

# UNIVERSIDADE FEDERAL DO SUL E SUDESTE DO PARÁ INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E ENGENHARIAS - IGE FACULDADE DE GEOLOGIA - FAGEO

JOYCE TAVARES DE SOUSA

QUÍMICA MINERAL EM BIOTITA E PIROXÊNIO DE GRANULITOS MÁFICOS, FÉLSICOS E ALUMINOSOS DA ÁREA DE VILA CRUZEIRO DO SUL, DOMÍNIO BACAJÁ, PROVÍNCIA TRANSAMAZONAS

> MARABÁ – PARÁ 2017

### JOYCE TAVARES DE SOUSA

# QUÍMICA MINERAL EM BIOTITA E PIROXÊNIO DE GRANULITOS MÁFICOS, FÉLSICOS E ALUMINOSOS DA ÁREA DE VILA CRUZEIRO DO SUL, DOMÍNIO BACAJÁ, PROVÍNCIA TRANSAMAZONAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Geologia da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará – UNIFESSPA em cumprimento às exigências para obtenção do Grau de Bacharel em Geologia.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Gilmara Regina Lima Feio

MARABÁ-PARÁ 2017

#### JOYCE TAVARES DE SOUSA

## QUIMÍCA MINERAL EM BIOTITA E PIROXÊNIO DE GRANULITOS MÁFICOS. FÉLSICOS E ALUMINOSOS DA ÁREA DE VILA CRUZEIRO DO SUL. DOMÍNIO BACAJÁ, PROVÍNCIA TRANSAMAZONAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à faculdade de Geologia da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará – UNIFESSPA em cumprimento às exigências para obtenção do Grau de Bacharel em Geologia.

Data de aprovação: 3670372037Conceito:  $6\times 6$ Banca examinadora:

april -

Profª, Drª, Gilmara Regina Lima Feio - Orientadora

Doutora em Geoquímica e Petrologia

FAGEO Unifesspa – PA

Prof<sup>2</sup>. Dr<sup>2</sup>. José de Arimateia Costa - Membro

Doutor em Geoquímica e Petrologia

FAGEO – Unifesspa – PA

Hayara Frienda Barbosa Terrina

Prof<sup>o</sup>. Msc. Mayara Fraeda Barbosa<sup>-</sup>- Banca Mestre em Geoquímica e Petrologia PPGG – UFPA– PA

# Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

### Biblioteca II da UNIFESSPA. CAMAR, Marabá, PA

Sousa, Joyce Tavares de

Química mineral em biotita e piroxênio de granulitos máficos, félsicos e aluminosos da área de Vila Cruzeiro do Sul, Domínio Bacajá, Província Transamazonica / Joyce Tavares de Sousa; orientadora, Gilmara Regina Lima Feio. — 2017.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Campus Universitário de Marabá, Instituto de Geociências e Engenharias, Faculdade de Geologia, Marabá, 2017.

Mineralogia química – Pará. 2. Geoquímica – Pará. 3.
 Geologia – Pará. 4. Rochas. I. Feio, Gilmara Regina Lima, orient. II. Título.

CDD: 23. ed.: 549.14098115

Dedico este trabalho a DEUS a quem amo incondicionalmente e a minha mãe Maria Tavares, meu pai Jesiel Fernandes e a minha irmã Jesiele Tavares.

#### AGRADECIMENTOS

• Agradeço em primeiro lugar ao meu amado DEUS por toda fidelidade e amor para comigo em todo tempo, ele é o motivo e a razão da minha vida, confesso que sem a sua presença este trabalho não seria possível. Esse momento já tinha sido escrito pelo meu DEUS quando ele ainda não existia e hoje vivo a materialização desse sonho.

"Tu me viste antes de eu ter nascido. Os dias que me deste para viver foram todos escritos no teu livro quando ainda nenhum deles existia" (Salmos 139:16)

Minha família amada (Mãe, Pai e Mana), vocês são a expressão do amor de DEUS em minha vida. Minha queria mamãe Maria José Tavares, a senhora é minha coroa de honra, agradecer somente não o suficiente para expressar o amor e admiração que sinto pela senhora, obrigada por sonhar as vezes até mais que eu mesma com esse momento e por abdicar de tantos sonhos e vontades suas para lutar pela minha realização. Pai Jesiel Fernandes de Sousa obrigada por tudo, sua honestidade me fez chegar até aqui, mesmo sem estudos e sem condições de saúde o Senhor sempre lutou para nos manter nessa cidade, hoje o Senhor tem uma filha formada que buscará retribuir todo e qualquer esforço que o senhor fez para que esse momento fosse possível. Mana Jesiele Tavares você é minha irmã gêmea, quando nossa irmã faleceu Deus me trouxe ao mundo para que juntas pudéssemos lutar pelos nossos sonhos, sou grata a você por sempre me ensinar a persistir pelos meus sonhos, você é meu maior exemplo de determinação, obrigada por todos esses anos e por sempre ter sido minha melhor amiga, te amo minha irmã e te desejo sucesso também em sua trajetória acadêmica.

• Quero externar minha imensa gratidão a minha professora e orientadora Gilmara por ter me proporcionado tantos momentos de aprendizado. Seu profissionalismo é algo que surpreende a mim e a todos que estão a sua volta. Obrigada por toda paciência e dedicação em todas as tarefas que desempenhamos juntas, sem dúvidas você sempre se deu ao máximo para todos os trabalhos fossem concluídos com êxito.

• Minhas queridas amigas e colegas de profissão (MARIAS). Meninas Deus é maravilhoso e nos presenteia com amizades como as de vocês, vocês foram o melhor presente que ganhei durante minha graduação. Érica minha Marcelina preferida, Elianne minha amiga e parceira, Paula minha tagarela de coração enorme, Letícia minha voadinha mais humana que já conheci, nossa aliança de amizade é para a eternidade.

• Minha turma (Geologia 2012), essa sem dúvida foi a melhor turma, obrigada por todos os momentos maravilhosos que vocês me proporcionaram de muitas risadas, choros, alegrias, sempre lembrarei de cada um e dos melhores momentos que passamos juntos.

• Aos meus queridos professores Gilmara Feio, Margia Carvalho, Ana Valéria, José de Arimatéia, Aderson Pires, Antônio Emídio, Raimundo Nonato (Nonatinho, pessoa de coração gigante), Daniel Silvestre e Alberto Jacques, vocês formam uma equipe fantástica, obrigada por se doarem tanto em favor do nosso aprendizado, minha eterna gratidão a cada um por todo esforço e dedicação, essa vitória também é de vocês, pois durante esses 5 anos vocês sonharam juntamente conosco. Agradeço também a todos os profissionais da geologia e de outras áreas afins que passaram pela minha vida nesses anos, sem dúvida o conhecimento é um dos bens mais preciosos que podemos guardar para vida toda.

• A Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará por todo suporte durante o desenvolvimento deste trabalho. A Universidade Federal do Pará e a Universidade Nacional de Brasília pelo apoio de disponibilizarem seus laboratórios para que esse trabalho fosse realizado, principalmente aos professores responsáveis na pessoa do professor Claudio Lamarão da UFPA e ao professor Nilson Botelho (UNB).

• Ao projeto de pesquisa CNPQ, Universal (Processo 470386/2013-4) intitulado "Geologia, petrografia, geoquímica e geocronologia dos granitoides e gnaisses da região da vila Cruzeiro do Sul, Domínio Bacajá: implicações para evolução crustal da Província Transamazonas" e o projeto INCT GEOCIAM Instituto Nacional de Geociências da Amazônia, pelo apoio financeiro.

• A empresa Alcoa na pessoa dos Geólogos Otavio Yokoyama, Antônio Henrique e toda equipe de Pesquisa e Prospecção Geológica (Janivaldo, Patricia, Saulo e Andreilza), pela oportunidade que a mim foi confiada de estagiar e aprender tanto, meu muito obrigada.

#### **RESUMO**

A área de Vila Cruzeiro do Sul está inserida no Domínio Bacajá, parte sul da Província Transamazonas, porção centro-leste do estado do Pará. Compreende terrenos constituídos por rochas de alto grau metamórfico (gnaisses, granulitos, migmatitos, granitóides e rochas paleoproterozóicas e arqueanas retrabalhadas charnockíticas) durante 0 Ciclo Transamazônico, de idade entre 2,26-1,95 Ga. A tectônica é transcorrente, com zonas de cisalhamento continuas e paralelas, evidenciando deformação dúctil com cinemática ora dextral ora sinistral. Este trabalho envolve a caracterização químico-mineralógica em biotita e piroxênio de granulitos máficos (ortopiroxênio + clinopiroxênio + plagioclásio ± granada), granulitos félsicos (biotita + plagioclásio + quartzo  $\pm$  feldspato potássico  $\pm$  ortopiroxênio com ou sem granada) e granulitos aluminosos (cordierita + granada + feldspato potássico ± sillimanita) pertencentes à Unidade Granulito Novolândia, visando à classificação dos minerais e estimar as condições de temperatura e pressão reinantes na área durante o metamorfismo. As biotitas analisadas posicionam-se no campo de classificação da flogopita e annita. No granulito máfico, a biotita é essencialmente do tipo flogopita, enquanto que no granulito aluminoso (kinzigito) a biotita é predominantemente annita com pequena variação para flogopita. O granulito félsico varia entre flogopita e annita, com maior predominância na fase flogopita. Tais amostras encontram-se agrupadas no campo das biotitas originadas a partir de processos metamórficos. Os cristais de piroxênio presentes nos granulitos máficos e félsicos encontram-se distribuídos entre augita e enstatita, com predominância de ferrosilita nos granulitos máficos. Temperaturas variando entre 809-888 °C e pressões entre 6,0 e 7,0 Kbar foram estimados para piroxênios presentes nos granulitos máficos. Já os cristais de piroxênio nos granulitos félsicos indicaram temperaturas de 794-854 °C e pressões 5,9 - 6,0 Kbar. Para os granulitos aluminosos os cálculos de temperatura resultam em valores da ordem de 868-948°C com pressões que variam de 4,5-6,9 Kbar. Portanto, dados obtidos demostram que as condições de metamorfismo na área se deram em temperatura alta e pressões intermediárias, com pico metamórfico de  $860 \pm 30^{\circ}$ C com pressão de  $6.3\pm0.7$  Kbar

Palavras chave: Geotermobarometria. Química Mineral. Granulito Novolândia.

#### ABSTRACT

The Vila Cruzeiro do Sul area is part of the Bacajá Domain, in the southern part of the Transamazonas Province, in the central-eastern portion of the state of Pará. It comprises land composed of high-grade metamorphic rocks (gneisses, granulites, migmatites, granitoids and charnockite rocks) paleoproterozoic And Archaeans reworked during the Transamazonian Cycle, aged between 2.26-1.95 Ga. The tectonics are transcurrent, with continuous and parallel shear zones, evidencing ductile deformation with kinematics, sometimes dextral or sinistral. This work involves the chemical-mineralogical characterization of biotite and pyroxene of mafic granulites (ortopyroxene + clinopyroxene + plagioclase + granada), felsic granulites (biotite + plagioclase + quartz + feldspar potassium  $\pm$  orthopyroxene with or without grenade) and alumino granulites (cordierite + garnet + feldspar potassium  $\pm$ sillimanite) belonging to the Granulite Novolândia Unit, aiming at the classification of minerals and estimating the temperature and pressure conditions prevailing in the area during the metamorphism. The analyzed biotites are positioned in the classification field of phlogopite and annita. In the mafic granulite, the biotite is essentially of the phlogopite type, whereas in the aluminous granulite (kinzygite) the biotite is predominantly annite with little variation for phlogopite. The felsic granulite varies between phlogopite and annita, with greater predominance in phlogopite phase. These samples are grouped in the field of biotite originating from metamorphic processes. The pyroxene crystals present in the mafic and felsic granulites are distributed between augita and enstatite, with predominance of ferrosilite in the mafic granulites.. Temperatures ranging from 809-888 ° C and pressures between 6.0 and 7.0 Kbar were estimated for pyroxenes present in mafic granulites. The pyroxene crystals on felsic granulites indicated temperatures of 794-854 ° C and pressures of 5.9 - 6.0 Kbar. For alumina granulates the temperature calculations are in the order of 868-948 ° C with pressures ranging from 4.5-6.9 Kbar. Therefore, data obtained show that the metamorphic conditions in the area occurred at high temperature and intermediate pressures, with a metamorphic peak of  $860 \pm 30$  ° C with a pressure of  $6.3 \pm 0.7$  Kbar.

Keywords: Geotermobarometry, Mineral Chemistry, Granulite Novolândia.

### **INDICE DE FIGURAS**

Figura 01 - Mapa de Localização e acesso da área em estudo mostrando as principais estradas
do trajeto Marabá-Belém15
Figura 02 - Mapa de pontos com localização das amostras estudadas18
Figura 03 - Mapa de associações tectônicas do Domínio Bacajá22
Figura 04 - Mapa Geológico da área em estudo (Revisada de Félix-Silva 2016)23
Figura 05 - Fotomicrografia das amostras que caracterizam a unidade dos granulitos félsicos.
Figura 06 - Fotomicrografia das amostras que caracterizam a unidade dos granulitos
aluminosos (Kinzigitos)
Figura 07 - Fotomicrografia das amostras que caracterizam a unidade dos granulitos
máficos
Figura 08 - Diagrama de classificação de biotita Mg / (Mg + Fe) em relação Si / Al (IV) 34
Figura 09 - Diagrama de classificação de biotita Fe/ (Fe + Mg) em relação ao Al (VI)34
Figura 10 - Diagrama ternário de classificação I - biotita metamórfica, II - biotita magmática.
Figura 11 - Diagrama de classificação mostrando composição dos piroxênios no sistema Wo
(CaSiO <sub>3</sub> ), En (MgSiO <sub>3</sub> ) e Fs (FeSiO <sub>3</sub> )
Figura 12 - Isotérmicas calculadas para a gama composicional e barica apropriada para a
calibração do geotermômetro TIB de Henry et al. (2005)
Figura 13 - Diagrama de Eskola (1939) para fácies metamórfica. Os principais litotipos
foram plotados de acordo com dados obtidos e inferidos por paragênese. Os dados
representam condições mínimas de T e P para os cristais de biotita
Figura 14 - Diagrama de Eskola (1939) para fácies metamórfica. Os principais litotipos
foram plotados de acordo com dados obtidos para temperatura e pressão em piroxênio41

#### **INDICE DE TABELAS**

 Tabela 01 - Classificação modal das amostras de granulitos félsicos em percentagem.
 25

 Tabela 02 - Classificação modal das amostras de granulitos aluminosos em percentagem.
 28

 Tabela 03 - Classificação modal das amostras de granulitos máficos em percentagem.
 31

 Tabela 04 - Estimativas de pressão e temperatura nos litotipos analisados através do Ti
 31

 presente na biotita e através dos pares biotita+granada. Os granulitos máficos não foram
 38

 Tabela 05 - Estimativas de pressão e temperatura nos granulitos máficos e félsicos através dos pares ortopiroxenio+clinopiroxênio.
 40

 Tabela 06 - Estimativas de pressão e temperatura nos granulitos máficos e félsicos gerados pelo programa RCLC de Pattison et al. (2003), baseados na solubilidade de Al no ortopiroxênio.
 40

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 APRESENTAÇÃO	14
1.2 LOCALIZAÇÃO E ACESSO	15
1.3 JUSTIFICATIVA	16
1.4 OBJETIVOS	16
1.5 MATERIAIS E MÉTODOS	17
1.5.1 Pesquisa Bibliográfica	17
1.5.2 Descrição Petrográfica	17
1.5.3 Análise Modal	18
1.5.4 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)	18
1.5.5 Microssonda Eletrônica	19
1.5.6 Tratamento dos dados da microssonda	19
1.5.7 Geotermobarometria	19
2 GEOLOGIA REGIONAL	19
2.1 PROVINCIA TRANSAMAZONAS	20
2.1.1 Domínio Bacajá	20
3 GEOLOGIA LOCAL	22
4 RESULTADOS	24
4.1 PETROGRAFIA	24
4.1.1 Granulitos Félsicos	24
4.1.2 Granulitos Aluminosos (kinzigitos)	27
4.1.3 Granulitos Máficos	30
4.2 QUIMICA MINERAL	33
4.2.1 Biotita	33
4.2.2 Piroxênio	35
4.3 GEOTERMOBAROMETRIA	
5 DISCUSSÕES	42
5.1 ESTIMATIVA DE CONDIÇÕES DE PRESSÃO E TEMPERATURA ATRAVÉS CARACTERIZAÇÃO QUÍMICO-MINERALÓGICA	DA 42
5.1.1 Petrografia	42
5.1.2 Metamorfismo e Química Mineral	43
5.1.3 Geotermobarometria	45
6. CONCLUSÕES	47

# SUMÁRIO

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	
APÊNDICES	54

### LISTA DE ABREVIATURAS

Bt- Biotita Crd- Cordierita Cpx- Clinopiroxênio Fks- Feldspato potássico Grt- Granada Mt- Magnetita Opx- Ortopiroxênio Pl- Plagioclásio Qtz- Quarto Sil- Silimanita X<sub>Fe</sub>- Fe/Fe+Mg X<sub>Mg</sub>– Mg/Mg+Fe

### 1 INTRODUÇÃO

#### 1.1 APRESENTAÇÃO

A área de Vila Cruzeiro do Sul está inserida no Domínio Bacajá, situado na porção centro-leste do Estado do Pará, na parte sul da Província Transamazonas (SANTOS et al., 2003). Um orógeno paleoproterozóico que se estende ao longo da porção sudeste do Cráton Amazônico (VASQUEZ et al., 2008a). Compreende predominantemente complexos metamórficos, *greenstone belts*, rochas resultantes de magmatismo orogênicos colisionais, retrabalhadas durante o Ciclo Transamazônico, com idade de 2,26 – 1,95 Ga (VASQUEZ et al., 2008a) além de coberturas fanerozóicas. Os processos tectônicos são transcorrentes, com zonas de cisalhamento continuas e paralelas, evidenciando deformação dúctil nas rochas (RICCI et al., 2001).

Apesar de estudos realizados pela Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará na região em escala de detalhe 1:100.000 e 1:50.000, ainda persistem muitos questionamentos relacionadas a evolução crustal e compreensão das condições metamórficas que os litotipos presentes na área em estudo foram submetidos.

Este trabalho envolve a caracterização químico-mineralógica de rochas granulíticas máficas e félsicas além de granulitos aluminosos (Kinzigitos) pertencentes à Unidade Granulito Novolândia, visando esclarecer as condições de metamorfismo, temperatura e pressão que essas rochas foram submetidas através da geotermobarometria. Os granulitos são rochas metamórficas formadas em temperaturas acima de 650 °C e com amplo intervalo de pressão entre 3 e 13kbar (JULIANE et al., 2002), apresentando como mineral índice o ortopiroxênio (BEHR et al., 1971).

Inicialmente foi realizado refinamento da petrografia, anteriormente estudadas durante a disciplina Estágio de Campo II (ano de 2013), sob coordenação do professor José de Arimatéia Costa de Almeida, vinculado ao projeto "Geologia, Petrografia e Geoquímica dos granitóides e gnaisses da região de Vila Cruzeiro do Sul" (Processo 470386/2013- 4) também coordenado pelo mesmo pesquisador. Este trabalho complementa pesquisas iniciadas em química mineral pelo geólogo Anderlone Antônio Simoa Ribeiro em minerais dos granulitos máficos e kinzigitos do Complexo Novolândia e está articulado ao trabalho de conclusão de curso da Raiane Sousa Brito, que utilizou dados de granada dos granulitos máficos do mesmo complexo. Além disso, a estudante Mariane de Jesus realiza um refinamento nos dados petrográficos, buscando melhor caracterizá-los.

#### 1.2 LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A área em estudo localiza-se na região Norte do País, na porção sudeste do estado do Pará, entre os municípios de Marabá e São Felix do Xingu próximo à Vila Cruzeiro do Sul (Figura 01). O acesso à área pode ser realizado a partir do município de Marabá, por via terrestre através da Rodovia Transamazônica (BR-230), seguindo por estradas vicinais até a Vila Cruzeiro do Sul, sendo limitada pelas coordenadas UTM 9429000, 9438000, 545000 e 560000, estando inserida na Folha Rio Bernardino (SB.22-X-C-I) e Rio Cajazeiras – 22-X-C-III.



Figura 01 - Mapa de Localização e acesso da área em estudo mostrando as principais estradas do trajeto Marabá-Belém.

Fonte: Autora.

#### **1.3 JUSTIFICATIVA**

Através da determinação quantitativa de elementos químicos contidos em minerais presentes nas rochas, é possível estimar as condições físicas de temperatura e pressão que presidiram o metamorfismo (ARCANJO et al., 1992). O Domínio Bacajá é pobremente pesquisado quando comparado com o Domínio Carajás, os trabalhos que mais apresentam dados relacionados a este domínio foram realizados por Vasquez et al. (2008) que em sua tese de doutorado intitulada "Geocronologia em zircão, monazita e granada e isotópos de Nd das associações litológicas da porção oeste do Domínio Bacajá: evolução crustal da porção meridional da província Maroni-Itacaiúnas-sudeste do Cráton Amazônico", que fez um levantamento geocronológico com intuito de compreender como se deram os processos de evolução da crustal. A Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará em escala de semi-detalhe 1:100.000 e 1:50.000 também realizou estudos recentes na região, onde vários trabalhos de caracterização petrográfica foram desenvolvidos.

Ribeiro (2015) atrelado ao mapeamento desenvolveu estudos referentes à química mineral, analises de minerais por EDS em MEV, e estimou condições de temperaturas de 700 °C e pressões intermediárias para região. No entanto ainda persistem muitos questionamentos na compreensão das condições metamórficas que a área foi submetida durante o evento orogenético Transamazônico (2,26 – 1,95 Ga) responsável pela geração de um expressivo volume de rochas metamórficas de alto grau e sobre o intervalo mais preciso de P e T, utilizando análises de biotita e piroxênio por Microssonda Eletrônica. Desta forma, o presente estudo permitirá o avanço no entendimento das condições de temperatura e pressão através da obtenção de dados de química mineral de granulitos máficos, félsicos e aluminosos (kinzigitos) do Complexo Novolândia.

#### **1.4 OBJETIVOS**

O objetivo geral deste trabalho é realizar a caracterização químico-mineralógica através de dados de microssonda eletrônica nos minerais presentes em granulitos máficos, félsicos e aluminosos (kinzigitos) da área de vila Cruzeiro do Sul, Domínio Bacajá. Sendo estabelecidos objetivos específicos:

- Caracterização petrográfica dos granulitos félsicos, máficos e kinzigitos (YARDLEY, 2004; DESMONS & FETTES, 2014);
- Obtenção de análises química quantitativas em biotita e piroxênio por Microssonda Eletrônica;

- Classificação química de biotita (DEER et al., 1992, 1996; GOKHALE, 1968) e piroxênios (MORIMOTO,1988);
- Estimativa das condições de P e T nos granulitos durante o metamorfismo.

#### **1.5 MATERIAIS E MÉTODOS**

Foram utilizados diversos materiais e métodos importantes para o desenvolvimento deste trabalho que serão descritos abaixo.

#### 1.5.1 Pesquisa Bibliográfica

O levantamento bibliográfico foi realizado através de consultas em livros, artigos e teses. Prioritariamente o levantamento realizou-se em torno da geologia regional do Domínio Bacajá (VASQUEZ et al., 2006, 2008; RICCI, 2001) e da Província Transamazonas (SANTOS et al., 2003). Secundariamente as pesquisas foram focadas em temas relacionados à química mineral, estudos geotermobarométricos, bem como as principais características petrográficas das rochas granulíticas. (RIBEIRO, 2015; FÉLIX-SILVA, 2016; OLIVEIRA, 2016; FREITAS, 2000; MORAES, 2013; MEDEIROS Jr., 2009, MARINHO, 2014).

#### 1.5.2 Descrição Petrográfica

Foram descritas treze (13) lâminas delgadas em microscópio de marca ZEISS, no Laboratório de Petrografia do Instituto de Geociências e Engenharias da Unifesspa. As amostras estudadas foram cedidas por equipes que participaram do estágio de campo II, no ano 2013, e correspondem a litotipos representantes do Granulito Novolândia. Este estudo abrangeu a identificação dos minerais, descrição sistemática e classificação das rochas metamórficas de acordo com (YARDLEY, 2004; DESMONS & FETTES, 2014) assemelhando-se aos dados descritos por (FÉLIX-SILVA 2016), sofrendo pequenas alterações relacionadas as classificações realizada anteriormente (Figura 02).



Figura 02 - Mapa de pontos com localização das amostras estudadas.

Fonte: Félix-Silva (2016) revisado e modificado pela autora.

#### 1.5.3 Análise Modal

As rochas caracterizadas petrograficamente foram analisadas em contador de pontos da marca *Stageledge*, onde foram efetuados 2000 pontos por amostra. Sendo possível dividir três classes distintas de granulitos, dentre eles máficos, félsicos e aluminosos (kinzigitos).

#### 1.5.4 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

Acompanhamento em análises realizadas em MEV, onde Seis (6) amostras foram utilizadas por análise química semiquantitativa pontual pelo método EDS (Espectroscopia de Raios-x por Dispersão de Energia) no Laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura (LABMEV) do Instituto de Geociências da UFPA, sob a supervisão do Prof. Claudio Nery Lamarão. Para as análises foi utilizado o microscópio eletrônico LEO modelo 1430, sob condições de voltagem de 20kv, tempo de análise de 30s, a 15 mm de distância de tamanho do spot 250. As 6 lâminas polidas de amostras utilizadas para análise foram preparadas e metalizadas com carbono. Estas análises foram utilizadas, servindo de parâmetro comparativo entre as análises realizadas neste trabalho com os dados obtidos por Ribeiro (2015).

#### 1.5.5 Microssonda Eletrônica

Treze (13) amostras foram utilizadas para análise química no laboratório de Microssonda Eletrônica- (LASON) do Instituto de Geociências da UNB, sob supervisão do Professor Nilson Francisquini Botelho e da técnica Jaqueline. Para as análises foi utilizada a Microssonda Eletrônica JEOL modelo JXA-8230 com 5 espectrômetros WDS e um EDS, com voltagem de 15kv, corrente 10nA, e análise 10s. As lâminas polidas de amostras utilizadas para análise foram preparadas e metalizadas a carbono. Os elementos analisados foram Na, Mg, F, Al, Si, Ca, K, Cl, Ti, Cr, Mn, Ni, Fe e V, sendo também analisado F e Cl.

#### 1.5.6 Tratamento dos dados da microssonda

Os dados de microssonda eletrônica foram tratados primeiramente com auxílio do Office Ecxel 2013 e posteriormente no programa Gcdkit 4.0, onde foram gerados todos os diagramas ternários. O Corel DRAWN X7 foi utilizado para criar os diagramas binários, seguindo a diagramação de acordo com a classificação especifica para cada mineral. Para a biotita foram utilizadas as classificações de (DEER,1992,1996; GOKHALE,1968) e para piroxênio a classificação de MORIMOTO (1988).

#### 1.5.7 Geotermobarometria

Cálculos foram realizados com base em Geotermobarômetros para biotita proposto por Ferry & Spear (1978) que utiliza os pares de Biotita+Granada e o de Henry et al. (2005) de Ti em Biotita. Para o piroxênio geotermobarometros de (CARLSON & LINDSLEY, 1988) e de Nickel e Brey (1984) que utiliza os pares de Clinopiroxênio+Ortopiroxênio. Além disso, fezse uso do programa RCLC que calcula as condições de T e P com base na solubilidade de Al presente em cristais de ortopiroxênio baseados em um banco de dados modificado do programa TWQ 2.02b (BERMAN, 1991).

#### **2 GEOLOGIA REGIONAL**

O Cráton Amazônico representa uma unidade geotectônica de grande relevância no que se refere a dimensões e a recursos minerais. Trata-se de uma placa litosférica continental constituída de um expressivo núcleo arqueano orlado por faixas orogênicas paleomesoproterozóica. Ao longo do tempo, modelos de compartimentação em províncias distintas para Cráton Amazônico vêm sendo proposto por diferentes autores. Amaral (1974) realizou datações K-Ar e algumas Rb-Sr, reconhecendo que o Cráton é uma vasta área de rochas formadas no Arqueano a Paleoproterozóico. Esses modelos foram gradativamente aprimorados com o aporte de novos dados, ganhado assim, sucessivas versões a partir do estudo de (CORDANI et al., 1979), em que foram separadas quatro províncias geocronológicas: uma arqueana, e uma faixa Mesoproterozóica. Recentemente Tassinari & Macambira (2004) reconheceram seis faixas de direção geral NW, referidas como províncias geocronológicas. (SANTOS et al., 2000; SANTOS,2003), apresentam um modelo com base essencialmente em dados U-Pb e Pb-Pb, sendo posteriormente aprimorada por Santos et al. (2008), que distinguiu sete faixas de direção geral em torno de NW depois acrescida de mais uma de direção NE.

#### 2.1 PROVINCIA TRANSAMAZONAS

A Província Transamazonas (SANTOS et al., 2003) inserida no Cráton Amazônico, trata-se de uma região constituída dominantemente pelas rochas geradas pelo Ciclo Orogênico Transamazonas (2.2–1.95 Ga) consistindo de domínios de crosta juvenil paleoproterozóica e de blocos arqueanos retrabalhados no Paleoproterozóico (TASSINARI & MACAMBIRA, 2004). Segundo (SANTOS et al., 2003) esta Província em território brasileiro seria constituída, por três domínios distintos: Gurupi, Bacajá e Amapá. No próximo tópico serão abordos os aspectos geológicos do Domínio Bacajá, no qual a área de estudo está inserida.

#### 2.1.1 Domínio Bacajá

O Domínio Bacajá localiza-se na porção sul da província transamazonas, sendo formado por associações tectônicas de fragmentos arqueanos e siderianos retrabalhados durante o Ciclo Transamazônico, granitóides de arcos magmáticos riacianos, granitóides e charnockitos relacionados ao clímax e estágios posteriores da colisão continental riaciana, sendo considerado um orógeno colisional (VASQUEZ et al., 2008a).

As principais unidades litotectônicas de acordo com (VASQUEZ et al. 2008) são divididas em Suítes Plutônicas Pré- Colisional, Suítes Plutônicas Sin a Tardi-colisionais, Suítes Plutônicas Tardi a Pós-colisionais, Suíte Plutônica Pós-Orogência, *Greenstone Belts,* Associação Granito-Gnáissico-Migmatítica e Associação Granulítica Arqueana Paleoproterozóica, ao qual as unidades litológicas presentes na área em estudo estão inseridas dentro do complexo Granulito Novolândia. Enxames de diques máficos de orientação NE-SW e N-S ocorrem na porção oriental do Domínio Bacajá, além de cobertura fanerozóica (Figura 03).

O Granulito Novolândia encontra-se disposto segundo a direção E-W, eventualmente infletido para NW-SE, com feições características de movimentação destral, tem sua maior

ocorrência na porção mais cento-leste desse domínio sendo composto petrologicamente por kinzigitos, granulitos máficos, paragnaisses potássicos (arcoseanos) com ortopiroxênio, granada, cordierita, biotita e paragnaisses quartzosos com cordierita, biotita e granada, com bandamento alternado em bandamentos com faixas continuas de ortoderivadas máficas e paraderivadas peliticas, arcoseanas e quartzosas. São adicionadas a esta unidade rochas metassedimentares de alto grau da serra do Cinzento quartzitos com sillimanita e granada, que anteriormente estavam relacionadas ao Grupo Salobo (VASQUEZ et al., 2008b). Vasquez (2006) datou fontes detríticas arqueanas e siderianas (3,13-2,47Ga) e eventos granulíticos entre 2,11 e 2,07 Ga, o que sugere idades de fontes similares para o Granulito Novolândia.

O Complexo Cajazeiras tem sua maior ocorrência na porção sudoeste deste domínio. Caracteriza-se por ser uma unidade tectono-estratigráfica do Domínio Bacajá, que representa o volume infracrustal mais evoluído e exumado desse domínio (VASQUEZ et al., 2008b). Este complexo é composto petrologicamente por granulitos rehidratados com piroxênios pseudomorfisados e reequilibrados tonalíticos a graníticos, com texturas granulíticas granoblástica interlobada, *flaser*, poligonal. Ocorrem ainda, milonitos de alto grau (VASQUEZ et al., 2008a). Os recorrentes registros de migmatização úmida (mobilizados em fácies anfibolito) contribuem para mascarar o reconhecimento da pretérita história de alto grau e evidenciam retrabalhamento crustal pós-granulitização (RICCI, 2006). Vasquez et al. (2008c), a partir do método de evaporação de Pb em zircão obtiveram idade para a cristalização do protólito dessas rochas de 2942  $\pm$  4 Ma. Macambira *et al.* (2007), pelo método U-Pb em zircão, obtiveram idades de 3009  $\pm$  27 Ma, atribuídas ao metamorfismo que levou à formação das rochas da unidade Complexo Cajazeiras.



Figura 03 - Mapa de associações tectônicas do Domínio Bacajá.

Fonte: Vasquez et al. (2008).

#### **3 GEOLOGIA LOCAL**

Durante o Mapeamento geológico realizado na área da Vila Cruzeiro do Sul por alunos da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará no estágio de campo II do ano de 2013, foi possível individualizar seis unidades litoestratigráficas na área em estudo: (1) Anfibolitos; (2) Granulitos intermediário á máfico; (3) Granada Gnaisses com ou sem cordierita/Kinzigito; (4) Gnaisses Granodioríticos-Monzogranítico; (5) Muscovita Xisto e (6) Migmatito. Félix-Silva (2016), reclassificou a unidade dos Granulitos intermediários á máfico e Granada Gnaisses com ou sem cordierita/Kinzigito como Granulitos Máficos, Félsicos e Aluminosos (kinzigitos). No entanto, durante o desenvolvimento do presente trabalho, algumas amostras não estavam coerentes com as zonas de classificação para a unidade correspondente no mapa geológico, sendo revisado e corrigido. De acordo com o mapa geológico os corpos rochosos apresentam formas estiradas com direções principais para NW/SE. Os granulitos máficos apresentam maiores ocorrências nas porções nordeste e leste, e os félsicos nas porções noroeste, e os aluminosos ocorrem mais a sul da área em estudo (Figura 04).



Figura 04 - Mapa Geológico da área em estudo (Revisada de Félix-Silva 2016).

Fonte: Félix-Silva (2016) revisado e modificado pela autora.

#### **4 RESULTADOS**

#### 4.1 PETROGRAFIA

A Petrografia da área foi refinada através da análise de 13 lâminas delgadas. O estudo abrangeu a identificação dos minerais, descrição sistemática e classificação das rochas e individualização das unidades através da contagem modal. Sendo descritas abaixo:

#### 4.1.1 Granulitos Félsicos

Os granulitos félsicos (Tabela 01) representam os granulitos mais abundantes na área em estudo. A paragênese principal é formada por biotita + plagioclásio + quartzo  $\pm$  feldspato potássico  $\pm$  ortopiroxênio com ou sem granada. Apresentam textura inequigranular, que varia de granoblástica a granolepidoblática (Figura 05 C).

Os cristais de quartzo exibem formas xenoblásticas com dimensões (~0,2-2,0mm) subarredondados a arredondados, inclusos geralmente em cristais de feldspato potássico e plagioclásio. Subordinadamente ocorrem cristais com forma xenoblástica e dimensões (~1-5mm) apresentando contatos retos e interlobados com plagioclásio e feldspato potássico, com inclusão de cristais de biotita (Figura 05 E).

Os cristais de K-feldspato aparecem em grandes proporções, exibindo forma xenoblástica, com dimensões (~0,2-1,5mm), com maclamento tipo xadrez e textura pertitica, contatos irregulares com os demais cristais. Os cristais com menores dimensões são produtos de recristalização ou formação de novos grãos.

Os cristais de plagioclásio exibem formas subidioblástica e xenoblásticas com dimensões (~0,2-0,5mm) e contatos irregulares e interlobados com os cristais feldspato e quartzo, geralmente apresentam inclusão de biotita e zircão. Os cristais de biotita apresentam coloração castanho avermelhado, exibindo faces subidioblástica a xenoblásticas, com dimensões (~ 0,1-0,4mm), contatos retos com plagioclásio e quartzo, intercrescidos dentro do plagioclásio e quartzo (Figura 05 F).

Os cristais de ortopiroxênio exibem forma xenoblástica e apresentam-se bastante fraturados e alterados, com dimensões (~0,2-0,5mm), seus contatos são irregulares e retos com os cristais de quartzo. Os cristais de granada (Figura 05 A e B) são xenoblásticos à subidioblásticos, com dimensões (~0,2-0,5mm), contato com quartzo interlobado e irregular com o feldspato potássico, estando alinhadas no mesmo sentido do quartzo fitado. Os cristais opacos tem formas xenoblásticas e dimensões de (0,2-2mm) geralmente associados ao ortopiroxênio (Figura 05 D). Os cristais de zircão são subdioblásticos a idioblásticos, com dimensões de (0,2mm), inclusos em ortopiroxênio e quartzo.

		GRANU	LITOS FÉI	LSICOS			
MINERAIS	SEV-04A	SEV-07	SEV-8A	DFR-20	DFR-24	DFR-10	SE-26A
QUARTZO	36,25	32,33	29,20	51,20	77,85	58,20	67,30
PLAGIOCLÁSIO	18,05	42,85	41,80	34,40	16,50	25,80	14,10
BIOTITA	14,19	10,47	0,65	10,20	1,90	6,80	9,55
FELDS ALCALINO	25,65	0,00	22,90	0,65	1,25	0,50	0,00
GRANADA	0,00	0,00	1,55	0,00	0,00	0,00	6,60
ORTOPIROXÊNIO	5,25	12,16	3,05	2,75	0,50	6,30	3,10
CLINOPIROXÊNIO	0,00	1,28	0,00	0,00	0,00	0,80	0,00
OPACOS	0,55	0,82	0,70	0,65	1,85	1,55	0,60
SOMA DE MIN. FÉLSICOS	80,00	75,28	93,95	86,30	95,60	84,50	80,15
SOMA DE MIN. MÁFICOS	20,00	24,72	6,05	13,70	4,40	15,50	19,85

Tabela 01 - Classificação modal das amostras de granulitos félsicos em percentagem.

Fonte: Autora

**Figura 05** - Fotomicrografia das amostras que caracterizam a unidade dos granulitos félsicos. A) 5x sob nicóis cruzados e B) Luz natural Cristais de Granada (Grt) com textura Porfiroblástica, cristais de piroxênio (Opx) intensamente fraturados com características de alteração, os cristais de plagoclásio (Pl) apresentam maclas polissinteticas e as microclina (Mc) maclamento xadrex. Os cristais de magnetita (Mt) apresentam contatos irregulares com o piroxênio e reto com os demais adjacentes. C) 2,5x sob nicóis cruzados foliação da rocha é evidenciada por bandas máficas com presença de granada (Grd) e biotita (Bt) e bandas félsicas com presença de quartzo (Qtz) e feldspato potássico (F-k). D) 5X sob nicóis cruzados aglomerado de cristais máficos magnetita (Mt), biotita (Bt) e piroxênio (Opx) em contatos irregulares com os cristais félsicos adjacentes. E) 10x sob nicóis cruzados quartzo (Qtz) e plagioclásio (Plg) com contatos retos e interlobados entre si e Textura de intercrescimento mimerquítico. F) 5x sob nicóis cruzados cristais de quartzo (Qtz) envolvidos por cristais de Biotita (Bt) e cristais de plagioclásio com maclas polissinteticas e contatos geralmente retos com os minerais adjacentes.



Fonte: Autora

#### 4.1.2 Granulitos Aluminosos (kinzigitos)

Os granulitos aluminosos (Tabela 02) representam a segunda população mais abundante na área em estudo. A paragênese principal é formada por cordierita + granada + feldspato potássico  $\pm$  sillimanita que pode ou não estar presente. Apresentam textura equigranular granoblástica. Os cristais de quartzo exibindo forma xenoblástica com dimensões (~0,5-2,0mm), contatos irregulares e interlobados com plagioclásio e biotita, e intercrescimento do tipo mirmequítico através do contato com o plagioclásio, é possível observar cristais de quartzo mais arredondados monocristalino e policristalino intercrescidos dentro dos cristais de granada que apresentam dimensões (~0,2mm), inclusão de biotita nos cristais de quartzo.

Os cristais de feldspato potássico exibem forma xenoblástica a subidioblásticos, com dimensões (~0,5-1mm), apresentam textura pertitica, contatos irregulares com os demais cristais. Os Cristais de plagioclásio (Figura 06 B) exibem forma subidioblásticas à xenoblásticas exibindo dimensões (~0,5-4mm), com contatos retos e serrilhado com a biotita e irregulares com quartzo. Maclamento frequente do tipo polissintético, geralmente inclusos em cristais de cordierita em alguns casos inclusão da biotita. Além disso, apresentam antipertitas (Figura 06 F) de feldspato potássico.

Os cristais de biotita marron avermelhada exibem fáceis subidioblásticos a xenoblásticas, com dimensões (~0,2-1mm), contatos retos e serrilhados com cristais de plagioclásio e quartzo, intercrescidos dentro granada e cordierita, associados a silimanita, com borda de reação com granada e cordierita em sua maioria.

Os cristais de granada (Figura 06 C e D) são caracterizados por porfiroblastos xenoblásticos com dimensões (~1-3mm), geralmente associado a biotita, seus contatos são irregulares e interlobados com esses cristais, com inclusão de quartzo, opacos e biotita e geralmente são bordejados por minerais de biotita.

Os cristais de sillimanita são fibrosos com fácies subidioblásticas e estão associados a biotita com dimensões de (~0,5mm). Os contatos são irregulares com cristais adjacentes, por vezes bordejam os cristais de granada. Os cristais de cordierita (Figura 06 A) possuem fácies xenoblásticos a subdioblásticos com dimensões de (~1-3mm), com inclusão de quartzo, os contatos são serrilhados com a biotita e retos com quartzo e irregular com os demais cristais, em sua maioria alterados para pinita, sendo observados em alguns cristais maclas típica de cordierita (Figura 06 E).

Os cristais opacos apresentam fácies xenoblásticas, com dimensões de (0,2-1mm), e estão associados a biotita e a granada, maioria dos contatos são retos.

GRANULITOS	ALUMINO	SOS
MINERAIS	SEV-18A	<b>SEV-01</b>
QUARTZO	35,80	38,95
PLAGIOCLÁSIO	19,75	37,35
BIOTITA	20,15	9,03
CORDIERITA	14,10	7,90
GRANADA	8,05	5,95
OPACOS	1,60	0,72
SOMA DE MIN.	70.20	84 20
FÉLSICOS	70,20	04,20
SOMA DE MIN.	<i>1</i> 3 90	23.60
MÁFICOS	тэ,70	23,00

Tabela 02 - Classificação modal das amostras de granulitos aluminosos em percentagem.

Fonte: Autora

**Figura 06** - Fotomicrografia das amostras que caracterizam a unidade dos granulitos aluminosos (Kinzigitos). A) 10x sob nicóis cruzados cristais de cordierita (Crd) intensamente alterados e biotita (Bt) com contatos irregulares com os cristais de Quartzo (Qzt) que apresentam entre si contatos lobados, os cristais de plagioclásio (Pl) exibem forma tabular com poucas características de alteração. B) 10x sob nicóis cruzados cristais tabulares de plagioclásio (Pl) com maclamento polissintetico em contato com a biotita (Bt). C) 2,5x sob nicóis cruzados porfiroblasto de Granada (Grt) com textura poiquilitica bordejados por biotita (Bt) com inclusão de cristais de quartzo (Qzt). D) 10x sob nicóis Porfiroclastos de granada (Grd) alinhados no sentido da foliação da rocha. E) 10x sob nicóis cordierita (Crd) mais bem preservadas com ranhuras bordejados por cristais de biotita (Bt). F) Imagem de Mev de um cristal de plagioclásio com antipertitas de Feldspáto potássico.



Fonte: Autora

#### 4.1.3 Granulitos Máficos

Os granulitos máficos (Tabela 03) representam a população que ocorre em menor proporção na área em estudo, e ocorrem em faixas entre os granulitos félsicos. A paragênese principal é formada por ortopiroxênio + clinopiroxênio + plagioclásio ± granada. Apresentam textura granoblástica em geral, mas algumas amostras exibem bandamento milimétricos formados pela alternância de camadas ricas em biotita e piroxênio e bandas compostas essencialmente por quartzo e plagioclásio.

Os cristais de plagioclásio exibem formas xenoblásticas de (~0,3-1,5mm), em porções da rocha o mesmo encontra-se bastante alterado não sendo possível ser retirada a composição, o maclamento é do tipo polissintético e os contatos são irregulares e interlobados com piroxênio e quartzo e retos com as micas. Geralmente apresentam inclusão de biotita.

Os cristais de quartzo de acordo com o habito tamanho forma e associação com outros minerais foi possível reconhecer tipos diferenciados. O mais comum na rocha exibem dimensões (~0,3mm) com fáceis cristalinas subidioblásticas e contatos interlobados com plagioclásio. Subordinadamente os cristais exibem forma xenoblástica a subidioblásticos, com dimensões (~0,5-1,0mm), contatos irregulares e interlobados com piroxênio e irregulares e retos com a biotita. Intercrescimento mirmequítico através do contato do quartzo com plagioclásio.

Os cristais de biotita marrom exibem fáceis subidoblásticas a xenoblásticas, com dimensões (~0,3-1,0mm) seus contatos são geralmente retos e irregulares com os cristais adjacentes e ocorrem geralmente associados bordejando aos cristais de piroxênio, ocorrem intercrescidos principalmente dentro do plagioclásio e quartzo.

Os cristais de ortopiroxênio encontram-se bastante alterados com faturamento intenso, exibem forma xenoblástica a subidioblástica, com dimensões (~0,5-1,5mm), seus contatos são retos com a biotita, e geralmente irregulares com os cristais de quartzo e plagioclásio. O Clinopiroxênio possui coloração amarelo pálida, exibem formas idioblásticas a xenoblásticos com dimensões que variam de (~0,2 a 1 mm). Geralmente estão associados à biotita que bordejam os minerais, os contatos são retos com a biotita e geralmente irregulares e interlobados com o plagioclásio e quartzo (Figura 07 A, B, C e D).

Os cristais de granada exibem xenoblásticos à subidioblásticos, com dimensões (~0,5-2,0 mm), os contatos são interlobados com quartzo e irregular com o piroxênio. Apresentam inclusão de opacos e quartzo com pequenos cristais de piroxênio.

Os cristais de apatita exibem formas idioblásticas, com dimensões (~0,5 mm), geralmente inclusos em cristais de quartzo. Exibem contatos retos com a biotita e irregulares

com o ortopiroxênio. Os opacos são caracterizados principalmente por magmetita e ilmenita com formas xenoblásticas e dimensões (~0,3-3,0mm), contato interlobados com piroxênio e irregular com o quartzo e granada. Inclusão de quartzo com cristais de clinopiroxênio (Figura 07 E e F).

GR	RANULIT	OS MÁFI	COS	
MINERAIS	<b>SEV-28</b>	DFR-12	SEV- 21B	SEV-28C
QUARTZO	32,95	25,55	28,55	16,00
PLAGIOCLÁSIO	21,15	8,80	10,45	0,00
BIOTITA	0,35	0,00	14,15	0,00
GRANADA	00,0	0,00	0,00	12,10
ORTOPIROXÊNIO	18,65	15,75	37,10	39,50
CLINOPIROXÊNIO	19,85	48,45	9,25	11,50
OPACOS	7,05	1,25	0,50	20,90
SOMA DE MIN.	54 10	3/1 35	39.00	16.00
FÉLSICOS	54,10	54,55	57,00	10,00
SOMA DE MIN.	45.90	65.65	61.00	84.00
MÁFICOS	.2,20	00,00	01,00	01,00

Tabela 03 - Classificação modal das amostras de granulitos máficos em percentagem.

Fonte: Autora

**Figura 07** - Fotomicrografia das amostras que caracterizam a unidade dos granulitos máficos. A) 5x sob nicóis cruzados cristais de clinopiroxenio (Cpx), e biotita (Bt) evidenciando a foliação da rocha caracterizando o bandamento máfico com contatos retos entre si, os cristais de quartzo (Qtz) e Plagioclásio encontram-se de forma mais restrita formando finas bandas félsicas. B). 5x sob nicóis cruzados cristal de clinopiroxênio (Cpx) com inclusão de cristais de quartzo (Qzt) e em contato lobado com ortopiroxênio (Opx). C) 5x sob nicóis cruzados cristais de clinopiroxênio (Cpx) em contatos regulares com os cristais adjacentes. D) 5x sob nicóis cruzados clinopiroxênio envolto por cristais de quarzo (Qzt). E) 5x sob nicóis cruzados e F) luz natural Cristais de, Quartzo (Qtz) granada (Grt) e opacos (Op).



Fonte: Autora

#### **4.2 QUIMICA MINERAL**

Através da composição química de minerais presentes nas rochas, pode-se obter informações de processos pretéritos que estas foram submetidas. Análises químicas foram efetuadas em Microssonda Eletrônica em cristais de Biotita e Piroxênios, visando determinar e estabelecer condições de Temperatura e Pressão através de rochas granulíticas presentes na área em estudo durante o metamorfismo, além da determinação das variações composicionais dessas fases minerais. Foram selecionadas 13 amostras, sendo 04 representativas dos granulitos máficos, 02 dos granulitos aluminosos (Kinzigitos) e 07 dos granulitos félsicos.

#### 4.2.1 Biotita

Foi realizada análises químicas em 9 amostras, sendo 1 do granulito máfico, 2 do Granulito aluminoso e 6 do granulito félsico. Sua fórmula estrutural foi calculada em uma base anidra de 22 átomos com carga positiva, equivalente a 11 oxigênios. Para as análises químicas realizadas em biotitas foram utilizados diagramas de classificação específicos buscando compreender como o mesmo se comportou durante os eventos deformacionais que ocasionaram o metamorfismo.

De acordo com os diagramas de classificação (Figura 08 e ,09) Mg/(Mg+Fe) em relação Si/Al<sup>IV</sup>, Al<sup>IV</sup> versus Fe/(Fe+Mg), Al<sup>VI</sup> versus (Fe/(Fe+Mg) e o de Ti versus X<sub>Mg</sub> (DEER et al., 1992, 1996), as biotitas analisadas posicionam-se no campo de classificação da flogopita e annita. No granulito máfico, a biotita é essencialmente do tipo flogopita, enquanto que no granulito aluminoso (kinzigito) a biotita é predominantemente annita com pequenas variações para flogopita. O granulito félsico varia entre flogopita e annita, com maior predominância na fase flogopita.

No Granulito máfico, o teor de Ti (apfu) (Figura 10) varia de 0,23-0,29 e Fe (0,63-0,72) e com  $X_{Mg}$  (0,73-0,75) e baixo Al<sup>VI</sup> (<0,01), enquanto que nos granulitos félsicos o Ti 0,23-0,38, o Fe (0,61-0,93; 0,94-1,32) com  $X_{Mg}$  (0,46-0,76) e baixo Al<sup>VI</sup> (<0,11). Os granulitos aluminosos (kinzigitos) apresentam maior variação de Ti 0,19-0,31, Fe (0,74-0,93; 1,06-1,29) com #Mg (0,47-0,58) e Al<sup>VI</sup> (<0,49).



Figura 08 - Diagrama de classificação de biotita Mg / (Mg + Fe) em relação Si / Al (IV).

**Fonte:** Deer et al. (1992).

Figura 09 - Diagrama de classificação de biotita Fe/ (Fe + Mg) em relação ao Al (VI).



Fonte: Deer et al. (1996).

De acordo o diagrama ternário de Gokhale (1968), as biotitas plotaram no campo I que definem as biotitas metamórficas das magmáticas (Figura 11).



Figura 10 - Diagrama ternário de classificação I - biotita metamórfica, II - biotita magmática.

Fonte: Gokhale (1968).

#### 4.2.2 Piroxênio

Os piroxênios são cristais encontrados em rochas ígneas e rochas metamórficas de temperatura média à alta. Para análises químicas realizadas em piroxênio presente nos granulitos, foi utilizado diagrama de classificação de Morimoto (1988) que sugere uma classificação dentro de um sistema CaSiO<sub>3</sub> - MgSiO<sub>3</sub> - FeSiO<sub>3</sub>.

Os piroxênios foram classificados em três categorias: ricos em Ca (augita), ricos em Mg (Enstatita) e ricos em Fe (Ferrossilita), com base em 6 átomos de oxigênio (Figura 12). Nos granulitos aluminosos não foram encontrados cristais de piroxênio, portanto os dados no

diagrama abaixo (Figura 12) correspondem apenas aos granulitos máficos e félsicos que apresentam ortopiroxênio e clinopiroxênio.

Os granulitos máficos apresentam cristais de piroxênio que plotam no campo da enstatita e da ferrossilita. O clinopiroxênio apresenta proporções de Ca entre 0,61 e 0,93 (afu), Fe entre 0,17 e 0,97 (afu) e Mg entre 0,38 e 0,88 (afu). O ortopiroxênio presente nos granulitos máficos apresenta proporções de Ca entre 0,02 e 0,07 (afu), Fe entre 0,55 e 1,4-9 (a.f.u) e Mg entre 0,94 e 1,42 (afu).

Nos granulitos félsicos, os cristais plotam em suma no campo da enstatita e subordinadamente no campo da augita, sendo possível observar leve tendência ao campo da ferrosilita. O clinopiroxênio apresenta proporções de Ca entre 0,80 e 0,89 (afu), Fe entre 0,26-0,30 (afu) e Mg entre 0,71-0,79 (afu). Os cristais de ortopiroxênio apresentam proporções de Ca 0,001 e 0,03 (afu), Fe entre 0,71 e 1,01 (afu) e Mg entre 1,03 e 1,24 (afu). Dados de análise de MEV realizados por Ribeiro (2015) nas mesmas amostras apresentam classificação similar a realizada pelos dados de Microssonda, onde os cristais plotaram no campo principalmente da enstatita, ferrosilita e augita.



**Figura 11** - Diagrama de classificação mostrando composição dos piroxênios no sistema Wo (CaSiO<sub>3</sub>), En (MgSiO<sub>3</sub>) e Fs (FeSiO<sub>3</sub>).

Fonte: Morimoto (1988).

#### 4.3 GEOTERMOBAROMETRIA

A Geotermobarometria utiliza a dependência da pressão e temperatura em relação a uma constante de equilíbrio para determinar as condições de Temperatura e pressão para a formação de determinada assembleia Mineral (SPEAR, 1992). No entanto a determinação dessas condições em rochas metamórficas é mais complicada, em função da necessidade de um mineral que represente o equilíbrio da trajetória P e T seguida pela rocha (POWEEL & HOLLAND, 2008). Esses geotermobarometros são calibrados de acordo com experimentos em torno de uma constante de equilíbrio.

Segundo Moraes (2013) geralmente as calibrações são realizadas com temperaturas e pressões que sobrepõem às condições de fácies granulito, que acabam dificultando as estimativas precisas dos resultados. Pattison et al. (2003) em função do resfriamento lento na base da crosta continental, o processo de difusão de alguns elementos químicos é mais tardio, o que pode apagar completamente a composição que os minerais tinham durante o pico metamórfico, sendo necessário a utilização de geotermômetros sensíveis.

Os cálculos foram realizados com base em geotermobarometros para biotita proposto por Ferry & Spear (1978) que utiliza os pares de Biotita+Granada e o de Henry et al. (2005) de Ti em Biotita. Para o piroxênio geotermobarometros de Carlson & Lindsley (1988); Nickel & Brey (1984) que utiliza os pares de Clinopiroxênio+Ortopiroxênio. Fez-se ainda o uso do programa RCLC que calcula as condições de T e P com base na solubilidade de Al presente em cristais de ortopiroxênio em equilíbrio com a granada, tentando corrigir os efeitos da troca tardia entre Fe-Mg, baseados em um banco de dados modificado do programa TWQ 2.02b Berman (1991).

#### -Biotita

O geotermômetro de Ti em biotita é aplicável para rochas com origem paraderivada (Figura 13) e baseiam-se na saturação desse elemento na biotita. As condições de pressão são equilibradas entre 4 - 6 Kbar e os cálculos de temperatura envolveram coeficientes a, b e c através da seguinte reação:

$$T = ([ln (Ti) - a - c (X_{Mg})^3] / b)^{0.333}$$

Os cálculos geraram dados de temperatura em torno de 640 - 720 °C, com média de 675 °C em condições de pressão fixas que podem variar de 4 – 6 Kbar. Em contrapartida, os

dados calculados pelos pares de Biotita+Granada para essas rochas apresentaram temperaturas mais elevadas 868 – 948°C com média de 908°C, com pressões que variam de 4.5 – 6.9 Kbar.



**Figura 12** - Isotérmicas calculadas para a gama composicional e barica apropriada para a calibração do geotermômetro TIB de Henry et al. (2005).

Fonte: Henry et al.2005

As biotitas presentes nos granulitos máficos não ocorrem associadas a granada, não sendo possível realizar cálculos com base nos geotermobarômetro de Ferry & Spear (1978). Os Granulitos félsicos apresentam condições de temperatura em torno de 864-886 °C com média de 875 °C e com pressões 5.9-7.0 Kbar (Tabela 04).

**Tabela 04 -** Estimativas de pressão e temperatura nos litotipos analisados através do Ti presente na biotita e através dos pares biotita+granada. Os granulitos máficos não foram estimados em função dos pares de granada e biotita não ocorrerem.

Rochas	Granulito Máfico	Granulito Félsico	Granulito Aluminoso
	Temperatura	°C	
Henry et al. (2005)	-	-	640 - 720
Ferry & Spear (1978)	-	864 - 886	948 - 868
	Pressão Kba	ar	
Henry et al. (2005)	-	-	4.0 - 6.0
Ferry & Spear (1978)	_	5.9 - 7.0	4.5 - 6.9

De acordo com o diagrama de classificação para fácies metamórficas de Eskola (1939), os litotipos que possuem biotita através de suas temperaturas e pressões mínimas plotam na fácies granulito (Figura 14).



**Figura 13** - Diagrama de Eskola (1939) para fácies metamórfica. Os principais litotipos foram plotados de acordo com dados obtidos e inferidos por paragênese. Os dados representam condições mínimas de T e P para os cristais de biotita.

#### -Piroxênio

Com base em geotermobarometros (Tabela 05) de clinopiroxênio+ortopiroxênio, as temperaturas para os cristais de piroxênio presentes nos granulitos máficos estão em torno de 800-880 °C com média de 860 °C e pressões de 6-7 Kbar. Nos granulitos félsicos, a temperatura chega a variar de 730-850 °C com média de 780 °C e pressões de 5-7 Kbar.

Rochas	Granulito Máfico	Granulito Félsico			
j	l'emperatura °C				
Carlson and Lindsley (1988)	843-887	-			
Nickel and Brey (1984)	861-888	794-854			
	Pressão Kbar				
Carlson and Lindsley (1988)	6.0-7.0	5.9 - 7.0			
	Fonte: Autores				

Tabela 05 - Estimativas de pressão e temperatura nos granulitos máficos e félsicos através dos pares ortopiroxenio+clinopiroxênio.

Pattison et al. (2003) sugere que a difusão em estado tardio entre Fe e Mg, acaba por apagar as condições do pico metamórfico, sugerindo gotermobarometros baseados na solubilidade de Al no ortopiroxênio para corrigir e gerar resultados mais preciso. Os cálculos realizados através deste programa resultaram em valores de temperatura 809-830°C e pressões 6.5 – 7.0 Kbar para granulitos máficos temperaturas entre 800 – 816°C com pressões

5.9 – 6.8 Kbar para granulitos félsicos (Tabela 06).

Rochas	Granulito Máfico	Granulito Félsico
Mode	lo de cálculo do X <sub>Al</sub> <sup>Opx</sup>	
	Temperatura °C	
(Fe-Mg) Inicial	809	800
(Fe-Mg) Final	830	816
	Pressão Kbar	
(Fe-Mg) Inicial	6.5	5.9
(Fe-Mg) Final	7.0	6.8

**Tabela 06** - Estimativas de pressão e temperatura nos granulitos máficos e félsicos gerados pelo programa RCLC de Pattison et al. (2003), baseados na solubilidade de Al no ortopiroxênio.

Fonte: Autora.



**Figura 14** - Diagrama de Eskola (1939) para fácies metamórfica. Os principais litotipos foram plotados de acordo com dados obtidos para temperatura e pressão em piroxênio.

Fonte: Eskola 1939

#### **5 DISCUSSÕES**

# 5.1 ESTIMATIVA DE CONDIÇÕES DE PRESSÃO E TEMPERATURA ATRAVÉS DA CARACTERIZAÇÃO QUÍMICO-MINERALÓGICA

Através da caracterização químico-mineralógica é possível estimar as condições de temperatura e pressão responsáveis pelo metamorfismo. Além disso, Ribeiro (2015); Juliane et al. (2002) descrevem características petrográficas plausíveis como texturas, deformação, foliação para prevê condições de T e P. A definição desses dados é de fundamental importância para o entendimento dos processos responsáveis pelo metamorfismo no Complexo Granulítico Novolândia, visto que essas rochas foram intensamente retrabalhadas durante o evento orogenético Transamazônico (2,26 – 1,95 Ga). Serão discutidos características petrográficas, metamórficas, químicas, e geotermobarométricas das rochas em estudo.

#### 5.1.1 Petrografia

De acordo com Ribeiro (2015), texturas presentes nas rochas do Complexo Granulítico Novolândia dizem muito a respeito das condições de metamorfismo que afetaram essas rochas. Texturas pertitica e antipertitas teriam se formado após picos de elevação, sugerindo temperaturas acima de 500 °C e pressões intermediárias para sua formação. Durante a análise petrográfica, além da análise das texturas citadas acima, foram observadas foliação milonítica nos granulitos máficos e félsicos. Passchier & Trow (2005) indicam condições de temperatura a partir de 500 a 650 °C para geração desse tipo de foliação, sendo que estas evidenciam caraterísticas de intensa deformação.

Os cristais de biotita apresentam coloração (marrom-avermelhado) com porcentagens de até 6,79% de TiO<sub>2</sub>. De acordo com (MORAES et al., 2002), a incorporação de Ti em cristais de biotita, aumentam seu campo de estabilidade, fazendo com que o mineral sobreviva a temperaturas elevadas, infere-se que a biotita pertencente as rochas granulíticas passaram por condições de alta temperatura durante o metamorfismo. Os minerais mostram forte estiramento, especialmente os cristais de quartzo, que em alguns encontra-se completamente lenticularizado e recristalizado. Segundo Juliane et al. (2002) essas características são as mais comuns em rochas granulíticas de pressões intermediárias, sendo comum a presença de óxidos como ilmenita e magnetita. Esses óxidos estão presentes nas amostras e foram analisados por Oliveira (2016). Para Vasquez (2008) a ocorrência de porções com grãos equigranulares de feldspatos em trama granoblástica poligonal indica uma recristalização de alta temperatura por

migração de limites de grãos com redução da área dos grãos, processo comum às rochas deformadas por fluxo no estado sólido (Passchier & Trouw, 1996).

#### 5.1.2 Metamorfismo e Química Mineral

As rochas do Complexo Novolândia apresentam evidências de metamorfismo na fácies granulito, com gênese paraderivada e ortoderivada, sendo caracterizada por três tipos de associações minerais (paragênese). Os granulitos aluminosos (Kinzigitos) são representados por cordierita + granada + feldspato potássico  $\pm$  silimanita. De acordo com Yardley (2004) são resultado da seguinte reação:

Bt + Sil + Qtz  $\rightarrow$  Cor+ Grt+ Kfs + Fusão

Para Yardley (2004), a condição mínima de temperatura dessa reação é de 750 a 880°C e a pressão de 4 a 9 Kbar representa a reação que separa a fácies granulito da fácies anfibolito. A desidratação de cristais como a biotita rica em Fe e Mg, levam a formação de granada+cordierita. Para a formação de granadas, além do conteúdo de ferro disponível é necessário que as condições de pressões no meio estejam mais elevadas do que as condições para geração da cordierita.

De acordo com Harris & Holland (1988), a presença de cordierita em meio a conteúdo de  $X_{Mg}$  baixo a intermediário é indicativa de pressões baixas de até 3 kbar. Nos granulitos aluminosos esses conteúdos estão em torno de (0,47-0,54 afu). A presença de granada em conjunto com a cordierita sugere que as condições de pressões durante o metamorfismo se elevaram. Além disso, a coexistência estável de feldspato potássico+sillimanita indicam condições de pressões intermediárias.

Segundo Yardley (2004) essa associação mineralógica é representativa da zona cordierita-granada-feldspato-K. Para condições de pressões e temperaturas elevadas no metamorfismo, que apresentem temperaturas de até 1000°C, associações como a de safirina+ quartzo ou hiperstênio + sillimanita +quartzo e espinélio rico em Fe+ quartzo deveriam estar presentes (PASSCHIER et al., 1993). As biotitas encontradas nos granulitos aluminosos são do tipo annita com pequenas variações para fases flogopita. Nestes litotipos as razões de X<sub>Fe</sub> (0,46-0,55) e X<sub>Mg</sub> (0,47-0,54) estão em equilíbrio e permitem inferir que em função disso as condições do meio estavam propicias para formação das duas fases.

Os granulitos máficos são representados por ortopiroxênio + clinopiroxênio + plagioclásio  $\pm$  granada. A granada é subordinada e ocorre somente em uma das amostras de granulito máfico, sendo inexistente nas demais.

A reação principal de acordo com Spear (1995), é formada por:

$$\begin{aligned} Hbl + Qzt &\rightarrow Opx + Cpx + Pl + H_2O \\ e \\ FeO_{Ilmenita} + Pl &\rightarrow Grt \end{aligned}$$

Dados química mineral de amostras com granada apresentam quantidades de Mg no piroxênio (0,38-0,55 afu) muito baixos quando comparados ao teor de Mg (0,87-1,42 afu) de piroxênio de litotipos que não possuem granada. Já a presença de ferro no piroxênio é alta #Fe (1,43-1,49), dando origem a ortopiroxênio do tipo Ferrosilita, e a clinopiroxênio #Fe (0,69-0,97) do tipo augita. Além disso, a molécula de Mg também é baixa nos cristais de granada, sendo primordialmente rico em almandina e secundariamente enriquecido no membro grossulária com maiores teores de Ca (SOUSA BRITO, 2017 em preparação). Nos litotipos máficos com granada, o piroxênio apresenta teor menor de Mg e maior de Fe em suas fases quando comparados com granulitos máficos sem granada. Além disso, a granada quando associada ao granulito máfico apresenta teores mais elevados do membro almandina (Fe) e grossulária (Ca). De acordo com Dempster (1985) essas características são desenvolvidas nas granadas após o pico metamórfico, em função de uma extensiva difusão de cátions no interior da granada.

De acordo com De Ward (1965) a ausência de granada em alguns desses litotipos significa que estes foram gerados sob condições de pressões mais baixas. No entanto, condições de pressões intermediárias devem ter sido geradas para que, durante a difusão dos elementos, a granada fosse formada. Freitas (2000) afirma ainda que a presença de ferrosilita com cristais de granada em granulitos básicos indicam condições de temperaturas de 770 °C e pressões intermediárias.

As biotitas presentes nos granulitos máficos apresentam composição exclusivamente flogopita, que corresponde a uma serie de substituição química entre Fe e Mg (DEER et al., 1962), distinguindo-se pelo maior conteúdo de  $X_{Mg}$  (0,73-0,75). Apesar de a biotita ocorrer em um amplo intervalo de fácies metamórficas, sua presença nas composições flogopitas indicam metamorfismo de rochas máficas, ricas nesse componente, pois segundo Dymek (1983), conteúdos elevados de Mg são comuns em biotitas de alto grau metamórfico.

Os granulitos félsicos são constituídos por biotita + plagioclásio + quartzo  $\pm$  granada  $\pm$  feldspato potássico  $\pm$  ortopiroxênio. De acordo com Pattinson et al. (2003) podem ser formadas a partir da seguinte reação:

$$Bt+Qtz\pm Pl \rightarrow Opx\pm Grt\pm Kfs+ liq$$

Os cristais de piroxênio presentes nestes litotipos correspondem ao ortopiroxênio enstatita e ao clinopiroxênio augita que possuem conteúdos de  $X_{Mg}$  que variam entre (0,48-0,74). Além disso, os cristais de biotita assim como nos granulitos máficos permanecem com conteúdo de  $X_{Mg}$  (0,46-0,73) altos e com membro principal como flogopita, subordinadamente plotam campo da annita, mostrando que as condições de temperatura também eram altas no momento de formação desses litotipos.

#### 5.1.3 Geotermobarometria

Os granulitos aluminosos mostram temperaturas mais baixas em torno de 640-720°C com pressões que variam de 4,0-6,0 Kbar para o geotermômetro de Ti em biotita de Henry et al. (2005) quando comparadas as obtidas por pares de granada + biotita que resultaram em temperaturas mais elevadas 868 – 948°C e pressões que variam de 4.5 – 6.9 Kbar. Ao que tudo indica os dados de temperatura e pressão fornecidos por pelos pares de granada + biotita podem ser mais representativos das condições metamórficas impostas às rochas, devido à função da proximidade dessas rochas com as zonas migmatizadas.

Provavelmente os granulitos aluminosos correspondem ao resíduo da fusão de pelitos que gerou os migmatitos. Este fato poderia explicar as condições de temperaturas mais elevadas para a formação do granulito aluminoso quando comparado com temperaturas obtidas pelo granulitos máficos e félsicos. De acordo com Bucher & Frey (1994) rochas ricas em granada, cordierita e plagioclásio e pobres de feldspato potássico podem representar restitos de processos anatéticos em rochas derivadas de sedimentos pelíticos. Além disso, Vasquez (2008) relaciona esses litotipos aos melhores marcadores do pico do metamorfismo da região do Domínio Bacajá.

Temperaturas e pressões homogêneas foram obtidas para os granulitos máficos utilizando cálculos geotermobarométricos dos pares clinopiroxênio + ortopiroxênio. Forneceram temperaturas em torno de 843-888 °C com pressões de 6-7 Kbar. Os geotermobarometros baseados na solubilidade de Al no ortopiroxênio apresentaram resultados com pouca variação em torno de 809-830 °C e pressões de 6.5-7.0 Kbar. Segundo Pattison et

al. (2003), esses resultados apresentam correções que não são efetuadas nos demais cálculos de temperatura e pressão através do uso dos pares de Fe e Mg.

Os granulitos félsicos indicaram temperaturas e pressões mais elevadas quando utilizado o par granada + biotita, em torno de 864-886 °C e 5.9-7.0 Kbar, respectivamente. Já para cálculos com base em Nickel & Brey (1984), as condições de temperatura e pressão apresentam maior variação 794-854 °C e 5-7 Kbar, respectivamente, com condições mais baixas quando relacionadas às obtidas através dos cálculos de Ferry & Spear (1978). Além disso, os geotermobarometros baseados em diluição de Al em ortopiroxênio apresentaram temperaturas de 800-816 °C com pressões entre 5.9-6.8 Kbar.

#### 6. CONCLUSÕES

O Complexo Granulítico Novolândia é constituído por três litotipos de granulito: máfico, félsico e aluminoso. As características petrográficas sugerem, por observações texturais, foliações e deformação, que esses litotipos foram gerados em condições de temperatura acima de 500°C. As condições de pressão são intermediárias, em função da observação de cristais totalmente lenticularizados, indicando deformação intensa.

Os dados de química mineral, bem como a paragêneses, indicam temperaturas altas e pressões intermediárias para as três variedades de granulitos ocorrentes na porção sul do Domínio Bacajá.

Nos granulitos aluminosos a reação para a geração da paragênese representa o limite de transição entre a fácies anfibolito e granulito. Os cristais de biotita presentes nesses litotipos são em sua maioria de composição Annita com pequena tendência para flogopita. Geotermobarometros de granada+biotita, forneceram temperaturas que variam entre 868 – 948°C, com pressões variando de 4.5 – 6.9 Kbar para esses litotipos.

Os granulitos máficos caracterizam-se pela presença de ortopiroxênio do tipo ferrosilita. Esse quando associado com granada representam temperaturas altas. Os cristais de biotita são essencialmente do tipo flogopita. Os cristais de ortopiroxênio são em sua maioria de composição ferrosilita e subordinadamente enstatita e os de clinopiroxênio de composição augita. Geotermobarometros de clinopiroxênio+ortopiroxênio forneceram temperaturas que estão em torno de 809-830 °C com pressões de 6-7 Kbar.

Os granulitos félsicos são caracterizados pela reação de quebra da biotita para formação da paragênese com a presença de granada, sugerem condições de pressões mais elevadas. A biotita é rica em fases flogopita, com formação subordinada de annita. Ortopiroxênio do tipo enstatita e secundariamente ferrosilita e clinopiroxênio essencialmente augita. Geotermobarometros de granada+biotita forneceram condições de temperatura em torno de 800-816 °C com pressões 5.9-7.0 Kbar

Portanto, sugere-se assim condições para o pico de metamorfismo na área em estudo temperaturas de  $860 \pm 30^{\circ}$ C com pressão de  $6.3\pm0,7$  Kbar. Estes dados são compatíveis com as associações mineralógicas, paragênese e com reações metamórficas que ocorreram para a formação dessas rochas. Os resultados obtidos sugerem, portanto, condições metamórficas de temperatura alta e pressões intermediárias, que estão em consonância com estudos prévios realizados na região por Ribeiro (2015).

### 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL, G. Geologia Pré-cambriana da Região Amazônica. 1974. 212 p. Tese (Livre Docência) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1974.
- ARCANJO, J.BA.; BARBOSA, J.S.F.; OLIVEIRA, J.F. 1992. Caracterização petrográfica e metamórfica dos granulitos arqueanos/proterozóicos inferior da região de Itabuna (BA). Rev. Bras. Geoc.
- BEHR, H. J.; JARRBUCH, N. F., 1971. Granulites Results of a discussion: Mineralogie, Monatshefte, 97/123.
- BERMAN, R. G. 1991. Thermobarometry using multi-equilibrium calculate: a new technique with petrological applications. Canadian Mineralogist, 29, 833-855.
- BUCHER K. & FREY M. 1994. **Petrogenesis of metamorphic rocks**. 6<sup>a</sup>ed. Berlin, Springer, 318p.
- CARLSON, W.D., and LINDSLEY, D.H. (1988) Thermochemistry of pyroxenes on the join MgrSirO. CaMgSirO . American Mineralogist, 73, 242-252.
- CORDANI, U. G.; TASSINARI, C.C.G.; TEIXEIRA, W.; BASEI, M. A. S.; KAWASHITA, K. 1979. Evolução tectônica da Amazônia com base nos dados geocronológicos. Congress. Geol. Chileno, 2, Arica, Chile, Actas, 4, 137-148.
- DEER, W. A.; HOWIE, R. A.; Zussman, J. An introduc-tion to the rock-forming minerals.2. ed. Harlow, Essex; New York: Longman Scientific & Technical: Wiley, 1992.696p.
- DEER W.A., HOWIE R.A., Zussman J. 1996. An Introduction to the Rock-forming Minerals. Longman, 2a Edição, London. 696 pp.

- DEMPSTER T.J. 1985. Garnet zoning and metamorphism of the Barrovian Type Area, Scotland. Contrib. Mineral.Petrol., 89: 30-38
- DE WARD, D. A proposed subdivision of the granulite facies. American Journal of Science, v. 263, p. 455-461, 1965
- DYMEK R.F. 1983. Titanium, aluminium and interlayer cation substitutions in biotitem from high-grade gnaisses, West Greenland. Am. Mineral., **68**:880-899.
- ESKOLA P., 1939. **Die metamorphen Gesteine**. In: Barth T.F.W., Correns C.W., Eskola P. Die Entstehung der Gesteine. Springer, Berlin, 422 pp.
- FERRY, J. M & SPEAR, F. S. 1978. Experimental calibratio of the partitioning of Fe and Mg Between biotite and garnet. Contribuitions to Mineralogy and Petrology 66 (2). 113-117.
- FETTES, D.; DESMONS, J. Rochas metamórficas: classificação e glossário (tradução) NETO REIS. J. M. Oficina de textos. São Paulo. 2014. 313p.
- FÉLIX-SILVA, A. D. SIG Geológico da Villa Cruzeiro do Sul, porção sul do Dominio Bacajá, 2016. 65 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Geologia) -Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Faculdade de Geologia, Marabá, 2016.
- FREITAS, F. C. Geotermobarometria e Evolução Metamórfica de Rochas Granulíticas da Região de Socorro-SP. 2000. 213 p. Tese (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo 2002.
- GOKHALE, N. W. (1968) Chemical composition of biotites as a guide to ascertain the origin of granites. Bull Geol. Soc. Finland 40, 107—111.

- HENRY, D.J., Guidotti, C.V., Thomson, J.A., 2005. The Ti-saturation surface from lowto-medium pressure metapelitic biotites: Implications for geothermometry and Tisubstitution mechanisms. Am. Min., 90, 316-328.
- JULIANE, C.; SZABÓ, G. A. Petrologia Metamorfica: Granulitos. Universidade de São Paulo (Instituto de Geociências) – Departamento de Mineralogia e Geotectônica, São Paulo, 2002.
- MARINHO, K. S. M. Petrogênese do Granulito Pedra Dourada-MG. 2014. 195 p. Tese (Mestrado) Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2014.
  - MEDEIROS JR, E. B. **Petrogênese do Complexo Acaiaca, MG**. 2009. 181 p. Tese (Mestrado) Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2009.
  - MORAES, R. Estudo sobre a geração e evolução de granulitos e migmatitos, usando como exemplos as rochas da Faixa Araçuai, BA, do Compléxo Anápolis –Itauçu, GO. 2013. 179 p. Tese (Doutorado) Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.
  - MORIMOTO, N. Nomenclature of pyroxenes. *American Mineralogist*, Lancaster, v. 73, p. 1123-1133, 1988.
  - NICKEL, K.G., and BREY, G. (1984) Subsolidus orthopyroxene-clinopyroxene systematics in the system CaO-MgO-SiO, to 60 kbar: A re-evaluation of the regular solution model. Contributions to Mineralogy and Petrology, 87, 35-42.
  - PASSCHIER C. W., Myers J. S., Kroner A. 1993. Geologia de Campo de Terrenos Gnáissicos de Alto Grau. Tradução de Mário C. H. Figueiredo. – São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo,

- PASSCHIER C. W. & TROUW R. A. J. 2005. Microtectonics. Springer. NewYork.. Silva C.
  H. 1999. Caracterização Estrutural de Mineralizações Auríferas do Grupo Cuiabá, Baixada Cuiabana (MT). IGCE-UNESP Rio Claro.
- PATTISON, D. R. M; CHAKO, T., FARQUHAR, J., MCFARLANE, C. R. M. 2003. Temperatures of granulite-facies metamorphism; constraints from experimental phase equilibria and tjermobarometry corrected for retrograde Exchange. Journal of Petrology, 44; 867-900.
- POWELL, R.; HOLLAND, T. J. B. 2008. Thermobarometry. Journal metamorphic, Geology, 26: 155-179, 1994.
- RICCI, P.S.F.; CARVALHO, J.M.A.; ROSA-COSTA, L.T.; KLEIN, E.L.; VASQUEZ, M.L.; VALE, A.G.; MACAMBIRA, E.M.B.; ARAÚJO, O.J.B. 2001. Geologia e recursos minerais do Projeto RENCA – Fase I. Belém, CPRM - Serviço Geológico do Brasil. P
- RICCI, P. S. F. 2006. Mostofthe "Xingu Complex" Previously mapped in the Bacajá Highgrade block (Pará) Comprises Retrograded Granulites as yetun suspected from a Petrological stand point. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 43, Aracajú. Boletim de resumos.
- RIBEIRO, A. A. S. Caracterização Mineralógica de Granda- Gnaisse e Granulitos Máficos da aréa de Cruzeiro do Sul, Domínio Bacajá, Província Tranzamazonas, 2015. 66 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Geologia) - Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Faculdade de Geologia, Marabá, 2015.
- OLIVEIRA, F. A. Petrologia Magnética das Rochas do Complexo Cajazeiras e do Granulitico Novolândia, Vila Cruzeiro do Sul, Domínio Bacajá, 2016. 48 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Geologia) - Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Faculdade de Geologia, Marabá, 2016.

- SANTOS, A.; PENA FILHO, J. I. C. Xinguara: Folha SB.22- Z-C. Estado do Pará, escala 1:250.000. Brasília: CPRM, 2000. 1 CD-ROM. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil (PLGB).
- SANTOS, J. O. S.; HARTMANN, L. A.; BOSSI, J.; CAMPAL, N.; SCHILILOV, A.; PINEYRO, D.; MCNAUGHTON, N. J. 2003a. Duration of the Trans-Amazonian Cycle and its correlation within South America Based on U-Pb SHRIMP Geochronology of the La Plata Craton, Uruguay, International Geology Review 45, 27-48.
- SANTOS, J. O. S.; RIZZOTO, G. J.; POTTER, P. E.; MCNAUGHTON, N. J.; MATOS, R. S.; HARTMANN, L. A.; CHEMALE, F.; QUADROS, M. E. S. 2008. Age and autochthonous evolution of the Sunsás Orogen in West Amazon Craton based on mapping and U-Pb geochronology. **Precambriam Research**, 165:120-152.
- TASSINARI, C. C. G.; MACAMBIRA, M. 2004. A EVOLUÇÃO TECTÔNICA DO CRATON AMAZÔNICO. IN: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C. D. R.; BRITO NEVES, B. B. (EDS.). Geologia do Continente Sul Americano: Evolução da obra de Fernando Flávio Marques Almeida. São Paulo, p. 471-486.
- VASQUEZ, M. L. Geocronologia em zircão, monazita e granada e isótopos de Nd das associações litológicas da porção oeste do Domínio Bacajá: evolução crustal da porção meridional da província Maroni-Itacaiunas, sudeste do Cráton Amazônico. 2006. 212 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Pará, Belém.
- VASQUEZ, L. V.; ROSA-COSTA, L. R.; SILVA, C. G.; RICCI, P. F.; BARBOSA, J. O.; KLEIN, E. L.; LOPES, E. S.; MACAMBIRA, E. B.; CHAVES, C. L.; CARVALHO, J. M.; OLIVEIRA, J. G.; ANJOS, G. C.; SILVA, H. R. Geologia e recursos minerais do estado do Pará. Escala 1:1.000.000. Belém: CPRM, 2008. 328p.

# APÊNDICES

Rocha	Granulitos Aluminosos												
Amostra	SEV-18A SEV01												
Análise	C2_Bt 1	C2_Bt 2	C2_Bt 3	C8 Bt 1	C7 Bt 1	C6 Bt 1	C6 Bt 2	C5 Bt 1	C4 Bt 1	C4 Bt 2	C3 Bt 1	C2 Bt 1	C1 Bt 1
SiO <sub>2</sub>	36,70	35,93	36,41	34,09	35,22	40,07	35,03	34,85	35,56	35,65	35,15	34,76	35,18
TiO <sub>2</sub>	4,98	5,24	5,05	3,37	3,24	5,93	4,75	5,42	4,28	5,19	4,19	3,65	5,21
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17,65	16,88	17,08	16,38	17,13	17,85	17,12	16,63	16,35	16,72	16,50	16,87	16,88
FeO	17,15	18,03	17,93	18,47	18,98	11,96	17,86	19,07	19,70	18,36	19,22	19,75	19,70
MnO	0,00	0,00	0,10	0,05	0,02	0,11	0,00	0,02	0,08	0,00	0,01	0,10	0,07
MgO	11,09	10,88	10,98	10,58	10,55	9,39	10,02	9,39	10,30	10,22	9,57	8,97	8,92
CaO	0,03	0,02	0,00	0,04	0,02	0,07	0,04	0,04	0,05	0,00	0,00	0,00	0,02
Na <sub>2</sub> O	0,09	0,13	0,08	0,22	0,11	0,21	0,14	0,21	0,07	0,14	0,05	0,12	0,11
K <sub>2</sub> O	9,75	9,89	9,79	9,10	9,60	6,77	9,63	9,40	9,38	9,73	9,67	9,31	9,53
C1	0,18	0,14	0,17	0,20	0,17	0,10	0,15	0,19	0,14	0,16	0,16	0,27	0,20
$H_2O^*$	4,03	3,99	4,01	3,76	3,88	4,05	3,88	3,87	3,91	3,94	3,85	3,78	3,89
Subtotal	101,80	101,40	101,84	96,61	99,47	96,75	98,96	99,56	100,29	100,55	98,77	98,01	100,34
O=F,Cl	0,04	0,03	0,04	0,05	0,04	0,02	0,03	0,04	0,03	0,04	0,04	0,06	0,04
Total	101,76	101,37	101,80	96,57	99,43	96,73	98,92	99,52	100,26	100,51	98,74	97,95	100,30
				F	órmula estru	tural com bas	e em 22 átom	os de oxigeni	0				
Si	2,70	2,68	2,69	2,68	2,69	2,95	2,68	2,67	2,70	2,69	2,71	2,71	2,68
Al iv	1,30	1,32	1,31	1,32	1,31	1,05	1,32	1,33	1,30	1,31	1,29	1,29	1,32
Al vi	0,23	0,16	0,18	0,20	0,24	0,49	0,22	0,16	0,17	0,17	0,21	0,26	0,19
Ti	0,28	0,29	0,28	0,20	0,19	0,33	0,27	0,31	0,24	0,29	0,24	0,21	0,30
Fe	1,06	1,12	1,11	1,22	1,21	0,74	1,14	1,22	1,25	1,16	1,24	1,29	1,25
Mn	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Mg	1,22	1,21	1,21	1,24	1,20	1,03	1,14	1,07	1,17	1,15	1,10	1,04	1,01
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,01	0,02	0,01	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02
K	0,91	0,94	0,92	0,91	0,94	0,64	0,94	0,92	0,91	0,94	0,95	0,92	0,92
OH	1,98	1,98	1,98	1,97	1,98	1,99	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,96	1,97
C1	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	0,03
Al total	1,53	1,48	1,49	1,52	1,54	1,55	1,54	1,50	1,46	1,49	1,50	1,55	1,51
Fe/Fe+Mg	0,46	0,48	0,48	0,49	0,50	0,42	0,50	0,53	0,52	0,50	0,53	0,55	0,55
Mg/Fe+Mg	0,54	0,52	0,52	0,51	0,50	0,58	0,50	0,47	0,48	0,50	0,47	0,45	0,45
Si/Aliv	2.08	2.03	2.06	2.04	2.06	2.80	2.02	2.00	2.08	2.05	2.10	2.10	2.02

Tabela 01: Análises por WDS de Biotita no granulito aluminoso do Granulito Novolândia.

Rocha						Granu	litos Félsicos							
Amostra			SEV-07											
Análise	C1_Bt 1 B	C1_Bt 1 C	C1_Bt 1 B	C5_Bt 2	C5_Bt 3	C6_Bt 4	C6_Bt 5	C6_Bt 6	C5 Bt 1	C4 Bt 1	C3 Bt 1	C2 Bt 1	C2 Bt 2	C1 Bt 1
SiO <sub>2</sub>	36,75	36,70	36,99	36,23	36,18	35,81	35,98	36,28	36,83	36,96	36,48	36,83	37,32	36,47
TiO <sub>2</sub>	4,83	5,69	5,66	5,90	6,74	5,10	5,98	5,95	5,49	5,42	6,39	5,90	5,29	5,29
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,79	15,27	15,60	15,12	14,91	15,06	15,39	15,40	13,55	13,42	13,32	13,51	13,67	13,42
FeO	11,99	12,96	12,75	14,79	15,04	14,62	14,75	14,09	13,16	13,25	13,73	13,85	14,33	14,62
MnO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,05	0,01	0,07	0,10	0,04	0,07	0,05	0,00	0,07
MgO	15,12	15,03	14,85	13,25	12,39	13,44	13,01	13,82	14,92	15,66	14,52	15,44	15,38	14,56
CaO	0,03	0,01	0,04	0,03	0,08	0,05	0,02	0,01	0,00	0,01	0,02	0,01	0,02	0,04
Na <sub>2</sub> O	0,09	0,11	0,18	0,08	0,15	0,06	0,01	0,08	0,08	0,03	0,02	0,09	0,06	0,06
K <sub>2</sub> O	9,92	9,79	9,85	10,05	9,72	9,56	10,17	10,10	9,35	9,55	9,49	9,61	9,55	9,49
SrO	0,02	0,03	0,09	0,00	0,00	0,00	0,04	0,04	0,00	0,00	0,07	0,02	0,04	0,02
C1	0,04	0,03	0,05	0,05	0,08	0,06	0,02	0,04	0,12	0,15	0,14	0,16	0,15	0,18
$H_2O^*$	4,03	4,05	4,07	4,00	3,98	3,94	4,00	4,03	3,53	3,46	3,47	3,50	3,43	3,45
Subtotal	98,98	100,10	100,47	99,87	99,81	98,38	99,99	100,32	98,96	99,90	99,81	100,99	101,41	99,75
O=F,Cl	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,39	0,48	0,45	0,47	0,55	0,45
Total	98,97	100,09	100,46	99,86	99,79	98,37	99,98	100,31	98,56	99,42	99,36	100,52	100,87	99,30
				Fórn	nula estrutura	al com base e	m 22 átomos o	de oxigênio						
Si	2,73	2,71	2,72	2,71	2,71	2,71	2,69	2,69	2,78	2,77	2,75	2,74	2,77	2,76
Al iv	1,27	1,29	1,28	1,29	1,29	1,29	1,31	1,31	1,21	1,19	1,18	1,19	1,20	1,20
Al vi	0,11	0,04	0,07	0,04	0,02	0,06	0,05	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ti	0,27	0,32	0,31	0,33	0,38	0,29	0,34	0,33	0,31	0,31	0,36	0,33	0,29	0,30
Fe	0,74	0,80	0,78	0,92	0,94	0,93	0,92	0,87	0,83	0,83	0,87	0,86	0,89	0,93
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	1,67	1,65	1,63	1,48	1,38	1,52	1,45	1,53	1,68	1,75	1,63	1,71	1,70	1,64
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
K	0,94	0,92	0,92	0,96	0,93	0,92	0,97	0,96	0,90	0,91	0,91	0,91	0,90	0,92
OH	2,00	2,00	1,99	1,99	1,99	1,99	2,00	1,99	1,78	1,73	1,74	1,74	1,70	1,74
Cl	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Al total	1,38	1,33	1,35	1,33	1,32	1,35	1,36	1,35	1,21	1,19	1,18	1,19	1,20	1,20
Fe/Fe+Mg	0,31	0,33	0,33	0,39	0,41	0,38	0,39	0,36	0,33	0,32	0,35	0,33	0,34	0,36
Mg/Fe+Mg	0,69	0,67	0,67	0,61	0,59	0,62	0,61	0,64	0,67	0,68	0,65	0,67	0,66	0,64
Si/Aliv	2,15	2,10	2,11	2,10	2,10	2,11	2,05	2,06	2,31	2,34	2,32	2,31	2,32	2,31

 Tabela 02: Análises por WDS de Biotita no granulito félsico do Granulito Novolândia.

Rocha	Granulitos Félsicos														
Amostra				DFI	R-10					DFR-24					
Análise	C1 Bt 1	C2 Bt 1	C3 Bt 1	C4 Bt 1	C5 Bt 1	C5 Bt 2	C6 Bt 1	C6 Bt 2	C1 Bt 1	C2 Bt 1	C2 Bt 2	C5 Bt 1	C5 Bt 2	C6 Bt 1	C6 Bt 2
SiO <sub>2</sub>	38,51	38,58	38,95	38,58	38,38	38,61	38,27	38,67	37,79	37,50	37,40	36,79	36,86	37,69	37,28
$TiO_2$	5,32	5,27	4,79	4,90	4,99	5,01	4,82	4,82	4,06	4,88	4,43	4,50	5,64	4,54	4,61
$Al_2O_3$	13,26	13,07	13,03	13,36	13,52	13,11	13,34	13,31	13,51	13,43	12,91	13,18	13,52	13,66	13,58
FeO	11,62	11,22	11,93	11,36	11,46	11,13	12,91	10,05	15,90	16,19	16,21	16,01	16,67	16,09	15,53
MnO	0,11	0,17	0,08	0,12	0,09	0,11	0,04	0,07	0,13	0,07	0,18	0,07	0,15	0,07	0,23
MgO	17,16	17,65	17,20	17,49	17,26	17,74	16,36	18,30	14,33	14,16	14,28	13,48	13,08	14,12	13,88
CaO	0,03	0,01	0,01	0,06	0,03	0,00	0,00	0,01	0,04	0,05	0,02	0,03	0,03	0,06	0,01
Na <sub>2</sub> O	0,09	0,04	0,08	0,12	0,08	0,15	0,06	0,16	0,05	0,14	0,11	0,09	0,07	0,09	0,08
K <sub>2</sub> O	9,79	10,00	9,91	9,77	9,95	10,07	9,73	9,93	9,83	9,85	9,02	9,36	9,74	9,33	9,52
SrO	0,05	0,00	0,00	0,00	0,08	0,04	0,00	0,00	0,00	0,02	0,14	0,00	0,20	0,00	0,10
Cl	0,08	0,07	0,05	0,06	0,06	0,06	0,05	0,04	0,11	0,13	0,14	0,11	0,12	0,12	0,16
$H_2O^*$	3,37	3,50	3,49	3,43	3,44	3,43	3,46	3,43	3,58	3,47	3,55	3,41	3,51	3,62	3,49
Subtotal	101,38	101,42	101,15	101,00	101,24	101,28	100,69	100,48	100,52	101,26	99,55	98,49	100,83	100,48	99,90
O=F,Cl	0,65	0,54	0,54	0,59	0,59	0,60	0,53	0,60	0,38	0,49	0,37	0,45	0,42	0,34	0,43
Total	100,73	100,88	100,61	100,41	100,65	100,69	100,16	99,89	100,14	100,77	99,18	98,04	100,41	100,14	99,47
					1	Fórmula estru	tural com bas	se em 22 átom	os de oxigênio	)					
Si	2,82	2,81	2,85	2,82	2,81	2,82	2,82	2,83	2,83	2,80	2,83	2,82	2,77	2,82	2,81
Al iv	1,14	1,12	1,12	1,15	1,17	1,13	1,16	1,15	1,17	1,18	1,15	1,18	1,20	1,18	1,19
Al vi	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,02
Ti	0,29	0,29	0,26	0,27	0,27	0,28	0,27	0,26	0,23	0,27	0,25	0,26	0,32	0,26	0,26
Fe	0,71	0,68	0,73	0,69	0,70	0,68	0,80	0,61	1,00	1,01	1,03	1,03	1,05	1,01	0,98
Mn	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01
Mg	1,87	1,92	1,88	1,91	1,88	1,93	1,80	1,99	1,60	1,58	1,61	1,54	1,47	1,57	1,56
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
K	0,91	0,93	0,92	0,91	0,93	0,94	0,92	0,93	0,94	0,94	0,87	0,91	0,93	0,89	0,92
OH	1,64	1,70	1,70	1,67	1,68	1,67	1,70	1,67	1,79	1,73	1,79	1,74	1,76	1,81	1,76
Cl	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02
Al total	1,14	1,12	1,12	1,15	1,17	1,13	1,16	1,15	1,19	1,18	1,15	1,19	1,20	1,20	1,21
Fe/Fe+Mg	0,28	0,26	0,28	0,27	0,27	0,26	0,31	0,24	0,38	0,39	0,39	0,40	0,42	0,39	0,39
Mg/Fe+Mg	0,72	0,74	0,72	0,73	0,73	0,74	0,69	0,76	0,62	0,61	0,61	0,60	0,58	0,61	0,61
Si/Aliv	2,46	2,50	2,54	2,45	2,41	2,50	2,43	2,46	2,42	2,37	2,46	2,39	2,31	2,38	2,37

**Tabela 03:** Análises por WDS de Biotita no granulito félsico do Granulito Novolândia.

57

Rocha								G	anulitos Félsic	os							
Amostra		SEV	-08A								SEV-20						
Análise	C1 Bt 1	C1 Bt 2	C2 Bt 1	C6 Bt 1	C1 Bt 1	C1 Bt 2	C2 Bt 1	C2 Bt 2	C2 Bt 3	C3 Bt 1	C3 Bt 2	C4 Bt 1	C4 Bt 2	C5 Bt 1	C5 Bt 2	C6 Bt 1	C6 Bt 2
SiO <sub>2</sub>	35,11	35,90	35,89	35,53	37,09	37,16	38,21	36,88	37,64	36,99	37,79	36,79	37,46	37,59	37,41	36,86	37,07
TiO <sub>2</sub>	5,36	5,03	5,39	5,04	4,85	5,45	5,72	4,87	5,00	4,83	4,71	5,63	3,90	4,87	4,24	5,34	5,64
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,66	14,66	15,16	14,23	13,00	13,11	13,60	13,13	13,26	13,09	13,66	12,93	13,26	13,17	13,29	12,78	13,21
FeO	20,50	17,71	19,53	20,64	16,37	17,14	16,70	16,19	16,86	17,11	17,23	15,52	16,18	16,70	15,92	17,79	17,55
MnO	0,08	0,07	0,15	0,22	0,00	0,11	0,13	0,14	0,05	0,05	0,00	0,17	0,11	0,14	0,11	0,14	0,05
MgO	9,99	11,08	10,21	9,84	13,29	13,21	13,33	13,80	13,10	13,32	13,44	14,07	14,73	13,77	14,35	12,62	12,86
CaO	0,06	0,03	0,07	0,03	0,03	0,02	0,09	0,00	0,05	0,04	0,04	0,00	0,01	0,05	0,02	0,00	0,02
Na <sub>2</sub> O	0,15	0,10	0,10	0,13	0,03	0,05	0,10	0,02	0,21	0,06	0,09	0,10	0,06	0,07	0,05	0,07	0,09
K <sub>2</sub> O	9,22	9,38	9,58	9,55	9,71	9,82	9,64	9,78	9,81	9,38	9,45	9,64	9,89	9,58	9,72	9,70	9,67
SrO	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,07	0,04	0,02	0,12	0,15	0,01	0,06	0,01	0,10	0,00
Cl	0,54	0,56	0,41	0,60	0,16	0,18	0,19	0,16	0,23	0,18	0,16	0,20	0,15	0,15	0,19	0,17	0,20
$H_2O^*$	3,52	3,47	3,66	3,53	3,46	3,56	3,59	3,54	3,51	3,51	3,57	3,44	3,46	3,55	3,48	3,57	3,57
Subtotal	99,93	98,68	100,78	99,94	99,33	101,00	102,30	99,53	100,86	99,74	101,55	99,88	100,80	100,80	100,01	100,22	101,25
O=F,Cl	0,33	0,37	0,25	0,31	0,43	0,38	0,43	0,37	0,43	0,39	0,41	0,47	0,48	0,40	0,44	0,33	0,38
Total	99,61	98,31	100,52	99,63	98,91	100,62	101,88	99,16	100,43	99,35	101,14	99,41	100,33	100,40	99,57	99,89	100,87
						I	Fórmula estru	tural com bas	se em 22 átom	os de oxigênio	)						
Si	2,71	2,76	2,73	2,75	2,82	2,79	2,81	2,80	2,83	2,81	2,81	2,78	2,81	2,82	2,82	2,80	2,79
Al iv	1,29	1,24	1,27	1,25	1,17	1,16	1,18	1,17	1,17	1,17	1,19	1,15	1,17	1,16	1,18	1,15	1,17
Al vi	0,04	0,09	0,08	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ti	0,31	0,29	0,31	0,29	0,28	0,31	0,32	0,28	0,28	0,28	0,26	0,32	0,22	0,27	0,24	0,31	0,32
Fe	1,32	1,14	1,24	1,33	1,04	1,08	1,03	1,03	1,06	1,09	1,07	0,98	1,02	1,05	1,00	1,13	1,10
Mn	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00
Mg	1,15	1,27	1,16	1,13	1,51	1,48	1,46	1,56	1,47	1,51	1,49	1,59	1,65	1,54	1,61	1,43	1,44
Ca	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,02	0,01	0,01	0,02	0,00	0,01	0,01	0,00	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Κ	0,91	0,92	0,93	0,94	0,94	0,94	0,91	0,95	0,94	0,91	0,90	0,93	0,95	0,92	0,93	0,94	0,93
OH	1,81	1,78	1,85	1,82	1,76	1,78	1,76	1,79	1,76	1,78	1,77	1,73	1,73	1,78	1,75	1,81	1,79
Cl	0,07	0,07	0,05	0,08	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
Al total	1,33	1,33	1,36	1,30	1,17	1,16	1,18	1,17	1,17	1,17	1,20	1,15	1,17	1,16	1,18	1,15	1,17
Fe/Fe+Mg	0,54	0,47	0,52	0,54	0,41	0,42	0,41	0,40	0,42	0,42	0,42	0,38	0,38	0,40	0,38	0,44	0,43
Mg/Fe+Mg	0,46	0,53	0,48	0,46	0,59	0,58	0,59	0,60	0,58	0,58	0,58	0,62	0,62	0,60	0,62	0,56	0,57
Si/Aliv	2,10	2,24	2,14	2,19	2,42	2,40	2,38	2,38	2,41	2,40	2,38	2,41	2,40	2,42	2,39	2,45	2,38

Tabela 04: Análises por WDS de Biotita no granulito félsico do Granulito Novolândia.

Rocha			Granulito	o Máfico		
Amostra			SEV	-21B		
Análise	C2_Bt 1 C	C2_Bt 1 B	C3_Bt 2	C4_Bt 3 C	C4_Bt 3 B	C5_Bt 4
SiO <sub>2</sub>	37,19	37,57	37,99	38,57	37,99	38,18
$TiO_2$	4,48	4,10	5,27	4,82	5,24	4,81
$Al_2O_3$	13,92	14,15	14,13	14,36	14,34	14,25
FeO	11,73	11,59	10,97	10,51	10,57	10,62
MnO	0,40	0,00	0,01	0,06	0,18	0,00
MgO	17,53	17,36	17,28	17,86	17,92	17,73
CaO	0,00	0,02	0,01	0,01	0,03	0,00
Na <sub>2</sub> O	0,11	0,06	0,10	0,07	0,15	0,05
K <sub>2</sub> O	9,49	10,01	9,97	10,09	9,91	9,81
Cl	0,21	0,24	0,27	0,30	0,34	0,37
H <sub>2</sub> O	4,00	4,00	4,05	4,08	4,06	4,03
Subtotal	99,75	99,67	100,66	101,36	101,38	100,60
O=F,Cl	0,05	0,05	0,06	0,07	0,08	0,08
Total	99,71	99,62	100,60	101,29	101,30	100,52
	Fórmul	a estrutural co	m base em 2	2 átomos de oxi	gênio	
Si	2,75	2,77	2,77	2,78	2,75	2,78
Al iv	1,21	1,23	1,21	1,22	1,22	1,22
Al vi	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Ti	0,25	0,23	0,29	0,26	0,28	0,26
Fe	0,72	0,72	0,67	0,63	0,64	0,65
Mn	0,03	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Mg	1,93	1,91	1,88	1,92	1,93	1,92
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01
K	0,89	0,94	0,93	0,93	0,91	0,91
OH	1,97	1,97	1,97	1,96	1,96	1,95
Cl	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05
Al total	1,21	1,23	1,21	1,22	1,22	1,22
Fe/Fe+Mg	0,27	0,27	0,26	0,25	0,25	0,25
Mg/Fe+Mg	0,73	0,73	0,74	0,75	0,75	0,75
Si/Aliv	2,27	2,26	2,28	2,29	2,25	2,27

Tabela 05: Análises por WDS de Biotita no granulito máfico do Granulito Novolândia.

Rocha											Granulite	o Máfico										
Amostra											SEV	-21B										
	C1_Cpx	C1_Cpx	C2_Opx	C2_Cpx	C3_Opx	C3_Opx	C3_Cpx	C3_Cpx	C4_Opx	C4_Opx	C4_Opx	C4_Cpx	C5_Opx	C5_Opx	C5_Opx	C5_Cpx	C5_Cpx	C5_Cpx	C5_Cpx	C6_Opx	C6_Opx	C6_Opx
Análise	1 C	1 B	2	1	3 C	3 B	2 C	2 B	4 C	4 B	4 B	3	5 C	5 B	5 B	4 C	4 B	5 C	5 B	6 C	6 B	6 B
SiO <sub>2</sub>	53,65	53,17	54,18	53,96	53,55	53,73	53,73	54,21	54,03	53,57	53,85	53,50	53,63	53,45	54,07	53,65	53,06	52,99	53,07	54,05	53,77	54,07
TiO <sub>2</sub>	0,22	0,14	0,14	0,05	0,08	0,15	0,15	0,02	0,05	0,04	0,03	0,10	0,09	0,09	0,05	0,12	0,32	0,22	0,15	0,04	0,07	0,06
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,16	1,45	0,85	1,12	0,75	0,76	1,18	0,82	0,72	0,84	0,67	1,11	0,76	0,75	0,83	1,22	1,29	1,30	1,37	0,90	0,79	0,72
FeO	6,27	6,26	18,81	5,67	18,56	18,89	5,72	5,42	18,36	18,10	18,33	5,95	18,41	18,14	18,43	6,18	5,71	5,83	6,17	18,37	18,56	17,97
MnO	0,13	0,05	0,28	0,14	0,36	0,31	0,23	0,13	0,31	0,44	0,43	0,12	0,39	0,39	0,35	0,08	0,19	0,20	0,25	0,51	0,19	0,38
MgO	15,63	15,42	25,94	15,69	25,62	25,47	16,08	16,26	25,34	25,90	25,62	15,72	25,66	25,55	25,62	15,87	15,62	15,57	15,52	25,86	25,69	26,01
CaO	22,94	22,86	0,54	23,18	0,51	0,48	23,12	23,69	0,49	0,53	0,51	22,98	0,43	0,50	0,48	22,88	22,90	22,75	22,65	0,45	0,48	0,53
Na <sub>2</sub> O	0,36	0,38	0,05	0,35	0,04	0,03	0,36	0,27	0,01	0,04	0,04	0,38	0,03	0,04	0,00	0,36	0,33	0,39	0,42	0,01	0,07	0,04
$K_2O$	0,04	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,00	0,02	0,00	0,02	0,02	0,03	0,02	0,00	0,02	0,03	0,05	0,01	0,03	0,02	0,00
Cl	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01	0,00
$H_2O^*$	4,46	4,43	4,51	4,46	4,45	4,46	4,48	4,48	4,45	4,46	4,46	4,44	4,45	4,43	4,47	4,46	4,42	4,41	4,42	4,49	4,46	4,48
Subtotal	105,02	104,45	105,44	104,81	104,07	104,46	105,44	105,44	103,95	104,06	104,17	104,63	104,18	103,46	104,35	105,19	104,06	103,88	104,21	104,91	104,25	104,45
O=F,Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	105,02	104,44	105,44	104,81	104,07	104,46	105,44	105,44	103,94	104,06	104,17	104,63	104,18	103,46	104,35	105,19	104,06	103,88	104,21	104,90	104,25	104,45
									Fórmul	a estrutura	al com bas	e em 6 áto	mos de oxi	gênio								
Si	1,97	1,97	1,97	1,98	1,97	1,97	1,97	1,98	1,98	1,97	1,98	1,97	1,97	1,97	1,98	1,97	1,97	1,97	1,97	1,97	1,97	1,98
Al	0,05	0,06	0,04	0,05	0,03	0,03	0,05	0,04	0,03	0,04	0,03	0,05	0,03	0,03	0,04	0,05	0,06	0,06	0,06	0,04	0,03	0,03
Ti	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe	0,19	0,19	0,57	0,17	0,57	0,58	0,18	0,17	0,56	0,56	0,56	0,18	0,57	0,56	0,56	0,19	0,18	0,18	0,19	0,56	0,57	0,55
Mn	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01
Mg	0,86	0,85	1,40	0,86	1,40	1,39	0,88	0,88	1,39	1,42	1,40	0,86	1,41	1,41	1,40	0,87	0,86	0,86	0,86	1,40	1,40	1,42
Ca	0,90	0,91	0,02	0,91	0,02	0,02	0,91	0,93	0,02	0,02	0,02	0,91	0,02	0,02	0,02	0,90	0,91	0,90	0,90	0,02	0,02	0,02
Na	0,03	0,03	0,00	0,02	0,00	0,00	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,03	0,02	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00
Total	4,01	4,01	4,01	4,01	4,01	4,01	4,02	4,01	4,00	4,02	4,01	4,01	4,01	4,01	4,00	4,01	4,01	4,01	4,02	4,01	4,01	4,01
Fs	9,87	9,94	28,62	8,95	28,61	29,11	8,94	8,37	28,62	27,87	28,36	9,38	28,45	28,19	28,48	9,69	9,08	9,29	9,82	28,25	28,57	27,65
En	43,86	43,61	70,34	44,15	70,38	69,95	44,78	44,76	70,41	71,08	70,63	44,20	70,70	70,81	70,57	44,35	44,27	44,25	44,02	70,87	70,49	71,32
Wo	46,27	46,46	1,04	46,90	1,01	0,94	46,28	46,87	0,97	1,05	1,01	46,42	0,85	1,00	0,95	45,96	46,65	46,46	46,16	0,88	0,94	1,04

Tabela 06: Análises por WDS de Piroxênio no granulito máfico do Granulito Novolândia.

Rocha										Granuli	to Máfico									
Amostra										SEV	/-28C									
	C1_Opx	C2_Cpx	C2_Cpx	C2_Cpx	C3_Cpx	C3_Cpx	C4_Opx	C4_Opx	C4_Opx	C4_Opx	C5_Opx	C5_Opx	C5_Opx	C5_Opx	C6_Opx	C6_Opx	C6_Opx	C6_Opx	C6_Opx	C6_Opx
Análise	1	1 C	1 B	1 B	2 C	2 B	2.1	2.2	2.3	2.4	3 C	3 B	4 C	4 B	5 C	5 B	6	7 C	7 B	7 B
SiO <sub>2</sub>	47,16	48,13	49,34	47,19	48,58	49,30	47,70	46,88	47,10	47,60	47,16	46,79	46,92	47,55	47,56	48,04	47,52	47,08	48,42	47,42
TiO <sub>2</sub>	0,04	0,04	0,00	0,04	0,08	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,02	0,00	0,01	0,01	0,00	0,04
$Al_2O_3$	0,81	1,61	1,37	0,75	1,42	1,26	0,75	0,87	0,79	0,80	0,54	0,67	1,38	0,68	0,92	0,87	0,86	0,72	1,01	0,88
FeO	42,10	22,15	21,02	42,05	29,10	20,76	41,79	42,73	41,93	42,26	42,52	42,75	41,09	41,58	41,51	41,52	41,75	42,10	39,32	42,06
MnO	0,87	0,42	0,44	0,88	0,62	0,37	0,55	0,67	0,81	0,86	0,69	0,73	0,74	1,04	0,65	0,75	0,78	0,86	0,90	0,88
MgO	7,80	6,37	6,62	7,64	6,69	6,37	8,06	7,54	7,68	7,88	7,73	7,66	7,42	7,94	7,77	8,01	7,73	7,33	9,05	7,75
CaO	1,04	20,18	21,55	1,09	14,12	21,08	1,04	0,99	1,07	1,16	0,97	1,02	1,09	1,11	1,54	0,99	1,03	1,10	0,88	0,88
Na <sub>2</sub> O	0,00	0,27	0,27	0,05	0,20	0,29	0,04	0,00	0,01	0,03	0,01	0,02	0,09	0,01	0,03	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04
$K_2O$	0,02	0,00	0,02	0,01	0,00	0,02	0,00	0,01	0,03	0,00	0,03	0,04	0,13	0,00	0,00	0,00	0,03	0,01	0,05	0,00
Cl	0,01	0,01	0,01	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,05	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,03	0,01
$H_2O^*$	3,94	4,07	4,15	3,93	4,09	4,11	3,96	3,93	3,93	3,97	3,93	3,92	3,90	3,95	3,96	3,98	3,95	3,91	3,99	3,95
Subtotal	103,79	103,33	104,88	103,72	105,07	103,54	103,90	103,68	103,43	104,63	103,64	103,70	102,90	104,01	104,11	104,23	103,81	103,16	103,73	103,91
O=F,Cl	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Total	103,79	103,33	104,88	103,71	105,07	103,54	103,90	103,68	103,43	104,63	103,64	103,70	102,89	104,01	104,10	104,22	103,81	103,16	103,72	103,91
								Fórm	ula estrutu	ral com ba	se em 6 átor	nos de oxig	ênio							
Si	1,96	1,93	1,94	1,96	1,94	1,96	1,97	1,95	1,96	1,96	1,96	1,95	1,96	1,97	1,96	1,97	1,97	1,97	1,98	1,96
Al	0,04	0,08	0,06	0,04	0,07	0,06	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,07	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,04
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe	1,46	0,74	0,69	1,46	0,97	0,69	1,44	1,49	1,46	1,46	1,48	1,49	1,44	1,44	1,43	1,43	1,45	1,47	1,34	1,46
Mn	0,03	0,01	0,01	0,03	0,02	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,04	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Mg	0,48	0,38	0,39	0,47	0,40	0,38	0,50	0,47	0,48	0,48	0,48	0,48	0,46	0,49	0,48	0,49	0,48	0,46	0,55	0,48
Ca	0,05	0,87	0,91	0,05	0,61	0,90	0,05	0,04	0,05	0,05	0,04	0,05	0,05	0,05	0,07	0,04	0,05	0,05	0,04	0,04
Na	0,00	0,02	0,02	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	4,02	4,04	4,04	4,02	4,03	4,02	4,01	4,02	4,02	4,02	4,02	4,03	4,01	4,02	4,01	4,01	4,01	4,02	4,00	4,02
Fs	73,43	37,31	34,79	73,70	49,22	35,12	72,70	74,39	73,57	73,13	73,90	74,07	73,77	72,77	72,39	72,77	73,45	74,42	69,49	73,80
En	24,24	19,14	19,52	23,86	20,17	19,19	24,99	23,41	24,03	24,31	23,95	23,66	23,73	24,75	24,16	25,01	24,23	23,10	28,52	24,23
Wo	2,33	43,55	45,69	2,44	30,60	45,68	2,31	2,21	2,39	2,56	2,15	2,27	2,50	2,48	3,45	2,23	2,32	2,48	1,99	1,97

Tabela 07: Análises por WDS de Piroxênio no granulito máfico do Granulito Novolândia.

Rocha						G	ranulito Máfie	20					
Amostra			SEV28						DFI	R-12			
Análise	C1 Opx 1	C2 Opx 1	C3 Opx 1	C4 Opx 1	C5 Opx 1	C1 Opx 1	C1 Cpx 1	C2 Cpx 1	C2 Opx 1	C3 Opx 1	C3 Cpx 1	C4 Opx 1	C4 Cpx 1
SiO <sub>2</sub>	50,14	49,94	49,78	50,40	49,21	51,28	51,43	50,35	51,18	50,84	50,80	47,60	51,63
$TiO_2$	0,25	0,00	0,12	0,11	0,05	0,06	0,29	0,33	0,00	0,00	0,22	0,05	0,13
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,96	1,11	1,25	1,38	1,43	0,85	2,29	2,15	0,93	1,06	2,23	2,07	1,99
FeO	29,18	29,73	30,45	29,62	27,70	26,33	10,24	10,24	26,29	26,55	10,80	29,12	10,97
MnO	0,49	0,65	0,46	0,50	0,48	0,42	0,13	0,10	0,39	0,46	0,21	0,40	0,31
MgO	16,87	15,92	16,16	16,97	16,90	18,52	12,51	12,56	18,68	19,10	12,54	16,47	12,77
CaO	0,56	0,52	0,47	0,44	0,41	0,69	21,70	21,50	0,60	0,66	21,74	0,67	20,43
Na <sub>2</sub> O	0,05	0,07	0,03	0,00	0,10	0,07	0,44	0,39	0,03	0,05	0,47	0,01	0,40
K <sub>2</sub> O	0,01	0,00	0,00	0,03	0,03	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,06	0,02
Cl	0,00	0,01	0,02	0,02	0,10	0,02	0,02	0,02	0,00	0,03	0,00	0,09	0,00
$H_2O^*$	4,15	4,13	4,15	4,21	4,08	4,22	4,32	4,24	4,23	4,23	4,30	4,02	4,31
Subtotal	102,80	102,11	102,96	103,79	100,69	102,61	103,70	101,92	102,59	103,13	103,60	100,78	103,32
O=F,Cl	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,04	0,00
Total	102,78	102,11	102,95	103,79	100,67	102,61	103,69	101,92	102,59	103,13	103,60	100,75	103,32
					Fórmula e	estrutural con	n base em 6 a	átomos de ox	igênio				
Si	1,97	1,98	1,96	1,96	1,96	1,99	1,95	1,94	1,98	1,96	1,93	1,92	1,96
Al	0,04	0,05	0,06	0,06	0,07	0,04	0,10	0,10	0,04	0,05	0,10	0,10	0,09
Ti	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
Fe	0,96	0,98	1,00	0,96	0,92	0,85	0,32	0,33	0,85	0,86	0,34	0,98	0,35
Mn	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01
Mg	0,99	0,94	0,95	0,98	1,01	1,07	0,71	0,72	1,08	1,10	0,71	0,99	0,72
Ca	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,88	0,89	0,03	0,03	0,89	0,03	0,83
Na	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,03	0,03	0,00	0,00	0,03	0,00	0,03
Total	4,01	4,00	4,01	4,01	4,01	4,00	4,01	4,02	4,00	4,01	4,03	4,03	4,00
Fs	50,59	50,87	49,01	47,48	48,66	43,72	16,97	17,01	43,56	43,21	17,71	49,08	18,32
En	48,28	48,12	50,06	51,62	50,14	54,81	36,95	37,20	55,16	55,41	36,64	49,48	38,00
Wo	1,13	1,01	0,94	0,90	1,20	1,47	46,08	45,78	1,28	1,38	45,65	1,44	43,68

Tabela 08: Análises por WDS de Piroxênio no granulito máfico do Granulito Novolândia.

Rocha													Gra	nulito Fél	sico												
Amostra									DFR-10													DFF	R-24				
	C1	C1	C2	C2	C3	C3	C3	C4	C5	C5	C5	C5	C6	C6	C7	C7	C7	C1	C3	C3	C3	C4	C4	C5	C5	C6	C7
Análise	Cpx 1	Cpx 2	Cpx 1	Cpx 2	Cpx 1	Opx 1	Opx 2	Cpx 1	Cpx 1	Opx 1	Cpx 2	Cpx 2	Opx 1	Opx 2	Cpx 1	Opx 2	Cpx 3	Opx 1	Opx 1	Opx 2	Opx 1	Opx 1	Opx 2	Opx 1	Opx 2	Opx 1	Opx 1
SiO <sub>2</sub>	53,05	53,13	53,51	53,07	53,04	53,35	53,76	52,79	53,03	53,21	52,91	53,28	53,42	53,78	52,95	52,80	52,87	52,49	51,97	52,04	52,17	51,97	52,43	51,62	52,15	52,16	51,65
TiO <sub>2</sub>	0,16	0,29	0,24	0,25	0,15	0,02	0,00	0,25	0,22	0,19	0,44	0,17	0,20	0,13	0,07	0,05	0,14	0,00	0,21	0,07	0,05	0,25	0,14	0,22	0,14	0,09	0,16
$Al_2O_3$	1,53	1,67	1,46	1,53	1,48	0,61	0,61	1,52	1,60	0,62	1,63	1,39	0,60	0,43	1,51	0,60	1,54	0,68	0,72	0,60	0,70	0,80	0,67	0,70	0,61	0,56	0,89
FeO	8,51	9,14	8,77	9,17	8,77	22,03	22,36	9,28	9,07	22,11	10,10	8,94	22,46	22,12	9,83	21,74	9,10	26,61	26,60	27,02	26,41	26,21	26,20	26,14	26,72	26,10	25,91
MnO	0,27	0,24	0,35	0,32	0,21	0,71	0,79	0,38	0,33	0,69	0,40	0,39	0,71	0,66	0,36	0,81	0,28	1,04	1,09	0,95	1,00	0,96	0,76	0,93	0,90	1,20	0,85
MgO	13,91	13,38	14,00	13,55	13,89	22,50	22,83	13,94	13,77	22,96	13,94	14,07	22,51	22,72	14,19	22,27	13,42	19,34	18,84	18,36	19,19	18,76	19,24	18,65	18,70	19,09	19,09
CaO	22,03	21,80	21,79	21,92	21,41	0,71	0,57	21,05	21,64	0,67	20,58	22,04	0,61	0,70	19,97	0,69	21,11	0,58	0,54	0,66	0,53	0,64	0,56	0,64	0,58	0,59	0,60
Na <sub>2</sub> O	0,80	0,79	0,65	0,78	0,85	0,04	0,03	0,76	0,79	0,05	0,86	0,66	0,09	0,06	0,71	0,02	0,87	0,03	0,06	0,03	0,04	0,03	0,12	0,06	0,03	0,05	0,05
$K_2O$	0,00	0,04	0,00	0,00	0,02	0,00	0,03	0,01	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03	0,02	0,02	0,03	0,00	0,01	0,00
Cl	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,03
H <sub>2</sub> O*	4,40	4,41	4,43	4,41	4,39	4,36	4,43	4,39	4,41	4,41	4,41	4,42	4,42	4,42	4,38	4,35	4,36	4,33	4,29	4,27	4,30	4,28	4,31	4,25	4,29	4,29	4,27
Subtotal	104,86	105,11	105,33	105,23	104,49	104,44	105,57	104,63	104,96	105,07	105,44	105,46	105,29	105,07	104,22	103,41	103,98	105,18	104,34	104,07	104,59	104,05	104,47	103,28	104,11	104,29	103,75
O=F,Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Total	104,86	105,11	105,33	105,23	104,49	104,41	105,57	104,63	104,96	105,06	105,44	105,46	105,29	105,07	104,22	103,41	103,98	105,18	104,33	104,07	104,59	104,05	104,47	103,28	104,11	104,29	103,74
c:	1.07	1.07	1.09	1.07	1.09	1.00	1.09	1.07	1.07	1.07	formula e	strutural	1 08	e em 6 at	omos de	1 00	1.09	1.09	1.09	1.00	1.09	1.09	1.00	1.00	1.00	1.00	1.09
31	1,97	1,97	1,96	1,97	1,96	0.02	1,98	0.07	1,97	1,97	1,90	1,97	1,90	0.02	1,90	1,99	1,90	1,90	1,90	0.02	1,90	1,90	1,99	1,99	1,99	0.02	1,90
Ti	0,07	0,07	0,00	0,07	0,07	0,05	0,03	0,07	0,07	0,05	0,07	0,00	0,05	0,02	0,07	0,03	0,07	0,05	0,03	0,03	0,05	0,04	0,03	0,03	0,03	0,05	0,04
Fe	0.26	0.28	0.27	0.28	0,00	0,00	0,00	0.20	0.28	0,61	0.31	0.28	0,01	0,68	0,00	0,68	0,00	0.84	0.85	0,00	0.84	0.84	0,00	0.84	0,00	0,00	0.83
Mn	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.03	0.01	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.04	0.03
Mg	0.77	0.74	0.77	0.75	0.77	1.25	1.26	0.78	0.76	1.27	0.77	0.78	1.24	1.25	0.79	1.25	0.75	1.09	1.07	1.05	1.09	1.07	1.09	1.07	1.06	1.08	1.09
Ca	0.88	0.87	0.86	0.87	0.86	0.03	0.02	0.84	0.86	0.03	0.82	0.87	0.02	0.03	0.80	0.03	0.85	0.02	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02
Na	0.06	0.06	0.05	0.06	0.06	0.00	0.00	0.05	0.06	0.00	0.06	0.05	0.01	0.00	0.05	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	4,02	4,01	4,01	4,02	4,02	4,00	4,01	4,02	4,02	4,01	4,02	4,02	4,00	4,00	4,01	4,00	4,01	4,00	4,00	3,99	4,00	3,99	4,00	4,00	3,99	4,00	4,00
Fs	13,84	15,00	14,23	14,93	14,39	34,94	35,05	15,19	14,79	34,60	16,47	14,36	35,45	34,82	16,19	34,89	15,15	43,04	43,70	44,59	43,09	43,34	42,80	43,42	43,95	42,87	42,69
En	40,29	39,15	40,48	39,33	40,61	63,61	63,80	40,67	40,01	64,05	40,52	40,27	63,32	63,77	41,66	63,70	39,82	55,76	55,16	54,02	55,81	55,30	56,03	55,22	54,83	55,89	56,05
Wo	45,87	45,84	45,29	45,74	45,00	1,44	1,15	44,14	45,20	1,35	43,01	45,36	1,23	1,41	42,15	1,41	45,03	1,20	1,13	1,39	1,10	1,36	1,17	1,37	1,22	1,23	1,26

Tabela 09: Análises por WDS de Piroxênio no granulito félsico do Granulito Novolândia.

Rocha						Granulito Fe	ilsico					
Amostra				SEV- 8A						SEV- 20		
	C2 Opx 1	C2 Opx 1	C4 Opx	C4 Opx	C5 Opx 1	C5 Opx 1	C5 Opx	C4 Opx 1	C4 Opx 1	C4 Opx	C5 Opx	C5 Opx
Análise	С	В	1.1	1.2	С	В	2	С	В	2	1	2
SiO <sub>2</sub>	49,20	49,49	49,68	49,79	49,81	49,15	48,99	51,46	51,73	52,29	51,96	51,62
TiO <sub>2</sub>	0,00	0,26	0,08	0,00	0,13	0,11	0,20	0,30	0,10	0,05	0,30	0,04
$Al_2O_3$	2,60	2,07	2,35	2,32	2,30	2,51	2,39	0,92	0,61	0,65	0,61	0,66
FeO	29,92	29,91	30,06	29,92	30,15	30,38	30,86	27,09	26,39	27,04	26,24	26,75
MnO	1,45	1,31	1,27	1,24	1,08	1,42	1,16	0,71	0,91	0,78	0,66	0,71
MgO	16,21	16,56	16,26	16,76	16,17	15,96	16,06	19,23	18,56	19,51	19,58	19,70
CaO	0,18	0,14	0,12	0,17	0,14	0,19	0,13	0,65	0,64	0,68	0,64	0,62
Na <sub>2</sub> O	0,03	0,02	0,00	0,04	0,01	0,07	0,00	0,07	0,03	0,03	0,00	0,00
K <sub>2</sub> O	0,03	0,05	0,01	0,00	0,01	0,03	0,01	0,02	0,02	0,03	0,02	0,00
Cl	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,03	0,00	0,00	0,02	0,00
$H_2O^*$	4,19	4,20	4,21	4,22	4,20	4,18	4,18	4,29	4,25	4,33	4,29	4,30
Subtotal	104,11	104,12	104,45	104,63	104,15	104,10	104,20	104,85	103,26	105,42	104,41	104,63
O=F,Cl	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00
Total	104,11	104,12	104,45	104,62	104,15	104,09	104,20	104,84	103,26	105,42	104,40	104,63
				Fórmula e	estrutural con	1 base em 6 át	omos de oxi	igênio				
Si	1,92	1,93	1,93	1,93	1,94	1,92	1,92	1,96	1,99	1,97	1,98	1,97
Al	0,12	0,09	0,11	0,11	0,11	0,12	0,11	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03
Ti	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00
Fe	0,98	0,97	0,98	0,97	0,98	0,99	1,01	0,86	0,85	0,85	0,83	0,85
Mn	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,04	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02
Mg	0,94	0,96	0,94	0,97	0,94	0,93	0,94	1,09	1,06	1,10	1,11	1,12
Ca	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	4,02	4,02	4,01	4,02	4,01	4,02	4,02	4,02	3,99	4,01	4,00	4,02
Fs	50,68	50,19	50,77	49,85	50,97	51,44	51,74	43,55	43,77	43,13	42,35	42,69
En	48,93	49,51	48,97	49,78	48,72	48,16	47,99	55,11	54,88	55,48	56,32	56,04
Wo	0,39	0,30	0,26	0,36	0,31	0,40	0,27	1,35	1,35	1,39	1,32	1,27

Tabela 10: Análises por WDS de Piroxênio no granulito félsico do Granulito Novolândia.

Rocha												Granulito	Félsico									
Amostra								SEV	/-04										SEV	-26A		
	C4	C4	C4	C4	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C2	C2	C1	C1	C1	C1	C2_Opx	C2_Opx	C2_Opx	C2_Opx	C3_Opx	C3_Opx
Análise	Opx 1	Cpx 1	Cpx 2	Cpx 3	Opx 1	Cpx 1	Opx 2	Opx 2	Opx 3	Cpx 3	Opx 1	Cpx 1	Cpx 1	Cpx 1	Opx 2	Opx 3	1 C	1 B	2 C	2 B	3 C	3 B
SiO <sub>2</sub>	52,08	52,17	52,09	52,18	52,28	52,23	52,27	52,37	52,24	51,78	51,49	51,80	51,71	52,24	52,00	52,19	48,49	48,77	48,78	49,25	48,90	48,33
TiO <sub>2</sub>	0,02	0,30	0,14	0,17	0,10	0,09	0,04	0,17	0,03	0,41	0,06	0,19	0,66	0,30	0,00	0,23	0,09	0,11	0,15	0,09	0,18	0,17
$Al_2O_3$	1,10	2,21	2,30	2,19	0,91	2,18	0,92	0,80	1,10	2,49	1,17	2,55	2,41	2,22	1,21	1,00	6,07	5,29	5,91	5,60	6,52	6,17
FeO	25,59	10,16	10,56	10,19	25,46	9,91	25,78	25,11	25,80	10,39	25,41	10,27	11,09	9,64	25,51	25,60	23,45	23,34	23,70	23,60	23,56	23,62
MnO	0,76	0,26	0,29	0,31	0,70	0,24	0,71	0,70	0,64	0,16	0,61	0,21	0,47	0,35	0,64	0,69	0,14	0,10	0,01	0,12	0,11	0,24
MgO	20,22	12,99	13,03	13,22	20,21	13,28	20,23	20,29	20,07	12,80	19,40	12,86	13,01	13,07	19,65	20,09	20,09	20,34	20,31	20,33	20,21	20,06
CaO	0,75	21,80	21,02	21,92	0,60	22,23	0,69	0,74	0,66	21,89	0,67	21,82	21,38	21,78	0,66	0,58	0,05	0,06	0,08	0,06	0,04	0,07
Na <sub>2</sub> O	0,06	0,40	0,49	0,45	0,08	0,44	0,01	0,03	0,02	0,46	0,05	0,41	0,39	0,44	0,05	0,03	0,00	0,02	0,03	0,00	0,02	0,00
K2O	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,02	0,01	0,02	0,00	0,01	0,35	0,03	0,02	0,02	0,00
Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,03	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,02
$H_2O^*$	4,33	4,38	4,36	4,39	4,33	4,39	4,34	4,34	4,34	4,37	4,26	4,37	4,39	4,38	4,31	4,32	4,31	4,30	4,33	4,33	4,35	4,30
Subtotal	105,10	104,70	104,36	105,21	104,68	105,15	105,12	104,71	105,00	104,84	103,30	104,64	105,69	104,63	104,14	104,89	103,23	103,03	103,53	103,79	104,05	103,18
O=F,Cl	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01
Total	105,09	104,70	104,36	105,21	104,68	105,15	105,12	104,71	105,00	104,84	103,30	104,64	105,69	104,63	104,14	104,87	103,23	103,03	103,53	103,78	104,05	103,18
									Fórmu	ıla estrut	ural com	base em	6 átomos	s de oxigê	nio							
Si	1,96	1,95	1,95	1,95	1,97	1,95	1,97	1,98	1,97	1,94	1,97	1,94	1,93	1,95	1,97	1,97	1,85	1,86	1,85	1,86	1,84	1,84
Al	0,05	0,10	0,10	0,10	0,04	0,10	0,04	0,04	0,05	0,11	0,05	0,11	0,11	0,10	0,05	0,04	0,27	0,24	0,26	0,25	0,29	0,28
Ti	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,02	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Fe	0,81	0,32	0,33	0,32	0,80	0,31	0,81	0,79	0,81	0,33	0,81	0,32	0,35	0,30	0,81	0,81	0,75	0,74	0,75	0,75	0,74	0,75
Mn	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Mg	1,14	0,72	0,73	0,74	1,14	0,74	1,14	1,14	1,13	0,71	1,11	0,72	0,72	0,73	1,11	1,13	1,14	1,16	1,15	1,15	1,13	1,14
Ca	0,03	0,87	0,84	0,88	0,02	0,89	0,03	0,03	0,03	0,88	0,03	0,88	0,85	0,87	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,00	0,03	0,04	0,03	0,01	0,03	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,03	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	4,01	4,01	4,01	4,02	4,01	4,02	4,01	4,00	4,01	4,01	4,00	4,01	4,02	4,01	4,00	4,00	4,02	4,03	4,02	4,01	4,01	4,02
Fs	40,88	16,59	17,40	16,48	40,90	15,97	41,09	40,35	41,34	16,96	41,77	16,80	17,98	15,84	41,56	41,19	39,53	39,12	39,50	39,38	39,51	39,72
En	57,59	37,80	38,25	38,12	57,87	38,14	57,50	58,13	57,30	37,26	56,82	37,49	37,60	38,29	57,06	57,62	60,37	60,76	60,33	60,49	60,41	60,13
Wo	1,53	45,61	44,35	45,41	1,23	45,89	1,41	1,52	1,36	45,78	1,41	45,71	44,42	45,86	1,38	1,19	0,10	0,12	0,17	0,12	0,09	0,15

Tabela 11: Análises po	or WDS de Piroxé	ênio no granulito fé	Elsico do Granulit	o Novolândia.

Rocha						Gra	anulito Féls	ico					
Amostra						SEV	7-07						
	C5 Opx	C5 Opx	C3 Cpx	СЗ Срх	СЗ Срх	C3 Opx	C3 Opx	C3 Opx	СЗ Срх	C4 Opx	C2 Cpx	C2 Opx	C1 Opx
Análise	1	2	1	2	3	1	2	3	4	1	1	1	1
SiO <sub>2</sub>	52,68	52,33	52,11	52,15	53,08	52,31	52,48	52,97	53,14	52,01	51,87	51,88	52,84
TiO <sub>2</sub>	0,00	0,26	0,15	0,32	0,00	0,00	0,17	0,02	0,00	0,06	0,17	0,01	0,06
$Al_2O_3$	1,00	0,86	2,03	1,74	1,71	1,07	0,83	0,93	1,46	1,11	2,10	1,19	0,91
FeO	23,26	22,61	9,26	8,59	9,02	23,13	23,31	23,24	8,22	22,97	8,98	22,84	23,04
MnO	0,49	0,47	0,24	0,10	0,27	0,41	0,52	0,43	0,19	0,43	0,19	0,53	0,50
MgO	21,68	22,19	13,39	13,97	14,37	22,25	22,10	21,87	14,25	22,13	13,26	22,03	22,04
CaO	0,56	0,62	21,97	21,95	21,68	0,61	0,53	0,45	22,33	0,67	21,85	0,59	0,53
Na <sub>2</sub> O	0,00	0,07	0,52	0,54	0,43	0,04	0,06	0,01	0,45	0,01	0,57	0,05	0,04
$K_2O$	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,02	0,02	0,00	0,01	0,01	0,06	0,00
Cl	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$H_2O^*$	4,36	4,36	4,36	4,37	4,41	4,37	4,37	4,37	4,40	4,34	4,34	4,34	4,38
Subtotal	104,07	103,91	104,24	104,16	105,09	104,38	104,50	104,44	104,64	103,79	103,51	103,72	104,43
O=F,Cl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	104,07	103,91	104,24	104,16	105,09	104,38	104,50	104,44	104,64	103,79	103,51	103,72	104,43
				F	órmula est	rutural cor	n base em	6 átomos d	e oxigênio				
Si	1,98	1,97	1,95	1,96	1,97	1,96	1,97	1,98	1,97	1,96	1,96	1,96	1,97
Al	0,04	0,04	0,09	0,08	0,07	0,05	0,04	0,04	0,06	0,05	0,09	0,05	0,04
Ti	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe	0,73	0,71	0,29	0,27	0,28	0,73	0,73	0,73	0,26	0,72	0,28	0,72	0,72
Mn	0,02	0,02	0,01	0,00	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
Mg	1,21	1,24	0,75	0,78	0,79	1,24	1,23	1,22	0,79	1,24	0,75	1,24	1,23
Ca	0,02	0,02	0,88	0,88	0,86	0,02	0,02	0,02	0,89	0,03	0,88	0,02	0,02
Na	0,00	0,00	0,04	0,04	0,03	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,04	0,00	0,00
Total	4,00	4,01	4,02	4,02	4,01	4,02	4,01	4,00	4,01	4,02	4,01	4,02	4,00
Fs	37,14	35,92	15,11	13,94	14,45	36,38	36,78	37,01	13,21	36,30	14,82	36,33	36,57
En	61,72	62,82	38,96	40,41	41,04	62,39	62,16	62,08	40,81	62,35	38,99	62,46	62,35
Wo	1,14	1,26	45,93	45,64	44,51	1,23	1,06	0,91	45,98	1,35	46,19	1,21	1,08

Tabela 12: Análises por WDS de Piroxênio no granulito félsico do Granulito Novolândia.