG

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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*, v.90, p.29-58, 1998.

BRANCO, P.M. **Dicionário de mineralogia.** 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 1982. 264p.

Chaves, A.O. & Correia Neves, J.M. 2005. **Radiometric ages, aeromagnetic expression, and general geology of mafic dykes from southeastern Brazil and implications for African-South American correlations.** *Journal of South American Earth Sciences*, 19(3):387-397

Correa-Gomes, L.C. & Oliveira, E.P. 2000. Radiating 1.0 Ga mafic dyke swarms of Eastern Brazil and Western Africa: evidence of post-assembly extension in Rodinia Supercontinent? *Gondwana Research*, 3(3):325-332.

COMIG, Companhia Mineradora do Estado de Minas Gerais. **Mapa Geológico do estado de Minas Gerais.** Edição especial, 2003, BRASIL.

COSTA, M. L. **Aspectos Geológicos dos lateritos da Amazônia.** Revista Brasileira de Geociências vol. 21, p.146-160, 1991.

CPRM. CARTA GEOLÓGICA FOLHA SF.23-V-B-VI - CAMPO BELO ESCALA 1:100.000, 2007. Disponível em http://geobank.sa.cprm.gov.br/pls/publico/geobank.download.downloadlayouts?p_webmap=N

DANA, J.D. **Manual de mineralogia.** Rio de Janeiro: Livros técnicos e Científicos, 1978. 42p.

DEER, W.A. **Minerais constituintes das rochas.** 1. ed. Lisboa Fundação Calouste Gulbenkian, 1981. 558 p.

FONSECA, Anísio Cláudio Rios. **Morfologia de rochas lateríticas de Morro das Balas, município de Formiga-MG.** 2005. 30p. (Monografia- Curso de especialização em solos e meio-ambiente). Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais.

FONSECA, Anísio Cláudio Rios. **Tópicos sobre a ocorrência de um metadiabásio (porfiróide) no município de Formiga, estado de Minas Gerais.** 2004. Revista Conexão Ciência.

LEINZ Victor & AMARAL, Sérgio E. **Geologia geral**. 11. ed. São Paulo: Nacional, 1989. 397 p.

LEINZ, Victor & CAMPOS, J.E. **Guia para determinação de minerais**. São Paulo: Nacional, 1976.

MACHADO, F.B. et al. **Atlas de rochas**. [on line]. ISBN: 85-89082-12-1. Disponível em <http://www.rc.unesp.br/museudpm/rochas/index.html>. Acesso em 20 dezembro 2017

MACHADO F. L. et al. **Projeto RADAMBRASIL**. Folha SF 23/24. Rio de Janeiro/Vitória, 1983. vol. 32, p. 27- 324

MISI, A.; IYER, S.; TASSINARI, C. **Dados isotópicos de chumbo em sulfetos e a evolução metalogenética dos depósitos de zinco e chumbo das coberturas neoproterozóicas do cráton do São Francisco**. Revista Brasileira de Geociências, 2004. vol. 34 p. 263-274.

GEOMINAS, Engenharia e consultoria Ltda.; MINISTÉRIO DO INTERIOR; PREFEITURA MUNICIPAL DE FORMIGA. **Plano de Ação Imediata**. Belo Horizonte, 1972. 2 vol.

Vicat, J-P. & Pouclet, A. 1995. **Nature du magmatisme lie a une extension pre-Panafricaine: les dolerites des bassins de Comba et de Sembe-Ouessou (Congo)**. *Bulletin de la Societe Geologique de France*, 166(4):355-364

WINGE, Manfredo. **Glossário Geológico Ilustrado**. Brasília, 2001. Disponível em: <http://www.unb.br/ig/glossario/>. Acesso em 12 dezembro 2012.

O domínio sedimentar: A Bacia Sedimentar do Supergrupo São Francisco e seus litotipos:

A feição petrográfica das rochas da bacia sedimentar conhecida como Grupo Bambuí da região do município é muito importante devido à suas abundantes reservas de calcário. Estes calcários, segundo dados do RADAMBRASIL (1983) e plano PAI (1972), classificam-se em parte como meta-calcários devido a processos de metamorfismo de muito baixo grau. Ele representava uma grande riqueza e fonte de divisas muito importantes para o município de Formiga, dada a sua qualidade e facilidade de exploração, pois as pedreiras estão acima do nível do solo.

Com o desmembramento do agora município de Córrego Fundo, as jazidas importantes de calcário no município de Formiga diminuiram muito, bem como a arrecadação de ICMS sobre o produto bruto e industrializado, mas para fins didáticos a região de Córrego Fundo será incluída neste estudo. Outro problema relacionado a isso é que mineradoras de fora que detém registro na nossa região descobriram brechas na lei para que, mesmo sem explorar, não percam o direito de lavra. Esse absurdo burocrático fez com que recentemente manifestações de pequenos mineradores da região interditassem a rodovia MG 050 em junho de 2004, numa manifestação pacífica.

O calcário é assim definido de maneira simplificada para facilitar a compreensão, mas o que acontece é que a sua composição mineralógica vai variando com a profundidade, pelo fato de certos minerais serem mais solúveis do que outros, além do fato de que extratos da rocha foram depositados em períodos distintos, variando assim sua composição mineralógica. São suprimidos aqui vários termos, tais como meta-calcário, pois os mesmos apresentam-se com grau incipiente de metamorfismo¹⁸e, além disso, já foram tratados junto às rochas metamórficas, logo, por motivos didáticos, a supressão do prefixo será adotada. Um corte em uma pedreira qualquer vai exibir em seus extratos variedades de calcários com diferentes

¹⁸ Alterações físico-químicas causadas por pressão e temperatura elevada

teores de cálcio, magnésio, sílica e outros, devido à solubilização diferente da calcita (CaCO_3) e do $[\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2]$. Níveis de calcário estromatolítico¹⁹ são observados nas pedreiras também. Associados a ele encontram-se outros tipos de rochas e minerais que pertencem a idades geológicas distintas e aparecem em várias áreas com frequência e intimamente associados. Há que se citar os níveis que contém sílex negro e de outras cores, entrecortando estes calcários.

Os solos oriundos de calcários e margas (argilas calcárias) são normalmente muito férteis e procurados para exploração agrícola. Muitos deles são eutróficos (auto – suficientes, com alta saturação de bases) em vários sais minerais essenciais às diversas lavouras, além de possuírem um bom percentual de matéria orgânica e boa retenção de água em seus poros e microporos. Obviamente há exceções, mas geralmente são muito férteis. A cor vermelha destes solos é causada pela hematita (Fe_2O_3) finamente disseminada.

O relevo *karstico* é comum na região calcária devido à incrível dinâmica química e estrutural deste tipo de rocha. Sua solubilidade em ácidos presentes na água que percola o solo e os próprios maciços fazem com que um relevo característico seja desenhado nessa área, sendo que as partes menos solúveis formem testemunhos temporários da ação erosiva das águas. A estrutura dos maciços rochosos é bem imponente e revela a erosão diferencial na rocha, devido a diferenças físico- químicas em sua estrutura. Locas e grutas são formadas devido à dissolução da rocha calcária pelas águas carregadas de ácido carbônico e mesmo ácidos húmicos provenientes da matéria orgânica do solo. O abatimento de tetos de cavernas origina dolinas que, em certos casos, contém água formando lagoas. Há também o relevo kárstico esculpido sob pressão, ou seja, puramente por forças gravitativas das águas, pelo seu impacto sobre as estruturas calcárias. É fácil notar-se o diaclasamento vertical dos calcários associado aos seus planos de acamamento, o que permite que lajotas sejam retiradas para fins diversos, principalmente calçamento em áreas onde eles abundam.

¹⁹ Portador de estruturas depositadas por cyanobactérias há bilhões de anos



Figura 71- Calcário com caneluras de dissolução evidenciando erosão diferencial por ataque ácido. Córrego Fundo-MG



Figura 72- Frente de lavra de calcário. Notar a vegetação que se desenvolve sobre o maciço. Córrego Fundo- MG



Figura 73- Aspecto de cavidade (furna) formada no maciço rochoso- Córrego Fundo- MG

A erosão diferencial é um fato digno de nota quando se observa essa rocha, particularmente as que sofrem ação de polimento das águas de rios. A água desgasta mais profundamente aqueles extratos mais moles e incoesos, ressaltando estruturas formadas por acúmulo de sílica e outros materiais.

As formações Sete Lagoas e Serra de Santa Helena são de origem marinha (argilitos, margas, calcários, brechas), resultantes de uma transgressão marinha²⁰ que

²⁰ Avanço do mar no continente devido à isostasia – levantamento ou abaixamento continental

cobriu extensas áreas do Cráton²¹ do São Francisco, durante o proterozóico superior. Essa sedimentação realizou-se em superfície peneplanizada, de águas rasas e ambiente de baixa energia, caracterizando uma bacia intracratônica (RADAMBRASIL, 1983). Os calcários (formação Sete Lagoas) correspondem à fácies química desta sedimentação e o restante dos materiais depositados é de origem clástica, pertencentes à formação Serra de Santa Helena. A existência de superfície de erosão nas camadas de *brechas* intraformacionais²² e indícios de estruturas estromatolíticas²³ indicam que o ambiente apresentava-se ainda relativamente enérgico durante a deposição química dos calcários (RADAMBRASIL, 1.983). A presença de conglomerados também é comum, embora os agentes de arredondamento de material clástico em nossa região não sejam tão severos quanto em outras.



Figura 74- Caneluras de dissolução (lapiás) em planos de diaclasamento e acamamento- estratificação no calcário- Pains- MG



Figura 75- Estruturas estromatolíticas no calcário. O metabolismo de bactérias nos oceanos primitivos depositou as estruturas. Pains- MG

²¹ Estrutura cristalina e estável do complexo arqueano

²² Rochas sedimentares clásticas formadas com material in loco

²³ Formas fósseis de organismos como algas unicelulares com disposição de crescimento e mineralização em camadas nas rochas



Figura 76- Planos de acamamento levemente dobrados e caneluras de dissolução (lapiás) no calcário- Pains- MG

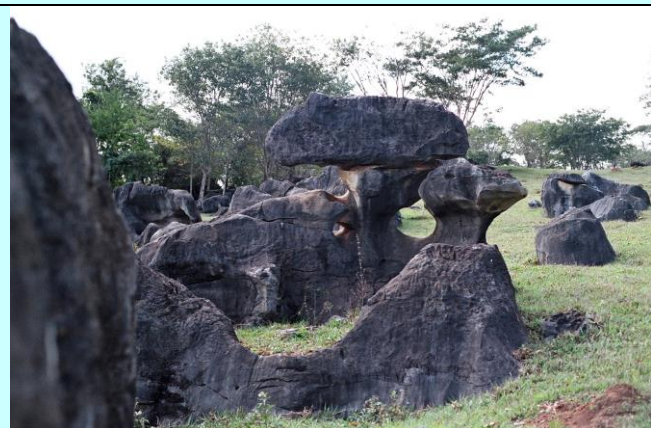


Figura 77- Estátuas criadas pela erosão diferencial no calcário- Pains- MG



Figura 78- Cálice esculpido no calcário pela dissolução/ erosão no calcário- Pains- MG



Figura 79- Pinturas rupestres paralelas aos planos de estratificação do calcário- Pains- MG

É interessante notar a variedade de sedimentos clásticos nos locais citados. A presença de limonita²⁴ nos sedimentos é marcante e também a presença de óxidos de manganês, muito abundantes na região. A sua solubilidade faz com que se acumulem em quaisquer fissuras nas rochas, formando formas dendríticas²⁵ de aspecto variado. Há brechas, conforme cujo agente cimentante é óxido de manganês e em alguns locais encontram-se pequenas cavidades ou geodos com formas renimorfo e estalactíticas de aspecto aveludado constituídas de óxi- hidróxidos de manganês, sendo a pirolusita o mais conhecido (MnO_2). Devido à grande complexidade da associação de minerais de manganês existentes nestas brechas, o termo preconizado para tal é manganocrete.

²⁴ Termo que designa mistura de óxidos hidratados de ferro. Não é um mineral na acepção do termo

²⁵ Em forma arborescente



Figura 80- Concreção limonítica (ferruginosa) com mineralizações de óxi-hidróxidos de Mn (negro). A amostra foi coletada pelo autor em Morro das Balas, Formiga –MG

Do ponto de vista tectônico, o grupo Bambuí foi afetado de modo irregular, ocorrendo regiões onde as rochas quase não sofreram deformações por dobramento e outras onde as rochas foram deformadas por dobramentos. Essas deformações, datadas do brasiliano, são relativamente suaves e aumentam de intensidade em direção à borda sul do cráton do São Francisco. São dobramentos concêntricos, que formam sinclinais e anticlinais com eixos de direção NNW a NW (RADAMBRASIL, 1983 ; Plano PAI-1972).

1.1 Rochas sedimentares da região:

A fim de se registrar para estudo algumas variedades de rochas sedimentares, serão feitos alguns comentários a respeito de algumas delas. Os nomes são simplificados de maneira geral visando evitar termos rebuscados que dificultem a compreensão do leigo, mas ao mesmo tempo que sejam tecnicamente utilizáveis pelo especialista.

1) Argilitos (lamitos amarelos, róseos, etc.)- São rochas muito suaves ao tato porque a maioria dos seus constituintes têm menos de 0,002 mm de diâmetro na escala Atterberg. Estes grânulos foram precipitados em águas calmas, pois possuem a propriedade de ficar em suspensão por muito tempo. Os argilitos pertencem à formação de Serra de Santa Helena, inserida no grupo Bambuí. Umedecidos ou bafejados cheiram a barro. Se tocados com a ponta da língua fazem-na aderir. São comumente chamados de giz no meio rural, provavelmente porque servem para escrever muito bem em uma lousa. Muitas vezes estão alternados com siltitos, formando belos contrastes de cor. Ocorrem nas localidades de Morro das Balas, Luanda, Cunhas, etc. Na verdade ocorre uma enorme gradação de cores que varia do vermelho até o amarelo claro, dependendo do teor de óxidos de ferro. A presença de impregnações e dendritos de óxi-hidróxidos de manganês é bem comum nestas rochas. Próximo a Carbofer, na Br 354, sentido Formiga- Arcos se percebe nos taludes do barranco a presença destas rochas formando camadas onduladas (pequenas sinclinais²⁶ e anticlinais²⁷ provavelmente atectônicas²⁸ a levemente tectônicas). Sua ocorrência está relacionada a uma transgressão marinha, conforme já foi falado. É bem perceptível também a área de contato entre estas rochas e as rochas do embasamento cristalino, podendo também ser observados alguns veios de quartzo que os cortam em muitos pontos. Este quartzo está associado à pirita (já alterada por pseudomorfose²⁹ em goethita) e a minérios de ferro e manganês. Há espécimes de argilito com uma litificação³⁰ mais desenvolvida em termos diagenéticos³¹, como é exemplo os da região da Taboca, próximo ao trevo de acesso para Pains. Estes espécimes são bem duros e resistentes, mostrando uma estratificação bem desenvolvida e provável diferenciação em diâmetro, gradando a siltitos.

²⁶ Estruturas convexas formadas por dobramentos da crosta

²⁷ Estruturas côncavas formadas por dobramentos da crosta

²⁸ Originados por outras causas que não tectônicas

²⁹ Quando um mineral é substituído quimicamente por outro, mas mantendo sua forma original.

³⁰ Processo de endurecimento e formação da rocha sedimentar

³¹ Processos de compactação e mineralização realizados à temperatura ambiente



Figura 81- Argilitos rítmicos de cores vivas, alternando seus tons conforme. Luanda, Formiga-MG



Figura 82- Argilito assentado discordantemente sobre litotipo do embasamento cristalino pré-cambriano. Morro das Balas, Formiga-MG



Figura 83- Argilitos da formação Serra de Santa Helena dobrados e entrecortados por mineralizações de quartzo e pirita. Cunhas, Formiga- MG



Figura 84- Argilitos contendo níveis de sílex semelhantes a *stonelines*. Vendinha, Formiga- MG



Figura 85- Argilito rítmico arroxado alternando bandas. Morro das Balas, Formiga- MG

2) Siltitos – Comumente também chamados no meio rural de “giz” juntamente com os argilitos. Frequentemente coloridos por óxidos de ferro e matéria orgânica, sua cor varia consideravelmente. Apresentam-se em extratos ou camadas que se subdividem com facilidade. São mais ásperos que os argilitos porque sua granulação é maior. Existem várias escalas que determinam as fronteiras entre as frações silte –argila -areia. A escala de Atteberg estipula que o diâmetro da areia está situado entre 0,02 a 2mm, o silte entre de 0,02 a 0,002 mm e a argila é menor que 0,002 mm. Quando bafejados, os siltitos também cheiram a barro. Ocorrem, por exemplo, na Luanda, Morro das Balas, Cunhas, na região da Taboca, etc. Alguns deles apresentam dendritos de óxidos de manganês, o qual é endêmico na região.



Figura 86- Siltitos e argilitos da formação Serra de Santa Helena exibindo dobras atectônicas - BR 354- CARBOFER, Morro das Balas, Formiga -MG



Figura 87- Siltitos e argilitos da formação Serra de Santa Helena exibindo dobras atectônicas. BR 354- CARBOFER, Morro das Balas, Formiga –MG

3) Plintita - A definição pedológica utilizada para o corpo rochoso encontrado vem do fato de que ele possa ser o estágio inicial da formação das crostas ferruginosas endêmicas na região de Morro das Balas. Pedologicamente a plintita corresponde ao estágio inicial do processo de lateritização estritamente de solos, sendo esta terminologia preconizada na classificação de solos. Durante o processo de intemperismo da rocha, o ferro constante em minerais da mesma oxida, formando pontuações vermelhas características desta classe de solo. Por outro lado, o corpo rochoso em questão consiste em material argiloso com aspecto brechóide, o qual pode ser uma brecha de fragmentos de rochas pelíticas da formação Serra de Santa Helena, entrecortados por pós mineralizações.

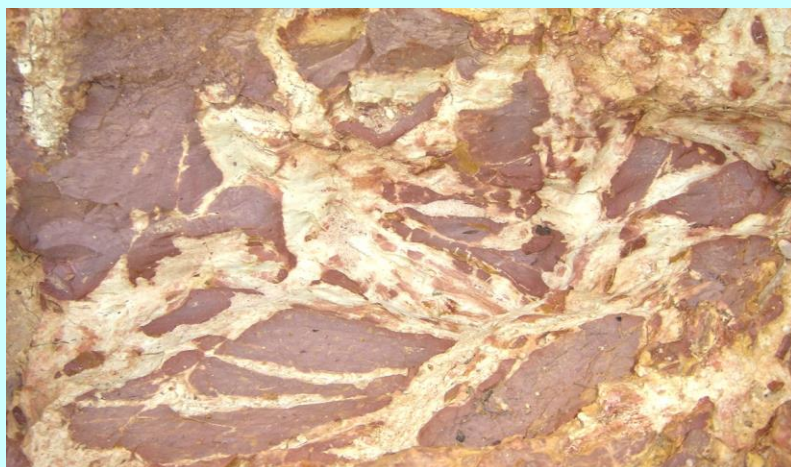


Figura 88- Brecha-plintita: sedimento argiloso exibindo concentrações de óxidos de ferro – Morro das Balas, Formiga-MG

4) Sílex – Nomenclatura de uma rocha que pode ser biogênica do grupo dos acaustobiólitos (rochas de origem biológica não combustíveis), formada de carapaças silicosas de organismos marinhos ou então formada por lixiviação e concentração da sílica de outras rochas em condições especiais. Muito usada para confecção de armas pelo homem neolítico devido a sua grande dureza e a seu corte incisivo. Na localidade da Vendinha ocorre nos barrancos das estradas vicinais filões de sílex cujos fragmentos alcançam mais de 4cm e estão intensamente fraturados. Provavelmente há locais com fragmentos bem maiores, conforme já foi constatado algumas vezes. Eram muito usados para se produzir faíscas (pederneiras) em bingas e armas de fogo antigas. Seu corte é extremamente incisivo e dependendo do caso, mais agudo que o de bisturis. É interessante notar que a ocorrência de sílex normalmente está associada à ocorrência de calcários, e o que se observou ali foi que o sílex se preservou por ser muito resistente ao intemperismo, ao passo que o calcário que o continha transformou-se em solo, já bem lateritizado. O sílex parece formar uma linha de pedra ou paleopavimento em grande área. Possivelmente há sílex em toda a região relacionada aos calcários, conforme já mencionado em trabalhos científicos, mas por enquanto aquele local é a ocorrência mais importante. Artefatos arqueológicos confeccionados em sílex são muito comuns no município.



Figura 89 -Sílex acumulado por processos erosivos com a formação de voçorocas. Vendinha, Formiga-MG



Figura 90- Sílex revestido por mineralizações botrioidais manganésíferas. Vendinha, Formiga – MG



Figura 91- Superfície fraturada de sílex- as manchas vermelhas são óxidos de ferro. Vendinha, Formiga-MG

5) Brecha – rocha sedimentar composta de fragmentos de outras rochas unidos por um agente cimentante natural que pode ser de natureza silicosa, calcítica, limonítica ou outro. Uma delas em particular descoberta por nós tem como agente cimentante o óxido de manganês, o que a torna um minério em

potencial. Seus clastos³² são de siltito, argilito e arenito fino. Há exemplares apenas com quartzo, sendo que muitos dos cristais ali presentes são transparentes e euédricos, sem evidências significativas de transporte hídrico ou de outra espécie que os danificasse por abrasão ou polimento, o que as caracteriza como intraformacionais. Em muitos lugares as brechas e os conglomerados são portadores de ouro e diamantes, o que infelizmente não acontece regionalmente.



Figura 92- Brecha com arcabouço de clastos de siltito e lamitos cimentados com óxidos de manganês. Luanda, Formiga -MG.

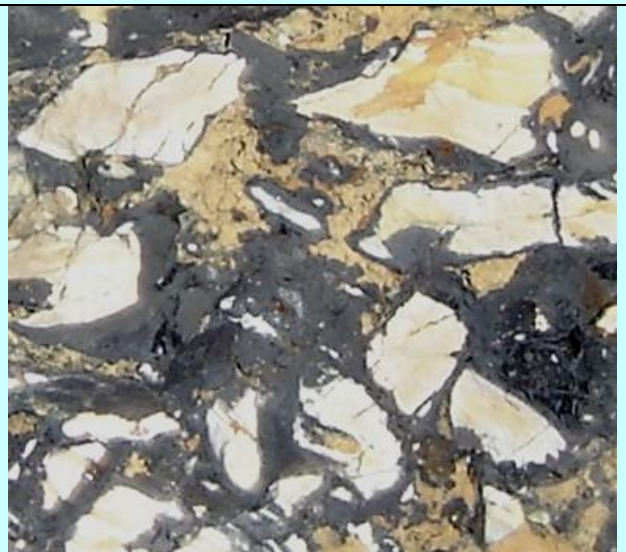


Figura 93- Brecha com arcabouço de clastos de siltito e lamitos cimentados com óxidos de manganês. Luanda, Formiga -MG.

6) Conglomerado - como o anterior, só que os fragmentos são de quartzo e estão arredondados, revelando transporte fluvial. Ocorre, por exemplo, na região de Cunhas. Os fragmentos podem ser de outra natureza também, embora o quartzo seja o mais resistente e o mais frequente nesse tipo de rocha. Sua compacidade, como no caso anterior, é variável de acordo com o agente cimentante e com a natureza dos clastos.

³² Fragmentos diversos de origem clástica, não química, os quais formam o arcabouço da rocha.



Figura 93 b- Conglomerado com matriz ferruginosa e clastos arredondados. Morro das Balas, Formiga- MG

7) Calcário calcítico – com óxido de magnésio (MgO) menor que 5% – é o calcário mais comum na nossa região e o mais utilizado na agricultura e em atividades industriais, tais como a fabricação de cimento e de cal. O teor de magnésio no calcário o inviabiliza para alguns usos industriais, acontecendo o mesmo com a sílica.



Figura 94 - Calcário calcítico com veio mineralizado por calcita. Córrego Fundo- MG

- 8) **Calcário magnesiano** – maior % magnésio (MgO) de 5 a 12%: tem boa aplicação como corretivo de solo e como fonte de magnésio para as plantas.
- 9) **Calcário dolomítico** – é um calcário com maior % de magnésio, entre 12 a 21%. Esse percentual varia com a profundidade ou nível onde foi coletada a amostra para quantificação, já que fenômenos de maior ou menor solubilidade de sais os concentram em regiões definidas. O mesmo acontece com o teor de sílica. Acima de 21% o material é chamado de dolomito (não confundir com o mineral dolomita e com a rocha denominada também como dolomita, a qual é constituída praticamente só de dolomita). O dolomito é oriundo de um processo marinho chamado dolomitização, onde o magnésio da água do mar substitui em grande parte o cálcio da rocha. é interessante dizer que nesse processo de natureza química qualquer fóssil existente na rocha será destruído.



Figura 94 b- O calcário dolomítico concentra-se no alto dos maciços por ser menos solúvel. Pains- MG



Figura 95- Espeleotemas medindo cerca de 10-13mm de goethita e hematita na crosta ferruginosa- Morro das Balas, Formiga- MG



Figura 96- Espeleotemas de goethita e hematita medindo 20mm recobertos por cristais de quartzo- Morro das Balas, Formiga- MG

10) Esferólitos de óxi- hidróxidos de ferro, alumínio, manganês e outros -

oriundos de precipitação química e ou biológica em meio aquoso ou saturado em água e posteriormente englobadas pelos sedimentos, formando em certos casos um paraconglomerado rico em óxidos metálicos semelhantes àqueles que ocorrem no assoalho marinho, embora geneticamente muito diferentes. Na região cárstica é notória a quantidade de glóbulos de óxidos de manganês e ferro no solo. São de origem laterítica e abundam em regiões de grandes corpos de minério, como no Pará. Compõe parte de um perfil laterítico bem estudado por COSTA *et al.*



Figura 97- Esferólitos manganésíferos (negros) e ferruginosos em paleossolo - Pains- MG

11)Concreções argilo- limoníticas (lateritos concrecionários): Tais formações rochosas são abundantes em toda a nossa região e variam sensivelmente de composição de um local para outro. Algumas apresentam uma pós-mineralização de quartzo em suas fraturas, formando um interessante mosaico de quartzo engrenado. Associações com óxidos de manganês são comuns e mesmo pequenos geodos³³ de óxidos de manganês são encontrados em cavidades dos filões de quartzo. Seu aspecto é aveludado porque os cristais são minúsculos. Processos de ordem hidrotermal estão associados a processos puramente supérgenos³⁴, onde minerais se formam à temperatura ordinária, sob condições físico-químicas especiais. Recentemente foram descobertos pelo autor mais pequenos geodos em lateritos limoníticos bem próximo ao local dos geodos de manganês. Tais cavidades estão atapetadas de minúsculos e reluzentes cristais de quartzo; outras formam geodos bem maiores. Estas formações foram descobertas no Morro das Balas em 10/06/2004. Não se pode esquecer de que os processos de lateritização atingem qualquer solo em toda a região, logo, solos de origem calcária podem conter lateritos de idade bem mais recente. Há que se mencionar os chamados lateritos placóides. Este termo refere-se ao material pelítico com elevada % de óxidos e hidróxidos de ferro que ocorre na região. Apresenta-se a uma profundidade média de 40cm no local observado e forma um perfil característico de placas, paralelo ao horizonte de solo. Muito freqüente na região de Cunhas e estas placas apresentam cores distintas, de acordo com o grau de hidratação em que se encontram, ou seja, relação goethita/hematita. Trata-se de um enriquecimento secundário do horizonte específico do solo devido à lixiviação e lavagem de sais e óxidos das camadas superiores por flutuação do lençol freático e processos de dissecação posteriores. Processo parecido se dá na formação das bauxitas (rocha-minério de alumínio).

³³ Cavidades presentes principalmente em rochas ígneas, as quais normalmente estão atapetadas por cristais de quartzo, calcita, zeólitas etc.

³⁴ Que ocorrem à temperatura ordinária



Figura 98- Crosta ferruginosa com drusa de quartzo: Morro das Balas, Formiga-MG



Figura 99- Fragmentos de crostas ferruginosas sobre o solo- Cunhas, Formiga-MG



Figura 100- Camada de crosta ferruginosa de origem laterítica. Abaixo do martelo são fragmentos que caíram : Luanda, Formiga - MG.



Figura 101-Espeleotemas de hematita globular em crosta laterítica - Morro das Balas, Formiga- MG



Figura 102- Espeleotemas de goethita com cristais de goethita prismática- Morro das Balas, Formiga-MG.



Figura 103- Concreção ferruginosa (laterítica) (25 cm); os dobramentos não são de origem tectônica e sim de flutuação do lençol freático. Cunhas, Formiga –MG

12) Impregnações de diversos óxidos em rochas diversas- óxidos e hidróxidos trazidos em soluções aquosas formam formas dendríticas e outras em rochas diversas. Embora não sejam rochas, os óxidos são citados aqui como uma curiosidade, já que sua deposição nas fraturas e diáclases das rochas é por um processo sedimentar. A água, ao evaporar, deposita os óxidos de forma dendrítica, mas sempre obedecendo às normas de disposição química dos cristais, o que se revela sem muito trabalho utilizando-se a lupa binocular em laboratório.



Figura 104- Dendritos (formas arborescentes) de óxidos hidratados de ferro em crosta ferruginosa. Morro das Balas, Formiga -MG



Figura 105- Mineralizações ferro-manganesíferas exibindo intensa irização³⁵ em sílex. Morro das Balas, Formiga- MG

13) Sílica amorfa- Provavelmente opalina, presente na localidade Vendinha. Costuma estar capeada por óxidos botrioidais de manganês. É encontrado na região cárstica também alguns fragmentos que parecem ser sílex alterado, muito branco, o qual ocorre associado aos calcários.

³⁵ Irização é um fenômeno que ocorre em certos minerais e consiste na decomposição da luz branca em seus espectros fundamentais devido à lamelas, fraturas, inclusões ou geminação polissintética em certos minerais



Figura 106- Opala branca em sílex alterado. Vendinha, Formiga- MG

14) Crostas ferruginosas placóides- Este termo refere-se às rochas formadas por lateritização, com elevada porcentagem de óxi- hidróxidos de ferro e alumínio que ocorre na região de Cunhas. Contém frações areia e menores. Apresenta-se a uma profundidade média de quarenta centímetros no local observado e forma um perfil característico de placas, paralelo ao horizonte de solo. Muito frequente na região de Cunhas e estas placas apresentam cores distintas, de acordo com o grau de hidratação em que se encontram, ou seja, relação goethita/hematita/gibbsita. Trata-se de um enriquecimento secundário do horizonte específico do solo devido à lixiviação de bases³⁶ e sílica das camadas superiores. Processo parecido se dá na formação das bauxitas (rocha-minério de alumínio).

³⁶ Metais alcalinos como o sódio, potássio e cálcio



Figura 107- Lateritos placóides. Formam um perfil raso que eventualmente fica exposto. Cunhas, Formigax-MG



Figura 108- Laterito placóide exibindo estrato amarelo, hidratado e rico em gibbsita e goethita. Cunhas, Formiga- MG

15) Crostas conglomeráticas pisolíticas ferruginosas (Tapiocangas)–

Genericamente são conglomerados de esferólitos polimetálicos, ou seja, concreções globulares unidas por um cimento também limonítico. Nota-se aí dois processos: o da formação das concreções e o de sua posterior cimentação e ocorrem em regiões de estação seca bem marcada. São comuns também nas savanas africanas. O aspecto deste material é vesicular, coriáceo e bem estável. Estão destacadas aqui porque diferem um pouco dos lateritos já citados anteriormente. Ocorrem na região da Vendinha, Córrego Fundo e adjacências. São formadas por processos de lateritização, o qual concentra óxi-hidróxidos de ferro, alumínio e outros metais na forma de esferólitos e, posteriormente, estes esferólitos são unidos por um agente cimentante.

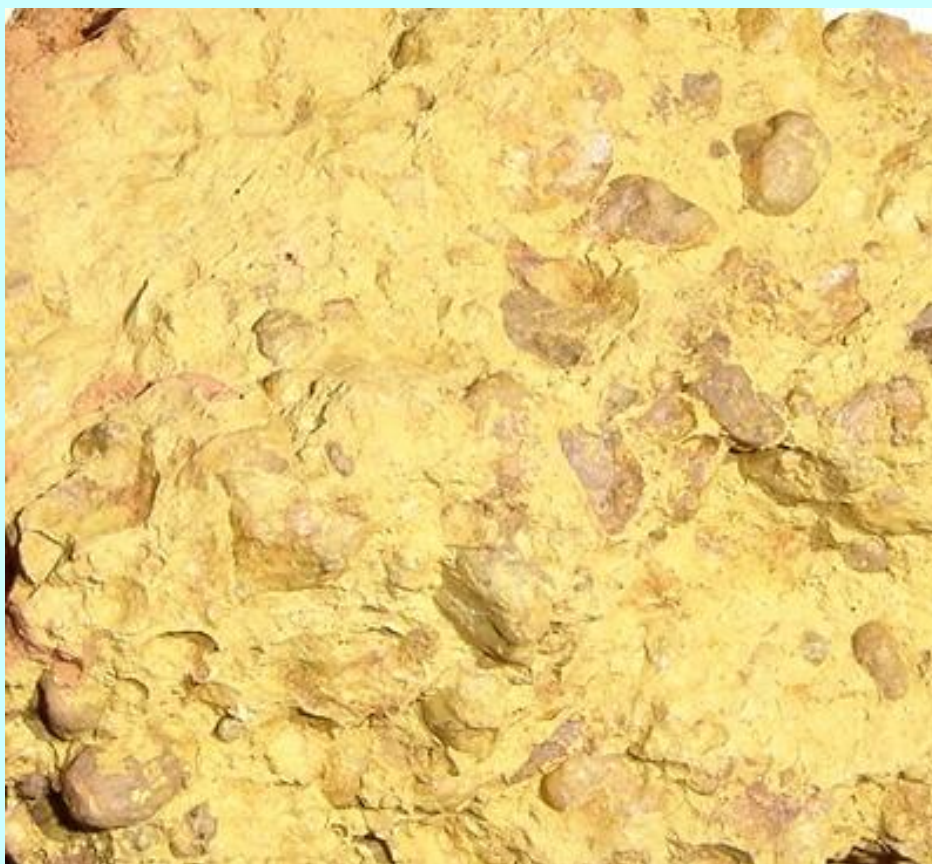


Figura 109- Canga de esferólitos de óxi-hidróxidos de ferro e alumínio em matriz goethítica- gibbsítica- caulinítica. Vendinha, Formiga- MG

16) Marga-Um calcário com alta porcentagem de material argiloso e que faz transição para uma argila calcária. Pode-se considerar a definição de que é uma argila enriquecida em calcita. Existem todas as transições possíveis e nem sempre é possível situar a rocha com precisão. Em perfis de paredões calcários é possível notar várias gradações. Há vários afloramentos deste material na região da Taboca, próximo ao trevo de acesso para Pains e também às margens da MG 050, sentido Formiga- Córrego Fundo. São bem estratificadas e sua coloração é variável de acordo com as impurezas, mas predominam o verde claro e o violeta-amarronzado. Provavelmente tais cores são devido à pirita autigênica finamente disseminada, matéria orgânica e óxidos de ferro. Possuem estratificação evidente e bordos cortantes.



Figura 110- Bloco de marga próximo ao trevo de acesso da MG 050 com o município de Córrego Fundo- MG

17) Arcósio- Pode ser classificado como um arenito com elevada % de feldspatos, fato que lhe empresta a aparência grosso modo de um granito. É formado através da desagregação física de rochas de composição semelhante aos granitos e posterior cimentação, sem que haja um processo intempérico severo que descaracterize os fragmentos da rocha.



Figura 111- Arcósio. Padre Doutor, Formiga- MG

18) Arenito- Composto predominantemente de grânulos de quartzo na fração areia unidos por um agente cimentante. Em Cunhas são encontrados arenitos altamente ricos em óxidos de ferro associados aos conglomerados com igual agente cimentante. Sua consistência varia de frágil a bem compactos. Em íntima associação com esse material são encontrados abundantes lateritos placóides com formações concrecionárias mamelonares-globulares.



Figura 112- Arenito com agente cimentante ferruginoso- argiloso. Cunhas, Formiga- MG



Figura 113- Arenito fino da Formação Serra de Santa Helena. Luanda, Formiga- MG



Figura 114- Arenito esbranquiçado de Padre Doutor, Formiga- MG



Figura 115- Arenito ferruginoso de Padre Doutor, Formiga- MG

19) Areia – É classificado como areia qualquer material com diâmetro situado entre 0,02 a 2mm, segundo a escala Atteberg. A areia não é um material em particular, mas uma unidade de medida. Pertence ao grupo de rochas

sedimentares não consolidadas ou clásticas, ela é oriunda da decomposição de rochas granito-gnáissicas da região e, através da ação seletiva das águas e erosão pela gravidade, tendem a se concentrar em perfis definidos. Sua exploração predatória tem sido muito prejudicial, causando assoreamento dos rios e conseqüentemente seu comprometimento para com as árvores que o margeiam, bem como todo o resto. Este nobre material não deveria ser vendido fora do município; deveria ser usado apenas para consumo interno, sem maquinário (dragas). As areias do município são predominantemente quartzosas, com menor porcentagem de feldspatos caulinizados e diversos óxidos metálicos, com predominância da magnetita e ilmenita.



Figura 116- Areia quartzosa oriunda do intemperismo de rochas ácidas do embasamento cristalino, ricas em quartzo. Cachoeira do Areão, Formiga- MG

20) Saibro – Termo utilizado para designar a rocha granítica decomposta. Contém areia e caulim. Ocorre em toda a região do embasamento cristalino, de composição granítica e é amplamente usado na construção civil. As áreas de neossolos e cambissolos contém muito saibro. Ex: Morro do Cristo, Formiga - MG.

21)Argila – Ocorre concentrada principalmente nas várzeas e no leito dos rios. É concentrada mecanicamente pela movimentação das águas. Os minerais que a compõem possuem um diâmetro inferior a 0,002 mm. É amplamente utilizada para a confecção de telhas e tijolos. Normalmente é cinza devido à presença de ferro bivalente (Fe^{++}), mas ocorrem outras cores, inclusive branca, o que atesta um grau maior de pureza. No município de Formiga a argila é muito explorada para fabricação de tijolos e de telhas.



Figura 117- Aspecto de perfil argiloso plântico- Morro das Balas, Formiga- MG



Figura 118- Argila de Padre Doutor, Formiga- MG

22)Turfa – É encontrada em terrenos alagados ou onde o lençol freático está próximo à superfície. Ocorre, por exemplo, na região da cachoeira do areão e trata-se do primeiro estágio da hulheização da matéria orgânica (LEINZ, 1988). Como é característico neste tipo de “rocha”, encontram-se abundantes raízes e folhas que ainda não se decompuseram totalmente. Para sua ocorrência é necessário que o material orgânico não se oxide, mas seja recoberto por água e sedimentos, possibilitando o processo de hulheização constante.



Figura 118 b- Turfa. Cachoeira do Areião, Formiga- MG

23)Caulim – O termo refere-se aqui a caulinita $[Al_2Si_2O_5 (OH)_4]$ impura. É de coloração rósea a branca. É usado como material inerte em rações, medicamentos, etc. e também na fabricação da porcelana. Há várias ocorrências deste material onde diques de pegmatito alterado cortam granitos, gnaisses e migmatitos da região. É um dos constituintes do saibro.



Figura 119- Caulim- Fazenda Cachoeira, Cachoeira do Areião, Formiga- MG



Figura 120- Caulim- Padre Doutor, Formiga- MG

Basicamente os litotipos que ocorrem são estes, com suas variedades locais, com suas associações características. Deve-se notar que em diversas partes das

jazidas calcárias do nosso município e dos municípios vizinhos ocorrem impregnações de diversos minerais que preenchem fraturas e diáclases no maciço calcário e que podem formar reservas em potencial de minérios estratégicos para o mundo moderno. Como exemplo, podemos citar as mineralizações hidrotermais de galena (minério de chumbo de fórmula PbS), calcopirita (minério de cobre de fórmula $CuFeS_2$) e esfalerita (minério de zinco de fórmula ZnS) que, levando-se em conta o volume de rocha que os contém, podem se tornar muito importantes no futuro. Em muitas ocorrências a galena costuma ser argentífera e com isso um subproduto importante pode ser retirado- a prata. Esta galena ocorre em concentração em uma localidade da cidade de Pains, situada a 30km de Formiga chamada Mina. Sua siderurgia é simplória e muita gente coleta para fazer chumbadas de pesca. Esse é um hábito perigoso, porque os vapores de chumbo derretido são muito tóxicos, para não falar dos vapores de enxofre e arsênico. Estas mineralizações ocorrem devido às soluções aquosas ricas em íons não metálicos e metálicos que percolam as fraturas e poros das rochas durante o processo metassomático, pneumatolítico e hidrotermal, envolvendo temperaturas mais elevadas. Estas soluções ascensionais provém de magmas ricos em água, íons metálicos e enxofre e, percolando entre as diáclases e fraturas das rochas as alteram e cristalizam seus minerais nestes locais. A natureza dos maciços calcários também é muito propícia à formação de minerais autigênicos.

O relevo da região calcária é um espetáculo à parte devido à imponência de suas formas. A erosão diferencial se faz sentir nas diversas camadas do calcário, dependendo de sua composição mineralógica e de sua resistência física. Chama-se karst o resultado erosivo sobre ele, revelando formas como grutas, lapas, dolinas, funis, etc. Existe uma exumação progressiva deste *karst* que progride em direção a Pains, onde atinge seu ápice com pedreiras fabulosas (GEOMINAS, 1972). A espeleologia da região é muito interessante, apesar de ainda ser pouco estudada. Grupos espeleológicos locais e de fora tem feito um bom trabalho nesta questão. Infelizmente as minerações destruíram muito destas belezas naturais e acervos científicos, mas certas coisas são difíceis de evitar.

Na bacia sedimentar em questão são encontrados muitos indícios de antigas aldeias indígenas. São encontrados uma grande profusão de artefatos

indígenas tais como machadinhas, almofarizes (pistilo), projéteis (pontas de flecha) confeccionadas em quartzo e sílex, raspadeiras, meia-lua, urnas mortuárias, painéis e vasilhames diversos feitos de barro. Os artefatos que são esculpidos em rocha são normalmente de diabásio, rocha escura e resistente que tem que ser coletada em locais específicos.

Existem estes indícios em outras áreas também, mas ocorrem principalmente na área calcária devido à abundante fauna e flora do local, básicos para sobrevivência, além da presença de grutas e locas que serviam como moradias. Associados a esta fantástica profusão de objetos antigos, são encontrados registros fósseis, onde o mais famoso foi o Mastodonte descoberto por pescadores na divisa de Pains c/ Córrego Fundo em meados de 2.001 e que causou frisson na mídia. Ossos diversos e dentes têm sido achados dentro de cavernas e áreas afins por várias pessoas e, no caso do mastodonte, sua idade oscila entre 12.000 e 15.000 anos. Geologicamente isso não representa muito em termos cronológicos, mas é de extrema importância para o estudo da extinta fauna local (Megafauna). Não raro são encontradas conchas fossilizadas em paleossolos (seriam mais sedimentos terrígenos consolidados), além de fragmentos de ossos também parcial ou totalmente mineralizados.

Há que se observar que a composição químico-mineralógica de um maciço calcário não é constante e varia com a profundidade devido a fatores como solubilidade de seus componentes, fatores geológicos e também o teor de sílica. Quem explora pedreiras calcárias sabe muito bem que teores variáveis de sílica ou magnésio comprometem a utilização do calcário para esta ou aquela finalidade. Calcários com elevados teores de CaO e com menos de 1% de MgO, sílica e outros são muito procurados para indústrias de carbonato de cálcio de alta pureza.

Ocorrências minerais do município de Formiga e adjacências:

INTRODUÇÃO

Existem várias ocorrências minerais na região do município de Formiga e região, sendo que até o ano de 2024 o autor identificou 34 espécies minerais, não contando minerais microscópicos identificáveis por microscopia. Serão tratadas aqui algumas das mais conhecidas e pesquisadas. Como o município engloba dois grandes grupos petrológicos, a variedade de minerais é bem razoável. As micro ocorrências de minerais são muito interessantes e devem ser mais bem estudadas. Há muito que pesquisar na região. A seguir, serão listados alguns dos minerais mais encontrados na região.

1) Quartzo- O quartzo ocorre em todas as paragêneses no município, seja em formas cristalinas bem definidas ou em formas anedrais, bem como associado às rochas ígneas, metamórficas e sedimentares na forma de veios. Como é o último a cristalizar, é bem comum que contenha inclusões de outros minerais. É extremamente resistente ao intemperismo, sendo comumente encontrado no solo. As variedades estão descritas a seguir.

a) Quartzo hialino (cristal de rocha) e quartzo enfumaçado (SiO_2) - Sua ocorrência na região é endêmica. Praticamente não há local em que não se encontre o quartzo hialino bem cristalizado. Entre diversos locais de ocorrência, citam-se as localidades de Morro das Balas, Luanda, Cunhas, Saco dos Couto, Nova Zelândia, São Pedro e muitos outros. Em Sobradinho, entre Córrego Fundo e Pains o quartzo foi muito explorado no passado, mas o primeiro deles é muito comum em todo o município. Em alguns locais, belas drusas atapetam cavidades de rochas lateríticas ferruginosas. O quartzo também ocorre rolado por ação das águas dos rios e em meandros, formando depósitos nos barrancos próximos aos rios.



Figura 121- Quartzo hialino com crosta manganesífera. Amostra com cerca de 14 cm. São Pedro, Formiga –MG



Figura 122- Geodo de quartzo submilimétrico na crosta ferruginosa. Morro das Balas, Formiga- MG



Figura 123- Agregado de quartzo com figura "humanóide). Morro das Balas, Formiga- MG



Figura 124– Quartzo com inclusões orientadas de clorita. São Pedro Formiga- MG



Figura 125- Drusas de quartzo incolor vistas a 20 aumentos em microscópio estereoscópio. Morro das Balas, Formiga- MG



Figura 126- Placa de quartzo exibindo cristais hexagonais com diâmetro médio de 5mm (seta) . Morro das Balas, Formiga- MG



Figura 127- Cristal de quartzo com restrições de crescimento. Morro das Balas, Formiga- MG



Figura 128- Cristais de quartzo enfumaçado- Sobradinho, Pains- MG

b) Quartzo com inclusões diversas (SiO_2)- É muito comum a presença de inclusões de outros minerais no quartzo, visto que geralmente é ele o último a cristalizar em soluções hidrotermais ou no próprio magma. Ocorre em toda a região contendo inclusões de clorita, rutilo, material argiloso, etc. Alguns deles servem ser lapidados para confecção de gemas, em função de seu tamanho e pureza.



Figura 129- Quartzo com inclusões cloríticas (verde escuro). Cunhas, Formiga- MG



Figura 130- Quartzo com inclusões cloríticas (verde escuro). São Pedro, Formiga- MG



Figura 131- Quartzo com inclusões cloríticas (verde escuro). São Pedro, Formiga- MG



Figura 132- Quartzo com inclusões cloríticas (verde escuro). São Pedro, Formiga- MG

c) Quartzo com caneluras (SiO_2)– Este interessante tipo de quartzo leitoso ocorre na localidade de Cunhas e apresenta características interessantes. Ele possui várias caneluras oriundas da alteração química e física resultante do intemperismo da rocha que o abrigava. Como o quartzo é indecomponível quimicamente em fragmentos grandes (na natureza), ele se mantém com um aspecto bem bizarro e muito ornamental, sendo facilmente encontrado na superfície, removidos pela erosão, bem como em seus locais de origem. Podem estar impregnados de mineralizações de óxi- hidróxidos de ferro e manganês, os quais podem ser removidos com soluções de citrato de sódio e bissulfito, ou mesmo soluções limpa pedras..



Figura 133- Quartzo com caneluras. Cunhas, Formiga-MG



Figura 134- Quartzo com caneluras. Cunhas, Formiga-MG

d) Quartzo cinza e quartzo leitoso (SiO_2)- Muito comuns no município, mas certos espécimes de quartzo leitoso apresentam um interessante mosaico entrelaçado em suas inclusões gasosas. A variedade cinza é (e outras tonalidades) filonar, associada aos granitos e rochas similares. É comumente utilizado como cascalho.



Figura 135- Cascalheira de quartzo filonar cinza- Luanda, Formiga- MG

2) Barita (BaSO_4)- Ocorre no médio curso do ribeirão Barra Mansa- divisa com Pedra do Indaiá. Este mineral forma filões hidrotermais em terreno de origem granítica e seu aspecto é maciço ou tabular, ocorrendo em grandes massas. Sua coloração é rosada e foi explorada no passado. No local em questão ocorrem grandes matacões deste mineral, mas até então não foram identificados cristais individuais bem formados (euédricos).



Figura 136- Barita rósea – Córrego do Barro, Formiga- MG

3) Grafita (C)- O xisto grafitoso ocorre no trecho entre Formiga-Arcos, no Córrego da Areia. Ocorre também em Padre Doutor, onde foi explotado. Existem mais ocorrências de grafita no município, mas o grau metamórfico das mesmas não as qualifica como de qualidade, embora as empresas estejam sondando estes materiais.



Figura 137- Xisto grafitoso. Padre Doutor, Formiga- MG

4) Magnetita (Fe_3O_4) – Ocorre abundantemente em nossas areias, em depósitos tipo placer de ampla distribuição no leito dos rios. É a maior parte daquele pó preto presente nas areias. Em massas maiores de rochas graníticas é possível detectar cristais com mais de 2cm, fato este observado na Cachoeira do Areão, onde a água poliu a rocha. A magnetita oriunda da decomposição das rochas máficas do município é bem mais homogênea que a magnetita oriunda de rochas graníticas. Digno de nota é a grande concentração de magnetita nas formações ferríferas bandadas da região da Serrinha.



Figura 138- Níveis negros de magnetita na formação ferrífera bandada. Serrinha, Formiga –MG



Figura 139- Cristais de magnetita em migmatito. Cachoeira da Ponte de Ferro, Formiga- MG



Figura 140- Magnetita aluvionar- Cachoeira do Areão, Formiga- MG



Figura 141- Magnetita no migmatito. Pontilhão de Ferro, Formiga- MG

5) Pirita limonitizada ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$)– São mineralizações importantes por sua curiosidade e ampla distribuição em nossa região. O termo “limonitizada” se refere ao fato de que é uma pseudomorfose, onde o sulfeto de ferro sofreu oxidação e se transformou em óxi- hidróxidos de ferro. Associa-se a veios de quartzo expostos pela erosão e em linhas de pedra nos solos. Até o momento só foram encontrados espécimes totalmente limonitizados, ou seja, pseudomórficos, não apresentando mais sua cor dourada original. Não foi localizado ainda algum local de erosão mais recente que exponha espécimes menos alterados. Relatos de operadores de máquinas pesadas que trabalham no meio rural indicam que há presença da pirita só parcialmente limonitizada. Elas formam cubos perfeitos e geminados de penetração. Em Cunhas ela se apresenta menos alterada e com morfologia algo diferentes das outras ocorrências, formando agregados de cubos em ordem crescente. Há uma variedade desse mineral que apresenta um tipo de face vicinal que lembra uma clivagem escalonada no cristal, formando escadas. Outros formam sólidos com figuras de deslocamento e um último tipo forma um sólido semi-esférico, clivado e que apresenta figura sólida cruciforme sob alguns ângulos de visada

(macla em cruz). Isto é bem interessante e só foi visto na Luanda e recentemente em Cunhas. Parece ser a macla cruz de ferro. O restante ocorre no Morro das Balas, Luanda, etc. Na Luanda os cristais de pirita pseudomórfica formam cubos muito perfeitos e atraentes, ainda que de pequeno tamanho. Outra hipótese a considerar é que explicaria sua presença em áreas sedimentares seria sua gênese sedimentar, incorporada aos sedimentos, a exemplo do que ocorre nas ardósias de Pompéu, mas por sua associação com o quartzo endêmico na região parece ser de origem hidrotermal também. A presença de pirita nas áreas cobertas por rochas sedimentares do grupo Bambuí é endêmica.

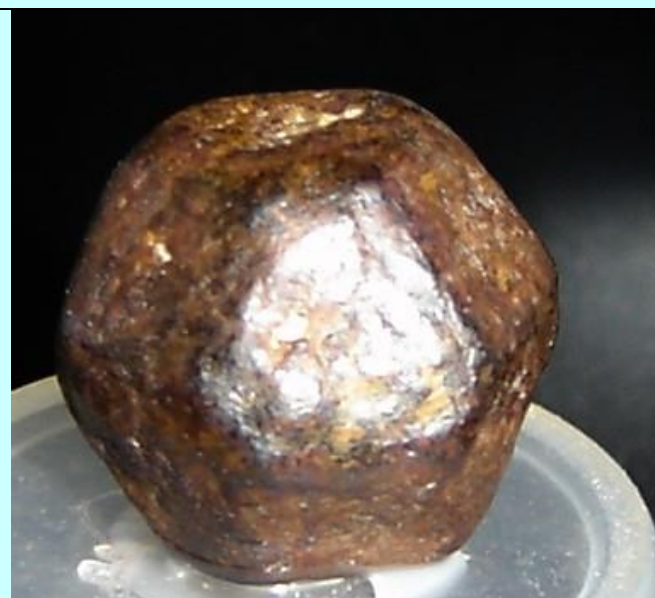


Figura 142- Dodecaedro de pirita limonitizada. Morro das Balas, Formiga –MG

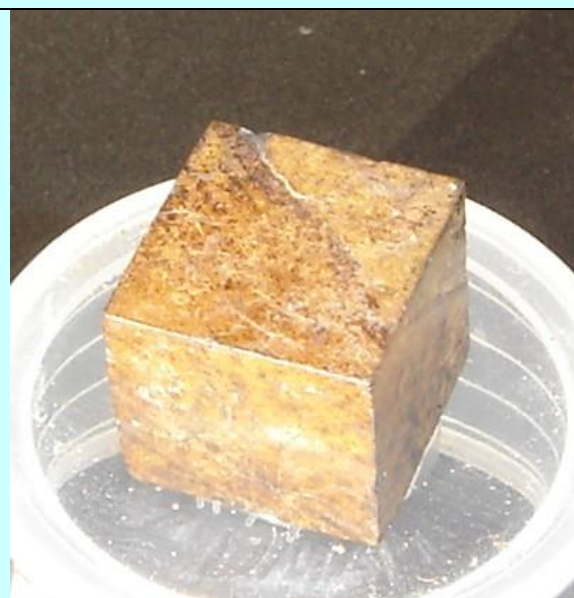


Figura 143- Cubo de pirita limonitizada. Luanda, Formiga –MG



Figura 144– Drusa de pirita limonitizada. Morro das Balas, Formiga- MG



Figura 145- Nódulos “geminados” de pirita limonitizada. Luanda, Formiga- MG

6) Marcassita limonitizada ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$): Até o momento esse material só foi localizado em maior quantidade na região da Luanda e em quantidades menores em Cunhas. Sua ocorrência se dá juntamente com a pirita cúbica e os agregados globulares que são endêmicos na região, mas não é são abundantes como eles. Semelhante ao hábito tradicional da marcassita que forma agregados conhecidos como crista de galo ou ponta de flecha, de aspecto bem curioso e atraente. Estes pseudomorfos apresentam interessantes grupamentos de cristais que formam maclas complexas em agregados bipiramidais quadrangulares com faces curvas e diversas figuras geométricas. Alguns formam agregados estrelados, como uma estrela tridimensional com várias pontas. É um material muito bonito e interessante e que felizmente já conseguimos intercambiar para várias coleções mineralógicas mundo a fora. O processo de substituição que ocorre nestas formas é o mesmo, sendo que o mineral que substitui o sulfeto de ferro é predominantemente de natureza óxi-hidróxido de ferro. Em Cunhas e próximo ao trevo de acesso para Pains foram coletados alguns destes agregados cristalinos.



Figura 146 – Pirita octaédrica limonitizada- Luanda, Formiga -MG (Foto de Rômulo Lubachesky)



Figura 147– Drusa de pirita octaédrica limonitizada – Luanda, Formiga – MG (Foto de Rômulo Lubachesky)

7) Pirita globular limonitizada (martita) ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$)—Sob essa nomenclatura são designados os agregados esféricos de pirita. Seu aspecto lembra um araticum e seu tamanho varia de alguns milímetros até cerca de 5 cm. É formada em camadas radiadas que irradiam de um núcleo ou centro decrescimento, sendo que os cristais bem conformados se destacam na última delas. Alguns espécimes são elipsoidais e mostram nitidamente um

capeamento de cristais bem formados sobre um substrato do mesmo mineral, estruturado radialmente. Sua coesão não é a mesma entre as camadas. Muitas estão bem hidratadas e alteradas, mas outras conservam um brilho submetálico. Há espécimes interessantíssimos que formam pseudo-geminados de duas, três ou mais “esferas”. Seus núcleos são amarelados e em espécimes recebidos de outras regiões os núcleos são vermelhos. Há aqui espécimes com núcleo vermelho. Esse núcleo é condutor de eletricidade, mas seu invólucro não é. Esse material foi muito bem recebido no meio especializado e levou o nome de Formiga para coleções mineralógicas e museus. Interessante acrescentar que algumas podem conter geodos de quartzo pós-formados.



Figura 148- Agregado globular de pirita (limonitizada). Morro das Balas- Formiga-MG



Figura 149- Pirita globular limonitizada - Morro das Balas, Formiga- MG



Figura 149- Pirita globular limonitizada - Morro das Balas, Formiga- MG



Figura 149- Pirita globular limonitizada - Morro das Balas, Formiga- MG

8) Calcita e dolomita - CaCO_3 e $[\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2]$ - Ocorrem na região da província cárstica do Grupo Bambuí. Pode formar belos veios com cristais romboédricos brancos ou cinzas em calcários diaclasados e fraturados. A calcita cristalizada ainda pode ser autigênica e formar belas massas cristalinas em espeleotemas e outros.



Figura 152- Veios de cristais de calcita em calcário calcítico. Pains- MG



Figura 153- Drusas de calcita-dente-de-cão- Córrego Fundo- MG



Figura 154- Drusas submilimétricas de calcita dente-de-cão em forma de estrela. Os cristais atapetam um pequeno geodo em paleossolo. Pains- MG



Figura 154a- Embora não seja um mineral na acepção do termo, cabe citar a ocorrência desta pérola aderida em molusco bivalve de água doce, coletado pelo autor durante a seca no lago de Furnas. Cunhas, Formiga- MG

9) Fluorita (CaF_2)– Ocorre associada à calcita em veios nos calcários alterados por processos metassomáticos de enriquecimento e alteração mineral. Cabe citar que a galena, a esfalerita e a calcopirita ocorrem assim também por aqui, na forma de impregnações hidrotermais.



Figura 155- Fluorita e calcita (branca) no calcário- CSN, Arcos- MG



Figura 155 b- Fluorita. Pains- MG

10)Manganocrete (Óxi- hidróxidos de Mn, Fe, Ba, K, Co, etc.) – Sob esta nomenclatura entende-se as mineralizações formadas por processos de lateritização e epigenéticos. Ocorrem no domínio sedimentar do município e são normalmente botrioidal (glóbulos de tamanhos variados). Há interessantes associações desse material com material de natureza limonítica, formando estruturas concêntricas ou então na forma de veios dentro de um invólucro limonítico. Ocorre também colorindo rochas diversas, em cavidades de filões de quartzo que cortam formações limoníticas e outros. Sua origem é de precipitação química e ou biológica, por processos já conhecidos de enriquecimento secundário por lateritização. Ocorre como agente cimentante em uma área consideravelmente grande, constituindo rochas muito interessantes sob aspectos morfológicos e genéticos.



Figura 156- Manganocrete botrioidal em quartzo- Morro das Balas, Formiga- MG



Figura 157- Óxi- hidróxidos de manganês em argilitos. Luanda, Formiga- MG



Figura 158- Drusa de óxi- hidróxidos de manganês (pirolusita?) atapetando geodo em brecha manganesífera de clastos de quartzo- Morro das Balas, Formiga- MG

11) Ilmenita (FeTiO_3)- Ocorre junto com a magnetita nas areias do município e é mineral acessório em diversos tipos de rochas, particularmente as máficas como os gabros, basaltos e diabásios. Em termos práticos, a ilmenita reage ao campo magnético de um ímã comum, mas não é atraída por ele e essa é uma técnica muito rústica para detecta-la em uma mistura de minerais pesados (densos) no solo.



Figura 159- Cristal de ilmenita. Formiga- MG

12) Pirofilita maciça – Ocorre na região da Luanda, próximo a divisa com a cidade de Arcos-MG. É bem semelhante à conhecida pedra-sabão (esteatito), sendo que a diferença está no metal da molécula. No caso da pirofilita é o alumínio e não o magnésio. Ela pode ser usada na confecção de tijolos refratários para fornos de cal e similares. É bem mole e pode ser facilmente trabalhada com qualquer instrumento perfuro –cortante. Quando na forma bem cristalizada, forma interessantes agregados radiais.



Figura 160- Pirofilita maciça (4cm)- Luanda, Formiga- MG



Figura 161- Pirofilita maciça. Padre Doutor, Formiga- MG

13)Muscovita – é a popular mica chamada popularmente de malacacheta e ocorre, por exemplo, no Morro das Balas, bem próximo a granja do grupo Arlindo de Melo. Sem aplicação comercial por aqui já que suas dimensões e frequência não tornam possível sua comercialização.



Figura 162- Muscovita. Loanda, Formiga- MG

14)Biotita – é uma mica negra, comum e que entra na composição de diversas rochas ígneas e metamórficas. Esta mica ocorre em toda a região do complexo cristalino e é bem frequente em micaxistos de nosso município. Sua alteração química origina vermiculitas, que tem uma coloração bronzeada.

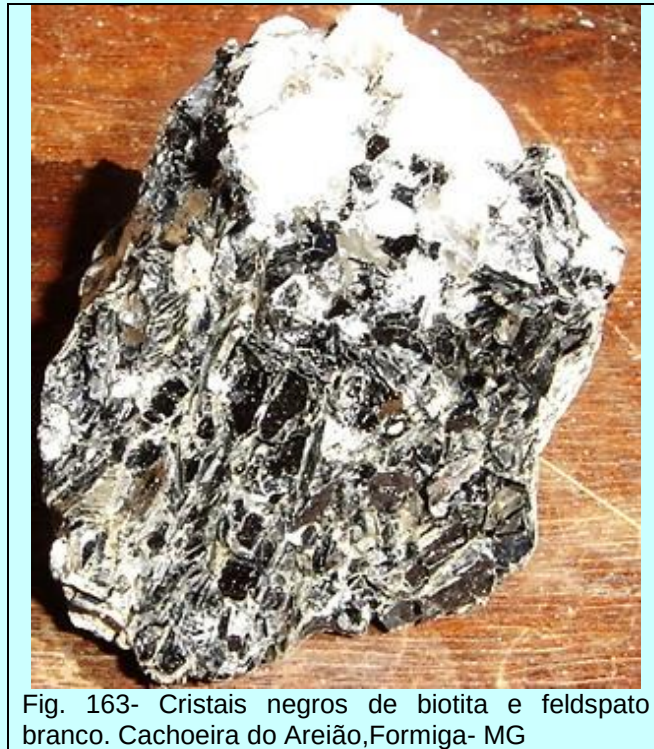


Fig. 163- Cristais negros de biotita e feldspato branco. Cachoeira do Areião, Formiga- MG

15)Caulim- originário da decomposição química dos feldspatos das rochas graníticas, ocorre amplamente por exemplo no morro do Cristo e em todas as localidades graníticas. Sua associação com os outros produtos da meteorização dos granitos recebe o nome de saibro.



Figura 164- Caulim branco. Papagaios, Formiga- MG

16) Limonita- na verdade não é um mineral simples, mas uma mistura de óxidos hidratados de ferro, sendo o mais frequente a Goethita. Usa-se este termo para designar o material que fica entre o laterito e a goethita propriamente dita. A limonita é muito encontrada na região da Luanda e vários outros locais no nosso município. Muitas delas são bem compactas e apresentam bordos cortantes. Antigamente era usada para obter o pigmento para a tinta xadrez, assim como o ocre. Seu pó é amarelo, mas se aquecido perde água e fica vermelho escuro. Pode ser usado como pigmento para pinturas em tela também. Quase sinônimo de laterito.



Figura 165-Limonita maciça- Luanda, Formiga- MG

17)Feldspato potássico- Nas fraturas graníticas é onde eles (os tipos de feldspatos) se destacam em cristais maiores, em diques pegmatíticos preenchendo fraturas. São bem comuns e alguns são bem bonitos. Representam os principais minerais das rochas ígneas e são eles que determinam a coloração das mesmas. Podem ser potássicos (ortoclásio e microclina) ou calcossódicos (albita -anortita). Quanto mais próximos da anortita, normalmente mais máficas são as rochas que os contém.



Figura 166 -Feldspato róseo potássico- sódico (ortoclásio- microclina) em rocha granito- gnáissica. Cachoeira da Ponte de Ferro, Formiga- MG



Figura 167- Veio quartzo- feldspático preenchendo fratura em rocha granito- gnáissica- Cachoeira da Ponte de Ferro, Formiga- MG

- 18) Feldspato cálcico- Ocorre como fenocristais em rochas gabróicas do município. Estão saussuritizados.



Figura. 168- Fenocristal tabular “dente de cavalo” de plagioclásio cálcico (bitownita-anortita) com 3,5 cm em gabro- Cachoeira da Cerâmica, Formiga- MG



Figura. 169- Fenocristal tabular “dente de cavalo” de plagioclásio cálcico (bitownita- anortita) de grandes proporções em gabro- Cachoeira da Cerâmica, Formiga- MG



Figura. 170- Fenocristal tabular “dente de cavalo” de plagioclásio cálcico (bitownita-anortita) em gabro- Cachoeira da Cerâmica, Formiga- MG



Figura. 171- Fenocristal tabular “dente de cavalo” de plagioclásio cálcico (bitownita- anortita) com 3,5 cm em gabro- Cachoeira da Cerâmica, Formiga- MG

- 19) Feldspato sódico-** Ocorre associado ao feldspato potássico em rochas granitóides do município.
- 20) Microclina-** Um polimorfo triclínico do ortoclásio. Na figura abaixo os cristais eudrais se destacam numa rocha filonar placóide.



Figura 172- Placa com cristais triclínicos de microclina. Ocorre entre camadas de sedimentos pelíticos da Formação Serra de Santa Helena. Morro das Balas, Formiga- MG

- 21) Vermiculita-** Produto da alteração de micas escuras. Não tem importância econômica aqui, mas vale a pena citar como curiosidade. Ocorre em perfis de solos bem jovens como produto de intemperismo. É comum no Morro da Melancia.



Figura 173- Vermiculita. Morro da Melancia, Formiga- MG

22)Goethita- Mineral presente em diversos tipos de solo, ela se apresenta de formas muito atraentes, seja fibrorradiada ou em minúsculos cristais isolados. Em crostas ferruginosas de Morro das Balas sua presença é constante.



Fig. 174- Espeleotemas goethíticos/ hematíticos atapetados por drusas de goethita sem crescimento orientado. Morro das Balas, Formiga -MG

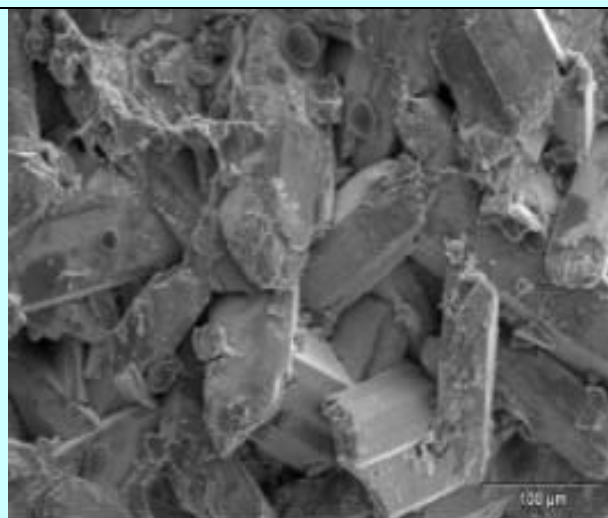


Fig. 175- Fotomicrografia por microscopia de varredura evidenciando cristais prismáticos de goethita. Morro das Balas, Formiga –MG



Fig. 176- Cortes transversais em espeleotemas fibrorradiados de goethita associada ao quartzo (branco). Morro das Balas , Formiga- MG

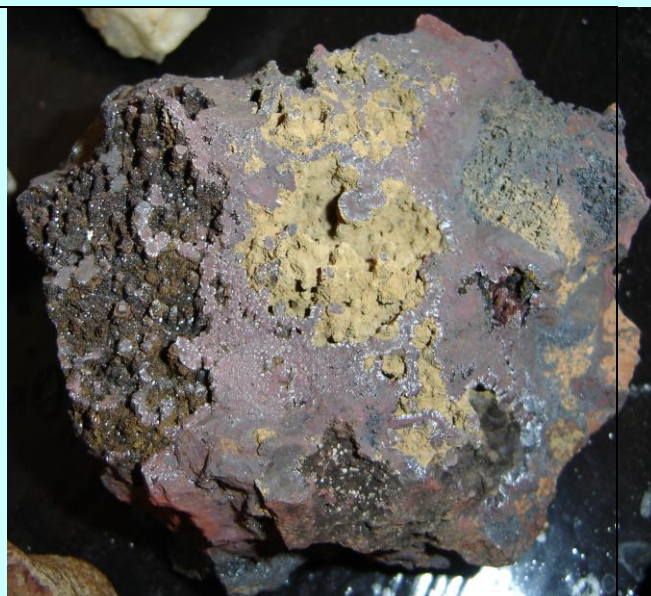


Fig. 177- Crosta ferruginosa densa contendo goethita e hematita cristalizadas. Morro das Balas , Formiga- MG



Fig. 178- Espeleotemas compostos cujo núcleo é goethita globular e o invólucro é quartzo. Morro das Balas, Formiga-MG

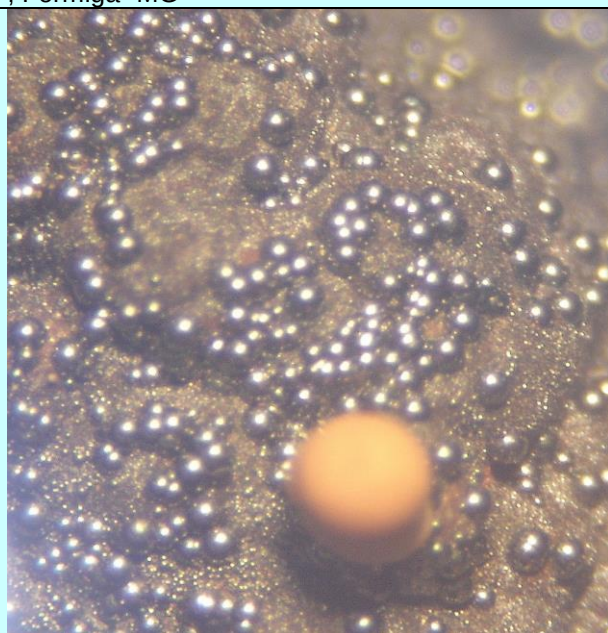


Fig. 179- Esferas submilimétricas de goethita/hematita e estrutura semelhante a fungo- Morro das Balas, Formiga- MG



Figura 180- Cavidade atapetada de estruturas hemisféricas submilimétricas de goethita e hematita em crosta ferruginosa. Notar o brilho intenso- Morro das Balas, Formiga- MG

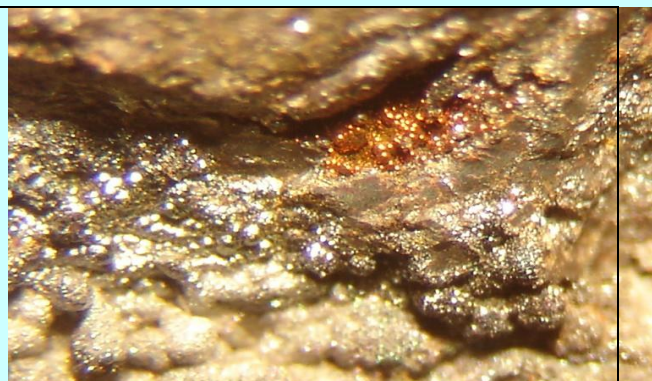


Figura 181- Cavidade atapetada de esferas submilimétricas irizadas em vermelho de goethita/ hematita em laterito- Morro das Balas, Formiga- MG



Fig. 182- Cavidade atapetada de estruturas botrioidais de goethita/ hematita em crosta ferruginosa- Morro das Balas, Formiga- MG

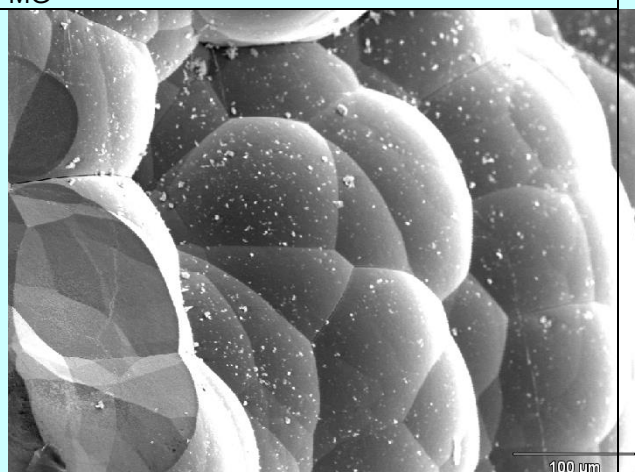


Fig. 183- Fotomicrografia por microscopia de varredura de esferas submilimétricas de goethita- Morro das Balas, Formiga- MG



Figura 184- Cavidade atapetada por cristais de goethita/ hematita- Morro das Balas, Formiga- MG



Figura 185- Estalactite de cristais de goethita/ hematita. Morro das Balas, Formiga- MG

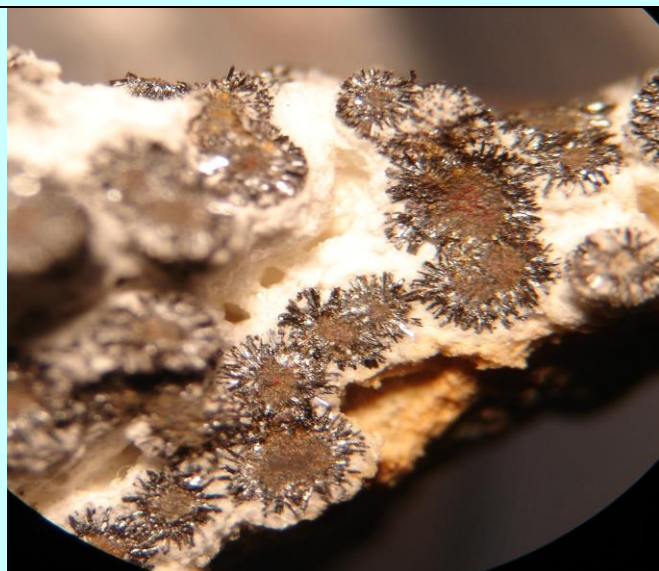


Fig. 186- Estalactites exibindo sóis de cristais aciculares de goethita submilimétricos revestidos por quartzo branco- Morro das Balas, Formiga-MG

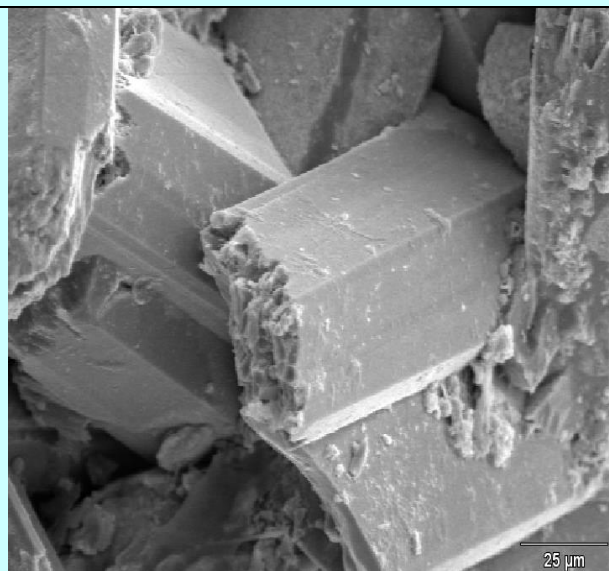


Figura 187- Fotomicrografia de cristais de goethita/ hematita submilimétricos com hábito ortorrômbico. Morro das Balas, Formiga- MG

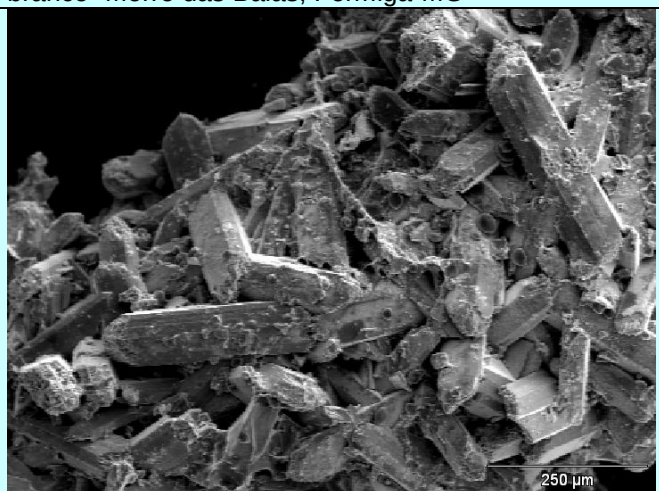


Figura 188- Fotomicrografia dos cristais de goethita/ hematita submilimétricos em estalactite na crosta ferruginosa. Morro Das Balas, Formiga- MG



Figura 189- Fotomicrografia de estrutura encontrada sobre goethita. Sob o feixe de elétrons, explodiram. Talvez sejam fungos- Morro das Balas, Formiga- MG

23) Hematita – A hematita ocorre intimamente associada à goethita e é ela , juntamente com a maghemita que dá a coloração vermelha aos solos. Em crostas ferruginosas, o grau de hidratação é diferenciado e, quando quase ausente, forma-se a hematita supérgena (ferricrete).



Figura 190- Hematita ferricrete (11cm). Morro das Balas, Formiga- MG

24)Granada- Durante algum tempo a presença deste mineral comum não havia sido detectada macroscopicamente em rochas, mas em recente campo geológico foram encontrados diversos porfiroblastos de granada avermelhada em alguns litotipos metamórficos da localidade da Serrinha. Em várias rochas a erosão destacou diversos destes cristais subeuédricos, os quais ficam em alto-relevo na rocha. A maioria está muito intemperizada e pseudomorfisada em limonita, o que leva a crer que sejam granadas do grupo da almandina, ricas em ferro. Ao se partir rochas frescas, os mesmos cristais se destacam em seu interior, exibindo cor vermelha-violácea, com diâmetros variando de 1mm a 25mm. Embora até o presente momento não tenha sido feita análise pormenorizada da rocha, em breve será feita.



Figura 191- Rocha metamórfica exibindo dobramentos e porfiroblastos centimétricos de granada vermelha violácea, não pseudomorfisados. Cachoeira da Serrinha, Formiga- MG



Figura 192- Porfiroblastos (1cm) de granada pseudomorfisada em goethita em rocha metamórfica magnética (BIF silicática?). Cachoeira da Serrinha, Formiga- MG



Figura 193- Agrupamentos de granadas (2-3 mm) pseudomorfisadas em goethita em rocha metamórfica. Serrinha, Formiga- MG

24) Siderita- Este mineral é um carbonato de ferro de fórmula FeCO_3 e, até o momento, só foi detectado em cavidades no interior de crostas ferruginosas de Morro das Balas e está intimamente relacionada com as mineralizações de goethita e quartzo presentes nas mesmas. Seus cristais são submilimétricos como os demais e formam drusas complexas, exibindo planos de clivagem. Sua composição química foi

determinada através de EDS acoplado a microscópio de varredura. Ela se apresenta em romboedros curvos.



Figura 194- Espaleotema atpetado de cristais marrons de siderita- Morro das Balas, Formiga- MG

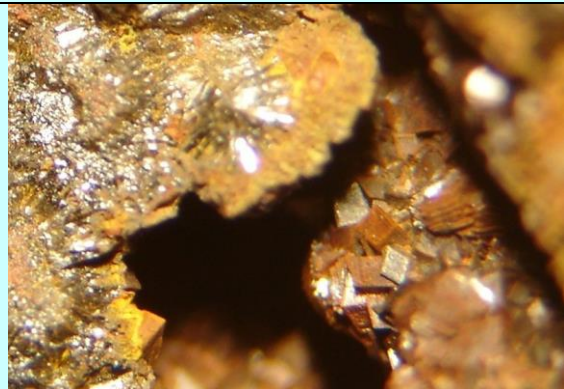


Figura 195- Romboedros de siderita em geodo na crosta ferruginosa- Morro das Balas, Formiga- MG

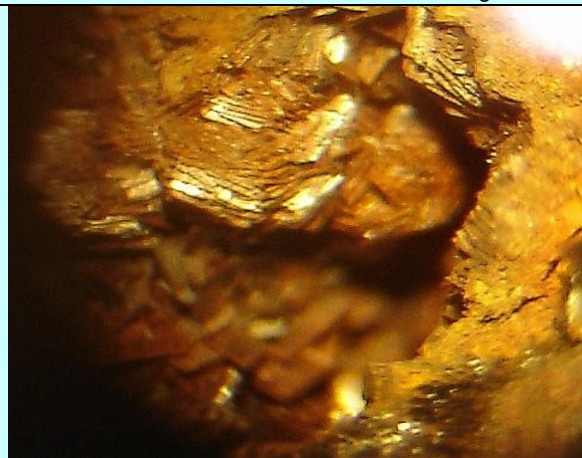


Figura 196- Cristais romboédricos de siderita em crosta ferruginosa. Estes cristais atpetam geodos e espaleotemas. Morro das Balas, Formiga- MG

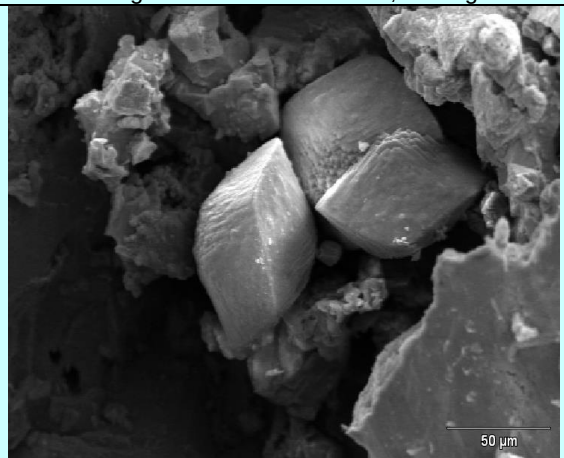


Figura 197- Fotomicrografia por MEV evidenciando romboedros curvos com planos de clivagem de siderita- Morro das Balas, Formiga- MG

25)Epídoto- O metamorfismo causou transformações nos protólitos do sul do município, sendo mineralizados por metassomatização em diversos locais, formando minerais característicos em rochas básicas e ultrabásicas (saussuritização e uralitização). Dentre eles, o epídoto já foi descrito neste trabalho associado a outros minerais na rocha epidosito. No ano de 2018 o epídoto foi descrito por este autor em uma ocorrência em Morro das Pedras, onde se apresenta em cristais euhedrais verde oliva, bem próximo à divisa com o município de Itapecerica.



Figura 198- Drusa de cristais de epídoto sobre epidósito. Amostra com 11 cm.



Figura 199- Drusa de cristais de epídoto. Amostra com 7 cm.



Figura 200- Drusa de cristais de epídoto em forma de leque. Amostra com 2,5 cm.



Figura 201- Drusa de cristais de epídoto sobre quartzo, com alguns inclusos. Amostra com 3 cm.



Figura 202- Epídoto incluído em quartzo. Amostra lapidada com 1,3 cm.



Figura 203- Epídoto incluído em quartzo. Amostra com 2 cm.

- 26)** Clorita- A clorita é encontrada em associação com o epídoto em epidiositos e também como inclusão em quartzos do município. Na comunidade de São Pedro é comum se encontrar a clorita como inclusão em cristais de quartzo. Pode estar oxidada, adquirindo cor vermelha- purpúrea característica.



Figura 204- Quartzo com inclusões cloríticas. São Pedro, Formiga- MG



Figura 205- Quartzo com inclusões cloríticas. São Pedro, Formiga- MG

- 27)** Schorl- Até o momento encontrado apenas em micaxistos da região de Luanda, em pequenos cristais.
- 28)** Anfibólio- Encontrado em grandes agregados de cristais em rochas do complexo metamórfico da Serrinha.



Figura 205- Cristais de anfibólio. Aterro sanitário, Serrinha, Formiga- MG

- 29)** Piroxênio- Ocorre como cristais já hidrotermalizados em rochas na Serrinha, possivelmente Ribeirão dos Motas.



Figura 206- Piroxênio anfibolitizado. Serrinha, Formiga- MG

30) Asbesto- Mineral do grupo actinolita/ tremolita ocorre em epídotos de Morro das Pedras, tanto como inclusão



Figura 207- Bissolita (actinolita-tremolita) no epídoto. Morro das Pedras, Formiga- MG



Figura 208- Bissolita (actinolita-tremolita) no epídoto. Morro das Pedras, Formiga- MG



Figura 209- Microfotografia de bissoita. Morro das Pedras, Formiga- MG. Imagem de Fernando Brederodes

31) Gibbsita- É encontrada como concreções de dimensões variadas na região de Morro das Pedras, cerca de 9 km da zona urbana de Formiga. A mineralização está sotoposta a rochas gnaissóides e litotipos silicatados. Para a concentração do hidróxido de alumínio é necessária uma boa drenagem para que a lixiviação seja tão intensa que permita a concentração de compostos insolúveis por lateritização. O termo bauxita é utilizado para a mistura de óxi-hidróxidos de alumínio e ferro formada também a partir do intemperismo sobre rochas aluminosas. A gibbsita é o mineral predominante.



Figura 210- Concreção de gibbsita e óxi-hidróxidos de alumínio. A impregnação vermelha é de óxidos de ferro. Morro das Pedras, Formiga- MG



Figura 211- Concreção de gibbsita e óxi-hidróxidos de alumínio. Morro das Pedras, Formiga- MG

O quartzo, a barita e a grafita já foram muito explotados no passado e alguns antigos garimpeiros ainda possuem em suas casas caixas cheias de cristais de quartzo, conforme já foi constatado. O quartzo era muito utilizado em osciladores na indústria eletrônica, devido a sua piezoeletricidade e outras propriedades elétricas que eram utilizadas em equipamentos eletrônicos, principalmente rádios.

Existem outras ocorrências minerais que foram relatadas por pessoas mais vividas e também por ex-garimpeiros, mas que ainda não confirmadas pelo autor, motivo pelo qual não serão citadas aqui até sua confirmação *in loco*. Existem várias possibilidades de novas ocorrências ainda não conhecidas e que podem trazer surpresas agradáveis, embora mirar as grandiosas paisagens deste município e adjacências já seja por si só mais que surpreendente, uma dádiva dos céus.

32) Rutilo- Encontrado como inclusão em alguns quartzos, como figura abaixo.



Figura 212- Inclusões de rutilo em ametista. São Pedro, Formiga- MG

33) Wavelita- Ocorre na forma de porfiroblastos em xisto grafitoso, na Loanda.



Figura 213- Porfiroblastos radiais de wavelita em xisto grafitoso. Loanda, Formiga- MG

34) Melanterita, halotriquita, pickeringita, epsomita, alunogênio e secundários- Em rochas máficas da região da Serrinha ocorrem sulfetos instáveis que, expostos ao ar, oxidam e formam compostos diversos, dentre eles minerais do grupo da melanterita. O aspecto na rocha é como um bolor branco.



Figura 214- Melanterita, halotriquita e outros minerais secundários desenvolvidos a partir da oxidação de pirita em rocha máfica/ ultramáfica. Serrinha, Formiga- MG.



Figura 215- Melanterita, halotriquit e secundários. Serrinha, Formiga- MG.

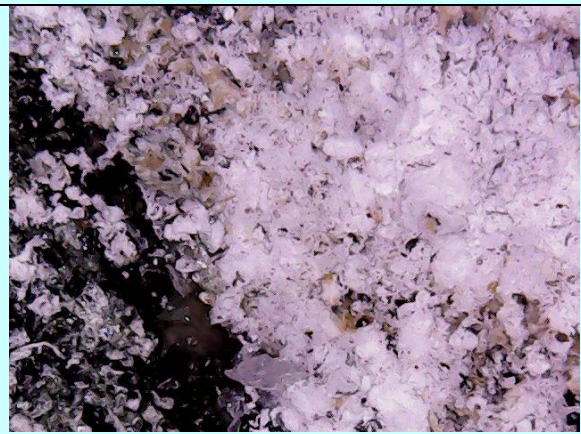


Figura 216- Melanterita, halotriquit e secundários. Serrinha, Formiga- MG

- 35) Manganita, torodokita- Presentes em agentes cimentantes manganesíferos da região. Determinados por difração de raio- X em pesquisa da UFMG por RESENDE & CHAVES (2021).



Figura 217- Brecha cimentada por manganita e torodokita. Padre Doutor, Formiga- MG

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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*, v.90, p.29-58, 1998.

AMBROSI, A. ; NAHON,D. **Petrological and geochemical differentiation of lateritic iron crust profiles**. *Chemical Geology*, v.57, p. 371-393, 1986.

BRANCO, P.M. **Dicionário de mineralogia**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 1982. 264p.

COMIG, Companhia Mineradora do Estado de Minas Gerais. **Mapa Geológico do estado de Minas Gerais**. Edição especial, 2003, BRASIL.

COSTA, M. L. **Aspectos Geológicos dos lateritos da Amazônia**. *Revista Brasileira de Geociências* vol. 21, p.146-160, 1991.

DANA, J.D. **Manual de mineralogia**. Rio de Janeiro: Livros técnicos e Científicos, 1978. 42p.

DEER, W.A. **Minerais constituintes das rochas**. 1. ed. Lisboa Fundação Calouste Gulbenkian, 1981. 558 p.

FONSECA, Anísio Cláudio Rios. **Morfologia de rochas lateríticas de Morro das Balas, município de Formiga-MG**. 2005. 30p. (Monografia- Curso de especialização em solos e meio-ambiente). Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais.

FONSECA, Anísio Cláudio Rios. **Tópicos sobre a ocorrência de um metadiabásio (porfiróide) no município de Formiga, estado de Minas Gerais**. 2004. *Revista Conexão Ciência*.

LEINZ Victor & AMARAL, Sérgio E. **Geologia geral**. 11. ed. São Paulo: Nacional, 1989. 397 p.

LEINZ, Victor & 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, 1983. vol. 32, p. 27- 324

MISI, A.; IYER, S.; TASSINARI, C. **Dados isotópicos de chumbo em sulfetos e a evolução metalogenética dos depósitos de zinco e chumbo das coberturas neoproterozóicas do cráton do São Francisco**. *Revista Brasileira de Geociências*, 2004. vol. 34 p. 263-274.

GEOMINAS, Engenharia e consultoria Ltda; MINISTÉRIO DO INTERIOR; PREFEITURA MUNICIPAL DE FORMIGA. **Plano de Ação Imediata**. Belo Horizonte, 1972. 2 vol.

RESENDE, L.C, CHAVES, A.O. **Origin and metamorphism of graphite from Formiga, Minas Gerais (Brazil)**. Brazilian Journal of Geology. Janeiro de 2021.

SUGUIO, K.; BARBOUR, A . P. **Morfologia e gênese das estruturas limoníticas dos sedimentos da Bacia de São Paulo**. Anais... Academia Brasileira de Ciências, v. 41, n. 2, p. 161-180.

WINGE, Manfredo. **Glossário Geológico Ilustrado**. Brasília, 2001. Disponível em: <<http://www.unb.br/ig/glossario/>>. Acesso em 12 dezembro 2007.

Pedologia do município de Formiga; aspectos físicos e ambientais.

Introdução:

A importância do estudo sistemático dos solos a nível regional tem aumentado a cada ano devido ao fato de que, devido às práticas culturais inadequadas e manejo muito aquém do ideal, tanto a zona rural como a zona urbana tem perdido parcelas consideráveis de solo devido aos diferentes processos erosivos que se instalam. Voçorocas de tamanho impressionante dominam muitos pontos da paisagem, inclusive na zona urbana. As consequências disto a médio e longo prazo são as mais variadas possíveis, tanto em nível financeiro como ambiental. A petrologia e a pedologia são as ferramentas de conhecimento para que se possa avaliar determinado solo em termos científicos e, a partir daí, conjugar com os conhecimentos práticos para que se dê a melhor destinação possível ao solo em questão.

Geneticamente os solos do município de Formiga estão divididos em classes consoantes a geomorfologia dominante. No domínio do embasamento cristalino, predominam argissolos, cambissolos e neossolos litólicos, além de latossolos, subordinadamente. O relevo movimentado do sul do município faz com que neossolos litólicos e cambissolos dominem parte da paisagem, além dos argissolos e neossolos

flúvicos nas coberturas do quaternário. Os neossolos flúvicos e gleissolos ocorrem nas zonas de coberturas flúvio-lacustres quaternárias e os latossolos dominam boa parte das coberturas sedimentares, mas ocorrem em todas as outras áreas onde o relevo o permite.

1) Discriminação das unidades:

1.1) O Complexo Cristalino Arqueano indiviso e seus solos

Conforme preconizado nos textos referentes à geologia geral do município, os solos serão agrupados conforme estes domínios. É muito importante frisar que, dependendo da estrutura da rocha que origina o solo, ela muitas vezes empresta ao mesmo uma estrutura³⁷ remanescente que será importante no planejamento do manejo deste solo. Rochas diaclasadas³⁸, com fortes mergulhos tendem a emprestar uma estrutura algo colunar a estes solos, não excluindo aqui o fato de que eles podem desenvolver estruturas por diagênese³⁹. O ângulo de mergulho da rocha, bem como a presença de foliação pode alterar a velocidade do intemperismo sobre ela, sendo que solos de mesma idade situados sobre porções da rocha em diferentes situações de mergulho podem sim, apresentar profundidades e graus evolutivos diferentes. Considerando um mesmo relevo, a rocha que expõe sua foliação e orientação preferencial aos agentes intempéricos tende a se decompor mais rapidamente. Micaxistos e filitos são os exemplos mais claros disto, incluindo também rochas gnáissicas.

³⁷ Em petrografia e pedologia, estrutura é entendida como a forma com que os constituintes se arranjam, ou seja, é o arranjo da textura

³⁸ Fraturas extensas que formam planos onde a rocha se partirá preferencialmente. Normalmente as diáclases são orientadas consoante o esforço tectônico que as produziu.

³⁹ Processo químico e estrutural que ocorre à temperatura ambiente, por gênese sedimentar.



Figura 218 - Aspecto de um dos afloramentos de BIF- notar o solo mais abaixo, avermelhado, originado de um metadiorito- gabbro (PLANO PAI, 1972) que acompanha o corpo da BIF mais acima. Serrinha, Formiga- MG

A fotografia acima ilustra um caso interessantíssimo onde duas rochas bem diferentes em termos mineralógicos originaram solos macroscopicamente parecidos. O solo da parte superior da fotografia é derivado de gnaisses biotíticos, biotita-xistos e formações ferríferas bandadas, onde a idade das últimas está estimada entre 1,8 a 3,5 bilhões de anos e ricas em quartzo e óxidos de ferro, principalmente magnetita. Foi outrora uma área de empréstimo⁴⁰, o que agravou o problema erosivo no local. Atualmente se encontra coberto por uma plantação de eucaliptos. O solo situado na parte inferior da fotografia é derivado de rocha de composição aparentemente anfibolítica, sem excluir a possibilidade de outros minerais máficos estarem associados, metamorfisada, bem foliada, mais pobre em quartzo, com uma granulometria milimétrica a submilimétrica. Não apresenta nenhuma atração quando submetida ao campo magnético de um magneto comum. A descrição geológica contida no PLANO PAI, de 1972, cita uma intrusão diorítica

⁴⁰ Local onde se retira terra e rochas para utilização em obras diversas

associada a uma “ocorrência de ferro magnética”, a qual é descrita aqui como BIF (Banded iron formation). Dada a extensão da mesma e da falta de análises petrográficas até o momento, é difícil afirmar com certeza que a rocha descrita anteriormente se trate da mesma ocorrência diorítica citada. Diques básicos anfibolitizados constantes no Plano de Ação Imediata podem ser constatados sem dificuldade próximo à ponte da usina velha.

Na região de Cachoeira do Areão, onde está instalada atualmente a fábrica de carbonato de Cálcio Santa Rita, existe uma bacia que acumula sedimentos fluviais e aluviais quaternários e, na fotografia abaixo, o perfil de solo é composto de duas frações distintas; um neossolo desenvolvido a partir de material coluvial⁴¹ e aluvial. Logo abaixo existem níveis de argila, areia e seixos quartzosos depositados em perfis meandранtes⁴² de um afluente do rio Formiga.



Figura 219- Perfil de neossolo flúvio -coluvial onde o nível de seixos e areia se eleva até 4,20m do plano. Área da fábrica de carbonato de cálcio, Cachoeira do Areão, Formiga -MG

⁴¹ Sedimentos removidos das áreas de maior cota topográfica e depositados em áreas de menor cota.

⁴² Antigos leitos abandonados do rio



Figura 220 - Perfil de cascalho quartzoso parcialmente polido pelas águas situado no neossolo da figura anterior.



Figura 221 - Outro aspecto do mesmo local- notar a horizontalidade dos sedimentos clásticos. Solos assim ostentam uma vegetação mais pobre, se não estão cobertos por sedimentos coluviais.

No aspecto de caracterização dos diversos solos do município, os argissolos⁴³ são comuns em localidades onde o relevo é um pouco mais movimentado, onde a relação erosão/pedogênese⁴⁴ é mais afetada por processos erosivos. Já os Cambissolos são comuns nas regiões da Serrinha e adjacências. Neossolos litólicos e Cambissolos ocorrem nestas áreas de relevo movimentado, com altas taxas de erosão. Já os Latossolos abundam onde o relevo é mais suave e, conseqüentemente, menos susceptível aos processos erosivos, o que permite uma evolução estrutural nestes solos, o que culmina com um perfil bem profundo e lixiviação em estado adiantado. Ainda assim, muitos conservam uma boa fertilidade natural devido à mineralogia do protólito. As regiões de Pontevila, Vendinha, Boa Esperança, entre

⁴³ Argissolo é o termo técnico moderno introduzido pela EMBRAPA e significa o mesmo que podzólico.

⁴⁴ Processo de formação de solos

outras, possuem abundantes latossolos vermelhos. Já nas regiões de Barra Mansa, Luanda, Cachoeira do Areão e proximidades da cidade predominam latossolos amarelos e vermelho –amarelos, além de argissolos.

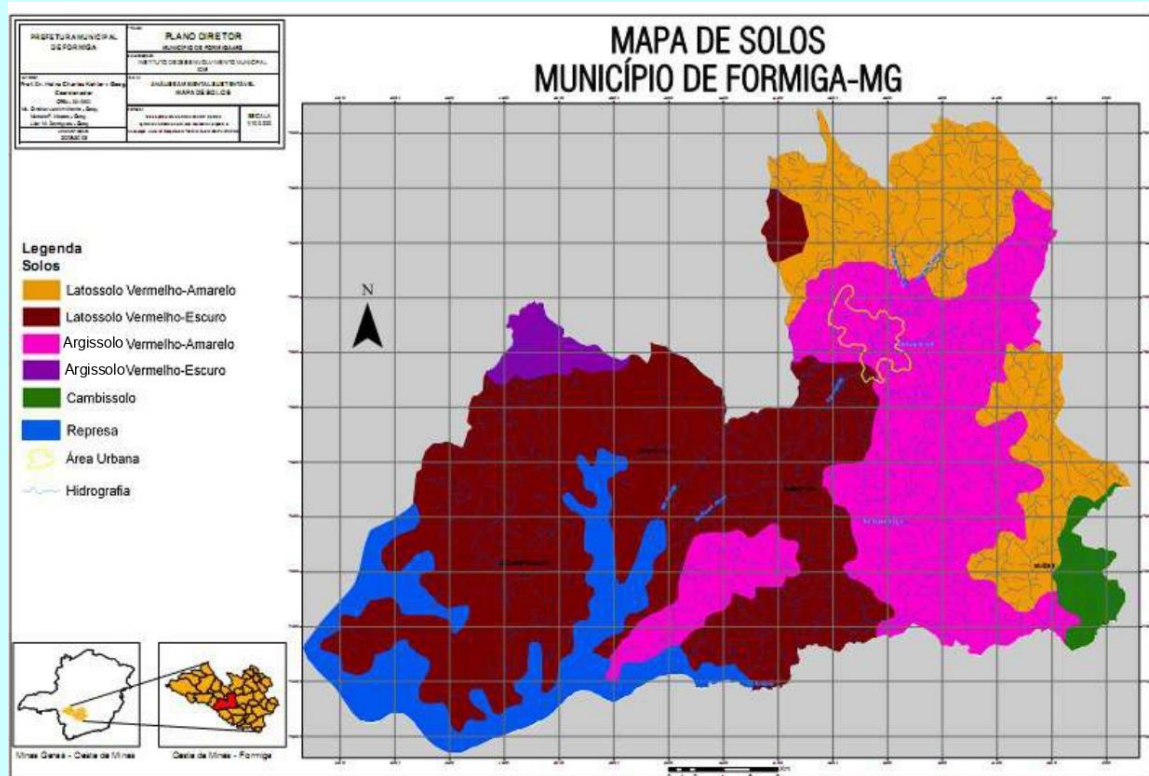


Figura 222- Mapa de solos (geral) do município de Formiga (Modificado de Kohler *et al*, 2006). O termo podzólico está em desuso, sendo substituído por argissolo. Fonte: Plano diretor do Município de Formiga, 2006. disponível em www.formiga.mg.gov.br

De modo geral, os feldspatos, micas, piroxênios e anfibólios presentes nas rochas do embasamento cristalino vão originar pelo intemperismo basicamente minerais de argila, ou seja, as argilas propriamente ditas. Já o quartzo não se altera em condições ordinárias, sendo modificado apenas por processos de polimento e transporte, vindo a ser o principal constituinte das areias. O equilíbrio entre as frações argilosas, siltosas e arenosas de qualquer solo é que vão situa-lo em termos de classificação textural. Em termos de porosidade, solos mais arenosos terão predominância de macroporos, enquanto que solos mais argilosos tenderão a ter mais microporos. Quando a argila forma agregados, pode se comportar como fração areia e enganar o observador em um primeiro momento. Abaixo estão algumas tabelas

utilizadas para padronização de diâmetro das partículas do solo. Estas tabelas foram adaptadas do site da MINEROPAR -Minerais do Paraná.

Tabela I- Escala de Atterberg

Denominação	Diâmetro
Areia grossa	2,0 – 0,2 mm
Areia fina	0,2 – 0,02 mm
Silte	0,02 – 0,002 mm
Argila	< 0,002 mm

A escala acima é muito utilizada em geociências, mas para pedologia as duas escalas abaixo são mais utilizadas atualmente.

Tabela II- Escala de Wentworth

Denominação	Diâmetro
Matacão	> 256mm
Bloco ou calhau	64mm – 256mm
Seixo	4mm – 64 mm
Grânulo	2mm – 4 mm
Areia	0,064 mm – 2mm
Silte	0,004 – 0,064 mm
Argila	< 0,004 mm

Tabela III- Departamento de solos da UFLA

Denominação	Diâmetro
Areia	2mm – 0,053 mm
Silte	0,053 – 0,002 mm
Argila	< 0,002 mm



Figura 223 - Voçorocamento em fase inicial instalado em latossolo vermelho-amarelo, cambissolo e neossolo litólico. A parte mais clara da fotografia evidencia rocha de composição granítico-gnáissica intemperizada, próximo ao Pesque-pague Silveira.



Figura 224 - Processo erosivo instalado em latossolo às margens da MG 050, causado por obras que deixaram o perfil muito verticalizado e susceptível à fatores erosivos, Cachoeira do Areião, Formiga- MG.



Figura 225- - Aspecto da área de transição da rocha-matriz e solo propriamente dito. Os líquens estão assentados sobre a rocha intemperizada. Foto tirada às margens da MG 050, Cachoeira do Areião, Formiga-MG.



Figura 226 - Aspecto estrutural ressaltado pela erosão diferencial em latossolo amarelo, onde a estrutura do solo pode ser herdada em parte da rocha-matriz. Foto tirada às margens da MG 050, Cachoeira do Areião, Formiga -MG



Figura 227 - Afloramento de rocha ultrabásica. O solo ainda não evidencia macroscopicamente o caráter da rocha que o originou porque ainda é muito jovem e pouco evoluído. Bairro Maringá, Formiga - MG	Figura 228 – Solo cambissolo oriundo de metadiabásio blasto-porfirítico situado à BR 354, próximo ao trevo de acesso para Campo Belo. No alto, neossolo litólico. Formiga-MG
 Figura 229 Aspecto erosivo em solos próximos à saída para Campo Belo, possivelmente causado pelo pisoteio excessivo de animais. Formiga-MG	 Figura 230- Neossolo e Cambissolo no aterro sanitário. Serrinha, Formiga- MH

1.2) A Bacia Sedimentar e seus solos:

Para compreensão do relevo e dos tipos de solos que ocorrem na bacia sedimentar em território formiguense, um estudo petrológico se faz necessário, sem que para isso seja preciso recorrer a descrições muito aprofundadas e que fogem ao objetivo deste capítulo. Municípios fronteiriços dividem também diversos aspectos da geologia local. As rochas da bacia sedimentar estão inseridas na seguinte classificação: Supergrupo São Francisco, Grupo Bambuí, Subgrupo Paraopepa, Formação Serra de Santa Helena e Formação Sete Lagoas.

A Formação Sete Lagoas é caracterizada por calcários, dolomitos⁴⁵ e pelitos do Proterozóico Superior e a Formação Serra de Santa Helena é caracterizada por rochas pelíticas bem estratificadas (Siltito cinza maciço, Folhelho cinza a verde escuro, piritoso, muito duro Marga cinza escura gradando a calcilutito, segundo a Carta Estratigráfica da Bacia do São Francisco modificada de Braun et al., 1990).

⁴⁵ Rocha carbonática que sofreu processo de dolomitização, onde o magnésio da água do mar substitui os íons cálcio presentes na calcita

Köhler (2006), durante levantamento de campo feito para o Plano Diretor do município de Formiga, classificou os sedimentos argilosos da região de Boa Esperança, Ponte Vila, Frazões, entre outras, como Formação Vespasiano, embora conste nos mapas como Paraopeba indiviso, dada uma certa heterogeneidade.

A feição petrográfica da bacia sedimentar conhecida como Grupo Bambuí da região do município é muito importante devido às suas abundantes reservas de calcário. Esse calcário (em parte meta-calcário (devido a processos de metamorfismo de baixo grau) representava uma riqueza e fonte de divisas muito importantes para o município de Formiga, dada a sua qualidade e facilidade de exploração, pois os maciços estão acima do nível do solo. Com o desmembramento do município de Córrego Fundo, as jazidas mais importantes de calcário do município de Formiga passaram a pertencer àquele, diminuindo muito, bem como a arrecadação de ICMS sobre o produto bruto e industrializado.

O calcário é assim definido de maneira simplificada para facilitar a compreensão, mas o que acontece é que a sua composição mineralógica vai variando com a profundidade, pelo fato de certos carbonatos (o de cálcio, por exemplo) serem mais solúveis do que outros, além do fato de que extratos da rocha foram depositados em intervalos distintos do tempo geológico, variando assim sua composição mineralógica. São suprimidos aqui vários termos, tais como meta-calcário, pois os mesmos apresentam-se com grau incipiente de metamorfização. Assim, um corte em uma pedreira vai exibir em seus extratos calcários com diferentes teores de cálcio, magnésio, sílica e outros. Níveis de calcário estromatolítico⁴⁶ dolomitizado⁴⁷ são observados nas pedreiras também.

⁴⁶ Que contém estruturas fósseis oriundas da atividade de cyanobactérias. São os mais antigos vestígios de vida no planeta.

⁴⁷ Enriquecido secundariamente por carbonato de cálcio e magnésio da água dos mares primitivos



Figura 231 - Estromatólitos (possivelmente *Conophyton sp.*)- amostra coletada pelo autor no município de Córrego Fundo-MG

Os solos oriundos do intemperismo de calcários e margas (argilas calcárias) são normalmente muito férteis e procurados para exploração agrícola. Muitos deles são eutróficos⁴⁸ e ricos em vários sais minerais essenciais às diversas lavouras, além de possuírem um bom percentual de matéria orgânica e boa retenção de água em seus macroporos e microporos. Obviamente há exceções, mas geralmente são muito férteis e seu uso muitas vezes é limitado por fatores geomorfológicos. O relevo irregular e os afloramentos de rocha dificultam a mecanização em diversas áreas. São comuns os argissolos de cor vermelha e também neossolos litólicos nos locais onde ocorrem afloramentos da rocha matriz. Diversas árvores de madeira de lei como a sucupira e a aroeira ocorrem nestes solos, as quais são facilmente observadas na região de Ponte Vila, Boa Esperança, Vendinha e de Cunhas. É interessante frisar que para cada centímetro de solo formado uma grande espessura do pacote calcário tem que ser intemperizada, visto que a maioria dos carbonatos acabam sendo removidos por lixiviação.

⁴⁸ Com alta saturação de bases, ricos em nutrientes.



Figura 232 - Aspecto de Latossolo lateritizado derivado de calcários e pelitos do Grupo Bambuí na região da Vendinha, município de Formiga- MG

O relevo *karst* é comum em áreas onde se situa a Formação Sete Lagoas, devido à incrível dinâmica química e estrutural dos calcários que a compõe. Sua solubilidade em ácidos presentes na água que percola o solo e os próprios maciços faz com que um relevo característico seja desenhado nessa área, sendo que as partes menos solúveis formem testemunhos temporários da ação erosiva das águas. A estrutura dos maciços rochosos é bem imponente e revela a erosão diferencial na rocha, devido a diferenças químico- físicas em sua estrutura. Locas e grutas são formadas devido à dissolução da rocha calcária pelas águas carregadas de ácido carbônico e mesmo ácidos húmicos provenientes da matéria orgânica do solo. O abatimento de tetos de cavernas origina dolinas que, em certos casos, contém água formando lagoas. Há também o relevo *karst* esculpido sob pressão, ou seja, puramente por forças gravitativas nas águas, pelo seu impacto sobre as estruturas calcárias. É fácil notar-se o diaclasamento vertical dos calcários associado aos seus

planos de acamamento, o que permite que lajotas sejam retiradas para fins diversos, principalmente calçamento em áreas onde eles abundam.

A erosão diferencial é um fato digno de nota quando se observa essas rochas, particularmente as que sofrem ação de polimento das águas de rios. A água desgasta mais profundamente aqueles extratos mais brandos e incoesos, ressaltando estruturas formadas por acúmulo de sílica e outros materiais. A estrutura destes solos muitas vezes é herdada da rocha-matriz, onde a posição de sua estratificação faz com que o processo intempérico seja mais ou menos atuante.

As formações Sete Lagoas e Serra de Santa Helena são de origem marinha, resultantes de uma transgressão⁴⁹ que cobriu extensas áreas do cráton⁵⁰ do São Francisco, durante o proterozóico superior. Essa sedimentação realizou-se em superfície peneplanizada, de águas rasas e ambiente de baixa energia, caracterizando uma bacia intracratônica (RADAMBRASIL, 1983). Os calcários (Formação Sete Lagoas) correspondem à fácies química desta sedimentação e o restante dos materiais depositados é de origem clástica, pertencentes à formação Serra de Santa Helena e também à formação Vespasiano (Köhler *et al*- PLANO DIRETOR DO MUNICÍPIO DE FORMIGA, 2006). Muitos dos sedimentos desta formação apresentam nítida ritmicidade, alternando níveis de colorações diferentes, consoante às condições de movimentação das águas e partículas em suspensão. A existência de superfícies de erosão nas camadas de brechas intraformacionais⁵¹ e indícios de estruturas estromatolíticas indicam que o ambiente apresentava-se ainda relativamente enérgico durante a deposição química dos calcários (RADAMBRASIL, 1.983). A presença de conglomerados também é comum, embora os agentes de arredondamento de material clástico em nossa região não sejam tão severos quanto em outras.

É interessante notar a variedade de material clástico nos locais citados. A presença de limonita⁵² nos sedimentos é marcante e também a presença de óxidos de manganês, muito abundantes na nossa região. A sua solubilidade faz com que se acumulem em quaisquer fissuras nas rochas, formando formas dendríticas de aspecto

⁴⁹ Avanço do mar no continente devido à isostasia – levantamento ou abaixamento continental

⁵⁰ Estrutura cristalina e estável do complexo arqueano.

⁵¹ Rochas sedimentares clásticas formadas com material in loco

⁵² Termo que designa mistura de óxidos hidratados de ferro. Não é um mineral na acepção do termo

variado. Há brechas, conforme será citado, cujo agente cimentante é o óxido de manganês e em alguns locais encontramos pequenas cavidades ou geodos com formas renimorfo -estalactíticas de aspecto aveludado constituídas de óxidos de manganês cristalizado macroscopicamente. A concentração de minerais de manganês nestas áreas é grande e talvez empreste alguma toxidez ao solo. É importante ressaltar que a grande maioria de minerais de manganês encontrados no município de Formiga estão situados nas áreas atingidas pelas transgressões e regressões marinhas.

Do ponto de vista tectônico, o grupo Bambuí foi afetado de modo irregular, ocorrendo regiões onde as rochas quase não sofreram deformações e outras onde as rochas foram deformadas por dobramentos. Essas deformações, datadas do brasileiro, são relativamente suaves e aumentam de intensidade em direção à borda sul do cráton do São Francisco. São dobramentos concêntricos, que formam sinclinais e anticlinais com eixos de direção NNW a NW (Segundo dados do projeto RADAMBRASIL- 1983 e Plano PAI-1972).

Os solos originados da decomposição dos calcários são predominantemente argilosos e em alguns pontos apresentam-se intensamente laterizados, com concentrações significativas de óxidos de ferro em determinado perfil. Argissolos são comuns sobre a formação Sete Lagoas. Nota-se também concreções⁵³ e pisólitos⁵⁴ de composição ferro- manganésífera no solo, provavelmente oriundos da fragmentação de paleossolos, o que evidencia uma grande saturação em água quando foram formados. Na localidade Vendinha e outras adjacentes, a água freática e mesmo de superfície apresenta uma alta concentração de sais devido à solubilidade dos carbonatos. Voçorocas existentes nestes locais destacam perfis de colorações diversas e também caracterizam a fragilidade do solo quanto ao binômio relevo-manejo.

Os Argilitos amarelos são muito suaves ao tato e pertencem à formação Serra de Santa Helena. São chamados de giz no meio rural e não tem nada a ver com o chamado giz da petrologia tradicional. São assim chamados provavelmente porque

⁵³ Estrutura concêntrica originada pela deposição de minerais em torno de um núcleo

⁵⁴ Mineralizações concêntricas centimétricas de forma esférica ou elipsoidal originadas pela cristalização de óxi-hidróxidos de ferro, alumínio, manganês, entre outros.

servem para escrever muito bem em uma lousa. Muitas vezes estão alternados com siltitos, formando belos contrastes de cor. Na verdade, há diversas gradações granulométricas neste pacote rochoso, consoante as condições de formação. Estas rochas ocorrem abundantemente nas regiões de Morro das Balas, Luanda, Vendinha, etc.

Ocorre uma enorme gradação de cores que varia do vermelho até o amarelo claro, dependendo do teor de ferro e possivelmente de matéria orgânica. A presença de impregnações e dendritos de óxidos de manganês são bem comuns nestas rochas. Próximo a Carbofer, na BR- 354, sentido Formiga-Arcos percebe-se no corte do talude da estrada a presença destas rochas formando camadas onduladas (pequenas sinclinais e anticlinais provavelmente atectônicas). Podemos ver também a área de contato entre estas rochas e as rochas do embasamento cristalino, podendo também ser observados alguns veios de quartzo que os cortam em muitos pontos. Este quartzo está associado à pirita (já alterada por pseudomorfose⁵⁵ em goëthita) e a minerais de ferro e manganês.

Os solos formados a partir desta rocha são predominantemente argilosos e na maioria dos locais pesquisados apresentam um perfil alóctone superior com a presença das chamadas linhas de pedra, constituídas de fragmentos de quartzo e crostas ferruginosas, testemunhos de estruturas maiores que foram destruídas pela erosão e depositadas ao longo do terreno.

⁵⁵ Quando um mineral é substituído quimicamente por outro, mas mantendo sua forma original.



Figura 233 - Linhas de pedra (Stoneline) em solo fluvial (Neossolo flúvico)- Cachoeira do Areão, Formiga –MG

O manejo de solos derivados destes argilitos deve ser cuidadoso, pois a estratificação do substrato e mesmo seu ângulo de mergulho podem favorecer e muito o processo erosivo, já endêmico na região. Os argilitos possuem uma grande capacidade de retenção de água em seus poros, mas não a disponibilizam facilmente devido à atração eletrostática entre as moléculas de água e os cristais dos minerais de argila, além do fenômeno da retenção capilar devido ao pequeno diâmetro dos poros.

A fragmentação de rocha-matriz e solo pode originar por processo tipicamente sedimentar rochas conhecidas como brechas, que no caso da região de Morro das Balas e Luanda são sustentadas por um cimento manganífero. Estes óxidos de manganês são bem abundantes em toda a cobertura sedimentar do grupo Bambuí e, possivelmente, agentes de alta toxicidade para plantas nas áreas onde elas abundam.

Estas brechas formam um perfil estreito e afloram em alguns pontos da Luanda e do Morro das Balas. Os solos onde ocorrem são pobres e neles se

desenvolve uma vegetação constituída por árvores de cerrado de pequeno porte e gramíneas.

No município ocorrem espeleotemas muito curiosos formados em cavidades de dissolução em rochas lateríticas. Muitos estão recobertos por mineralizações de quartzo possivelmente de origem hidrotermal, formando um interessante conjunto, os quais estão descritos no texto sobre a mineralogia.

Estruturas secundárias do processo de lateritização dos solos do município de Formiga- As concreções argilo -limoníticas (lateritos concrecionários):

Estas formações rochosas são abundantes em toda a nossa região e variam sensivelmente de composição de um local para outro, mas predominam em regiões transgressivas. Algumas apresentam uma pós-mineralização de quartzo em suas fraturas, formando um interessante mosaico de quartzo engrenado. Associações com óxidos de manganês são comuns e mesmo pequenos geodos⁵⁶ de óxidos de manganês são encontrados em cavidades dos filões de quartzo. Seu aspecto é aveludado porque os cristais são minúsculos. Recentemente foi descoberto por nós mais pequenos geodos em lateritos limoníticos bem próximo ao local dos geodos de manganês. Tais cavidades estão atapetadas de minúsculos e reluzentes cristais de quartzo; outras formam geodos bem maiores.

Não se deve esquecer de que os processos de laterização atingem qualquer solo nesta região, logo, solos de origem calcária podem conter lateritos de idade bem mais recente. Há que se mencionar os lateritos ferrosos placóides. Este termo refere-se ao material pelítico com elevada % de óxidos e hidróxidos de ferro que ocorre na região. Apresenta-se a uma profundidade média de 40cm no local observado, embora esta profundidade varie conforme o local devido à remoção e deposição de solos das partes mais altas. Ele forma um perfil característico de placas, subparalelo ao horizonte superficial de solo e segundo SIGOLO (2001), muito das dobras encontradas nestas crostas ferruginosas se devem à flutuação do nível freático. Ocorrem com muita frequência na comunidade rural de Cunhas e estas placas

⁵⁶ Cavidades presentes principalmente em rochas ígneas, as quais normalmente estão atapetadas por cristais de quartzo, calcita, zeólitas etc...

apresentam cores distintas, de acordo com o grau de hidratação em que se encontram, ou seja, relação goethita/hematita e óxidos afins. Trata-se de um enriquecimento secundário do horizonte específico do solo devido à lixiviação e lavagem de sais e óxidos das camadas superiores. Processo parecido se dá na formação dos **bauxitos** (rocha-minério de alumínio).



Figura 234 - Fragmentos de lateritos (crostas ferruginosas) sobre o solo- Cunhas, Formiga- MG



Figura 235 - Camada superficial de crosta laterítica em latossolo. A concentração abaixo do martelo não é uma camada, mas apenas material removido de cima - Luanda, Formiga-MG.

As coberturas flúvio- lacustres quaternárias (PLANO DIRETOR, 2006 e CODEMIG 2003) existentes na região representam uma boa gama de solos de caráter aluvial/coluvial, intensamente utilizada em diversas práticas agrícolas. Estas coberturas estão localizadas nas famosas baixadas e várzeas, correspondendo às áreas afetadas pelos rios. Devido à decomposição incompleta da matéria orgânica em ambiente anaeróbico, há a formação de turfa em muitos destes locais. Na região de Cachoeira do Areão fragmentos de turfa podem ser encontrados no leito do rio, principalmente depois de uma cheia.



Figura 236 Aspecto de solo oriundo de coberturas flúvio- coluvionares, tendo ao fundo o lago de Furnas- Cunhas, Formiga- MG



Figura 237- Formigueiro de saúvas em neossolo flúvico; o solo de cor clara foi trazido de áreas mais profundas pelas saúvas e geralmente é rico em silte- Cunhas, Formiga- MG

Processos erosivos causados por compactação, manejo inadequado, declividade e outros fatores intrínsecos dos solos da região são comuns e altamente danosos em todos os seus aspectos. Plantios efetuados em terrenos com declividade proibitiva causam problemas ainda maiores com a associação de práticas como arar morro abaixo, práticas incorretas que infelizmente ainda fazem parte do “ folclore local”. O empobrecimento destes solos aliado ao assoreamento de vários cursos d’água estão compondo um quadro muito preocupante dentro do município de Formiga. A diminuição do volume das águas dos rios que cortam a cidade está em grande parte aliado ao manejo dos solos na região como um todo. A destruição e impermeabilização dos solos devido à erosão laminar e compactação por implementos agrícolas e pisoteio estão fazendo com que a água pluvial não percole o solo como deveria e, com isto, escoando superficialmente. A não retenção adequada de água pelos solos reduz drasticamente o nível de água freática e a manutenção do volume dos cursos de água, o que está fazendo com que os rios fiquem cada vez mais estreitos. A redução da cobertura natural do solo para dar lugar a plantações de eucaliptos e pastagens tem agravado o quadro hídrico do município. A precipitação anual é praticamente a mesma, mas o ciclo da água está muito alterado devido ao que já foi comentado e muito mais.

A constante retirada de areia no curso dos principais rios está rebaixando seu talvegue e criando barrancos onde antes era plano. Não basta a conscientização dos produtores rurais e outros no tocante ao manejo e uso de solos. É preciso políticas eficientes de gestão e também de subsídios que venham a tornar possíveis a aplicação de práticas como terraceamento, plantio em nível, curvas de nível (ou em desnível, conforme o caso), adubação verde, cobertura morta e aplicação de tecnologias modernas em todas as etapas das atividades agropastoris. Aliado a isto, coibir o comércio desordenado de areia porque, no final de tudo, a gravidade sempre sobrepujará qualquer tentativa de deter seus efeitos, mas o importante é manter estes efeitos dentro de um parâmetro natural onde as taxas de erosão e pedogênese⁵⁷ se equiparem. As atividades agropecuárias no entorno do lago de Furnas têm lançado uma considerável quantidade de produtos químicos e matéria orgânica no lago, além,

⁵⁷ Processo de formação de solos.

claro, do próprio rio Formiga. Isto tem causado a eutrofização⁵⁸ do lago, onde a proliferação de algas pode afetar negativamente ecossistemas existentes por ali. Não apenas práticas adequadas de manejo de solo são capazes de resolver todos os problemas ambientais que a agricultura e a pecuária causam em qualquer região. É inconcebível, para os dias atuais, uma produção agrícola sem o uso de insumos. A crescente demanda é bem maior que o aumento de produtividade originado pelas técnicas adequadas, variedades genéticas de plantas e animais. A abertura de novas áreas para agropecuária é inevitável, mas o que é inconcebível é a ignorância e o descaso para com o patrimônio solo e água.

Milhares de toneladas de solo são perdidas todos os anos devido ao uso incorreto. São recursos não renováveis, riquezas que se esvaem pelo ralo porque a maioria dos produtores rurais ainda não têm o necessário conhecimento de práticas de conservação do solo e água e tampouco recursos financeiros para arcar com tecnologia. Realmente não há como exigir muito pelas próprias limitações de recursos, mas uma educação maciça no que diz respeito à utilização dos recursos disponíveis pode ajudar a reverter o quadro caótico dos recursos de solos e água de Formiga. A correta utilização de insumos agrícolas dentro de parâmetros técnicos, práticas de controle de erosão e a presença de uma massiva assistência técnica ao pequeno e médio produtor ajudará a reduzir, com certeza, a destruição desenfreada do meio físico formiguense.

Dentro desta triste descrição de agressão ao meio físico, ainda existe aquela prática perniciosa de se abrir loteamentos na época das chuvas sem o menor cuidado para contenção de erosão das áreas terraplenadas. O bairro que hoje existe ao lado do Country Clube foi um exemplo disso. As enxurradas carrearam toneladas de terra para a lagoa do Josino, aumentando ainda mais seu processo de assoreamento. Já no morro da pedra desativada da RFFSA foi iniciado um loteamento, o qual está sofrendo intenso processo erosivo, bem onde é área de recarga. É preciso acabar com esta irresponsabilidade e passar a planejar melhor os empreendimentos relacionados aos solos e água, para que a cidade não amargue um alto preço depois.

⁵⁸ Aumento de nutrientes como N e P oriundos de esgotos e adubos, o que causa crescimento exagerado de certos organismos como as algas, comprometendo outras formas de vida aquática

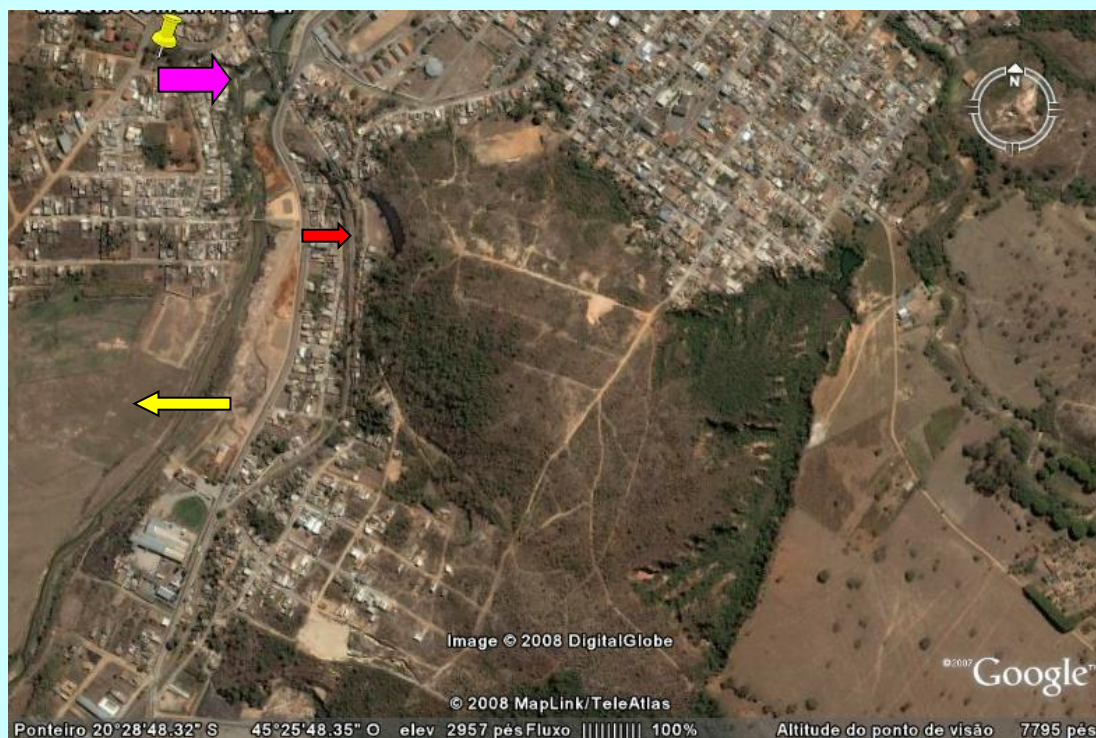


Figura 238- Visão geral do morro da pedreira da FCA- a seta rósea indica o pontilhão de ferro, a seta amarela indica os neossolos flúvicos (várzeas) e a seta vermelha indica o perfil côncavo da pedreira da FCA. Fonte GOOGLE EARTH

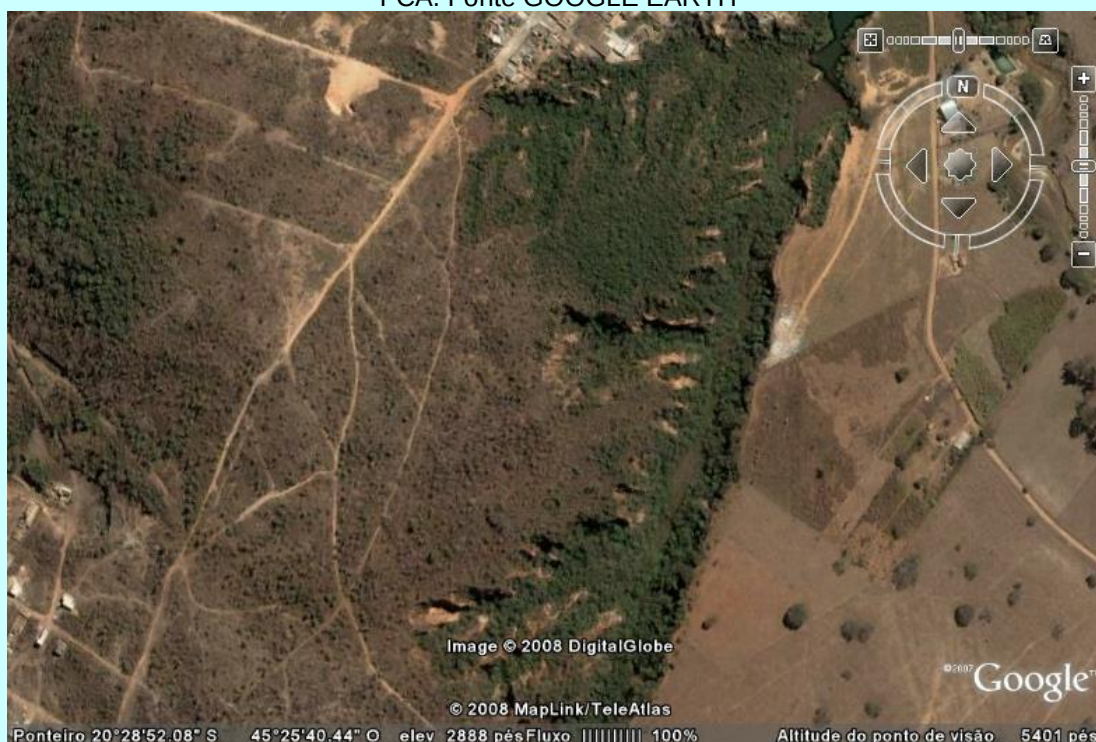


Figura 239- Imagem do google evidenciando intenso voçorocamento na face oposta do morro da antiga pedreira da FCA, na zona urbana.



Figura 240- Imagem do google de voçoroca parcialmente estabilizada próxima à capela de Santa Rita, na Cachoeira do Areião.



Figura 241- Imagem do google de voçoroca quase totalmente estabilizada, ao lado do Campus Universitário do UNIFOR-MG.

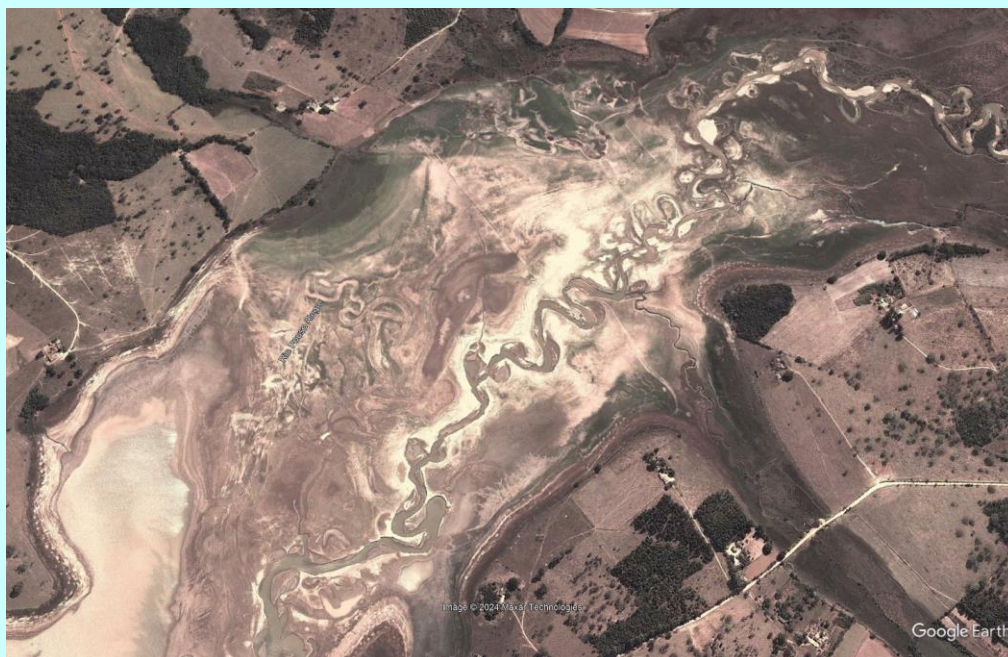


Figura 242- Perfil meandrante do rio Pouso Alegre, exposto pela baixa das águas de Furnas, em 2012. Notar vários meandros vestigiais. Cunhas, Formiga- MG

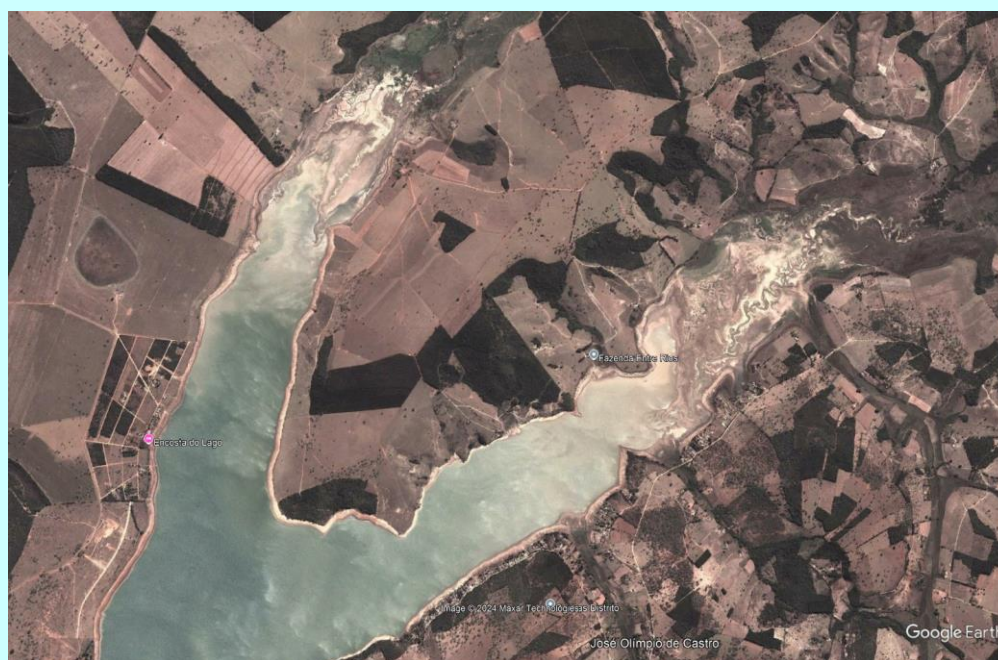


Figura 243- Encontro dos rios Formiga (acima) e Pouso Alegre (abaixo), durante seca em 2012.



Figura 244- Dramática situação da proliferação de algas e assoreamento parcial das lagoas do Josino e do Fundão. Os tons de verde indicam maior e menor profundidade (mais claro).



Figura 245- Vargem Grande: extensa sinclinal com solos Neossolos Flúvicos e grande horizontalidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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*, v.90, p.29-58, 1998.

AMBROSI, A. ; NAHON, D. **Petrological and geochemical differentiation of lateritic iron crust profiles**. *Chemical Geology*, v.57, p. 371-393, 1986.

BRANCO, P.M. **Dicionário de mineralogia**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 1982. 264p.

COMIG, Companhia Mineradora do Estado de Minas Gerais. **Mapa Geológico do estado de Minas Gerais**. Edição especial, 2003, BRASIL.

COSTA, M. L. **Aspectos Geológicos dos lateritos da Amazônia**. *Revista Brasileira de Geociências* vol. 21, p.146-160, 1991.

DANA, J.D. **Manual de mineralogia**. Rio de Janeiro: Livros técnicos e Científicos, 1978. 42p.

DEER, W.A. **Minerais constituintes das rochas**. 1ª. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1981. 558 p.

FONSECA, Anísio Cláudio Rios. **Morfologia de rochas lateríticas de Morro das Balas, município de Formiga-MG**. 2005. 30p. (Monografia- Curso de especialização em solos e meio-ambiente). Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais.

FONSECA, Anísio Cláudio Rios. **Tópicos sobre a ocorrência de um metadiabásio (porfíroide) no município de Formiga, estado de Minas Gerais**. 2004. *Revista Conexão Ciência*. Centro Universitário de Formiga- UNIFOR-MG, Formiga, Minas Gerais

LEINZ Victor & AMARAL, Sérgio E. **Geologia geral**. 11. ed. São Paulo: Nacional, 1989. 397 p.

LEINZ, Victor & 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, 1983. vol. 32, p. 27- 324

MISI, A.; IYER, S.; TASSINARI, C. **Dados isotópicos de chumbo em sulfetos e a evolução metalogenética dos depósitos de zinco e chumbo das coberturas neoproterozóicas do cráton do São Francisco**. Revista Brasileira de Geociências, 2004. vol. 34 p. 263-274.

GEOMINAS, Engenharia e consultoria Ltda; MINISTÉRIO DO INTERIOR; PREFEITURA MUNICIPAL DE FORMIGA. **Plano de Ação Imediata**. Belo Horizonte, 1972. 2 vol.

SIGOLO, J.; ALTAFINI, M. **Dobras atectônicas em Crostas Ferruginosas de Pirapora do Bom Jesus-SP e Bacia Terciária de São Paulo**. Revista do Instituto de Geociências – USP, São Paulo, série científica, 2001. vol 1 p. 45-58.

SUGUIO, K.; BARBOUR, A . P. **Morfologia e gênese das estruturas limoníticas dos sedimentos da Bacia de São Paulo**. Anais... Academia Brasileira de Ciências, v. 41, n. 2, p. 161-180.

WINGE, Manfredo. **Glossário Geológico Ilustrado**. Brasília, 2001. Disponível em: <<http://www.unb.br/ig/glossario/>>. Acesso em 12 de agosto de 2006.

Espeleotemas e feições do *karst* do município de Pains, Córrego Fundo e Formiga

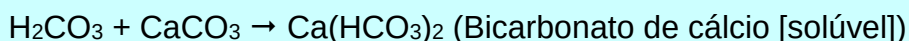
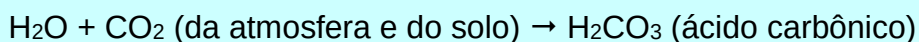
Discorrer sobre a geologia da região do município de Formiga sem fazer uma referência especial às excepcionais ocorrências de minerais e rochas do município de Pains- MG seria por demais injusto, para não dizer incompleto. Isto não foge ao objetivo deste trabalho porque o município de Formiga possui em seu território parte do *karst*⁵⁹, composto pelas rochas já descritas em outra parte deste trabalho. As excepcionais fotografias que ilustram este artigo foram gentilmente cedidas por Dirceu de Oliveira Costa, na ocasião presidente do CODEMA, funcionário da prefeitura municipal de Pains e graduando no curso de Engenharia Ambiental, no UNIFOR- MG (ano de 2008).

Espeleotemas (estalactites, estalagmites, helictites, colunas, cascatas, cortinas e muitos outros) são estruturas formadas em grutas e locas devido à dissolução do calcário pela água carregada em ácido carbônico e posterior deposição/recristalização dos sais dissolvidos em ambiente propício e pobre em CO₂, num lento gotejar. Esta precipitação de carbonato é concêntrica e isto é facilmente notado quando se manuseia um exemplar de estalactite. Sua consistência é variável e depende de sua idade e do rigor do processo de formação. É um processo bem variável e depende da permeabilidade do solo, presença de fendas e diáclases no maciço calcário, teor de matéria orgânica no solo, porosidade, entre diversos outros. O clima é fator chave nesse processo.

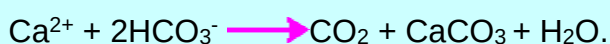
Em alguns casos, as capas concêntricas podem se destacar e formar estruturas ocas, o que revela além do próprio processo concêntrico de formação uma não homogeneidade em sua composição geral e na velocidade e constância do processo de deposição (período de seca/chuvas). A forma com que se apresentam empresta nomes característicos. Estalactites apontam para baixo, estalagmites

⁵⁹ Feição característica produzida pelo intemperismo químico em rochas solúveis como os calcários. deriva do alemão Karst, nome de uma região que se estende do norte da Itália até o sudoeste da Eslovênia e o noroeste da Croácia. O nome local em língua eslovena “Kras”, significa aproximadamente "campo de pedras calcárias". A região também é chamada Carso em italiano. Esta região possui um sistema geológico kárstico e foi a primeira região onde esse fenômeno foi estudado.

apontam para cima, colunas são oriundas da união de estalactites e estalagmites. Helictites ou excêntricos são estalactites que crescem para os lados e até para cima, contrariando as leis da gravidade. Isso se dá devido às forças de cristalização e crescimento dos cristais formados. Em alguns casos podem se formar eflorescências de calcita e, mais raramente, de aragonita. Abaixo algumas das reações envolvidas:



O bicarbonato solúvel, ao ficar exposto à atmosfera mais rica em CO₂ do interior do maciço calcário, perde água e se transforma em carbonato novamente, o qual precipita em formas anelares em torno da gota d'água no teto da caverna, segundo a reação.



Segundo o estudo Análise do contexto turístico de Belo Horizonte e Minas Gerais⁶⁰, entende-se por rocha solúvel “aquela que, após sofrer intemperismo químico produz pouco resíduo insolúvel. As principais rochas *karst* são as rochas carbonáticas, constituídas principalmente de calcita e dolomita. Essas rochas ao sofrerem corrosão química se dissociam em íons Ca⁺⁺ ou Mg⁺⁺ e CO³⁻, que podem se combinar em bicarbonatos ou permanecer dissolvidos na água em forma iônica.

Algumas rochas compostas de halita ou gipsita podem formar *karst* apenas em terrenos semi-áridos, pois sua solubilidade em águas naturais é tão elevada que, em ambientes muito úmidos, elas são totalmente dissolvidas antes de conseguirem gerar relevos *karst*. Rochas insolúveis como granitos não geram relevos deste tipo em condições normais, pois ao sofrerem intemperismo químico geram resíduos insolúveis ou impermeáveis, como a argila. Embora o quartzo tenha baixa solubilidade, alguns quartzitos e arenitos conseguem desenvolver relevo *karst* se forem expostos à água por tempo suficiente.

⁶⁰ Disponível em <https://bhturismo.wordpress.com/2009/01/29/geoturismo-no-circuito-das-grutas-%E2%80%93-estudo-de-caso-em-sete-lagoas-e-cordisburgo/>. Acesso em 27/11/2024

A rocha deve ser permeável para que a solução aquosa possa alcançar estratos inferiores. A permeabilidade pode ser resultado de grande porosidade e também da presença de fendas, fissuras ou rachaduras na rocha. Embora a porosidade seja importante, nem sempre isso é condição suficiente para uma boa permeabilidade. Alguns minerais como argilas são muito porosos, mas esses poros são tão pequenos que a água fica presa por adsorção. Rochas com fraturas, por outro lado, podem ter uma grande permeabilidade, ainda que a rocha em si não seja porosa. A permeabilidade por fratura também é chamada de porosidade secundária.

Para o processo de formação do relevo *karst*, a permeabilidade por fraturas é mais importante que a porosidade primária, uma vez que a ação da água ácida é muito mais intensa em locais onde ela possa se concentrar e agir sobre porções maiores de rocha. As superfícies de estratificação, fendas e fraturas permitem a criação de rotas preferenciais que direcionam a expansão de fendas, que aos poucos tornam-se galerias ou grandes salões. Rochas que possuam apenas porosidade primária, a dissolução ocorre, porém de maneira difusa, sem que sejam criadas rotas de fluxo e os canais jamais chegam a se abrir significativamente.

Em relevos com inclinações moderadas, o fluxo da água através das fendas é acelerado e isso torna mais eficiente a remoção de resíduos insolúveis, bem como aumenta a eficiência da dissolução por permitir que a água ácida tenha contato com porções maiores de rocha durante seu percurso. Relevos muito planos são menos favoráveis à formação de *karst* porque a água não atinge um gradiente de velocidade muito alto. A percolação lenta através do solo é pouco eficiente porque a água logo fica saturada e perde sua capacidade de corrosão antes de atingir as fendas.

É fundamental um suprimento de água de grande volume e frequente. Embora haja *karst* em regiões semi-áridas, isso é muito mais raro que nas regiões com grande pluviosidade.



Figura 246- Estalagmites. Gruta do Éden- Pains-MG



Figura 247- Estalagmites. Gruta do Éden- Pains-MG



Figura 248- Estalactites. Gruta Santuário, Pains-MG



Figura 249- Estalagmite. Gruta do Brega, Pains-MG



Figura 250. Estalagmite, colina. Gruta Santuário, Pains- MG



Figura 251- Estalactite. Gruta do Éden- Pains- MG



Figura 252- Estalactites, helictites. Gruta do Éden- Pains- MG



Figura 253- Estalactites, helictites. Gruta do Éden- Pains- MG

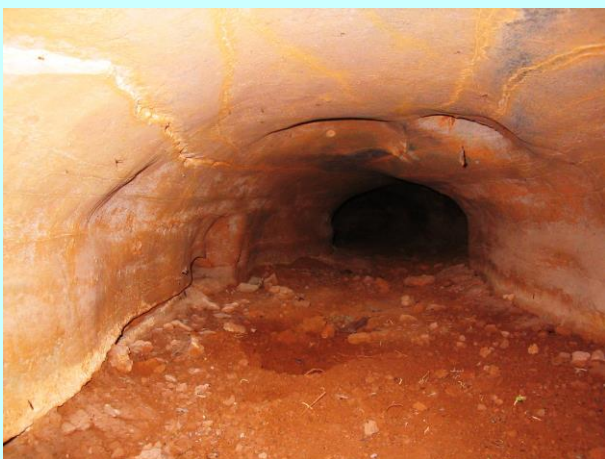


Figura 254- Duto de pressão. Pains- MG

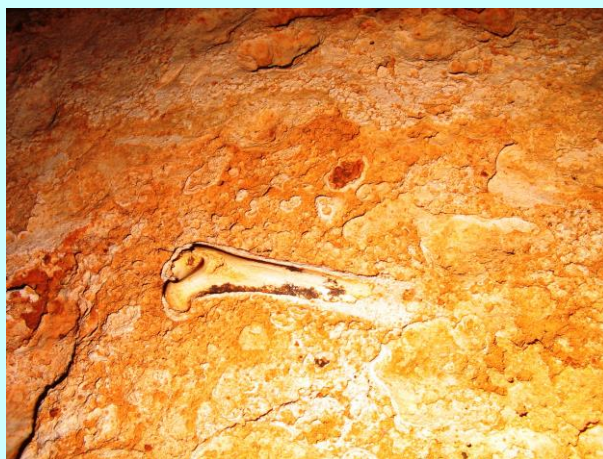


Figura 255. Osso calcificado. Pains- MG



Figura 256. Espeleotemas. Gruta Santuário, Pains- MG



Figura 257- Espeleotemas. Gruta Santuário, Pains- MG



Figura 258- Estalactites, helictites de aragonita. Gruta do Éden- Pains- MG



Figura 259- Estalactites, helictites de aragonita. Gruta do Éden- Pains- MG



Figura 260- Dolina. Gruta do Brega, Pains- MG



Figura 261-Cortinas. Gruta do Brega, Pains- MG



Figura 262- Estalactites, helictites de aragonita. Gruta do Éden- Pains- MG



Figura 263- Eflorescências de calcita. Gruta Santuário, Pains- MG