

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS – CAMPUS SOROCABA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS PARA SUSTENTABILIDADE – CCTS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA, QUÍMICA E MATEMÁTICA - DFQM



VINICIUS DE QUEIRÓS PEREIRA

**APLICAÇÃO DE TTF EM AMOSTRAS DO TERRENO
GREENSTONE/TTG DE ALMAS, TOCANTINS,
BRASIL**

SOROCABA - SP
2022

VINICIUS DE QUEIRÓS PEREIRA

**APLICAÇÃO DE TTF EM AMOSTRAS DO TERRENO
GREENSTONE/TTG DE ALMAS, TOCANTINS,
BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial para a
obtenção do título de Licenciado em Física
pela Universidade Federal de São Carlos

Orientador: Prof. Dr. Airton Natanael Coelho Dias

SOROCABA - SP
2022

Pereira, Vinicius de Queirós.
P436

APLICAÇÃO DE TTF EM AMOSTRAS DO TERRENO
GREENSTONE/TTG DE ALMAS, TOCANTINS, BRASIL
Vinicius de Queirós Pereira. — 2022.
54 f.

Trabalho de Conclusão de Curso Licenciatura em Física –
Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba-SP, 2022

CDD 558.

APLICAÇÃO DE TTF EM AMOSTRAS DO TERRENO GREENSTONE/TTG DE
ALMAS, TOCANTINS, BRASIL

Vinicius de Queirós Pereira

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial para a
obtenção do título de Licenciado em Física
pela Universidade Federal de São Carlos

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Orientador

Prof. Dr. Airton Natanael Coelho Dias
Universidade Federal de São Carlos

Membro da Banca (1)

Profa. Dra. Maria José Fontana Gebara
Universidade Federal de São Carlos

Membro da Banca (2)

Prof. Dr. James Alves de Souza
Universidade Federal de São Carlos

AGRADECIMENTOS

A elaboração do presente trabalho é consequência direta de diversas experiências e aprendizados por mim vivenciados, dessa forma seria injusto da minha parte não deixar os agradecimentos devidos a aqueles que me auxiliaram e contribuíram durante todo esse processo.

Primeiramente gostaria de agradecer ao Grupo TRACKs, em especial ao professor Airton Dias por todas as oportunidades e ensinamentos envolvendo o meu desenvolvimento em Termocronologia por Traços de Fissão, tema do presente trabalho. Gostaria de agradecer a FAPESP, que através do projeto 2017/12208-6, promoveu recursos para a execução de diversas etapas desse trabalho, bem como a CNPQ, que me auxiliou com a bolsa PIBIC 2021/2022, tornando possível minha dedicação na realização das etapas desta pesquisa. Além disso, gostaria de agradecer ao Dr. Cléber Soares que através da Chronuscamp Research promoveu a realização de parte deste trabalho, além de contribuir com diversos aprendizados práticos e teóricos na área.

Gostaria de agradecer a UFSCar pela oportunidade de aprendizado sem a qual jamais teria alcançado muitas das conquistas que tenho atualmente, gostaria de agradecer a todos os professores do núcleo de Sorocaba, especialmente do Departamento de Física, Química e Matemática que contribuíram em muito com o conhecimento e habilidades que possuo atualmente. Agradeço a todos os meus amigos da universidade que com quem pude compartilhar maravilhosas experiências dentro e fora da faculdade e com quem dividi diversas das minhas dificuldades, tanto pessoais como acadêmicas, durante o processo de aprendizagem deste curso.

Por fim agradeço a minha família por todo apoio durante esses 5 anos, em especial ao meu pai, que me deu conselhos e auxílios essenciais para chegar onde estou atualmente, e a minha mãe com quem compartilhei boa parte do tempo de minha vida e que foi base fundamental para a realização deste trabalho e conquistas de metas importantes em minha vida. Finalmente, agradeço a Deus, que me concedeu todas essas oportunidades, aprendizados e experiências, colocando pessoas que me ajudaram em muito a chegar nesta etapa, me dando força e resiliência para superar as dificuldades e alegrias para aproveitar ao máximo toda a jornada.

RESUMO

Os detalhes da evolução tectônica dos terrenos *Greenstone/TTG* de Almas-TO ainda são incógnitas. Não havia, até então, nenhum estudo de termocronologia (via Termocronologia por Traços de Fissão - TTF) em zircão e apatita. Dessa forma, a partir de técnicas termo e geocronológicas buscou-se através deste trabalho, desvendar os processos tectônicos que ocorreram após a estabilização do *greenstone* Almas, bem como definir melhor sua evolução durante o tempo geológico. Este estudo é de grande interesse científico, pois se trata do terreno granito-*greenstone* mais extenso de toda a Faixa Brasília e econômico pela extensa presença de ouro principalmente nos *greenstones* e diamantes nas sequências sedimentares do Grupo Natividade que os recobrem. Através do TTF em zircão foi possível definir os processos geológicos ocorridos em intermediária-baixa temperatura, e, finalmente: via TTF aplicado em apatita procurou-se identificar os eventos de denudação, erosão, soerguimento e subsidência ocorridos durante o Fanerozóico, em especial com referência às movimentações do Lineamento Transbrasiliano. Os resultados identificam os eventos geológicos e mostram a complexidade da evolução da área: Orogênia Brasileira e Gondwanides, desmembramento das placas Africana e Sulamericana, deposição da Bacia Sanfranciscana e Bacia de Bauru. Há ainda indícios de eventos à orogênia Andina.

Palavras-chave: Termocronologia por Traços de Fissão, Geocronologia, Apatita, Zircão, *Greenstone/TTG* Almas

ABSTRACT

The details of the tectonic evolution of the Greenstone/TTG terrains of Almas-TO are still unknown. Until then, there was no thermochronology study (via Fission Track Thermochronology - FTT) on zircon and apatite. Thus, using thermo and geochronological techniques, this work sought to unravel the tectonic processes that occurred after the stabilization of the Almas greenstone, as well as better define its evolution during geological time. This study is of great scientific interest, as it is the most extensive granite-greenstone terrain in the entire Brasília Belt and economic due to the extensive presence of gold, mainly in the greenstones and diamonds in the sedimentary sequences of the Natividade Group that cover them. Through FTT in zircon it was possible to define the geological processes that occurred at intermediate-low temperature, and, finally: using FTT applied in apatite, we sought to identify the events of denudation, erosion, uplift and subsidence that occurred during the Phanerozoic, especially with reference to the movements of the Trans-Brazilian Lineament. The results identify the geological events and show the complexity of the evolution of the area: Brasiliana and Gondwanides Orogeny, the breakup of the African and South American plates, and deposition of the Sanfranciscana and Bauru Basins. There are still indications of events in the Andean orogeny.

Keywords: Fission Track Thermochronology, Geochronology, Apatite, Zircon, Greenstone/TTG Almas

SUMÁRIO

I. INTRODUÇÃO	09
II. MATERIAIS E MÉTODOS.....	10
II.I. Termocronologia por Traços de Fissão	10
II.II. História Térmica	11
II.III. Geologia da área de estudo	13
II.III.I. O Terreno Almas	15
II.IV. Amostragem	18
II.IV.I. Preparação e análise das amostras de zircão e apatita	22
III. RESULTADOS E DISCUSSÕES	25
III.I. Em zircão	25
III.II. Em apatita	30
III.II.I. História Térmica das Apatitas	18
III.III. Considerações Gerais	35
V. CONCLUSÃO.....	36
VI. REFERÊNCIAS	36
GLOSSÁRIO	42
Apêndice A.....	43

I. INTRODUÇÃO

O presente trabalho apresenta o estudo realizado na região geológica conhecida como Terreno Almas-Dianópolis, Almas-Conceição ou Almas-Natividade localizada no município de Almas, no sudeste de Tocantins e a aproximadamente 300 km da capital Palmas. Desde as incursões bandeirantes ocorridas no século XVIII, o ouro é conhecido na região de Almas. Todavia as explorações nesse período se resumiram a atividades garimpeiras, apresentando resultados pouco expressivos.

As primeiras pesquisas geológicas datam de 1977, sendo realizadas pela Companhia Vale do Rio Doce (atual VALE), por meio do Rio Doce Geologia e Mineração S/A (DOCEGEO). Tais pesquisas ocorreram através do Projeto Pindorama, com a finalidade de pesquisar metais básicos e ouro em *greenstone belts* localizados na região dos municípios de Almas, Natividade, Dianópolis, Coceição do Norte e Pindorama de Goiás (KUYUMJIAN et al., 2012).

Descoberta em 1987, a jazida do Paiol é um depósito de baixo teor e média/alta tonelagem. Sendo o maior depósito conhecido na região até hoje, foi encontrado devido a resultados anômalos em amostras de sedimentos de corrente em uma localização onde não haviam indícios de atividade garimpeira. Trabalhos de pesquisa realizados pela METAGO até 1989 estimaram uma reserva de 800.000 toneladas de minério oxidado com teor de 1,80 g/t, e reservas de ouro em minério primário na faixa de 5.000 kg. Durante o período de exploração da Companhia Vale do Rio Doce foram extraídos cerca de 3 toneladas de ouro a partir da exploração de 2 milhões de toneladas minerais. Dessa forma atualmente a região de Almas é considerada um grande distrito aurífero, devido a inúmeras mineralizações ocorridas em diferentes contextos geológicos distribuídos na região (KUYUMJIAN et al., 2012).

Embora existam informações geológicas e geofísicas, a evolução tectônica terrenos Greenstone/TTG de Almas ainda carece de estudos geocronológicos sistemáticos, além disso, não há nenhum estudo de termocronologia (via Termocronologia por Traços de Fissão - TTF). Sendo assim, questões básicas de cunho evolutivo da geologia local são controversas ou ainda totalmente desconhecidas.

Apesar das incertezas, há grande interesse científico e econômico com relação a formação e evolução desses terrenos. A importância econômica está relacionada presença de

ouro principalmente nos greenstone belts e diamantes nas sequências sedimentares do Grupo Natividade que recobrem essa formação. Já o valor científico se deve ao fato deste ser o terreno granito-greenstone mais extenso de toda a Faixa Brasília, além de ter sido estudado em menor aprofundamento em relação a outras decorrências de greenstone belts localizados na faixa (MARTINS-FERREIRA et al., 2020).

Sendo assim este trabalho tem como objetivo a aplicação de Termocronologia por Traços de Fissão (TTF) em zircão e apatita a fim de desvendar os processos tectônicos que ocorreram após a estabilização do greenstone Almas, bem como definir melhor sua evolução durante o tempo geológico. Através do TTF em zircão foi possível definir os processos geológicos ocorridos em intermediária-baixa temperatura e finalmente, via TTF em apatita se buscou estabelecer os eventos de denudação, erosão, soerguimento e subsidência ocorridos durante o Fanerozóico, em especial com referência às movimentações do Lineamento Transbrasilano.

II. MATERIAIS E MÉTODOS

II.I. Termocronologia por Traço de Fissão

A Termocronologia por Traços de Fissão (TTF) é uma técnica de datação mineral que obtém populações de idades frequentemente associadas a eventos térmicos, os quais demarcam eventos geológicos, como estudos proveniência, processos de exumação e taxas erosivas (CARTER & GALLAGHER, 2004; DONELICK et al., 2005). Sendo a técnica mais utilizada na reconstrução da história térmica de rochas em tempos geológicos, este método se baseia nas informações adquiridas a partir dos traços gerados pela passagem de fragmentos devido à fissão espontânea do Urânio-238, uma vez que esse isótopo é muito mais abundante na natureza, devido a maior estabilidade, que o Urânio-235.

É possível a partir da densidade superficial de traços (ρ), se obter a idade de minerais cristalinos e amorfos, tais como obsidianas, apatita, zircão, epídoto, dentre outros, que em geral possuam concentrações em partes por milhão (ppm) de urânio (GREEN et al., 1986; CARLSON et al., 1999; OSÓRIO et al., 2002; DIAS et al., 2009, 2010, CURVO et al., 2013).

Os minerais onde mais comumente se aplica a TTF são a apatita e o zircão, minerais acessórios comuns em rochas ígneas, sedimentares e metamórficas (MORTON & HALLSWORTH, 1999). Juntamente com outros métodos radiométricos, a TTF em apatita e zircão tem sido amplamente utilizada para compreender a termocronologia de rochas em uma variedade de ambientes geológicos, desta forma engloba a análise da história térmica em rochas de embasamentos orogênicos, bem como a termocronologia a partir de grãos detríticos em rochas sedimentares para análise de proveniência e análise da história térmica. Seu uso permite obter informações como: história térmica (paleotemperaturas, tempo de resfriamento a partir das paleotemperaturas, caracterização dos mecanismos de aquecimento e resfriamento, gradientes paleogeotermiais), proveniência e identificação de eventos térmicos (tectônicos, soterramento ou soerguimento) ocorridos durante a história geológica das amostras.

II.II. História Térmica

O *annealing*, um dos fenômenos mais importantes na TTF, representa o encurtamento do traço de fissão. A partir da análise do comprimento dos traços confinados revelados, DPar (medida da cavidade que expõe o traço a superfície exposta pelo lixamento) e ângulo em relação ao eixo-C (desvio em relação ao eixo cristalográfico) é possível obter informações sobre a intensidade do *annealing* na qual a apatita foi submetida. Através da distribuição dos comprimentos, pode-se reconstruir sua evolução térmica com base em modelos de *annealing* (GUEDES et al, 2005; YAMADA et al, 2007; GUEDES et al, 2013). O Dpar indicará se a amostra é uma cloroapatita ou fluorapatita e o ângulo em relação ao eixo-C determinará a intensidade em que o *annealing* atuou no mineral.

Ao sofrer *annealing*, a idade obtida em uma amostra tende a ser menor que a idade de formação do mineral. Isso se deve a redução no comprimento e densidade dos traços decorrentes do fenômeno. Sendo assim a idade obtida é uma idade aparente (menor que a de formação mineral), a qual pode ser corrigida para a obtenção da idade na qual os traços começaram a ser gravados na amostra. O grau de *annealing* é expresso pela redução da densidade do traço ρ ou tamanho do traço l , normalizado para o valor original ρ_0 ou l_0 antes do apagamento, sobre várias condições de tempo e temperatura (WAGNER & VAN DEN HAUTE, 1992).

Os principais fenômenos capazes de desestabilizar os traços de fissão latentes (que ainda estão íntegros após sua formação) são o tempo, a temperatura e pressão (WENDT et al., 2002). Todavia, trabalhos como o do Fleischer *et al.* (1965) e do Schmidt *et al.* (2014) demonstram que a temperatura é em grande escala o parâmetro mais influente. Dessa forma, a partir da ativação térmica se nota um rearranjo da estrutura cristalina, promovendo o encurtamento dos traços.

Observou-se que os traços tendem a se tornar gradualmente menos numerosos e mais curtos com o aumento da temperatura e da duração do *annealing*. Isso se deve ao fato que a partir de uma determinada temperatura os traços tendem a encurtar a tal ponto que eles passam a ser apagados, essa faixa de temperatura é denominada zona de *annealing* total.

Esta análise serve como base para a obtenção da história térmica em diferentes regiões de interesse geológico, sendo que as medidas do comprimento dos traços são frequentemente apresentadas como histogramas que são especificados pelo valor médio e desvio padrão.

Cada mineral possui diferentes comportamentos em relação ao encurtamento dos traços através da temperatura (*annealing*). A apatita em particular possui *annealing* parcial na faixa de 60 e 120 °C, o que coincide com o intervalo de maturação dos hidrocarbonetos, durante milhões de anos. Essa característica faz do TTF uma ferramenta de grande importância na avaliação de riscos e incertezas da exploração do petróleo. Outra importante aplicação está no estudo de eventos tectônicos, que são caracterizados por uma grande liberação de energia térmica através de calor, a qual fica registrada no encurtamento parcial dos traços de fissão. Tais aplicações possibilitaram a TTF, principalmente em apatita, um grande desenvolvimento nas últimas décadas (HADLER et al., 1995; HACKSPACHER et al., 2004; TELLO et al., 2005).

Já o zircão possui *annealing* parcial aproximadamente entre 200 e 280 °C (TAGAMI & SHIMADA, 1996; BERNET, 2009) todavia devido a estrutura cristalina e os mecanismos cinéticos deste mineral são consideravelmente mais complexos e resistentes que os da apatita, sendo assim, tem-se maior dificuldade no desenvolvimento de parâmetros associados ao encurtamento dos seus traços, por isso são encontrados mais estudos de história térmica em uma determinada região geológica realizados em apatitas do que em zircões. Justamente por isso trabalhos recentes como o de Said (2021) vêm desenvolvendo estudos em torno dos mecanismos associados ao *annealing* do zircão, afim de promover uma melhor compreensão em torno da análise deste mineral.

A diferença na faixa de temperatura que compõe o *annealing* parcial destes minerais demonstra também porque a análise TTF de ambos são complementares, uma vez que o estudo em apatita trará informações mais detalhadas em temperaturas menores, associadas a eventos mais recentes na região, enquanto o zircão trará informações de temperaturas maiores, geralmente associadas a eventos mais antigos.

II.III. Geologia da área de estudo

A região estudada no presente trabalho está localizada no extremo norte da Faixa de Dobramentos Brasília (DARDENNE, 2000), Província Tocantins (Figura 1), estruturada a partir do Ciclo Orogenético Brasileiro durante o período Neoproterozoico (PIMENTEL et al., 1999).

Do período Estateriano ao Toniano (1,8 Ga – 0,85 Ga¹), bacias de margens intracontinentais ou continentais tem se desenvolvido no Paleocontinente ocidental do São Francisco, recobrando os terrenos e as suítes magmáticas (formadas no Sideriano-Riaciano) que compõem seu embasamento cristalino. Tais bacias são majoritariamente caracterizadas pelos grupos Paranoá, Traíras e Araí, as quais estão associadas respectivamente ao Supergrupo Veadeiros superior, médio e inferior (MARTINS-FERREIRA et al., 2018a). Trabalhos como o de Martins-Ferreira et al. (2018b), Martins-Ferreira et al. (2018c) e Seraine et al. (2020) apresentam estudos recentes sobre os mecanismos de formação dessas bacias, onde suas idades e configurações tectônicas foram restringidas. Todavia o domínio Almas-Conceição, cuja cobertura sedimentar é representada pelo Grupo Natividade, ainda carece de estudos mais aprofundados, visto que não possui idade e configuração tectônica bem definidas. Atualmente não existem evidências suficientes para concluir se o grupo Natividade (Figura 1b) está associado ao Supergrupo Veadeiros superior, médio ou inferior.

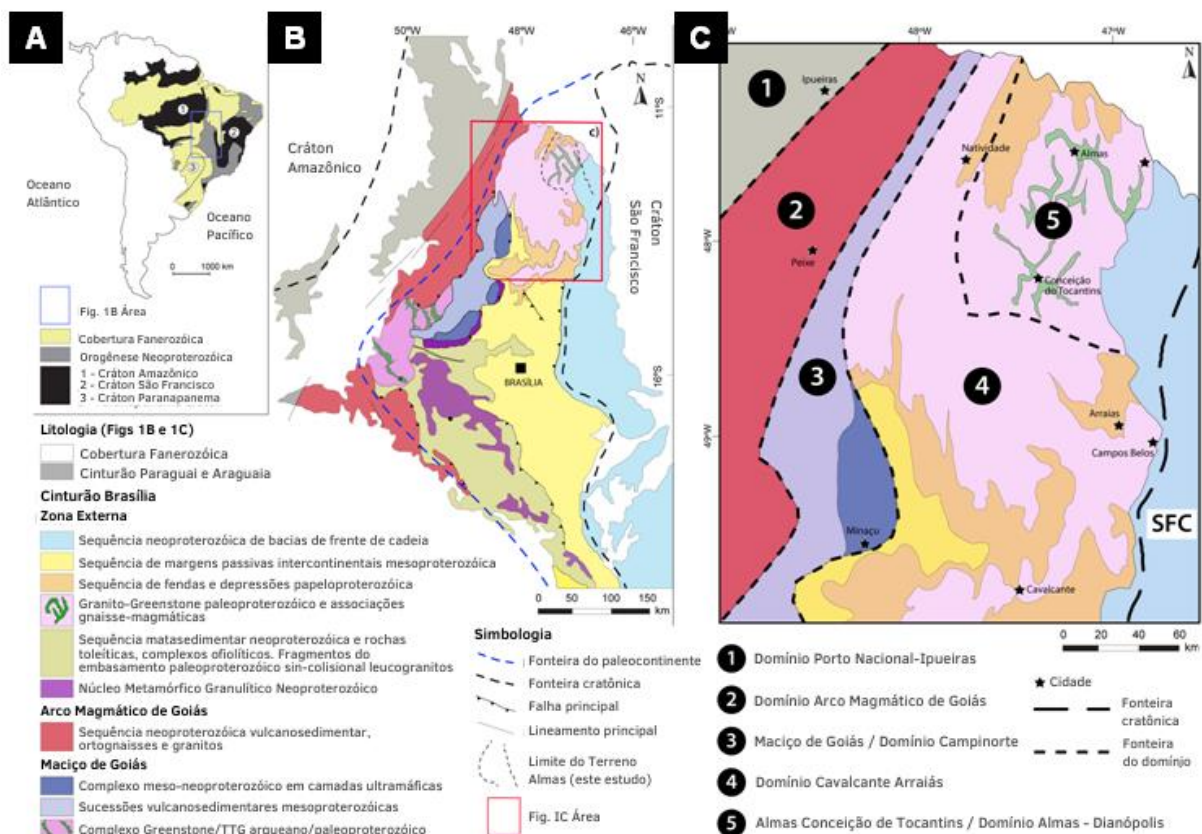
As deposições dos grupos Araxá, Bambuí e Ibiá, com idade de formação Ediacarana (540 Ma – 630 Ma²), ocorreu sincronizadamente a orogênese Brasileira. Sendo assim, tais unidades são parcialmente interpretadas como sendo formadas em ambientes *foreland* (adjacentes a um cinturão de montanhas) e margens ativas, que duraram até o período Cambriano (DARDENNE, 2000). O grupo Bambuí está depositado sobre uma superfície erosiva generalizada, recobrando disformemente o embasamento cristalino (formado no

¹ Ga é a unidade de medida correspondente a bilhões de anos

² Ma é a unidade de medida correspondente a milhões de anos

Sideriano-Riaciano), os grupos Araí e Paranoá possuem idade de formação Estateriana (1,6 Ga – 1,8 Ga) e o grupo Traíras idade Calimica (1,4 Ga – 1,6 Ga). Tal inconformidade erosiva foi gerada provavelmente durante a glaciação Criogeniana e durante/após a orogênese Brasileira (entre 500 Ma e 750 Ma). Foi desenvolvido no período Cretáceo (150 Ma – 65 Ma) um amplo sistema de bacias intracatônicas, as quais formam os grupos Areado e Urucuia, compreendendo principalmente depósitos eólicos e fluviais. Tais sequências recobrem todas as sequências anteriormente mencionadas na região estudada.

Figura 1: a) Localização dos principais crátons e bacias no Brasil em relação à América do Sul e área da figura 1b (retângulo azul); b) mapa geológico simplificado da Faixa Brasília mostrando a localização da área estudada (retângulo vermelho), em relação aos principais crátons e bacias. Os limites aproximados de termas de Almas (linha tracejada dentro do retângulo vermelho) definidos neste estudo e os limites do Paleocôntinente de São Francisco após 1,8 Ga (linha azul pontilhada) são indicados. c) mapa geológico do segmento norte da Faixa Brasília, onde o embasamento cristalino paleoproterozóico é amplamente exposto mostrando os domínios tectônicos definidos para região.



Fonte: Martins-Ferreira et al. (2020), modificado de Fuck *et al.* (2014), Cordeiro e Oliveira (2017).

A região de interesse deste trabalho está localizada na seção norte do Cinturão Brasília, onde o embasamento paleoproterozóico (formado entre 1,6 Ga e 2 Ga) está extensamente exposto. O Cinturão Brasília se apresenta como um cinturão orogênico

colisional formado durante o ciclo Brasileiro-Pan-Neoproterozóico, ou seja, no final do Ciclo Brasileiro (DARDENNE, 2000; PIMENTEL, 2016), na margem oeste do Cráton São Francisco, tal qual apresentado na Figura 1a.

As orogênicas derivadas dos períodos Sideriano e Riáciano (2 Ga – 2,5 Ga) geraram um intenso magmatismo peraluminoso e metaluminoso (CRUZ et al. 2003; CUADROS et al. 2017a), acrescentando extensas regiões de crosta continental ao Cráton São Francisco, bem como dando origem ao Paleocontinente de São Francisco (Figura 1b - delineado pela linha tracejada azul). As idades Nd_{TDM} de Fuck et al. (2014) dividem o Paleocontinente ocidental de São Francisco em três domínios: o domínio Almas-Conceição do Tocantins, o domínio Cavalcante-Araias e o domínio do Maciço de Goiás. Em Cordeiro e Oliveira (2017) nota-se uma divisão semelhante, dividindo também o domínio do Maciço de Goiás em dois outros, denominados Crixás-Goiás e Campinorte, os quais estão representados na Figura 1c.

As rochas investigadas neste estudo derivam do domínio Almas-Conceição do Tocantins, que é adjacente ao domínio Calvalcante-Natividade, o qual é formado por granitos peraluminosos e tonalitos/granodioritos agrupados na Suíte Aurumina, uma suíte orogênica instalada na fronteira oeste do Cráton São Francisco, durante o período de 2,11 a 2,16 Ga (CUADROS et al., 2017a). Cuadros et al. (2017a) interpretam a Suíte Aurumina como gerada em um cenário de arco magmático continental, enquanto Sousa et al., (2016) a interpretam como um cenário de colisão continental.

II.III.I. O Terreno Almas

A região deste estudo é conhecida como Terreno Almas-Dianópolis, Almas-Conceição ou Almas-Natividade, dependendo da especificidade de localização indicada pelo autor. No presente trabalho, para fins de simplificação será designada como "Terreno Almas".

A região vem sendo estudada desde a década de 1970 por diversos autores nos seus aspectos litológicos, tectônicos e metalogenéticos. Os pioneiros Nilson & Valle (1973), Costa et al. (1976), Correia Filho & Sá (1980), Costa (1984), Padilha (1984), Arthaud (1988) descreveram as bases do conhecimento sobre o terreno Almas. Seus estudos de mapeamento geológico e análise estrutural foram o ponto de partida para as gerações posteriores que, a partir da década de 1990 detalharam a evolução tectono-estrutural, o metamorfismo, o hidrotermalismo e a metalogênese (SILVA et al., 1990; BORGES, 1993; CRUZ, 1993;

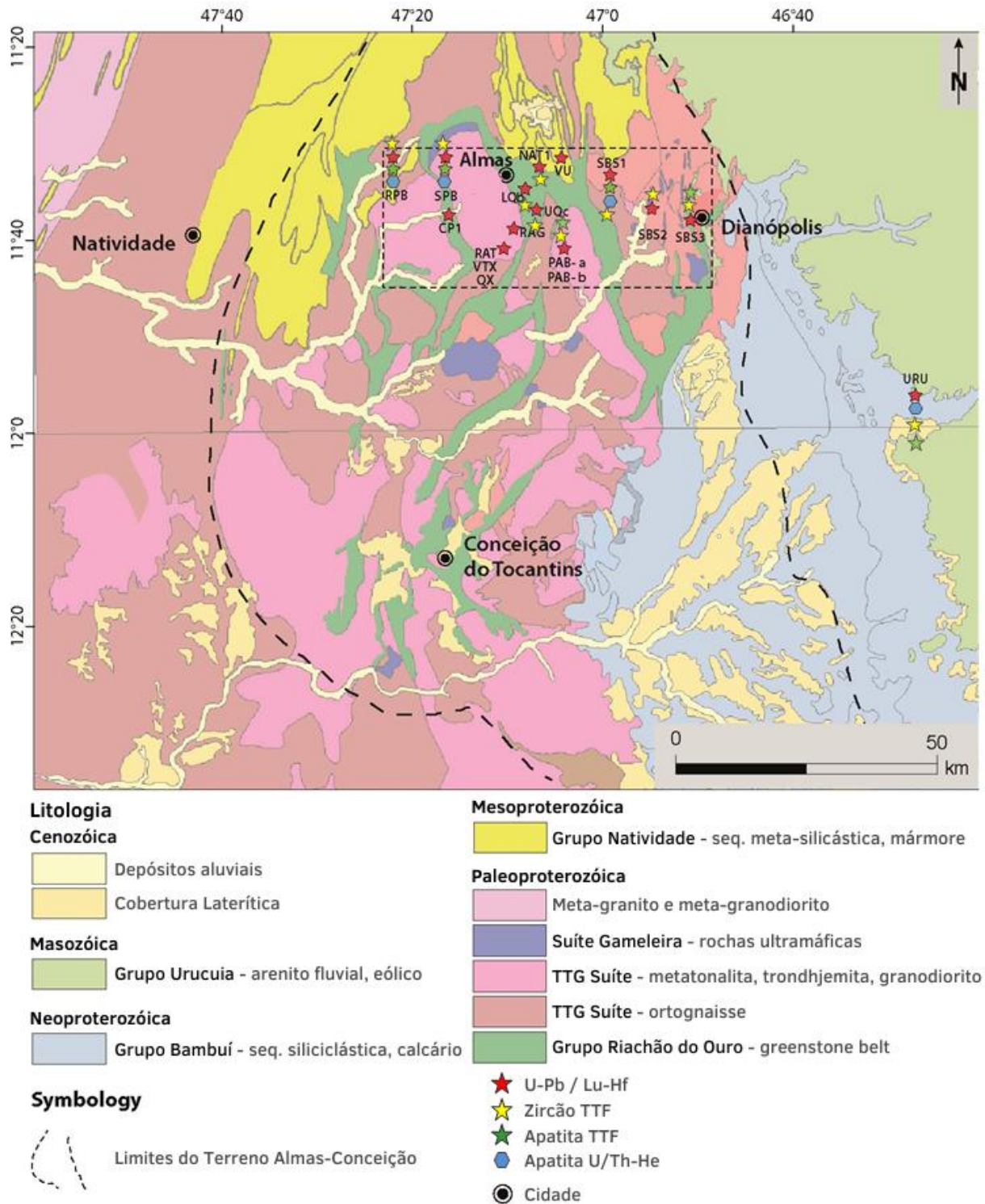
THOMSEN & KUYUMJIAN, 1994; CRUZ & KUYUMJIAN, 1998, 1999; CRUZ, 2001; KUYUMJIAN & ARAÚJO FILHO, 2005). Os estudos que se seguiram fizeram uso das tecnologias de análise geoquímica, isotópica, geocronológica, geotermobarométrica, sensoriamento remoto e inclusões fluidas com o objetivo de contribuir com dados quantitativos (CRUZ et al., 2003; FERRARI & CHOUDHURI, 2004; CRUZ & KUYUMJIAN, 2006; ALVAREZ, 2007). Uma síntese do conhecimento sobre a região foi publicada por Kuyumjian *et al.* (2012) na qual nova análise de inclusões fluidas é apresentada com interpretações baseadas em todo o conhecimento adquirido ao longo de três décadas.

As rochas do terreno Almas mostram indícios petrológicos do metamorfismo nas fácies dos anfibólitos, as quais foram interpretadas como decorrentes dos eventos de acreção ocorridos no Paleoproterozóico, com retro-metamorfismo do xisto verde, devido a orogênese Brasileira (500 Ma – 700 Ma). Sendo assim todo litotipo é, portanto, metamórfico, de maneira que para fins de simplificação o prefixo “meta” será suprimido.

O Almas consiste em uma formação do tipo *greenstone*-TTG (tonalita-trondjemita-granodiorito). A região é também conhecida como Província de Ouro de Almas em virtude da presença de diversos depósitos de ouro orogênico estruturalmente controlados, localizados principalmente nas zonas de cisalhamento dúctil (KUYUMJIAN et al., 2012, MARTINS-FERREIRA et al., 2017; HORBE et al., 2019).

Diversos trabalhos relatam que a TTG desta região possui composições químicas características de subducção, promovendo a divisão destas rochas em duas suítes. As rochas da suíte 1 são metaluminosas e possuem anfibólito como seu principal mineral máfico, com idades Sm-Nd de 2,53 Ga, são interpretadas como produto do derretimento parcial da cunha do manto. Já as rochas da suíte 2 são peraluminosas e possuem biotita como principal mineral máfico, com idades Sm-Nd de 2,53 Ga também. Estas são interpretadas como derretimento parcial da litosfera oceânica (THOMSEN E KUYUMJIAN, 1994; CRUZ E KUYUMJIAN, 1998; CRUZ ET AL. 2003).

Figura 2: Mapa geológico regional mostrando os limites aproximados do Almas-Conceição Tocantins e sua localização em relação ao limite oeste do Craton São Francisco.



Fonte: Martins-Ferreira *et al.* (2020).

Especificamente, na região em torno da cidade de Almas, foram identificadas seis litologias ígneas (MARTINS-FERREIRA et al., 2020). Estas ocorrem como diferentes batólitos, *inliers* ou intrusões, distinguíveis devido às suas diferentes composições, embora algumas composições também estejam presentes nos batólitos. Tais litologias são denominadas como: Tonalito Ribeirão das Areias (RAT), Granodiorito de Ribeirão das Areias (RAG), Suíte Serra do Boqueirão (SBS), Batólito de Porto Alegre (PAB), Batólito da Serra do Pilão (SPB), e Batólito Ribeirão Raiz (RRB).

São raros os xenólitos em Almas, sendo muito mais frequentes em Dianópolis (Figuras 2 e 3), localidade em que a Suíte Serra do Boqueirão (SBS) é predominante. O Cinturão *Greenstone* se apresenta somente no terreno Almas, o qual é preservado nos estreitos cinturões nas margens dos batólitos TTG, este é representado pelo Grupo Riachão do Ouro. Este grupo é dividido em duas formações: a Formação Córrego do Paiol (CP) inferior, que é uma sequência meta-vulcânica composta principalmente por rochas máficas e ultramáficas menores e a Formação Morro do Carneiro (MC) que é uma sequência meta-vulcano-sedimentar composta predominantemente por filitos, conglomerados, quartzito e rochas vulcânicas félsicas entrelaçadas em filito carbonáceo. Dentre os meta-basaltos da Formação CP, estão um basalto toleiítico de alta concentração de ferro mostrando afinidade química à zona de subducção e um komatiite de alta concentração de magnésio, ocasionalmente almofadado, interpretado como gerado em um retroarco (CRUZ E KUYUMJIAN, 1998; FERRARI E CHOUDHURI, 2002; KUYUMJIAN et al., 2012).

II.IV. Amostragem

Foram realizadas análises de TTF em 11 amostras. A Tabela 1 contém informações associadas ao tipo de rocha das amostras, bem como as coordenadas e altitude das quais estas foram extraídas. Na Tabela 2 estão descritas as características estruturais bem como a composição das mesmas. Na Figura 3 é apresentada a localização onde as amostras foram retiradas e as análises respectivamente realizadas nelas (no presente trabalho estão contidas as metodologias representadas pelas estrelas amarelas e verdes).

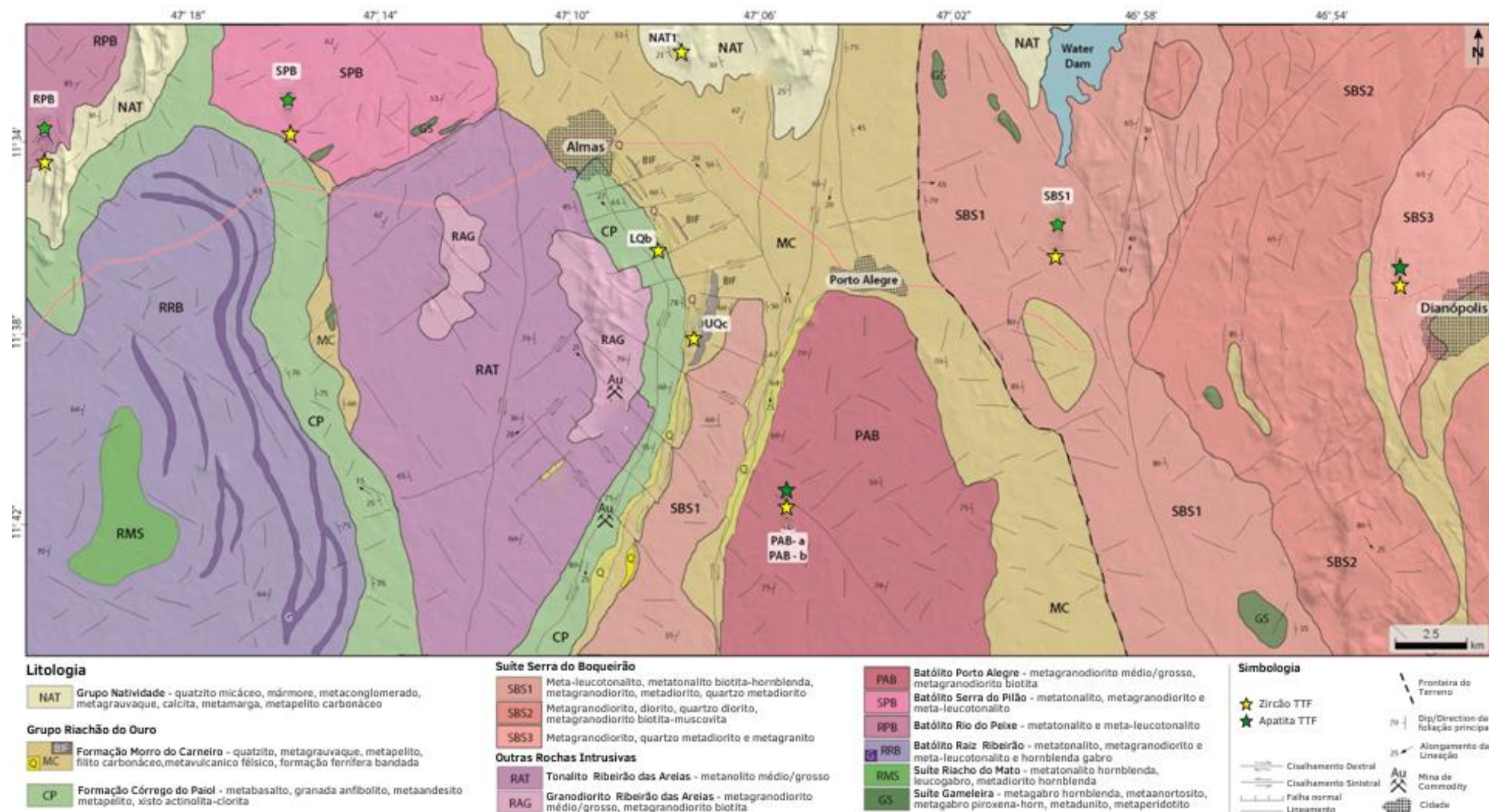
Vale ressaltar que duas amostras foram extraídas do Batólito Porto Alegre, em coordenadas e rochas equivalentes, porém com granulometria distintas (PAB-a e PAB-b). Caso semelhante ocorre com as amostras de quartzito da Formação Morro do Carneiro, as quais, no entanto, foram retiradas de locais e níveis estratigráficos distintos sendo um na camada de Quartzito Inferior (LQb) e outra na camada de Quartzito Superior (UQc).

Tabela 1: Amostras analisadas.

Amostra	Rocha	Unidade	Altitude (m)	Coordenadas (UTM)	
				E	N
NAT1	Quartzito Micáceo	Grupo Natividade	484	268502	8728393
PAB-a	Biotita Tonalito Grosso	TTG Bloco M. Alves	357	272926	8706182
PAB-b	Biotita Tonalito Fino	TTG Bloco M. Alves	357	272926	8706182
SBS1	Bt Granodiorito	Suíte S. do Boqueirão	422	290148	8713250
SBS2	Quartzo Diorito	Suíte S. do Boqueirão Dianópolis	695	299472	8715425
SBS3	Granodiorito cisalhado	Suíte S. do Boqueirão	401	284516	8719233
SPB	Tonalito	TTG Bl. Serra dos Pilões	420	251500	8721168
RPB	Tonalito	TTG Bloco Peixe	369	239495	8718234
URU	Arenito grosso	Grupo Urucuia	675	339966	8696124
LQB	Quartzito médio	Fm. Morro do Carneiro	-	268289	8713010
UQC	Quartzito grosso	Fm. Morro do Carneiro	365	267414	8716855

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 3: Trabalho de campo com indicação das amostras do Greenstone/TTG de Almas e localização da qual elas foram extraídas. Representação na cor verde das amostras das quais foram realizadas a análise de termocronologia por traços de fissão em apatita e na cor amarela em zircão.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 2: Descrição petrológica resumida das amostras.

<i>Amostra</i>	<i>Descrição</i>
NAT Quartzito Micácio (Grupo Natividade)	Quartzito micáceo da base do Grupo Natividade, depositado sobre os carbonatos basais.
PAB Batólito Porto Alegre	Granodiorito de grão médio, inequigranular, leucocrático isotrópico. O quartzo é predominante e anédrico com extinção de ondulose (45%), seguido de K-feldspato com cristais anédricos de grão médio de composição de microclina (20%), plagioclásio é anédrico com composição de albita e é substituído por saussurita (20%), muscovita é subédrica e grão médio a fino (5%), epídoto (5%) e clorito (5%).
RPB Batólito Ribeirão do Peixe	Granodiorito de granulação média a fina, quartzo contendo leucocráticos e inequigranulares com extinção de ondulose (30%), plagioclase euédrica substituída por epídoto e saussurita (30%), k-feldspato também euédrico (20%), planos de foliação de marcação de muscovita (15%) e epídoto (5%).
SPB Batólito Serra do Pilão	Granodiorito de granulação grossa a média com textura ígnea apenas parcialmente preservada, marcada por uma foliação anastomosada de fitas de quartzo com extinção de ondulose. Plagioclase (65%), saussurita por alteração de k-feldspato (30%), quartzo (5%), epídoto e clinzoisita (<1%).
SBS1 Suite Boqueirão	Granodiorito leucocrático grosso a médio com fenocristais de plagioclásio subédrico a euédrico com substituição de saussurita (35%) o quartzo é grosso e monocristalino com extinção insipiente de ondulose (28%), o muscovita é bem formado e ocorre associado ao quartzo e plagioclásio marcando uma foliação incipiente (15%) actinolita e tremolita ocorrem como agregados de epidoto de cristais fibro-radiais (11%) (7%) biotita (4%).
SBS2 Suite Boqueirão	Diorito de hornblenda de grão médio a fino contendo fenocristais subédricos de plagioclásio com substituição de saussurita (33%), hornblenda não é equigranular com fenocristais não orientados (28%) epidoto é comum e ocorre associado ao clorito de feldspato (18%) encontrado nos cristais de hornblenda (12%) o quartzo é de grão fino e minerais raros (7%) opacos também ocorrem (2%).
SBS3 Suite Boqueirão	Diorito de quartzo de grão grosseiro com textura ígnea parcialmente preservada. Formação subgranular e extinção de ondulose observadas localmente. A composição de diorito de quartzo é inferida considerando a soma de plagioclásio + saussurita como representante da plagioclase ígnea e hornblenda + clorita como representante da hornblenda ígnea. As composições modais são plagioclásio + saussurita (45%), hornblenda (30%), quartzo (15%) e clorito (10%). O retrometamorfismo das fácies anfibólito e xisto verde é inferido a partir da transformação da plagioclase em saussurita e da hornblenda em clorita.
LQB Quartzito Inferior (Formação Morro do Carneiro)	Quartzito branco grosso a médio (grãos de 0,8 a 0,4 mm) com mais de 99% de quartzo. A morfologia sedimentar dos grãos é apenas parcialmente preservada. Sub-grãos são observados junto com contatos de grãos curvos e irregulares. A hematita ocorre (menos de 1%) nos poros e precipita diagenética tardia. Nenhum fragmento lítico pode ser observado em seções finas.
URU Arenito Grosso (Grupo Uruçuaia)	Arenito grosso do Cretáceo coletado na Serra geral de Goiás. Para comparação com TF de amostras mais a Oeste e mais velhas.

<i>Amostra</i>	<i>Descrição</i>
UQC Quartzito Superior (Formação Morro do Carneiro)	Quartzito acinzentado grosseiro a médio (grãos de 0,7 a 0,3 mm) composto predominantemente de quartzo (97%) com grãos irregulares e alongados, extinção de undulose e sub-grãos próximos às bordas. Clorito e moscovita são componentes menores (1%). A hematita (2%) ocorre nos poros e, à medida que a diagenética tardia precipita em torno dos grãos de quartzo. A hematita dá a cor acinzentada à amostra da mão. Descrito na literatura como quartzito hematítico, ocorre antes da formação de ferro em faixas. Nenhum fragmento lítico pode ser observado em seções finas.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A realização da análise de TTF em zircão e apatita compõe diversas etapas, as quais foram realizadas em diferentes centros de pesquisa. Os primeiros estágios da separação mineral (britador, peneira e bateia) foram feitos pela empresa Júnior Cráton Consultoria em Geologia da UnB em Brasília. A separação magnética via Frantz foi realizada na Unesp de Presidente Prudente. Já a separação química por densidade (Bromofórmio e Diodometano), a preparação das amostras e a análise dos traços em microscópio óptico foram desenvolvidas no laboratório de pesquisa do grupo TRACKs, na UFSCAR, Sorocaba. Por fim, a obtenção do conteúdo de urânio (para datação) foi realizada junto a empresa ChronusCamp Research, localizada em Itapira – SP.

Nas 11 amostras estudadas foi possível realizar análises de TTF em zircão, das quais em 6 amostras foram feitas também em apatita. Na Tabela 3 é apresentada a descrição da respectiva análise TTF realizada em cada amostra.

Tabela 3: Análises de TTF realizadas nas amostras coletadas.

Amostra	TTF	
	Zircão	Apatita
NAT1	×	
PAB-a	×	×
PAB-b	×	
SBS1	×	×
SBS2	×	
SBS3	×	×
SPB	×	×
RPB	×	×
URU	×	×
LQB	×	
UQC	×	

Fonte: Elaborado pelo autor.

II.IV.I. Preparação e análise das amostras de zircão e apatita

Finalizada a separação mineral, as apatitas foram montadas em uma resina epóxi transparente, polidas e atacadas quimicamente. Busca-se montar as amostras em resina afim de

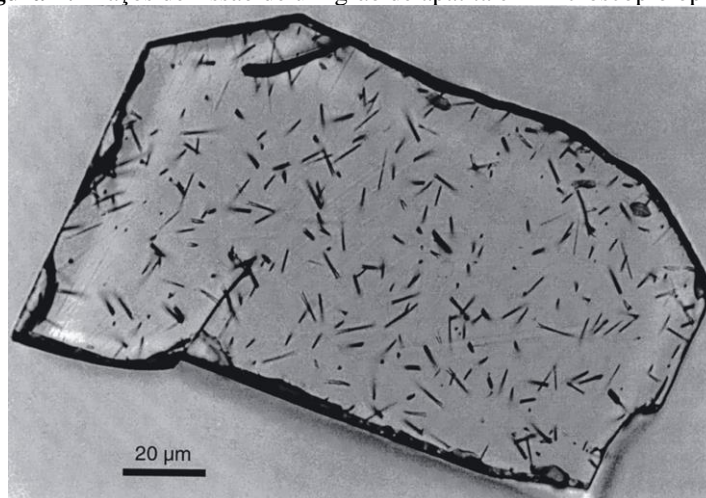
estabilizar os grãos, o lixamento tem como objetivo realizar um corte transversal nos minerais expondo assim os traços localizados no interior da amostra, já o polimento tem por utilidade facilitar a passagem de luz durante a exposição no microscópio óptico. Por fim através do ataque químico é possível aumentar a espessura do traço, isso ocorre pois o ácido (ou base no caso do zircão) atuará primeiramente na imperfeição da estrutura cristalina, ou seja, no traço de fissão. Sendo assim, será possível observar os traços em microscópio óptico.

Após a montagem as amostras foram lixadas em granulometria de aproximadamente 10 μm e polidas em granulometria 1 μm e $\frac{1}{4}$ μm com pasta de diamante. Estando as amostras devidamente polidas, foram atacadas quimicamente, o ataque padrão utilizado foi em ácido nítrico (HNO_3) à 5 mol, por 20 s em temperatura de 21 $^\circ\text{C}$.

A montagem dos grãos de zircão foi realizada em um teflon PFA especial transparente que suporta até 330 $^\circ\text{C}$ de temperatura. Em seguida a amostra foi lixada em três etapas: lixa 1200, manualmente, lixa 2400 durante 4 minutos em 70 rpm na politriz (modelo aropol-vv) e por fim, lixa 4000 durante 6 minutos em 60 rpm na politriz. Destaca-se que esse processo deve ser realizado com muito cuidado pois apresenta um grande risco na perda de grãos de zircão. Logo após a amostra ser polida com pasta de diamante em granulometria $\frac{1}{4}$ μm durante 10 minutos, o ataque químico foi feito com a mistura denominada “eutectic” na literatura, composta de hidróxido de sódio (NaOH) e hidróxido de potássio (KOH) em proporção equivalente (1:1), na temperatura de (225 ± 2) $^\circ\text{C}$. Essa mistura foi colocada em um béquer de teflon cilíndrico com tampa e paredes largas, altamente resistentes a temperatura. Finalmente o teflon contendo os grãos de zircão foi depositado na superfície da mistura e levado ao forno a (225 ± 2) $^\circ\text{C}$ durante períodos de até 72 horas, a depender da amostra (GARVER, 2003). O critério utilizado para identificar o tempo de ataque ideal é fazê-lo até que o diâmetro dos traços meça por volta de 2 μm (YAMADA et al., 1998).

Em ambos os minerais a contagem dos traços, a fim de se obter a densidade de traços de fissão espontânea, foi realizada em uma área específica (campo) escolhida aleatoriamente na parte central de cada grão (Figura 4). Essa medição é realizada de maneira analógica e possui a finalidade de obter a idade da amostra, uma vez que a densidade de traços é proporcional a sua idade.

Figura 4: Traços de fissão de um grão de apatita em microscópio óptico.



Fonte: Gleadow *et al.* (2002).

Já o comprimento dos traços foi medido em traços confinados paralelos a superfície observada. Tal análise pode ser realizada em zircão, todavia é utilizada principalmente em apatita, afim de se adquirir informações para a modelagem e descrição da evolução térmica da área de estudo. Obtendo-se os traços de fissão espontânea confinados em apatita se tem distribuições com informações da história térmica da região onde a apatita foi coletada. É possível observar que traços mais antigos, quando submetidos a temperaturas mais elevadas (milhões de anos) apresentam maior encurtamento que traços mais novos submetidos a temperaturas menos intensas, e, sendo os traços gerados continuamente durante a história geológica, tem-se assim uma distribuição de comprimento dos traços.

Após a contagem dos traços de fissão espontânea e a medição dos traços confinados, as amostras foram submetidas ao procedimento de a obtenção do conteúdo de urânio via espectrômetro de massa LA-ICP-MS. A determinação do ponto e diâmetro para o spot do laser foi definido com base na área utilizada para a obtenção da densidade de traços contidos na superfície de cada grão, ou seja, durante a análise via TTF (DIAS, 2012; DIAS *et al.* 2011, 2017b, 2018). Isso ocorre pois o conteúdo de urânio nem sempre é proporcional em todas as regiões do grão, principalmente nas amostras de zircão, dessa forma obter esse parâmetro na região onde foi obtida a densidade dos traços é mais congruente do ponto de vista metodológico.

Trabalhos como Hasebe *et al.*, (2004), Donelick *et al.*, (2005) Chew e Donelick (2012) e Soares *et al.* (2014) foram essenciais para o desenvolvimento da metodologia onde se busca obter o conteúdo de urânio através de um espectrômetro de massa LA-ICP-MS, objetivando-se assim superar as dificuldades impostas pelo método tradicional via irradiação, sendo estes principalmente o alto custo e extenso tempo em que a amostra deve ser submetida a um reator. Outro método disponível é o uso de Microsonda eletrônica. Este foi desenvolvido inicialmente por Gombosi *et al.*

(2014) e aprimorado por Dias *et al.* (2017a), possibilitando juntamente com outras metodologias, o desenvolvimento da equação de idade necessária para a datação das amostras via TTF:

A equação mais geral para a datação t (em Ma) de amostras via TTF é descrita por Dias *et al.* (2017a):

$$t = \frac{1}{\lambda_{\alpha}} \ln \left[1 + \frac{\rho_S \lambda_{\alpha}}{K(ppm)C_{238}\lambda_f} \right] \quad (1)$$

Em que ρ_S é a densidade de traços de fissão espontânea obtida ao microscópio óptico; λ_{α} é constante de decaimento alfa ($1,55125 \times 10^{-10} \text{ a}^{-1}$ - LEDERER e SHIRLEY, 1978), C_{238} é a concentração de isotópica do Urânio-238 (0,99275), $K(ppm)$ é a concentração de urânio dada em $\mu\text{g.g}^{-1}$ e é obtida pelo produto ε_{238} (eficiência de detecção mineral) e NU (número de Urânio-238 por unidade de volume no mineral) e λ_f é constante de fissão espontânea do Urânio-238 ($8,5 \times 10^{-17} \text{ a}^{-1}$ - HOLDEN e HOFFMAN, 2000).

Nota-se que todos os parâmetros são constantes, com a excessão da densidade de traços de fissão espontânea e o conteúdo de urânio. Detalhes a respeito da incerteza desses parâmetros e da propagação do erro no cálculo da idade podem ser encontrados em Dias *et al.* (2017a).

III. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados do conteúdo de urânio, a densidade de traços de fissão de cada grão e as idades obtidas a partir desses dados através da Equação 1 se encontram no Apêndice 1, onde estão dispostos, na Tabela A1 os dados associados as amostras de zircão e na Tabela A2 os de apatita. Ressalta-se que foram analisadas 11 amostras via TTF em zircão (NAT1, PAB-a, PAB-b, SBS1, SBS2, SBS3, SPB, RPB, URU, LQb, UQc), dentre as quais em 6 delas foi possível realizar também a análise em apatita (PAB-a, SBS1, SBS3, SPB, RPB e URU), sendo que para essas últimas foi possível obter sua história térmica.

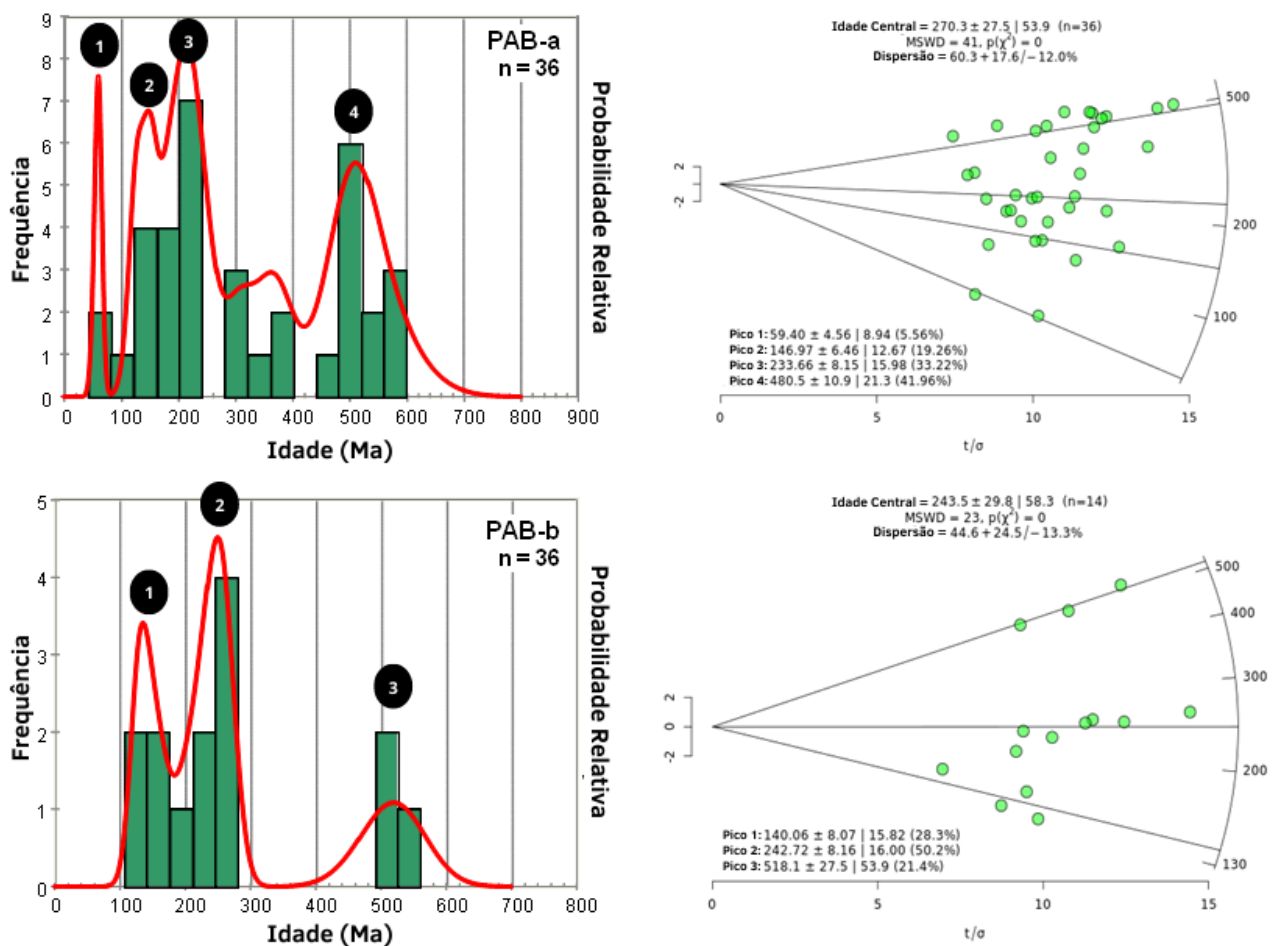
III.I. Em zircão

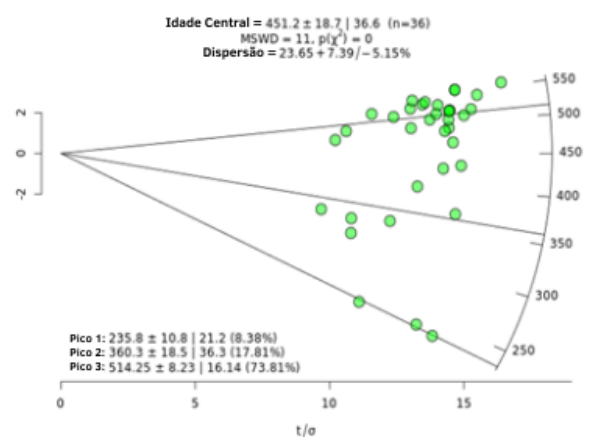
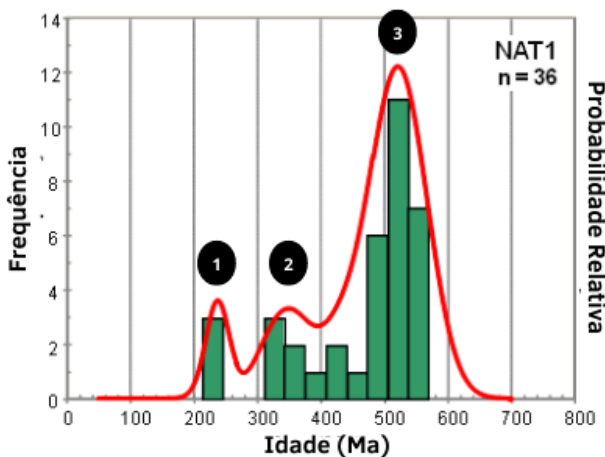
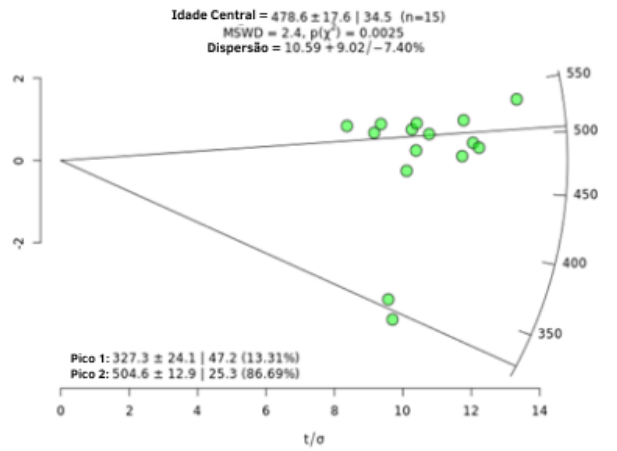
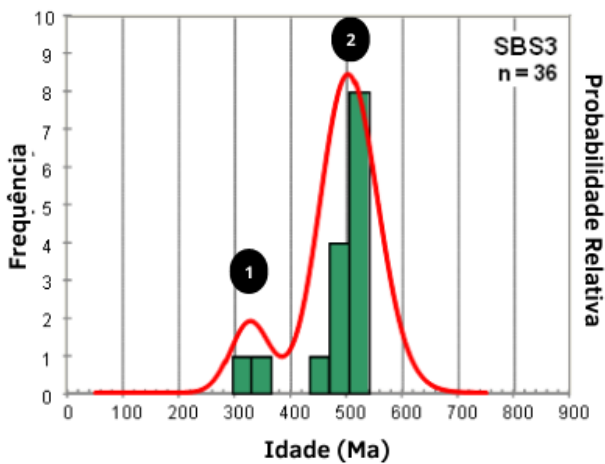
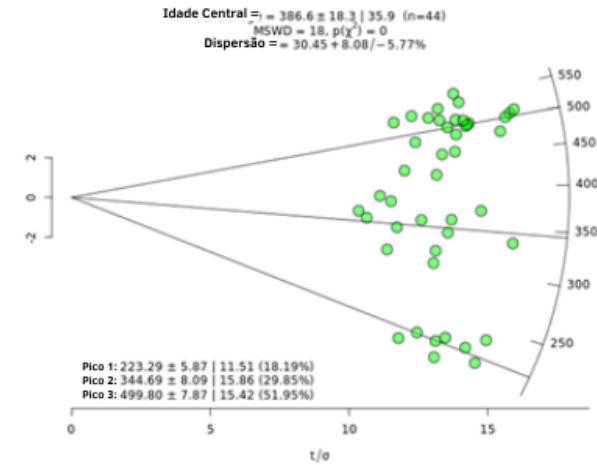
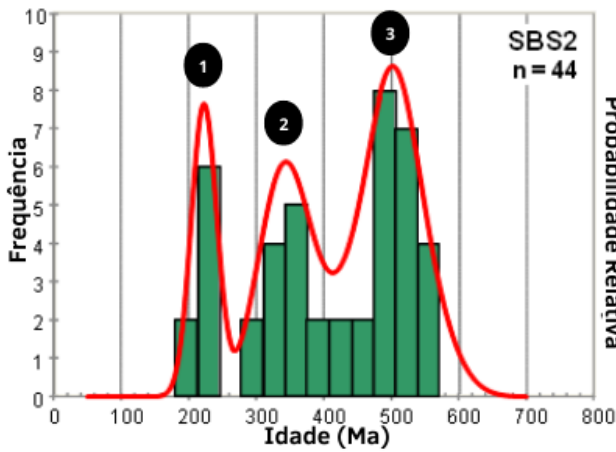
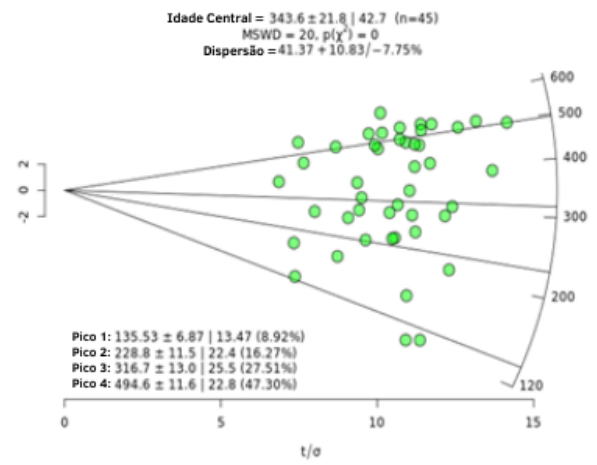
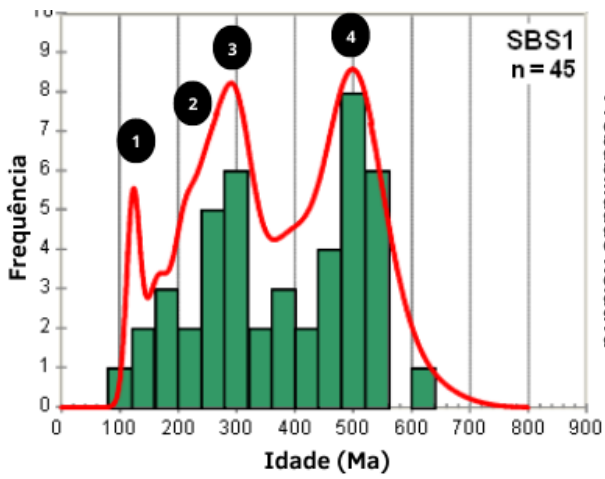
Na Figura 5 estão os histogramas e radialplots das amostras de zircão analisadas. Os dados obtidos foram plotados em dois softwares de análise estatística: *Radialplotter* (GALBRAITH, 1990 e VERMEESCH, 2009) e *Isoplot* (LUDWIG, 2009). Desenvolvido por Vermeesch (2009), o

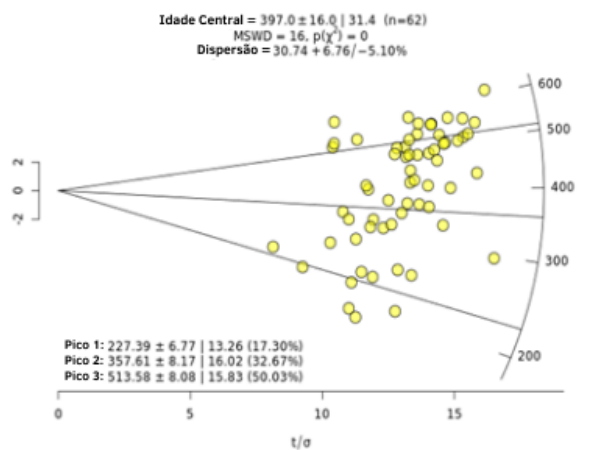
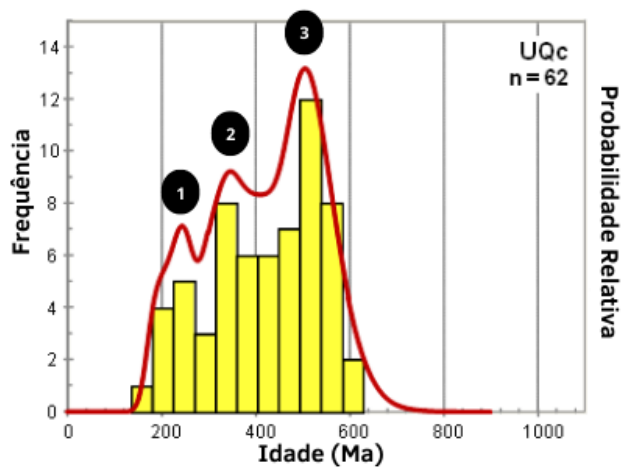
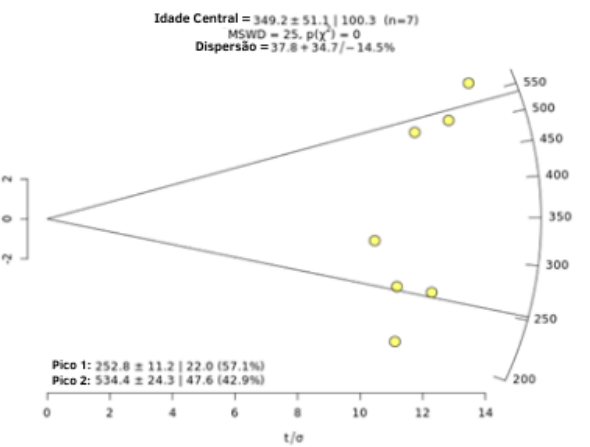
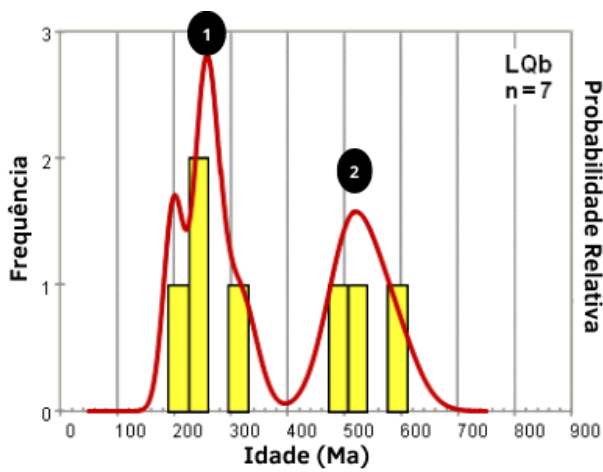
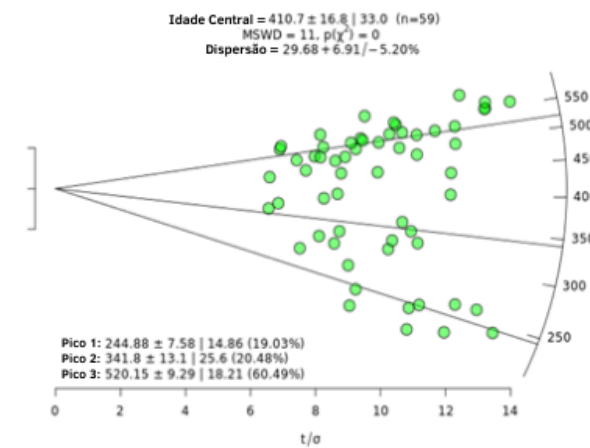
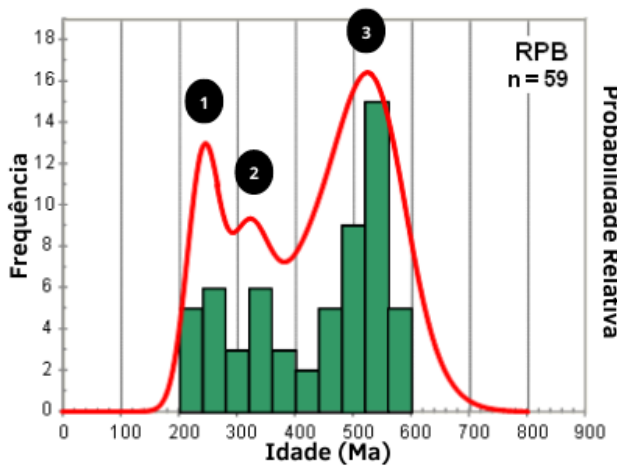
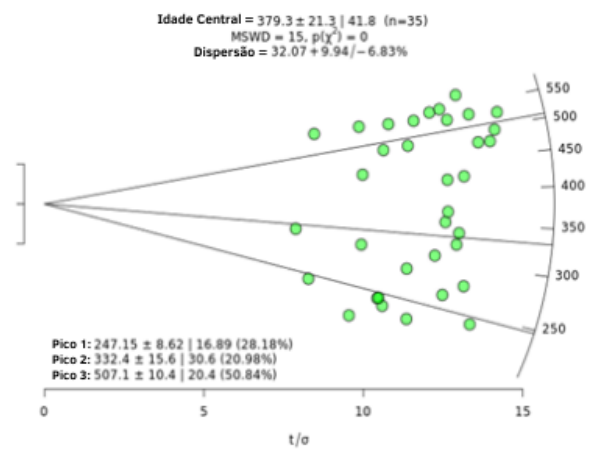
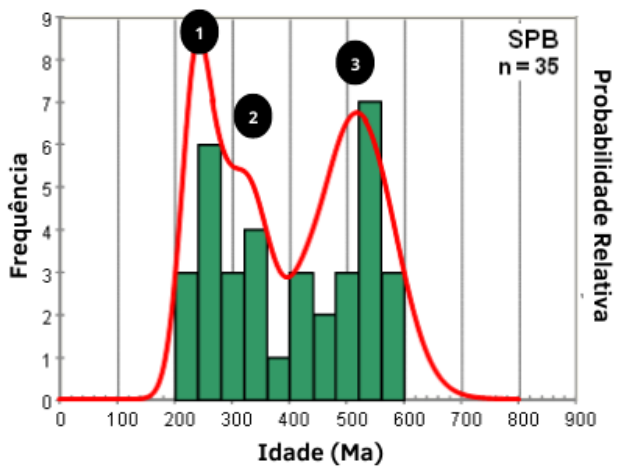
Radialplotter é amplamente utilizado pela comunidade de TTF. Sua função é exclusivamente estruturar parcelas radiais, ou seja, indicar através de uma validação poissoniana a possibilidade de agrupamentos de populações a partir de idades ordenadas radialmente, sendo inapto assim a reduzir e interpretar os dados. Já o programa *Isoplot*, afim de complementar a análise, apresenta resultados em histogramas, procura-se assim, por uma validação gaussiana, mostrar a distribuição das atividades obtidas. Tal validação ocorre em função da independência estatística entre as idades encontradas para cada grão.

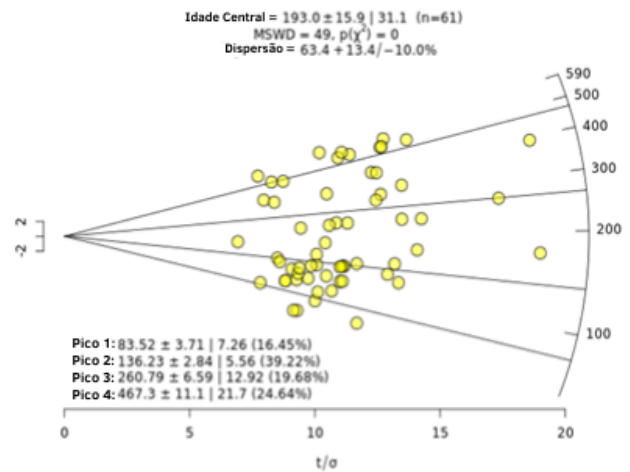
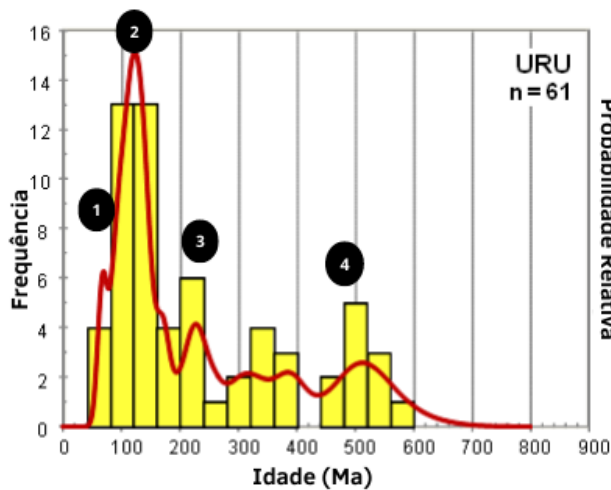
Vale ressaltar que os picos associados à média das idades dos agrupamentos de população apresentados no *Radialplotter* correspondem também aos picos da densidade de probabilidade gerada a partir do histograma do *Isoplot*.

Figura 5: Radial Plot (direita) das idades TTF em zircão das amostras do Terreno Almas, com os picos correspondentes as médias das populações de idade e histograma (esquerda) com os picos das densidades de probabilidade equivalentes aos do Radial Plot.









Fonte: Elaborado pelo autor.

Foi realizada a análise via TTF de 457 grãos de zircão. Vale ressaltar a importância do alto número de grãos analisados, uma vez, que quanto maior o número de dados estatísticos mais fiel será a interpretação gerada através dos resultados.

Observa-se que as amostras apresentam populações mais relevantes em torno de 480-530 Ma, 320-360 Ma e 220-250 Ma, 130-140 Ma. Nas amostras PAB-a e URU ainda se notam duas populações entre 60-90 Ma. Apesar da amostra LQb possuir um número de resultados menor que o recomendado (DONELICK et al., 2005), observa-se um padrão geral de dados próximo a amostra UQc. Dessa forma, é possível notar que os resultados obtidos indicam eventos tectônicos conhecidos na região analisada, sendo que tais populações indicam idades congruentes a esses eventos.

Percebe-se a partir de uma análise mais refinada em torno dos resultados que:

- As amostras PAB-a, PAB-b, SBS1, URU, com populações na faixa de 130-140 Ma, registram o afastamento das placas Africana e Sulamericana durante o período Cretáceo;
- Além destas, as amostras SBS3, NAT1, SBP e RPB, apresentando populações de 480-530 Ma, 320-360 Ma e 220-250 Ma, indicam processos de denudação do final do Ciclo Brasileiro, entre o período Cambriano e Ordoviciano, e a orogênia Gondwanides, em seus estágios iniciais de subdução até o colapso orogênico (Carbonífero-Triássico).
- As amostras LBb e UQc derivadas de Quartzitos da Formação Morro do Carneiro, formados por arenitos depositados em uma bacia Riachiana (MARTINS-FERREIRA et al., 2020), tais quais as anteriores, apresentam populações de 480-530 Ma e 220-250 Ma. Estas fazem parte do bloco crustal Arqueano-Paleoproterozóico e sofreram

processos de denudação no Final do Ciclo Brasileiro (Cambiano-Ordoviciano) e Gondwanides (Carbonífero-Triássico);

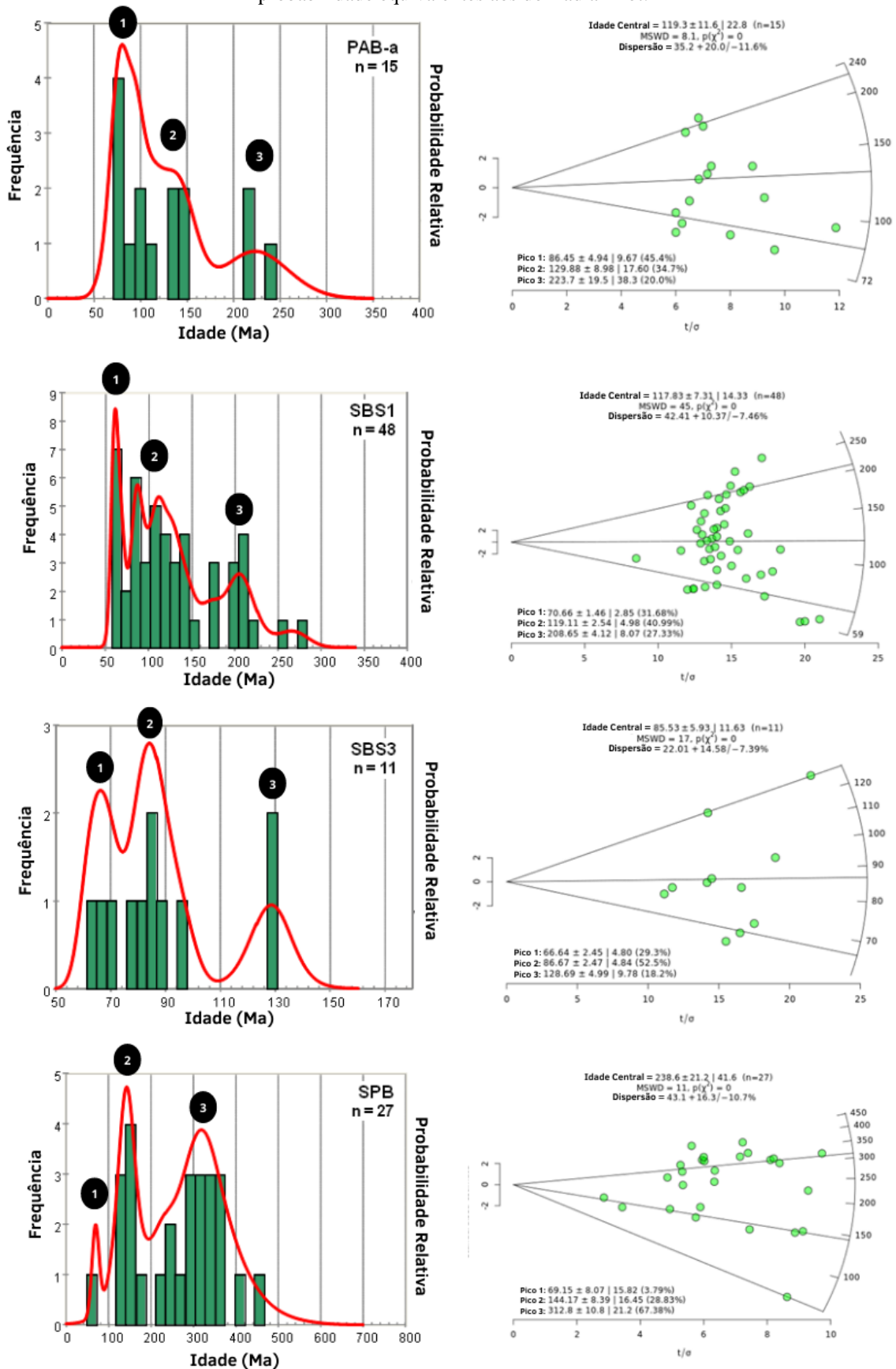
- A amostra URU registra os principais eventos na região do éon Fanerozoico, sendo a Orogênia Gondwanides (populações de 220-250 Ma), o desmembramento das placas Africana e Sulamericana, no Cretáceo (populações de 130-140 Ma) e a deposição da Formação Urucuia, entre de 80-90 Ma;
- Por fim uma idade interessante é a mais jovem de $(57,7 \pm 7,0)$ Ma (Apêndice 1 – grão 26, amostra PAB-a) que indica o limite entre o Cretáceo e o Terciário, essa idade é interpretada como sendo qualquer ajuste de placa na região.

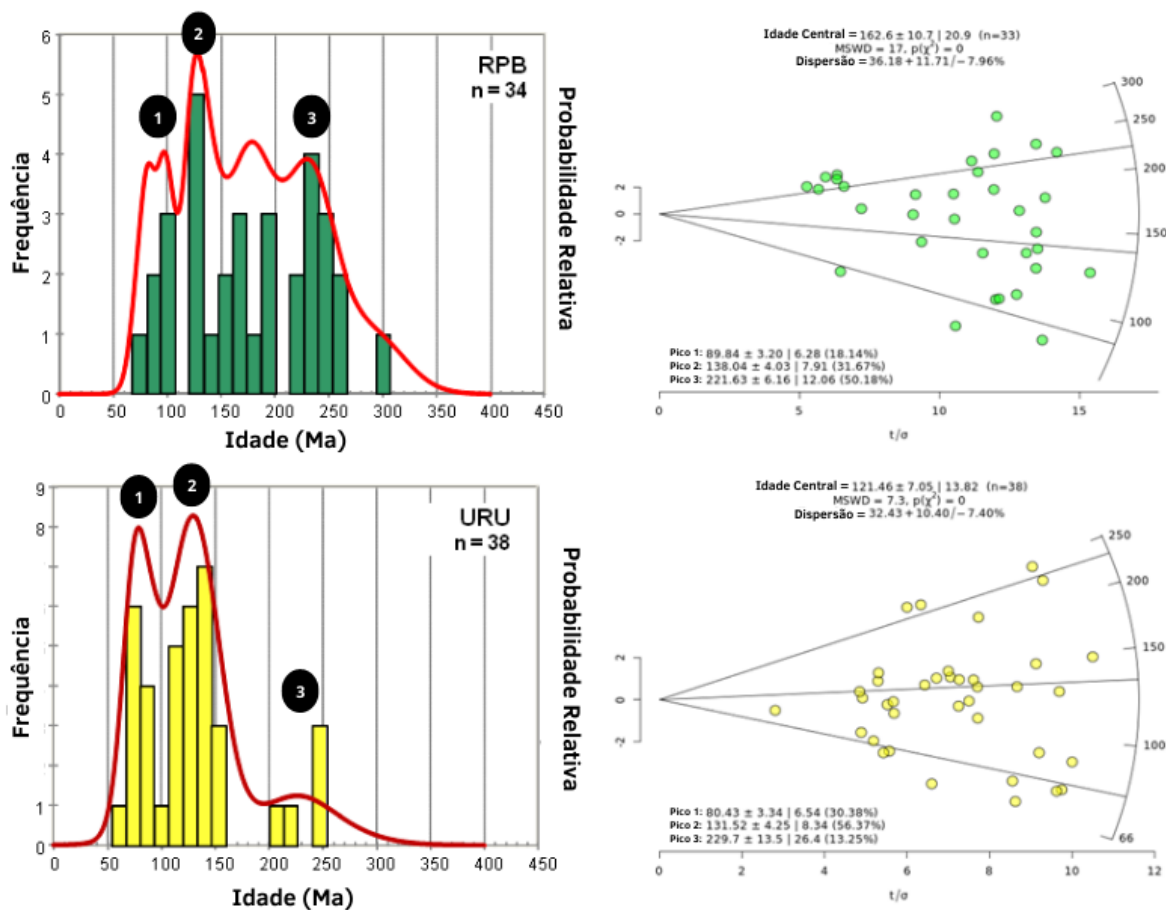
De maneira geral, para as amostras de zircão é possível demarcar importantes eventos tectônicos, como o Ciclo Orogênico Transbrasiliano, ocorrido no final do Ciclo Brasileiro, associado as populações com idades 480-530 Ma. Além deste nota-se pelas populações de idade Carbonífero-Triássicas (320-360 Ma e 220-250 Ma) elevações no terreno Almas no início e no final do Ciclo Orogênico Gondwanides. Verificam-se também, de maneira menos frequente, populações de idade Cretácea (130-140 Ma) indicando a abertura do Atlântico pelo desmembramento das plataformas Africana e Sulamericana e por fim para duas amostras (PAB-a e URU) se notam populações que indicam a deposição da Formação Urucuia, com idades de 60-90 Ma.

III.II. Em apatita

De maneira equivalente as amostras de zircão, os resultados das amostras de apatita foram plotados usando *Radialplotter* e *Isoplot*. Os dados obtidos estão exibidos na forma de histogramas e radialplots na Figura 6.

Figura 6. Radial Plot (direita) das idades TTF em apatita das amostras do Terreno Almas, com os picos correspondentes as médias das populações de idade e histograma (esquerda) com os picos das densidades de probabilidade equivalentes aos do Radial Plot.





Fonte: Elaborado pelo autor.

Via TTF em apatita foram analisados 163 grãos de 6 amostras (PAB-a, SBS1, SBS3, SPB, RPB e URU). Observam-se nessas amostras três populações de idades principais, nas faixas de 210-230 Ma, 120-145 Ma e 66-90 Ma. A amostra SBS3 apresenta uma concentração de idades mais jovem (em torno de 60 Ma), enquanto a amostra SPB indica um agrupamento de idades mais antigo (cerca de 310 Ma).

Percebe-se que algumas das amostras registram o final do Ciclo Orogênico Gondwanides através das populações de idade 210-230 Ma. Todavia de forma muito mais frequente para as apatitas em relação ao zircão, se notam populações de idade Cretácea (120-145 Ma e 66-90 Ma), representando a abertura do Atlântico e o início da deposição da Formação Urucuia.

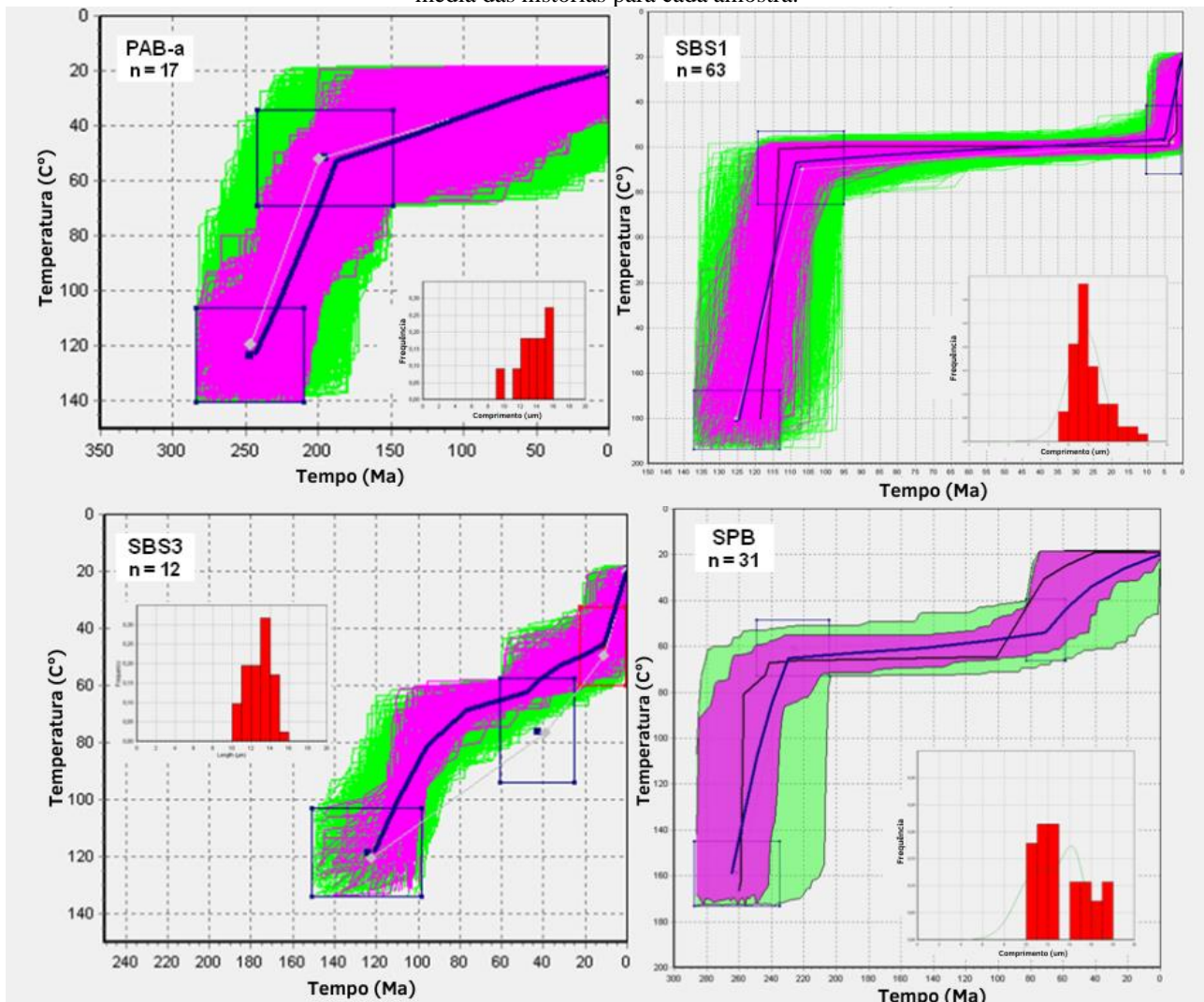
Verifica-se assim que as análises de TTF em zircão e apatita são complementares, de forma que é possível compreender que o primeiro registra com maior frequência eventos térmicos mais antigos enquanto o segundo eventos mais modernos, isso ocorre, pois, a zona de *annealing* parcial é distinta para ambos os minerais como já explicitado durante a metodologia.

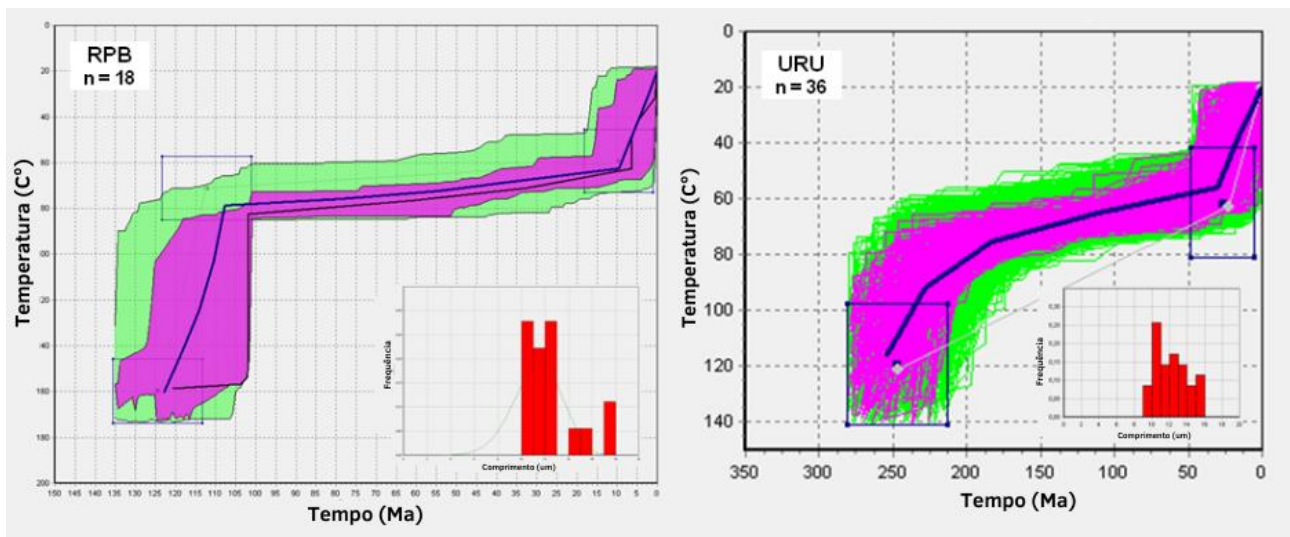
III.II.I. História Térmica das Apatitas

De forma complementar a obtenção de idade das apatitas via TTF, com o objetivo de descrever melhor a evolução do Terreno Almas, foram realizadas medições dos traços confinados, Dpar e ângulo em relação ao eixo-C, possibilitando-se assim obter a História Térmica (HT) da região associada a amostra analisada.

Dessa forma, partindo dessas informações, foi modelada a história térmica de cada amostra usando o programa HeFTy (Ketcham, 2005) e o algoritmo multinético de Ketcham et al. (2007). A seguir, na Figura 7, são apresentados suas HT.

Figura 7. Histórias térmicas das amostras do Terreno Almas. O *inset* mostra o histograma da distribuição dos comprimentos de traços. Os modelos foram obtidos com o programa HeFTy (Ketcham, 2005); as linhas indicam a média das histórias para cada amostra.





Fonte: Elaborado pelo autor.

Através das curvas de HTs e suas distribuições de comprimentos de traços é possível identificar eventos de resfriamento associados a aqueles já marcados através das idades. Nota-se que:

- A amostra PAB-a é marcada pela Orogênia Gondwanides (Carbonífero-Triássico), bem como a elevação dos terrenos Almas e regiões adjacentes no intervalo de 80-90 Ma, associado ao início da deposição da Formação Urucuia. Também é possível afirmar que sua HT registra um evento deposicional em escala continental na plataforma intracratônica da América do Sul, resultando na geração de bacias do final do Cretáceo, como as bacias Sanfranciscana e Bauru;
- As amostras SBS1, SBS3 e RPB contêm HTs semelhantes. Observa-se nelas a elevação da região durante o afastamento entre as placas Africana e Sulamericana (idade jurocretácea), bem como o *uplift* do terreno Almas e regiões adjacentes no intervalo 30-70 Ma (SBS3);
- A amostra URU indica a Orogênia Gondwanides, bem como a elevação do terreno e regiões adjacentes entre 20 e 40 Ma.
- Por fim, a amostra SPB apresenta um estágio inicial de denudação (já apresentado nas idades da amostra em zircão), bem como eventos mais recentes em escala continental. Registra a Orogênia Gondwanides na Plataforma da América do Sul (Carbonífero-Triássico), a elevação da região durante o afastamento entre as placas Africana e Sulamericana (idade jurocretácea) e finalmente a elevação do terreno e regiões adjacentes em 60 Ma.

III.III. Considerações Gerais

Os resultados obtidos via TTF em zircão e apatita indicam importantes informações sobre a história geológica do Terreno Almas, um terreno Arqueano-Paleoproterozóico, consolidado no período Riáciano (MARTINS-FERREIRA et al., 2020).

Essa região e suas adjascentes marcam eventos de elevação e subsidência com alto grau de denudação. Diversas amostras, sejam ígneas, sedimentares ou metamórficas do Terreno Almas, apresentam populações com idades na faixa de 480-530 Ma. Estas registram um colapso orogênico ocorrido na região durante o final do Ciclo Brasileiro, entre o período Cambriano e Ordoviciano. Todas as amostras estudadas (exceto a SBS3 em apatita) registram a elevação e subsidência intracratônica ocorrida no interior da Plataforma Sulamericana, em virtude da mudança de estado de estresse da litosfera relacionada à orogenia Gondwanides na fronteira ocidental da Plataforma da Sulamericana. Com idades do Carbonífero ao Triássico, essas amostras marcam tantos os estágios iniciais de subducção, bem como o colapso orogênico associado a orogenia Gondwanides. O afastamento das placas Sulamericana e Africana, durante o Cretáceo, está registrado em todas as amostras, tanto de zircão como apatita. Além disso, nas apatitas também é possível verificar eventos de denudação subordinadas, indicados pelas idades 90-80 Ma e 70 a 30 Ma, onde o primeiro está diretamente associado à deposição de sedimentação cretácea tardia das bacias de Urucua e Bauru.

Ressalta-se uma amostra sedimentar do Grupo Natividade (NAT1), pertencente a bacia sedimentar mesoproterozóica depositada no Terreno Almas, a qual foi coletada com o objetivo de comparação em relação as rochas ígneas e metamórficas paleoproterozóicas. Não foi possível obter resultados em apatita nessa amostra. Os resultados de TTF em zircão indicam três eventos de denudação, sendo a ocorrida no final do Ciclo Brasileiro (480-530 Ma), Gondwanides inicial ou Famatiniano tardio (320-360 Ma) e final do Gondwanides (220-250 Ma).

Outra amostra sedimentar foi coletada a fim de estudar a evolução tectônica da Formação Urucua depositada no Cretáceo (amostra URU). As idades de zircão indicam os principais eventos do fanerozoico: deposição da Formação Urucua (80-90 Ma), desmembramento das placas Sulamericana e Africana durante o Cretáceo (130-140 Ma), orogenia Samfrau (DU TOIT, 1937) ou a orogenia Gondwanides (360-220 Ma) e o colapso orogênico decorrente do final do Ciclo Brasileiro (480-530 Ma). Já as idades em apatita reproduzem os eventos de denudação associados ao afastamento das placas Africana e Sulamericana, bem como um evento Cretáceo tardio interpretado como o estágio inicial da deposição da Formação Urucua (100-120 Ma).

V. CONCLUSÕES

A análise via TTF em zircão e apatita possibilitou a compreensão da evolução térmica e tectônica em áreas intraplacas como a região centro-oeste do Brasil. Tal localidade apresenta uma extensa história geológica marcada por diversos eventos orogênicos entre o Arqueano e o Cambriano. Tanto os resultados, como a discussão dos mesmos destacam a evolução tectônica da plataforma na América do Sul durante o Fanerozóico, indicando eventos orogênicos e extensionais em escala continental na margem da placa. A elevação e a subsidência do Terreno Almas e zonas adjacentes estão diretamente ligadas ao estresse induzido pela litosfera, majoritariamente em virtude da mudança do estado de tensão da litosfera nos limites das placas associada a orogênia de Gondwanides na fronteira oeste e sul da Plataforma Sulamericana, bem como ao desmembramento das placas Africana e Sulamericana durante o Cretáceo.

Os resultados apresentam importantes populações de idades Cambriano-Ordovicianas (Orogênia no final do Ciclo Brasileiro), Carbonífero-Triássicas (subdução precoce a tardia da orogênia Gondwanides), Cretáceas (desmembramento das placas Africana e Sulamericana e segunda etapa de deposição da Bacia Sanfranciscana e Bacia de Bauru) e alguns eventos terciários (30-60 Ma) associados provavelmente a tensões induzidas pela placa devido a orogênia Andina e o ajuste de margem passiva no Brasil. Vale salientar que os dados indicam que o Planalto Central foi soerguido e serviu de área fonte para as bacias Sanfranciscana e Bauru.

Há muito a desvendar. No entanto, a TTF mostra-se como uma ferramenta importante para o estudo de evolução de áreas com alto grau de complexidade geológica.

VI. REFERÊNCIAS

BERNET, M. **A field-based estimate of the zircon fission-track closure temperature.** *Chemical Geology*, v. 259, n. 3-4, p. 181-189, 2009.

CHEW, D. M.; DONELICK, R. A. **Combined apatite fission track and U-Pb dating by LA-ICP-MS and its application in apatite provenance analysis.** *Quantitative Mineralogy and Microanalysis of Sediments and Sedimentary Rocks: Mineralogical Association of Canada, Short Course*, v. 42, p. 219-247, 2012.

DE OLIVEIRA CORDEIRO, P. F.; DE OLIVEIRA, C. G. **The Goiás Massif: Implications for a pre-Columbia 2.2–2.0 Ga continent-wide amalgamation cycle in central Brazil.** Precambrian Research, v. 298, p. 403-420, 2017.

COSTA, J. B. S. et al. **Aspectos lito-estruturais e evolução crustal da região centro-oeste de Goiás.** 1985.

CRUZ, E. L. C. C.; KUYUMJIAN, R. M.; BOAVENTURA, G. R. **Low-K calc-alkaline granitic series of southeastern Tocantins State: chemical evidence for two sources for the granitegneissic complexes in the Paleoproterozoic Almas-Dianópolis terrane.** Revista Brasileira de Geociências, v. 33, n. 2, p. 125-136, 2003.

CRUZ, E. L. C. C.; KUYUMJIAN, R. M. **The geology and tectonic evolution of the Tocantins granite-greenstone terrane, Almas-Dianópolis region, Tocantins State, Central Brazil.** Revista Brasileira de Geociências, v. 28, n. 2, p. 173-182, 1998.

CUADROS, F. A. et al. **The peraluminous Aurumina granite suite in central Brazil: An example of mantle-continental crust interaction in a Paleoproterozoic cordilleran hinterland setting?.** Precambrian Research, v. 299, p. 75-100, 2017.

DARDENNE, M. A. **Tectonic Evolution of South America.** Rio de Janeiro, 31st International Geological Congress, 231-263, 2000.

DIAS, A. N. C. et al. **Fission track and U–Pb double dating of detrital zircon applied to the intracratonic Mesozoic Bauru Basin, Brazil.** Geological Journal, v. 53, n. 5, p. 1767-1780, 2018.

DIAS, A. N. C. et al. **Geochronology and thermochronology of the gneisses of the Brasiliano/Pan-African Araguaia Belt: Records of exhumation of West Gondwana and Pangea break up.** Journal of South American Earth Sciences, v. 80, p. 174-191, 2017b.

DIAS, A. N. C. et al. **A new approach for electron microprobe zircon fission track thermochronology.** Chemical Geology, v. 459, p. 129-136, 2017a.

DIAS, A. N. C. **Análise integrada pelo método U-Pb e traços de fissão em zircão: caracterização, datação e interpretação.** 2012.

DIAS, A. N. C. et al. **Fission track and U–Pb in situ dating applied to detrital zircon from the Vale do Rio do Peixe Formation, Bauru Group, Brazil.** Journal of South American Earth Sciences, v. 31, n. 2-3, p. 298-305, 2011.

DONELICK, R. A.; O’SULLIVAN, P. B.; KETCHAM, R. A. **Apatite fission-track analysis.** Reviews in Mineralogy and Geochemistry, v. 58, n. 1, p. 49-94, 2005.

FERRARI, M. A. D.; CHOUDHURI, A. **Chemical and structural constraints on the Paiol Gold deposit, Almas greenstone belt, Brazil.** Rev. Bras. Geoc, v. 30, n. 3, p. 297-301, 2000.

FLEISCHER, R. L.; PRICE, P. B.; WALKER, R. M. **Ion explosion spike mechanism for formation of charged-particle tracks in solids.** Journal of applied Physics, v. 36, n. 11, p. 3645-3652, 1965.

FUCK, R. A. et al. **Paleoproterozoic crust-formation and reworking events in the Tocantins Province, central Brazil: A contribution for Atlantica supercontinent reconstruction.** Precambrian Research, v. 244, p. 53-74, 2014.

GALBRAITH, R. F. **The radial plot: graphical assessment of spread in ages.** International Journal of Radiation Applications and Instrumentation. Part D. Nuclear Tracks and Radiation Measurements, v. 17, n. 3, p. 207-214, 1990.

GARVER, J. I. **Etching zircon age standards for fission-track analysis.** Radiation Measurements, v. 37, n. 1, p. 47-53, 2003.

GOMBOSI, D. J.; GARVER, J. I.; BALDWIN, S. L. **On the development of electron microprobe zircon fission-track geochronology.** Chemical Geology, v. 363, p. 312-321, 2014.

GUEDES, S. et al. **Improved zircon fission-track annealing model based on reevaluation of annealing data.** Physics and Chemistry of Minerals, v. 40, n. 2, p. 93-106, 2013.

GUEDES, S., HADLER, J. C., IUNES, P. J., OLIVEIRA, K. M. G., MOREIRA, P. A. F. P., TELLO, C. A. (2005). **Kinetic model for the annealing of fission tracks in zircon**. Radiation Measurements, 40, 517-521.

HACKSPACHER, P. C. et al. **Consolidation and break-up of the South American platform in southeastern Brazil: tectonothermal and denudation histories**. Gondwana Research, v. 7, n. 1, p. 91-101, 2004.

HADLER NETO, J. C. et al. **Obtainment of thermal histories for sets of geologically compatible localities by using apatite fission track analysis**. Revista de Física aplicada e instrumentação, v. 10, n. 1, p. 1-10, 1995.

HASEBE, N.; WATANABE, H. **Heat influx and exhumation of the Shimanto accretionary complex: Miocene fission track ages from the Kii Peninsula, southwest Japan**. Island Arc, v. 13, n. 4, p. 533-543, 2004.

HORBE, A. M. C.; MARTINS-FERREIRA, M. A. C.; LIMA, R. S. **Supergene gold characterization by geochemistry, grain morphology and Au-Ag-Cu-Te classification**. Journal of South American Earth Sciences, v. 95, p. 102315, 2019.

KETCHAM, R. A. et al. **Improved modeling of fission-track annealing in apatite**. American Mineralogist, v. 92, n. 5-6, p. 799-810, 2007.

KETCHAM, R. A. **Forward and inverse modeling of low-temperature thermochronometry data**. Reviews in mineralogy and geochemistry, v. 58, n. 1, p. 275-314, 2005.

KUYUMJIAN, R. M. et al. **Geologia e ocorrências de ouro do Terreno Granito-Greenstone do Tocantins, TO: síntese do conhecimento e parâmetros para exploração mineral**. Brazilian Journal of Geology, v. 42, n. 1, p. 213-228, 2012.

LUDWIG, K. R. **ISOPLOT 3.00: A geochronological toolkit for Microsoft Excel: Berkeley**. California, Berkeley Geochronology Center, v. 39, 2003.

MARTINS-FERREIRA, M.A.C., DIAS et al. **Multi-stage crustal accretion by magmatic flare-up and quiescence intervals in the western margin of the São Francisco Craton: U-Pb-Hf and**

geochemical constraints from the Almas Terrane. *Gondwana Research*, v. 85, p. 32-54, 2020.

MARTINS-FERREIRA, M.A.C. et al. **Paleorift structure constrained by gravity and stratigraphic data: the Statherian Araí rift case.** *Tectonophysics*, v. 738, p. 64-82, 2018c.

MARTINS-FERREIRA, M.A.C., CAMPOS, J.E.G., VON HUELSEN, M.G. **Tectonic evolution of the Paranoá basin: New evidence from gravimetric and stratigraphic data.** *Tectonophysics*, v. 734–735. p. 44–58. 2018b

MARTINS-FERREIRA, M.A.C. et al. **Proterozoic intracontinental basin succession in the western margin of the São Francisco Craton: constraints from detrital zircon geochronology.** *Journal of South American Earth Sciences*, v. 81, p. 165-176, 2018a.

MARTINS-FERREIRA, M.A.C.; CAMPOS, J. E. G.; PIRES, A. C. B. **Near-mine exploration via soil geochemistry multivariate analysis at the Almas gold province, Central Brazil: A study case.** *Journal of Geochemical Exploration*, v. 173, p. 52-63, 2017.

PADILHA, J. L. **Prospecção de ouro na região nordeste de Goiás-Projeto Pindorama-DOCEGEO.** SBG, Encontro Regional do Ouro de Goiás, I, Anais, p. 78-95, 1984.

PIMENTEL, M. M. et al. **The tectonic evolution of the Neoproterozoic Brasília Belt, central Brazil, based on SHRIMP and LA-ICPMS U–Pb sedimentary provenance data: a review.** *Journal of South American Earth Sciences*, v. 31, n. 4, p. 345-357, 2011.

PIMENTEL, M. M.; FUCK, R. A.; BOTELHO, N. F. **Granites and the geodynamic history of the Neoproterozoic Brasília belt, central Brazil: a review.** *Lithos*, v. 46, n. 3, p. 463-483, 1999.

SAID, A. **Conjunto de dados de annealing aplicados a Termocronologia por traços de fissão em Zircão: estudo de caso de uma amostra brasileira.** Ufscar.br, 2021. Disponível em: <<https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/14275>>. Acesso em: 26 set. 2022.

SERAINE, M. et al. **Tectonic significance of abrupt immature sedimentation in a shallow cratonic margin basin: The Arkose Level, Mesoproterozoic Paranoá Group.** *Journal of South American Earth Sciences*, v. 97, p. 102397, 2020.

SCHMIDT, J. S. et al. **Experimental evidence regarding the pressure dependence of fission track annealing in apatite.** Earth and Planetary Science Letters, v. 390, p. 1-7, 2014.

SOARES, C. J. et al. **Novel calibration for LA-ICP-MS-based fission-track thermochronology.** Physics and Chemistry of Minerals, v. 41, n. 1, p. 65-73, 2014.

DE SOUSA, I. M. C.; DELLA GIUSTINA, M. E. S.; DE OLIVEIRA, C. G. **Crustal evolution of the northern Brasília Belt basement, central Brazil: A Rhyacian orogeny coeval with a pre-Rodinia supercontinent assembly.** Precambrian Research, v. 273, p. 129-150, 2016.

TAGAMI, T.; SHIMADA, C. **Natural long-term annealing of the zircon fission track system around a granitic pluton.** Journal of Geophysical Research: Solid Earth, v. 101, n. B4, p. 8245-8255, 1996.

TELLO, C. A. S. et al. **Thermochronology of the South American platform in the state of São Paulo, Brazil, through apatite fission tracks.** Radiation Measurements, v. 39, n. 6, p. 635-640, 2005.

THOMSEN, F. P. R.; KUYUMJIAN, R. M. **As formações ferríferas bandadas da região de Conceição do Tocantins, TO: caracterização preliminar.** In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, p. 72-73, 1994.

VERMEESCH, P. **RadialPlotter: A Java application for fission track, luminescence and other radial plots.** Radiation Measurements, v. 44, n. 4, p. 409-410, 2009.

WAGNER, G. A. **Fission Track Dating—Kluwer.** 1992.

WENDT, A. S.; VIDAL, O.; CHADDERTON, L. T. **Experimental evidence for the pressure dependence of fission track annealing in apatite.** Earth and Planetary Science Letters, v. 201, n. 3-4, p. 593-607, 2002.

YAMADA, R.; MURAKAMI, M.; TAGAMI, T. **Statistical modelling of annealing kinetics of fission tracks in zircon; Reassessment of laboratory experiments.** Chemical Geology, v. 236, n. 1-2, p. 75-91, 2007.

GLOSSÁRIO

Acreção: Processo pelo qual ocorre a acumulação de sedimentos ou rochas em uma determinada região de forma gradual e imperceptível.

Bacias Intracratônicas: São bacias localizadas em crosta continental estável e espessa.

Batólito: Grande massa de rocha ígnea intrusiva, com área superior a 100 km², formada por arrefecimento de magma a grande profundidade na crosta terrestre.

Estudos de Proveniência: Estudos que buscam desvendar as estruturas geológicas cujos sedimentos contribuíram na formação de uma bacia sedimentar.

Glaciação Criogeniana: Período da era Neoproterozoica do éon Proterozoico (630-850 Ma), caracterizado por um extenso resfriamento na Terra.

Greenstone: Formação geológica caracterizada pelo metamorfismo de baixo grau do xisto verde, mineral sedimentar.

Idades Sm-Nd ou Nd_{TDM}: Idades amostrais encontradas a partir do método geocronológico Samário-Neodímio.

Inclusões Fluídas: Pequena inclusão em um cristal e que contem fluidos que podem ser líquidos e gases que resulta da retenção de fases fluida durante a cristalização ou recristalização do mineral.

Inlier: Área de rochas mais antigas cercadas por rochas mais jovens.

Intrusão: Corpo de rocha ígnea que cristalizou-se no interior da crosta terrestre.

Litologia: Estudo e descrição de uma rocha ou de associação rochosa com viés maior para estudo macroscópico.

Litotipo: Objeto de estudo da litologia.

Mineral Máfico: Mineral rico em elementos químicos pesados, como composições ferromagnéticas.

Orogênia ou Orogênese: Conjunto de processos que levam à formação ou rejuvenescimento de montanhas ou cadeias de montanhas.

Retrometamorfismo: Transformação metamórfica de uma rocha já metamorfisada, ou seja, exposta novamente a condições de alta pressão e temperatura.

TTG: Associação de rochas magmáticas.

Uplift: Soerguimento e elevação de um terreno geológico.

APÊNDICE A

Neste apêndice constam os resultados do conteúdo de urânio, a densidade de traços de fissão de cada grão e as idades obtidas. Estão dispostos, na Tabela A1 os dados associados as amostras de zircão e na Tabela A2 os de apatita.

Tabela A1. Resultados de TTF em zircão. Densidade superficial de traços latentes, conteúdo de urânio, idade e propagação de erro no cálculo da idade para cada grão.

Amostra	Grão	Densidade de Traços	K (ppm)	Idade (Ma)	Erro Idade (Ma)
NAT1	1	1,737E+06	46	491	34
NAT1	2	2,523E+06	63	520	36
NAT1	3	2,217E+06	58	499	47
NAT1	4	2,867E+06	73	508	37
NAT1	5	2,294E+06	90	335	31
NAT1	6	1,606E+06	39	532	46
NAT1	7	2,580E+06	144	238	18
NAT1	8	2,924E+06	71	533	38
NAT1	9	2,097E+06	50	542	35
NAT1	10	2,064E+06	56	480	47
NAT1	11	3,555E+06	89	519	34
NAT1	12	2,523E+06	65	505	35
NAT1	13	2,339E+06	132	235	17
NAT1	14	1,835E+06	46	520	42
NAT1	15	2,523E+06	59	557	38
NAT1	16	2,294E+06	97	313	29
NAT1	17	2,466E+06	60	533	41
NAT1	18	1,720E+06	45	495	38
NAT1	19	1,835E+06	71	339	35
NAT1	20	1,988E+06	50	517	37
NAT1	21	2,661E+06	81	432	29
NAT1	22	2,370E+06	135	233	21
NAT1	23	2,179E+06	51	557	38
NAT1	24	2,294E+06	88	343	28
NAT1	25	2,156E+06	71	398	30
NAT1	26	2,385E+06	73	427	30
NAT1	27	2,359E+06	55	557	34
NAT1	28	2,615E+06	73	467	32
NAT1	29	2,110E+06	51	538	40
NAT1	30	3,096E+06	83	486	34
NAT1	31	2,569E+06	64	521	36
NAT1	32	2,202E+06	53	542	40
NAT1	33	1,900E+06	48	510	34
NAT1	34	1,835E+06	46	520	36
NAT1	35	1,900E+06	68	367	25
NAT1	36	2,580E+06	61	549	42

Amostra	Grão	Densidade de Traços	K (ppm)	Idade (Ma)	Erro Idade (Ma)
PAB-a	1	1,414E+06	34	535	45
PAB-a	2	1,422E+06	32	572	52
PAB-a	3	2,007E+06	215	125	11
PAB-a	4	1,892E+06	106	238	21
PAB-a	5	2,982E+06	77	506	41
PAB-a	6	2,007E+06	89	299	26
PAB-a	7	2,752E+06	77	466	39
PAB-a	8	1,453E+06	87	221	26
PAB-a	9	2,141E+06	54	511	49
PAB-a	10	1,988E+06	116	229	23
PAB-a	11	1,300E+06	54	317	39
PAB-a	12	1,988E+06	52	494	49
PAB-a	13	8,028E+05	18	565	76
PAB-a	14	2,179E+06	57	500	41
PAB-a	15	1,988E+06	114	233	23
PAB-a	16	1,682E+06	117	192	21
PAB-a	17	2,408E+06	164	195	21
PAB-a	18	1,089E+06	122	120	14
PAB-a	19	1,835E+06	79	308	39
PAB-a	20	2,217E+06	81	359	34
PAB-a	21	1,682E+06	94	236	25
PAB-a	22	2,294E+06	52	575	65
PAB-a	23	2,752E+06	66	543	46
PAB-a	24	3,096E+06	79	507	35
PAB-a	25	2,217E+06	206	144	14
PAB-a	26	1,835E+06	430	57	7
PAB-a	27	2,294E+06	82	369	27
PAB-a	28	2,523E+06	158	212	19
PAB-a	29	2,141E+06	160	178	17
PAB-a	30	2,141E+06	202	141	14
PAB-a	31	2,217E+06	492	61	6
PAB-a	32	2,122E+06	135	210	17
PAB-a	33	1,758E+06	135	173	18
PAB-a	34	2,676E+06	92	383	33
PAB-a	35	3,823E+06	99	503	36
PAB-a	36	2,351E+06	205	153	12
PAB-b	1	2,236E+06	55	531	43
PAB-b	2	1,682E+06	111	202	22
PAB-b	3	1,089E+06	111	131	15
PAB-b	4	1,101E+06	115	128	13
PAB-b	5	1,261E+06	111	152	16
PAB-b	6	2,638E+06	149	235	25
PAB-b	7	1,376E+06	115	160	23
PAB-b	8	2,523E+06	64	512	55
PAB-b	9	2,217E+06	57	506	47

Amostra	Grão	Densidade de Traços	K (ppm)	Idade (Ma)	Erro Idade (Ma)
PAB-b	10	2,569E+06	131	260	18
PAB-b	11	2,676E+06	140	253	22
PAB-b	12	2,599E+06	139	248	22
PAB-b	13	2,294E+06	122	249	20
PAB-b	14	1,988E+06	117	226	22
SBS1	1	1,758E+06	79,7	292	31
SBS1	2	2,351E+06	149,6	209	17
SBS1	3	2,217E+06	121,2	243	23
SBS1	4	2,446E+06	79,5	403	36
SBS1	5	1,606E+06	73,0	291	28
SBS1	6	2,236E+06	95,3	310	25
SBS1	7	2,523E+06	70,7	465	41
SBS1	8	2,202E+06	75	383	28
SBS1	9	2,141E+06	118	241	23
SBS1	10	2,599E+06	279	125	11
SBS1	11	2,408E+06	117	272	30
SBS1	12	2,370E+06	64	480	44
SBS1	13	1,758E+06	101	231	24
SBS1	15	1,835E+06	47	503	40
SBS1	16	2,370E+06	122	258	23
SBS1	17	2,122E+06	96	292	24
SBS1	18	1,835E+06	87	280	35
SBS1	19	1,606E+06	153	140	19
SBS1	20	1,835E+06	149	164	15
SBS1	21	2,446E+06	112	289	26
SBS1	22	1,606E+06	108	198	27
SBS1	23	2,294E+06	98	309	29
SBS1	24	1,529E+06	106	192	22
SBS1	25	1,988E+06	55	471	47
SBS1	26	1,606E+06	37	560	75
SBS1	27	2,007E+06	64	409	35
SBS1	28	1,433E+06	38	486	49
SBS1	29	1,892E+06	46	535	47
SBS1	30	1,988E+06	42	616	61
SBS1	31	2,523E+06	283	120	11
SBS1	32	1,682E+06	61	365	39
SBS1	33	1,330E+06	32	536	50
SBS1	34	1,491E+06	37	528	52
SBS1	35	1,720E+06	50	451	59
SBS1	36	1,514E+06	38	513	45
SBS1	37	2,385E+06	63	495	35
SBS1	38	1,758E+06	72	323	34
SBS1	39	1,376E+06	48	377	55
SBS1	40	2,007E+06	49	528	45
SBS1	41	1,682E+06	43	513	39

Amostra	Grão	Densidade de Traços	K (ppm)	Idade (Ma)	Erro Idade (Ma)
SBS1	42	1,468E+06	41	470	42
SBS1	43	2,179E+06	56	503	58
SBS1	44	1,101E+06	27	535	55
SBS1	45	1,663E+06	44	493	46
SBS1	46	1,778E+06	68	342	31
SBS2	1	2,638E+06	76	454	34
SBS2	2	2,829E+06	86	432	36
SBS2	3	2,752E+06	63	564	41
SBS2	4	2,064E+06	123	223	17
SBS2	5	2,064E+06	75	362	35
SBS2	6	2,599E+06	63	534	46
SBS2	7	2,924E+06	84	456	33
SBS2	8	2,236E+06	54	539	44
SBS2	9	2,580E+06	108	315	24
SBS2	10	2,248E+06	60	485	35
SBS2	11	2,217E+06	83	351	33
SBS2	12	2,477E+06	64	501	35
SBS2	13	2,867E+06	68	544	39
SBS2	14	2,110E+06	51	541	41
SBS2	15	3,287E+06	81	527	41
SBS2	16	2,370E+06	80	389	35
SBS2	17	2,294E+06	62	483	39
SBS2	18	2,752E+06	71	501	37
SBS2	19	2,064E+06	80	340	29
SBS2	20	2,580E+06	150	229	17
SBS2	21	2,064E+06	130	212	18
SBS2	22	2,466E+06	109	300	23
SBS2	23	2,867E+06	73	512	37
SBS2	24	2,599E+06	112	307	27
SBS2	25	2,661E+06	95	369	25
SBS2	26	2,408E+06	143	224	18
SBS2	27	2,676E+06	92	380	33
SBS2	28	2,810E+06	104	356	26
SBS2	29	2,982E+06	78	497	35
SBS2	30	1,927E+06	123	209	16
SBS2	31	2,638E+06	82	421	32
SBS2	32	2,351E+06	88	353	28
SBS2	33	2,477E+06	65	499	35
SBS2	35	3,154E+06	175	239	16
SBS2	36	2,477E+06	145	227	16
SBS2	37	2,982E+06	118	334	21
SBS2	38	3,727E+06	96	505	32
SBS2	39	3,039E+06	78	508	36
SBS2	40	3,165E+06	81	510	32
SBS2	41	2,890E+06	79	479	31

Amostra	Grão	Densidade de Traços	K (ppm)	Idade (Ma)	Erro Idade (Ma)
SBS2	42	2,638E+06	66	517	39
SBS2	43	2,810E+06	109	339	25
SBS2	44	3,028E+06	79	500	32
SBS2	45	2,569E+06	157	218	15
SBS3	1	1,284E+06	34	488	47
SBS3	2	1,758E+06	69	335	35
SBS3	3	1,453E+06	38	494	41
SBS3	4	1,548E+06	39	513	50
SBS3	5	1,651E+06	41	518	44
SBS3	6	1,988E+06	56	465	46
SBS3	7	2,064E+06	51	527	63
SBS3	8	2,695E+06	66	533	40
SBS3	9	2,141E+06	53	520	50
SBS3	10	2,179E+06	58	489	40
SBS3	11	2,408E+06	61	513	56
SBS3	12	2,523E+06	62	524	56
SBS3	14	1,651E+06	45	481	41
SBS3	15	1,376E+06	57	320	33
SBS3	17	1,720E+06	44	506	47
SPB	1	1,911E+06	57	439	44
SPB	2	2,217E+06	59	489	46
SPB	3	2,466E+06	55	580	45
SPB	4	2,351E+06	88	352	28
SPB	5	1,950E+06	108	240	29
SPB	6	2,064E+06	114	240	18
SPB	7	2,294E+06	63	475	34
SPB	8	2,179E+06	51	555	46
SPB	9	2,638E+06	82	421	32
SPB	10	2,064E+06	46	575	68
SPB	11	1,911E+06	82	308	31
SPB	12	1,950E+06	114	227	20
SPB	13	2,141E+06	122	233	22
SPB	14	1,529E+06	36	557	45
SPB	15	2,408E+06	59	530	42
SPB	16	2,110E+06	51	532	40
SPB	17	2,523E+06	103	323	25
SPB	18	2,924E+06	77	494	35
SPB	19	2,523E+06	121	276	21
SPB	20	2,466E+06	96	338	26
SPB	21	2,599E+06	121	284	25
SPB	22	2,431E+06	60	525	37
SPB	23	2,408E+06	86	367	29
SPB	24	2,294E+06	72	417	33
SPB	25	2,752E+06	75	476	35
SPB	26	2,294E+06	54	550	51

Amostra	Grão	Densidade de Traços	K (ppm)	Idade (Ma)	Erro Idade (Ma)
SPB	27	1,911E+06	44	562	57
SPB	28	2,599E+06	62	544	47
SPB	29	1,835E+06	75	323	41
SPB	30	1,835E+06	116	210	22
SPB	31	2,294E+06	99	306	25
SPB	32	2,599E+06	69	490	43
SPB	33	2,064E+06	114	240	23
SPB	34	2,141E+06	118	241	23
SPB	35	2,408E+06	122	262	21
RPB	1	1,682E+06	41	535	57
RPB	2	1,290E+06	30	555	42
RPB	3	9,748E+05	42	308	38
RPB	4	2,217E+06	123	239	22
RPB	5	1,835E+06	48	502	63
RPB	6	1,950E+06	44	570	70
RPB	7	1,453E+06	48	399	46
RPB	8	1,606E+06	77	278	37
RPB	9	1,835E+06	46	522	47
RPB	10	2,294E+06	141	216	20
RPB	11	1,835E+06	40	596	48
RPB	12	2,294E+06	89	339	31
RPB	13	2,179E+06	71	401	33
RPB	14	2,064E+06	89	307	30
RPB	15	1,606E+06	89	240	26
RPB	16	1,147E+06	70	217	24
RPB	17	1,261E+06	37	448	68
RPB	18	1,682E+06	43	508	55
RPB	19	2,141E+06	88	321	31
RPB	20	2,217E+06	83	352	33
RPB	21	2,446E+06	132	246	22
RPB	22	2,982E+06	69	559	40
RPB	23	1,950E+06	48	527	64
RPB	24	1,606E+06	40	527	58
RPB	25	1,319E+06	28	599	63
RPB	26	2,018E+06	47	554	42
RPB	27	1,778E+06	73	323	29
RPB	28	1,376E+06	49	370	54
RPB	29	1,147E+06	33	448	51
RPB	30	1,758E+06	43	529	56
RPB	31	2,905E+06	77	492	40
RPB	32	2,007E+06	50	525	45
RPB	33	2,638E+06	60	568	43
RPB	34	1,606E+06	37	555	53
RPB	35	2,179E+06	65	438	36
RPB	36	2,580E+06	132	259	20

Amostra	Grão	Densidade de Traços	K (ppm)	Idade (Ma)	Erro Idade (Ma)
RPB	37	2,202E+06	121	242	18
RPB	38	2,236E+06	115	258	21
RPB	39	1,606E+06	42	497	67
RPB	40	2,217E+06	54	533	50
RPB	41	2,236E+06	55	528	43
RPB	42	1,911E+06	56	446	45
RPB	43	1,300E+06	44	388	47
RPB	44	1,468E+06	40	478	43
RPB	45	1,548E+06	38	534	52
RPB	46	1,453E+06	64	300	35
RPB	47	1,911E+06	48	517	52
RPB	48	2,122E+06	124	227	19
RPB	49	2,752E+06	65	545	79
RPB	50	1,147E+06	32	462	60
RPB	51	1,950E+06	51	497	61
RPB	52	2,294E+06	61	490	55
RPB	53	1,606E+06	37	562	54
RPB	54	1,261E+06	47	354	54
RPB	55	2,408E+06	118	270	30
RPB	56	2,179E+06	89	323	37
RPB	57	2,217E+06	58	497	47
RPB	58	1,376E+06	32	555	80
RPB	59	1,453E+06	39	482	56
URU	1	1,453E+06	301	65	7
URU	2	1,223E+06	192	86	11
URU	3	1,835E+06	224	110	10
URU	4	2,064E+06	212	131	13
URU	5	2,599E+06	496	70	6
URU	6	2,370E+06	331	96	9
URU	7	2,179E+06	302	97	11
URU	8	2,294E+06	316	97	11
URU	9	1,567E+06	163	129	10
URU	10	1,529E+06	201	102	11
URU	11	1,873E+06	173	145	11
URU	12	2,370E+06	238	133	12
URU	13	2,339E+06	185	169	12
URU	14	1,433E+06	127	151	15
URU	15	1,682E+06	192	118	13
URU	16	1,835E+06	310	80	8
URU	17	1,911E+06	283	91	9
URU	18	1,376E+06	136	136	16
URU	19	1,433E+06	179	107	11
URU	20	1,319E+06	158	112	12
URU	21	1,950E+06	218	120	9
URU	22	1,835E+06	68	358	45

Amostra	Grão	Densidade de Traços	K (ppm)	Idade (Ma)	Erro Idade (Ma)
URU	23	2,179E+06	226	129	15
URU	24	1,835E+06	80	303	24
URU	25	1,567E+06	37	547	43
URU	26	1,651E+06	158	140	12
URU	27	2,638E+06	108	323	24
URU	28	2,370E+06	60	513	47
URU	29	1,988E+06	44	590	58
URU	30	2,370E+06	138	228	21
URU	31	2,141E+06	128	222	21
URU	32	2,523E+06	64	512	45
URU	33	2,179E+06	63	454	52
URU	34	1,376E+06	137	134	12
URU	35	1,376E+06	106	173	25
URU	36	1,835E+06	47	504	40
URU	37	2,156E+06	56	505	37
URU	38	2,385E+06	139	228	16
URU	39	1,950E+06	54	471	57
URU	41	2,217E+06	223	133	12
URU	42	1,147E+06	27	556	72
URU	43	1,988E+06	231	115	11
URU	48	1,261E+06	138	122	13
URU	49	1,185E+06	120	132	12
URU	50	1,147E+06	120	128	13
URU	51	1,147E+06	138	111	10
LQb	1	2,294E+06	118	258	21
LQb	2	2,523E+06	130	257	23
LQb	3	2,141E+06	90	314	30
LQb	4	2,007E+06	52	505	43
LQb	5	2,202E+06	49	579	43
LQb	6	1,892E+06	126	200	18
LQb	7	2,466E+06	62	513	40
UQc	1	3,268E+06	107	401	27
UQc	2	3,211E+06	66	627	60
UQc	3	2,523E+06	151	222	24
UQc	4	2,580E+06	135	254	19
UQc	5	2,195E+06	53	536	34
UQc	6	2,599E+06	193	180	16
UQc	7	1,950E+06	106	244	30
UQc	8	3,165E+06	67	613	38
UQc	9	1,514E+06	36	543	48
UQc	10	2,141E+06	52	530	51
UQc	11	2,236E+06	92	320	26
UQc	12	2,141E+06	102	278	27
UQc	13	1,892E+06	85	293	26
UQc	14	2,752E+06	91	399	34

Amostra	Grão	Densidade de Traços	K (ppm)	Idade (Ma)	Erro Idade (Ma)
UQc	15	2,695E+06	80	440	33
UQc	16	2,695E+06	85	413	31
UQc	18	3,211E+06	143	297	18
UQc	19	2,026E+06	51	519	36
UQc	20	1,797E+06	64	369	27
UQc	21	2,110E+06	58	474	36
UQc	22	2,064E+06	54	499	38
UQc	23	2,385E+06	65	477	34
UQc	24	3,211E+06	77	543	52
UQc	25	2,294E+06	92	328	26
UQc	26	3,039E+06	72	551	39
UQc	27	2,752E+06	71	506	33
UQc	28	2,007E+06	112	238	20
UQc	29	2,695E+06	66	530	39
UQc	30	2,798E+06	66	551	36
UQc	31	2,102E+06	55	498	34
UQc	32	1,769E+06	46	496	34
UQc	33	2,408E+06	124	257	20
UQc	34	2,523E+06	99	335	23
UQc	35	2,676E+06	148	241	21
UQc	36	2,294E+06	80	375	30
UQc	37	2,936E+06	90	428	27
UQc	38	2,523E+06	90	370	28
UQc	39	2,638E+06	83	418	31
UQc	40	2,752E+06	64	559	41
UQc	41	2,031E+06	52	512	33
UQc	42	2,829E+06	112	334	28
UQc	43	2,924E+06	69	550	39
UQc	44	2,924E+06	105	365	26
UQc	45	2,431E+06	69	459	32
UQc	46	2,064E+06	85	319	27
UQc	47	2,706E+06	71	499	33
UQc	48	1,606E+06	37	560	38
UQc	49	2,695E+06	74	476	35
UQc	50	2,110E+06	53	518	39
UQc	51	2,294E+06	88	345	32
UQc	52	2,446E+06	147	222	20
UQc	53	2,370E+06	169	187	17
UQc	54	2,408E+06	63	500	39
UQc	55	1,835E+06	73	330	30
UQc	56	1,758E+06	39	583	44
UQc	57	2,676E+06	86	408	35
UQc	58	2,110E+06	58	478	36
UQc	59	2,018E+06	76	351	27
UQc	60	2,924E+06	94	406	29

Amostra	Grão	Densidade de Traços	K (ppm)	Idade (Ma)	Erro Idade (Ma)
UQc	61	2,408E+06	65	484	38
UQc	62	2,523E+06	164	204	16
UQc	63	2,026E+06	55	484	34

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela A2. Resultados de TTF em apatita . Densidade superficial de traços latentes, conteúdo de urânio, idade e propagação de erro no cálculo da idade para cada grão.

Amostra	Grão	Densidade de Traços	K (ppm)	Idade (Ma)	Erro Idade (Ma)
PAB-a	1	1,13E+06	20	72	12
PAB-a	2	8,33E+05	10	104	16
PAB-a	3	1,31E+06	15	111	12
PAB-a	4	1,00E+06	9	141	16
PAB-a	5	1,00E+06	5	239	35
PAB-a	6	1,08E+06	10	136	19
PAB-a	7	1,17E+06	10	146	20
PAB-a	8	1,00E+06	9	130	19
PAB-a	9	8,33E+05	4	216	34
PAB-a	11	1,00E+06	5	217	31
PAB-a	12	1,25E+06	20	80	10
PAB-a	13	8,33E+05	13	81	13
PAB-a	14	7,50E+05	11	90	15
PAB-a	15	2,00E+06	33	77	8
PAB-a	17	2,25E+06	30	95	8
PAB-a	1	1,13E+06	20	72	12
PAB-a	2	8,33E+05	10	104	16
PAB-a	3	1,31E+06	15	111	12
PAB-a	4	1,00E+06	9	141	16
PAB-a	5	1,00E+06	5	239	35
PAB-a	6	1,08E+06	10	136	19
PAB-a	7	1,17E+06	10	146	20
PAB-a	8	1,00E+06	9	130	19
PAB-a	9	8,33E+05	4	216	34
PAB-a	11	1,00E+06	5	217	31
PAB-a	12	1,25E+06	20	80	10
PAB-a	13	8,33E+05	13	81	13
PAB-a	14	7,50E+05	11	90	15
PAB-a	15	2,00E+06	33	77	8
PAB-a	17	2,25E+06	30	95	8
SBS-1	1	3,44E+06	20	198	14
SBS-1	2	2,40E+06	17	171	13
SBS-1	3	3,15E+06	18	203	13
SBS-1	4	3,25E+06	60	69	4
SBS-1	5	2,95E+06	25	145	10
SBS-1	6	2,81E+06	26	130	10
SBS-1	7	2,94E+06	25	140	10

Amostra	Grão	Densidade de Traços	K (ppm)	Idade (Ma)	Erro Idade (Ma)
SBS-1	8	5,19E+06	114	59	3
SBS-1	9	3,20E+06	33	119	8
SBS-1	10	2,75E+06	54	66	5
SBS-1	11	4,88E+06	46	129	8
SBS-1	12	4,81E+06	19	273	16
SBS-1	13	4,45E+06	91	63	3
SBS-1	14	5,69E+06	85	85	5
SBS-1	15	2,88E+06	39	92	7
SBS-1	16	6,06E+06	130	60	3
SBS-1	17	3,88E+06	45	108	7
SBS-1	18	5,44E+06	77	89	5
SBS-1	19	2,70E+06	41	84	6
SBS-1	20	3,85E+06	43	110	6
SBS-1	21	3,75E+06	16	259	17
SBS-1	22	2,75E+06	57	62	5
SBS-1	23	2,95E+06	54	70	5
SBS-1	24	3,38E+06	19	205	14
SBS-1	28	4,06E+06	22	211	13
SBS-1	30	3,38E+06	23	171	12
SBS-1	31	3,69E+06	19	224	15
SBS-1	33	3,25E+06	37	108	8
SBS-1	34	2,50E+06	25	123	9
SBS-1	37	2,55E+06	36	90	6
SBS-1	38	2,60E+06	17	175	12
SBS-1	39	2,81E+06	25	138	10
SBS-1	40	2,85E+06	45	80	5
SBS-1	41	2,40E+06	50	62	5
SBS-1	42	2,70E+06	26	126	9
SBS-1	43	2,60E+06	35	95	7
SBS-1	44	1,38E+06	29	60	5
SBS-1	45	2,20E+06	19	139	11
SBS-1	46	2,88E+06	15	214	16
SBS-1	47	3,94E+06	22	206	13
SBS-1	48	1,85E+06	22	104	9
SBS-1	50	2,44E+06	14	196	16
SBS-1	51	2,50E+06	28	111	8
SBS-1	52	2,15E+06	22	120	9
SBS-1	53	2,35E+06	18	155	12
SBS-1	54	2,50E+06	27	116	9
SBS-1	55	2,60E+06	32	100	7
SBS-1	56	1,00E+06	15	85	10
SBS-3	1	4,69E+06	98	62	4
SBS-3	2	5,31E+06	81	83	5
SBS-3	3	6,88E+06	65	129	6
SBS-3	5	6,58E+06	129	66	4

Amostra	Grão	Densidade de Traços	K (ppm)	Idade (Ma)	Erro Idade (Ma)
SBS-3	6	4,13E+06	67	78	7
SBS-3	7	7,17E+06	132	70	4
SBS-3	8	6,75E+06	100	85	6
SBS-3	9	2,83E+06	44	82	7
SBS-3	10	6,00E+06	57	128	9
SBS-3	11	7,08E+06	93	95	5
SBS-3	12	4,83E+06	70	87	6
SPB	1	2,50E+05	2	148	30
SPB	2	6,67E+05	6	138	24
SPB	3	2,50E+05	2	127	37
SPB	4	8,75E+05	3	337	64
SPB	5	7,50E+05	5	165	28
SPB	6	5,83E+05	3	235	44
SPB	7	1,38E+06	7	223	24
SPB	8	1,25E+06	6	247	39
SPB	9	1,25E+06	10	146	16
SPB	10	1,31E+06	11	142	16
SPB	14	1,25E+06	5	292	46
SPB	16	1,50E+06	5	321	33
SPB	19	1,13E+06	3	351	59
SPB	22	1,17E+06	3	355	48
SPB	24	8,75E+05	3	298	56
SPB	26	1,13E+06	4	302	36
SPB	28	1,08E+06	3	412	57
SPB	29	1,13E+06	3	343	57
SPB	30	1,42E+06	26	69	8
SPB	31	1,42E+06	5	316	39
SPB	33	1,13E+06	3	366	61
SPB	34	5,00E+05	4	154	54
SPB	35	1,00E+06	2	455	81
SPB	36	7,50E+05	3	272	56
SPB	39	1,08E+06	3	343	48
SPB	40	1,42E+06	5	320	39
SPB	41	1,17E+06	11	134	18
RPB	1	6,69E+05	94	96	8
RPB	2	5,73E+05	34	227	16
RPB	3	5,54E+05	60	123	8
RPB	4	5,73E+05	52	148	11
RPB	5	5,62E+05	56	135	10
RPB	6	5,62E+05	62	121	9
RPB	8	4,59E+05	37	167	13
RPB	9	2,29E+05	13	227	40
RPB	10	3,01E+05	25	163	18
RPB	11	3,56E+05	20	234	21
RPB	12	4,59E+05	60	102	8

Amostra	Grão	Densidade de Traços	K (ppm)	Idade (Ma)	Erro Idade (Ma)
RPB	13	3,73E+05	29	173	24
RPB	14	2,58E+05	13	261	44
RPB	15	5,16E+05	36	189	18
RPB	16	3,15E+05	51	84	13
RPB	17	2,01E+05	11	242	46
RPB	18	5,16E+05	44	158	15
RPB	19	3,15E+05	19	224	34
RPB	20	5,45E+05	38	191	16
RPB	21	4,87E+05	80	82	6
RPB	22	3,90E+05	54	97	8
RPB	23	3,54E+05	20	239	20
RPB	25	4,73E+05	50	127	11
RPB	26	6,59E+05	49	179	13
RPB	27	5,62E+05	31	242	18
RPB	29	4,20E+05	43	131	14
RPB	30	3,87E+05	70	74	7
RPB	31	4,87E+05	30	216	19
RPB	32	3,01E+05	21	192	21
RPB	33	4,82E+05	49	131	10
RPB	34	1,15E+05	6	260	41
RPB	39	5,30E+05	23	301	25
RPB	41	1,91E+05	10	247	39
URU	1	9,06E+05	7	147	14
URU	2	1,67E+06	8	244	27
URU	3	1,17E+06	12	116	16
URU	6	6,67E+05	11	78	14
URU	7	1,38E+06	7	223	24
URU	8	1,25E+06	6	247	39
URU	9	1,25E+06	10	146	16
URU	10	1,19E+06	11	130	15
URU	11	1,00E+06	11	116	21
URU	12	1,00E+06	12	108	19
URU	14	7,50E+05	7	123	25
URU	15	2,38E+06	44	69	8
URU	16	1,50E+06	15	126	13
URU	17	1,63E+06	23	90	9
URU	18	1,25E+06	14	108	14
URU	19	1,13E+06	5	252	42
URU	21	1,17E+06	12	120	16
URU	22	9,17E+05	8	141	21
URU	23	1,25E+06	12	131	17
URU	24	8,75E+05	15	76	14
URU	25	1,25E+06	17	92	10
URU	27	1,25E+06	24	66	10
URU	29	8,75E+05	7	143	27

Amostra	Grão	Densidade de Traços	K (ppm)	Idade (Ma)	Erro Idade (Ma)
URU	30	1,92E+06	31	78	8
URU	31	9,17E+05	8	135	21
URU	32	1,08E+06	9	141	20
URU	33	7,50E+05	7	131	27
URU	34	5,00E+05	6	101	36
URU	35	1,00E+06	10	119	21
URU	36	7,50E+05	11	88	18
URU	37	1,00E+06	8	147	21
URU	38	1,25E+06	7	201	26
URU	39	1,42E+06	23	77	9
URU	40	1,17E+06	10	137	18
URU	41	1,17E+06	10	138	19
URU	42	8,75E+05	13	83	16
URU	44	2,63E+06	43	77	8
URU	45	8,75E+05	7	154	29

Fonte: Elaborado pelo autor