



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO - UFOP  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA – DEGEO  
BACHARELADO EM ENGENHARIA GEOLÓGICA



## TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CARACTERIZAÇÃO PETROGRÁFICA - PETROLÓGICA DO PLUTÓN ITACAMBIRA,  
BLOCO ITACAMBIRA - MONTE AZUL, MINAS GERAIS

Letícia Evangelista Moraes

**MONOGRAFIA nº 327**

Ouro Preto, julho de 2019



**CARACTERIZAÇÃO PETROGRÁFICA - PETROLÓGICA DO  
PLÚTON ITACAMBIRA, BLOCO ITACAMBIRA - MONTE  
AZUL, MINAS GERAIS**

---





## **FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO**

### **Reitora**

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cláudia Aparecida Marlière de Lima

### **Vice-Reitor**

Prof. Dr. Hermínio Arias Nalini Júnior

### **Pró-Reitora de Graduação**

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Tânia Rossi Garbin

### **ESCOLA DE MINAS**

### **Diretor**

Prof. Dr. Issamu Endo

### **Vice-Diretor**

Hernani Mota de Lima

### **DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA**

### **Chefe**

Prof. Dr. Marco Antônio Fonseca



# **MONOGRAFIA**

**Nº 327**

## **CARACTERIZAÇÃO PETROGRÁFICA - PETROLÓGICA DO PLÚTON ITACAMBIRA, BLOCO ITACAMBIRA - MONTE AZUL, MINAS GERAIS**

**Letícia Evangelista Moraes**

*Orientador*

Prof. Dr. Marco Antônio Fonseca

*Co-Orientadora*

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Hanna Jordt Evangelista

Monografia do Trabalho de Conclusão de curso apresentada ao Departamento de Geologia da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para avaliação da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso – TCC 402, ano 2019/1.

**OURO PRETO**

**2019**

---

Universidade Federal de Ouro Preto – <http://www.ufop.br>  
Escola de Minas - <http://www.em.ufop.br>  
Departamento de Geologia - <http://www.degeo.ufop.br/>  
Campus Morro do Cruzeiro s/n - Bauxita  
35.400-000 Ouro Preto, Minas Gerais  
Tel. (31) 3559-1600, Fax: (31) 3559-1606

Direitos de tradução e reprodução reservados.

Nenhuma parte desta publicação poderá ser gravada, armazenada em sistemas eletrônicos, fotocopiada ou reproduzida por meios mecânicos ou eletrônicos ou utilizada sem a observância das normas de direito autoral.

Revisão geral: Leticia Evangelista Moraes

Catálogo elaborado pela Biblioteca Prof. Luciano Jacques de Moraes do  
Sistema de Bibliotecas e Informação - SISBIN - Universidade Federal de Ouro Preto

M827c	Moraes, Leticia Evangelista. Caracterização petrográfica-petroológica do Pluton Itacambira, Bloco Itacambira - Monte Azul [manuscrito] / Leticia Evangelista Moraes. - 2019.  42f.:  Orientador: Prof. Dr. Marco Antônio Fonseca. Coorientadora: Prof <sup>a</sup> . Dr <sup>a</sup> . Hanna Jordt-Evangelista.  Monografia (Graduação). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Geologia.  1. Petrologia. 2. Rochas ígneas - Pluton. 3. Orógeno Araçuaí (MG). 4. Granito. I. Fonseca, Marco Antônio. II. Jordt-Evangelista, Hanna. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.  CDU: 552.31
-------	--

Catálogo: [ficha.sisbin@ufop.edu.br](mailto:ficha.sisbin@ufop.edu.br)

## Ficha de Aprovação

---

### TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**TÍTULO:** Caracterização Petrográfica – Petroológica do Plúton Itacambira, Bloco Itacambira – Monte Azul.

**ORIENTADOR:** Prof. Dr. Marco Antônio Fonseca

**Aprovada em:** 17 de julho de 2019

#### BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Marco Antonio Fonseca



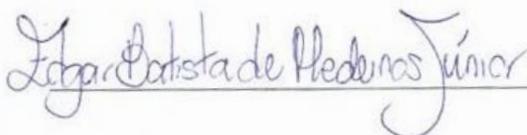
DEGEO/UFOP

Geól. MSc. Samuel Moreira Bersan



DEGEO/UFOP

Prof. Dr. Edgar B. Medeiros Jr



DEGEO/UFOP

Ouro Preto, 17/07/2019

## AGRADECIMENTOS

---

Mais um ciclo se completa e é chegada a hora de agradecer. Agradeço primeiramente à minha família: ao meu pai, Fábio, por me apoiar e me incentivar a buscar ser sempre a melhor versão de mim mesma. À minha mãe, Olivia, pelo cuidado, pelo carinho e por ser meu porto seguro em todos os momentos de minha vida. À minha irmã, Luísa, por estar sempre ao meu lado, me ajudando em tudo e torcendo constantemente pela minha vitória. À minha avó, Sophia (*in memoriam*), por ser meu maior exemplo de bondade e humildade: sinto sua falta. E não poderia faltar Rose, minha segunda mãe, pelo carinho e amizade. Sem vocês não teria conseguido. Amo vocês!

Ao Felipe, meu amor, agradeço por me mostrar um lado meu que há muito estava adormecido, por me levantar, me colocar para cima e por me fazer acreditar que sou capaz de conseguir tudo que eu almejar, amo você! À Izaura, Orestes, Henrique e Artur, por me acolherem em sua família.

À minha tia Hanna, por estar presente desde o início, por me aconselhar na escolha do curso, por me ajudar durante toda minha graduação e, ao fim da mesma, me dar a honra de tê-la como co-orientadora, deixo o meu muito obrigada! As famílias Evangelista e Moraes, pelo apoio. À Narjara, irmã de outra mãe, agradeço pelos conselhos, histórias compartilhadas e por ouvir incansavelmente meus desabafos quando eu mais precisei. Ao Victor Lana, por ser aquele amigo que a distância não separa.

Agradeço à República Malibu, minha casa em Ouro Preto, por me concederem a honra de fazer parte dessa história. Às moradoras e ex-alunas, gratidão! À República 171, minha segunda casa, pelo carinho, por me acolherem tão bem e pelas maravilhosas namoradas!

A Ouro Preto e amizades aqui concebidas, em especial ao Guto e à Camila, por estarem comigo desde o início desta jornada. Obrigada pelas risadas, pelos conselhos, pelos ensinamentos e, não menos importante, pelo meu diploma. À geogalera 13.1 e agregados, em especial Vitin Civil, Tite, Fala, Tony, Gregório, Karol, Xuxu, Carolzinha etc, pelos pastéis com cerveja no vitin e pelo companheirismo durante esta longa jornada. Aos migos Victor, Lorena e Vini, pelas longas risadas, cafés da madrugada e pelos melhores rolês gastronômicos.

À UFOP, por me proporcionar um ensino público, gratuito e de qualidade. Ao CsF, pelo crescimento pessoal e cultural. Aos mestres, técnicos, porteiros, meninas da faxina e todos aqueles que fazem esse Departamento de Geologia acontecer, meu muito obrigada! Em especial Scholz, pelas amostras presenteadas e ao Élcio (*in memoriam*), pelo carinho, ensinamentos e amostras presenteadas. Ao Edgar e ao Samuel, por aceitarem fazer parte da banca examinadora e contribuírem, assim, para a melhoria desse projeto.

E por último, e não menos importante, ao Marco Antônio, que, no meio de sua agenda atarefada, encontrou um lugarzinho para me orientar. Obrigada por me puxar até o limite e por me ensinar a “andar” com minhas próprias pernas, fazendo com que assim eu pudesse desenvolver um trabalho de qualidade.



# SUMÁRIO

---

<b>AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>viii</b>
<b>SUMÁRIO.....</b>	<b>xi</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>xiii</b>
<b>ÍNDICE DE TABELAS .....</b>	<b>xiv</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>xvi</b>
<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 APRESENTAÇÃO .....	1
1.2 LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO.....	2
1.3 OBJETIVOS .....	4
1.4 JUSTIFICATIVA.....	5
1.5 MATERIAIS E MÉTODOS.....	5
1.5.1 Revisão bibliográfica.....	5
1.5.2 Trabalho de campo e coleta de amostras.....	6
1.5.3 Confeção e descrição de lâminas delgadas .....	6
1.5.4 Geoquímica .....	6
1.5.5 Geocronologia .....	7
1.5.6 Redação da Monografia.....	8
<b>2 GEOLOGIA REGIONAL .....</b>	<b>9</b>
2.1 ARCABOUÇO TECTÔNICO REGIONAL .....	9
2.2 ESTRATIGRÁFA DA REGIÃO DO ANTICLINAL DE ITACAMBIRA .....	10
2.3 COMPARTIMENTAÇÃO TECTONICA REGIONAL E GEOLOGIA ESTRUTURAL DA REGIÃO DE ITACAMBIRA .....	12
2.3.1 Compartimentação tectônica regional .....	12
2.3.2 Geologia estrutural da região de Itacambira .....	13

<b>3 GEOLOGIA LOCAL .....</b>	<b>15</b>
3.1 O embasamento do Bloco Itacambira-Monte Azul .....	15
3.2 Geologia do Pluton Itacambira .....	17
<b>4 PETROGRAFIA E GEOQUÍMICA .....</b>	<b>21</b>
4.2 Petrografia .....	21
4.2 Geoquímica .....	26
<b>5 GEOCRONOLOGIA .....</b>	<b>29</b>
<b>6 DISCUSSÕES .....</b>	<b>33</b>
<b>7 CONCLUSÕES .....</b>	<b>37</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>39</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

---

Figura 1.1. Mapa de localização das folhas no âmbito do Projeto Espinhaço.....	3
Figura 1.2. Mapa rodoviário do principal acesso ao município de Itacambira .....	4
Figura 2.1 Mapa geológico do Orógeno Araçuaí .....	8
Figura 2.2 Coluna estratigráfica esquemática .....	9
Figura 2.3 Modelo evolutivo do Orógeno Araçuaí .....	11
Figura 3.1 Recorte do Mapa Geológico do Estado de Minas Gerais .....	15
Figura 3.2 Recorte da porção norte do Mapa Geológico da Folha Itacambira .....	17
Figura 3.3 Imagens representativas do Pluton Itacambira .....	18
Figura 3.4 Enclaves microgranulares máficos do Pluton Itacambira .....	18
Figura 3.5 Diques máficos no Pluton Itacambira .....	19
Figura 4.1 Fotomicrografias das lâminas AM-05 e AM-06 .....	21
Figura 4.2 Fotomicrografias das lâminas AM-3A e AM-3B .....	23
Figura 4.3 Fotomicrografias das lâminas AM-01 e AM-02 .....	24
Figura 4.4 Diagrama de classificação de rochas plutônicas R1-R2 .....	26
Figura 4.5 Diagrama A/CNK - A/NK de Shand (1943) .....	27
Figura 4.6 Diagrama AFM de Irvine & Baragar (1971) .....	27
Figura 5.1 Imagem dos grãos de zircão da amostra AM-02 .....	28
Figura 5.2 Imagem de catodoluminescência de grãos de zircão da amostra AM-02 .....	29
Figura 5.3 Gráficos de datação U/Pb para amostra AM-02 .....	30
Figura 5.4 Gráfico representando os possíveis desvios de comportamento no sistema UTh-Pb .....	31
Figura 5.5 Resultados obtidos para os materiais de referência .....	31

## INDÍCE DE TABELAS

---

Tabela 4.1 Relação de amostras coletadas, suas devidas localidades e análises realizadas .....	20
Tabela 4.2 Tabela com os teores obtidos em laboratório .....	25



## Resumo

---

O embasamento Arqueano do Orógeno Araçuaí, representado em sua porção norte pelo Bloco Itacambira-Monte Azul, engloba as rochas gnáissicas do Complexo Porteirinha e os granitoides da Suíte Rio Itacambiruçu. Apesar de ainda ser pouco estudada, tal região apresenta informações importantes sobre os processos evolutivos que ali ocorreram. A partir deste trabalho foi possível obter novos dados petrográficos, geoquímicos e geocronológicos sobre um novo pluton na região do anticlinal de Itacambira, região sul do Bloco Itacambira-Monte Azul. Até então não reportado na literatura, tal pluton foi designado informalmente como Pluton Itacambira e nele ocorrem termos quartzo feldapáticos em geral de granulação grossa e com foliação em geral bem desenvolvida, podendo apresentar feições do tipo enclaves microgranulares máficos. Compreende rochas do tipo meta-quartzo dioritos, metatonalitos, metagranitos e aplitos, ambas de natureza calcialcalina. Através de datação U-Pb em grãos de zircão obteve-se uma idade concórdia de  $2818,2 \pm 6,8$  Ma. Esta idade surge como uma nova evidência de acreção crustal na transição Meso-Neoarqueano, responsável pela colocação do Pluton Itacambira no Bloco Itacambira-Monte Azul, caracterizando um quinto processo evolutivo dos quatro até então datados na região por Bersan *et al.* (2018) e Silva *et al.* (2016). Além disso obteve-se uma idade de intercepto inferior de  $533 \pm 53$  Ma. Tal idade corrobora a idade do metamorfismo ocorrido durante o evento Brasileiro, indicando que as rochas em questão foram afetadas por este evento. A partir dos dados obtidos no presente trabalho foi possível melhor caracterizar as rochas pertencentes ao Bloco Itacambira-Monte Azul que afloram na região de Itacambira. Com isso, observou-se uma certa inconsistência nas cartografias propostas por Noce *et al.* (2012) e Guimarães *et al.* (2012) para as Folhas Itacambira e Botumirim, respectivamente. Este trabalho surge no intuito de trazer novos dados que possam sanar parte da lacuna existente no conhecimento geológico do Bloco Itacambira-Monte Azul.



### 1.1 APRESENTAÇÃO

O embasamento do Cráton do São Francisco, em sua porção sul, está exposto em diversos complexos tais como aqueles periféricos ao Quadrilátero Ferrífero e outros fragmentos crustais situados mais ao norte, como os complexos de Gouveia, Guanhões e Porteirinha. Tais fragmentos do embasamento mostram complexa evolução. Após a consolidação da crosta siálica primitiva que hoje conforma o embasamento, durante o denominado evento Santa Bárbara (Lana *et al.* 2013, Romano *et al.* 2013), diversos processos colisionais e acrecionários foram bem delineados na porção mais ao sul. Lana *et al.* (2013) identificaram 3 grandes ciclos (de acreção e colisão), situados no intervalo de 2930 a 2770 Ma, os denominados eventos Rio das Velhas I, Rio das Velhas II e Mamona.

Mais ao norte há certa carência de dados acerca de como se conformou este processo evolutivo e no caso, especificamente, para o Complexo Porteirinha. Este complexo aflora em uma longa faixa de cerca de 250 quilômetros de extensão e 50 quilômetros de largura, orientada na direção norte – sul. A faixa ultrapassa o limite do estado de Minas Gerais e adentra o estado da Bahia, onde aí leva o nome de Complexo Santa Isabel. O Complexo é construído por gnaisses bandados que apresentam assinatura química característica de magmas TTG derivados, na maioria das vezes, de fusão parcial de uma crosta oceânica primitiva (Silva *et al.* 2016). Esses gnaisses apresentam por vezes intercalações de anfibolito e rochas metaultramáficas. Por sua vez, é intrudido por corpos granitoides foliados, que estão reunidos na suíte Rio Itacambiruçu. Esta unidade foi descrita originalmente no âmbito do Projeto Espinhaço (Guimarães *et al.* 1993) e encerra diversos plutons, muitos dos quais foram inicialmente descritos em Grossi-Sad *et al.* (1997), tendo recebido diversas denominações (e.g. Granodiorito Barrocão - BAp, Granito Rio Gorutuba - RGp e os granitoides Lagoa Nova - LNp e Pedra do Urubu - PUp). Bersan *et al.* (2018), reuniu estes granitoides em dois grupos: um de granitoides de médio potássio (PUp e RGp) e outro de alto potássio (BAp), com idades de cristalização de cerca de 2.92 Ga e 2.65 Ga, respectivamente.

Esses novos dados contribuem para uma melhor caracterização de todos estes litodemas e para uma melhor compreensão dos eventuais processos evolutivos, até então pouco estudados.

Na porção sul do complexo, no entanto, um corpo plutônico foi cartografado. Designado informalmente de pluton Itacambira, este corpo ocorre próximo a cidade de Itacambira (Noce 1997). Nele ocorrem termos quartzo feldspáticos em geral grosseiros e com foliação em geral bem desenvolvida. Apresentam interessantes feições na forma de enclaves microgranulares.

Ainda pouco conhecido, seja do ponto de vista de sua composição, geoquímica e idade, e dos processos de sua colocação, o estudo do Plúton Itacambira é o foco da presente proposta de investigação. Embora de ocorrência de certa forma restrita, um melhor conhecimento desta unidade litodêmica pode complementar informações sobre processo evolutivo da Suíte Itacambira, e conseqüentemente do próprio Complexo Porteirinha, além de trazer à luz mais dados sobre o próprio processo magmático envolvido.

## **1.2 LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO**

A área de estudo, inserida nos limites do município de Itacambira, encontra-se na porção centro-norte do estado de Minas Gerais. Encerra, do ponto de vista geológico, o Complexo Porteirinha. Essa região localiza-se a cerca de 80 km a sudeste do município de Montes Claros-MG e a 262 km a nordeste do município de Diamantina-MG. O município de Itacambira é parte integrante da Folha Itacambira (SE.23X-D-I, escala 1:100.000), elaborada por Noce *et al.* (2012) para o Projeto Espinhaço (Figura 1.1). A área de enfoque deste trabalho encontra-se geograficamente posicionada entre as longitudes 43°10' e 43°20' W e latitudes 16°50 e 17°10' S.

No geral, a malha viária nessa região é escassa, sendo constituída por algumas rodovias estaduais e federais, além de outras vias secundárias não pavimentadas. O acesso ao município de Itacambira se dá pela BR-040 desde o município de Belo Horizonte até a cidade de Paraopeba, onde toma-se a saída para Curvelo pela BR-135 até chegar em Bocaiúva. Toma-se então o acesso à via MG-651 até Guaraciama e posteriormente segue-se por uma estrada não pavimentada até a via MG-308, na qual se permanece até o município de Itacambira (Figura 1.2). Uma alternativa de trajeto se dá através da saída para a BR-259 em Curvelo até o município de Gouveia, onde pega-se o acesso para a BR-367 passando por Diamantina, até Senador Mourão e então segue-se pela BR-451 até Bocaiúva, a partir de onde continua-se pelas mesmas vias do primeiro trajeto. As vias de acesso dentro do município são, em sua maioria, estradas não pavimentadas e o caminho percorrido durante o trabalho de campo deu-se, por vezes, por trilhas locais não oficiais.

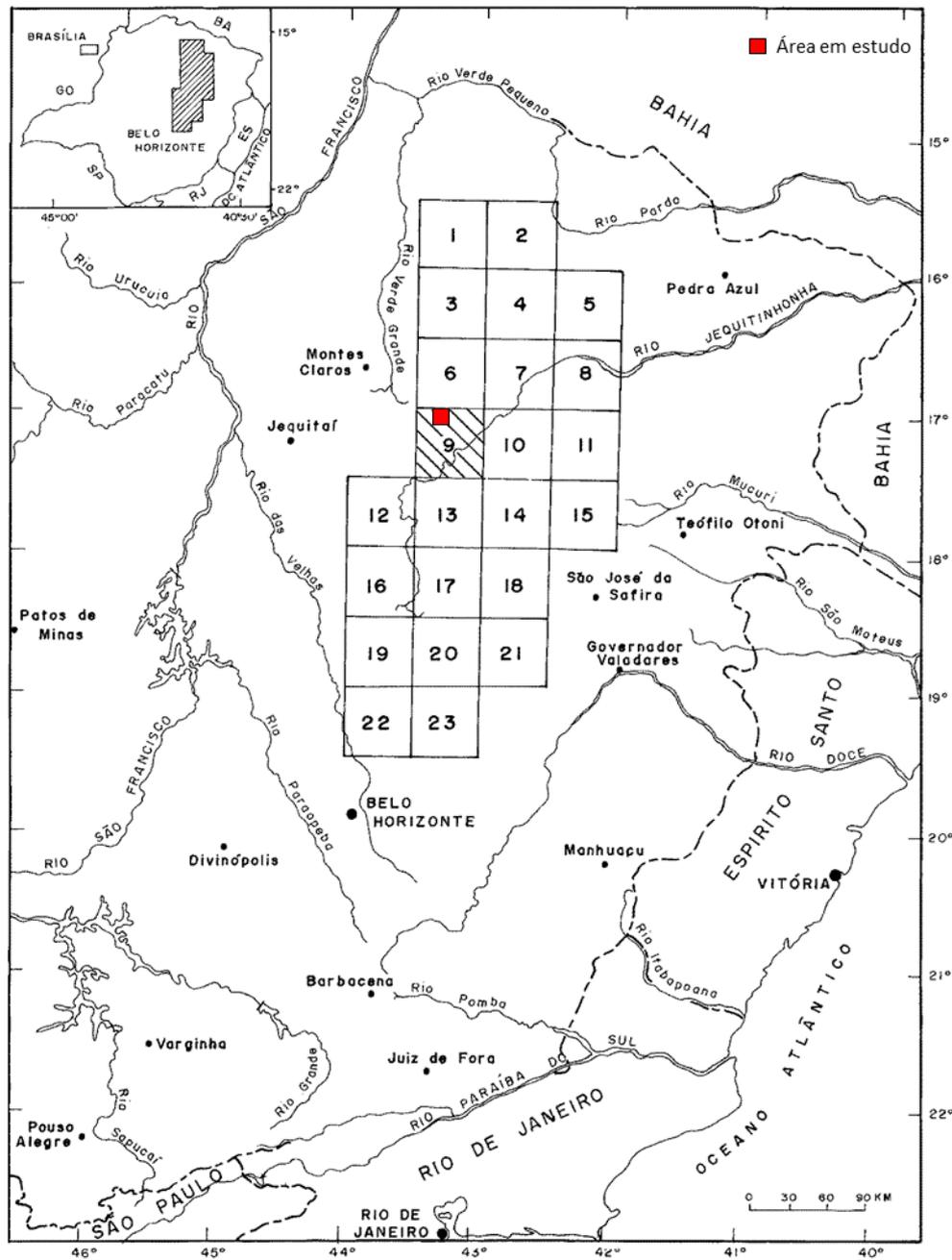


Figura 1.1. Mapa de localização das folhas no âmbito do Projeto Espinhaço com destaque para a folha Itacambira (hachurada) e para área em estudo no presente trabalho em vermelho (modificado de Noce 1997).

- |                       |                 |                       |                       |
|-----------------------|-----------------|-----------------------|-----------------------|
| 1. Janaúba            | 7. Grão Mogol   | 13. Carbonita         | 19. Pres. Kubitschek  |
| 2. Rio Pardo de Minas | 8. Araçuaí      | 14. Capelinha         | 20. Serro             |
| 3. Francisco Sá       | 9. Itacambira   | 15. Malacacheta       | 21. Guanhães          |
| 4. Padre Carvalho     | 10. Minas Novas | 16. Diamantina        | 22. Baldim            |
| 5. Salinas            | 11. Jenipapo    | 17. Rio Vermelho      | 23. C. Do Mato Dentro |
| 6. Botumirim          | 12. Curimataí   | 18. S. S. do Maranhão |                       |

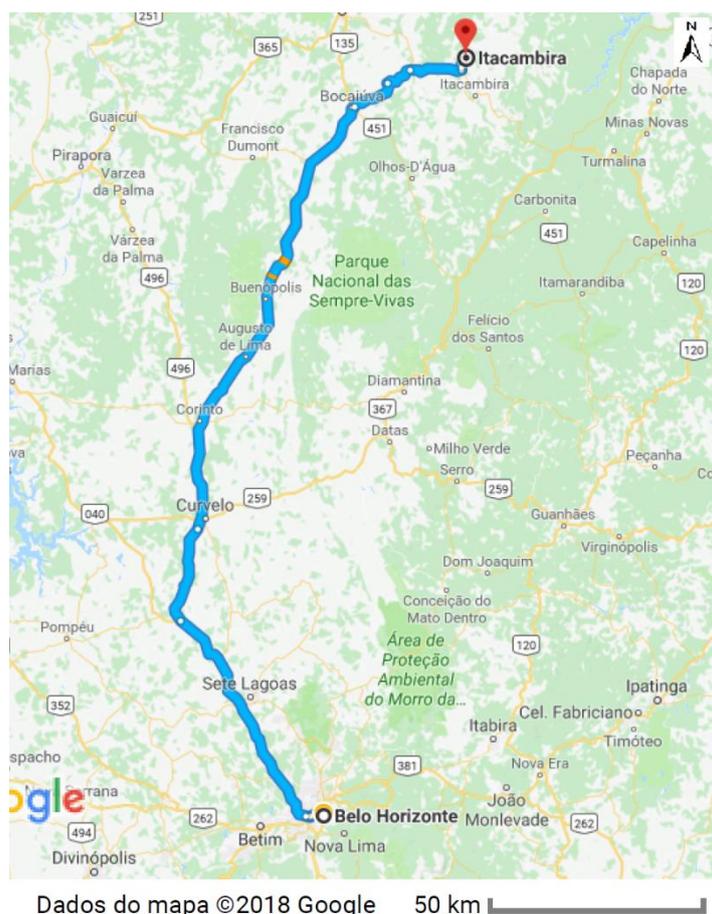


Figura 1.2. Mapa rodoviário da principal via de acesso ao município de Itacambira a partir da cidade de Belo Horizonte. GOOGLE MAPS® 2018. Itacambira. Disponível em <https://www.google.com.br/maps/dir/Belo+Horizonte,+MG/Itacambira>. Acessado em 28 de maio de 2018.

### 1.3 OBJETIVOS

O presente projeto teve como objetivo a caracterização, do ponto de vista petrográfico, geoquímico e geocronológico, dos litodemas que compõem um dos plutons que integra a Suíte Rio Itacambiruçu. Neste estudo, o foco deu-se no aqui denominado Plúton Itacambira. Além da caracterização composicional do corpo, buscou-se também estabelecer a natureza dos processos magmáticos que geraram estruturas tipo autólitos ou enclaves microgranulares nele verificados. O estudo proposto permitiu também cartografar, com maior precisão, o pluton da suíte Rio Itacambiruçu, uma vez que, no Mapa Geológico da Folha Itacambira (SE.23-X-D-I, escala 1:100.000, Noce *et al.* 2012) e no extremo sul do Mapa Geológico da Folha Botumirim (SE.23-X-B-IV, escala 1:100.000, Guimarães *et al.* 2012), há uma certa incoerência e uma carência de dados, especialmente em relação ao embasamento do complexo Porteirinha e corpos intrusivos pertencentes à suíte.

## **1.4 JUSTIFICATIVA**

A partir da proposição inicial da Suíte Rio Itacambiruçu (Guimarães *et al.* 1997) pouco ainda se fez no sentido de uma melhor caracterização dos litodemas que compõem tal unidade. Isso do ponto de vista composicional propriamente. Em se ampliando o espectro de dados, o que se observa é uma carência ainda maior. Além destas carências, há que se relatar a quase que ausência total de dados geocronológicos de maior precisão.

A ausência destes dados, de certa forma, contribui para não se permitir uma maior compreensão da evolução arqueana – paleoproterozóica destes fragmentos crustais que compõem o embasamento do Cráton do São Francisco e suas faixas marginais como um todo, uma vez que o maior entendimento, face ao maior acervo de dados, se encontra nas unidades mais ao sul, como as ocorrências no Quadrilátero Ferrífero.

Estudos recentes, propostos por Bersan *et al.* (2018) e Silva *et al.* (2016), trazem novos dados petrográficos e geocronológicos com o intuito de melhor caracterizar o embasamento arqueano exposto no Bloco Itacambira Monte Azul, representado nesta região pelos gnaisses do Complexo Porteirinha e pelos plútons da Suíte Rio Itacambiruçu.

Com o desenvolvimento deste projeto, foi possível preencher uma pequena parte desta lacuna, evidentemente, com restrição do escopo do presente estudo, que ficou limitado ao pluton situado ao sul do Complexo Porteirinha, este não caracterizado por Bersan *et al.* (2018). Buscou-se também uma tentativa de corroborar, a partir dos novos dados obtidos nesse trabalho, a viabilidade da proposta de divisão dos dois grupos de granitoides feita por Bersan *et al.* (2018), no contexto do Plúton Itacambira.

Além disso, com a análise de lâminas delgadas, foi possível melhor descrever estruturas como enclaves microgranulares, ainda não reportados na literatura e que podem trazer informações importantes acerca dos processos magmáticos que operaram na região.

## **1.5 MATERIAIS E MÉTODOS**

Baseado no objetivo anteriormente apresentado, foi desenvolvida a seguinte metodologia:

### **1.5.1 Revisão bibliográfica**

Primeiramente iniciou-se um estudo sobre o embasamento do Orógeno Araçuai com enfoque nos processos que se seguiram à consolidação da crosta primitiva até o limite Arqueano – Paleoproterozoico e os materiais envolvidos. Para isso usou-se como base os trabalhos de Noce (1997), Noce *et al.* (2007), Bersan *et al.* (2018), Lana *et al.* (2013) entre outros, com vistas a melhor compreensão desses processos.

### **1.5.2 Trabalho de campo e coleta de amostras**

Concomitante a revisão bibliográfica, foi realizado o trabalho de campo de modo a cartografar o corpo batolítico situado junto à porção sul no Complexo Porteirinha, utilizando-se como base o Mapa Geológico da Folha Itacambira (SE.23-X-D-I, escala 1:100.000, Noce *et al.* 2012) e o Mapa Geológico da Folha Botumirim (SE.23-X-B-IV, escala 1:100.000, Guimarães *et al.* 2012), propostos pela CODEMIG para o Projeto Espinhaço.

Durante o trabalho de campo, foram coletadas sete amostras, entre elas granitoides aflorantes na Suíte Rio Itacambiruçu, além de amostras dos enclaves microgranulares identificados na área de estudo;

### **1.5.3 Confeção e descrição de lâminas delgadas**

As sete amostras coletadas em campo foram selecionadas para a confecção de lâminas delgadas e descritas com vistas à caracterização das fácies e litodemas encerrados no Plúton situado ao Sul do Complexo Porteirinha. Estas lâminas foram preparadas no Departamento de Geologia da Universidade Federal de Ouro Preto, as quais foram analisadas a partir de microscópio ótico petrográfico binocular de luz polarizada e transmitida pertencente a marca Leica. As fotomicrografias foram capturadas a partir do mesmo microscópio utilizando-se de uma câmera digital Canon acoplada ao equipamento.

Nesta etapa foram analisadas características tais como: composição mineralógica, textura da rocha, granulometria, indícios da ocorrência de metamorfismo bem como da presença de feições ígneas reliquias, sinais de alteração da rocha, entre outras feições características que puderam auxiliar na interpretação dos processos geológicos pelos quais os litodemas coletados possam ter sido afetados. Para a identificação mineral nas fotomicrografias utilizou-se das abreviações minerais contidas na padronização internacional proposta por Whitney & Evans (2010) (Anexo 1).

### **1.5.4 Geoquímica**

Dentre as sete amostras coletadas, quatro foram encaminhadas para análise geoquímica no Laboratório de Geoquímica Ambiental (LGqA) onde foram realizadas análises de rocha total, elementos maiores, menores e traço utilizando-se do Espectrômetro de Emissão Óptica com Plasma Acoplado Indutivamente (ICP-OES). Os resultados obtidos foram organizados em uma tabela de valores em mg/Kg. Para a elaboração dos diagramas geoquímicos utilizou-se dos softwares Excel e GCDkit de Janousek *et al.* (2006).

Durante a análise em ICP-OES foi realizada a digestão da rocha em meio com ácido fluorídrico, o que acarretou na eliminação da sílica, não sendo, portanto, possível obter o seu teor pelo método escolhido. Optou-se então por inferir este dado a partir do método da diferença, a partir do qual somam-se os valores em óxido dos elementos maiores obtidos nas análises subtraindo-se esse total de 100. Para

isso foi necessário converter os valores obtidos pelo método do ICP-OES em óxidos, multiplicando-os pelos respectivos fatores de conversão (Tabela 1.5). Após a conversão em óxidos, transformou-se os valores de ppm para % de peso dividindo estes valores por 10000. Dessa forma obteve-se os valores dos elementos, inclusive o valor estimado de sílica, em % de peso de óxido.

Tabela 1.5 – Tabela com os teores obtidos em laboratório expressos em mg/kg, fatores de conversão para cada elemento, teores em % de peso dos óxidos, bem como teores de SiO<sub>2</sub> das amostras AM-01, AM-02, AM-3A e AM-05, obtidos a partir dos cálculos descritos acima.

Elementos	AM01 (mg/kg)	AM02 (mg/kg)	AM03 (mg/kg)	AM05 (mg/kg)	Fator de Conversão	Óxidos	AM01 (%)	AM02 (%)	AM03 (%)	AM05 (%)
Ba	664,16	680,55	600,28	634,36	<b>1,1165</b>	BaO	0,07	0,08	0,07	0,07
Co	43,66	36,06	35,11	46,13	<b>1,2715</b>	CoO	0,01	0,00	0,00	0,01
Cr	137,69	61,68	11,95	8,34	<b>1,4615</b>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,02	0,01	0,00	0,00
Cu	34,80	16,19	9,04	2,48	<b>1,2518</b>	CuO	0,00	0,00	0,00	0,00
Li	57,75	57,62	50,68	77,56	<b>2,1527</b>	Li <sub>2</sub> O	0,01	0,01	0,01	0,02
Sc	18,66	8,73	5,19	4,35	<b>1,5338</b>	Sc <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00
Sr	297,52	341,11	250,02	89,71	<b>1,1826</b>	SrO	0,04	0,04	0,03	0,01
Th	26,00	26,33	34,03	32,17	<b>1,1379</b>	ThO <sub>2</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00
V	87,22	75,28	34,96	20,71	<b>1,4711</b>	V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,01	0,01	0,01	0,00
Y	26,51	14,52	20,98	141,42	<b>1,2699</b>	Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,00	0,00	0,00	0,02
Zn	109,91	69,97	52,25	40,96	<b>1,2447</b>	ZnO	0,01	0,01	0,01	0,01
Be	1,49	1,62	2,78	3,53	<b>2,7753</b>	BeO	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	1021,08	613,80	400,80	487,59	<b>1,2912</b>	MnO	0,13	0,08	0,05	0,06
Al	64873,74	68917,35	68099,05	61251,08	<b>1,8894</b>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,26	13,02	12,87	11,57
Fe	43110,63	29357,42	18997,56	14150,70	<b>1,2865</b>	FeO	5,55	3,78	2,44	1,82
Ca	40733,28	28009,80	13176,65	7030,36	<b>1,3992</b>	CaO	5,70	3,92	1,84	0,98
K	21649,63	21950,70	19992,34	37739,09	<b>1,2046</b>	K <sub>2</sub> O	2,61	2,64	2,41	4,55
Mg	25136,07	14527,00	6838,00	5060,73	<b>1,6583</b>	MgO	4,17	2,41	1,13	0,84
Na	29546,15	33382,42	41872,75	21748,64	<b>1,3480</b>	Na <sub>2</sub> O	3,98	4,50	5,64	2,93
Zr	42,20	55,18	227,00	186,40	<b>1,3508</b>	ZrO <sub>2</sub>	0,01	0,01	0,03	0,03
P	983,68	785,93	505,47	273,91	<b>2,2913</b>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,23	0,18	0,12	0,06
S	352,47	222,12	76,05	24,36	<b>2,4971</b>	SO <sub>3</sub>	0,09	0,06	0,02	0,01
Ti	5218,47	3991,83	2456,99	1541,19	<b>1,6680</b>	TiO <sub>2</sub>	0,87	0,67	0,41	0,26
						SiO <sub>2</sub>	64,64	68,88	73,13	76,99

### 1.5.5 Geocronologia

Realizou-se em uma dessas amostras a datação U-Pb em zircão utilizando-se do LA-SF-ICP-MS no Laboratório de Geoquímica Isotópica da Universidade Federal de Ouro Preto. Para esta análise encaminhou-se a amostra para o laboratório de preparação de amostras (LOPAG) do DEGEO/UFOP, onde esta passou por processos de cominuição e por concentração de minerais pesados. Posteriormente, utilizando-se de um ímã de mão de neodímio, foi realizada a separação magnética deste concentrado. A fração não magnética foi colocada em diiodometano para separação por líquido denso onde foi separada uma fração de densidade superior a 3,32 e outra de densidade inferior a 3,31. O material mais denso foi submetido à separadora eletromagnética Frantz, onde o material diamagnético foi separado e montado em resina acrílica. As imagens de catodoluminescência foram obtidas no laboratório de microanálise DEGEO – UFOP, em um microscópio eletrônico de varredura (SEM) JEOL 6510. A análise U-Pb foi obtida usando um Element 2 Thermo Finnigan acoplado a um sistema de laser Photon-Machines 193nm.

Os dados adquiridos foram reduzidos no software GLITTER (Van Achterbergh *et al.* 2001). Foi aplicada a correção de chumbo comum através de um programa de planilha MS Excel (Gerdes & Zeh

2006) com base no modelo de composição de Pb de Stacey & Kramers (1975). Isoplot (Ludwig 2001) foi utilizado e os erros foram apresentados em 2 sigma. A tabela de resultados foi construída de acordo com Horstwood *et al.* (2016) (Apendice 1). Foram utilizados os seguintes materiais de referencia para certificação da idade obtida: BB, Plešovice e GJ (Apendice 2).

### **1.5.6 Redação da Monografia**

Através da compilação dos dados obtidos nas etapas supracitadas, foi então elaborada a presente monografia onde foram apresentados os resultados e conclusões obtidos a partir das análises e interpretações oriundas de cada etapa deste projeto.

#### 2.1 ARCABOUÇO TECTÔNICO REGIONAL

O Cráton São Francisco (CSF), caracterizado por Almeida (1977), constitui uma extensa unidade tectônica que abrange parte dos terrenos das regiões Nordeste, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil. Situado entre os sistemas orogênicos Borborema (ao Norte), Tocantins (à Oeste) e Mantiqueira (à Leste), o CSF teve sua consolidação no fim do Ciclo Transamazônico.

Seus limites são marcados por um elaborado sistema de faixas de dobramentos Brasileiros, são elas: a faixa Brasília ao Sul e Oeste; a faixa Araçuaí a Sudeste; a faixa Rio Preto a Noroeste; e as faixas Riacho do Pontal e Sergipana ao Norte (Almeida 1977).

O embasamento do Cráton compreende rochas de idades anteriores a 1.8 Ga (Almeida 1977) (Figura 2.1). As principais assembleias litológicas ali presentes são gnaisses TTG's de idade arqueana, granitoides e greenstonebelts, além de plutons paleoproterozóicos, que se encontram expostos em suas porções nordeste e sul (Heilbron *et al.* 2017). A cobertura cratônica engloba unidades de idades inferiores a 1.8 Ga (Almeida 1997) e são agrupadas em três domínios de idade Proterozóica: Bacia São Francisco, aulacógeno Paramirim e rift Recôncavo-Tucano-Jatobá; bem como coberturas Fanerozóicas (Heilbron *et al.* 2017).

Estendendo-se do Cráton São Francisco até a margem continental brasileira, tem-se o Orógeno Araçuaí (Figura 2.1). Este, segundo Alkmim *et al.* (2006), é composto por um embasamento Arqueano e Paleoproterozoico com rochas de idades superiores a 1.8 Ga; pelo Supergrupo Espinhaço, esse Paleoproterozoico; pelo Grupo Macaúbas, associado a um expressivo rifteamento ocorrido no Neoproterozoico entre 957Ma e 875Ma (Souza 2016); esse então sobreposto pelo Grupo Bambuí, também Neoproterozoico (750-600 Ma) (Iglesias & Uhlein 2009); ocorrendo então, entre 625-450Ma, cinco suítes distintas de granitos Neoproterozoicos (Heilbron *et al.* 2004); além de complexos entre 630-580Ma (Noce *et al.* 2004). Tem-se também a Formação Salinas, com idades variando entre 570-500 Ma (Lima *et al.* 2002) e os Grupos Dom Silvério e Rio Doce.

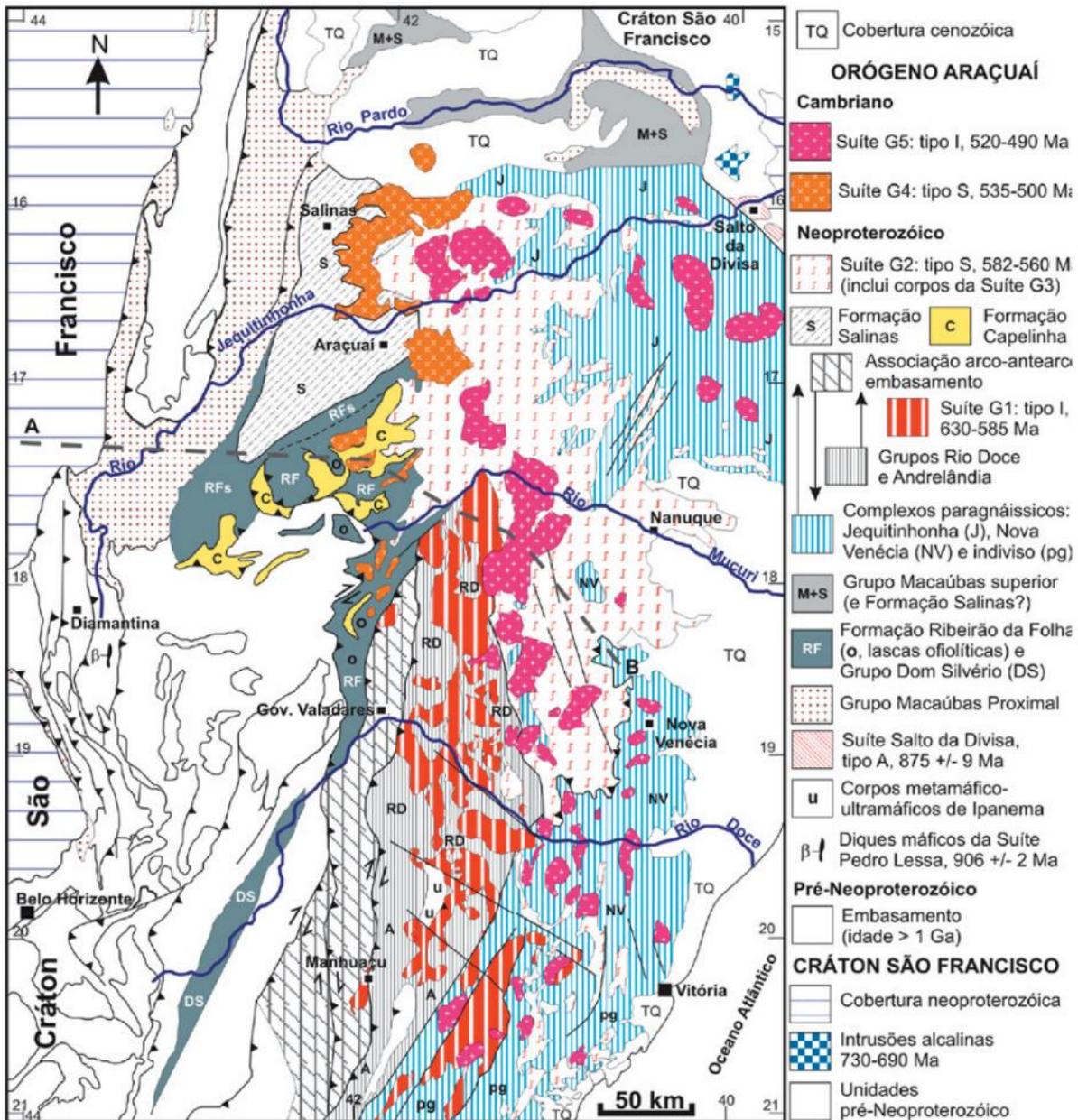


Figura 2.1. Mapa geológico do Orógeno Araçuaí extraído de Pedrosa-Soares *et al.* (2007).

## 2.2 ESTRATIGRAFIA DA REGIÃO DO ANTICLINAL DE ITACAMBIRA

O empilhamento estratigráfico descrito para as unidades presentes na região de Itacambira compreende o embasamento granito-gnáissico Arqueano, sobreposto por unidades Paleo/Mesoproterozoicas do Supergrupo Espinhaço, essas então sucedidas pelo Grupo Macaúbas. Tem-se ainda a presença de coberturas coluvionares cenozoicas em diversas porções da área (Souza 2016). A Figura 2.2 apresenta uma representação esquemática da coluna estratigráfica para a região em estudo.

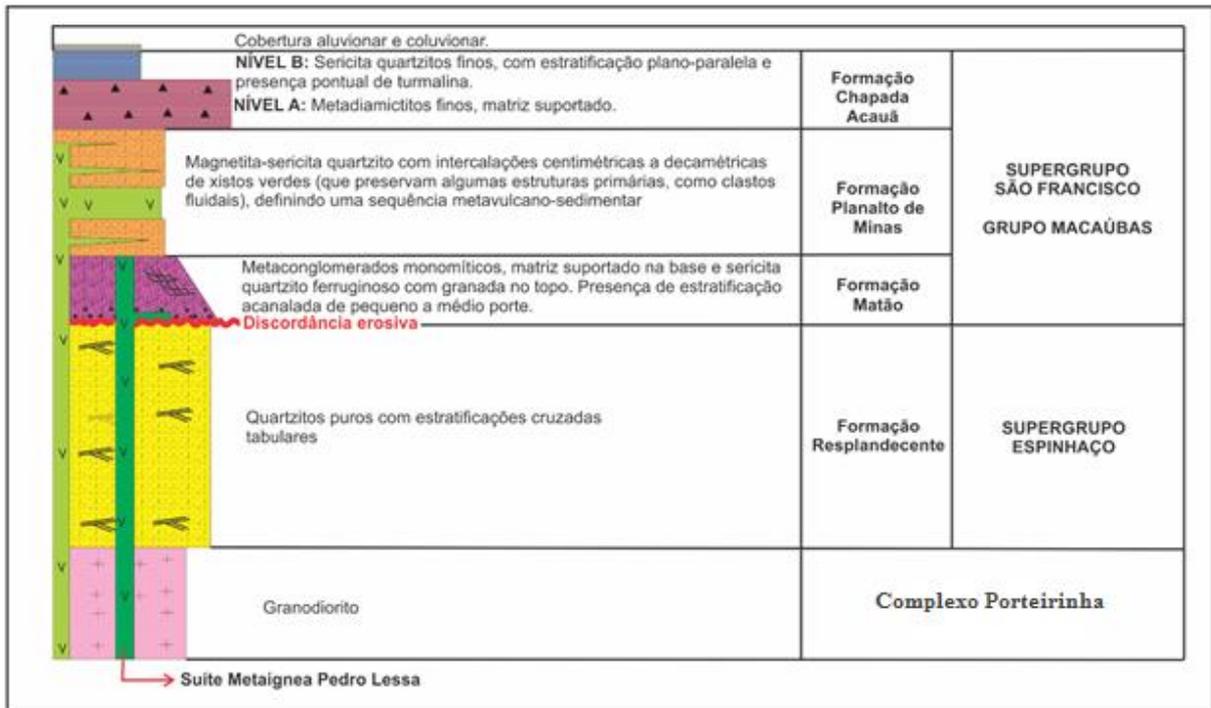


Figura 2.2. Coluna estratigráfica esquemática da região de estudo, sendo apresentados os principais litotipos e as relações de contato entre esses (modificado de Souza 2016).

No contexto do presente estudo, o embasamento cristalino envolvido pertence ao Complexo Porteirinha (muitas vezes encontrado na literatura como Complexo Córrego do Cedro, e.g. Souza 2016). Principal alvo de estudo deste trabalho, este Complexo é constituído por gnaisses de composição granodiorítica, com granulação variando de fina a média (bandas quartzo-feldspáticas apresentam granulação grossa em certas porções). O bandamento composicional é evidenciado pela alternância de quartzo+microclina nas porções félsicas e biotita + plagioclásio nas máficas, presentes em bandas delgadas de natureza centimétrica. Neste correm também corpos tabulares e lenticulares de anfibolitos concordantes com o bandamento gnáissico, bem como veios delgados discordantes de pegmatitos (Noce *et al.* 2007).

Tal complexo se encontra muitas vezes cortado por zonas de cisalhamento de alto ângulo N-S, que geram rochas xistosas, comumente intemperizadas, oriundas da expressiva milonitização dos gnaisses, rochas essas apresentando intercrescimento de sericita e biotita e também agregados xenoblásticos de quartzo e leucoxênio (Noce *et al.* 2007).

Recobrendo o embasamento, tem-se o Supergrupo Espinhaço, associado a um expressivo rifteamento, o qual veio a originar vulcanismo bimodal, arenitos quartzosos, conglomerados, pelitos e, subordinadamente, carbonatos (Martins Neto & Alkimim 2000). Em virtude de distintos contextos

geográficos e geotectônicos, tal supergrupo se subdivide em Meridional, Central e Setentrional (Pflug 1968; Karfunkel & Karfunkel 1976; Schobbenhaus 1996).

A região de Itacambira integra o Espinhaço Central, tendo-se nessa, segundo Martins *et al.* (2008), a Formação Resplandecente diretamente sobre o embasamento cristalino (representado pelo Complexo Porteirinha). Principal unidade aflorante no anticlinal de Itacambira, é constituída por um espesso pacote homogêneo de metarenitos, os quais são composicionalmente e texturalmente maduros. Tem-se suas estruturas sedimentares - estratos cruzados tabulares a tangenciais de cauda longa e marcas de onda, por exemplo – muito bem preservadas, com *sets* geralmente de grande porte (Souza 2016).

Sobrepondo-se ao Supergrupo Espinhaço, tem-se o Grupo Macaúbas, apresentando na base a Formação Matão, a qual, segundo Souza (2016), é constituída por metaconglomerados monomíticos; sericita-magnetita-quartzitos de granulação variando de fina a grossa; e quartzitos de granulação grossa, contendo sericita e pontualmente óxidos de ferro.

Superposta a Formação Matão na estratigrafia, ocorre a Formação Chapada Acauã, composta por metadiamectitos e quartzitos finos. Os metadiamectitos possuem clastos variados, sendo suportados por uma matriz fina composta por quartzo, sericita, clorita e argilominerais. Já os quartzitos finos são ricos em sericita, apresentando estruturas sedimentares - estratificações plano-paralelas - preservadas (Souza 2016).

Duas suítes metaígneas se encontram presentes na região (Souza 2016), sendo ambas constituídas por metagabros quase sempre fortemente intemperizados, aparecendo assim como solos de coloração avermelhada. Tem-se a Suíte Metaígneia Pedro Lessa, essa como diques cortando o Complexo Porteirinha e a Formação Resplandecente do Supergrupo Espinhaço, aparecendo ainda na forma de soleiras concordantes com as Formações Resplandecente e Matão; e a Suíte Metaígneia Córrego **Taquari**, a qual ocorre na forma de soleiras e diques cortando todo o Supergrupo Espinhaço e o Grupo Macaúbas (Martins 2006). Souza (2016) descreve ainda a ocorrência de coberturas coluvionares cenozoicas em diversas porções da área de estudo.

## **2.3 COMPARTIMENTAÇÃO TECTONICA REGIONAL E GEOLOGIA ESTRUTURAL DA REGIÃO DE ITACAMBIRA**

### **2.3.1 Compartimentação tectônica regional**

A partir da análise tectônica, cinemática e espacial do Orógeno Araçuai e sua metade africana (Congo Ocidental), foi proposto por Alkmim *et al.* (2006) o modelo tectônico do quebra-nozes, de modo a explicar a evolução do Orógeno Araçuai-Congo Ocidental (Figura 2.3), essa dividido em cinco estágios: i) Abertura do embasamento Macaúbas em  $\cong 900\text{Ma}$ , causando reativação do sistema de rifte

Espinhaço (1.7Ga) e movimentação do embasamento em si para sul em 800Ma, tendo sua porção sul se tornado então um oceano restrito; ii) Início de seu fechamento (~650Ma) devido à formação de suítes graníticas, com consequente subducção da placa oceânica; iii) Fechamento total, ocasionando o cavalgamento das unidades que constituem o embasamento sobre as bordas do Cráton em decorrência ao encurtamento e falhas de empurrão associadas a esse fechamento. Estágio datado em 585-560Ma através de suíte granítica sin-tectônica; iv) Escapamento lateral da porção sul do Orógeno em 560-53Ma, acomodado por cisalhamento no sistema de falhas dextrais com *trend* NE; v) E finalmente o colapso orogênico da metade norte desse, essa então extremamente espessa, provocando atividade ígnea devido à decompressão e fusão parcial dos níveis crustais, gerando suítes graníticas entre 520-490Ma.

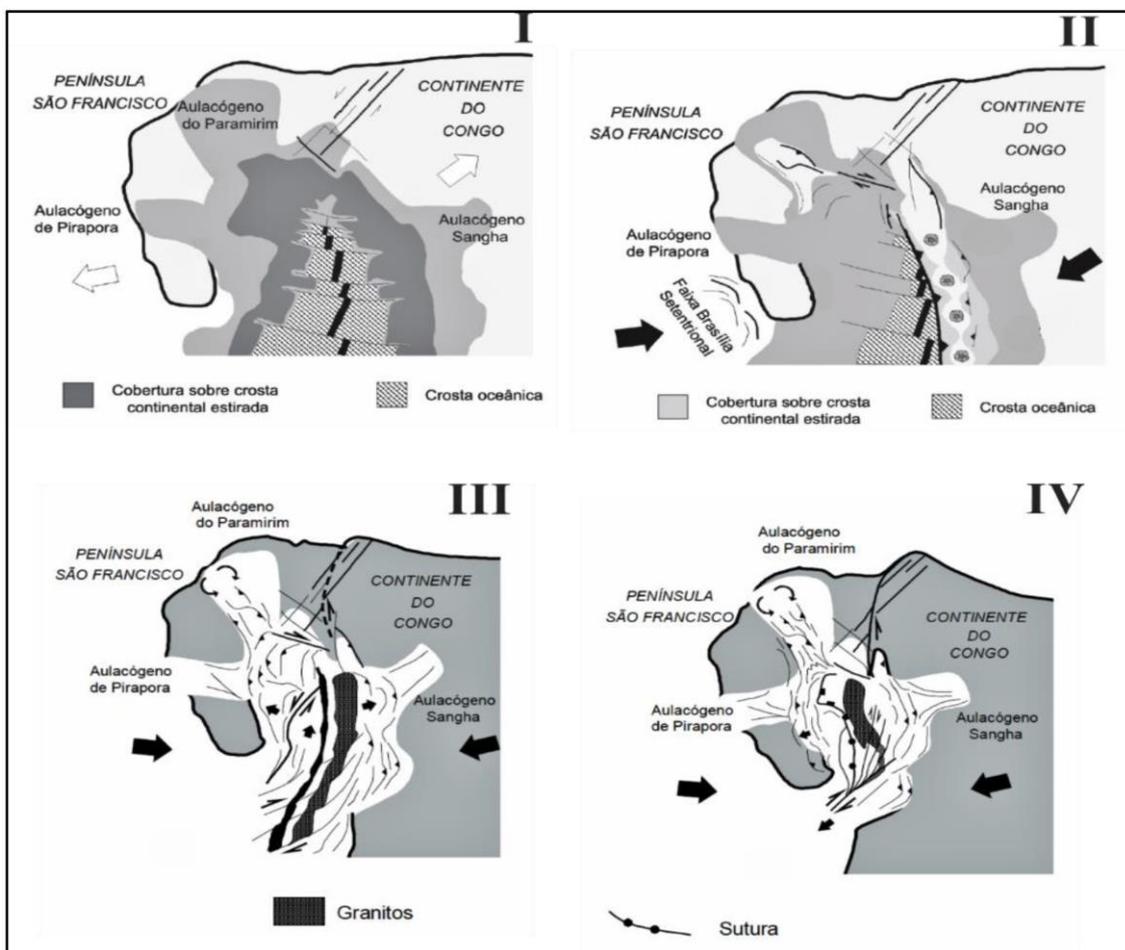


Figura 2.3. Modelo evolutivo do Orógeno Araçuaí proposto por Alkmim *et al.* (2006) esquematizando os cinco estágios do modelo tectônico do quebra-nozes (extraído de Souza 2016).

### 2.3.2 Geologia estrutural da região de Itacambira

Uhlein (1991) descreve diferentes domínios lito-estruturais na Faixa Araçuaí. Cada domínio apresenta diferentes graus de metamorfismo e deformação. Separou-se então em domínio externo

(cratônico), domínio transicional e domínio interno, onde o metamorfismo cresce do primeiro para o último domínio (de leste para oeste) (Souza 2016).

Segundo Almeida (1977), os Supergrupos Espinhaço e São Francisco apresentam sequências vulcano-sedimentares de idade pré-cambriana que foram afetadas pelo evento brasileiro, formando, em suas porções mais externas, cinturões epidérmicos de antepais. Estes cinturões podem ser associados ao deslocamento basal ocorrido através de zonas de falhas de empurrão e dobras (Magalhães 1998; Oliveira 1989; Uhlein 1991; Dussin 1994; Alkmim *et al.* 1996, *in* Martins 2006) com vergência para o Cráton São Francisco (Alkmim 2004, *in* Martins 2006).

Na região de Itacambira e adjacências encontra-se uma grande estrutura anticlinal sustentada por metarenitos do Supergrupo Espinhaço denominada Anticlinal de Itacambira (Noce 1997, *in* Martins 2006). Essa megaestrutura apresenta caimento para sul e tem seu eixo orientado na direção N-S. No contato entre as rochas do embasamento e as do Espinhaço pode-se observar um deslocamento basal evidenciado pela presença de rochas miloníticas (Uhleim 1997, *in* Martins 2006).

Martins (2006) caracteriza duas fases de deformação, uma principal e outra posterior à essa. A fase de deformação principal apresenta rochas com xistosidade orientadas no sentido N-S e com mergulho sub-horizontal para leste e lineações de estiramento com mesma orientação. Relaciona-se essa deformação a dobras assimétricas cuja vergência se dá para oeste e a zonas de cisalhamento rúpteis-dúcteis em estrutura homoclinal (Uhleim 1991, *in* Martins 2006). Estruturas duplex originadas a partir de falhas inversas e de empurrão são comuns nessa fase de deformação (Oliveira 1989, *in* Martins 2006).

A fase de deformação posterior à principal apresenta dobramentos abertos e assimétricos com seu eixo orientado para norte e clivagem espaçada ou crenulação segundo esse plano axial. Podem ser observadas também, lineações de intersecção de orientação N-S (Martins 2006).

#### 3.1 O EMBASAMENTO DO BLOCO ITACAMBIRA-MONTE AZUL

Na porção norte da folha Itacambira encontra-se uma extensa estrutura anticlinal com caimento para sul, denominada Anticlinal de Itacambira (Noce 1997). No núcleo dessa estrutura aflora o embasamento gnáissico pertencente ao Bloco Itacambira-Monte Azul, que se faz corresponder ao embasamento Arqueano do Orógeno Araçuaí, aí representado pelo Complexo Porteirinha e pela Suíte Rio Itacambiruço (Silva *et al.* 2016) (Figura 3.1).

O Complexo Porteirinha aflora em uma extensa faixa orientada na direção Norte – Sul e com foliação e bandamento de alto ângulo, perfazendo a maior parte do embasamento Arqueano (Noce 1997). Este complexo é constituído por gnaisses bandados de assinatura química tipo TTG (Silva *et al.* 2016), sendo possível encontrar, concordantes ao embasamento, corpos lenticulares ou tabulares de anfibolito (Noce 1997).

Intrudindo o Complexo Porteirinha, a Suíte Rio Itacambiruço compreende diversos corpos granitoides de composição toleítica, que podem apresentar, por vezes, texturas ígneas preservadas (Noce 1997). Essa unidade foi descrita inicialmente no âmbito do Projeto Espinhaço e encerra diversos plutons, tais como Pluton Pedra do Urubu (PU<sub>p</sub>), Pluton Rio Gorutuba (RG<sub>p</sub>), Pluton Barroirão (BA<sub>p</sub>) e Pluton Lagoa Nova (LN<sub>p</sub>), muitos desses descritos inicialmente por Grossi-Sad *et al.* (1997) (Bersan *et al.* 2018).

Bersan *et al.* 2018 dividiram esses plutons em dois grupos: um de granitoides de médio potássio, o qual engloba os plutons Pedra do Urubu (PU<sub>p</sub>) e Rio Gorutuba (RG<sub>p</sub>); e outro de granitoides de alto potássio, que encerra o Pluton Barroirão (BA<sub>p</sub>). Segundo os autores, diferentes idades de cristalização foram encontradas para os dois grupos de plútons, 2,92 e 2,65 Ga, respectivamente. As rochas de ambos os plutons apresentam algumas similaridades, tanto os sienogranitos do BA<sub>p</sub>, quanto os granitoides e monzogranitos de PU<sub>p</sub> e RG<sub>p</sub> apresentam-se enriquecidos em sílica e potássio e empobrecidos em óxidos ferromagnesianos e cálcio e apresentam assinatura química compatível a de biotita granitos (Bersan *et al.* 2018).

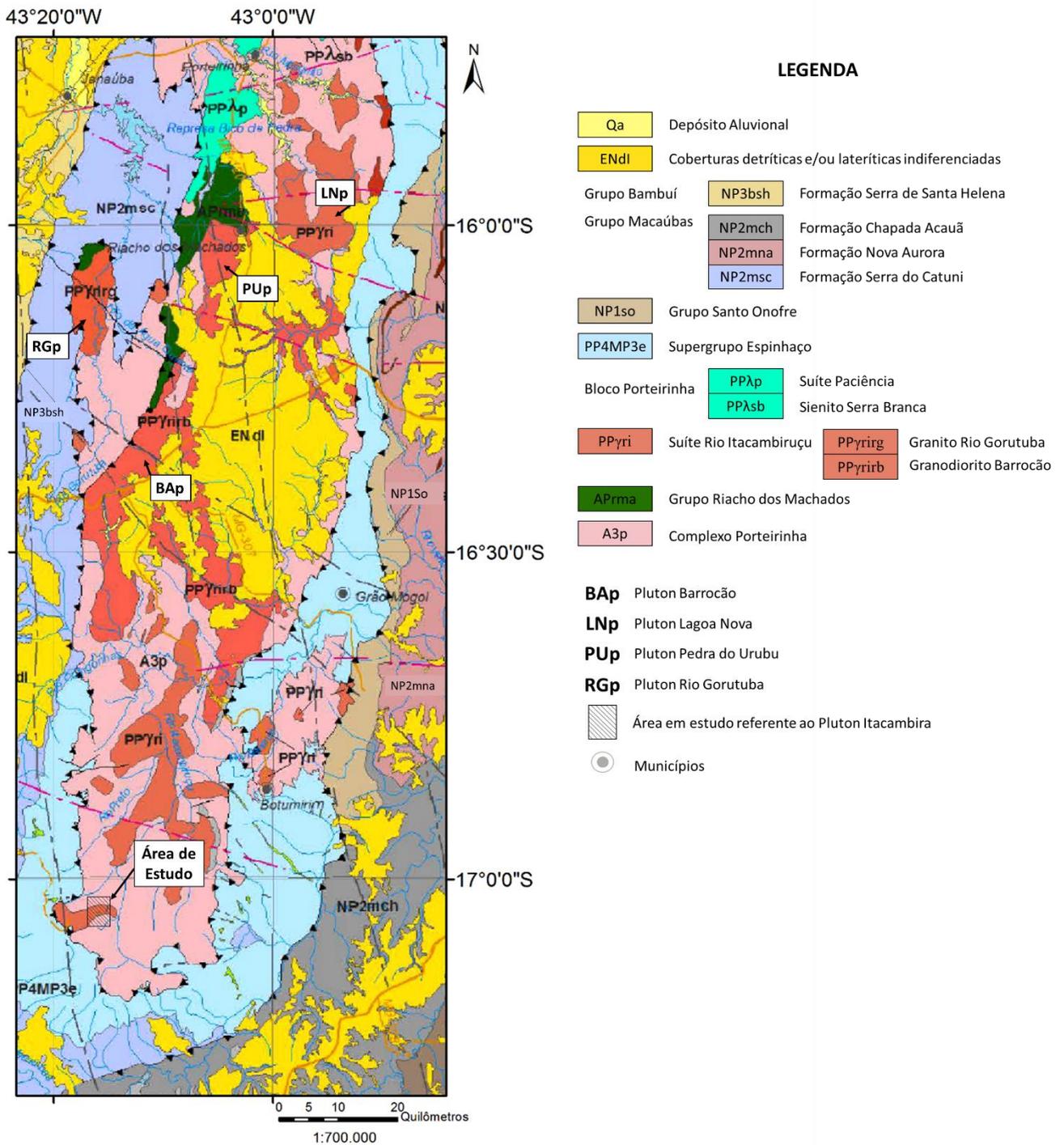


Figura 3.1 – Recorte do Mapa Geológico do Estado de Minas Gerais evidenciando o Complexo Porteirinha e a Suíte Rio Itacambiruçu. Destaque para os plutons Pedra do Urubu, Rio Gorutuba, Barrocão e Lagoa Nova, bem como para a região de estudo deste trabalho, o Pluton Itacambira e litofácies associadas (modificado de Pinto & Silva 2014).

### 3.2 GEOLOGIA DO PLUTON ITACAMBIRA

Na porção sul do Complexo Porteirinha (Figura 3.2) aflora um outro pluton, aqui informalmente designado Pluton Itacambira. Tal pluton, até então não reportado na literatura, aflora no núcleo do anticlinal de Itacambira e é o foco do presente estudo.

O Pluton Itacambira é caracterizado por rochas de granulação variando de fina a grossa (figuras 3.3 (A) e 3.3 (B)) e mineralogia típica de granitóides. Em alguns afloramentos, o feldspato se encontra caulinizado indicando a ação do intemperismo. Por vezes foi possível observar nas rochas aflorantes uma foliação proeminente, o que sugere a atuação do metamorfismo, marcada pela orientação preferencial principalmente dos minerais filossilicáticos, como biotita e muscovita. No afloramento correspondente à amostra AM-06, por exemplo, nota-se a presença de uma foliação milonítica.

Neste local pôde-se observar zonas de cisalhamento subverticais truncando o granitoide ali aflorante. Os milonitos então são produtos desta deformação. Trata-se de zonas discretas, com espaçamento decamétrico e orientação: 300/80, apresentando cinemática oblíqua dextral (lest. 230/65). Essas zonas, interpretadas como de idade Brasiliana, aparecem também em outros locais, por exemplo, 8.681.964/ 122.270, onde também truncam os granitóides e possuem orientação 130/90.

Notou-se também a presença de feições de natureza rúptil, tais como fraturamentos e ocasionalmente com falhas. Diques pegmatíticas de quartzo e feldspato, muitas vezes com muscovita, são constantes nesses afloramentos, e em sua maioria, surgem discordantes com a foliação (Figura 3.3 C). Suas espessuras variam de 3 cm a 20 cm, apresentando-se falhados em alguns afloramentos (Figura 3.3 D).

Observa-se, em alguns afloramentos, a ocorrência de enclaves microgranulares (Figura 3.4). Esses caracterizam-se por formas normalmente arredondadas ou elipsoidais, com textura porfirítica com tendência a grão fino e conteúdo elevado de minerais máficos. Os enclaves microgranulares máficos (*microgranular mafic enclaves* - MME) são pequenos corpos de agregados máficos em uma rocha encaixante mais félsica, sendo comuns em granodioritos, quartzo dioritos e tonalitos (Best 2003). A maioria dos plutons cálcio-alcálicos em diferentes cinturões orogênicos comumente apresentam MME (e.g. Vernon 1984; Williams & Tobisch 1994; Poli *et al.* 1996, Flinders & Clemens 1996; in Perugini *et al.* 2003). Existem diversas hipóteses para explicar a gênese e a evolução de MME, uma delas é de que esses enclaves não se cristalizam a partir do mesmo magma da rocha encaixante, apesar de ambos apresentarem mineralogia e geoquímica correlatas. MME provavelmente derivam de um magma máfico de mesma idade. Portanto, a hipótese melhor aceita para a formação e evolução dos MME indica que eles são resultados de mixing de magmas máficos e magmas félsicos derivados da crosta (Dahlquist 2002).

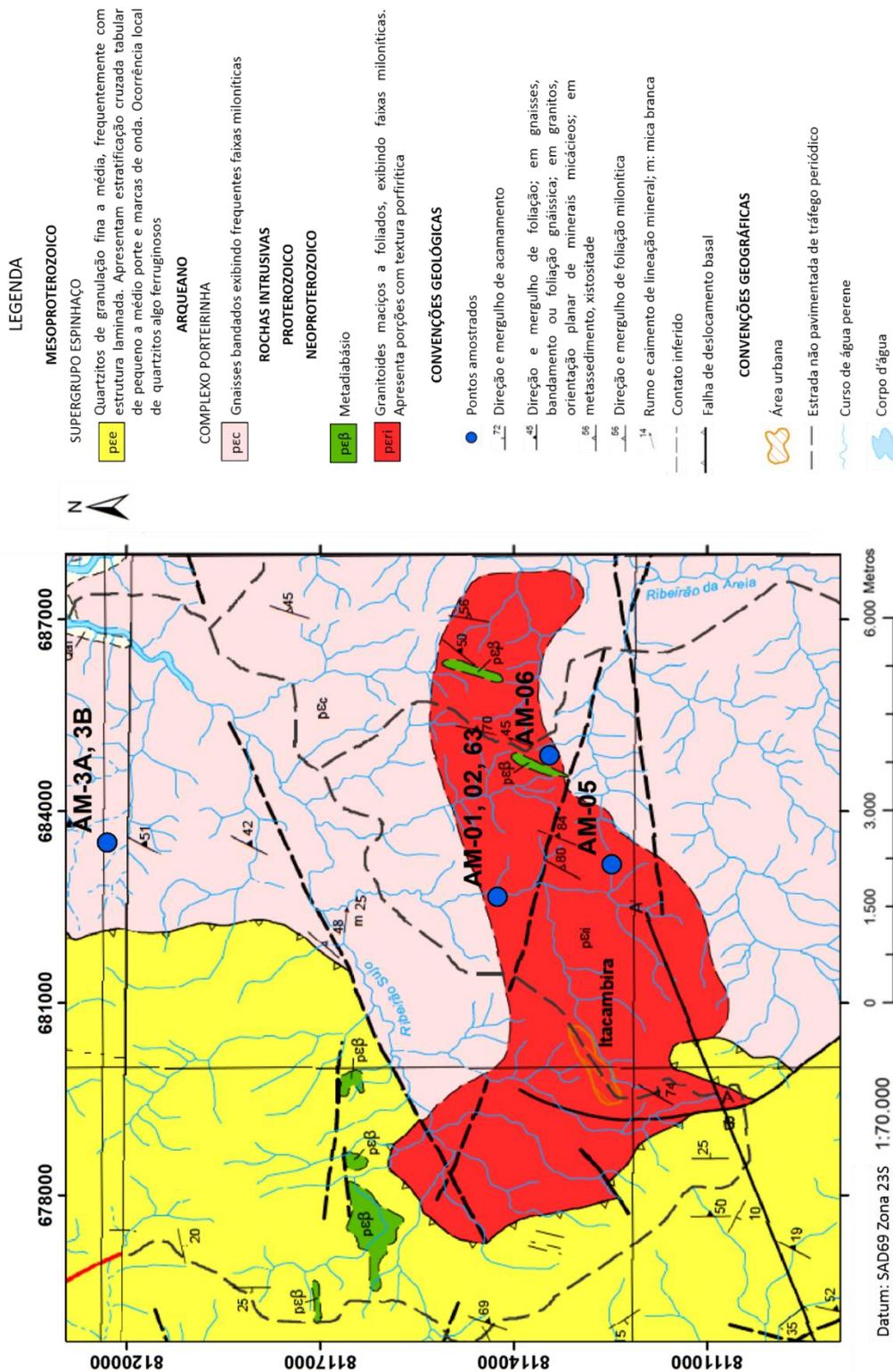


Figura 3.2 – Recorte da porção norte do Mapa Geológico da Folha Itacambira (SE.23-X-D-I) e da porção extremo-sul do Mapa Geológico da Folha Botumirim (SE.23-X-B-IV, escala 1:100.000, Guimarães *et al.* 2012) com enfoque na região de estudo do presente trabalho e nos pontos amostrados durante trabalho de campo (modificado de Noce *et al.* 2012 e Guimarães *et al.* 2012). Pontos amostrados: AM-01; AM-02; AM-3A; AM-3B; AM-05; AM-06 e AM-63.



Figura 3.3 – Imagens representativas do Pluton Itacambira. A: metagranitoide de granulação grossa; B: metagranitoide de granulação mais fina; C: veio pegmatítico em metagranitoide; D: veio pegmatítico falhado.



Figura 3.4 – Enclaves microgranulares máficos do Pluton Itacambira inclusos em rocha hospedeira quartzo-feldspática.

Além dos enclaves microgranulares, feições como diques máficos podem também ser encontrados na região estudada. Tais diques máficos ocorrem truncando subverticalmente os corpos graníticos e, por sua vez, apresentam-se truncados por diques decimétricos de pegmatitos e segregações mais félsicas (Figura 3.5 (A e B)).

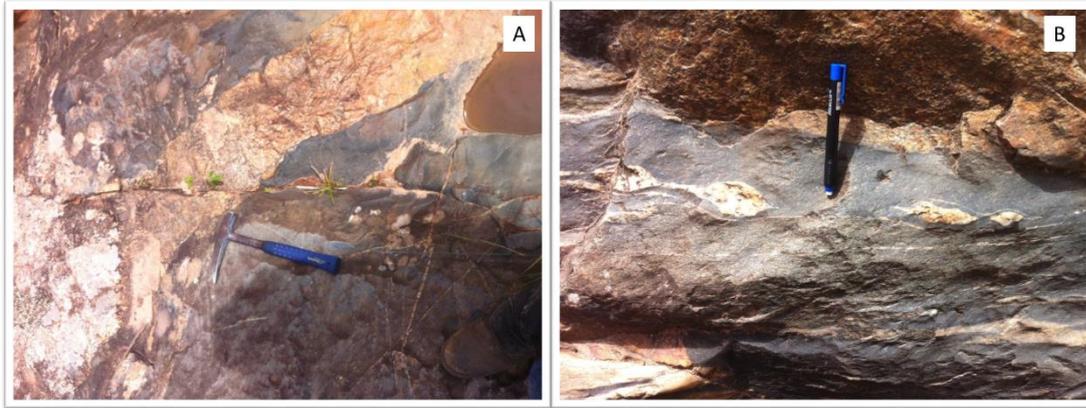


Figura 3.5 – Diques máficos no Pluton Itacambira. A: Dique máficos truncado por pegmatito; B: Dique máfico com presença de segregações félsicas.

## CAPÍTULO 4

### PETROGRAFIA E GEOQUÍMICA

Durante o trabalho de campo foram coletadas sete amostras (Tabela 4.1), que foram utilizadas para análise petrográfica, quatro destas para análise geoquímica e uma para análise geocronológica.

Tabela 4.1 – Relação de amostras coletadas, suas devidas localidades e análises realizadas (assinaladas com ✓).

Amostras	Litotipo	Referência	Coordenadas	Análises		
				Petrográfica	Geoquímica	Geocronológica
AM-01	Meta-quartzo diorito	Fazenda do Zé Lourival	683.661 / 8.114.254	✓	✓	x
AM-02	Meta-quartzo diorito	Fazenda do Zé Lourival	683.661 / 8.114.254	✓	✓	✓
AM-3A	Metatonalito	Fazenda Limeira	683.512 / 8.120.305	✓	✓	x
AM-3B	Metatonalito	Fazenda Limeira	683.512 / 8.120.305	✓	x	x
AM-05	Metagranito	Margem da estrada para Terra Branca	683.169 / 8.112.485	✓	✓	x
AM-06	Metagranito	Margem da estrada para Terra Branca	684.873 / 8.113.447	✓	x	x
AM-63	Aplito	Fazenda do Zé Lourival	683.661 / 8.114.254	✓	x	x

#### 4.1 PETROGRAFIA

As amostras AM-05 e AM-06 se referem a metagranitos compostos por quartzo, feldspatos e mica. Na amostra AM-05 tem-se plagioclásio ( $\pm 40\%$ ), quartzo ( $\pm 29\%$ ), feldspato alcalino ( $\pm 21\%$ ) e biotita ( $\pm 10\%$ ), além de alanita, epidoto, zircão, titanita e opacos como minerais acessórios (Figura 4.1 A, B e C). Já a amostra AM-06 apresenta quartzo ( $\pm 50\%$ ), plagioclásio ( $\pm 23\%$ ), muscovita ( $\pm 14\%$ ) e feldspato alcalino ( $\pm 13\%$ ) e como minerais acessórios apatita, zircão e opacos. Na AM-06 nota-se uma provável foliação milonítica dada pela orientação de sericita (Figura 4.1 D). Ainda nesta amostra, é possível encontrar muscovita com granulação mais grossa (Figura 4.1 E), diferentemente da AM-05, onde este mineral só foi observado como uma fração mais fina. Em ambas amostras o plagioclásio se encontra bastante ou mesmo completamente saussuritizado e sericitizado. O feldspato alcalino pode ocorrer na forma de fenocristais, conferindo à rocha uma textura blastoporfirítica. Pode apresentar macla de Carlsbad remanescente (indício de uma origem magmática) e macla em grade Tartan. Trata-se, portanto, de microclina formada pela triclinização do ortoclásio (Figura 4.1 F e G). Os grãos de quartzo se mostram por vezes com evidências de deformação e recristalização dinâmica, sendo possível observar extinção ondulante, subgrãos e novos grãos, cujos contatos podem ser suturados (Figura 4.1 H).

As amostras AM-3A e AM-3B são rochas de textura inequigranular granoblástica, por vezes com foliação proeminente responsável por microestrutura protomilonítica. Apresentam composição tendendo a metatonalito com plagioclásio ( $\pm 48\%$ ), quartzo ( $\pm 37\%$ ), pouco feldspato alcalino ( $\pm 9\%$ ) e biotita ( $\pm 6\%$ ). O plagioclásio encontra-se bastante sericitizado e saussuritizado. As vezes pode apresentar aureóla límpida, inalterada, provavelmente de albita (Figura 4.2 A). Observa-se também a

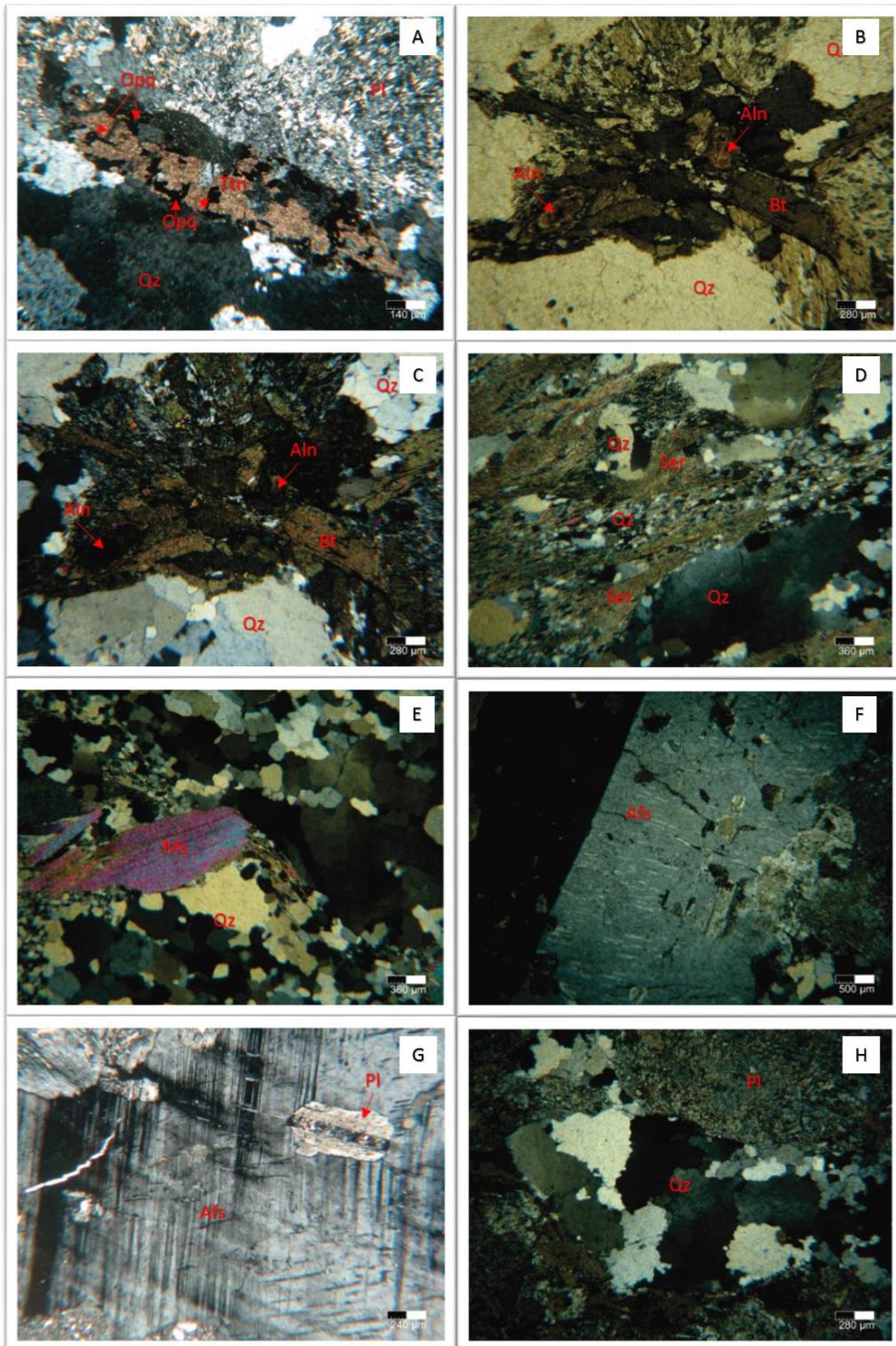


Figura 4.1 – Fotomicrografias das lâminas AM-05 e AM-06. A: titanita com inclusões opacas; B e C: quartzo, grãos de alanita e biotita; D: nódulos de quartzo parcialmente recristalizados e foliação provavelmente milonítica dada pela orientação de sericita; E: muscovita de granulação mais grossa; F: alcali feldspato tabular perítico com macla de Carlsbad tipicamente magmático; G: alcali feldspato com macla tartan e inclusão tabular de plagioclásio; H: quartzo recristalizado em grãos de borda suturada evidenciando a deformação.

presença de plagioclásio tabular, indicando a natureza ígnea pretérita da rocha, este encontra-se fraturado e esta fratura preenchida por finos grãos (Figura 4.2 B). O quartzo ocorre com deformação interna e muitas vezes recristalizado, sendo possível observar grãos com forte extinção ondulante (Figura 4.2 C e D). Na amostra AM-3B pôde-se notar a presença de biotita levemente cloritizada (Figura 4.2 E e F). Minerais acessórios são titanita, alanita, apatita, epidoto e opacos, sendo possível observar grãos de alanita com borda límpida de epidoto *s.s.* (Figura 4.2 G e H).

A amostra AM-63 encontra-se extremamente alterada. Apresenta granulação fina e homogênea e textura essencialmente metamórfica, granoblástica com foliação muito fraca. Trata-se de um provável aplito de composição tonalítica, composto por plagioclásio ( $\pm 60\%$ ), quartzo ( $\pm 35\%$ ) e biotita ( $\pm 5\%$ ). O plagioclásio mais uma vez encontra-se bastante saussuritizado e sericitizado e a biotita também bastante alterada. Como minerais secundários tem-se a titanita e o epidoto, este último ocorre como produto da saussuritização do plagioclásio e também em nódulos.

As amostras AM-01 e AM-02 foram coletadas no mesmo ponto da AM-63. São rochas de textura hipidiomorfa, predominantemente ígnea, marcada pela presença de plagioclásio tabular (Figura 4.3 A). O plagioclásio encontra-se bastante saussuritizado e os grãos de quartzo ocorrem em agregados granoblásticos e recristalizados em grãos menores, produto de recristalização metamórfica (Figura 4.3 B). Ambas as amostras apresentam a mesma composição mineralógica, porém em diferentes proporções.

A amostra AM-01, é de um enclave microgranular máfico, classificando-se como meta-quartzo diorito. Apresenta maiores quantidades de minerais máficos em relação a AM-02, um metatonalito. Na primeira tem-se plagioclásio ( $\pm 36\%$ ), hornblenda ( $\pm 35\%$ ) biotita ( $\pm 15\%$ ), quartzo ( $\pm 10\%$ ), titanita ( $\pm 3\%$ ) e, em menores quantidades, epidoto e alanita, esta última bastante oxidada. Já a segunda amostra apresenta plagioclásio ( $\pm 50\%$ ), quartzo ( $\pm 25\%$ ), hornblenda ( $\pm 15\%$ ), biotita ( $\pm 10\%$ ) e em menores quantidades, epidoto, zircão e titanita (Figura 4.3 (C e D)), esta última podendo ocorrer como inclusões na biotita (Figura 4.3 (E e F)).

A amostra AM-02 apresenta textura mais grossa que a AM-01, sendo nela observados grãos de plagioclásios de granulometria entre 2 e 4 mm, sendo que na segunda estes grãos variam entre 1 e 2 mm. A hornblenda pode apresentar maclas lamelares na AM-01 (Figura 4.3 G e H).

As rochas referentes as amostras AM-01 e AM-02 apresentam leve foliação quando observadas em amostras de mão, no entanto, devido ao corte feito nas amostras ao confeccionar suas respectivas lâminas, essa foliação não pôde ser observada em análise microscópica.

A partir das análises petrográficas realizadas pôde-se observar que a região em estudo se encontra levemente metamorfizada. A ocorrência frequente de uma foliação incipiente e de grãos de quartzo deformados e com recristalização dinâmica, bem como a existência de minerais metamórficos,

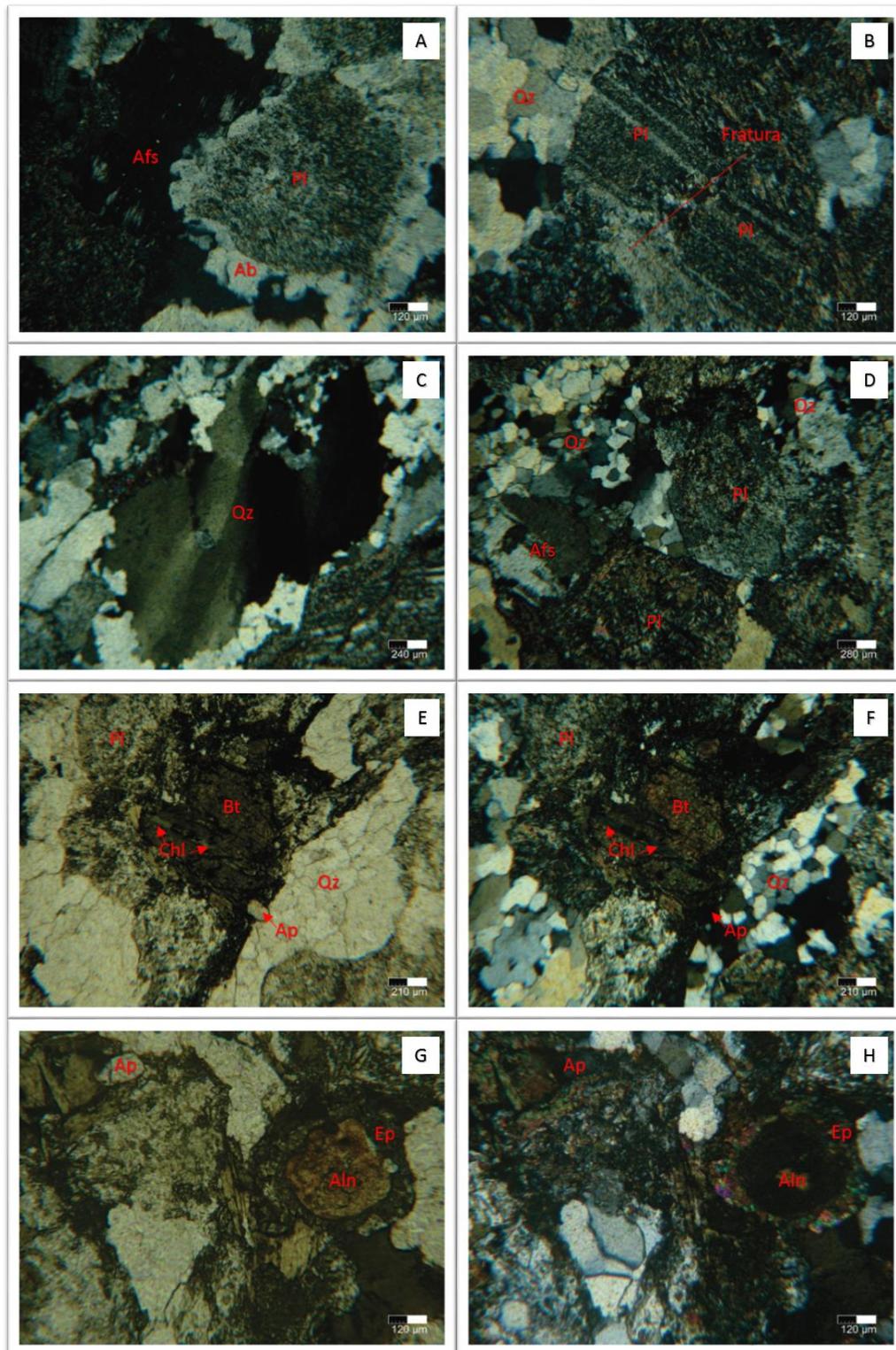


Figura 4.2 – Fotomicrografias das lâminas AM-3A e AM-3B. A: plagioclásio saussuritizados com aureola límpida de albita em contato com alcali feldspato; B: plagioclásio quase tabular, com fraturas preenchidos por finos grãos; C: quartzo deformado com extinção ondulante; D: plagioclásio tabular saussuritizado, quartzo recrystalizado em grãos finos e alcali feldspato mais bem preservado; E e F: biotita levemente cloritizada, quartzo recrystalizado, plagioclásio saussuritizado e grão de apatita; G e H: alanita isotropisada com borda de epidoto e grão de apatita.

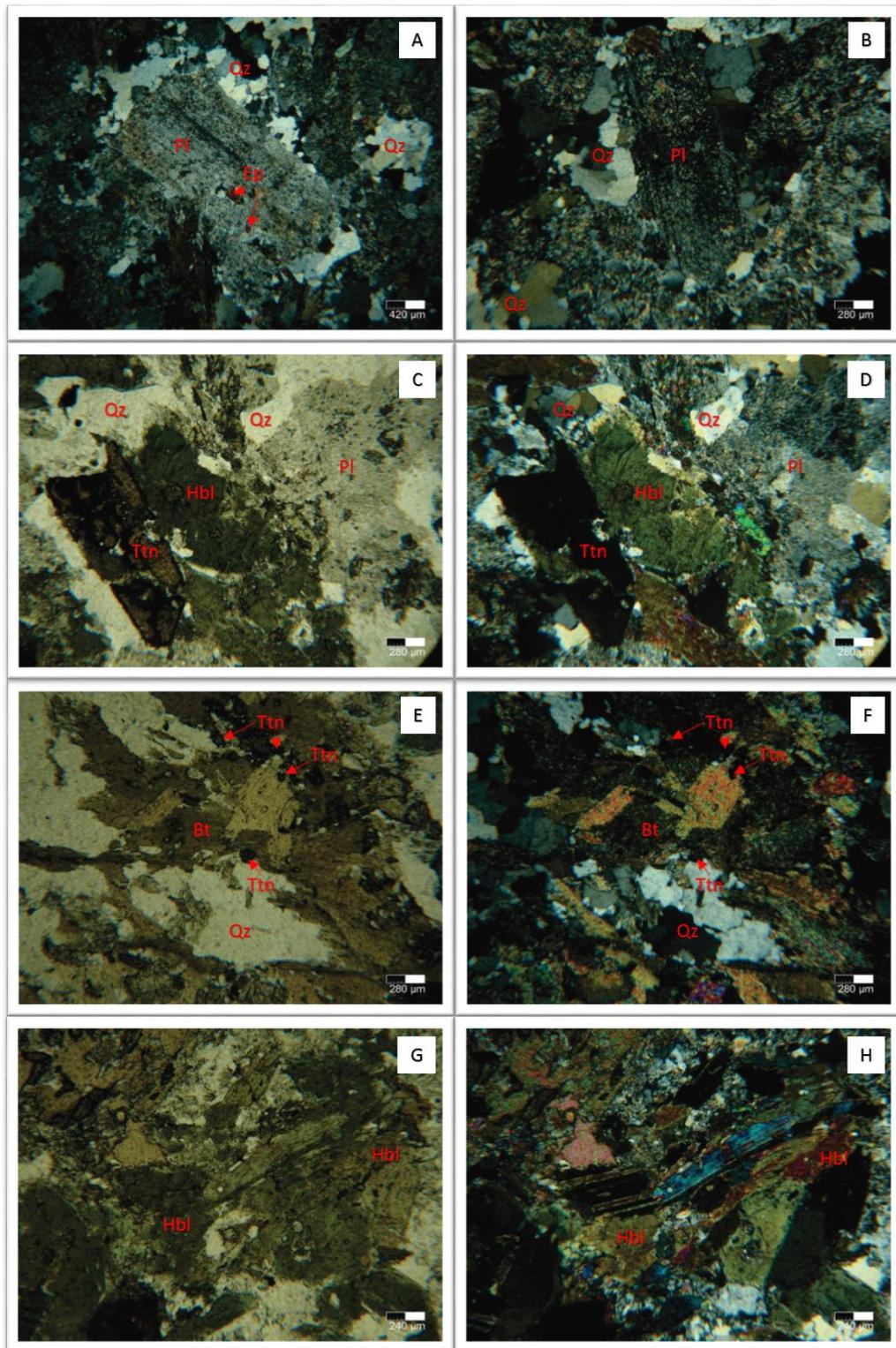


Figura 4.3 – Fotomicrografias das lâminas AM-01 e AM-02. A: plagioclásio tabular, de origem ígnea e com inclusões de epidoto, e agregados de quartzo granoblástico; B: Plagioclásio tabular, de origem ígnea e grãos de quartzo; C e D: hornblenda rodeada por quartzo granoblástico e em contato com grão de titanita; E e F: biotita com inclusões de titanita; G e H: hornblenda com maclas lamelares.

como o epidoto, a sericita e a clorita, são indicativos deste processo. A presença destes minerais sugere que se trata de um metamorfismo de baixo grau, possivelmente de fácies xisto verde. Outro ponto que corrobora a hipótese de que o metamorfismo foi incipiente é a existência de grãos de plagioclásio e de feldspato alcalino tabulares, isto é, que apresentam textura ígnea.

## 4.2 GEOQUÍMICA

Para a análise geoquímica foram selecionadas quatro das amostras supracitadas, a saber, AM-01, AM-02, AM-3A e AM-05. A partir dos valores obtidos durante as análises, foi possível plotá-los em diferentes diagramas geoquímicos as quatro rochas selecionadas, tornando possível uma melhor compreensão da composição química dos litotipos analisados.

Primeiramente foram plotados os dados das amostras AM-01, AM-02, AM-03A e AM-05 no diagrama de classificação de rochas plutônicas R1-R2, elaborado por De la Roche *et al.* (1980) (Figura 4.4). Neste diagrama são interpolados dados de R1 ( $4Si - 11(Na + K) - 2(Fe + Ti)$ ) por R2 ( $6CaO + 2Mg + Al$ ). Como já esperado pela descrição petrográfica, as amostras AM-01 e AM-02 apresentam um maior teor de componentes máficos, sendo a primeira plotada no campo dos dioritos enquanto que a segunda se encontra plotada no campo dos granodioritos. Já as amostras AM-03A e AM-05 são relativamente mais félsicas, ambas sendo plotadas no campo dos granitos.

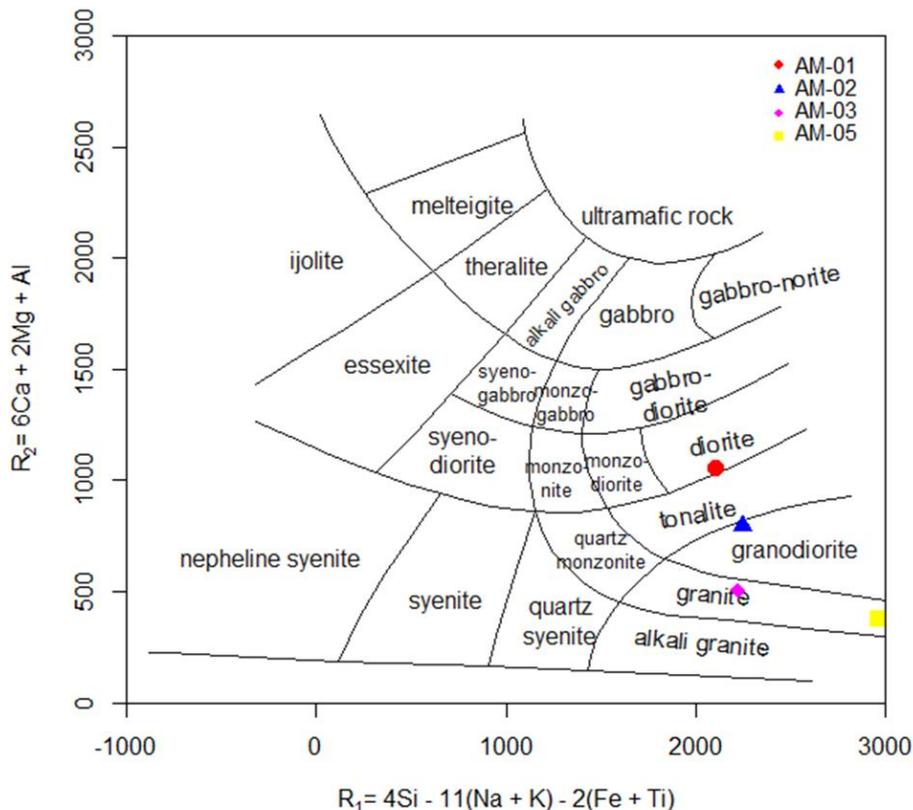


Figura 4.4 – Diagrama de classificação de rochas plutônicas R<sub>1</sub>-R<sub>2</sub> (De la Roche *et al.* 1980).

De acordo com o digrama de Shand (1943), onde é analisado o índice de saturação em alumina, as amostras AM-01, AM-02 e AM-3A se encontram plotadas no campo das rochas metaluminosas e a AM-05 no intermédio entre as metaluminosas e as peraluminosas. Tais rochas apresentam razões de A/CNK bastante variadas, como pode ser observado na figura 4.5.

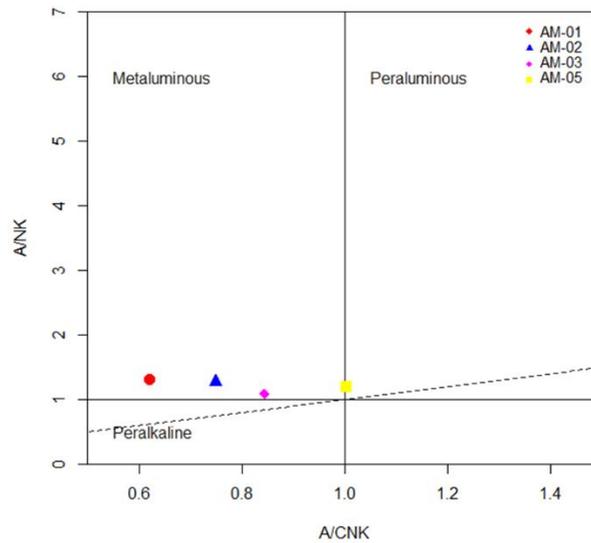


Figura 4.5 – Diagrama A/CNK - A/NK de Shand (1943) para o índice de saturação em alumina das amostras em estudo.

Observa-se que uma característica em comum destas rochas é o fato de serem classificadas como rochas cálcicalinas de acordo com o diagrama AFM de Irvine & Baragar (1971), onde são analisadas as porcentagens dos óxidos  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$  (A),  $\text{FeO}_t$  (F) e  $\text{MgO}$  (M) (Figura 4.6 A). Ao serem plotadas no diagrama  $\text{SiO}_2$  vs.  $\text{K}_2\text{O}$  (Peccerillo & Taylor 1976), observa-se que as amostras AM-01 e AM-05 se enquadram na série de rochas cálcicalinas de alto potássio, enquanto a AM-02 e AM-03 caem no campo cálcicalino (Figura 4.6 B).

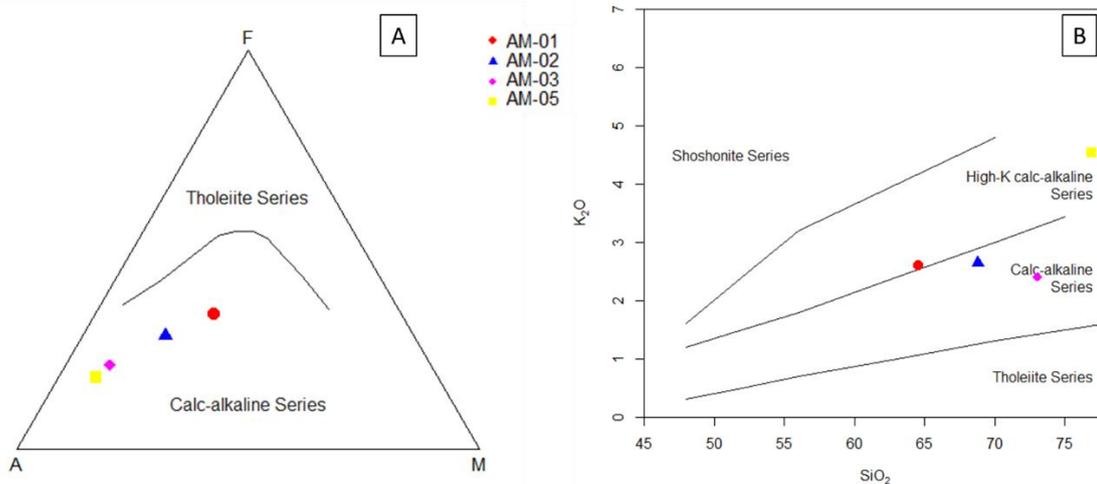


Figura 4.6 – A: Diagrama AFM de Irvine & Baragar (1971), discriminante entre as séries cálcicalina e toleítica; B: diagrama  $\text{SiO}_2$  vs.  $\text{K}_2\text{O}$  de Peccerillo & Taylor (1976), distinguindo entre as séries cálcicalinas, toleítica e shoshonítica.

Laurent et al. (2014) propuseram a utilização de um diagrama ternário sintético para fins de classificação dos processos petrogenéticos de origem dos granitoides do Arqueano tardio (Figura 4.7 A) onde cada pólo representa uma característica geoquímica chave dos granitoides produzidos por um desses processos: polo A/CNK para rochas crustais pré-existentes; polo Na<sub>2</sub>O/K<sub>2</sub>O para rochas máficas de baixo potássio; e FMSB ( $[\text{FeOt}+\text{MgO}]\text{wt.}\% * [\text{Sr} + \text{Ba}]$ ) para manto metasomatizado rico em LILE. Os granitoides híbridos plotam no campo de convergência dos três outros grupos (Laurent et al. 2014). Neste diagrama observa-se que a amostra AM-01 encontra-se plotada no intermédio entre o campo das rochas sanukitoides e das rochas híbridas, a AM-02 no campo híbrido como intersecção do campo de sanukitoides e rochas TTG's, a AM-03 no campo dos TTG's e a AM-05 no campo dos biotita/2-micas granitos.

Outro diagrama proposto por Laurent et al. (2014) é utilizado para a classificação das potenciais fontes magmáticas dos granitoides arqueanos (Figura 4.7 B). Os campos representam a composição dos magmas derivados de diversas fontes potenciais (Laurent et al. 2014). Neste observamos que as rochas AM-01 e AM-02 seriam derivadas de rochas máficas de alto potássio, enquanto que a amostra AM-03 teria como provável fonte rochas máficas de baixo potássio e a AM-05 uma fonte composta por meta-sedimentos.

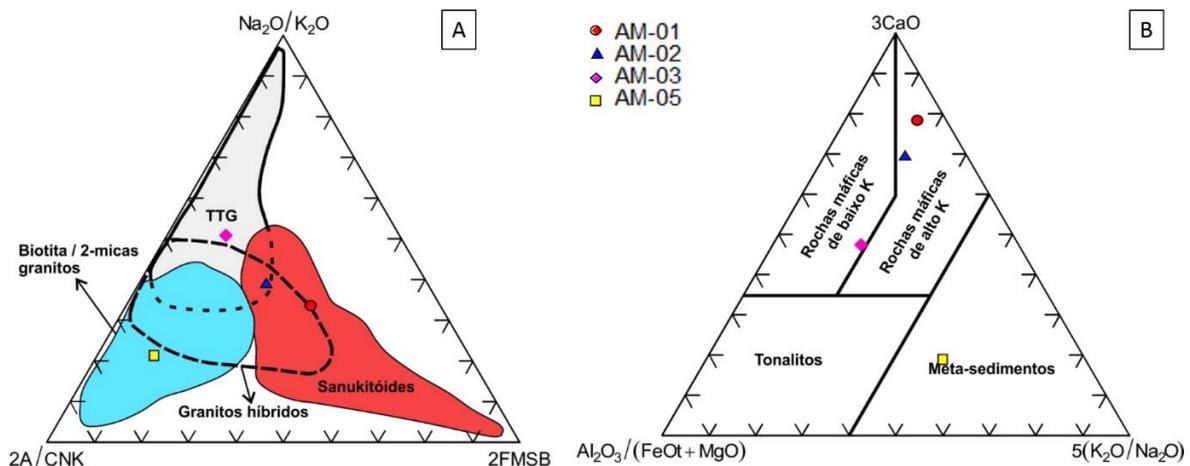


Figura 4.7 – Diagramas sintéticos de Laurent *et al.* (2014) utilizados para caracterização do Pluton Itacambira. A: diagrama ternário sintético para classificação dos processos petrogenéticos de origem dos granitoides do Arqueano tardio; B: diagrama ternário para classificação das potenciais fontes magmáticas dos granitoides Arqueanos.

## CAPÍTULO 5

### GEOCROLOGIA

---

Escolheu-se a amostra AM-02 para a datação devido ao fato de esta ser a amostra referente à rocha encaixante à qual os enclaves microgranulares máficos encontram-se hospedados. Além disso, trata-se do termo de maior expressão no pluton. Para tal análise, grãos de zircão desta amostra foram preparados e encaminhados para datação, onde foram analisados 40 pontos.

Os grãos de zircão apresentam coloração acastanhada e são relativamente euédricos (Figura 5.1). Alguns grãos encontram-se zonados, como pode ser observado nas imagens de catodoluminescência na Figura 5.2.

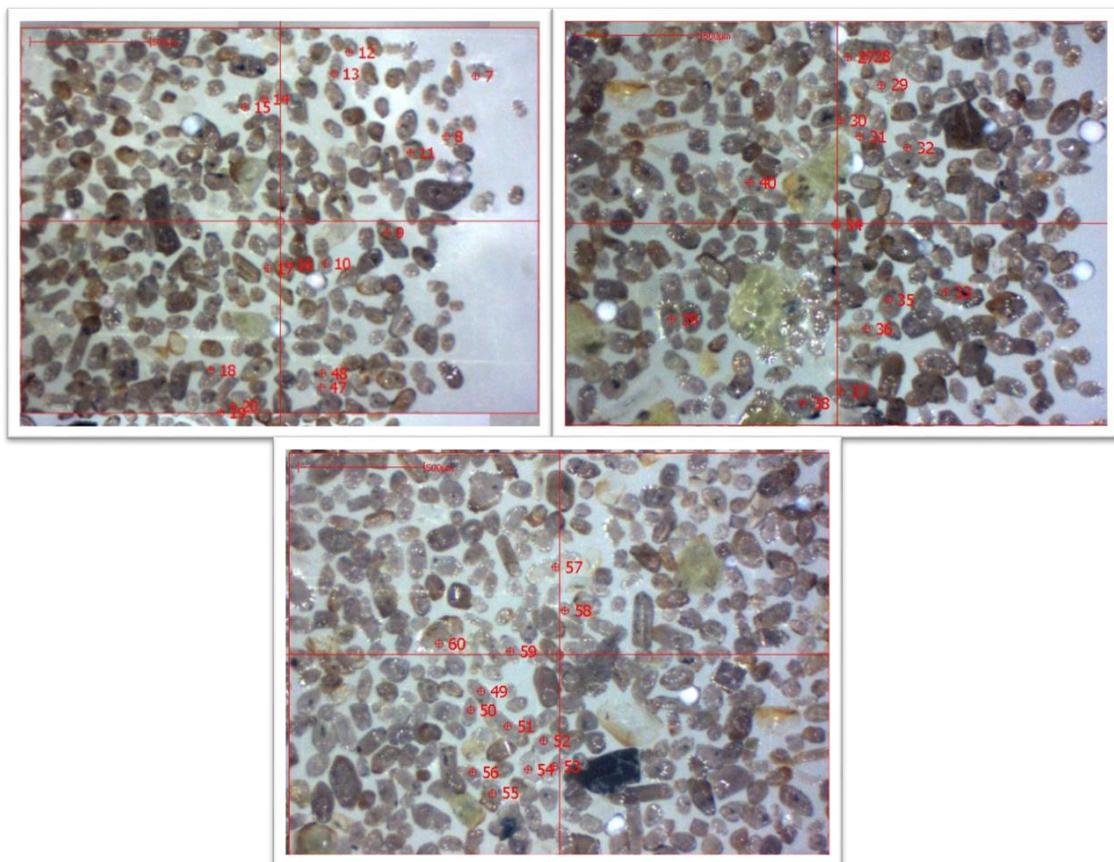


Figura 5.1 – Imagem dos grãos de zircão da amostra AM-02 evidenciando sua coloração acastanhada e seu aspecto euédrico, bem como os pontos datados (enumerados em vermelho).

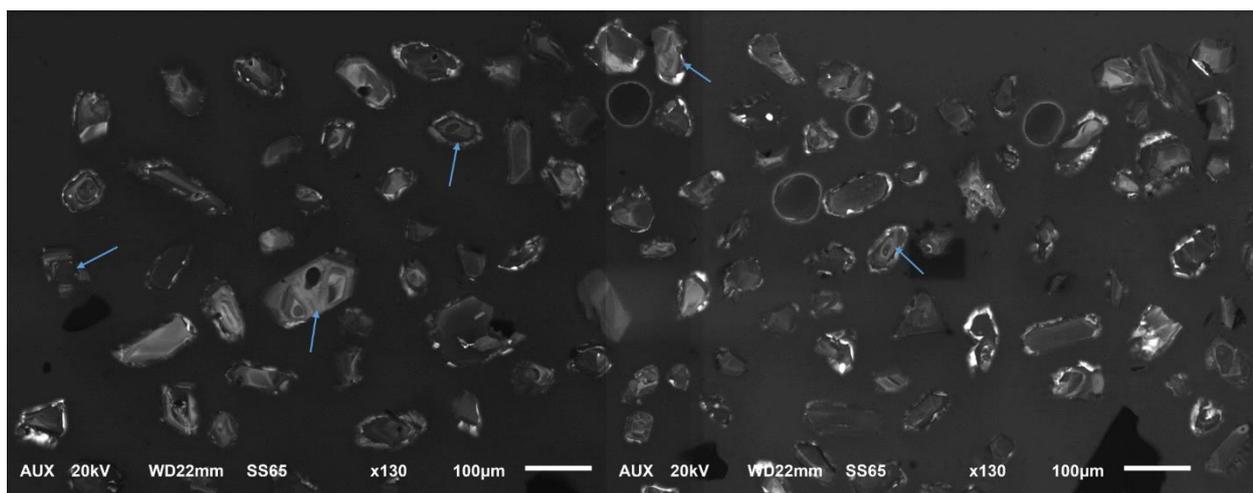


Figura 5.2 – Imagem de catodoluminescência de grãos de zircão da amostra AM-02, com presença de zonamento (exemplificados com seta azul).

A partir dos dados obtidos através da datação U-Pb, foi possível traçar dois gráficos, um de intercepto e o outro da concórdia. No primeiro gráfico (Figura 5.3 A) tem-se em preto as elipses referentes à idade concórdia e em azul as elipses referentes ao intercepto. Observa-se que as da curva de intercepto se encontra sobre o plot da concórdia, o que corrobora a idade concórdia de  $2818,2 \pm 6,8$  Ma (Figura 5.3 B). O fato das elipses de intercepto estarem deslocadas do ponto onde se encontram as elipses da concordia pode ser resultado de uma abertura do sistema, ocasionada por uma provável perda de chumbo ou por ganho de urânio (Figura 5.4). O valor do MSWD, que é um indicador da qualidade da análise, é bem baixo, isso indica que ocorreu uma baixa dispersão dos dados, aumentando a confiabilidade da idade encontrada.

Para certificar-se da idade obtida, foram utilizados três zircões como materiais de referência, o BB (Santos *et al.* 2017), o Plešovice (Sláma *et al.* 2008) e o GJ (Jackson *et al.* 2004). Os plots desses padrões podem ser encontrados na figura 5.5. Observamos que as idades encontradas para os padrões primário e secundário (BB e Plešovice, respectivamente) estão de acordo com as idades certificadas de  $562 \pm 9$  Ma para o BB e  $337,13 \pm 0,37$  Ma para o Plešovice, quando levamos em consideração o erro obtido (Santos *et al.* 2017; Sláma *et al.* 2008) (Figura 5.5 A e B).

A idade encontrada para o padrão terciário, GJ, (Figura 5.5 C) encontra-se um pouco fora da idade certificada de  $608,5 \pm 0,3$  Ma (Jackson *et al.* 2004). No entanto, isso não diminui a confiabilidade da análise, uma vez que os padrões primário e secundário apresentam idades semelhantes às idades certificadas para estes padrões.

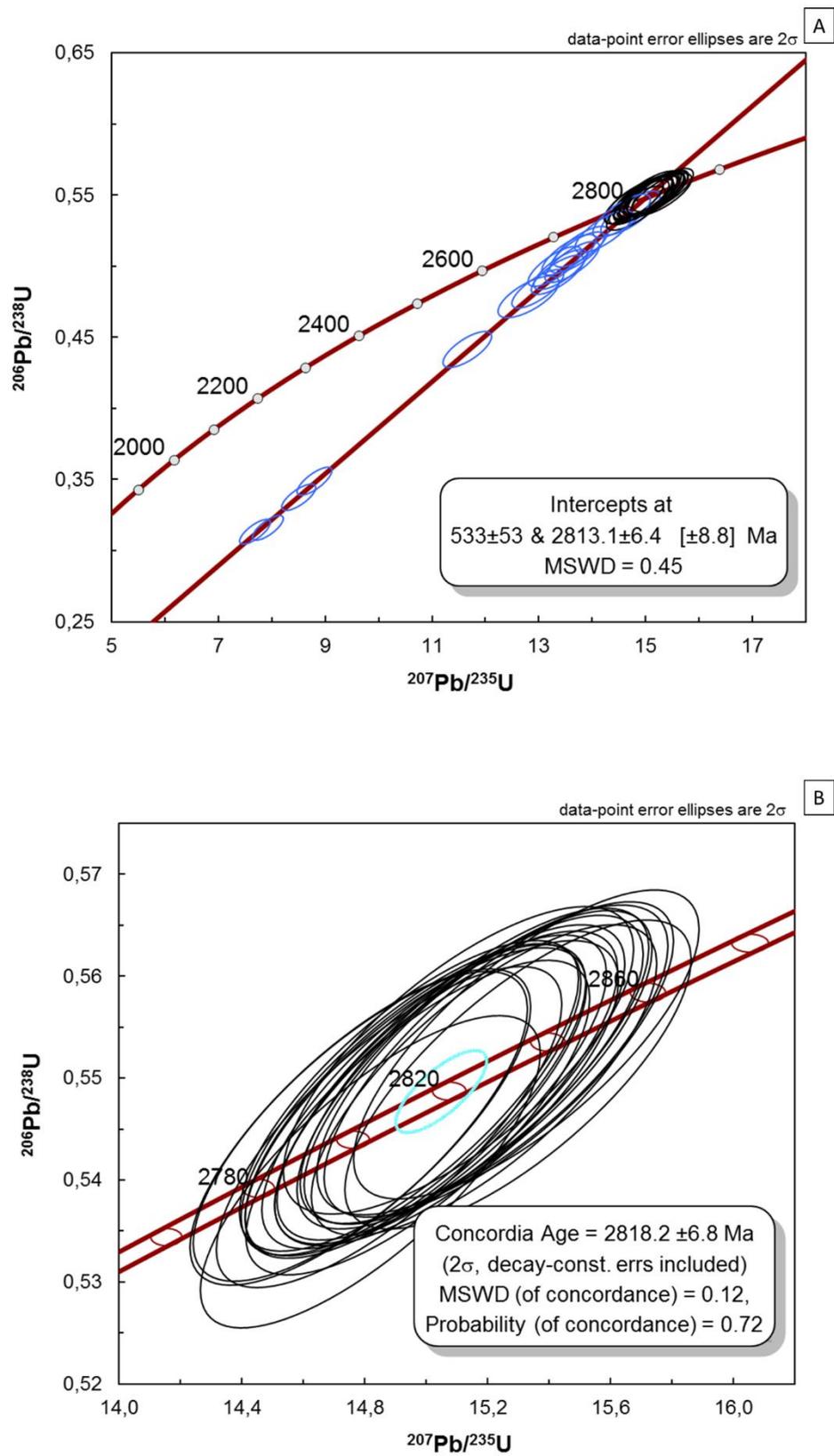


Figura 5.3 – Gráficos de datação U/Pb para amostra AM-02. A: Gráfico do intercepto; B: Gráfico da concórdia.

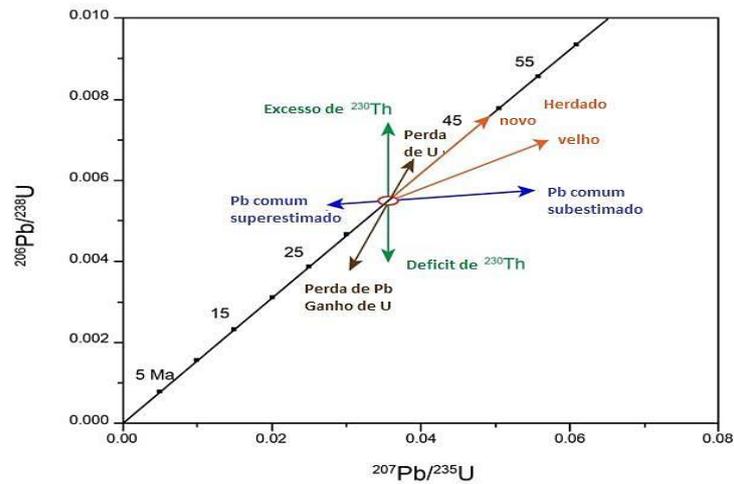


Figura 5.4 - Gráfico representando os possíveis desvios de comportamento no sistema UTh-Pb relevantes às datações U-Pb levando em consideração sua posição em relação à curva concordia (adaptado de Harrison *et al.* 2002).

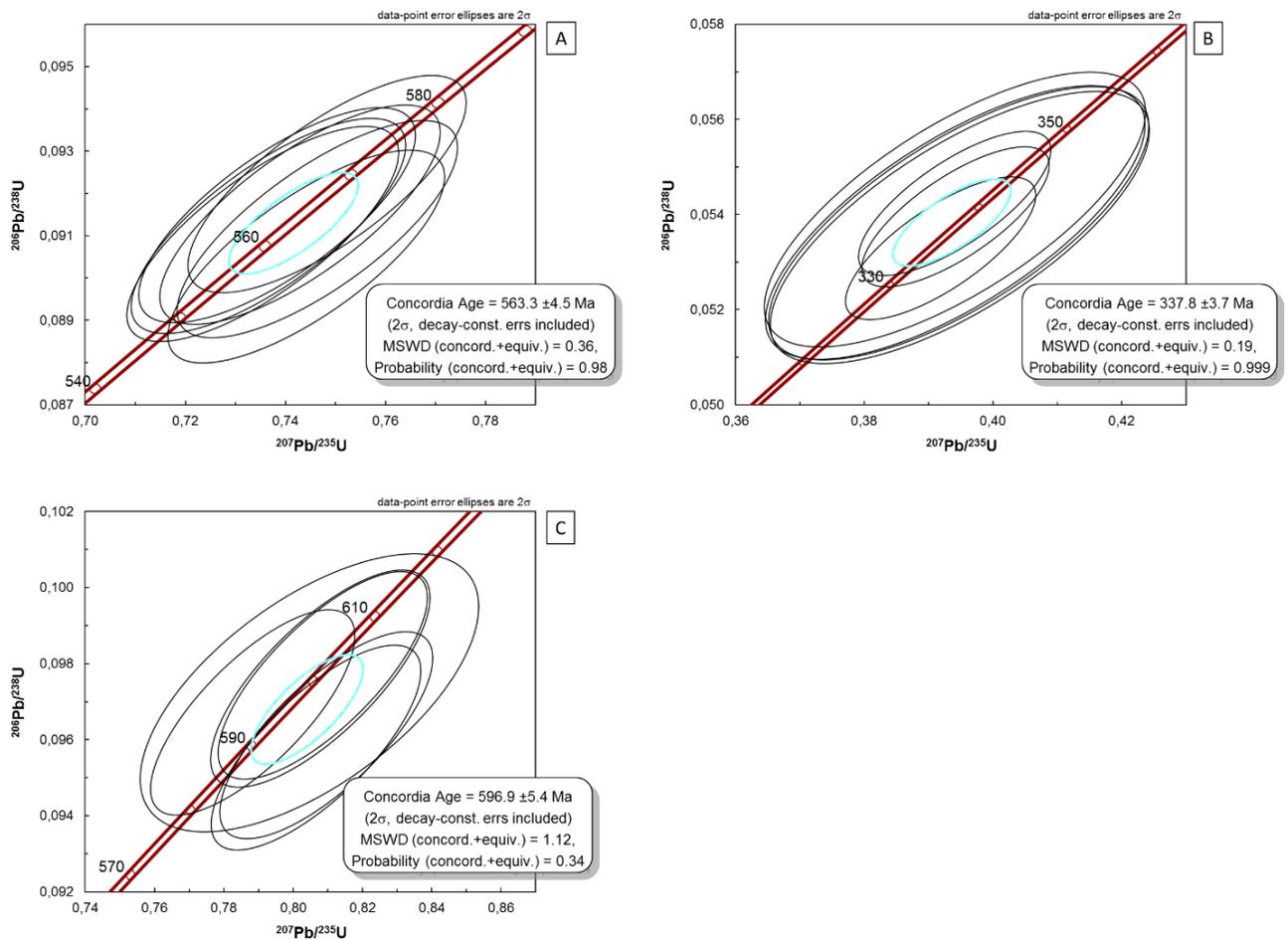


Figura 5.5 – Resultados obtidos para os materiais de referência. A: padrão primário BB; B: padrão secundário Plešovice; C: padrão terciário GJ.

## CAPÍTULO 6

### DISCUSSÕES

---

A partir das análises apresentadas nos capítulos anteriores tornou-se possível uma melhor caracterização do aqui denominado Plúton Itacambira e, conseqüentemente, do Bloco Itacambira-Monte Azul. A partir de trabalhos anteriores (*e.g.* Grossi-Sad *et al.* 1997; Bersan *et al.* 2018), foi possível fazer uma análise comparativa do Plúton Itacambira com outros plútons estudados na região por esses autores.

Bersan *et al.* (2018) propuseram uma divisão dos plutons estudados por eles em dois grupos, um de médio potássio, de idade *ca.* 2,92 Ga abrangendo os plutons Pedra do Urubu (PUp) e Rio Gorutuba (RGp) e outro de alto potássio, de *ca.* 2,65 Ga, correspondente ao Pluton Barroco (BAp). No primeiro grupo foram observados granitoides cinza de textura geralmente massiva, compostos por quartzo (30-40%), plagioclásio (30-35%), microclina (20-30%) e biotita (2-15%), e como minerais acessórios titanita, alanita, epidoto, zircão, apatita e opacos. Segundo a classificação modal se tratam de granodioritos (PUp) e monzogranitos (RGp) (Bersan *et al.* 2018). No segundo grupo têm-se leucogranitos ricos em feldspato potássico e pobres em biotita. São compostos por quartzo (40%), microclina (35-45%), plagioclásio (>25%) e biotita (>2%), e como minerais acessórios zircão, apatita, titanita, epidoto e opacos, sendo classificadas como sienogranitos. Os três plutons apresentam como minerais secundários mica branca, clorita e calcita (Bersan *et al.* 2018).

De acordo com as análises geoquímicas realizadas por Bersan *et al.* (2018), esses plutons apresentam elevado teor de SiO<sub>2</sub> (75-73%) e moderado teor de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (13-14%), sendo classificados geoquimicamente como granitos fracamente peraluminosos pertencentes à série calcialcalina (Bersan *et al.* 2018).

No presente trabalho, observa-se que as rochas aqui estudadas apresentam uma quantidade de quartzo relativamente semelhante às dos plutons supracitados, com exceção das amostras AM-01 e AM-02, cujos teores de quartzo são bem inferiores. Além disso estas rochas possuem uma quantidade consideravelmente maior de plagioclásio. Os minerais acessórios são similares aos descritos por Bersan *et al.* (2018). As amostras AM-01 e AM-02 apresentam hornblenda em sua composição, o que não é observado nas rochas analisadas pelos autores.

As análises geoquímicas realizadas para o Pluton Itacambira revelam teores de SiO<sub>2</sub> (64-77%) relativamente elevados e moderados teores de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (11-13%), sendo consideradas, portanto, rochas de acidez intermediárias a ácidas, enquanto que às rochas dos plutons PUp, RGp e BAp são de natureza ácida. Apresentam variados teores de alumina, mesmo estando todas plotadas no campo

de rochas metaluminosas. São no geral rochas calcialcalinas classificadas geoquimicamente como diorito, granodiorito e granito. As amostras AM-01 e AM-05 são rochas calcialcalinas de alto potássio e as AM-02 e AM-3A de médio potássio. Observou-se também nas quatro rochas analisadas do Pluton Itacambira um elevado teor de óxidos ferromagnesianos, principalmente nas amostras AM-01 e AM-02, e um relativamente alto teor de CaO nessas duas amostras.

Tendo em vista as análises petrográficas e geoquímicas realizadas no presente estudo e as análises realizadas por Bersan *et al.* (2018), pôde-se observar que as rochas do Pluton Itacambira são petrograficamente e geoquimicamente distintas das dos plutons estudados pelos autores. Não se pode, portanto, afirmar que essas rochas se enquadram na divisão em questão, ademais o número de análises efetuadas é relativamente pequeno para se fazer tal afirmação.

Além disso, obteve-se para a amostra AM-02 uma idade de *c.a.* 2,82 Ga, diferente das idades encontradas por Bersan *et al.* (2018). Isso corrobora a hipótese de que o Pluton Itacambira não se enquadra nos grupos propostos pelos autores, existindo uma diferença de pelo menos 100 Ma entre a colocação desses plutons. Tal idade revela novos indícios da ocorrência de processos acrecionários na transição Meso-Neoarqueano no Bloco Itacambira-Monte Azul.

Bersan *et al.* (2018) citam quatro eventos tectônico-magmático para a evolução do Bloco Itacambira-Monte Azul, o primeiro de 3,37 Ga (Silva *et al.* 2016), o segundo de 3,14 Ga (Silva *et al.* 2016), o terceiro de 2,92 Ga (Bersan *et al.* 2018) e o último de 2,66 Ga (Silva *et al.* 2016). No entanto, com os novos dados geocronológicos obtidos neste trabalho, revelou-se a ocorrência de um quinto evento de 2,82 Ga, anterior ao de 2,66 Ga, responsável pela colocação do Pluton Itacambira.

Outra questão importante é de que a idade de intercepto inferior obtida para o Plúton Itacambira foi de  $533\pm 53$  Ma, semelhante à obtida por Bersan *et al.* (2018) para o PUp ( $533\pm 25$  Ma). A idade encontrada corrobora a interpretação de que esta esteja relacionada aos processos de formação do Orógeno Araçuaí durante o evento Brasileiro, assim como sugeriram Bersan *et al.* (2018) e Silva *et al.* (2016), indicando que essas rochas tenham sido afetadas por tal evento.

A partir destas análises pode-se dizer que o evento Brasileiro é marcado na região pela presença de um metamorfismo, de fácies xisto verde, observado nas amostras a partir da ocorrência frequente de uma foliação incipiente e de grãos de quartzo deformados e com recristalização dinâmica, bem como da existência de minerais metamórficos, como o epidoto, a sericita e a clorita. Além disso, tal evento é também evidenciado pelo desenvolvimento de zonas de cisalhamento subverticais com orientação NNE, cinemática aparentemente oblíqua dextral. Isso posiciona a área investigada (terminação sul do anticlinório de Itacambira) no contexto de uma tectônica *thick skinned*, portanto com embasamento envolvido. No entanto, os mecanismos responsáveis pela nucleação da estrutura como um todo, cuja simetria destoa do contexto mais regional, com forte polaridade para oeste,

ainda são desconhecidos. Por fim, outro fator que corrobora a influência do evento Brasileiro nesse local é a idade de intercepto inferior coincidente com a idade do metamorfismo Brasileiro.

Granitoides tardi-arqueanos podem ser classificados em quatro grupos: (1) tonalitos, trondhjemitos e granodioritos (TTGs), cuja geoquímica é consistente com uma fonte através da fusão parcial de rochas meta-ígneas em diferentes pressões; (2) dioritos metaluminosos ricos em Mg, Fe e K e granodioritos, referidos como sanukitoides *s.l.*, que derivam principalmente da hibridização entre o peridotito do manto e um componente rico em elementos incompatíveis; (3) granitos de biotita e duas micas, peraluminosos e ricos em K, formados através da fusão de rochas crustais mais antigas (TTGs e meta-sedimentos, respectivamente); e (4) granitos híbridos de alto K com características mistas dos três primeiros grupos (Laurent *et al.* 2014). Para classificação dessas rochas, Laurent *et al.* (2014) propuseram dois diagramas baseando-se tanto na natureza da fonte quanto nos mecanismos de petrogênese desses materiais, os quais foram utilizados neste trabalho para plotar as rochas do Pluton Itacambira e avaliá-las de acordo com essa classificação de rochas granitoides típicas do Arqueano.

Nos diagramas de Laurent *et al.* (2014) para classificação de rochas granitoides típicas do Arqueano, observou-se que elas se assemelham muito as rochas do Pluton Itacambira, tanto petrográfica como geoquimicamente. Nota-se que as amostras AM-3A e AM-05 se enquadram nos grupos dos TTGs e Biotita/2-micas granito, respectivamente. Já as amostras AM-01 e AM-02 se enquadram em um campo híbrido, sendo que a AM-01 se encontra no limite entre os campos das rochas híbridas e dos sanukitoides. Tal classificação das rochas AM-01 e AM-02 pode ser evidenciada, por exemplo, pela presença alta de elementos incompatíveis como Cr e Mg#, indicativos de uma presença maior de componentes mantélicos, e pelo Ba e Sr, relacionado a materiais crustais.

Outra proposta do presente trabalho diz respeito a cartografia das Folhas Itacambira e Botumirim elaboradas por Noce *et al.* (2012) e Guimarães *et al.* (2012) respectivamente, no âmbito da área aqui estudada. Observa-se no recorte das folhas apresentado no capítulo 4 (Figura 4.1) deste trabalho que os autores cartografam três litotipos aflorantes nessa região, gnaisses bandados do Complexo Porteirinha, suítes intrusivas de metadiabásios e o embasamento correspondente a Suíte Rio Itacambiruçu composto por granitoides maciços a foliados (Noce *et al.* 2012). No entanto, nota-se que existe uma certa inconsistência na cartografia proposta por Guimarães *et al.* (2012). Na porção sul do Mapa Geológico da Folha Botumirim, onde foram plotadas as amostras AM-3A e AM-3B está cartografado como gnaisses bandados, contudo, a partir do trabalho de campo e das análises realizadas neste trabalho concluiu-se que ali afloram metatonalitos e não gnaisses como diz o autor. Além disso a amostra AM-02, de idade 2,8 Ga (Meso/Neoarqueano) encontra-se plotada

em uma região onde são cartografados granitoides de idade Neoproterozóica (1,0 Ga - 540 Ma) (Noce *et al.* 2012), o que implica em uma inconsistência também na cartografia do Mapa Geológico da Folha Itacambira.

## CAPÍTULO 7

### CONCLUSÕES

---

Como abordado anteriormente, a porção norte do embasamento do Cráton São Francisco, em especial o Complexo Porteirinha, carece de maiores estudos para uma melhor compreensão da história evolutiva da região. O presente trabalho apresenta novos dados petrográficos, geoquímicos e geocronológicos no intuito de sanar parte desta lacuna existente no conhecimento geológico.

A partir deste trabalho foi possível caracterizar, com maior detalhe, o que parece ser um novo pluton, até então não cartografado, na porção sul do Complexo Porteirinha, que foi aqui informalmente designado Pluton Itacambira por se localizar nos arredores do município de Itacambira, Minas Gerais. Em termos geoquímicos as rochas classificam-se como granodiorito e granito calcialcalinos e diorito e granito calcialcalinos de alto potássio. Em termos de composição modal as rochas se classificam como meta-quartzo dioritos, metatonalitos e meta-granito. Esses litotipos exibem evidências de deformação e metamorfismo de baixo grau.

A distribuição de algumas dessas rochas, quando sobrepostas aos Mapas Geológicos das Folhas Botumirim e Itacambira, propostas por Guimarães *et al.* (2012) e Noce *et al.* (2012) respectivamente, revela uma certa inconsistência na cartografia e ressalta a necessidade de uma melhor caracterização dos litotipos da porção Sul do Complexo Porteirinha.

Realizou-se a datação de uma dessas rochas, a amostra AM-02 (granodiorito), que apresentou idade U/Pb de  $2818,2 \pm 6,8$  Ma. Essa idade, bem como as análises petrográficas e geoquímica, excluem a possibilidade de estas rochas se encaixarem na divisão proposta por Bersan *et al.* (2018).

Esses dados surgem como uma nova evidência da acreção crustal no Bloco Itacambira-Monte Azul durante o Neo/Meso Arqueano, uma vez que as idades presentes atualmente na literatura são de *ca.* 2,65 Ga (Silva *et al.* 2016), 2,92 Ga (Bersan *et al.* 2018), 3,37 Ga e 3,14 Ga (Silva *et al.* 2016) existindo uma diferença de pelo menos 100 Ma entre a colocação do Pluton Itacambira e dos plútons datados por Bersan *et al.* (2018).

Apesar dos dados obtidos neste trabalho serem de extrema importância para a compreensão da geologia e evolução do sul do Cráton São Francisco, são necessários novos estudos, com um maior detalhamento, para poder sanar a carência de dados ainda existente na região.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- Alkmim, F.F., Marshak, S., Pedrosa-Soares, A.C., Peres, G.G., Cruz, S., Whittington, A., 2006. Kinematic evolution of the Araçuaí-West Congo orogen in Brazil and Africa: nutcracker tectonics during the neoproterozoic assembly of Gondwana. *Precambrian Research* **147**: 43-64.
- Almeida F.F.M., 1977. O Cráton do São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências*, **7**: 349-364.
- Bersan, S. M., Danderfer Filho, A., Abreu, F. R. D., & Lana, C. 2018. Petrography, geochemistry and geochronology of the potassic granitoids of the Rio Itacambiruçu Supersuite: implications for the Meso-to Neoproterozoic evolution of the Itacambira-Monte Azul block. *Brazilian Journal of Geology*, **48**(1), 1-24.
- Best, M. G. 2003. *Igneous and metamorphic petrology*. W.H. Freeman, New York; San Francisco.
- Dahlquist, J. A. 2002. Mafic microgranular enclaves: early segregation from metaluminous magma (Sierra de Chepes), Pampean Ranges, NW Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, **15**(6), 643-655.
- De la Roche, D. H., Leterrier, J. T., Grandclaude, P., & Marchal, M. 1980. A classification of volcanic and plutonic rocks using R1R2-diagram and major-element analyses—its relationships with current nomenclature. *Chemical geology*, **29**(1-4), 183-210.
- Gerdes, A., & Zeh, A. 2006. Combined U–Pb and Hf isotope LA-(MC-) ICP-MS analyses of detrital zircons: comparison with SHRIMP and new constraints for the provenance and age of an Armorican metasediment in Central Germany. *Earth and Planetary Science Letters*, **249**(1-2), 47-61.
- Grossi-Sad J.H., Lobato L.M., Pedrosa-Soares A.C., Soares Filho B.S. 1997. Projeto Espinhaço em CD-ROM (textos, mapas e anexos). Belo Horizonte, COMIG, 2693 p.
- Guimarães, M. L. V. 1997. Geologia da Folha Botumirim. In: Grossi-Sad, J. H.; Lobato, L. M.; Pedrosa-Soares, A. C. & Soares-Filho, B. S. Projeto Espinhaço em CD-ROM (textos, mapas e anexos). Belo Horizonte, COMIG – Companhia Mineradora de Minas Gerais. p. 543-610.
- Guimarães, M. L. V., Crocco-Rodrigues, F. A., Abreu, F. R., Belo de Oliveira, O. A., Greco, F. M. 1993. Geologia do Bloco Itacambira-Monte Azul entre Barroco e Porteirinha (MG). IV Simpósio Nacional De Estudos Tectônicos, Resumos, 74-8. Belo Horizonte: SBG.
- Guimarães, M.L.V., Mourão, M.A.A, Noce, C.M., Grossi Sad, J.H. 2012. Geologia da Folha Botumirim. In: Grossi-Sad, J. H.; Lobato, L. M.; Pedrosa Soares, A. C. & Soares-Filho, B. S. *Projeto Espinhaço em CD-ROM*.
- Harrison T.M., Catlos E.J., Montel J.M. 2002. U-Th-Pb dating of phosphate minerals. *Phosphates: Geochemical, Geobiological, and Materials Importance*, **48**:523-558
- Heilbron, M., Pedrosa-Soares, A.C., Neto, M., da Silva, L., Trouw, R., Janasi, V. 2004. Brasiliano Orogens in Southeast and South Brazil. In: Wienberg, R., Trouw, R., and Hackspacher, P. (Eds.), *The 750–550 Ma Brasiliano Event of South America. J. Virtual Explorer*. Electronic Edition 17, Paper 4.

- Heilbron, M., Cordani, U. G., & Alkmim, F. F. 2017. *São Francisco Cráton, Eastern Brazil. Tectonic Genealogy of a Miniature Continent*. Regional Geology Reviews, Springer, 331pgs.
- Horstwood, M. S., Košler, J., Gehrels, G., Jackson, S. E., McLean, N. M., Paton, C., ... & Bowring, J. F. (2016). Community-derived standards for LA-ICP-MS U- (Th-) Pb geochronology– Uncertainty propagation, age interpretation and data reporting. *Geostandards and Geoanalytical Research*, **40**(3), 311-332.
- Iglesias, M., & Uhlein, A. (2009). Estratigrafia do Grupo Bambuí e coberturas fanerozóicas no vale do rio São Francisco, norte de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Geociências*, **39**(2), 256-266.
- Irvine T.N. & Baragar W.R.A. 1971. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Canadian Journal of Earth Sciences*, **8**(5):523-548.
- Jackson S.E., Pearson N.J., Griffin W.L., Belousova E.A. 2004. The application of laser ablation-inductively coupled plasma-mass spectrometry to in situ U–Pb zircon geochronology. *Chemical Geology*, 211:47-69. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2004.06.017>
- Janoušek, V., Farrow, C. M., & Erban, V. (2006). Interpretation of whole-rock geochemical data in igneous geochemistry: introducing Geochemical Data Toolkit (GCDkit). *Journal of Petrology*, **47**(6), 1255-1259.
- Karfunkel, B. & Karfunkel, J. 1976. Geologia da Serra do Espinhaço no norte de Minas Gerais (Itacambira-Botumirim), 29º Cong. Bras. Geologia, Anais Vol. 2, Ouro Preto, p. 169-77.
- Lana C., Alkmim F.F., Armonstrong R., Scholz R., Romano R., Nalini Jr. H.R. 2013. The ancestry and magmatic evolution of Archaean TTG rocks of the Quadrilátero Ferrífero province, Southeast Brazil. *Precambrian Research*, 231:157-173. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2013.03.008>.
- Laurent, O., Martin, H., Moyen, J. F., & Doucelance, R. (2014). The diversity and evolution of late-Archaean granitoids: Evidence for the onset of “modern-style” plate tectonics between 3.0 and 2.5 Ga. *Lithos*, 205, 208-235.
- Lima, S.A.A., Martins-Neto, M.A., Pedrosa-Soares, A.C., Cordani, U.G., Nutman, A., 2002. A Formação Salinas na área-tipo, NE de Minas Gerais: Uma proposta de revisão da estratigrafia da Faixa Araçuaí com base em evidências sedimentares, metamórficas e idades U–Pb SHRIMP. *Revista Brasileira de Geociências*, **32**: 491–500.
- Ludwig, K. R. 2001. Users manual for Isoplot/Ex v. 2.49: A geochronological toolkit for microsoft excel. *Berkeley Geochronology Center Special Publication 1a*, 56.
- Martins, M.S. 2006. *Geologia dos diamantes e carbonados aluvionares da bacia do Rio MacaúbasMG*. Tese de doutoramento, IGC, Universidade Federal de Minas Gerais, 248pgs.
- Martins, M.S., Karfunkel J., Noce C.M., Babinsky M., Pedrosa-Soares A.C., Sial A.N, Liu D. 2008. A Sequência Pré-Glacial do Grupo Macaúbas na área-tipo e o registro da abertura do rifte Araçuaí. *Revista Brasileira de Geociências*, **38**(4): 761-772.
- Martins-Neto, M.A. & Alkmim F.F. 2000. Estratigrafia e evolução tectônica das baciasneoproterozóicas do Paleocôntinente São Francisco e suas margens: registro da quebra de Rodínia e colagem de Gondwana. In: C.P. Pinto, M.A. Martins Net (eds.). *Bacia do São Francisco: geologia e recursos minerais*. SBG MG, Belo Horizonte, 31-54.

- Noce, C. M. 1997. Geologia Da Folha Itacambira. In: Grossi-Sad, J. H.; Lobato, L. M.; Pedrosa-Soares, A. C. & Soares-Filho, B. S. (coordenadores e editores). *Projeto Espinhaço em CD-ROM* (textos, mapas e anexos). Belo Horizonte, COMIG- Companhia Mineradora De Minas Gerais. P. 853-924.
- Noce, C.M., Guimarães, M.L.V., Roque, N.C., Sgarbi G.N.C., Knauer, L.G. & Grossi Sad, J.H. 2012. Geologia da Folha de Itacambira. In: Grossi-Sad, J. H.; Lobato, L. M.; Pedrosa Soares, A. C. & Soares-Filho, B. S. *Projeto Espinhaço em CD-ROM*.
- Noce, C.M., Pedrosa-Soares, A.C., Piuzana, D., Armstrong, R., Laux, J.H., Campos, C., Medeiros, S.R., 2004. Ages of sedimentation of the kinzigitic complex and of a late orogenic thermal episode in the Araçuaí orogen, Northern Espírito Santo state, Brazil: zircon and monazite U–Pb SHRIMP and ID-TIMS data. *Revista Brasileira de Geociências* **349** (4), 587-592.
- Noce, C.M.; Pedrosa-Soares A.C.; Silva L.C; Alkmim F.F. 2007. O Embasamento Arqueano e Paleoproterozóico do Orógeno Araçuaí. *Geonomos* **15**(1): 17-23.
- Peccerillo A. & Taylor S.R. 1976. Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, northern Turkey. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 58:63-81.
- Pedrosa-Soares, A. C., Noce, C. M., Alkmim, F. F. D., Silva, L. C. D., Babinski, M., Cordani, U. G., & Castañeda, C. 2007. Orógeno Araçuaí: síntese do conhecimento 30 anos após Almeida 1977. 16 p.
- Perugini, D., Poli, G., Christofides, G., & Eleftheriadis, G., 2003. Magma mixing in the Sithonia Plutonic Complex, Greece: evidence from mafic microgranular enclaves. *Mineralogy and Petrology*, **78**(3-4), 173-200.
- Pflug R. 1968. Observações sobre a Estratigrafia da Série Minas na Região de Diamantina. Rio de Janeiro, DNPM/DFPM, *Boletim* 142, 20 p.
- Pinto, C. P., & Silva, M. D., 2014. Mapa geológico do estado de Minas Gerais, escala 1: 1.000. 000. Belo Horizonte, CPRM-Serviço Geológico do Brasil.
- Romano, R., Lana, C., Alkmim, F., F., Stevens, G., S., Armstrong, R. Stabilization of the southern portion of the São Francisco Craton, SE Brazil, through a long-lived period of potassic magmatism. *Precambrian Research*, 224, p. 143-159, 2013 Schobbenhaus C. 1996. As tafrogêneses superpostas Espinhaço e Santo Onofre, Estado da Bahia: Revisão e novas propostas. *Rev. Bras. Geociên.*, **26**: 265-276.
- Santos M.M., Lana C., Scholz R., Buick I., Schmitz M.D., Kamo S.L., Gerdes A., Corfu F., Tapster S., Lancaster P., Storey C.D., Basei M.A.S., Tohver E., Alkmim A., Nalini H., Krambrock K., Fantini C., Wiedenbeck M. 2017. A New Appraisal of Sri Lankan BB Zircon as a Reference Material for LA-ICP-MS U-Pb Geochronology and Lu-Hf Isotope Tracing. *Geostandards and Geoanalytical Research*, **41**(3):335-358. DOI: 10.1111/ggr.12167
- Schobbenhaus, C., 1996. As tafrogêneses superpostas Espinhac, o e Santo Onofre, Estado da Bahia: revisão e novas propostas. *Revista Brasileira de Geociências* **26** (4), 265–276.
- Shand S.J. 1943. The eruptive rocks. John Wiley, New York, segunda edição. 444p
- Silva L.C. da, Pedrosa-Soares A.C., Armstrong R., Pinto C.P., Magalhães J.T.R., Pinheiro M.A.P., Santos G.G. 2016. Disclosing the Paleoproterozoic to Ediacaran history of the São Francisco craton

basement: The Porteirinha domain (northern Araçuaí orogen, Brazil). *Journal of South American Earth Sciences*, **68**:50-67. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2015.12.002>

- Slamà J., Kosler J., Condon D.J., Crowley J.L., Gerdes A., Hancher J.M., Horstwood M.S.A., Morris G.A., Nasdala L., Norberg N., Schaltegger U., Schoene B., Tubrett M.N. & Whitehouse M.J. 2008. Plešovice zircon - A new natural reference material for U-Pb and Hf isotopic microanalysis. *Chemical Geology*, **249**:1-35
- Souza, M.E.S. 2016. *Caracterização litoestrutural e geocronológica dos xistos verdes e metagabros do Grupo Macaúbas na faixa Terra Branca - Planalto de Minas, Minas Gerais*. Dissertação de Mestrado, DEGEO/EM/UFOP, 213pgs.
- Stacey J.S., Kramers J.D. 1975. Approximate of terrestrial lead isotope variation by a two-stage model. *Earth Planet Science Letters*, **26**:207-221.
- Uhlein, A. 1991. *Transição cráton – faixa dobrada: exemplo do Cráton do São Francisco e da Faixa Araçuaí (Ciclo Brasileiro) no estado de Minas Gerais. Aspectos Estratigráficos e Estruturais*. Teses de doutoramento, IGC, Universidade de São Paulo, 277pgs.
- Van Achterbergh E., Ryan C.G., Jackson S.E., Griffin W.L. 2001. Data reduction software for LA-ICP-MS: appendix. In: Assoc. Canada (MAC) Short Course Series, **29**: p. 239.
- Whitney D. L. & Evans B. W. 2010. Abbreviations for names of rock-forming minerals. *American Mineralogist*, **95**: 185-187.

## Apêndice (s)

Apêndice 1 - Resultados das análises U-Pb por LA-SF-ICP-MS para amostra AM-02

Dep. Geologia, UFOP							Ratios b						Ratios c			
	f206c	207Pb	206Pb	U (µg g <sup>-1</sup> )	Th/U	206Pb/204Pb	207Pb/206Pb	1s	206Pb/238U	1s	207Pb/235U	1s	208Pb/232Th	1s	207Pb/206Pb	2s (%)
Identificação		CPS	CPS													
1.sSMPABC007	0,037841	1439114	285282,6	171,1753	1,464994	917,3075	0,19831	0,00199	0,547552	0,00621	14,9717	0,006521	0,1405	0,0007	0,198235	2,008081
1.sSMPABC008	0,064306	1154101	228376,6	137,1741	1,545441	801,3215	0,19801	0,00196	0,547953	0,00623	14,95999	0,006531	0,14941	0,00071	0,197883	1,982038
1.sSMPABC009	0,032651	686016	137809,9	80,74999	1,139237	883,3968	0,20095	0,00201	0,553303	0,00617	15,33036	0,006489	0,15604	0,00084	0,200884	2,001415
1.sSMPABC016	0,021011	1272050	251469,7	151,1104	1,346492	1374,151	0,19773	0,00196	0,548253	0,00621	14,94703	0,006512	0,13713	0,00067	0,197688	1,983032
1.sSMPABC019	0,030209	1206558	243229	142,7825	1,403803	1234,665	0,20165	0,00202	0,550357	0,00617	15,30186	0,006492	0,15204	0,00079	0,201589	2,004301
1.sSMPABC020	0,227882	1292659	255866,2	154,4249	1,459939	266,8052	0,19839	0,00195	0,545177	0,00642	14,91279	0,00671	0,12894	0,00072	0,197938	1,983723
1.sSMPABC027	0,056031	1496419	296439,1	177,8939	1,163796	929,2762	0,19821	0,00198	0,547852	0,00623	14,97237	0,006537	0,14791	0,00076	0,198099	1,999801
1.sSMPABC029	0,10977	1024000	201414,5	122,2852	1,283035	426,7257	0,19691	0,00194	0,545378	0,00625	14,80698	0,006544	0,1465	0,00075	0,196694	1,975764
1.sSMPABC030	0	1437108	287895,8	170,2265	1,248342	287895,8	0,20033	0,00201	0,549836	0,00621	15,1873	0,006527	0,14899	0,00082	0,20033	2,006689
1.sSMPABC033	0,065217	1125714	221362,3	134,501	1,493178	737,8744	0,19677	0,00194	0,545097	0,00628	14,78884	0,006573	0,14097	0,00074	0,196642	1,974247
1.sSMPABC035	0,025692	1333320	266168,8	157,5824	1,079989	1603,427	0,19968	0,00201	0,551059	0,00629	15,17168	0,006603	0,13795	0,00082	0,199629	2,013903
1.sSMPABC036	0,040161	1018218	202605,1	120,7738	1,517448	998,0545	0,19906	0,00199	0,549085	0,00625	15,0704	0,006559	0,14828	0,0008	0,19898	2,000608
1.sSMPABC037	0,075989	850617,4	170317,2	100,3886	1,102633	595,5146	0,20038	0,00201	0,55185	0,00631	15,24673	0,006622	0,1549	0,00089	0,200228	2,009148
1.sSMPABC039	0,030825	1016721	202793,7	120,2605	1,483485	834,5421	0,19952	0,002	0,550618	0,00628	15,14739	0,006591	0,14938	0,00082	0,199458	2,005668
1.sSMPABC040	0,097912	980425	194727,4	116,3823	1,014009	642,6648	0,19881	0,00199	0,548654	0,00629	15,03966	0,006597	0,1524	0,00087	0,198615	2,006297
1.sSMPABC047	0,013039	1202888	239608,1	142,8161	1,217543	1028,361	0,19922	0,00205	0,548554	0,00611	15,06792	0,006445	0,15362	0,00106	0,199194	2,058336
1.sSMPABC048	0,006084	773029	153614,7	93,09436	1,19113	1567,497	0,19873	0,00197	0,540809	0,00624	14,81864	0,006544	0,14378	0,00085	0,198718	1,98272
1.sSMPABC052	0,062383	1018433	203661,4	120,2049	1,320328	774,3779	0,2001	0,00208	0,5518	0,0062	15,22405	0,00654	0,14976	0,00113	0,199975	2,081194
1.sSMPABC055	0,111381	1347241	267869,5	160,6649	1,577003	474,946	0,19905	0,00198	0,546129	0,0063	14,98852	0,006604	0,14431	0,00085	0,198828	1,994817
1.sSMPABC056	0,009813	977528,9	194518,9	115,8355	1,32332	1984,887	0,19901	0,00201	0,549616	0,00631	15,08118	0,006622	0,15	0,00092	0,19899	2,020221
1.sSMPABC058	0	1108904	220161,8	130,8926	1,523755	1177,336	0,19854	0,00211	0,55176	0,00614	15,10426	0,006492	0,14116	0,00119	0,19854	2,125516
1.sSMPABC060	0,086402	1007716	200966,3	119,0674	1,311392	547,592	0,1996	0,00202	0,551209	0,00632	15,16974	0,006635	0,15229	0,00096	0,199428	2,027651

Ratios c							Dates c												% conc d
207Pb/235U	2s (%)	206Pb/238U	2s (%)	Rho	208Pb/232Th	2s (%)	207Pb/206Pb	2s	2ssys	206Pb/238U	2s	2ssys	207Pb/235U	2s	2ssys	208Pb/232Th	2s	2ssys	
Datos para o plot c								abs	abs		abs	abs		abs	abs		abs	abs	
14,96604	3,03276825	0,547552	2,272728	0,749391	0,1405	0,996441	2811,719	32,81648	36,68994	2814,983	51,98171	62,36683	2813,082	29,28011	34,16644	2657,2	24,78	35,21683	99,97595
14,95037	3,01990871	0,547953	2,278459	0,754479	0,14941	0,950405	2808,812	32,39937	36,3193	2816,652	52,13808	62,50653	2812,085	29,15221	34,0555	2814,5	24,92	36,32859	100,0707
15,32535	2,99985545	0,553303	2,234607	0,744905	0,15604	1,076647	2833,395	32,64379	36,52122	2838,895	51,45356	62,05644	2835,68	29,00105	33,93937	2930,8	29,34	40,22302	100,0216
14,94389	3,01402859	0,548253	2,269791	0,753076	0,13713	0,977175	2807,207	32,42033	36,33907	2817,904	51,95743	62,36233	2811,673	29,09382	34,00492	2597,5	23,74	34,25527	100,1299
15,29724	3,01069244	0,550357	2,246563	0,746195	0,15204	1,0392	2839,105	32,67414	36,5446	2826,659	51,55149	62,0713	2833,93	29,10401	34,02699	2860,8	27,7	38,65902	99,65183
14,8788	3,08394328	0,545177	2,36126	0,765662	0,12894	1,116799	2809,268	32,42559	36,34239	2805,084	53,86277	63,89463	2807,519	29,77038	34,58721	2451,3	25,7	34,67675	99,82177
14,96398	3,0318882	0,547852	2,278846	0,751626	0,14791	1,027652	2810,598	32,68447	36,57267	2816,235	52,14079	62,50655	2812,951	29,27123	34,1587	2788,1	26,84	37,41897	100,0251
14,79072	3,02967347	0,545378	2,296797	0,758101	0,1465	1,023891	2798,958	32,32564	36,26018	2805,92	52,39885	62,66706	2801,871	29,22774	34,11447	2763,3	26,56	37,08006	100,0529
15,1873	3,02474307	0,549836	2,263243	0,748243	0,14899	1,100745	2828,887	32,74306	36,61294	2824,492	51,90391	62,35329	2827,057	29,22861	34,13034	2807,1	28,94	39,04553	99,81762
14,77919	3,03777997	0,545097	2,308778	0,760022	0,14097	1,049869	2798,524	32,30209	36,23948	2804,749	52,65568	62,87621	2801,129	29,30561	34,18124	2665,6	26,1	36,34645	100,0377
15,16778	3,04757271	0,551059	2,287333	0,750543	0,13795	1,188837	2823,163	32,87768	36,73714	2829,574	52,53418	62,90746	2825,832	29,45007	34,32083	2611,9	28,98	38,07054	100,0407
15,06435	3,03402824	0,549085	2,280986	0,751801	0,14828	1,07904	2817,849	32,67626	36,56052	2821,365	52,26609	62,63899	2819,315	29,30463	34,19133	2794,7	28,12	38,55939	99,98105
15,23515	3,04753587	0,55185	2,291462	0,751907	0,1549	1,149128	2828,054	32,78564	36,65157	2832,863	52,67834	63,04581	2830,054	29,4579	34,33008	2910,8	31,26	41,37174	100,0075
15,14273	3,04078423	0,550618	2,285534	0,751626	0,14938	1,097871	2821,771	32,74734	36,62147	2827,742	52,46547	62,84011	2824,257	29,38045	34,25975	2814	28,84	39,11934	100,0316
15,02493	3,05029114	0,548654	2,297618	0,753245	0,1524	1,141732	2814,852	32,77805	36,6535	2819,572	52,62195	62,92732	2816,821	29,45911	34,3233	2867	30,38	40,64285	100,006
15,06596	3,03621705	0,548554	2,232009	0,735128	0,15362	1,380029	2819,604	33,61384	37,39971	2819,155	51,1073	61,66095	2819,417	29,32627	34,21008	2888,4	37,08	45,96172	99,89908
14,81774	3,04584427	0,540809	2,31214	0,759113	0,14378	1,182362	2815,695	32,39038	36,30667	2786,833	52,46213	62,6177	2803,607	29,38947	34,25518	2715,2	30,08	39,36838	99,31054
15,21455	3,06616851	0,5518	2,251671	0,73436	0,14976	1,509081	2825,994	33,96758	37,71386	2832,655	51,75686	62,27492	2828,765	29,63815	34,48523	2820,7	39,84	47,79457	100,0457
14,97183	3,05362026	0,546129	2,311991	0,757131	0,14431	1,17802	2816,602	32,58534	36,48011	2809,054	52,79413	63,01548	2813,45	29,4851	34,34376	2724,7	30,14	39,54743	99,75223
15,0797	3,06171792	0,549616	2,300613	0,751413	0,15	1,226667	2817,934	32,99636	36,84683	2823,575	52,75074	63,05674	2820,285	29,57791	34,4281	2825	32,52	41,93442	100,0249
15,10426	3,08065025	0,55176	2,22993	0,72385	0,14116	1,68603	2814,232	34,72774	38,40735	2832,488	51,25272	61,85461	2821,835	29,76657	34,59239	2668,9	42,26	49,09317	100,2857
15,15663	3,0645238	0,551209	2,297812	0,74981	0,15229	1,260753	2821,517	33,10702	36,94361	2830,199	52,78515	63,12104	2825,131	29,61492	34,46299	2865,2	33,52	43,19056	100,0876

Apêndice 2 - Resultados das análises U-Pb por LA-SF-ICP-MS para os materiais de referência

Material de Referência Primário – BB

Identificação							Ratios b						Ratios c			
	f206c	207Pb	206Pb	U (µg g-1)	Th/U	206Pb/204Pb	207Pb/206Pb	1s	206Pb/238U	1s	207Pb/235U	1s	208Pb/232Th	1s	207Pb/206Pb	2s (%)
Mat. Ref. Primário. BB																
1.sSMPABC001	0	683040	40196,9	481,4479	0,454131	144,0749	0,05885	0,00059	0,09222	0,00105	0,74917	0,001204	0,02749	0,00015	0,05885	2,005098
1.sSMPABC002	0	667501	39108,88	476,5933	0,449879	39108,88	0,05859	0,00058	0,09104	0,00104	0,73626	0,001191	0,02817	0,00016	0,05859	1,97986
1.sSMPABC021	0	596575	35573,77	428,4466	0,45387	338,7978	0,05963	0,0006	0,09051	0,00103	0,74499	0,001192	0,02973	0,00018	0,05963	2,01241
1.sSMPABC022	0	573586	33589,2	408,6854	0,449801	33589,2	0,05856	0,00059	0,09123	0,00104	0,73741	0,001196	0,02883	0,00018	0,05856	2,015027
1.sSMPABC041	0	547749	32059,75	389,1672	0,464385	32059,75	0,05853	0,0006	0,09149	0,00104	0,73914	0,001201	0,02655	0,00019	0,05853	2,050231
1.sSMPABC042	0,011855	606020,8	35987,31	432,1271	0,449531	455,5356	0,05939	0,0006	0,09116	0,00105	0,74722	0,001209	0,02844	0,00018	0,059383	2,021176
1.sSMPABC061	0,005751	589499,9	34713,65	418,7848	0,446021	551,0104	0,05889	0,0006	0,0915	0,00106	0,74368	0,001218	0,02856	0,0002	0,058887	2,037908

Ratios c							Dates c										% conc d		
207Pb/235U	2s (%)	206Pb/238U	2s (%)	Rho	208Pb/232Th	2s (%)	207Pb/206Pb	2s	2ssys	206Pb/238U	2s	2ssys	207Pb/235U	2s	2ssys	208Pb/232Th		2s	2ssys
Data for Wetherill plot c								abs	abs		abs	abs		abs	abs		abs	abs	
Mat. Ref. Primário. BB																			
0,748295	3,034120882	0,09222	2,277163	0,750518	0,02749	1,091306	561,5514	43,69398	48,86592	568,6532	12,40638	14,86704	567,2346	13,27261	15,46539	548,1	6,04	7,986641	100,2501
0,735457	3,023201227	0,09104	2,28471	0,755725	0,02817	1,13596	551,8947	43,2146	48,45393	561,6849	12,30142	14,72646	559,7507	13,09294	15,27038	561,5	6,16	8,391207	100,3455
0,744154	3,038080187	0,09051	2,275992	0,749155	0,02973	1,210898	590,1749	43,64225	51,66812	558,5526	12,18895	8,872867	564,8266	13,2476	10,15847	592,2	6,88	7,210713	98,88923
0,736614	3,042780831	0,09123	2,279952	0,749299	0,02883	1,248699	550,7767	43,99054	99,16905	562,8074	12,29927	15,11556	560,4278	13,19031	18,40306	574,5	6,92	7,334595	100,4246
0,738335	3,061392327	0,09149	2,273473	0,742627	0,02655	1,431262	549,6579	44,76756	48,858	564,3432	12,29634	15,68684	561,4334	13,28947	16,21507	529,6	7,34	33,63584	100,5183
0,746393	3,064734194	0,09116	2,303789	0,751709	0,02844	1,265823	581,1649	43,89883	49,38575	562,3939	12,41924	15,52649	566,1292	13,38777	16,00973	566,7	6,96	35,17462	99,34019
0,742915	3,085682784	0,0915	2,316974	0,750879	0,02856	1,40056	562,9066	44,3988	36,68994	564,4022	12,53311	62,36683	564,105	13,44361	34,16644	569,2	7,7	35,21683	100,0527

Material de Referência Secundário – Plešovice

Identificação	Ratios b															Ratios c	
	f206c	207Pb	206Pb	U (µg g-1)	Th/U	206Pb/204Pb	207Pb/206Pb	1s	206Pb/238U	1s	207Pb/235U	1s	208Pb/232Th	1s	207Pb/206Pb	2s (%)	
Mat. Ref. Secundário. Ples		CPS	CPS														
1.sSMPABC003	0,03973	534063,2	28299,44	644,6666	0,150331	208,0841	0,05301	0,00054	0,053955	0,0006	0,394355	0,000807	0,0171	0,00016	0,052989	2,04367	
1.sSMPABC004	1	498621,7	26578,52	604,467	0,153695	354,3803	0,0533	0,00054	0,053724	0,0006	0,394819	0,000807	0,0185	0,00016	0,053304	4,264168	
1.sSMPABC023	1	436245,5	23165,3	527,7671	0,15289	643,4806	0,0531	0,00054	0,053834	0,00061	0,394145	0,000815	0,01729	0,00016	0,053102	4,280426	
1.sSMPABC024	0	316511	16879,53	386,8005	0,125434	16879,53	0,05333	0,00055	0,053293	0,00061	0,391873	0,000821	0,01653	0,00023	0,05333	2,062629	
1.sSMPABC044	1	343324,4	18261,48	415,5064	0,127287	163,0489	0,05318	0,00055	0,053814	0,00061	0,394592	0,000821	0,01913	0,00021	0,05319	4,291287	
1.sSMPABC063	1	353538,1	18676,31	425,5698	0,132708	565,9488	0,05281	0,00055	0,054105	0,00062	0,393962	0,000829	0,0192	0,00021	0,052827	4,320799	
1.sSMPABC064	0	397188	20931,81	476,9648	0,142965	498,3764	0,0527	0,00055	0,054235	0,00062	0,394088	0,000829	0,01732	0,00018	0,0527	2,087287	

Ratios c							Dates c											% conc d	
207Pb/235U	2s (%)	206Pb/238U	2s (%)	Rho	208Pb/232Th	2s (%)	207Pb/206Pb	2s	2ssys	206Pb/238U	2s	2ssys	207Pb/235U	2s	2ssys	208Pb/232Th	2s		2ssys
Data for Wetherill plot c							abs	abs		abs	abs		abs	abs		abs	abs		
Mat. Ref. Secundário. Ples																			
0,394199	3,0272399	0,053955	2,233292	0,737732	0,0171	1,871345	328,3232	46,37374	51,66812	338,7552	7,360691	8,872867	337,432	8,716159	10,15847	342,7	6,24	7,210713	100,3681
0,394849	6,091320174	0,053724	4,349834	0,714104	0,0185	1,72973	341,7585	96,52928	99,16905	337,3456	14,28614	15,11556	337,9053	17,63627	18,40306	370,5	6,38	7,334595	99,81042
0,394156	6,110103222	0,053834	4,360196	0,713604	0,01729	1,850781	333,1372	97,04577	99,67981	338,0198	14,34812	15,1773	337,4008	17,66865	18,43225	346,5	6,54	7,251963	100,1595
0,391873	3,084693438	0,053293	2,293664	0,743563	0,01653	2,782819	342,8628	46,68322	51,92031	334,7093	7,471761	8,933513	335,7371	8,844479	10,25778	331,4	8,98	9,749104	99,67009
0,394667	6,118873727	0,053814	4,36182	0,712847	0,01913	2,195504	336,9172	97,22669	99,85247	337,8972	14,34839	15,17699	337,7729	17,71084	18,47413	383	8,4	9,153554	100,0128
0,394088	6,136750197	0,054105	4,357797	0,710115	0,0192	2,1875	321,3675	98,16648	100,782	339,6744	14,40866	15,24224	337,3511	17,74416	18,50454	384,3	8,4	9,070482	100,6646
0,394088	3,099103856	0,054235	2,290781	0,739175	0,01732	2,078522	315,9024	47,46837	52,67465	340,4709	7,587545	9,075397	337,3511	8,922174	10,33562	347	7,3	7,866166	100,9007

Material de Referência Terciário – GJ

Identificação	Ratios b															Ratios c	
	f206c	207Pb	206Pb	U (µg g-1)	Th/U	206Pb/204Pb	207Pb/206Pb	1s	206Pb/238U	1s	207Pb/235U	1s	208Pb/232Th	1s	207Pb/206Pb	2s (%)	
		CPS	CPS														
<b>Mat. Ref. Terciário. GJ</b>																	
1.sSMPABC005	0,092578	415760,9	24955,79	276,6443	0,046117	132,7436	0,06008	0,0006	0,09788	0,00111	0,81082	0,001262	0,04476	0,00084	0,060024	2,022846	
1.sSMPABC006	0,045693	404402,8	23905,45	271,7854	0,043037	177,0774	0,05914	0,0006	0,096908	0,0011	0,790209	0,001253	0,04864	0,00088	0,059113	2,035889	
1.sSMPABC025	1	366785,5	22016,69	245,2111	0,040034	301,5985	0,05999	0,0006	0,097419	0,00111	0,805793	0,001262	0,05392	0,00095	0,060026	3,885613	
1.sSMPABC026	0	387778	23677,72	263,1152	0,040878	23677,72	0,06106	0,00062	0,095986	0,0011	0,808103	0,001263	0,04777	0,00083	0,06106	2,030789	
1.sSMPABC065	0,025738	359256,5	21944,92	242,9512	0,042547	147,2813	0,0611	0,00063	0,096307	0,00111	0,811333	0,001276	0,04657	0,00081	0,061084	2,064445	
1.sSMPABC066	0,117616	368402,3	22111,26	245,3332	0,041142	68,6685	0,06009	0,00063	0,0978	0,00116	0,810291	0,00132	0,05927	0,00115	0,060019	2,135595	

Ratios c							Dates c											% conc d	
207Pb/235U	2s (%)	206Pb/238U	2s (%)	Rho	208Pb/232Th	2s (%)	207Pb/206Pb	2s	2ssys	206Pb/238U	2s	2ssys	207Pb/235U	2s	2ssys	208Pb/232Th	2s		2ssys
<b>Data for Wetherill plot c</b>								abs	abs		abs	abs		abs	abs		abs	abs	
<b>Mat. Ref. Terciário. GJ</b>																			
0,808498207	3,048288	0,09769	2,280385	0,748087	0,04476	3,753351	604,4535	43,76361	48,858	600,8572	13,09597	15,68684	601,6112	13,93231	16,21507	885	32,3	33,63584	99,87467
0,788316098	3,054114	0,09672	2,276569	0,745411	0,04864	3,618421	571,2595	44,29228	49,38575	595,1581	12,95555	15,52649	590,2162	13,76294	16,00973	959,9	34,04	35,17462	100,8373
0,804713803	4,954025	0,09723	3,07317	0,620338	0,05392	3,523739	604,5144	84,06314	86,82426	598,1552	17,57921	19,57126	599,4842	22,68102	24,16067	1061,5	36,4	37,94794	99,7783
0,806535678	3,065582	0,0958	2,296451	0,749108	0,04777	3,474984	641,3483	43,66597	48,71136	589,7482	12,95525	15,48542	600,5087	13,99294	16,26168	943,3	32,08	33,47461	98,2081
0,809551451	3,098243	0,09612	2,310234	0,745659	0,04657	3,478634	642,2029	44,38332	49,35409	591,6304	13,07284	15,59808	602,2024	14,1725	16,42561	920,1	31,28	32,66695	98,24446
0,807768088	3,20438	0,09761	2,388992	0,74554	0,05927	3,880547	604,2713	46,20433	51,05604	600,3874	13,71011	16,19994	601,2012	14,64353	16,83004	1163,7	43,82	45,26312	99,86463

## Anexos

---

Anexo 1 – Abreviações minerais segundo padronização internacional (Whitney & Evans 2010)

Abreviação	Mineral
Ab	Albita
Afs	Feldspato alcalino
Aln	Alanita
Ap	Apatita
Bt	Biotita
Chl	Clorita
Ep	Epidoto
Hbl	Hornblenda
Ms	Muscovita
Opq	Opacos
Pl	Plagioclásio
Qz	Quartzo
Ser	Sericita
Ttn	Titanita

BAREMA DE AVALIAÇÃO DO TCC				
TÍTULO DA MONOGRAFIA: <i>Compreensão de Prognóstico - Petróleo do Alvo 1 Monóclina, Bloco Itacambira - Lote 124 - M4</i>				
NOME DO ALUNO(A): <i>Letícia Evangelista de Moraes</i>				
DATA: <i>12/07/19</i>				
Itens de Avaliação da Monografia	PESOS	NOTAS		
		EX1	EX2	EX3
1- Apresentação pré-textual incluindo Resumo e Abstract	0,5			
2- Apresentação do tema (título, problemas, objetivos e justificativas)	1			
3- Materiais e Métodos	1,5			
4- Revisão de literatura e exposição do contexto geológico	2			
5- Apresentação dos dados: organização, qualidade e quantidade	2,5			
6- Discussão dos resultados e conclusões	2			
7- Referências Bibliográficas - Norma RBG (JBG)	0,5			
Nota do Trabalho Escrito por Examinador				
Média do Trabalho Escrito (met)				
Itens de Avaliação da Apresentação Oral:	PESOS	NOTAS		
		EX1	EX2	EX3
1- Apresentação dos objetivos, da metodologia, dos resultados, da discussão e conclusão	3			
2- Domínio do conteúdo	5			
3- Adequação do material audiovisual e conteúdo	1			
4- Adequação ao tempo disponível	1			
Nota da Apresentação por Examinador				
Média da Apresentação (map)				
Item de Avaliação da Arguição		NOTAS		
		EX1	EX2	EX3
1- Desempenho na arguição				
Nota da Arguição por Examinador				
Média da Arguição (mar)				
NOTA (MÉDIA FINAL = 0,7*met + 0,1*map + 0,2*mar)				<i>2,5</i>
BANCA EXAMINADORA:				
Examinador(a) 1 - Presidente: <i>[Assinatura]</i>				
Examinador(a) 2: <i>Leandro Pereira Bessa</i>				
Examinador(a) 3: <i>Edgar Roberto de Medeiros Júnior</i>				

DECLARO PARA OS DEVIDOS FINS QUE todas AS CORREÇÕES SUGERIDAS PELA BANCA EXAMINADORA foram efetuadas.

ORIENTADOR (PRESIDENTE DA BANCA): *[Assinatura]*

DIA: *19/07/19*