



Feições microestruturais dos impactitos do domo de Araguainha, GO/MT

L.L. Antonello¹, M.E. Zucolotto¹ & R.A. Marques²

1 Departamento de Geologia e Paleontologia, Museu Nacional, UFRJ, Quinta da Boa Vista, São Cristóvão, 20940-Rio de Janeiro, RJ, loiva@acd.Ufrj.br.

2 Departamento de Geologia, Graduação, UFRJ, 465 km 7, 23890-000, Seropédica, RJ. rodsonabreu@gmail.com.

Abstract The authors studied the microstructure of rocks (impactites) from the Araguainha circular structure in central Brazil. Within and around the ring structure have been distinguished and described the presence of shatter cones, suevites, planar deformation structures, kink bands, mechanic deformation and vitrification. Shatter cones are fine grayish rocks with the main constituents quartz, feldspar microperthite, plagioclase, micas, showing very clearly shatter cones, discovered until now only in impact structures, for this reason they are considered the most important proof for meteoritic impact, they have not been found yet in volcanic explosion environments or tectonically deformed rocks. Suevite is a breccia with a fine grained, vesicular and porous matrix that includes fragments of sedimentary, crystalline and glass rocks, have been found only in impact structures. Planar deformation structures in quartz and feldspars an important indicator for impact structures occur in the alkaline granite and granodiorite. *Kink bands* occur within muscovite and biotite. Mechanic deformation occurs within plagioclase grains. The evidence of shock metamorphism enhance that the structure was produced by a meteoritic impact that can also be proved by petrographic investigations.

Keywords: Shatter cones, suevites, planar deformation structures, kink bands, impactites.

Palavras-chave: Shatter cones, suevitas, estruturas de deformação planar, *kink bands*, impactitos.

INTRODUÇÃO As informações sobre o número de crateras de impacto de meteoritos na superfície da terra, começaram a aparecer nos anos sessenta, quando surgiram os primeiros trabalhos e novas crateras de impacto vem sendo relatadas a cada ano. No presente trabalho foram feitas análise macro e microscópica dos impactitos, rochas do Domo de Araguainha, com o intuito de se dar mais uma contribuição para seu reconhecimento. Investigações sobre sua estrutura e gênese levaram à afirmação de que ele se teria formado em decorrência do impacto de um corpo celeste (Northfleet *et al.* 1969, Silveira Filho & Ribeiro 1971, Diezt *et al.* 1973, Theilen-Willige 1981, Crosta 1981, 1987, Engelhardt 1992).

A estrutura circular de Araguainha constitui um astroblema no Brasil Central, localizada a 16°45' S e 52°59' W é dividida pelo rio Araguaia, tendo uma porção no estado do Mato Grosso e outra no estado de Goiás. Ocupa uma área circular de cerca de 1300 km² tendo diâmetro de 40 km.

As rochas que constituem o anel mais externo da estrutura são os arenitos da Formação Aquidauana. Em direção ao centro se seguem arenitos vermelhos grosseiros da Formação Aquidauana e siltitos e arenitos finos da Formação Ponta Grossa, de idade Devoniana.

No núcleo da estrutura ocorre um soerguimento chamado Serra da Arnica, cujas rochas são de composição granítica e granodiorítica e envolvidas por dois anéis, o primeiro, com relevo ondulado

formando colinas, constituído por brechas e o segundo anel, de relevo mais acidentado constituído de arenitos da formação Furnas, localmente metamorfizados.

Foram analisadas amostras de rochas coletadas por Zucolotto, M.E. procedentes do Domo de Araguainha. A metodologia constou das técnicas usuais de petrografia como análise macroscópica e microscópica com confecção de lâminas delgadas tanto das rochas cristalinas quanto das rochas mais tenras por meio do processo de impregnação, enfatizando-se as feições microestruturais características de impacto, documentadas em fotomicrografias.

METAMORFISMO DE CHOQUE NAS ROCHAS DE IMPACTO

As distinções entre as estruturas de impacto resultantes dos fenômenos vulcânicos e tectônicos e as do impacto ocasionado pelo choque de meteoritos são reconhecidas pelas características, topográficas, estruturais, geofísicas e estilos de deformação além das características microscópicas das rochas. Os *shatter cones* constituem a prova mais contundente de impacto meteorítico, são estruturas cônicas que ocorrem em agregados e se caracterizam por conterem estrias que se iniciam no ápice e terminam na base. Nunca foram associados a processos vulcânicos e tectônicos (Silveira 1971).

Foi enfatizado o estudo das características das feições de deformações, sob o microscópio, produzidas nos minerais por ondas de choque de maior pressão, durante o evento do impacto, tais

pressões desenvolvidas em rochas próximas ao centro das crateras são imediatamente estilhaçadas e incorporadas no fluxo da escavação. Esses efeitos de choque encontram-se nos fragmentos de rochas, nas brechas que preenchem as crateras ou ainda nas depositadas além dos bordos, com uma grande variedade de feições de deformações.

Foram identificadas as feições originadas pelo impacto tais como forte *cataclase e deformação mecânica*, tendo sido dada ênfase às feições microscópicas do tipo *deformação planar (PDFs)* que ocorre no quartzo, feldspatos e anfibólio, *kink bands* na muscovita e biotita, *vitrificação*, que por vezes forma verdadeiros pseudomorfos a partir de outros minerais.

As rochas pertencentes ao embasamento cristalino foram classificadas como *granito alcalino cataclástico e granodiorito cataclástico*. O granito é de coloração rósea, granulação grosseira onde se reconhece a associação de quartzo, feldspato e mica, visíveis a olho nu, os minerais apresentam vestígios de origem cataclástica constituindo provavelmente um bloco do embasamento cristalino soerguido devido ao impacto com intensidade não tão intensa permitindo o reconhecimento das características texturais e mineralógicas.

O granodiorito é de coloração branca acinzentada, granulação grosseira constituída de quartzo, feldspato e mica visíveis a olho nu, apresenta fraturas de várias dimensões com desintegração dos grãos, o impacto parece ter sido maior do que no granito evidenciando a maior cataclase dos minerais.

No granito a textura varia de hipidiomórfica granular a porfirítica. O aspecto de deformação por estilhaçamento é típico de textura cataclástica, os minerais remanescentes ocorrem deformados pelos movimentos de deslizamento interno sobre os planos de menor resistência em seus retículos cristalinos. Os grãos observados em luz polarizada são muito fraturados, com extinção ondulante marcante, o plagioclásio oligoclásio ocorre com as maclas retorcidas se transforma em caulinita e sericita e por vezes está completamente pseudomorfizados. Os minerais máficos se mostram muito retorcidos. Os processos cristaloblásticos transformaram os minerais mais instáveis como a biotita em hematita, onde o ferro férrico se transformou em ferro ferroso e argilomineral que inicialmente é do tipo esmectita, com o aumento do processo de alteração se transforma em caulinita. Os minerais essenciais são o quartzo, feldspato alcalino, plagioclásio e biotita. O quartzo ocorre em grãos que atingem até 1,0mm de diâmetro, maioria fraturada e com extinção ondulante, é comum a presença de lamelas isotrópicas. Alguns grãos são cortados por inúmeras fraturas planares subparalelas, as fraturas planares simples, também existem grãos

com fraturas planares com feições de deformação PDFs (Fig. 1).

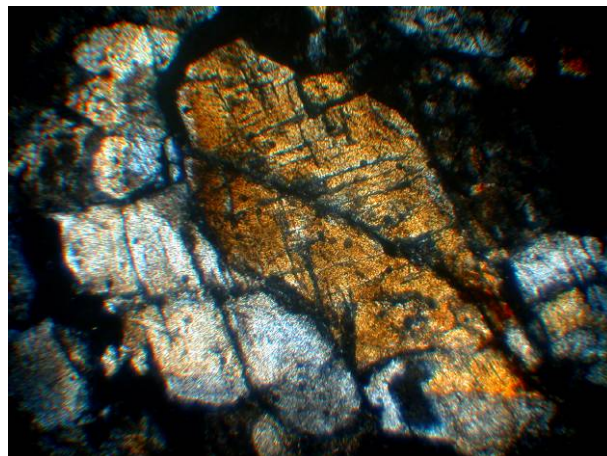


Figura 1. Feições de deformação PDFs em grão de quartzo de granito cataclástico. LN largura do campo 0,9mm

O feldspato alcalino ocorre em grãos que se apresentam com fraturas planares ou em agregados constituindo verdadeiros mosaicos heterogêneos, uns muito finos transformados em outra fase mineralógica, parecendo uma transformação seletiva de uma fase cristalina, micro e criptocristalina, para uma fase vítrea; por vezes micropertítico e antipertítico, com coloração avermelhada devido ao acúmulo de microgrânulos hematíticos (Fig. 2).

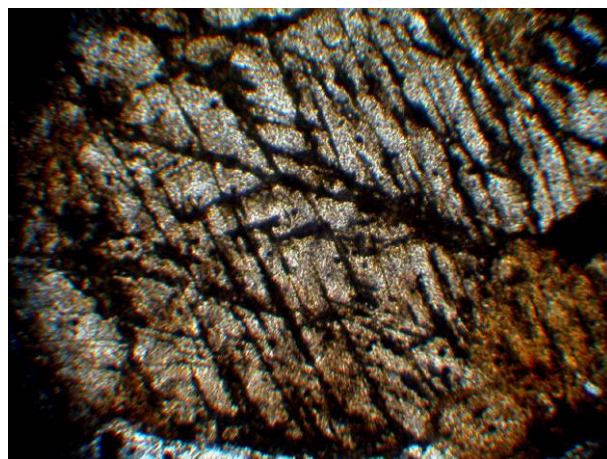


Figura 2. Feições de deformação planar PDFs em grãos de feldspatos no granito cataclástico. LN largura do campo 0,9mm

O plagioclásio oligoclásio ocorre em grãos com tamanho de 0,2 a 11,5mm de diâmetro; alguns completamente sericitizados, outros com hematita. Notam-se grãos relícticos zonados; alguns mostram fraturas planares simples, evidenciando grãos chocados; há material isotrópico. A biotita ocorre em

lamelas deformadas por movimentos de deslizamento internos originando fraturas transversais, apresentando por vezes as bandas duplas *kink bands* que são dois conjuntos de clivagens formando ângulo com a clivagem original, algumas ocorrem completamente alteradas originando pseudomorfos com argilominerais e óxidos e hidróxidos de ferro, que se alinham nos planos de clivagens remanescentes, outras ocorrem esgarçadas (Fig. 3).

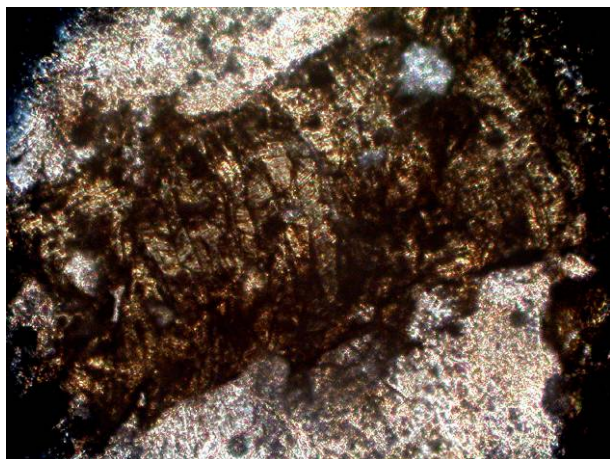


Figura 3. Feições de Kink bands na biotita do granito cataclástico, mostrando dois conjuntos de clivagens perpendiculares à clivagem original. LN largura do campo 0,9mm

Os minerais acessórios como a titanita ocorre em cristais losangulares inclusos na biotita, os opacos alinhados nas clivagens da biotita, a muscovita em lamelas, apresentando de maneira pouco nítida as *kink bands* (Fig. 4). Os minerais secundários são argilominerais e hematita.

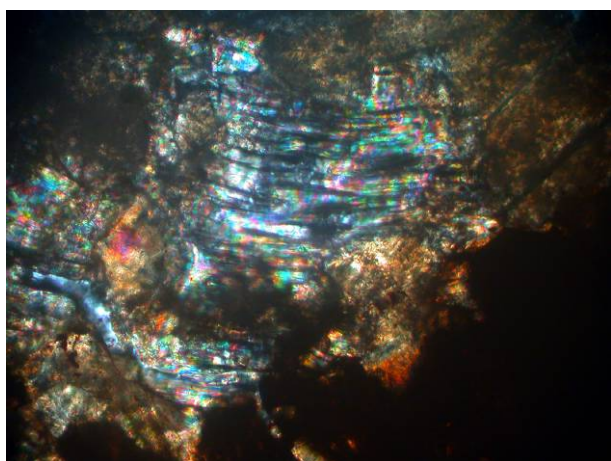


Figura 4. Feições de deformação na muscovita do granito cataclástico. LN. largura do campo 0,9mm

No granodiorito há um aspecto de deformação por estilhaçamento, típico de textura cataclástica maior do

que no granito, os minerais remanescentes ocorrem mais deformados pelos movimentos de deslizamento interno sobre os planos de menor resistência em seus retículos cristalinos.

Em luz polarizada observam-se os grãos muito fraturados com extinção ondulante.

Os minerais essenciais são quartzo em grãos que atingem até 1,0mm de diâmetro, fraturados com extinção ondulante, alguns cortados por inúmeras fraturas planares subparalelas planares menores, cortando as maiores; plagioclásio oligoclásio que ocorre com uma coloração acastanhada devido à ação dos processos de alteração, alguns grãos sericitizados e com muitos grânulos de hematita. (Fig. 5a, b); a biotita ocorre em lamelas deformadas; os minerais acessórios são micropertita em grãos menores com distorção muito acentuada, titanita que se apresenta em cristais inclusos na biotita e opacos que ocorrem alinhados nas clivagens da biotita; os minerais secundários são argilominerais.



Figura 5a. Feições de deformação planar em grão de plagioclásio oligoclásio do granodiorito cataclástico. LN. largura do campo 0,9mm

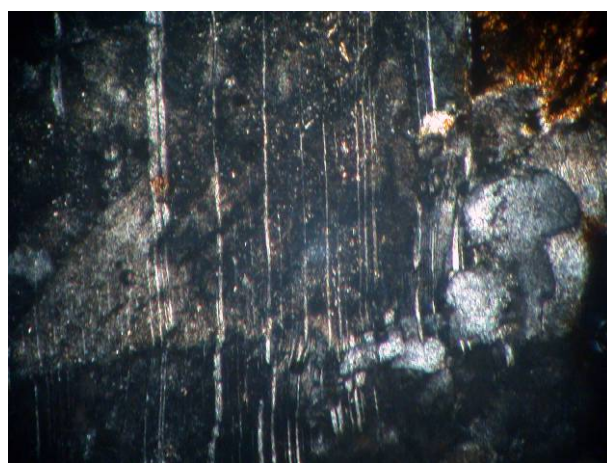


Figura 5b. Mesma lâmina em luz polarizada

Feições dos shatter cones Ocorrem no contato do embasamento e sedimentos paleozóicos e constituem a prova mais contundente de impacto meteorítico. As rochas coletadas com características de *shatter cones* foram analisadas, macro e microscopicamente, são de granulação fina e coloração acinzentada. A textura cataclástica é evidenciada pelas faixas orientadas de lamelas de biotita e muscovita, extinção ondulante no quartzo, feldspato alcalino e plagioclásio, o que indica tratar-se de uma *rocha meta sedimentar cataclástica* que sofreu fenômenos de impacto, sendo a única feição de deformação de choque que se desenvolve a nível macroscópico. Sob microscópio o quartzo ocorre em grãos com tamanho que varia de 0,4 a 0,2mm de diâmetro, ocorrem com extinção ondulante marcante e parece uma matriz recrystalizada; a biotita ocorre em lamelas alinhadas em cordões de coloração marrom ainda pleocróicas, algumas completamente alteradas e retorcidas com muscovita em menor percentual (Fig. 6).

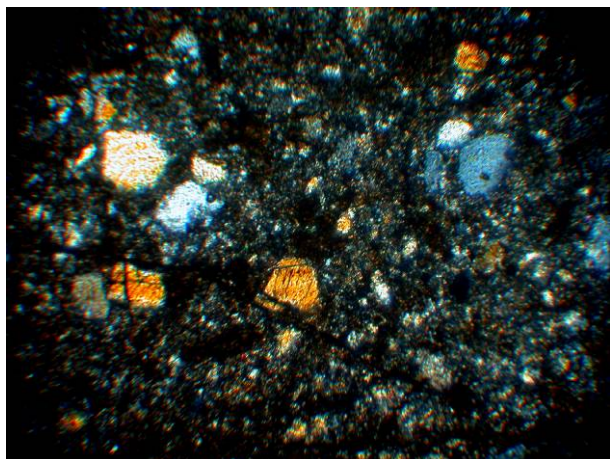


Figura 6. Feições de shatter cones mostrando clastos e matriz. LN largura do campo 0,9 mm

Feições das suevitas e outras brechas As brechas de impacto cobrem ou circundam o embasamento, são do tipo *suevítica*, *polimítica* e *monomítica*. As suevitas são encontradas somente em estruturas de impacto. Ocorrem como um anel envolvendo as rochas do embasamento cristalino e apresentam coloração cinza, são ricas em material vítreo na matriz e clastos, alguns de sílica fibro-radiada, com estrutura fluidal (Fig. 7). As do tipo *polimítica* são constituídas por fragmentos de granito e arenito com intensa deformação (Fig. 8). As do tipo *monolíticas* são formadas por clastos de arenito quartzoso.

As suevitas possuem matriz que varia de microcristalina a vítrea, tem aspecto vesicular e poroso, é de coloração cinza avermelhada e possui clastos inclusos. A matriz microcristalina está intensamente intemperizada e se desmancha e a vítrea é porosa de coloração de cinza escura.

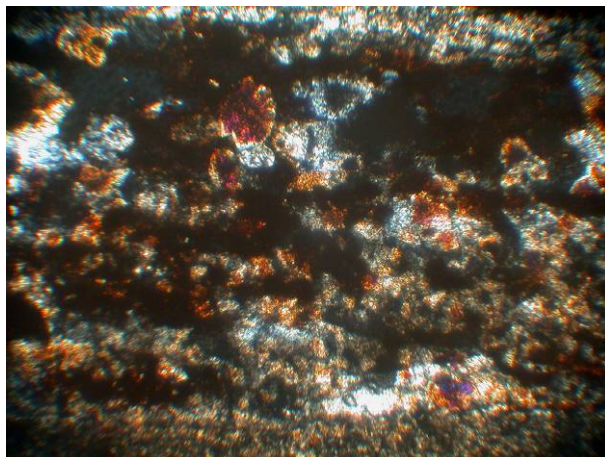


Figura 7. Feição das suevitas. Textura fluidal com porções devitrificadas. LN. largura do campo 0,9 mm

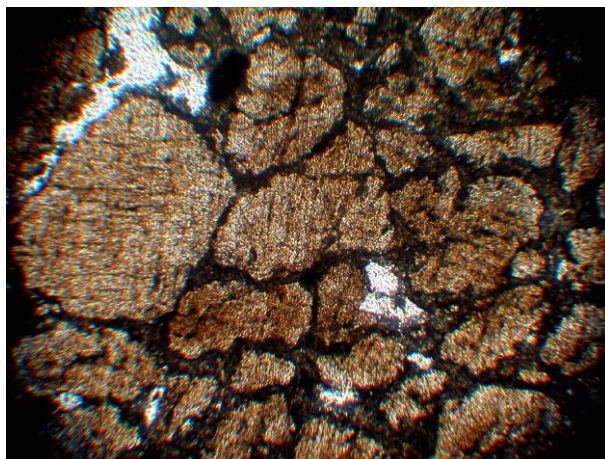


Figura 8. Feições de brechas polimíticas. Fragmentos de clastos angulosos muitos deformados com pouca matriz. LN largura do campo 0,9mm

Os clastos possuem tamanhos medindo de alguns milímetros até centímetros e podem ser fragmentos de rochas sedimentares como arenito branco, esverdeado e argilito vermelho escuro, são na maioria angulosos com inúmeras microfraturas, muitos arredondados são constituídos de matéria vítrea; impregnação de hematita é comum. Em lâmina delgada com luz natural a matriz é escura, com cordões ora acamados e ora circundando os clastos que são angulosos e subangulosos, a matriz é avermelhada escura, por vezes contornando os clastos, com microgrânulos de opacos, vítrea com textura fluidal, devitrificada originando material micro cristalino fibro radiado de quartzo e calcedônia, em faixas, vidro lechatelierito? Os clastos são de sílica pseudocristalina, microcristalina e cristalina variando em composição de chert a quartzo. Alguns em agregados policristalinos.

O aspecto da massa leitosa de alguns clastos é de sílica criptocristalina (calcedônia fibro radiada) trata-



se de material devitrificado contido na brecha, um material isotrópico possivelmente composto de sílica amorfa com amídalas preenchidas nos bordos com quartzo bem desenvolvido e com extinção ondulante marcante, ocorrem fraturas preenchidas por quartzo microcristalino.

Por definição as microbrechas são rochas com os grãos que variam de mal a bem selecionados, com camadas de granulação mais finas. Caso a quantidade de corpos vítreos seja significativa a rocha se assemelha a uma brecha vulcânica e no caso é a brecha suevita diferenciando-se da brecha vulcânica por não possuir uma textura vulcânica.

Feições das rochas da parte mais externa do núcleo. Os arenitos da Formação Furnas pertencem estratigraficamente à Formação Ponta Grossa que sofreu um maior metamorfismo de choque (Theilen-Willige 1981).

Feições das rochas da parte mais externa da estrutura circular do Domo Os sedimentos que constituem o anel mais externo da estrutura e são basicamente siltitos e arenitos finos de cor cinza arroxeadas são Permianos do grupo Passa Dois (Crosta 1981) e estão abatidos por falhas dentro de arenitos carboníferos da Formação Aquidauana. Rochas de coloração cinza arroxeadas, granulação fina, de silte, argila e areia fina, bandeadas com camadas de cores com tons claros alternando-se com tons escuros. A

textura é definida por fragmentos clásticos angulosos, subangulosos e poucos sub arredondados, são todos da mesma composição mineralógica ou monogenéticos (*chert* ou quartzo) encontram-se em camadas alternadas de material argiloso e hematita de coloração castanha avermelhada finamente granular com composição passando a microcristalina e em certos locais amidalóide.

Em luz natural a matriz é escura, com cordões acamados argilosos e ferruginosos circundando os microclastos de quartzo. Os microclastos de quartzo ocorrem inclusos na matriz, são subangulosos e subangulosos, alguns apresentando feições planares possivelmente PDFs.

Em luz plana polarizada e com o auxílio do condensador observa-se uma matriz com coloração avermelhada, com faixas bandadas ou cordões mais escuros, os microclastos ocorrem inclusos na matriz com contato nítido, angulosos e subangulosos maiores e menores.

O Domo do Araguainha é um exemplo bem preservado de um astroblema complexo, com evidências macroscópicas como os *shatter cones* e microscópicas de metamorfismo de choque, constituindo uma estrutura de grande importância no sentido de se aprofundar no estudo de impactitos. Por pertencer ao Permiano-Triássico, período onde ocorreu extinção de vida em massa na história da Terra esse sítio pode ter importância sob esse aspecto.

Referências

- CROSTA A.P. 1987. Impact structures in Brazil. In: J. POHL (ed.) *Research in Terrestrial Impact Structures*. Wiesbaden, Vieweg & Sohn, 30-38.
- CROSTA A.P., GASPARI J.C., CANDIA M.A. 1981. Feições de metamorfismo de impacto no Domo de Araguainha. *Revista Brasileira de Geociência*, **11**:139-146.
- NORTHFLEET A.A., MEDEIROS R.A., MUHLMANN H. 1969. Reavaliação dos dados geológicos da Bacia do Paraná. *Boletim Técnico da Petrobrás*. **12**:291-346.
- SILVEIRA FILHO N.C. & RIBEIRO C.L. 1971. Informações geológicas preliminares sobre a estrutura vulcânica de Araguainha. Mato grosso. DNPM/Distrito Centro Leste. *Relatório interno*.
- THEILEN-WILLIGUE B. 1981. The Araguainha impact structure Central Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, **11**:91-97.
- DIETZ R.S. & FRENCH B.M. 1973. Araguainha Dome (Goiás) and Serra da Cangalha (Mato Grosso): probable astroblemes? In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 27, *Resumo das Comunicações*, **1**: 102.
- ENGELHARDT W.V., MATTÄI S.K., WALZEBUCK J. 1992. Araguainha impact crater Brazil.1. The interior part of the uplift. *Meteoritics*, **27**:442-457.