

## GRANODIORITOS PALEOPROTEROZÓICOS NO ESCUDO PRÉ-CAMBRIANO BOLIVIANO: AS ROCHAS MAGMÁTICAS DA INTRUSÃO CORRERECAL DE 1,92-1,89 GA E IMPLICAÇÕES TECTÔNICAS

*PALEOPROTEROZOIC GRANITES IN BOLIVIAN PRECAMBRIAN SHIELD: THE 1.92-1.89 GA CORRERECAL INTRUSION MAGMATIC ROCKS AND TECTONIC IMPLICATIONS*

**Gabriela VARGAS-MATTOS<sup>1</sup>, Ramiro MATOS<sup>2</sup>, Wilson TEIXEIRA<sup>3</sup>, Moacir José Bueno MACAMBIRA<sup>4</sup>, Mauro Cesar GERALDES<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rua São Francisco Xavier, 524, Maracanã, Rio de Janeiro– Brasil.

E-mail: gvargas\_mattos@hotmail.com, gerald@uerj.br

<sup>2</sup>Universidad Mayor de San Andrés (UMSA), Calle 27 de Cota Cota, Campus universitario, Pabellón Geología, La Paz Bolivia.

E-mail: rmatoss@yahoo.com

<sup>3</sup>Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. Rua do Lago, 562. Cidade Universitária – São Paulo. Brasil.

E-mail: wteixeir@usp.br

<sup>4</sup>Programa de Pós-graduação em Geologia e Geoquímica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Rua Augusto

Correa, s/n, Belém, PA, Brasil. E-mail: moamac@ufpa.br

### Introdução

As principais unidades do pré-cambriano boliviano

O embasamento

O Magmatismo Sunsás

Metodologia

Isótopos de Pb-Pb pelo método Kober

Litogeoquímica

Geologia Local

Resultados

Análises isotópicas de Pb

Litogeoquímica

Evolução do pré-cambriano boliviano

Discussão

Correlações geológicas

Evolução do pré-cambriano boliviano

Conclusões

Agradecimentos

Referências

**RESUMO** - Os resultados U-Pb em zircões apresentados neste trabalho definem uma importante modificação na cronoestratigrafia das unidades do pré-cambriano boliviano. O Granodiorito Correreca apresenta uma variação de idade entre 1,92 e 1,89 Ga e provavelmente, foi gerado em um evento magmático Paleoproterozóico, ainda não reportado no pré-Cambriano Boliviano. Nesse sentido, estas rochas mais antigas que o evento Lomas Manechis, relatado aqui pelo Granodiorito Correreca, que ocorre na parte sul da Zona de Cisalhamento de San Diablo, indicam uma história geológica distinta de outras áreas do embasamento pré-cambriano na Bolívia. Na região de Santo Corazon e a sul da frente de San Diablo, a intrusão da Correreca apresenta uma composição majoritariamente granodiorítica. Nesse sentido, a frente de San Diablo foi interpretada como uma zona de sutura entre os blocos sudeste do Paraguá e Sunsás composta por uma zona de cisalhamento gerada pela colisão entre os blocos com evoluções geológicas distintas.

**Palavras-chave:** Pré-cambriano boliviano. Granodiorito Correreca. Idades Pb-Pb. Litogeoquímica.

**ABSTRACT** - The Pb isotope results in zircons presented in this work define an important change in the chronostratigraphic of the units in the Bolivian Precambrian. The Correreca granodiorite has an age variation between 1.92 and 1.89 Ga and was probably generated in a Paleoproterozoic magmatic event not yet reported in the pre-Cambrian Bolivian. In this way, these rocks older than the Lomas Manechis event, reported here as Correreca granite, which occurs in the southern part of the San Diablo shear zone and indicate a geological history distinct from other areas of the Precambrian basement in Bolivia. In the Santo Corazon region and south of the San Diablo front, the Correreca intrusion has a mostly granodioritic composition suggesting the San Diablo front may be interpreted as a suture zone between the southeastern of Paraguá and Sunsás blocks composed of a shear zone generated by the collision between both blocks with distinct geologic evolution.

**Keywords:** Bolivia Precambrian. Correreca Granodiorite. Pb-Pb ages. Lithochemistry.

## INTRODUÇÃO

As investigações no pré-cambriano boliviano como um dos primeiros estudos sistemáticos iniciaram com o objetivo de localizar e realizados na região. Quatro anos depois, identificar diferentes tipos de minerais e rochas Litherland et al. (1986), por meio da ação potencialmente econômicas (Berrangé & conjunta do Serviço Geológico da Inglaterra e Litherland, 1982). Este trabalho é reconhecido com participação da Bolívia (GEOBOL), deram

continuidade ao trabalho, tendo como resultado o primeiro mapa geológico do pré-cambriano boliviano. O pré-cambriano que ocorre em território boliviano compreende rochas de idade paleoproterozoica (2500-1600 Ma), mesoproterozoica (1600-900 Ma) e neoproterozoica (900-570 Ma) segundo Berrangé & Litherland (1982). O Paleoproterozoico encontra-se caracterizado pelo complexo gnáissico La Chiquitania (CGCH), complexo de granulitos Lomas Manechis (GLM), e o supergrupo de xistos San Ignacio (SXXSI). O Mesoproterozoico é composto por rochas formadas e retrabalhadas durante a Orogenia San Ignacio e Sunsás que, segundo Berrangé & Litherland (1982), foram os eventos que resultaram na

cratonização da área. Por último, o Neoproterozoico está caracterizado pelos depósitos de transgressão do Cinturão Tucavaca.

Na Bolívia, as rochas anteriores à Orogenia San Ignacio são consideradas como o embasamento e na literatura foram caracterizadas como ortognaisses e ortogranulitos da unidade Lomas Manechis e pelos xistos San Ignacio, junto com paragnaisses e ortognaisses do Complexo La Chiquitania. Esta última unidade foi interpretada por Litherland et al. (1986) como de origem vulcano-sedimentar. Estes gnaisses apresentam maior extensão areal que o Lomas Manechis, sendo observados em todo o Bloco Paraguá.

## AS PRINCIPAIS UNIDADES DO PRÉ-CAMBRIANO BOLIVIANO

### O embasamento

Uma modificação importante na estratigrafia do pré-cambriano boliviano foi obtida com idades reportadas por Boger et al. (2005), em relação aos xistos San Ignacio, interpretados inicialmente por Litherland et al. (1986) na figura 1 A, como mais jovens do que os gnaisses do Lomas Manechis. Esses novos dados U-Pb SHRIMP definiram as idades mais antigas por volta de 1,75 Ga para os núcleos de grãos detríticos, o que indica que estes xistos foram formados anteriormente ao evento orogênico Lomas Manechis. Por outro lado, os dados de borda de grãos de zircão (e outros grãos tanto em núcleo como em borda) indicaram idades por volta de 1,33 Ga.

Análises U-Pb realizadas em zircões detríticos de paragnaisses de La Chiquitania (Boger et al., 2005), indicam uma fonte paleoproterozoica de  $1764 \pm 12$  Ma. Esses zircões apresentam sobre crescimento com uma idade por volta de  $1333 \pm 6$  Ma que segundo Boger et al. (2005) pode ser considerada como a idade de fusão parcial durante o evento San Ignacio. Resultados U-Pb em zircões relatados por Boger et al. (2005) definem mais uma vez uma modificação importante na cronoestratigrafia do embasamento do pré-cambriano boliviano.

Os novos dados colocam os paragnaisses da unidade La Chiquitania como as rochas mais antigas da região, formadas por sedimentação a partir de fontes crustais ensiálicas ca. 1,76 Ga, seguidas dos ortognaisses do Lomas Manechis, gerados entre 1689 Ma e 1663 Ma. Propõem ainda que ambas as unidades tenham sido localmente metamorfisadas e/ou refundidas no evento San Ignacio.

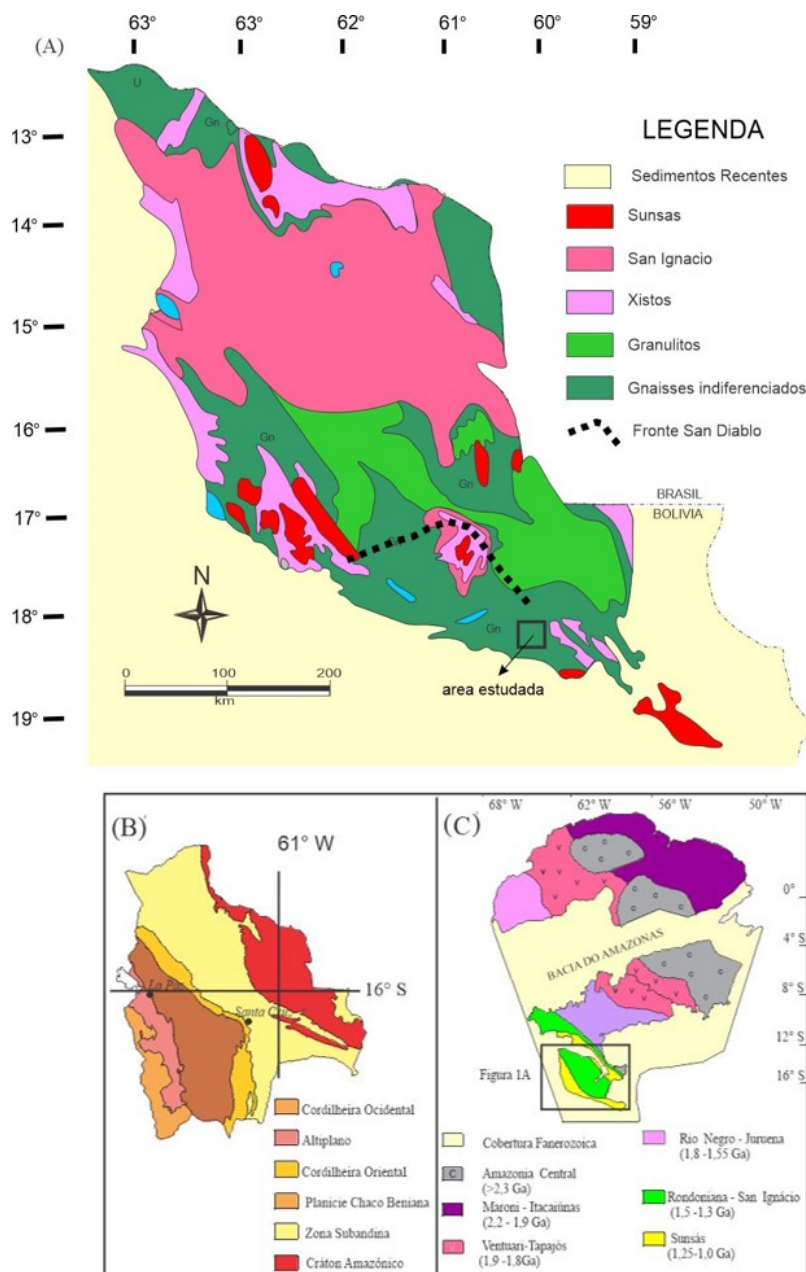
A unidade Lomas Manechis, considerada inicialmente por muitos autores como represen-

tantes das rochas mais antigas do Bloco Paraguá apresentam idade de  $1663 \pm 13$  Ma (U-Pb) que foi interpretada como idade de cristalização segundo Boger et al. (2005). De forma complementar, Santos et al. (2000, 2004) analisaram gnaisses de composição granulítica desta unidade, obtendo populações de zircões magmáticos com idade  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  de  $1818 \pm 13$  (MSWD = 2,6), sendo que as bordas dos grãos apresentaram idades por volta de  $1338 \pm 21$  Ma. Uma vez que estes investigadores consideraram uma baixa precisão nestes resultados, foram datadas monazitas confirmando uma idade de metamorfismo de  $1339 \pm 4$  Ma (MSWD = 1,15).

No período entre 1689 Ma e 1617 Ma ocorreu um evento magmático gerando o Granodiorito Lomas Manechis, identificados na literatura através do Monzogranito San Pablo ( $1617 \pm 7$  Ma) (Santos et al., 2004), do Ortognaisse Refúgio ( $1641 \pm 4$  Ma) e do gnaisse de Lomas Manechis com idade de  $1689 \pm 5$  Ma, conforme relatado por Boger et al. (2005).

Seguindo o tempo geológico e de acordo com a literatura, o evento magmático mais conhecido do pré-cambriano boliviano, já relatado por muitos pesquisadores (Litherland et al., 1986; Tassinari et al., 2000; Boger et al., 2005), corresponde aos corpos intrusivos do Complexo Pensamiento, gerado a partir de uma subducção com formação de magmatismo juvenil (1,36 Ga a 1,33 Ga), seguido por uma colisão (1,36 - 1,31 Ga). Essas rochas estão agrupadas na Orogenia San Ignacio, originalmente descrita por Litherland et al. (1986).

O evento San Ignacio também é representado pelas rochas graníticas da intrusão Cachuela, e as idades obtidas para estas rochas se situam entre 1307 e 1333 Ma, sugerindo um importante evento



**Figura 1** - A) Mapa das principais unidades do pré-cambriano boliviano segundo Litherland et al. (1986). As principais unidades litoestratigráficas são o embasamento, granulitos, xistos, granitos San Ignacio, as intrusões graníticas Sunsás e as coberturas sedimentares recentes; B) Subdivisão da Bolívia em províncias geológicas segundo Adamek et al. (1996); C) Subdivisão do Cráton Amazônico em províncias geológicas, segundo Tassinari & Macambira (2004).

gerador de granitóides no pré-cambriano boliviano. Os dados de litogeoquímica de um ambiente anorogênico e isótopos de Nd ( $\epsilon_{1333}$ ) entre -0,77 e -3,86 sugerem um ambiente crustal para suas origens, porém dados da literatura indicam um ambiente de arco magmático para a geração do magmatismo San Ignacio (Vargas-Matos et al., 2020).

### O magmatismo Sunsás

O magmatismo Sunsás é um importante evento formados de crosta observado na área pré-cambriana da Bolívia (figura 1B) e tem continuidade com as unidades Aguapeí e Nova Brasilândia no Cráton Amazônico no Brasil (figura 1C). Os dados reportados por Matos (2010) das

intrusões Naranjito, Primavera, Taperas, El Carmen e Casa de Piedra variam de (1092 a 1047 Ma). Além disso, novos dados relatados recentemente por Redes et al. (2020) e Nedel et al. (2020) com análises de U – Pb realizadas em cristais de zircão do Monzogranito Nomoca, produzindo uma idade de discordância de  $1109 \pm 22$  Ma, da qual foi obtida uma idade de concordância de  $1083 \pm 5$  Ma. O Sienogranito La Asunta apresenta cristais com idades de  $^{207}\text{U} - ^{206}\text{Pb}$  entre 1900 e 965 Ma, e exibe um intercepto superior de  $1022 \pm 100$  Ma, com uma idade de concordância de  $1081 \pm 6$  Ma (Vargas-Matos, 2010). O Sienogranito de Nocemano mostra uma idade de concordância de  $1102 \pm 14$  Ma em cristais de zircão homogêneos e em bordas

de zircão com núcleo de 1,69 Ga (Nedel et al. 2020).

O magmatismo Sunsás teve fontes predominantemente crustais (Teixeira et al., 2010; 2011; Nedel et al., 2017), com participação da crosta anteriormente formada durante o evento San Ignacio e apresenta uma variação temporal entre 1,08 Ga e 1,047 Ma. As rochas da intrusão Naranjito apresenta uma composição monzogranítica, peraluminoso, formados em ambiente crustal ( $\epsilon_{(1000)}$  -3,47 e -4,71) com idade de cristalização de  $1,048 \pm 19$  Ma (Vargas-Matos, 2010).

O Monzogranito Tapera também apresenta composição monzogranítica, metaluminoso a peraluminoso, com assinatura geoquímica de ambiente crustal, ( $\epsilon_{(1000)}$  entre -4,74 e -5,83) com idade de cristalização de  $1,047 \pm 24$  Ma (Vargas-Matos, 2010). O Sienogranito Primavera apresenta composição sienogranítica, peraluminosa, com assinatura geoquímica de ambiente intraplaca (anorogênico), com valores de  $\epsilon_{(1000)}$  não coerentes, provavelmente resultado de misturas de fontes durante um processo de fusão crustal que promoveu a re-homogeneização do sistema U-Pb nos zircões em um episódio ca. 1,08 Ga (Vargas-Matos, 2010).

O Monzogranito El Carmen apresenta composição monzogranítica, peraluminosa, com

assinatura geoquímica ambivalente entre crustal ( $\epsilon_{(1000)}$  de -5,03), com idade de cristalização de  $1,071 \pm 34$  Ma. O Monzogranito Casa de Piedra apresenta composição monzogranítica com cristalização hipoabissal, peraluminoso, com assinatura geoquímica de ambiente crustal, concordante com os valores de  $\epsilon_{(1000)}$  entre -4,94 e -3,56 (Vargas-Matos, 2010).

Este trabalho trata da caracterização da intrusão de rochas granodioríticas mapeados por Litherland et al., (1986) com a denominação Correrca que ocorre nos terrenos proterozoicos da Bolívia, abordando suas composições químicas mineralógicas, visando identificar seus processos magmáticos e as fontes, além das idades de cristalização com base na metodologia (Pb-Pb) proposta por Kober (1986). Os resultados isotópicos em zircões definem uma importante modificação na cronoestratigrafia das unidades no pré-cambriano boliviano, uma vez que os dados (Pb-Pb) do Granodiorito Correrca resultaram em idade de  $1894 \pm 13$  Ma e  $1925 \pm 32$  Ma, o que sugerem um importante evento magmático até agora não identificado na região. Este evento é constituído de rochas delimitadas ao norte pela Zona de Cisalhamento San Diablo que compreende um terreno com história geológica distinta das outras áreas do pré-cambriano boliviano.

## METODOLOGIA

### Isótopos de Pb-Pb pelo método Kober

O método de análise de zircão monocristal sem prévio tratamento químico foi apresentado por Kober (1986). Esta técnica mede a razão  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  de um zircão utilizando um filamento de Re duplo, no qual um cristal de zircão é preso em uma depressão no primeiro filamento na forma de canoa, que é aquecido em uma sequência de passos para evaporar o Pb que se precipita em outro filamento frio justaposto paralelamente ao primeiro.

Após cada aquecimento, o filamento em canoa é esfriado e o segundo filamento é então aquecido para ionizar o Pb que é então separado isotopicamente em um espectrômetro de massa de fonte sólida e medido em detector tipo Daly.

Esta técnica tem sido aplicada com sucesso nos últimos anos apesar de determinar somente a idade  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ , uma vez que não se obtém os dados necessários para o uso do diagrama da concórdia. Os resultados analíticos do método Kober são comparáveis com outros métodos como por diluição isotópica e o SHRIMP em

casos específicos onde não houve perda de Pb pelo zircão. O método Kober se baseia no princípio de que o sistema U-Pb evolui nos domínios cristalinos de um grão de zircão como um sistema fechado.

Como resultado, as razões  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  dos domínios cristalinos apresentam uma idade concordante. Em contraste, a perda de Pb, responsável pelas idades discordantes, pode ocorrer em porções metamictizadas, inclusões, fraturas e bordas de grão. Para resolver o problema de perda de Pb, o método Kober promove a análise de sítios mais retentivos do cristal ao atingir altas temperaturas que permitem a evaporação de sítios do grão de zircão com mínima perda de Pb.

A fração de zircões não magnética foi separada por lupa binocular, com aumento de até 50 vezes, para a seleção dos melhores grãos, maiores, mais límpidos e bem formados (que representariam somente a etapa de cristalização da rocha). Esses zircões foram analisados no laboratório de Geologia Isotópica da Universidade

Federal do Pará - UFPA, Pará-ISO, em Belém.

O primeiro passo foi organizar os zircões sobre uma lamínula e observá-los em microscópio eletrônico de varredura (MEV). Depois, esses zircões foram imageados no detector de elétrons retro-espalhados (BSE) e com o auxílio de uma câmera acoplada ao microscópio.

O uso das fotos tem finalidade de orientar a escolha dos grãos a serem utilizados no espectrômetro, uma vez que essas auxiliam na identificação de inclusões ou falhas na estrutura interna do mineral, bordas de recristalização que interfiram na idade de formação da rocha. Além de ajudar na localização do grão mineral no momento da análise.

Os zircões selecionados são depositados em filamentos de Re (“evaporação”) que serão introduzidos no Espectrômetro de Massa Finnigan MAT 262 e submetidos aos processos de evaporação e ionização pelo método de Kober (1986). Esse método consiste na realização de etapas de evaporação a diferentes temperaturas (1450 °C, 1500 °C e 1550 °C) enquanto outro filamento (“ionização”) recebe o Pb evaporado e, posteriormente a cada evaporação, é aquecido para ionizar os diferentes isótopos de Pb nele depositados.

O cálculo da idade é feito pelo programa ISOPLOT desenvolvido por Ludwig (1999), após correções do Pb comum inicial, baseadas no modelo de evolução do Pb em estágio duplo

(Stacey & Kramers, 1975) para os blocos de razões isotópicas com razões  $^{204}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  acima de 0,0004, a fim de reduzir a interferência de Pb comum. Após tratamento dos dados, os resultados são apresentados com desvios de  $2\sigma$ .

### **Litogeoquímica**

A preparação das amostras para estudos geoquímicos inicia-se com a fragmentação do material em fragmentos menores, até alcançar uma granulação de quatro mm. Posteriormente procedeu-se o quarteamento manual, que consistiu em repartir as amostras em duas porções iguais, sendo que uma delas foi reservada e a outra parte foi novamente dividida em quatro, extraindo metade deste material. A outra amostra selecionada foi pulverizada no moinho de bolas, obtendo-se cerca de 30 a 40 g de pó fino, que foi utilizado tanto para análise litogeoquímica, como para análise de isótopos de Nd.

O material fino separado para litogeoquímica foi analisado mediante o método de ICP-AES para os elementos maiores no laboratório ACTLABS (Canadá); os elementos traços P, S, Cl, Rb, Sr, Ba e Zr foram analisados por fluorescência de raios-X (em pastilhas fundidas); espectrometria de absorção atômica para Mn, Mg, Na, K, Cu, Mo, Sn e Pb; espectrometria óptica para Nb, Y, Ni e V; espectrometria de emissão com plasma induzido (ICP) para terras raras e titulação com  $\text{KMnO}_4$  para  $\text{Fe}^{+2}$ .

## **GEOLOGIA LOCAL**

Na porção sul da área de estudo, na estrada de terra que permite acesso à vila de Santo Corazon (Figura 2) foram observados três afloramentos (CO-820, CO-821 e CO-822). Nesta região as unidades observadas no mapeamento realizado pelo Serviço Geológico Britânico correspondem às rochas do “Granodiorito Correrca” inicialmente caracterizadas como pertencentes às rochas magmáticas do evento Sunsás em função da idade K-Ar obtida para esta unidade. Na área ainda ocorrem o Xisto San Ignácio e rochas graníticas interpretadas como pertencentes ao magmatismo San Ignácio. Sobre estas rochas observa-se o Grupo Vibosi e o Grupo Boqui, de idades mesoproterozoicas. Também se observa rochas carbonáticas do Grupo Morcielago, de idade neoproterozoica (pertencente ao Cinturão Tucavaca) e sedimentos cretáceos.

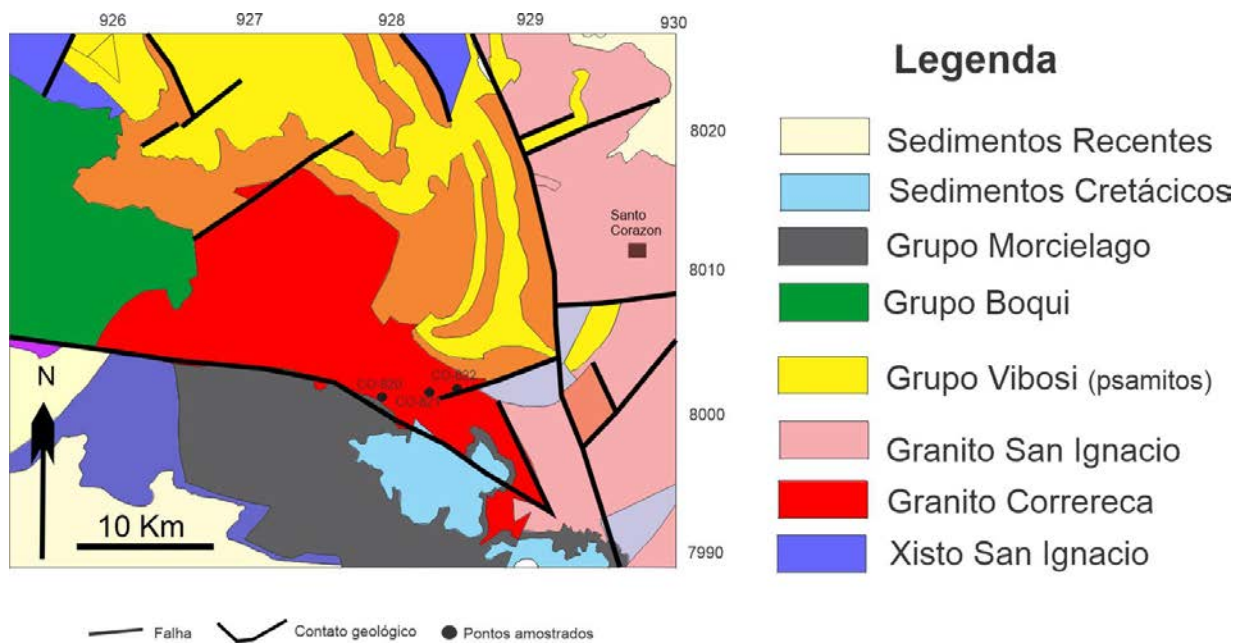
No afloramento CO-820 foram coletadas amostras de um Granodiorito grosso de cor rósea composto por feldspatos, quartzo e mica (Figuras

3A e B) e que estão dispostos na forma de blocos encontrados ao longo da estrada (Figura 3C) e envolvido em uma vegetação densa. As amostras são frescas e não apresentavam orientação proeminente (Figura 3D).

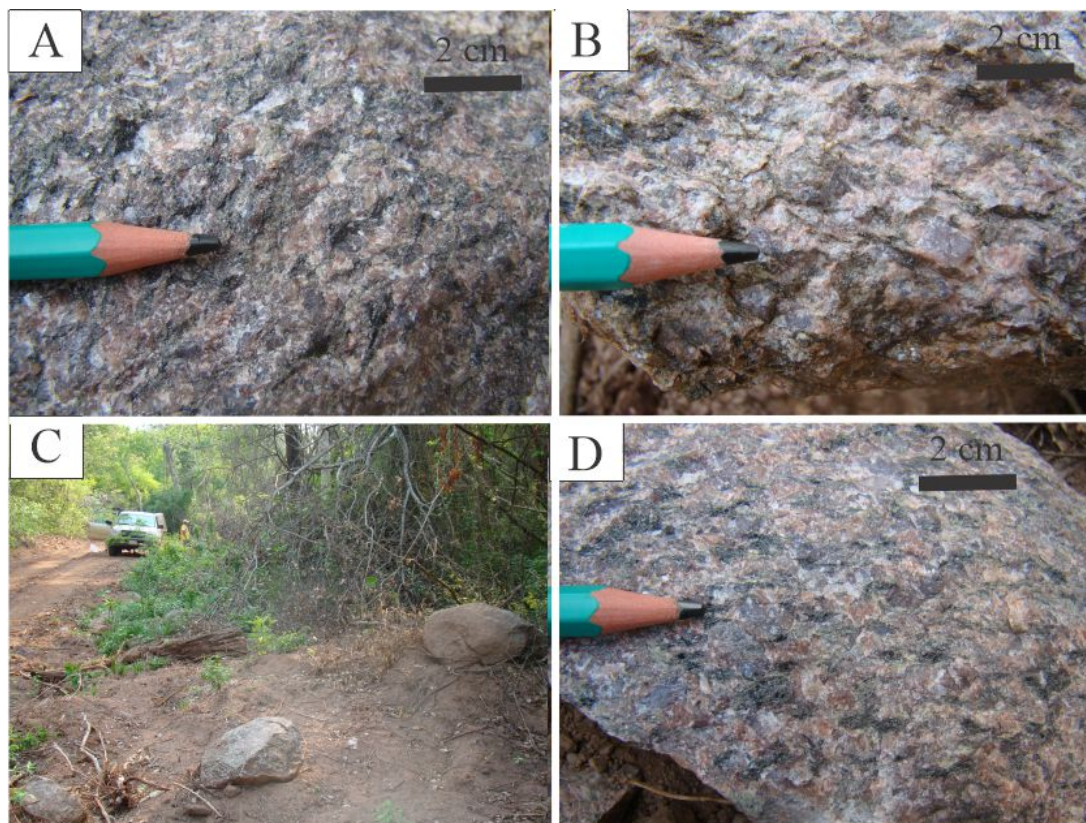
No afloramento CO-821, a cerca de 500 m a NE do ponto anterior (seguindo pela estrada para Santo Corazon), encontrou-se outro afloramento, onde as amostras são de cor cinza claro (figura 4A) com granulação média. No afloramento CO-822, no terceiro ponto amostrado, as rochas apresentam granulometria média a grossa (figura 4B) ocorrendo na forma de lajedos no meio de vegetação fina, com árvores típicas de cerrado (figura 4C). Alguns blocos são compostos por uma fácies de coloração cinza com textura isotrópica (figura 4D).

Petrograficamente, o corpo intrusivo Correrca apresenta rochas com composições variando entre monzogranito a granodiorito, prevalecendo este último. Os componentes minerais encontram-se





**Figura 2** - Mapa geológico esquemático da área de ocorrência do Granodiorito Correreca.



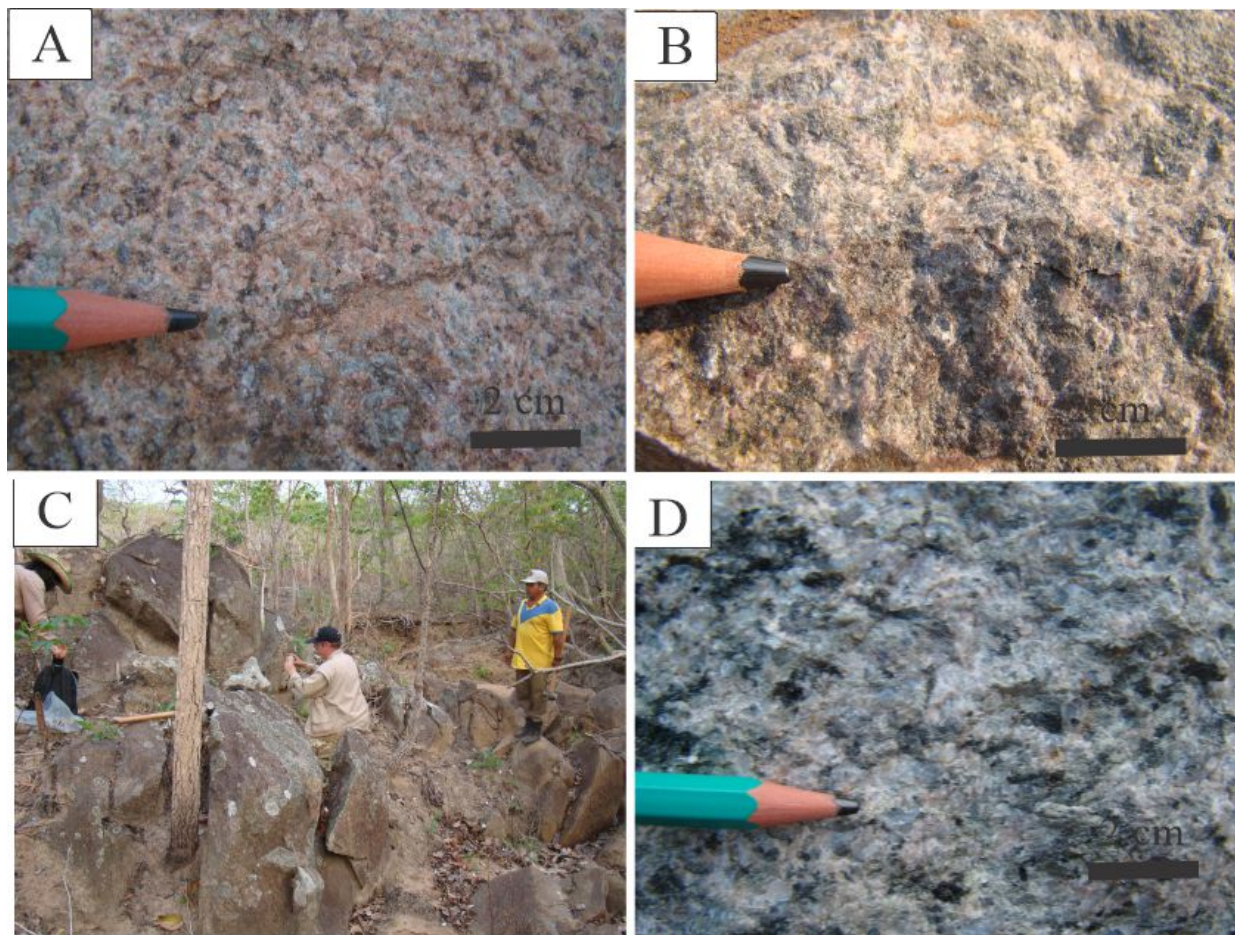
**Figura 3** - Fotografias do afloramento CO-820 de blocos de rocha do Granodiorito Correreca. **A)** granulação grossa e cor rosada (amostra CO-820). **B)** rocha com textura porfírica com feldspato potássico, quartzo e mica (amostra CO-820B). **C)** Afloramento na forma de blocos ao longo da estrada. **D)** rocha de coloração cinza com textura isotrópica (amostra CO-821).

marcados pela presença de (28%) de quartzo, (32%) de plagioclásio, (17%) de microclínio, (7%) de biotita, (12%) anfibólio, assim como também (2%) de minerais acessórios e (2%) de minerais secundários.

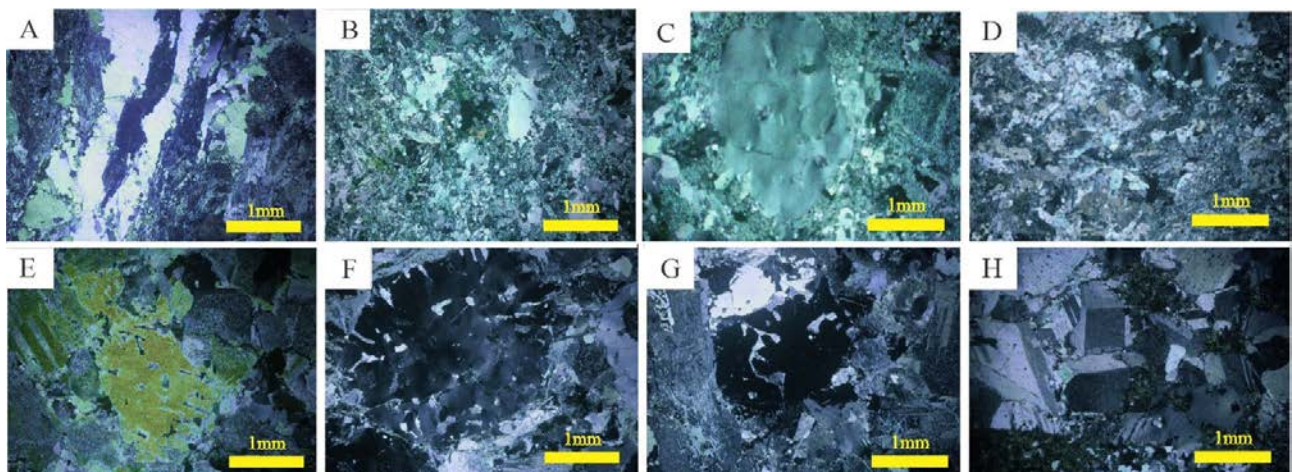
Em algumas porções da lâmina da amostra CO-820 observa-se agrupamento de grãos de biotita sugerindo uma reação metamórfica a partir

de cristais de anfibólio. Observam-se cristais de feldspato potássico (figura 5A) e plagioclásio intensamente sericitizados (figuras 5B, C, D). Em adição, na lâmina da amostra CO-821 ocorrem fenocristais de quartzo com bordas lobadas indicando processo de reação na maioria dos cristais (figuras 5E e F), além de alteração sericítica do plagioclásio.





**Figura 4** – Rochas observadas no afloramento CO-822 do Granodiorito Correreca com coloração cinza-avermelhada e textura isotrópica; (A) granulometria média (amostra CO-822A); e (B) rocha com granulometria grossa (amostra CO-822B) com coloração cinza claro. (C) Aspecto geral do afloramento da amostra CO-822; (D) detalhe da amostra CO-822C mostrando uma rocha acinzentada, com granulometria grossa e textura isotrópica interpretada como uma variação lateral da unidade.



**Figura 5** - Fotomicrografias das amostras do Granodiorito Correreca. Em A) quartzo alongado ao redor de biotita produto do metamorfismo; B) granulação fina com alteração sericitica; C) fenocristal de quartzo rodeados por cristais menores de quartzo anédrico; D) textura de substituição; E) fenocristais de quartzo e plagioclásio; (F) bordas de reação em quartzo neoformado; G); H) aglomerados de plagioclásio. (Polarizadores cruzados), aumento 2.5 X.

As reações em grãos de quartzo e anfibólio são observadas na lâmina da amostra CO-822A (figuras 5G). Na amostra CO-822B (figuras 5H) a sericitização dos feldspatos indica um metamorfismo na fase xisto verde que atingiu de forma pervasiva a rocha independente da ação de defor-

mação. Estas reações metamórficas resultaram na re-homogeneização isotópica do sistema K-Ar e forneceu idades ao redor de 1,0 Ga, conforme reportado por Litherland et al., (1986) que levou estes autores a interpretarem esta unidade como gerada durante o evento magmático Sunsás.



## RESULTADOS

### Análises isotópicas de Pb

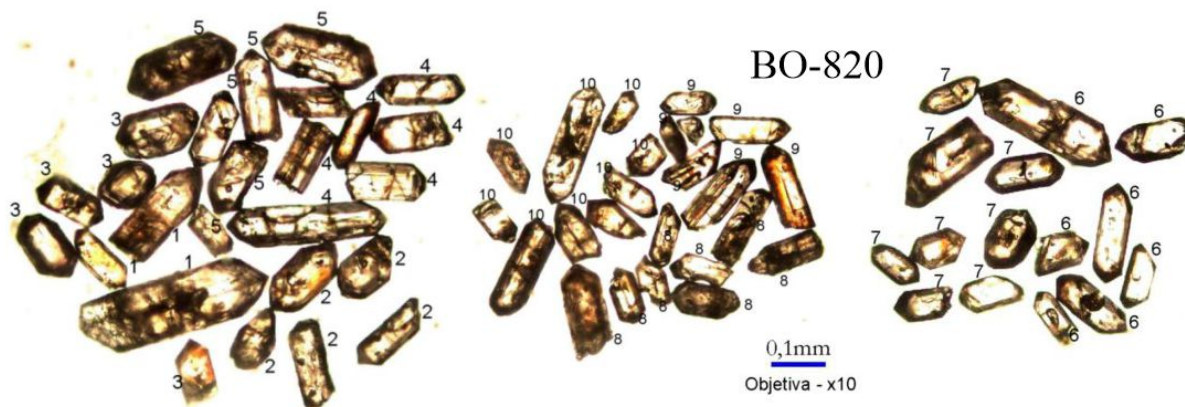
A análise de Pb-Pb de zircões do Granodiorito Correreca, foi realizada em duas amostras (CO-820 e CO-821). Na primeira amostra foram analisadas frações de multigrãos devido ao pequeno tamanho dos zircões. Assim, vários grãos foram colocados na canoa de filamento para aumentar a quantidade de chumbo a ser lido e sílica para segurar o chumbo e otimizar a leitura.

Os zircões da amostra CO-820 (fácies rosa) da figura 6 são translúcidos, ligeiramente amarelos para a cor caramelo. Os grãos têm bordas bem desenvolvidas e terminações bipiramidais, mas alguns grãos arredondados foram observados. A análise obtida para esses grãos rendeu uma idade

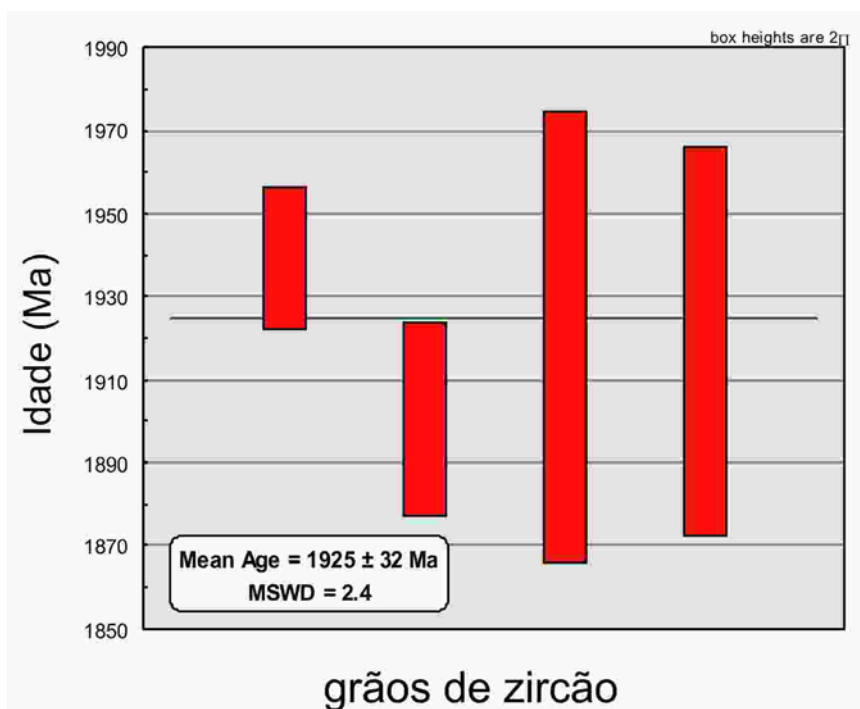
de cristalização de  $1925 \pm 32$  Ma a partir dos resultados analíticos apresentados na tabela 1 e diagrama apresentado na figura 7.

Os grãos de zircão da amostra CO-821 (fácies cinza) apresentados na figura 8 são parcialmente translúcidos, esbranquiçados com porções marrom-claras. Parte dos grãos é opaca, apresenta faces bem desenvolvidas e apresenta cor marrom-claro, e a maioria tem terminações bipiramidais.

Alguns grãos quebraram com poucas terminações arredondadas. As análises enumeradas na tabela 1 indicou uma idade de cristalização de  $1894 \pm 13$  Ma (Figura 9) que concorda dentro do erro com a idade da amostra de CO-820.

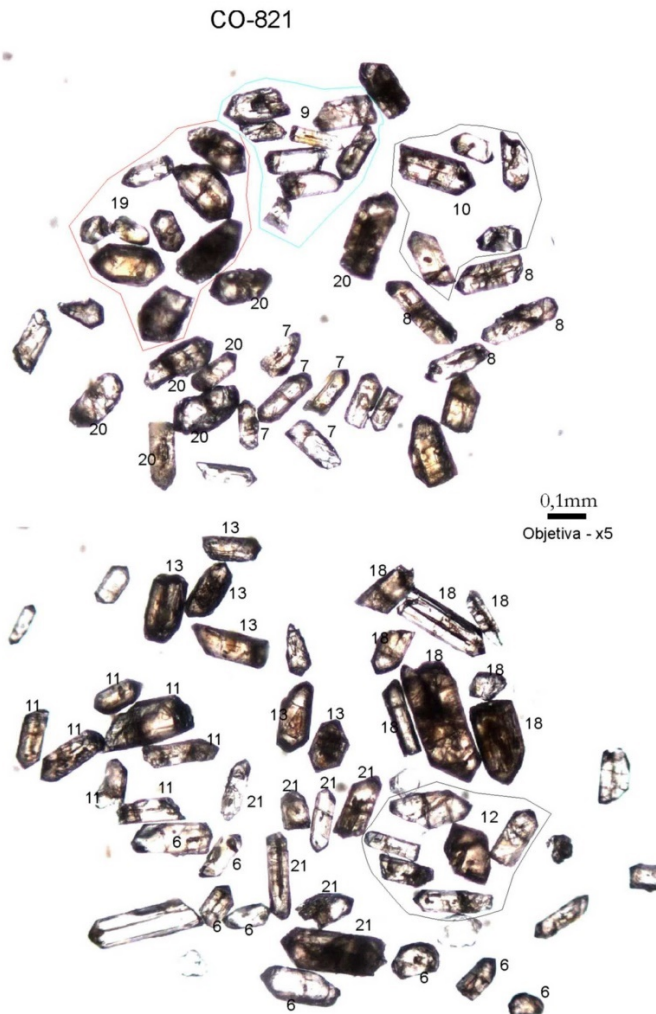


**Figura 6** – Grãos de zircão do Granodiorito Correreca (amostra CO-820A). Os grãos são translúcidos, de cor levemente amarelado a caramelo, com arestas bem desenvolvidas e bipiramidais. Os grãos de mesma numeração foram colocados conjuntamente na canoa do filamento e analisados de forma a resultarem em uma só idade.

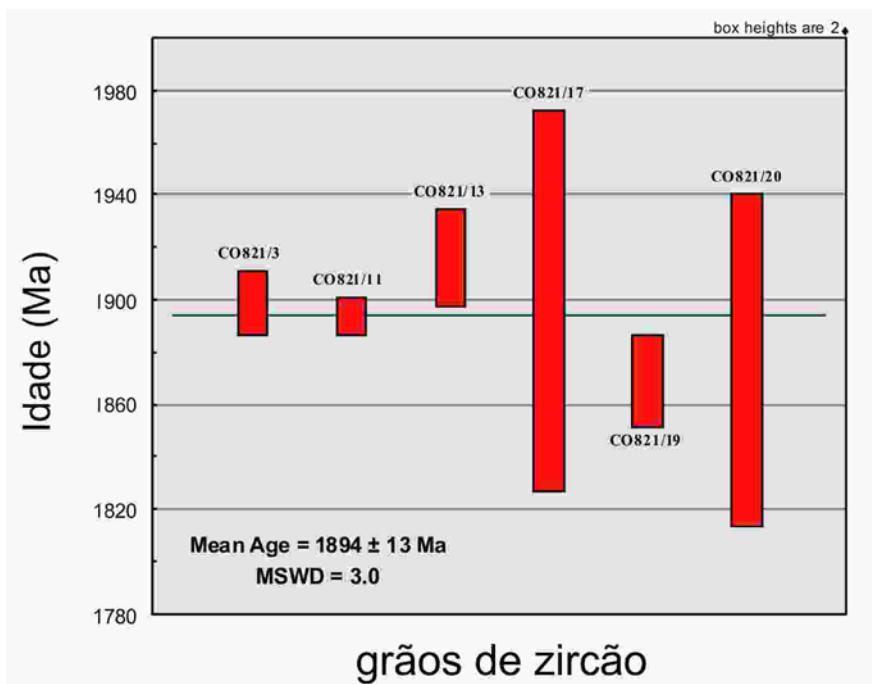


**Figura 7** - Histograma (onde a altura das barras representa o erro) das idades Pb-Pb do Granodiorito Correreca (amostra CO-820) com idade de  $1925 \pm 32$  Ma.





**Figura 8** - Granodiorito Correreca (CO-821). Os zircões são translúcidos, levemente amarelados com alguns grãos opacos. As arestas são paralelas e bem formadas, sendo que em alguns grãos ocorrem bipirâmides e outros são arredondados. Os grãos agrupados pela numeração foram montados no filamento e analisados conjuntamente.



**Figura 9** - Histograma (onde as alturas das barras representam o erro) das idades Pb-Pb do Granodiorito Correreca (CO-821) com idade de 1894 ± 13 Ma.

**Tabela 1** - Resultados das análises isotópicas de Pb obtidas em amostras do Granodiorito Correreca.

Zircão	(T°C)	Razões (c)	204Pb/206Pb	2σ	(208Pb/206Pb)c	2σ	(207Pb/206Pb)c	2σ	Idade	2σ
<b>CO-820</b>										
CO820/5	1500	0/16	0,0000043	0,00002	0,33155	0,03509	0,10328	0,00526	1684,1	94,1
CO820/6	1500	12/20	0,000051	0,000064	0,30712	0,00146	0,11884	0,00114	1939,2	17,1
CO820/7	1500	08/8	0,000075	0,000094	0,30868	0,00319	0,11629	0,00151	1900,3	23,4
CO820/8	1500	0/12	0,000714	0,00002	0,31023	0,03397	0,12337	0,00319	2006	45,9
CO820/9	1500	08/08	0,0002	0,00002	0,43144	0,0113	0,1176	0,00356	1920,2	54,2
CO820/10	1500	08/32	0,000971	0,000218	0,33509	0,00883	0,11753	0,00307	1919,2	46,8
CO820/6	1450	12/20	0,000051	0,000064	0,30712	0,00146	0,11884	0,00114	1939,2	17,1
CO820/7	1450	08/08	0,000075	0,000094	0,30868	0,00319	0,11629	0,00151	1900,3	23,4
CO820/9	1450	08/08	0,000056	0,000002	0,43144	0,0113	0,1176	0,00356	1920,2	54,2
CO820/10	1450	08/32	0,000971	0,000218	0,33509	0,00883	0,11753	0,00307	1919,2	46,8
<b>CO-821</b>										
CO821/3	1500	12/12	0,000085	0,000056	0,31681	0,00216	0,11619	0,0008	1898,7	12,4
CO821/11	1500	14/14	0	0	0,28176	0,01302	0,11588	0,00047	1893,9	7,3
CO821/13	1500	14/14	0,000591	0,000048	0,32069	0,00217	0,11733	0,0012	1916,2	18,4
CO821/15	*1500	0/24	0,000336	0,000021	0,30685	0,00417	0,11373	0,00064	1860,2	10,1
CO821/16	*1500	0/10	0	0	0,38069	0,01012	0,13664	0,00042	2185,4	5,4
CO821/17	1500	06/01	0,000273	0,000324	0,34269	0,0112	0,11625	0,00471	1899,7	72,8
CO821/18	*1500	0/8	0	0	0,27936	0,01764	0,10341	0,00988	1686,4	176,4
CO821/19	1500	16/32	0,00065	0,000054	0,30654	0,00306	0,11425	0,00111	1868,5	17,6
CO821/20	1500	12/10	0,000147	0,000188	0,32937	0,00617	0,11479	0,00402	1876,8	63,2
CO821/23	*1450	0/24	0	0	0,1822	0,00673	0,10917	0,00665	1785,9	111,1
CO821/24	*1500	0/6	0	0	0,34422	0,02752	0,10956	0,00943	1792,4	156,7
CO821/25	#1500	0/16	0,001518	0,00005	0,32598	0,00497	0,11375	0,00134	1860,3	21,3
CO821/26	*1500	0/8	0	0	0,33871	0,0058	0,12294	0,0003	1999,6	4,3
CO821/27	*1500	0/6	0	0	0,38339	0,09611	0,11482	0,01021	1877,3	160,3
CO821/28	#1500	0/4	0,001688	0,000498	0,31138	0,01767	0,10548	0,01086	1723	189,1
CO821/29	*1500	10/24	0,000489	0,000566	0,36547	0,0448	0,1232	0,0085	2003,2	122,4
CO821/3	1450	12/12	0,000085	0,000056	0,31681	0,00216	0,11619	0,0008	1898,7	12,4
CO821/11	1450	14/14	0	0,000002	0,28176	0,01302	0,11588	0,00047	1893,9	7,3
CO821/13	1450	14/14	0,000591	0,000048	0,32069	0,00217	0,11733	0,0012	1916,2	18,4
CO821/17	1450	06/06	0,000273	0,000324	0,34269	0,0112	0,11625	0,00471	1899,7	72,8
CO821/19	1450	16/32	0,00065	0,000054	0,30654	0,00306	0,11425	0,00111	1868,5	17,6
CO821/20	1450	12/12	0,000147	0,000188	0,32937	0,00617	0,11479	0,00402	1876,8	63,2

(c) - razão 207Pb/206Pb e 208Pb/206Pb corrigida do Pb comum

(\*) - etapa de evaporação eliminada subjetivamente

#) - etapa de evaporação eliminada por apresentar razão 204Pb/206Pb superior a 0,00075

## Litogeoquímica

Os resultados litogeoquímicos das rochas estudadas apresentados na Tabela 2 foram utilizados para a construção de diagramas geoquímicos de classificação. Foram analisadas 5 amostras para o Granito Correreca, cujo objetivo foi determinar as principais características químicas destas unidades. Os teores de SiO<sub>2</sub> encontram-se entre 71,72% e 75,12 %.

A razão K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O varia de 0,69 até 0,92 ppm e o Na<sub>2</sub>O entre 3,82% e 4,19%. O diagrama QAP segundo Streck Eisen (1973) e o diagrama Na<sub>2</sub>O +K<sub>2</sub>O *versus* SiO<sub>2</sub> (figuras 10 A e B, respectivamente) indicam uma composição granítica para as rochas aqui estudadas, contrariamente ao que as análises petrográficas indicaram (composição granodiorítica). Esta contradição pode ser consequência dos altos valores de SiO<sub>2</sub> destas rochas, não adequados para estes dois diagramas.

No diagrama triangular FeO–MgO–Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O (figura 11A) as amostras estudadas apresentam assinatura cálcio-alcálica, e o diagrama álcalis *versus* sílica TAS de De La Roche et al (1980), utilizado para rochas plutônicas classifica as rochas da intrusão Correreca como granodioritos, coerentemente com a nomenclatura utilizada por Litherland et al., (1986) para esta unidade (figura 11B). No diagrama de Maniar & Picoli (1989), que mostra o índice de saturação de alumina (ISA), (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/(Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O) *versus* Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/(CaO+Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O), observa-se que o Granodiorito Correreca se encontra no campo peraluminoso, com ISA >1 conforme visualizado na figura 11C. As amostras do Granodiorito Correreca foram caracterizadas como uma série de médio K (figura 11D), segundo o diagrama K<sub>2</sub>O *versus* SiO<sub>2</sub> de Lê Maitre (1989).

**Tabela 2** - Resultados das análises geoquímicas obtidas em amostras do Granodiorito Correreca.

<b>Elemento</b>	<b>CO820</b>	<b>CO821A</b>	<b>CO822 A</b>	<b>CO822 B</b>	<b>CO822 C</b>
SiO <sub>2</sub>	75,12	71,72	73,01	72,47	73,16
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,2	13,96	14,14	13,67	13,88
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (T)	1,71	2,5	1,94	1,91	1,85
MnO	0,044	0,09	0,109	0,098	0,087
MgO	0,51	0,69	0,49	0,5	0,52
CaO	1,29	1,92	1,08	1,05	1,2
Na <sub>2</sub> O	3,82	4,19	4,58	4,51	4,61
K <sub>2</sub> O	3,54	2,9	3,35	3,35	3,35
TiO <sub>2</sub>	0,282	0,426	0,375	0,368	0,383
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,08	0,13	0,08	0,09	0,09
LOI	1,03	1,48	1,09	1,1	1,31
<b>Total</b>	<b>100,6</b>	<b>100</b>	<b>100,2</b>	<b>99,12</b>	<b>100,4</b>
<b>K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O</b>	<b>0,92</b>	<b>0,69</b>	<b>0,73</b>	<b>0,74</b>	<b>0,72</b>
<b>La/YbN</b>	<b>167,94</b>	<b>311,96</b>	<b>263,16</b>	<b>224,88</b>	<b>244,01</b>
<b>Eu/Eu*</b>	<b>21,36</b>	<b>31,42</b>	<b>35,77</b>	<b>29,58</b>	<b>34,70</b>
Sc	6	8	9	9	9
Be	2	2	3	2	2
V	15	26	11	11	13
Ba	961	1090	1109	1119	1054
Sr	263	354	245	182	197
Y	12	31	24	22	28
Zr	163	276	255	262	262
Cr	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Co	20	23	16	24	23
Ni	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Cu	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Zn	50	50	40	60	60
Ga	13	17	15	14	15
Ge	1	1	1	< 1	1
As	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Rb	94	107	102	99	92
Nb	7	18	9	9	11
Mo	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Ag	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
In	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Sn	< 1	1	1	1	2
Sb	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Cs	1,2	1,2	0,7	0,9	0,6
La	35,1	65,2	55	47	51
Ce	67,4	119	124	97,6	110
Pr	7,88	15,9	13,3	11,3	12,9
Nd	26,6	53,7	46,3	40,1	45,6
Sm	4,7	9,5	8,4	7,4	8,5
Eu	1,57	2,31	2,66	2,2	2,58
Gd	3,5	7,4	6,5	5,8	6,7
Tb	0,6	1,1	1,1	1	1,2
Dy	3	5,9	5,5	4,8	5,9
Ho	0,6	1	1	0,9	1,1
Er	1,8	3,6	3,1	2,9	3,5
Tm	0,25	0,47	0,44	0,41	0,53
Yb	1,7	3	3	2,8	3,3
Lu	0,27	0,44	0,43	0,4	0,49
Hf	4,2	7,1	6,9	6,7	7
Ta	0,8	1	0,9	0,8	1,2
W	294	263	226	341	328
Tl	0,6	0,4	0,4	0,7	0,7
Pb	10	5	8	9	8
Bi	< 0,4	< 0,4	< 0,4	1,2	1,7
Th	9,2	9,2	10,2	9,3	10
U	0,7	1,5	1,5	1,2	1,5



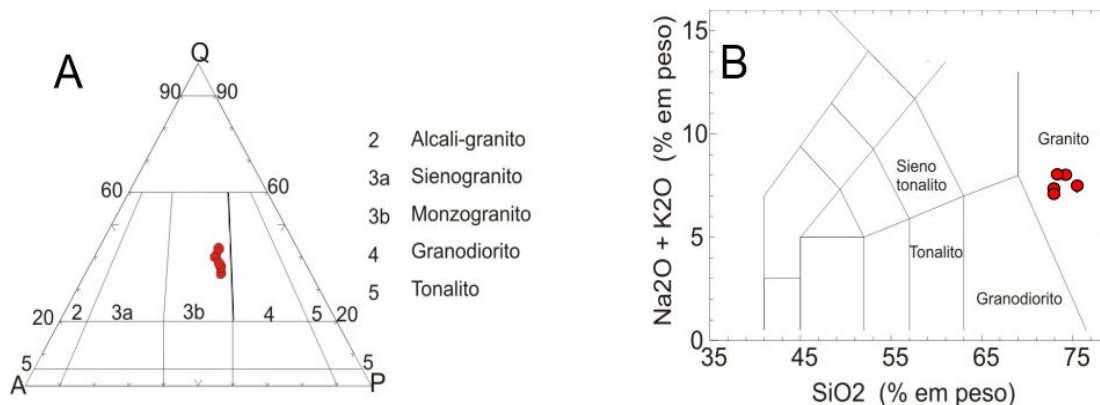


Figura 10. (A) Diagrama QAP e (B)  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$  versus  $\text{SiO}_2$  das amostras aqui estudadas.

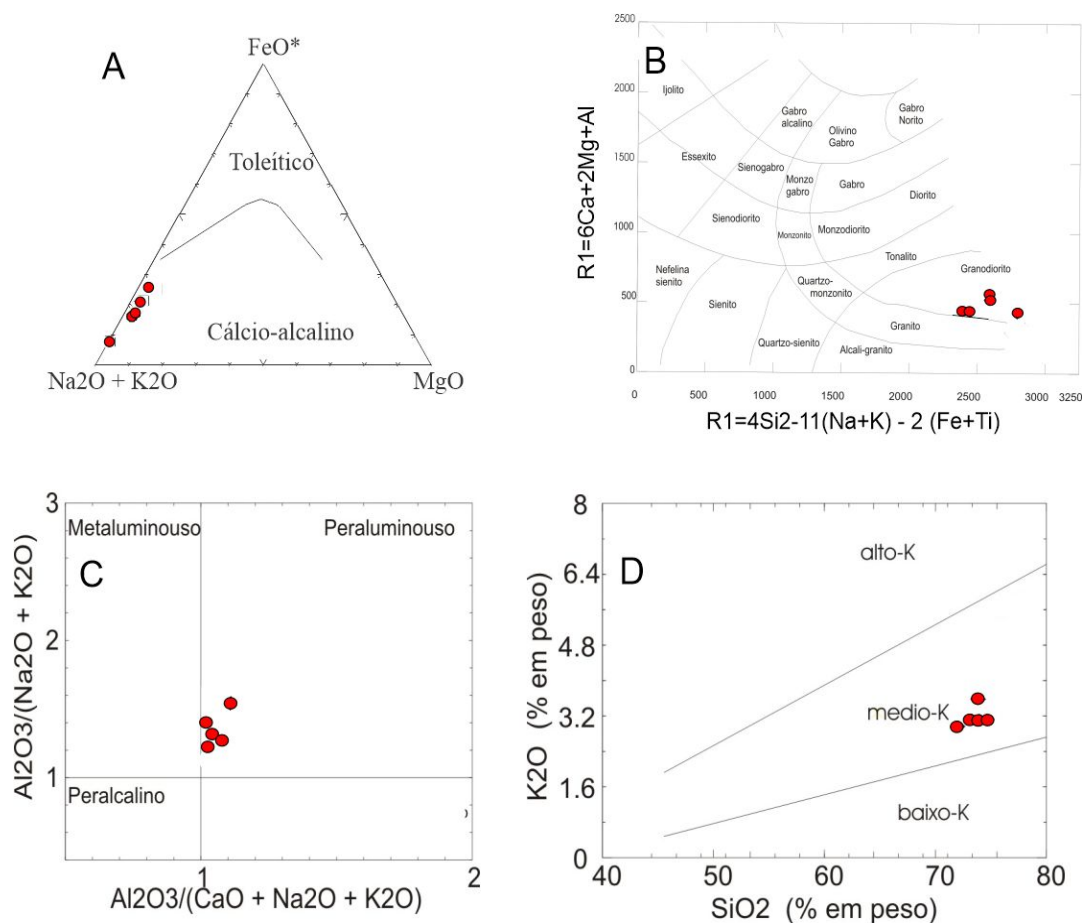


Figura 11 - A) Diagrama  $\text{FeO}-\text{MgO}-\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$  para caracterização de series alcalinas versus toleíticas; B) Diagrama de classificação TAS segundo De La Roche et al. (1980), C) Índice de saturação de alumina  $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$  versus  $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{CaO}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$ , segundo Maniar & Picoli (1989); D) Diagrama de classificação de séries magmáticas com base na saturação em potássio, segundo Lê Maitre (1989).

Outra classificação utilizada no presente trabalho foi o cálculo da norma CIPW, realizado assumindo uma base anidra e calculando o ferro com a razão 0,50 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$ ). Os minerais normativos mais representativos são representados na tabela 3. A norma apresenta valores de quartzo para a rocha estudada (entre 35% a 30%), com valores de albíta (24 % a 35 %) e ortoclásio (21% a 17%). Em adição, as rochas mostram valores altos de hiperstênio e magnetita 2,26% a 1,60% e 1,84% e 1,25%, respectivamente. Trata-se de uma rocha ácida

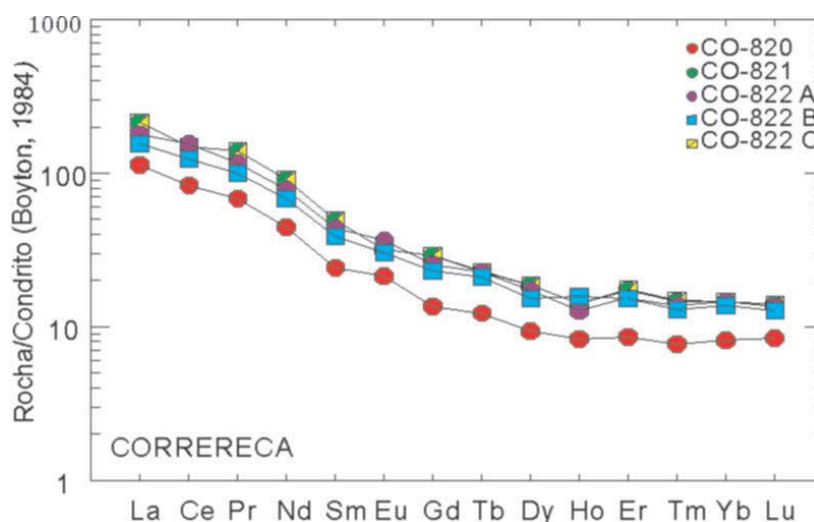
( $\text{SiO}_2 > 71$  % peso), sobressaturada em sílica (com quartzo) e peraluminosa (com coríndon), devido às percentagens que apresenta em quartzo, ortoclásio e plagioclásio (ab/an), admite a classificação de granodiorito. A presença de coríndon normativo nesta unidade traduz o excesso de alumínio após a formação dos feldspatos (ortoclásio e plagioclásio). Neste sentido, a composição normativa, calculada a partir da composição química apresenta coerência com composição mineralógica determinada por métodos ópticos.

**Tabela 3** - Resultados do cálculo da norma CIPW para as rochas estudadas, assumindo uma base anidra e foi recalculado o ferro com a razão 0,50.

	CO820	CO821	CO822A	CO822B	CO822C
<b>Quartzo</b>	35.93	31.55	30.67	30.99	30.43
<b>Córcindon</b>	0.83	0.63	1.10	0.84	0.60
<b>Zircão</b>	0.03	0.06	0.05	0.05	0.05
<b>Ortoclásio</b>	21.06	17.46	20.03	20.26	20.03
<b>Albita</b>	32.48	36.03	39.12	38.97	39.38
<b>Anortita</b>	6.26	9.25	5.27	5.09	5.77
<b>Hiperstênio</b>	1.60	2.26	1.62	1.65	1.61
<b>Magnetita</b>	1.25	1.84	1.42	1.41	1.35
<b>Hematita</b>					
<b>Ilmenita</b>	0.54	0.82	0.72	0.71	0.73
<b>Rutilo</b>					
<b>Apatita</b>	0.20	0.32	0.20	0.23	0.22
<b>Total</b>	100.18	100.23	100.21	100.20	100.20

Os resultados analíticos dos Elementos Terras Raras (ETR) das amostras estudadas foram utilizados para a construção dos diagramas da figura 12 normalizado pelo Condrito, segundo

Boynton (1984). O padrão da curva sugere fracionamento de ETR pesados, com enriquecimento em ETR leves e com ausência de anomalia negativa de Eu.



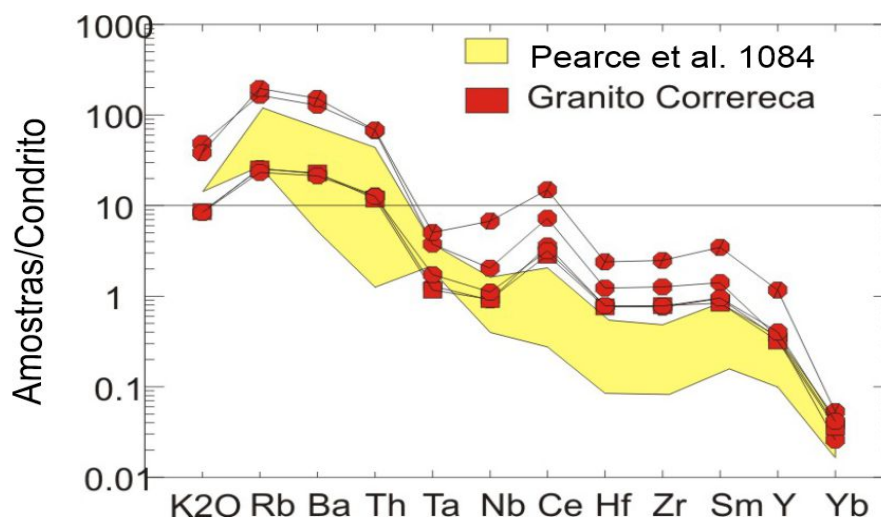
**Figura 12** - Padrão de Terras Raras do Granodiorito Correreca do pré-cambriano Boliviano, normalizado pelo Condrito, segundo Boynton (1984).

Estes resultados permitem sugerir que o Granodiorito Correreca apresenta evolução magmática moderada, com valores de ETR enriquecidos de 10 a 100 vezes em relação ao manto depletado. As razões La/Yb das amostras do Granodiorito Correreca apresentam valores entre 15 e 20, indicando, por outro lado, significativo fracionamento entre os ETR leves e pesados. As razões Eu/Eu\* variam entre 21,37 a 31,42 e sugerem a participação do plagioclásio na assembleia de minerais durante a cristalização e fracionamento do magma gerador das rochas desta suíte.

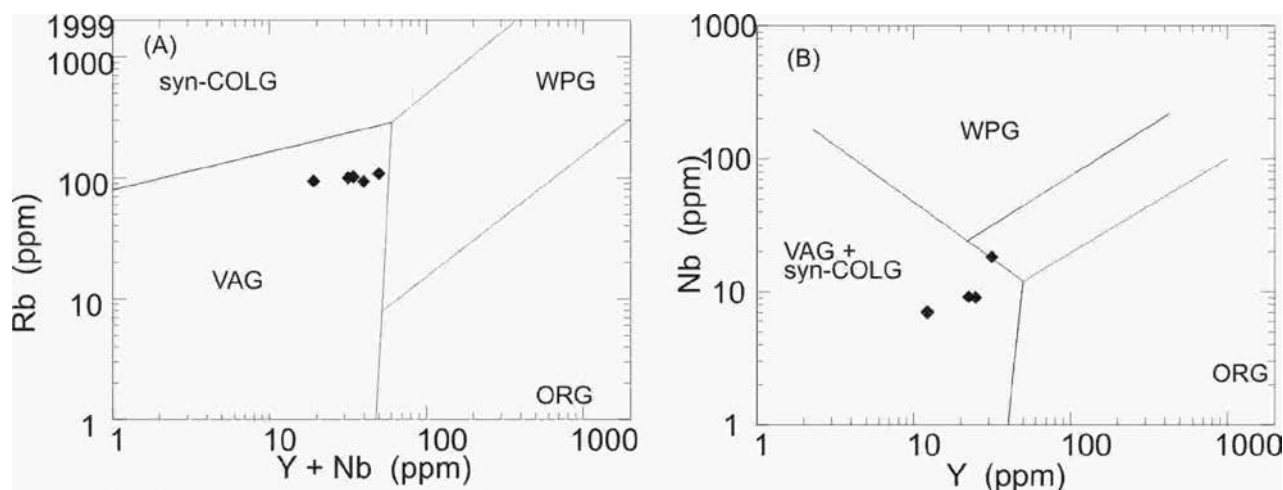
A construção do diagrama multielementar da figura 13 levou em conta os dados geoquímicos

dos Granodiorito Correreca e os exemplos de rochas de arco magmático encontrados na literatura descrita por Pearce *et al.*, (1984). Nesse sentido, os dados foram normalizados pelo Condrito e indicam que as rochas estudadas foram geradas em um ambiente de arco magmático.

Com a finalidade de identificar o ambiente tectônico, aplicaram-se os diagramas de discriminação tectônica proposta por Pearce *et al.*, (1984). Nestes diagramas nota-se que as amostras do Granodiorito Correreca apresentam uma afinidade de arco vulcânico, em função das proporções de Rb vs. Y+ Nb (figura 14A) e Nb vs. Y (ppm) (figura 14B).



**Figura 13** – Diagrama multielementar para as rochas analisadas do Granodiorito Correreca do pré-cambriano boliviano, normalizado pelo Condrito, segundo Boynton (1984). Elementos traço normalizados pelo (ORG). Em amarelo exemplos extraídos da literatura (Pearce et al. 1984) e em vermelho amostras do granito Correreca.



**Figura 14** - Diagramas de discriminação tectônica. A e B) diagramas propostos por de Pearce et al. (1984) em função de Rb vs. Y + Nb e Nb vs. Y, onde (VAG) são rochas de arco vulcânico, (Syn-COLG) são rochas sin-colisionais, (WPG) são rochas intraplaca e (ORG) são rochas de cordilheira mesoceânica ou plagiogranitos.

## DISCUSSÃO

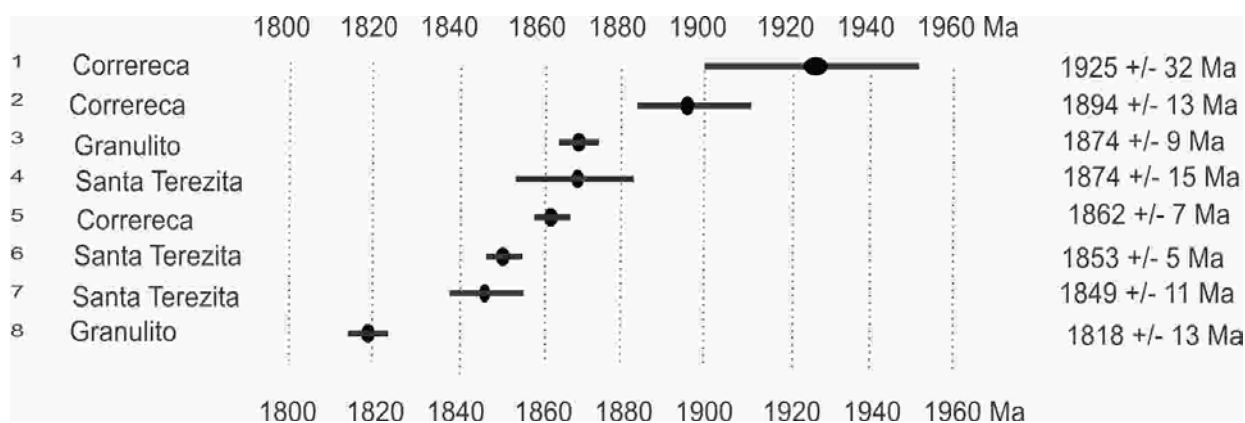
Os resultados litogeoquímicos apresentados neste trabalho indicam que as rochas da intrusão Correreca variam de composição granítica a granodiorítica, prevalecendo esta última, coerentemente com as descrições petrográficas e em conformidade com Litherland et. al. (1986). Em adição, as rochas estudadas sugerem geração em arco magmático, compostas por uma suíte calcioalcalina tipo I e os aspectos de campo e petrográficos das amostras sugerem uma fácies rosada mais velha (amostra CO-820 com idade de cristalização de  $1925 \pm 32$  Ma) e uma cinza mais jovem (amostra CO-821 com idade de cristalização de  $1894 \pm 13$  Ma) que provavelmente foram geradas por magmas distintos.

Os resultados U-Pb em grãos de zircão apresentados neste trabalho definem uma importante modificação na cronoestratigrafia das unidades no pré-cambriano boliviano, muito

embora o escasso número de amostras por unidade estudadas (entende-se unidade como cada corpo intrusivo) dificulte as conclusões definitivas a respeito da evolução geológica do pré-cambriano boliviano. Porém, com a integração dos dados da literatura como os novos dados Pb-Pb gerados neste trabalho, foi possível uma síntese da evolução crustal da área estudada.

Os dados Pb-Pb aqui reportados sobre o Granodiorito Correreca sugerem um importante evento magmático anterior ao evento de 1,63-1,61 Ga. Este evento mais antigo, ao redor de 1,9 Ga pode ter correlação com a idade reportada de Santos et al. (2008) de  $1818 \pm 13$  Ma, em Boger et al. (2005), Redes et al. (2020) e em Nedel et al. (2020), todos plotados no diagrama da figura 15. Estes oito dados de idades de cristalização ainda não são conclusivos, porém indicam a existência de um embasamento Paleoproterozóico na região





**Figura 15** - Idades U-Pb do magmatismo Correreca da literatura e dos resultados aqui reportados. **Referências:**(1, 2). Este trabalho; (3) Santos et al. (2008); (4) Redes et al. (2020); (5, 6 e 7) Nedel et al. (2020); e (8) Boger et al. (2005),

e a sua localização na porção sul do Fronte San Diablo, permite sugerir que as rochas delimitadas ao norte por esta zona de cisalhamento, compreendem um terreno com história geológica distinta das outras áreas do pré-Cambriano boliviano.

Assim, as rochas granodioríticas isotrópicas Correreca são separadas dos ortognaisses e granulitos Lomas Manechis através da Fronte San Diablo (Figura 1A) e este lineamento pode ser interpretado como uma sutura de terrenos geológicos com evolução crustal distintos. Os dados aqui reportados permitem sugerir uma evolução geológica para o pré-cambriano boliviano composto por episódios de magmatismo representados pelo evento Correreca (1,92–1,89 Ga) e é composto por rochas orogênicas (Tipo I) representando um importante período de acreção crustal no SW do Cráton Amazônico.

Novos dados relatados recentemente por Redes et al. (2020) e Nedel et al. (2020) com análises de U-Pb realizadas em cristais de zircão dos Sienogranitos Santa Terezita, produziram uma idade de discórdia de  $1849 \pm 11$  Ma; uma segunda amostra forneceu a idade de  $1853 \pm 5$  Ma. O Monzogranito Santo Corazon apresenta cristais de zircão com idade concórdia de  $1874 \pm 15$  Ma. 9C). Duas amostras de gnaisses datadas por U-Pb em zircão (Shrimp) reportada por Santos et al. (2004) mostraram idades de  $1874 \pm 9$  Ma e  $1818 \pm 13$  Ma. Geraldtes et al. (2010) reportaram idades U-Pb em grãos de zircão detríticos em camadas sedimentares do Grupo Aguapeí onde, entre as três amostras datadas, a amostra próxima da divisa entre Mato Grosso e a Bolívia, cerca de 25 grãos forneceram idades entre 1877 Ma e 1805 Ma. A figura 15 mostra um diagrama esquemático com todos os dados de idade U-Pb em zircão disponíveis para o magmatismo Correreca.

### Correlações Geológicas

Neste item são abordadas as possíveis correlações geológicas das rochas aqui estudadas com as unidades no SW do Cráton Amazônico e no terreno Arequipa-Antofalla. Uma das primeiras tentativas em correlacionar rochas pré-cambrianas da Bolívia com rochas do Brasil foi proposta por Litherland et al. (1986) e pode ser complementada pela evolução do conhecimento das unidades bolivianas e dos estudos recentes reportados sobre o Cráton Amazônico no Brasil.

Na região de Santo Corazon e a sul da frente de San Diablo, a intrusão da Correreca apresenta uma composição majoritariamente granodiorítica. As rochas são consideradas unidades intrusivas produzindo minerais secundários metamórficos como sericita, clorita e biotita, sugerindo a fácies xisto verde. Nesse sentido, a frente de San Diablo pode ser interpretada como uma zona de sutura entre os blocos sudeste do Paraguá e Sunsás (Saes, 1999) composta por uma zona de cisalhamento, sugerindo metamorfismo de médio grau (granada-anfibolítica) devido à colisão continental provavelmente relacionada a aglutinação do Rodínia.

Estas novas correlações são possíveis a partir dos dados apresentados por Boger et al. (2005), Matos et al. (2010), Faleiros et al. (2018) e Vargas-Matos et al. (2020), e novos resultados apresentados neste trabalho. Em adição, novos trabalhos com revisões publicados por Teixeira et al. (2010) e Bettencourt et al. (2010) permitem avançar sobre a evolução conjunta do Paleo e Mesoproterozoico do SW do Cráton Amazônico. Porém, os resultados ainda não divulgados do Granodiorito Correreca não estavam disponíveis para as discussões dos trabalhos citados. Neste sentido, a correlação do terreno San Diablo (Saes

& Fragoso-Cesar, 1996) com o terreno Arequipa-Antofalla parece ser a mais conveniente, na medida em que rochas de idade entre 1,92-1,89 Ga não são observadas no SW do Cráton Amazônico (terrenos Santa Helena e Alto Jauru (Geraldos et al., 2001, Ruiz, 2010). Os resultados reportados por Faleiros et al. (2018) e Cordani et al. (2010) sugerem uma semelhança entre as rochas aqui estudadas e as rochas do Rio Apa, questão que poderá se confirmar com novos estudos nas duas regiões.

Uma primeira possível correlação é entre as idades dos zircões detríticos dos paragneisses La Chiquitania e dos Xistos San Ignacio com as rochas do Complexo Jamari, cujas idades são por volta de 1,75 Ga (Bettencourt et al. (2010) e seu embasamento (Braga et al., 2019, Santos et al., 2018). Em adição, as rochas da suíte Alto Jauru, em Mato Grosso, apresentam idade entre 1,79 Ga e 1,74 Ga, conforme reportado por Geraldos et al. (2001).

Estas rochas de Rondônia e Mato Grosso podem ter sido as fontes para os sedimentos em foco na Bolívia datados por Boger et al. (2005). Por outro lado, o embasamento compreendido pelos granulitos e gnaisses Lomas Maneches podem ser correlacionados com a suíte intrusiva Serra da Providência do Brasil. As idades obtidas na Bolívia e reportadas por Santos et al. (2008) e Boger et al. (2005) indicam rochas formadas entre  $1617 \pm 6$  Ma e  $1689 \pm 5$  Ma coerentes com a idade do sienogranito San Pablo de  $1617 \pm 4$  Ma reportados por Vargas et al. (2019). Os gnaisses La Chiquitania na Bolívia não apresentam unidades correlacionáveis no lado brasileiro.

Quando analisados os resultados dos granitoides Cachuela, Motacusal e Talcoso reportados (Vargas-Matos, 2010) como sendo da Orogenia San Ignacio, com idades por volta de 1,33 Ga (U-Pb em zircão por ICP-LA) podem ser correlacionados no Brasil com a suíte intrusiva Teotônio de idade  $1406 \pm 32$  Ma (Bettencourt et al., 1999), a suíte Alto Candeias de idade  $1346 \pm 13$  Ma (Queiroz et al., 2017) e a suíte intrusiva São Lourenço-Caripunas  $1314 \pm 13$  Ma (U-Pb convencional segundo Bettencourt et al. (1999), cujos ambientes tectônicos foram interpretados como intracratônico.

As rochas graníticas das intrusões Taperas, El Carmen e Naranjito com idade entre 1071 até 1048 Ma (Vargas-Matos, 2010), com valores de  $\epsilon_{(1000)}$ , entre -5,03 e -4,73 (sienogranitos crustais) podem correlacionar-se com a suíte Santa Clara

com idade de 1081 até 1074 Ma (Nogueira et al., 2019). O Oriente Novo e os Sienogranitos Jovens de Rondônia, de 998 até 974 Ma não foram identificados na Bolívia (Debowski et al., 2019).

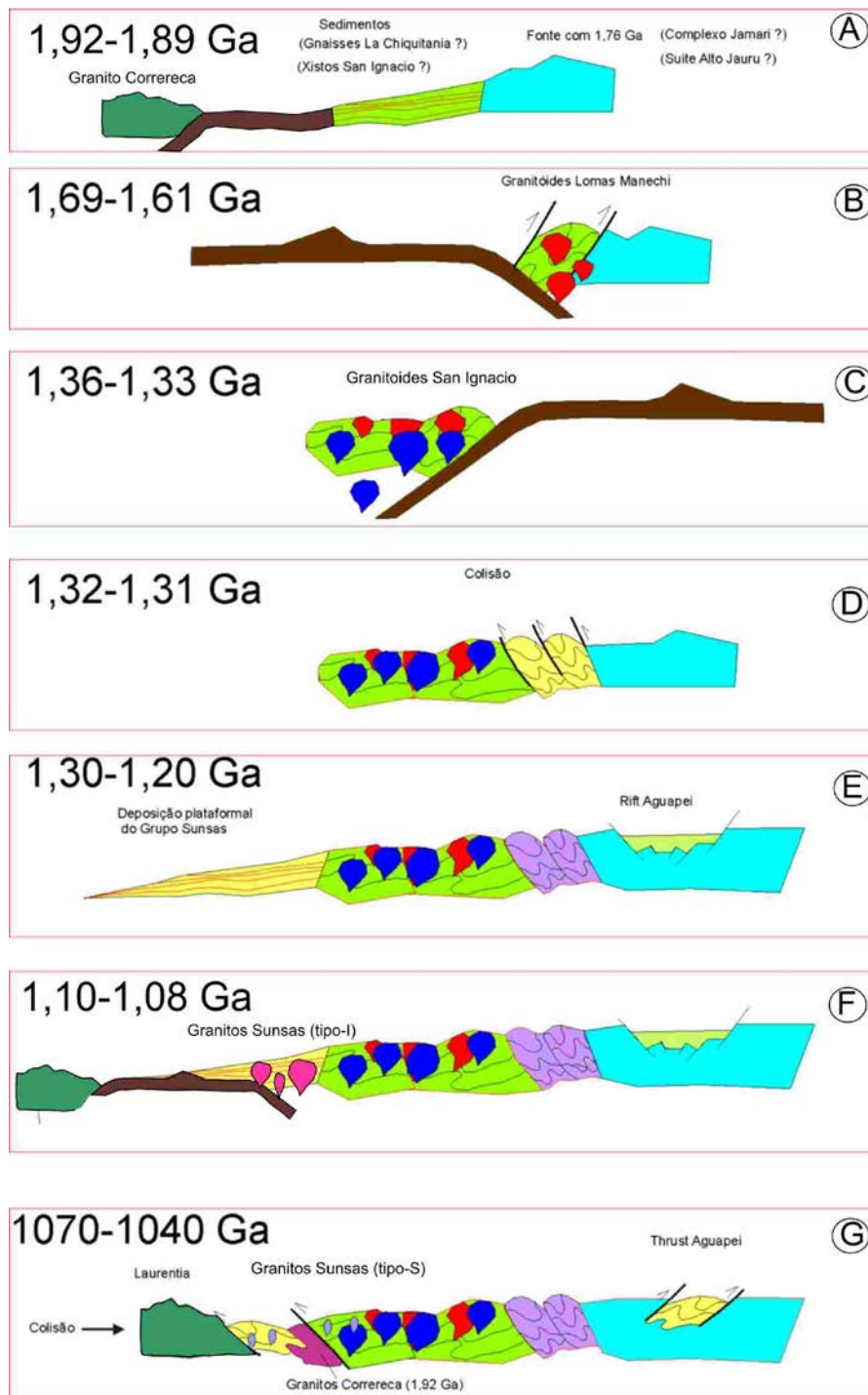
As rochas do Granodiorito Correreca apresentam idades correlacionáveis às idades reportadas no terreno Arequipa-Antofalla, descritos no norte do Chile e sul do Peru, conforme dados reportados por Tosdal (1996) e Loewy et al. (2004). Neste terreno localizado nos Andes e interpretado como embasamento regional, as rochas apontam idades de cristalização entre 1,90 e 1,75 Ga, além de idades metamórficas entre 1,10 e 1,00 Ga. É importante notar que no terreno no Arequipa-Antofalla não são observadas rochas de idades entre 1,70 e 1,30 Ga, sugerindo que este terreno não apresentava correlações com os terrenos no pré-cambriano boliviano onde ocorrem as rochas da Orogenia San Ignacio e Lomas Manechis.

#### **Proposta de evolução do pré-cambriano boliviano**

Neste item é proposta uma evolução geológica para o pré-cambriano boliviano, a partir dos resultados aqui reportados, como também dos apresentados na literatura. A proposta aqui apresentada é ilustrada na figura 16, e discutida abaixo.

As rochas mais antigas observadas do pré-cambriano boliviano são representadas pelo Granodiorito Correreca, com idades entre 1925 Ma e 1894 Ma foi formada em ambiente de arco magmático (figura 16A). Em adição a esta unidade recém identificada, o embasamento neste trabalho foi interpretado como compreendendo os paragneisses e ortogneisses do Complexo La Chiquitania acompanhado dos xistos San Ignacio formando uma bacia que segundo Boger et al. (2005) apresentam zircões detríticos com idades de ca.1,76 Ga, interpretados como idade máxima desta bacia sedimentar. As rochas desta idade encontradas em Rondônia e Mato Grosso são do Complexo Jamari e a Suíte Alto Jauru, respectivamente. A possibilidade de estas rochas serem as fontes dos sedimentos das unidades La Chiquitania e Xistos San Ignacio levam em conta um processo de rifteamento que separou as rochas do pré-cambriano boliviano das rochas hoje observadas no território brasileiro.

O período entre 1689 Ma e 1617 Ma (figura 16B) ocorreu um evento magmático gerador das rochas graníticas agrupadas na unidade Lomas



**Figura 16** - Evolução da geologia no pré-cambriano boliviano.

Manechis, identificado neste trabalho através do Monzogranito San Pablo ( $1617 \pm 7$  Ma), o ortogneisse Refúgio ( $1641 \pm 4$  Ma) segundo Santos et al. (2000), e gnaisses do Lomas Manechis (sem especificação) com idade de  $1689 \pm 5$  conforme reportado por Boger et al. (2005) e Vargas et al. (2020).

Seguindo o tempo geológico e conforme a literatura, o evento magmático mais conhecido do pré-cambriano boliviano já reportado por muitos investigadores (Litherland et al., 1986; Boger et al., 2005), corresponde aos corpos intrusivos do Complexo Pensamiento, gerado a

partir de uma subducção com magmatismo juvenil (1,36 Ga a 1,33 Ga), seguido de uma colisão (1,36 – 1,31 Ga) (figura 16C). Estas rochas são agrupadas na Orogenia San Ignacio, descrita originalmente por Litherland et al. (1986).

Os afloramentos mais extensos na Bolívia, referentes aos corpos intrudidos no setor norte, denominados genericamente de Complexo Pensamiento, são compostos pelas intrusões La Junta e Diamantina, apresentam idades de 1334 e 1340 Ma, respectivamente e são, conforme os dados Sm-Nd, mais juvenis (Vargas-Matos et al. 2020). Na porção sul ocorre os corpos intrusivos



Cachuela, Motacusal e Talcoso ( $1307 \pm 7$  Ma,  $1333 \pm 68$  Ma e  $1333 \pm 68$ ; respectivamente), além dos monzogranitos San Andrés (1275 Ma) reportado por Santos et al. (2008) e o monzogranito Santa Rita (1319 Ma) reportados por Boger et al. (2005).

Idades Ar-Ar reportadas por Tohver et al. (2006) e Fernandes et al. (2006) sugere um

## CONCLUSÕES

Em conjunto, os dados geológicos de unidades contemporâneas na contraparte brasileira reforçam a existência de um arco magmático juvenil mesoproterozoico que integram a província Rondoniana-San Ignacio, segundo a visão de Tassinari & Macambira (2004). Esta ideia é reforçada pelos dados reportados por Boger et al. (2005), onde os autores apresentam resultados de um importante evento gerador de granitóides entre  $1334 \pm 12$  Ma e  $1320 \pm 11$  Ma (idade U-Pb em zircão pelo método SHRIMP), representado pela intrusão granítica San Rafael.

Após a colisão Rondoniana-San Ignacio houve a deposição do Grupo Sunsás em uma margem passiva entre 1,30 a 1,20 Ga (figura 16E) e finalmente ocorreu a Orogenia Sunsás. Este cinturão Sunsás se sobrepõe em discordância sobre todas as unidades anteriormente descritas e os melhores representantes das intrusões El Carmen, Taperas, Naranjito e Primavera com uma variação temporal entre  $1071 \pm 34$  Ma e  $1047 \pm 24$  Ma (Vargas-Matos, 2010), resultados similares ao dado reportado por Boger et al. (2005), com o Sienogranito Tapera, cujo resultado é  $1076 \pm 18$  Ma, interpretado como idade de cristalização desta rocha (idade U-Pb em zircão por SHRIMP).

A interpretação sobre os ambientes de formação das rochas graníticas geradas no evento Sunsás variam de intracratônico a colisional, ambos com uma fonte crustal. Porém o processo de inversão da deposição do Grupo Sunsás deve ter resultado em um processo de subducção que resultou na aproximação do SW do Cráton Amazônico com a Laurentia (Tohver et al., 2006, Sadowsky & Bittencourt, 1996). Esta possível subducção (figura 16F) deve ter gerado rochas de caráter juvenil em arco magmático, rochas não observadas no presente estudo e tampouco na literatura. Uma possibilidade é que a vergência desta subducção fosse para SW (atual; figura 16G) e as rochas de arco magmático deveriam

importante evento térmico ao redor de 1,32 Ga e 1,31 Ga (figura 16D), corroborado por idades em zircões metamórficos em granulitos em Rondônia. Estes resultados podem ser interpretados como um episódio de colisão entre o fragmento continental (representado pelas rochas paleo e mesoproterozoicas na Bolívia) e o Cráton Amazônico.

aparecer no terreno Arequipa-Antofalla, o que não é observado. Outra hipótese é da subducção ser em direção a NE (atual) e as rochas de arco magmático corresponderiam às rochas graníticas estudadas a norte e a oeste do Fronte San Diablo, hipótese está ainda a ser investigada.

O primeiro aspecto a ser apontado nesta pesquisa é a descoberta de rochas graníticas inicialmente incluídas na Orogenia Sunsás e tiveram resultados que permitiram reformulá-las em eventos magmáticos mais antigos. Assim, o mapeamento estabelecido pelo programa de cooperação técnica anglo-boliviano conhecido como “Proyecto Precambrico”- GEOBOL (Litherland et al., 1986, 1989) na década 1970-1980 tem contatos e descrições petrográficas de alta precisão.

No entanto, os métodos de geocronologia aplicados neste projeto (K-Ar e Rb-Sr) nas décadas de 1970-1980 resultaram em idades revisadas em projetos atuais em desenvolvimento nesta área.

Nesse sentido, encontramos rochas mais antigas que o evento Lomas Manechis, relatado aqui pelo Granodiorito Correraca, que ocorre na parte sul da Zona de Cisalhamento de San Diablo e indicam uma história geológica distinta de outras áreas do embasamento pré-cambriano na Bolívia. As idades de Pb-Pb em grãos de zircão isolados foram utilizadas para identificar eventos magmáticos e para correlacionar sequências para determinar o crescimento crustal. Os padrões de idades de ca. 1,92 Ga (Correraca), 1,68 (Lomas Manechis) e 1,34 Ga (San Ignacio) não têm relações semelhantes ao longo das margens leste e sul de Laurentia e Báltica.

De forma complementar pode-se indicar que a evolução geológica do SW do Cráton Amazônico no Brasil e Bolívia são importantes para as reconstruções paleocontinentais. Segundo D'Agrella et al. (2008; 2012) e Elming et al. (2009) as unidades desta região permitem propor reconstruções do paleocontinente Rodínia, formado entre 1,2 e 1,0 Ga.

## AGRADECIMENTOS

A primeira autora agradece a bolsa de doutorado concedida pela CAPES. Os autores agradecem o apoio financeiro MCT / CNPq, edital universal 15/2007. W. Teixeira e M. C. Geraldes agradecem ao CNPq (bolsas 2019/53818-5 e 555549/2019-2).

## REFERÊNCIAS

- ADAMEK, P.M.; TROENG, B.; LANDIVAR, G.; LLANOS, A.; MATOS, R. Evaluación de los recursos minerales del Distrito San Ramón. **Boletín del Servicio Geológico de Bolivia**, n.10, 77 p., 1996.
- BERRANGÉ, J.P. & LITHERLAND, M. Sinopsis de la geología y potencial de minerales del area del Proyecto Precambrico. **Boletín del Servicio Geológico de Bolivia**, Informe 21, 120, 1982.
- BETTENCOURT, J.S.; LEITE, W.B.; RUIZ, A.S.; MATOS, R.; PAYOLLA, B.L.; TOSDAL, R.M. The Rondonian-San Ignacio Province in the SW Amazonian Craton: an overview. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 29, n. 28–46, 2010.
- BOGER, S.D.; RAETZ, M.; GILES, D.; ETCHART, E.; FANNING, M.C. U-Pb age data from the Sunsas region of Eastern Bolivia, evidence for the allochthonous origin of the Paragua Block. **Precambrian Research**, v. 139, p. 121-146, 2005.
- BOYNTON, W.V. Geochemistry of the rare earth elements: meteorite studies. In: Henderson, P. (ed.), Rare earth element geochemistry. **Elsevier**, p. 63-114, 1984.
- BRAGA, L.G.; PIROSAN, R.; GERALDES, M.C. Paleoproterozoic (~ 2.0 Ga) volcano-plutonism in the southeastern region of the Amazon Craton: Petrological aspects and geotectonic implications. **Geological Journal**, v. 55, n. 6, p. 4352-4374, 2019
- CORDANI, U.G.; TEIXEIRA, W.; TASSINARI, C.C.G.; COUTINHO, J.M.V.; RUIZ, A.S. The Rio Apa craton in Mato Grosso do Sul (Brazil) and northern Paraguay: geochronological evolution, correlations and tectonic implications for Rodinia and Gondwana. **Am. J. Sci.**, v. 310, p. 981-1023, 2010.
- D'AGRELLA-FILHO, M.S.; TOHVER, E.; SANTOS, J.O.S.; ELMING, S.A.; TRINDADE, R.I.F.; PACCA, I.I.G.; GERALDES, M.C. Direct dating of paleomagnetic results from Precambrian sediments in the Amazon craton: Evidence for Grenvillian emplacement of exotic crust in SE Appalachians of North America. **Earth and Planetary Science Letters**, v. 267, p. 188-199, 2008.
- D'AGRELLA-FILHO, M.S.; TRINDADE, R.I.F.; ELMING, S.Á.; TEIXEIRA, W.; YOKOYAMA, E.; TOHVER, E.; GERALDES, M.C.; PACCA, I.I.G.; BARROS, M.A.S.; RUIZ, A.S. The 1420 Ma Indivaí Mafic Intrusion (SW Amazonian Craton): Paleomagnetic results and implications for the Columbia supercontinent. **Gondwana Research**, v. 22, n. 3-4, p. 956-973, 2012
- DE LA ROCHE, H.; LETERRIER, J.; GRANDE CLAUDE, P.; MARCHAL, M. A classification of volcanic and plutonic rocks using R1-R2 diagrams and major elements analyses – its relationships and current nomenclature. **Chemical Geology**, v. 29, p. 183-210, 1980.
- DEBOWSKI, B.P., ALVES, M.I., SANTOS, A.C., TAVARES JR, A.D., GERALDES, M.C. Contribution to the understanding of the Rondonia Tin Province granites (SW Amazonian Craton) origin using U-Pb and Lu-Hf in zircon by LA-ICPMS: implications to A-type granite genesis. **Journal of the Geological Survey of Brazil**, v. 2, n. 3, p. 151-164, 2019.
- ELMING, S.Á.; D'AGRELLA-FILHO, M.S.; PAGE, L.M.; TOHVER, E.; TRINDADE, R.I.F.; PACCA, I.I.G.; GERALDES, M.C.; TEIXEIRA, W. A palaeomagnetic and <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar study of late precambriansills in the SW part of the Amazonian craton: Amazonia in the Rodinia reconstruction. **Geophysical Journal International**, v. 178, p. 106 - 122, 2009.
- FALEIROS, F.M.; PAVAN, M.; REMÉDIO, M.J.; RODRIGUES, J.B.; ALMEIDA, V.V.; CALTABELOTI, F.P.; PINTO, L.G.R.; OLIVEIRA, A.A.; PINTO DE AZEVEDO, E.J.; COSTA, V.S. Zircon U-Pb ages of rocks from the Rio Apa cratonic terrane (Mato Grosso do Sul, Brazil): new insights for its connection with the amazonian craton in pre-gondwana times. **Gondwana Res.**, v. 34, p. 187-204, 2016.
- FERNANDES, C.J.; KUYUMJIAN, R.M; PULZ, G.M.; GERALDES, M.C.; PINHO, F.E.C. Geologia estrutural e idade Ar/Ar do depósito de ouro Pau-a-Pique, Faixa Móvel Aguapeí, sudoeste do Estado do Mato Grosso. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 36, n. 1, p. 3-15, 2006
- GERALDES, M.C.; NOGUEIRA, C.C.; VARGAS-MATOS G.L.; MATOS, R.; TEIXEIRA, W.; VALENCIA, V.; RUIZ, J. U-Pb detrital zircon ages from the Aguapei Group (Brazil): Implications for the geological evolution of the SW border of the Amazonian Craton. **Precambrian Research**, v. 1, p. 1-26, 2014, 2013
- GERALDES, M.C.; VAN SCHMUS, W.R.; CONDIE, K.C.; BELL, S.; TEIXEIRA, W.; BABINSJI, M. Proterozoic Geologic Evolution of the SW Part of the Amazonian Craton in Mato Grosso State, Brazil. **Precambrian Research**, v. 111, p. 91-128, 2001.
- KOBER, B. Whole-grain evaporation for <sup>207</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb – age investigations on single zircons using double – filament in source. **Contributions to Mineralogy and Petrology**, v. 93, p. 482–490, 1986.
- LÊ MAITRE, R.W. **A classification of igneous rocks and glossary of terms**. Blackwell Scientific Publ., Oxford, 193 p., 1989.
- LITHERLAND, M.; ANNELS, R.N.; APPLETON, J.D.; BERRANGE, P.J.; BLOOMFIELD, K.; BURTON, C.C.J.; DARBYSHIRE, D.P.F.M.; FLETCHER, J.N.; HAWKINS, M.P.; KLINK, B.A LLANOS, A.; MITCHELL, W.I.; O'CONNOR, E.A.; PITFIELD, P.E.J.; POWER, G.; WERB, B.C. The proterozoic of eastern Bolivia and its relationship to the andean mobile belt. **Precambrian Res.**, v. 43, p. 157-174, 1989.
- LITHERLAND, M.; ANNELS, R.N.; APPLETON, J.D.; BERRANGÉ, J.P., BLOOMFIELD, K.; BURTON, C.C.J.; DARBYSHIRE, D.P.F.; FLETCHER, C.J.N.; HAWKINS, M.P.; KLINK, B.A.; LLANOS, A.; MITCHELL, W.I., O'CONNORS, E.A.; PITFIELD, P.E.J.; POWER, G.; WEBB, B.C. **The geology and mineral resources of the Bolivian Precambrian Shield**. Overseas Memoir British Geological Survey, v. 9, 153 p., 1986.
- LOEWY, S.L.; CONNELLY, J.N.; DALZIEL I.W.D. An orphaned basement block: the Arequipa-Antofalla Basement of the central Andean margin of South America. **Geol. Soc. Am. Bull.**, v. 116, p. 171-187, 2004.
- LUDWIG, K.R., **Isoplot 3.00: A Geochronological Toolkit for Microsoft Excel**. Berkeley Geochronological Centre Special Publication 4, Berkeley, California, 74 p., 1999.
- MANIAR, P.D. & PICCOLI, P.M. Tectonic discrimination of granulites. **Geological Society of American Bulletin**, v. 101, p. 635-643, 1989.
- MATOS, R.; TEIXEIRA, W.; GERALDES, M.C.; BETTENCOURT, J.S. Geochemistry and isotopic evidence of the Pensamiento Grannitoid Complex, Rondonian – San Ignacio province, easter Precambrian Shield of Bolivia: petrogenetic constrains for a Mesoproterozoic magmatic arc setting. **Revista Geologia USP - Serie Científica**, v. 9, n. 2, p. 89 – 117, 2010.

- NEDEL, I.M.; FUCK, R.A.; RUIZ, A.S.; MATOS-SALINAS, G.R.; FERREIRA, A.C.D. U-Pb Geochronology and Geochemistry of Grenville-age Plutons in the Sunsás Belt - Bolivia, SW Amazonian Craton: Tectonic and Magmatic Implications. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 104, p. 102-845, 2020.
- NEDEL, I.M.; RUIZ, A.S.; MATOS-SALINAS, G.R.; SOUSA, M.Z.A.; PIMENTEL, M.M.; PAVANETTO, P. Front San Diabolo na região de Miraflores, Faixa Sunsás, Bolívia: implicações tectônicas e estratigráficas. São Paulo USP **Série Científica**, v. 17, n. 3, p. 12-147, 2017.
- NOGUEIRA, C.C.; GERALDES, M.C.; LVES, M.I.; DEBOWSKI, B.P. A Suíte Intrusiva Jatuarana: um novo evento magmático anorogênico na Província Estanífera de Rondônia. **Contribuições à Geologia da Amazônia**, v. 11, p. 51-62, 2019.
- PEARCE, J.A.; HARRIS, N.B.W.; TINDLE, A.G. Trace elements discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. **Journal of Petrology**, v. 25, n. 4, p. 956-983, 1984.
- QUEIROZ, L.A.V.; MACAMBIRA, M.J.B.; NOGUEIRA, C.C.; QUADROS, M.L.E.S.; GERALDES, M.C. Geocronologia Pb-Pb e litogeoquímica da Suíte Intrusiva Alto Candeias (Rondônia), SW do Cráton Amazônico. **Contribuições à Geologia da Amazônia**, v. 11, p. 285-306, 2017.
- REDES, L.A.; HAUSER, N.; RUIZ, A.S.; MATOS, R.S.; REIMOLD, W.U.; DANTAS, E.L.; SCHMITT, R.T.; LIMA, B.A.F.; ZACCHI, E.N.P.; CHAVES, J.G.S.; OSORIO, L.F.B.; PIMENTEL, M.M. U-Pb and Hf Isotopes in Granitoids from the eastern Bolivian Basement: insights into the Paleoproterozoic evolution of the western part of South America. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 104, 102806.
- RUIZ, A.S. **Evolução Geológica Do Sudoeste Do Cráton Amazônico Região Limítrofe Brasil-Bolívia-Mato Grosso**. São Paulo, 2005. Tese (Doutorado), Universidade Estadual Paulista.
- SADOWSKI, G.R. & BETTENCOURT, J.S. Mesoproterozoic tectonic correlations between eastern Laurentia and the western border of the Amazonian Craton. **Precambrian Research**, v. 76, p. 213-227, 1996.
- SAES, G.S. **Evolução tectônica e paleogeográfica do Aulacógeno Aguapeí (1.2–1.0 Ga) e dos terrenos do seu embasamento na porção sul do Cráton Amazônico**. São Paulo. 1999. 135 p. Tese (Doutorado), Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- SAES, G.S. & FRAGOSO CESAR, A.R.S. Acreção de terrenos mesoproterozoicos no SW da Amazônia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 39, Salvador. 1996. **Anais...** Salvador: Sociedade Brasileira de Geologia, 1996, p.348.
- SANTOS, F.S.; PIROSAN, R.; BARROS, M.; GERALDES, M.C.; LIMA, M.F. Petrology of the Colíder Group volcanic successions in the northernmost Mato Grosso, Brazil: A contribution to the knowledge of the felsic volcanism of the Alta Floresta Gold Province. **Journal of South American Earth Sciences**, p.10-29, 2018.
- SANTOS, J.O.S., HARTMANN, L.A., GAUDETTE, H.E., GROVES, D.I., MCNAUGHTON, N.J., FLETCHER, I.R. 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**, v. 3, p. 453-488, 2000.
- SANTOS, J.O.S.; RIZZOTO, G.J.; MCNAUGHTON, N.J.; MATOS, R., HARTMAN, L.A., CHEMALLE, JR. F.; POTTER, P.E.; QUADROS, M.L.E.S. The age and autochthonous evolution of Sunsás Orogen in West Amazon Craton. **Precambrian Research**, v. 165, p. 120 – 152, 2008.
- SANTOS, J.O.S.; VAN BREEMEN, O. T.; GROVES, D.I.; HARTMANN, L.A.; ALMEIDA, M.E.; MCNAUGHTON, N.J.; FLETCHER, I.R. Timing and evolution of multiple Paleoproterozoic magmatic arcs in the Tapajós Domain, Amazon Craton: constraints from SHRIMP and TIMS zircon, baddeleyite and titanite U-Pb geochronology. **Precambrian Research**, v. 131, p. 73-109, 2004.
- STACEY, J.S. & KRAMERS, J.D. Approximation of terrestrial lead isotope evolution by a two stage model. **Earth and Planetary Science Letters**, v. 26, p. 207-221, 1975.
- STRECKEISEN, F. Plutonic rocks, classification and nomenclature recommended by the IUGS subcommission on the Systematics of igneous Rocks. **Geotimes**, [S.l.], p. 26-30, 1973.
- TASSINARI, C.C.G. & MACAMBIRA, M.J.B. A Evolução tectônica do Cráton Amazônico. In MANTESSO NETO, V., BARTORELLI, A., CARNEIRO, C.D.R., NEVES, B.B.B., **Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**, 672 p., 2004.
- TASSINARI, C.G.; BETTENCOURT, J.S.; GERALDES, M.C.; MACAMBIRA, M.J.B.; LAFON, J.M. The Amazon craton. In: CORDANI, U.; MILANI, E.J.; THOMAZ FILHO, A.; CAMPOS, D.A. (Eds). Tectonic Evolution of South America. In: INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, XXXI. Rio de Janeiro, 2000. In: **Procciding...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Geologia, 2000, p. 41-95.
- TEIXEIRA, W.; GERALDES, M.C.; D'AGRELLA-FILHO, M.S.; SANTOS, J.O.S.; SANTANA BARROS, M.A.; RUIZ, A.S.; CORRÊA DA COSTA, P.C. Mesoproterozoic juvenile mafic ultramafic magmatism in the SW Amazonian Craton (Rio Negro-Juruena province): SHRIMP U-Pb geochronology and Nd-Sr constraints of the Figueira Branca Suíte. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 32, p. 309 - 323, 2011
- TEIXEIRA, W.; GERALDES, M.C.; MATOS, R.; RUIZ, A.S.; SAES, G., VARGAS-MATTOS, G. A review of the tectonic evolution of the Sunsás belt, SW portion of the Amazonian Craton. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 29, p. 47-60, 2010.
- TOHVER, E.; TEIXEIRA, W.; VAN DER PLUIJM, B.; GERALDES, M.C.; BETTENCOURT, J.S.; RIZZOTTO, G., Restored transect across the exhumed Grenville orogen of Laurentia and Amazonia, with implications for crustal architecture. **Geology**, v. 34, n. 8, p. 669-672, 2006.
- TOSDAL, R.N. The Amazonia-Laurentia connection as viewed from the Middle Proterozoic rocks in the central Andes, western Bolivia and northern Chile. **Tectonics**, v. 15, p. 827- 842, 1996.
- VARGAS-MATTOS, G.; GERALDES, M.C.; TAVARES JR., A.D.; MATOS, R.; TEIXEIRA, W. Petrografia, Geoquímica e Geocronologia das rochas graníticas da Orogenia San Ignacio (Bolívia). São Paulo Unesp, **Geociências**, v. 39, n. 1, p. 1 – 19, 2020.
- VARGAS-MATTOS, G.L. **Caracterização Geocronológica e Geoquímica dos Granitos Proterozoicos: Implicação para a Evolução Crustal da Borda SW do Cráton Amazônico na Bolívia**, 212 p. 2010. Tese (Doutorado), Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

*Submetido em 28 de fevereiro de 2021*

*Aceito para publicação em 20 de outubro de 2021*