



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE APOIO A PESQUISA
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSAS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA



RELATÓRIO FINAL

**CARACTERIZAÇÃO GEOQUÍMICA DO COMPLEXO JAUAPERI NA
REGIÃO DE MOURA – AM**

PIB-E/0053/2009

Discente: Núbia Rodrigues Gomes
Voluntária

MANAUS
2010



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE APOIO A PESQUISA
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSAS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA



RELATÓRIO FINAL

CARACTERIZAÇÃO GEOQUÍMICA DO COMPLEXO JAUAPERI NA REGIÃO DE MOURA – AM

PIB-E/0053/2009

Discente: **Núbia Rodrigues Gomes** (Voluntária)

Orientadora: **Prof. Dra. Rielva Solimairy Campelo do Nascimento**

MANAUS
2010

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO.....	2
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	5
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	6
4.1 <i>Geoquímica dos gnaisses</i>	6
5. CONCLUSÕES.....	10
6. REFERÊNCIAS.....	11
7. CRONOGRAMA DAS ATIVIDADES.....	13

1. INTRODUÇÃO

Estudos geocronológicos e geotectônicos têm sido realizados no cráton Amazônico (Ameilda et al. 1976), dada a sua importância em termos de depósitos minerais, reconstruções geotectônicas e paleogeográficas, entre outras (Amaral 1974; Cordani et al. 1979; Hasui et al. 1984; Teixeira et al. 1989; Tassinari 1996; Santos et al. 2000 e 2006; Tohver et al. 2002 e 2006, entre outros). Devido à extensão do cráton, a cobertura vegetal e dificuldades de acesso, a maioria dos estudos realizados é de caráter regional. O entendimento da compartimentação e evolução do Cráton Amazonas passam, necessariamente, por estudos mais detalhados em que sejam observados as relações estratigráficas/estruturais, geoquímicas e geocronológicas das unidades, dentro de cada Província, para assim melhor defini-las. Uma vez se conhecendo a geologia das províncias é possível correlacioná-las e assim melhor defini-las em termos de evolução e limites.

O Complexo Jauaperi, embasamento da Província Tapajós-Parima, no Domínio Uaimiri (Santos et al. 2002), possui ampla ocorrência no sul de Roraima e norte do Amazonas, e apesar de sua grande área de ocorrência, e da região de Moura ser considerada como a área tipo, nenhum estudo foi realizado de forma a caracterizar sua petrografia, estrutural, geoquímica e composição isotópica. Neste sentido, este projeto visa a caracterização geoquímica do Complexo Jauaperi em sua área tipo (região de Moura-AM - Fig. 1), com intuito de identificar a ocorrência destas rochas dentro do Domínio Uaimiri, afim de fornecer dados para comparações entre os embasamentos das diferentes províncias que compõe o Cráton Amazonas.

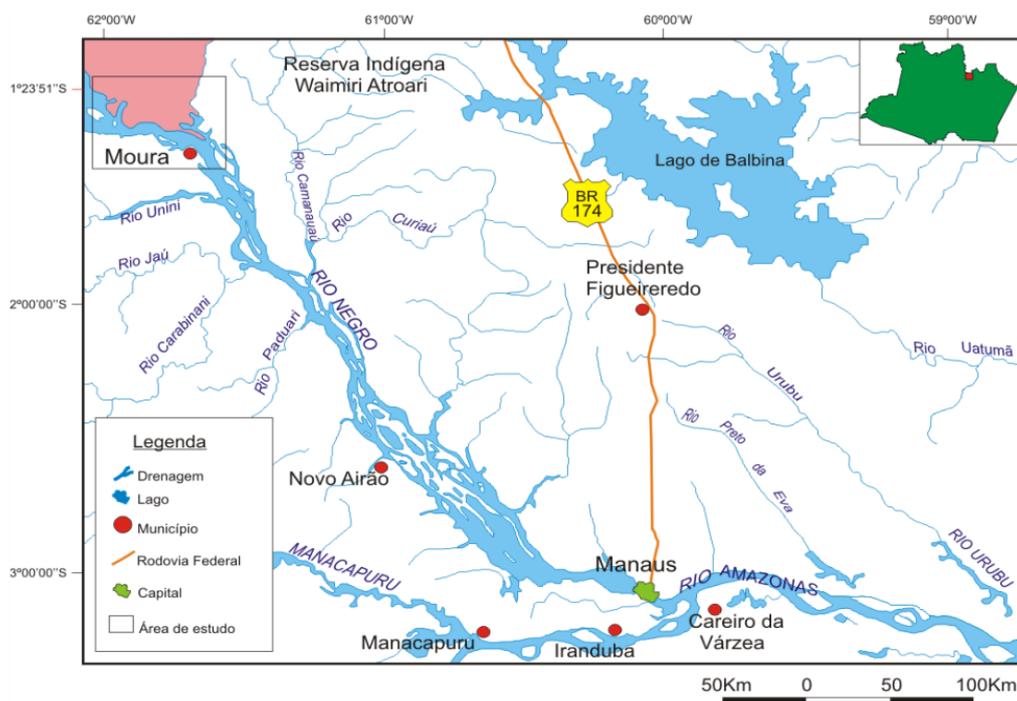


Figura 1. Mapa de localização e acesso a comunidade de Moura- AM, a noroeste da cidade de Manaus. Fonte: Modificado de DNIT 2002.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O Complexo Jauaperi compreende ortognaisses, migmatitos, metagranito, diques de anfibolitos e bolsões charnockitóides com arcabouço estrutural de direção preferencial N-S a NE-SW, metamorfisados no fácies xisto verde a anfibolito superior (CPRM 2003). Estudos regionais, mostram que os gnaisses e augem-gnaisses deste complexo, apresentam coloração rósea, composição monzo a sienogranítica (Faria e Luzardo 2000, CPRM 2003) e idades U-Pb no intervalo de 1.880 – 1.868 Ma (Santos et al. 2002), obtida em gnaisses ao longo da BR-174, na reserva indígena Waimiri-Atroari. Esta idade é questionada, uma vez que é condizente com a idade dos granitóides da suíte Água Branca. Poderia as rochas datadas representarem granitóides da suíte Água Branca deformados?

Segundo CPRM (2006), o Complexo Jauaperi tem ampla ocorrência a sudoeste do Domínio Uatumã-Anauá, e abrange áreas ao norte e sul do limite interestadual dos estados de Roraima e Amazonas, com maior área de distribuição no Amazonas, ao longo dos rios Jauaperi, Alalaú e Pardo com expressiva área de ocorrência na região de Moura- AM (Figura 2).

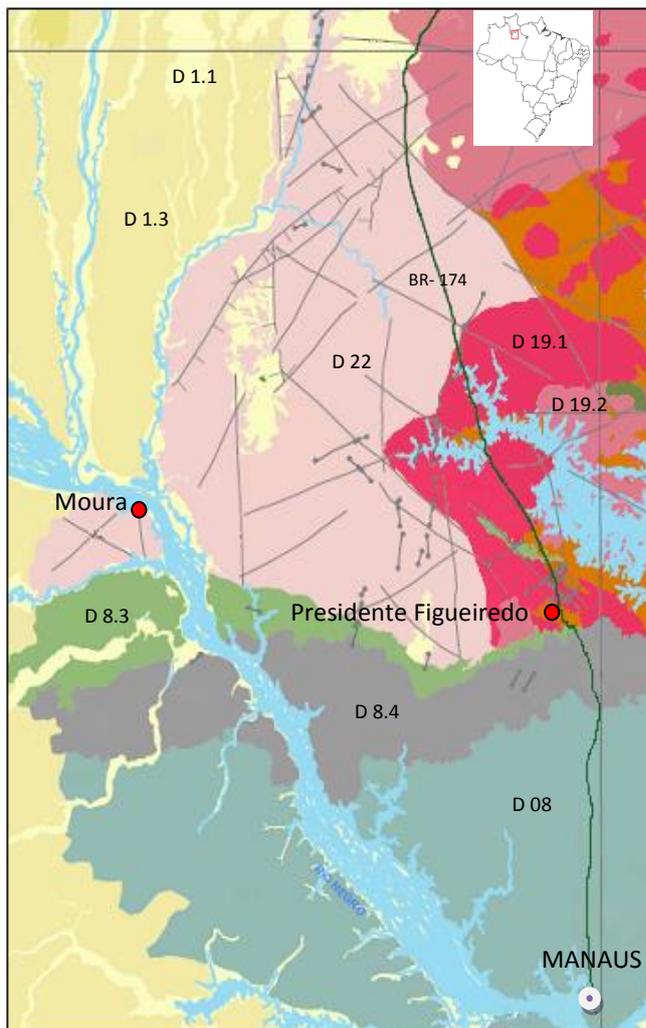


Figura 2. Parte do mapa geológico elaborado pelo CPRM (2006), mostrando a ampla área de ocorrência do Complexo Jauaperi nos limites sul-sudeste e norte-nordeste dos estados de Roraima e Amazonas, respectivamente. D1.1- Depósitos aluviais recentes; D1.3- Formação Içá; D08- Formação Alter do Chão; D8.3- Formação Prosperança; D8.4- Grupo Trombetas; D19.2- Suíte Intrusiva Água Branca; D19.1- Grupo Iricoumé; D22- Complexo Jauaperi. Fonte: Modificado de CPRM (2006).

Santos et al. (1974) foram quem primeiramente descreveram as rochas do Complexo Jauaperi nos arredores da região de Moura- AM, ao longo do rio Negro, como uma sequência de migmatitos, gnaisses e granitos, com bandeamento direcional para NE e mergulhos acentuados para SE. Posteriormente, estes autores constataram sua ocorrência também em grande parte do Domínio Baixo Rio Negro, a qual propuseram a designação de Grupo Moura. Montalvão et al. (1975) passaram a chamar esta associação rochas metaplutônicas de Complexo Guianense, separando uma nova unidade, denominada de Granodiorito Rio Novo. As rochas mais comuns do Complexo Guianense incluíam granulitos, gnaisses, migmatitos, anfibolitos e granitos de anatexia e metassomáticos, dioritos e gabros. Posteriormente Araújo Neto & Moreira (1976) propõem revalidar formalmente a denominação de Grupo Anauá para as rochas reunidas sob a designação de Grupo Moura por Santos et al. (op. cit.).

Com o avanço do conhecimento geológico por toda a Amazônia, Baptista et al. (1984) adotaram a mesma denominação proposta anteriormente por Araújo Neto & Moreira (1976) de Grupo Anauá, e consideram estas rochas como de idade arqueana. Já Bezerra et al. (1990), voltaram a denominação de Complexo Guianense, e afirmaram que o mesmo constituía a unidade mais antiga do segmento norte do Cratón Amazônico. Em contrapartida, Reis (1998) reviveu o termo Grupo Anauá, enquanto Pinheiro et al. (2000) adotaram a terminologia de Complexo Metamórfico Anauá, para rochas metamórficas de baixo a alto grau e rochas ígneas ácidas a ultrabásicas subordinadas, que para eles ocorriam tanto no Domínio Anauá-Jatapu como no Domínio Guiana Central. No início deste século, Faria (2000) adotou a denominação simplesmente de “Complexo Metamórfico”, para incluir granulitos básicos a intermediários, metatonalitos, metagranitos, metadioritos, tonalitos, granitos e enclaves de rochas básicas e ultrabásicas.

De acordo com CPRM (2006), os gnaisses e augen-gnaisses desta unidade, são compostos por microclínio, quartzo, plagioclásio, hornblenda, biotita, opacos, zircão, apatita, alanita, titanita, epidoto, sericita e clorita. Possuem coloração rósea e composição monzo a sienogranítica, apresentando-se quimicamente metaluminosos e enriquecidos em SiO_2 , K_2O , FeO^* , Al_2O_3 , Y e ETR (Elementos Terras Raras) pesados, e empobrecidos em Nb, Sr e Ti. Os protólitos destes ortognaisses representam uma associação cálcio-alcálica de alto-K cujo enriquecimento em ETR pesados pode estar relacionado à contaminação por uma crosta bimodal do tipo TTG (Tonalito, Trondhjemitó e Granodiorito) (Faria & Luzardo 2000).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Revisão bibliográfica: Levantamento bibliográfico dos trabalhos realizados no Complexo Jauaperi, bem como de trabalhos sobre estudos geoquímicos de rochas metamórficas ortoderivadas.

Trabalho de campo: Foi realizado entre os dias 20/11 a 25-11-2009, na comunidade de Moura e seus arredores, principalmente nas margens dos rios Negro e Jauaperi. Consistiu na descrição de afloramentos, bem como na coleta sistemática de amostras.

Seleção de amostras para análises químicas: As amostras coletadas foram separadas, no Laboratório de Laminação do DEGEO-UFAM (Departamento de Geologia - UFAM), levando-se em conta seus graus de alterações intempéricas e principalmente representatividade em relação às características geológicas.

Preparação mecânica das amostras para análises químicas: As amostras foram cortadas, britadas e pulverizadas no Laboratório supracitado do DEGEO-UFAM.

Análises químicas: Foram enviadas 15 amostras para o Laboratório ACME, Canadá, onde foram analisadas em função dos teores de elementos maiores, menores e traços.

Tratamento dos dados geoquímicos: Foram elaboradas tabelas e gráficos e/ou diagramas, seguindo os padrões utilizados pelos principais estudiosos (Maniar & Piccoli (1989), Harker (1956), O` Connor (1965), La Roche *et al.*, (1980), Tegye (1979), Streckeisen (1979) *apud* Fujimori 1990) de petrologia de rochas metamórficas ou metaplutônicas, bem como os diagramas tipo “aranha” (“*spidergram*”) (Figura 3C) de Kay & Hubbard (1978) *apud* Fujimori (1990), Pearce *et al.* 1984 *apud* Wernick (2004), para elementos terras raras, bastante utilizados para a caracterização de fonte, e diferenciação magmática.

Interpretação dos dados geoquímicos: Os dados geoquímicos foram interpretados seguindo os conceitos e preceitos dos trabalhos acima citados, bem como outras literaturas afins, objetivando a caracterização e individualização do Complexo Jauaperi em sua área tipo, bem como ambientes e processos de cristalização e evolução geotectônica.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os gnaisses estudados mostram composição modal variando de sienito a mozogranitos, possuem coloração cinza a rósea, textura fanerítica fina a média, e são constituído por quartzo, feldspato potássico, plagioclásio, anfibólio e biotita como minerais essenciais. Como minerais acessórios, ocorrem piroxênio, minerais opacos, titanita, apatita, zircão, alanita e espinélio, além de muscovita e epidoto como produtos de alteração. Exibe uma foliação predominantemente segundo a direção NE-SW e localmente, indícios de migmatização, com formação de paleossoma, melanossoma e leucossoma.

4.1 Geoquímica dos gnaisses

As rochas estudadas mostram SiO_2 variando entre 70,26% a 73,44%, elevados teores de K_2O (5,12 a 6,14%, exceto a amostra JMA-04b com 1,61%), Na_2O (3,14 a 3,75% e 6,02% na amostra JMA-04b) e $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{t})$ (1,89 a 3,53%). Em diagrama de Harker foi possível definir trends de correlação, onde é possível observar um comportamento compatível para TiO_2 , Al_2O_3 , MgO , CaO , Na_2O , P_2O_5 e FeO , e incompatível para K_2O (Figura 3). Para os elementos traços observou-se um comportamento incompatível para Ba e Rb e compatível para o Sr (Figura 4). A amostra JMA-04b, com $\text{SiO}_2=70,26\%$, nos diagramas do TiO_2 , Al_2O_3 , MgO tem uma tendência a mostrar um comportamento diferenciado, não se alinhando com o trend definido pelas demais amostras.

No contexto de séries magmáticas as rochas estudadas mostram afinidade com as rochas da série subalcalino. A proporção de K_2O em relação a SiO_2 , define o magmatismo de série shoshonítica, com a amostra com JMA-04b plotando no campo da série cálcio-alcalina de médio K. (Figura 5). Já a relação álcalis/alumina caracteriza os mesmos como metaluminosos, (Figura 6).

Os elementos terras raras (ETR), normalizados pelos valores condríticos segundo Boynton (1984) (Figura 7) exibem padrões marcados pelo enriquecimento em terras raras leves em relação às terras raras pesados com razão $[\text{La}/\text{Yb}]_N$ de 6,36 a 7,22. Também mostra anomalia negativa de Eu ($\text{Eu}/\text{Eu}^* = 0,33$ a 0,52). O padrão de distribuição multielementar normalizados pelos valores dos granitos de cadeia mesoceânica (ORG) de Pearce *et. al.* (1984), ressalta anomalias positivas em Rb e Ce, e revela um enriquecimento de K_2O , Ba, Th, Ta e Nb em relação a Hf, Zr, Sm, Y e Yb (Figura 8).

Para caracterizar o ambiente tectônico, as amostras estudadas foram plotadas nos diagramas de Pearce (1996). Considerando as relações entre Rb versus Y+Nb e Nb versus Y, os gnaisses estudados apresentam semelhança com os granitos gerados em ambientes de intraplacas (Figura 9A e B).

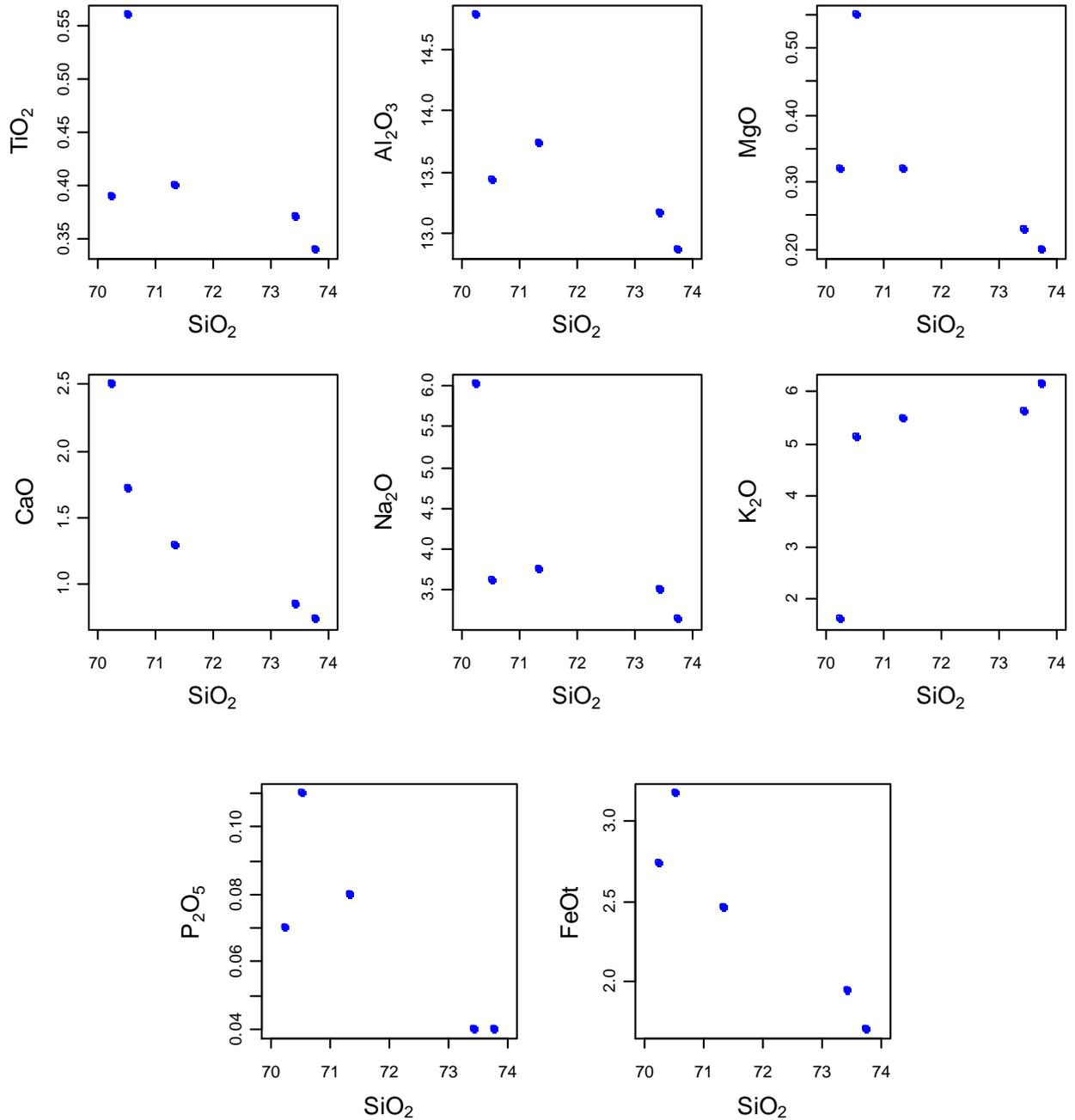


Figura 3: Diagramas de Harker para rochas gnáissicas do Complexo Jauaperi, mostrando a variação dos elementos maiores usando a sílica como índice de diferenciação.

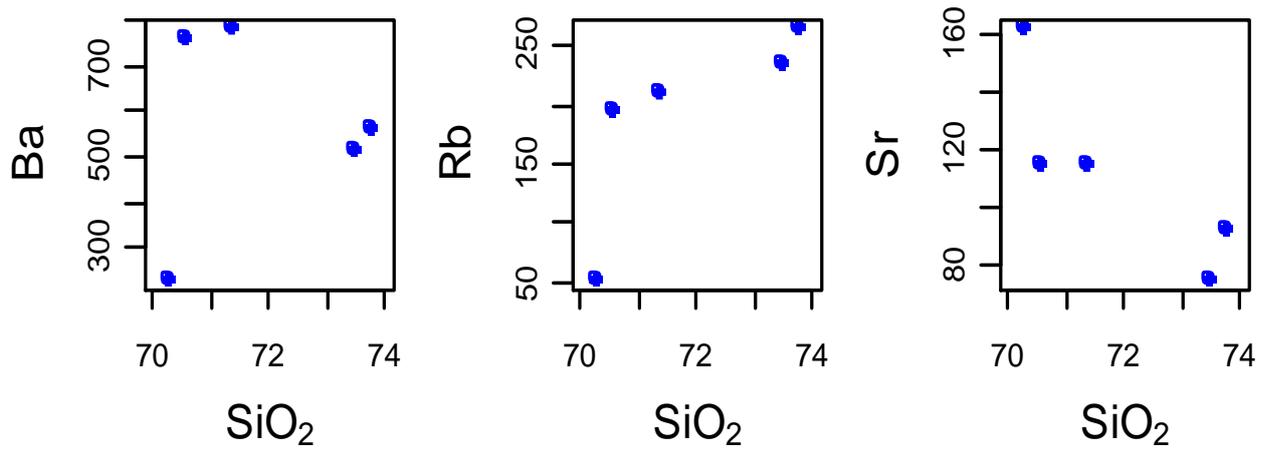


Figura 4: Diagramas de Harker mostrando a variação dos elementos menores usando SiO_2 como índice de diferenciação.

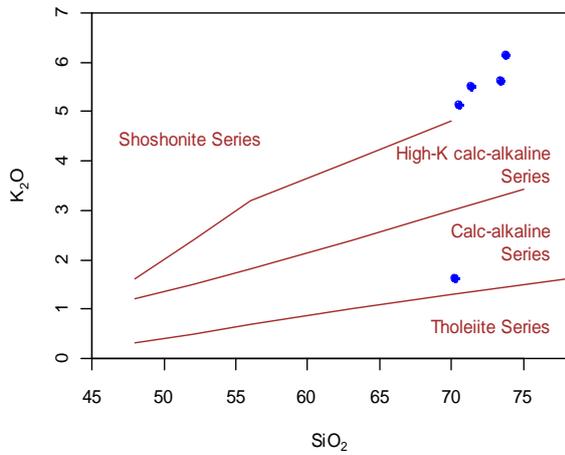


Figura 5: Diagrama de TAS, proposto por Macdonald & Katsura (1964).

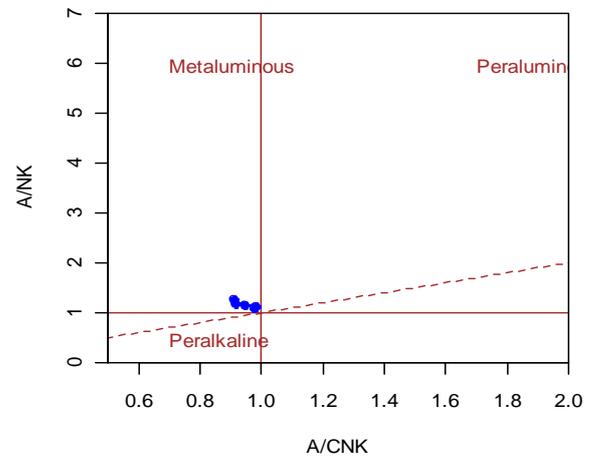


Figura 6: Diagrama de relação álcalis/alumina segundo Shan (1943).

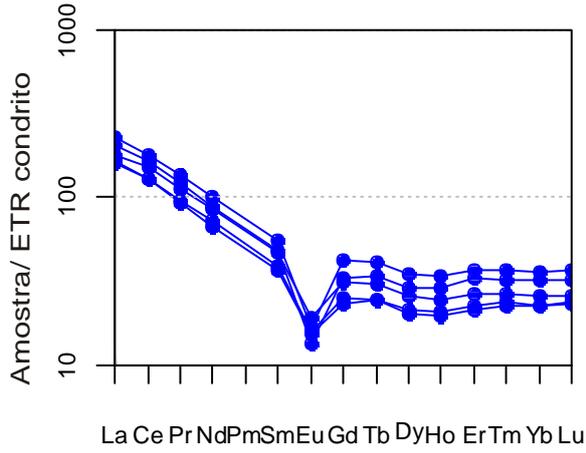


Figura 7: Padrão de distribuição dos ETR (elementos terras raras) normalizados segundo condritos de Boyton (1984).

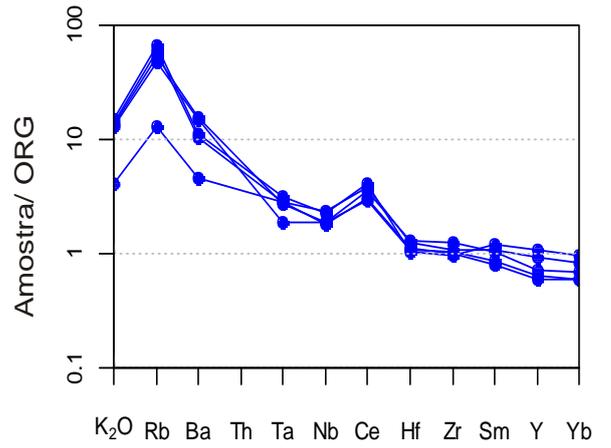


Figura 8: Padrão de distribuição multielementar normalizado segundo ORG (granitos de cadeia mesoceânica) de Pearce *et al* 1984.

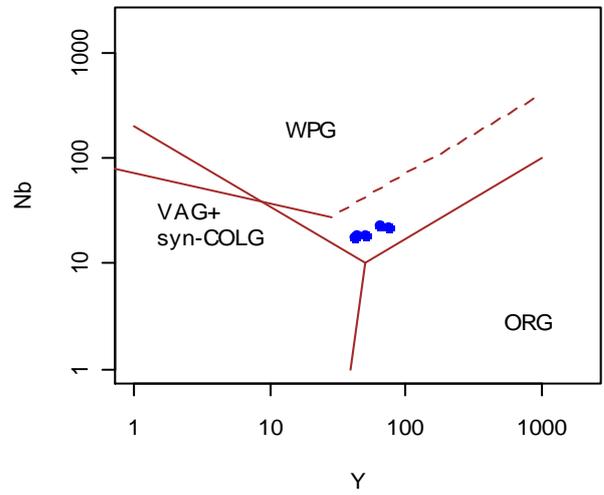
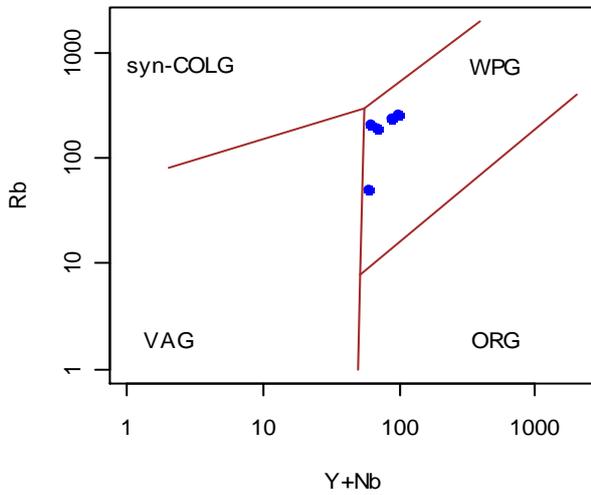


Figura 9: Diagrama de classificação de ambiente tectônico segundo Pearce *et. al.*, (1984), considerando a relação entre Rb x Y+Nb (A) e Nb x Y (B).

5. CONCLUSÃO

Com o resultado das análises geoquímicas realizadas em cinco amostras, revelou que os protólitos dos gnaisses variam de monzogranitos a sienogranitos, sendo rochas supersaturadas em sílica. Os diagramas de Harker demonstra que as rochas estudadas podem ter como protólito uma suíte de rochas ígneas, com apenas uma amostras mostrando comportamento distinto das demais (JMA-04b). Este comportamento pode estar relacionado, a mudanças químicas que a rocha sofreu devido a percolação de fluídos metamórficos, ou alternativamente, que o Complexo Jauaperi pode ser constituídos por mais de uma associação plutônica.

Geoquimicamente as rochas estudadas mostram características metaluminosa. Com relação a afinidade geoquímica, devido ao caráter extremamente evoluídos do protólito (SiO_2 variando de 70,26% a 73,44%) é difícil classificá-las no contexto das séries magmáticas. Quando utilizado diagramas padrões na literatura, as rochas estudadas mostram um tendência sub-alcalina compatível com rochas shoshonítica, a exceção da amostra JMA-04b que mostra comportamento cálcio-alalino. Entretanto, quando observado os diagramas de Perce et al (1984) as rochas estudadas caem no campo dos granitos intraplaca, que é um campo comum as rochas de afinidade alcalina. Desta forma as rochas estudadas, apresentam ora características variando de subalcalina a alcalina o que daria um caráter transicional para estas rochas.

Com relação ao padrão de distribuição dos elementos traços e ETR, todos os padrões são paralelos e não há discrepância entre a amostra JMA-04b e as demais. A anomalia de Eu sugere que o plagioclásio pode ter sido uma fase fracionada durante a evolução destas rochas, em seu estágio ígneo.

6. REFERÊNCIAS

- Almeida F.F.M., Hasui Y., Brito Neves B.B. 1976. The Upper Precambrian of South America. *Boletim. Instituto de Geociências US*. São Paulo, **7**:45-80.
- Amaral, G. 1974. Geologia Pre-cambriana da região Amazônica. Universidade de São Paulo, São Paulo, Dissertação de Mestrado, 212 p.
- Araújo Neto H. e Moreira H. L. 1976. Projeto Estanho de Abonari. MME/DNPM/CPRM. Brasília, Vol. 1, 232p. Costi H.T., Santiago A.F., Pinheiro S.S. 1984. Projeto Uatumã-Jatapu, Rel. Final. Manaus: CPRM – SUREG-MA. 133 p.
- Baptista M. B., Braun O. P. G., Campos D.A. 1984. Léxico estratigráfico do Brasil. Brasília, DF: Departamento Nacional da Produção Mineral, Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, 560 p.
- Bezerra P.E.L. *et al.* 1990. Geologia. *In*: PROJETO zoneamento das potencialidades dos recursos naturais da Amazônia Legal. Rio de Janeiro: IBGE, p. 91-164.
- Cordani U.D., Tassinari C.C.G., Teixeira W., Basei M.A.S. Kawashita K. 1979. Evolução Tectônica da Amazônia com base nos dados geocronológicos. *In*: Congresso Geológico Chileno, 2., *Actas*. p. 137-148.
- CPRM. 2006. Geologia e Recursos Minerais do Estado do Amazonas. Sistema de Informações Geográficas – SIG. Programa Geologia do Brasil; integração, atualização e difusão de dados da geologia do Brasil. Mapas geológicos estaduais, escala 1:1.000.000. CD-ROM.
- CPRM. 2003. Geologia e Recursos Minerais da Amazônia Brasileira, Região Cratônica, Sistema de Informações Geográficas - SIG. Mapa na escala de 1:1.750.000. CD-ROM.
- DNIT 2002. Plano Nacional de Viação, Sistema Rodoviário do PNV. Ministério dos Transportes. Mapa Rodoviário do Brasil, escala 1:5.000.000. Disponível em <<http://www.dominiopublico.gov.br/download/imagem/dn000028.pdf>> acesso em: 21, jun. 2008.
- Faria M.S.G. 2000. Caracaráí, folhas NA.20-Z-B e NA.20-Z-D inteiras e parte das folhas NA.20-Z-A, NA.20-Z-C, NA.21-Y-C e NA.21-Y-A, Estado de Roraima. Brasília, DF: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, 137 p.
- Faria M.S. G. de, Luzardo. R. 2000. Complexo Metamórfico a Anauá. *In*: Programa de Levantamento Básicos do Brasil, Caracaráí, Folhas NA.20-Z-B e NA.20-Z-D (Integrais), NA.20-Z-A, NA.21-Y-A., NA.20-Z-C, NA.21-Y-C Monteiro 1998
- Fujimori S. 1990. Composição química de rochas e suas aplicações. Centro Editorial da Universidade Federal da Bahia, 306 p.
- Harker A. 1956. Petrology for students. An Introduction to the Study of Rocks under the Microscope. 8 ed. Rev. Cambridge University Press., Cambridge, 283 p.
- Hasui Y., Haralyi N.L., Schobbenhaus C. 1984. Elementos Geofísicos e Geológicos da Região Amazônica: Subsídios para o Modelo Geotectônico. *In*: Simp. Amaz., 2, Manaus, AM. *Anais*: 129-147.
- Kay R.W. & Hubbard N.J. 1978. Trace elements in ocean ridge basaltis. *Earth Planet. Sci. Lett.*, Amsterdam, **38**(1):95-116.
- La Roche H., Grandclaude P., Marchal M. 1980. A classification of volcanic and plutonic using R1-R2 diagram and major element analysis ; its ration-ships with current nomenclature. *Chem. Geol.*, Amsterdam, **29**(2):183-190.
- Maniar P.D. & Piccoli P.M. 1989. Tectonic discrimination of granitoids. *Bull. Geol. Soc. Am* **101**:635-643.
- Montalvão R.M.G. de, Muniz M.C., Issler R.S., Dall'Agnol R., Lima M.I.C., Fernandes P.E.C.A., Silva G.G. 1975. Geologia da Folha NA.20- Boa Vista e parte das folhas NA.21 - Tumucumaque, NB.20 - Roraima e NB.21. *In*: BRASIL, DNPM. Projeto RADAMBRASIL. Cap. I - Geologia. Rio de Janeiro. (*Levantamento de Recursos Naturais*, 8).
- O'Connor J.T. 1965. A classification of quartz-rich igneous rocks base don feldspar rations. *U.S. Geol. Survey Prof. Paper*, Washington, D.C., (525-B), p. 79-84.

- Pearce J.A., Harris N.B.W., Tindle A.C. 1984. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *J. Petrol.*, **25**:956-983.
- Pinheiro S.S. *et al.* 2000. Caracaraí, folhas NA.20-Z-B e NA.20-Z-D inteiras e parte das folhas NA.20-Z-A, NA.20-Z-C, NA.21-Y-C e NA.21-Y-A. Estado de Roraima. Brasília, DF: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, 137 p.
- Reis N.J. 1998. Léxico estratigráfico do estado de Roraima. Manaus: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, *Contribuição técnica*, 92 p.
- Santos J.O.S., Hartmann L.A., Faria M.S.G., Riker S.R.L., Souza M.M., Almeida M.E., McNaughton N.J. 2006. A Compartimentação do Cráton Amazonas em Províncias: Avanços ocorridos no período 2000-2006. *In*: SBG, Simpósio de Geologia da Amazônia, 9, Belém, CD-ROM.
- Santos J.O.S., Faria M.S.G. de, Hartmann L.A., McNaughton N.J. 2002. Significant Presence of the Tapajós – Parima Orogenic Belt in the Roraima Region, Amazon Craton based on SHRIMP U-Pb zircon Geochronology. *In*: SBG, Cong. Bras. Geol., 41, João Pessoa, PB, *Anais*: 336.
- Santos J.O.S., Hartmann L.A., Gaudette H.E., Groves D.I., McNaughton N.J., Fletcher I.R. 2000. A new understanding of the provinces of the Amazon Craton based on integration of field mapping and U-Pb and Sm-Nd geochronology. *Gondwana Research*, **3**(4):453-488.
- Santos J.O.S., Moreira A.S., Pessoa M.R., Oliveira J.R. de, Malouf R.F., Veiga Jr. J.P., Nascimento J.O. do 1974. Projeto Norte da Amazônia, Domínio Baixo Rio Negro; Geologia da Folha NA.20-Z. Relatório Final, Manaus, DNPM/CPRM, v.IIIA.
- Souza A.G.H., Milliotti C.A., Luzardo R. 2006. Aspectos petrográficos das rochas ácidas e diques básicos na Pedreira do Getúlio, região de Presidente Figueiredo-AM. *In*: SBG/Núcleo Norte, Simpósio de Geologia da Amazônia, 9, Belém. *Resumo expandido*.
- Strecheisen A. 1979. Classification and nomenclature of volcanic rocks, lamprophyres, carbonatites, and melilitic rocks: recommendations and suggestions of the IUGS subcomission on the systematics of igneous rocks, *Geology, Boulder*, **7**(7):331-335.
- Tassinari C.C.G. 1996 O mapa geocronológico do Cráton Amazônico no Brasil: revisão dos dados isotópicos. Instituto de geociências, Universidade de São, São Paulo. Tese de Livre Docência, 139.
- Teixeira W., Tassinari C.C.G., Cordani U.G., Kawashita K. 1989. A review of the geochronology of the Amazonian Craton: tectonic implications. *Precambrian Research*, **42**:213-227.
- Tegyey. M. 1979. Utilization de la géochimie-majeurs pour la cartographie des terrains cristallins: possibilités des traitement automatique des analyses au B.R.G.M. Paris : B.R.G.M., (Documents du BRGM, 12), p. 134.
- Tohver E., D'Agrella-Filho M.S., Trindade R.I.F. 2006. Paleomagnetic record of Africa and South America for the 1200–500 Ma interval, and evaluation of Rodinia and Gondwana assemblies. *Precambrian Research* 147: 193–222.
- Tohver E., Van der Pluijm B.A., Van der Voo R., Rizzotto G., Scandolara J.E. 2002. Paleogeography of the Amazon craton at 1.2 Ga: early Grenvillian collision with the Llano segment of Laurentia. *Earth and Planetary Science Letters* **199**:185 – 200.
- Wernick E. 2004. Rochas magmáticas: conceitos fundamentais e classificação modal, química, termodinâmica e tectônica. Ed. UNESP, São Paulo. 655 p.

