

6.2 Modelagem isotópica de mistura de áreas fontes da proveniência da rocha total e da fração silte grosso

Diversos processos geológicos resultam em mistura de materiais com composições químicas e isotópicas distintas, podendo ser relacionadas através de modelos de misturas de dois componentes assumindo que as composições das misturas resultantes não são modificadas por reações ou processos posteriores à mistura (FAURE, 1986).

Em um diagrama $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ X $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, a curva de mistura isotópica de dois “*end members*” distintos (A e B) é projetada ao longo de uma hipérbole com variação percentual da contribuição.

Essa hipérbole é definida pela equação de Langmuir et al., (1978) como na equação 3:

$$R^X_M = \frac{R^X_A \cdot X_A \cdot f + R^X_B \cdot X_B \cdot (1 - f)}{X_A \cdot f + X_B \cdot (1 - f)} \quad (3)$$

onde,

R^X_M é a razão isotópica de X na mistura dos componentes A e B;

X_A e X_B são as concentrações (em ppm) de X em A e B; e

f é a proporção de A definido como $A/(A+B)$.

No caso desse estudo, a equação de Langmuir et al., (1978) é representada pelas equações 4 e 5:

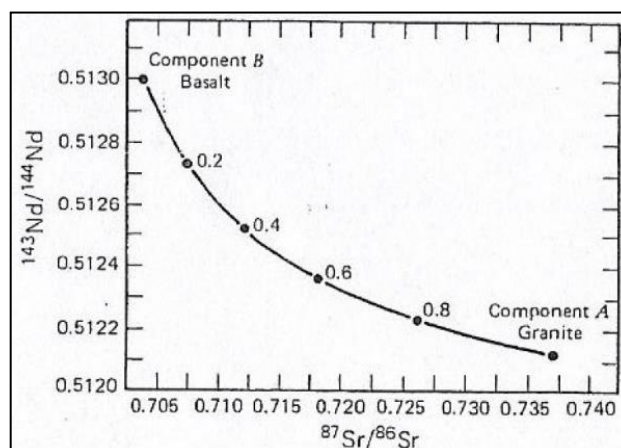
$$(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_M = \frac{(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_A \cdot (\text{Nd})_A \cdot f + (^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_B \cdot (\text{Nd})_B \cdot (1 - f)}{(\text{Nd})_A \cdot f + (\text{Nd})_B \cdot (1 - f)} \quad (4)$$

e

$$(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_M = \frac{(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_A \cdot (\text{Sr})_A \cdot f + (^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_B \cdot (\text{Sr})_B \cdot (1 - f)}{(\text{Sr})_A \cdot f + (\text{Sr})_B \cdot (1 - f)} \quad (5)$$

Faure, (1986) exemplifica a mistura dos componentes A (Granito) e B (Basalto) com suas variadas proporções (Figura 55).

Figura 55 - Hipérbole de mistura de dois componentes



Fonte: FAURE, (1986) p.149.

Para cada amostra desse trabalho foram testados diferentes “*end members*” a fim de descartar modelos inviáveis e definir cenários plausíveis de misturas. As razões isotópicas $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, os parâmetros petrogenéticos, ϵ (Nd) e ϵ (Sr) e as concentrações de Sr (ppm) e Nd (ppm) foram compiladas a partir de dados da literatura de acordo com a geologia local de cada bacia hidrográfica (Apêndice G).

6.2.1 Modelagem isotópica da amostra NAM-05

O diagrama de mistura isotópica da amostra NAM-05 ilustra 3 possibilidades de misturas, denominadas: MIX-1, MIX-2 e MIX-3 (Tabela 12 e Figura 56).

Tabela 13 - Valores de concentrações e razões isotópicas para os “*end members*” dos modelos adotados de mistura de dois componentes (A e B) da amostra NAM-05.

<i>end members</i>	MIX-1		MIX-2		MIX-3	
	A	B	A	B	A	B
Unidade litoestratigráfica	Basalto de alto Ti	Granito Damara	Basalto de alto Ti	Quartzo latito	Basalto de alto Ti	Granito Damara
Sr (ppm)	416	100	416	95	416	36
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr	0,7046	0,8423	0,7046	0,7270	0,7046	0,8021
Nd (ppm)	29	77	29	46	29	38
¹⁴³ Nd/ ¹⁴⁴ Nd	0,5129	0,5110	0,5129	0,5121	0,5129	0,5119
Proveniência em rocha total (%)	94	6	55	45		
Proveniência em silte grosso (%)					48	52

Fonte: A autora, 2018.

O MIX-1 considera como *end members* uma amostra da literatura do basalto Etendeka de alto Ti e uma amostra do granito Damara indicando uma proveniência de aproximadamente 94% e 6%, respectivamente, para a rocha total.

O MIX-2 indica proveniência de aproximadamente 55% do basalto Etendeka de alto Ti e 45% do quartzo latito Etendeka para rocha total. O valor de 95 ppm de Sr da literatura de B no MIX-2 foi alterado em relação ao dado inicial de Sr = 156 ppm, para melhor ajuste da curva de mistura.

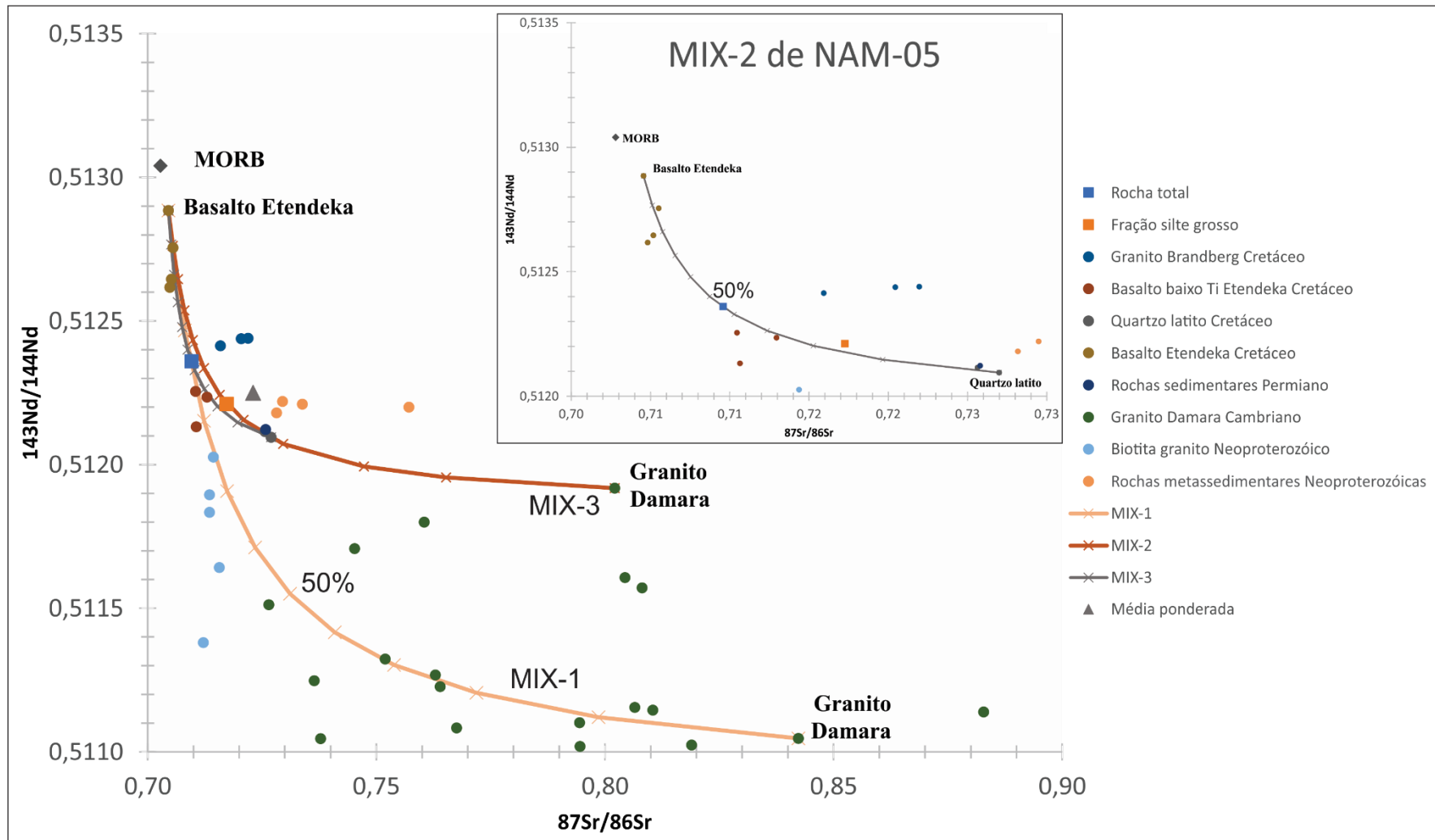
O MIX-3 mostra a curva de mistura do basalto Etendeka de alto Ti com um ponto do granito Damara mais juvenil em relação ao MIX-1, com contribuição de aproximadamente 48% e 52%, respectivamente, para a fração silte grosso

Essa curva de mistura mostra ainda contribuições para a fração fina passando por pontos do quartzo latito Etendeka e da unidade de rochas sedimentares Karoo sugerindo misturas mais diversificadas das unidades litoestratigráficas da bacia. Os valores de 36 ppm de Sr e 38 ppm de Nd da literatura de B no MIX-3 foram alterados em relação dos dados iniciais de Sr = 97 ppm e Nd = 8,5 ppm para melhor ajuste da curva de mistura.

De acordo com a posição geográfica da amostra, a petrografia mostra uma predominância de litoclastos de basalto e alguns poucos grãos de pórfiros de quartzo angulosos (provavelmente oriundos do quartzo latito). A composição química mostra altos teores de Fe₂O₃ (T), MnO, MgO, CaO e TiO₂, sugerindo contribuição de rochas máficas (basalto Etendeka) com baixo K₂O e Na₂O.

O MIX-2 é o modelo mais adequado para a interpretação da curva que contém a composição da rocha total, sugerindo maior contribuição das rochas próximas à amostragem: os basaltos Etendeka de alto Ti (55%) e os quartzos latíticos Etendeka (45%). A média ponderada entre o quartzo latítico e o basalto de alto Ti da literatura com os percentuais do MIX-2 corroboram o ϵ (Nd) medido: $[(55\% \text{ de } -10,4) + (45\% \text{ de } 1,7)]/100 = -5,0$ bem próximo do valor medido em rocha total (-5,4) com diferença de 8% entre os valores. Para o valor da razão de Sr, tem-se: $[(55\% \text{ de } 0,7263 + 45\% \text{ de } (0,7050))]/100 = 0,7167$ (ϵ (Sr) = 174) não representando o valor medido (0,7096, ϵ (Sr) = 72) com diferença de 142%. A grande diferença entre os valores de ϵ (Sr), pode indicar possibilidades alternativas que serão discutidas no capítulo 6.

Figura 56 - Modelagem isotópica da amostra NAM-05 com as curvas de mistura MIX-1, MIX-2 e MIX-3.



Fonte: A autora, 2018.

6.2.2 Modelagem isotópica da amostra NA-009B

O diagrama de mistura isotópica da amostra NA-009B ilustra 4 possibilidades de misturas, denominadas de MIX-1 a MIX-4 (Tabela 13 e Figura 57).

Tabela 14 - Valores de concentrações e razões isotópicas para os “end members” dos modelos adotados de mistura de dois componentes (A e B) da amostra NA-009B.

<i>end members</i>	MIX-1		MIX-2	
	A	B	A	B
Unidade litoestratigráfica	Gabro Messum	Granito Messum (hipotético)	Basalto Etendeka alto Ti	Quartzo latito Etendeka
Sr (ppm)	212	20	416	100
$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	0,7043	0,7267	0,7046	0,7220
Nd (ppm)	20	66	29	46
$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	0,5128	0,5124	0,5129	0,5121
Proveniência em rocha total (%)	20	80		
Proveniência em silte grosso (%)			25	75

<i>end members</i>	MIX-3		MIX-4	
	A	B	A	B
Unidade litoestratigráfica	Gabro Messum	Quartzo latito Etendeka	Sienito Messum	Granito Messum (hipotético)
Sr (ppm)	220	70	164	20
$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	0,7043	0,7256	0,7113	0,7267
Nd (ppm)	20	44	61	66
$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	0,5128	0,5121	0,5127	0,5123
Proveniência em rocha total (%)			40	60
Proveniência em silte grosso (%)	27	73		

Fonte: A autora, 2018.

O MIX-1 apresenta uma mistura entre um ponto do gabro Messum e um ponto hipotético de um granito Messum passando pela composição rocha total medida no sedimento com uma proveniência de aproximadamente 20% e 80%, respectivamente. O valor de 20 ppm

de Sr da literatura de B no MIX-1 foi alterado em relação ao dado inicial de Sr = 156 ppm, para melhor ajuste da curva de mistura.

O MIX-2 considera a mistura de um ponto do basalto Etendeka de alto Ti como e um ponto do quartzo latito Etendeka passando pela composição da fração silte grosso, com uma proveniência de aproximadamente 25% e 75%, respectivamente. O valor de 100 ppm de Sr da literatura de B no MIX-2 foi alterado em relação ao dado inicial de Sr = 156 ppm, para melhor ajuste da curva de mistura.

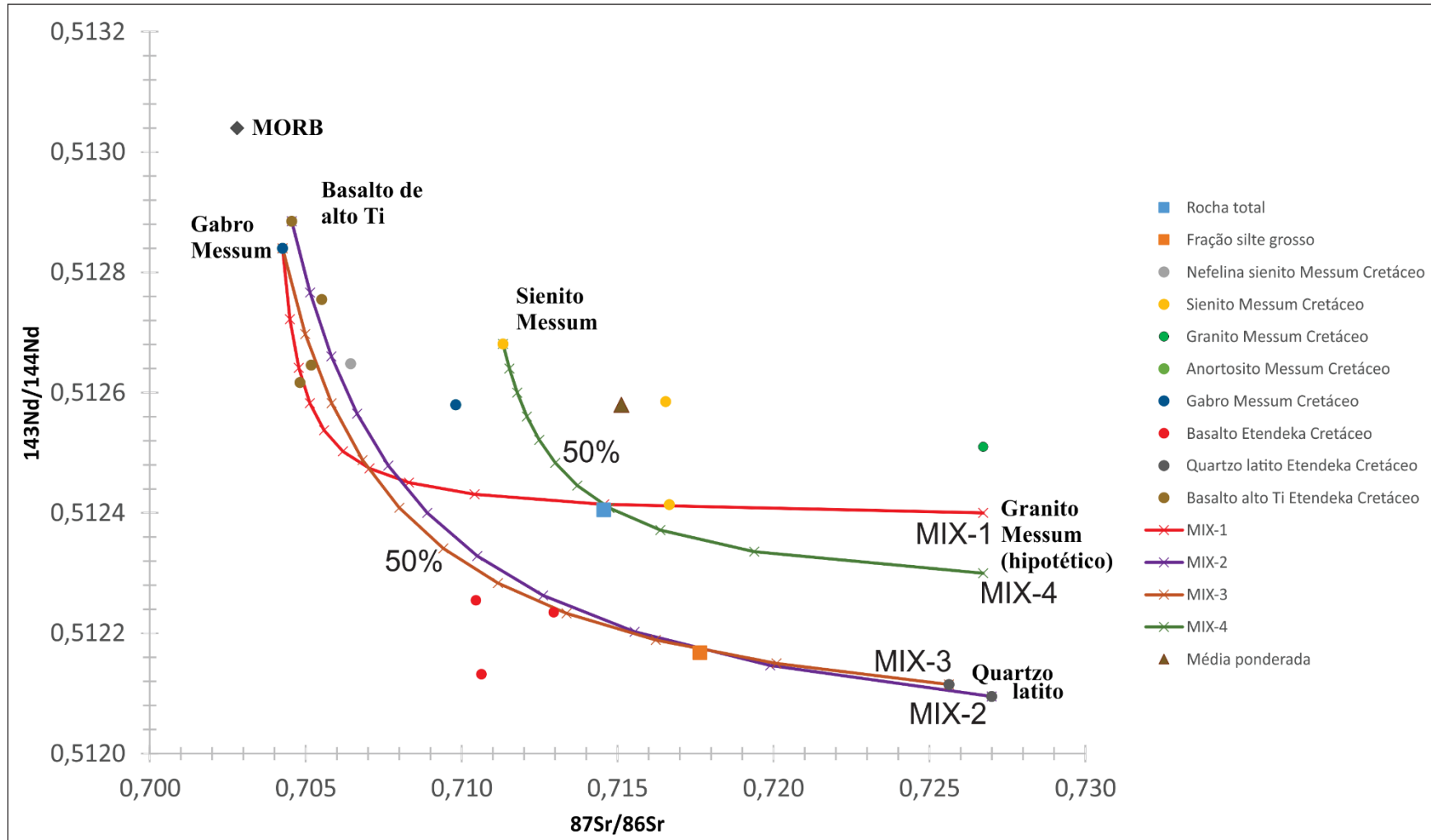
O MIX-3 é uma mistura entre um ponto gabro Messum e um ponto do quartzo latito Etendeka com uma proveniência da fração silte grosso de aproximadamente 27% e 73%, respectivamente. Essa curva de mistura também intercepta um ponto da composição dos basaltos de alto Ti Etendeka e dos basaltos baixo Ti da literatura, sugerindo que a fração silte grosso pode ter a mistura de quatro componentes. O valor de 220 ppm de Sr da literatura de A no MIX-3 foi alterado em relação ao dado inicial de Sr = 153 ppm, para melhor ajuste da curva de mistura.

O MIX-4 apresenta uma mistura do ponto do sienito Messum e um ponto hipotético de um granito Messum mostrando uma proveniência do sedimento de rocha total de aproximadamente de 40% e 60%, respectivamente. O valor de 20 ppm de Sr da literatura de B no MIX-4 foi alterado em relação ao dado inicial de Sr = 153 ppm, para melhor ajuste da curva de mistura.

O modelo mais razoável que representa a situação geológica e geográfica da bacia que contém a amostra NA-009B é o MIX-4. Segundo a petrografia, não há vestígios de fragmentos basálticos e gabróicos na lâmina e os grãos de quartzo apresentam-se angulosos a sub-angulosos indicando fonte próxima. A composição mineralógica por DRX mostra a menor quantidade de quartzo entre todas as amostras, que pode indicar fonte do sienito e a presença de magnetita possivelmente trazidas pelo granito. A composição química da NA-009B (RT) mostra altos teores de SiO₂, K₂O, TiO₂, Fe₂O₃(T) e MnO e baixo MgO, CaO, Na₂O, Al₂O₃ e P₂O₅, sugerindo predominância de fonte félsica. Apresenta altos teores de Hf e Zr evidenciando uma provável fonte granítica ou alcalina. A média ponderada entre o sienito e o granito da literatura com os percentuais do MIX-4 é: $[(40\% \text{ de } -1,5) + (60\% \text{ de } -2,5)]/100 = -2,1$ que não representa o valor de ϵ (Nd) medido (-4,5) com diferença de 114% entre os valores. Para Sr, temos: $[(40\% \text{ de } 0,7148) + (60\% \text{ de } 0,7267)] = 0,7220$ (ϵ (Sr) = 248) que também não representa o valor medido da rocha total de 0,7146, ϵ (Sr) = 143 com diferença de 42%.

O MIX-3 representa um modelo aceitável para a composição da fração silte grosso, pois contempla unidades geograficamente distantes do ponto de coleta (gabros, basaltos de alto Ti, basaltos de baixo Ti e quartzos latíticos) misturando-se com os sedimentos finos, porém os valores isotópicos de ϵ (Nd) medidos na fração silte grosso (-9,2) não representam valores próximos da média ponderada da literatura (-1,1) que indica uma contribuição de mais uma fonte de caráter crustal na composição da amostra.

Figura 57 -. Modelagem isotópica da amostra NA-009B com as curvas de mistura MIX-1, MIX-2, MIX-3 e MIX-4.



Fonte: A autora, 2018.

6.2.3 Modelagem isotópica da amostra NAM-23

O diagrama de mistura isotópica da amostra NAM-23 apresenta 3 possibilidades de misturas, denominadas: MIX-1, MIX-2 e MIX-3 (Tabela 14 e Figura 58).

Tabela 15 - Valores de concentrações e razões isotópicas para os “*end members*” dos modelos adotados de mistura de dois componentes (A e B) da amostra NAM-23.

	MIX-1		MIX-2		MIX-3	
<i>end members</i>	A	B	A	B	A	B
Unidade lito-estratigráfica	Basalto Etendeka alto Ti	Rochas metassedimentares	Basalto alto Ti Etendeka	Granito Damara	Basalto Etendeka alto Ti	Granito Damara
Sr ppm	416	20	416	42	416	100
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr	0,7046	0,8981	0,7046	0,8828	0,7046	0,8423
Nd ppm	29	22	29	34	29	65
¹⁴³ Nd/ ¹⁴⁴ Nd	0,5129	0,5115	0,5129	0,5111	0,5129	0,5110
Proveniência em rocha total (%)	38	62	60	40		
Proveniência em silte grosso (%)					62	38

Fonte: A autora, 2018.

O MIX-1 apresenta uma curva de mistura entre um ponto do basalto alto Ti Etendeka e um ponto da unidade de rochas metassedimentares Neoproterozóicas indicando uma proveniência da rocha total de aproximadamente 38% e 62%, respectivamente. O valor de 20 ppm de Sr da literatura de B no MIX-1 foi alterado em relação ao dado inicial de Sr = 30 ppm, para melhor ajuste da curva de mistura.

O MIX-2 é a mistura do ponto do basalto Etendeka de alto Ti e do granito Damara apresentando uma proveniência da rocha total de aproximadamente 60% e 40%, respectivamente. O valor de 20 ppm de Sr da literatura de B no MIX-2 foi alterado em relação ao dado inicial de Sr = 36 ppm, para melhor ajuste da curva de mistura.

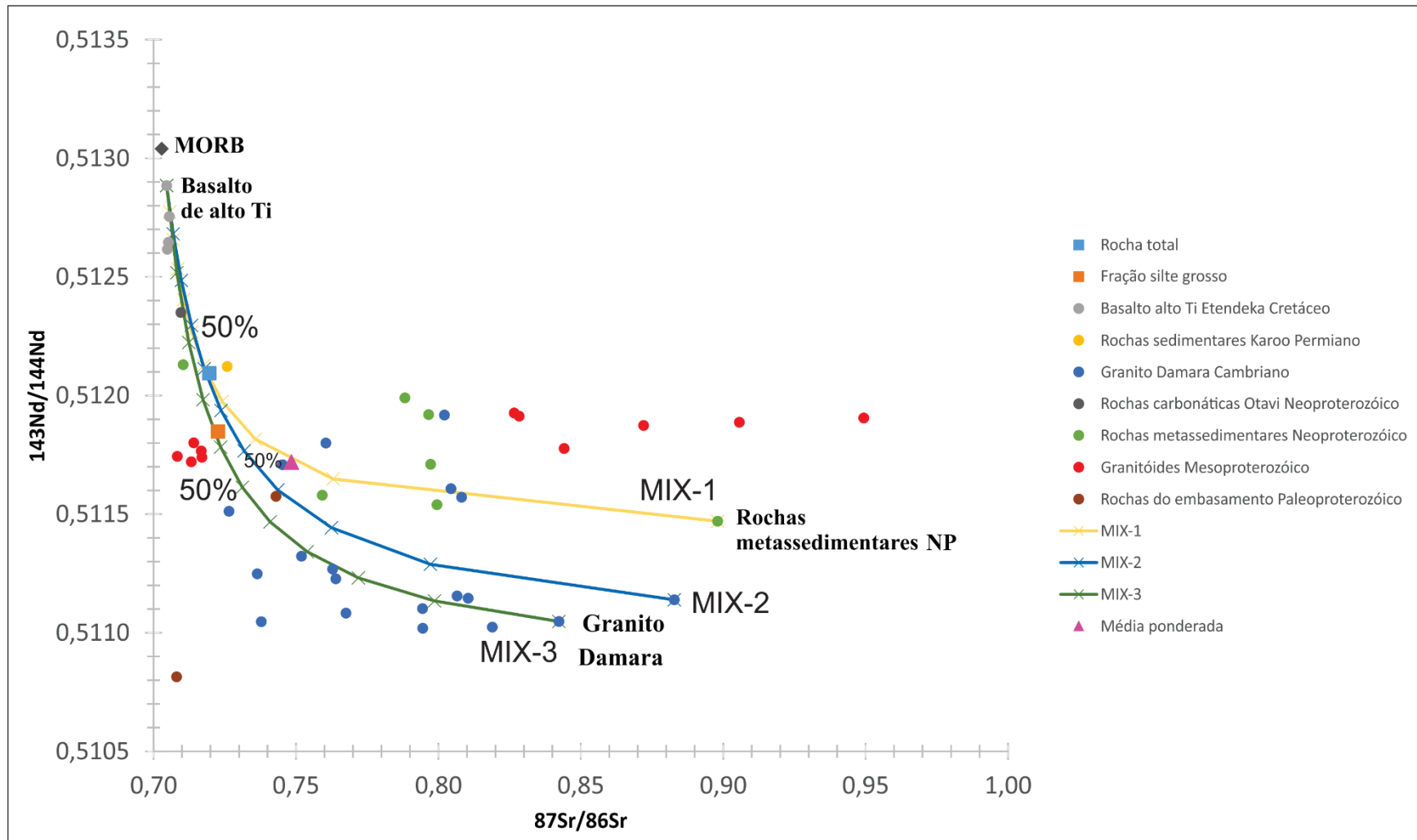
No MIX-3 a fração silte grosso é representada pela mistura de ~62% do basalto Etendeka de alto Ti e ~38% do granito Damara e uma contribuição de rochas carbonática do Grupo Otavi, evidenciando mistura de fontes mais distantes do ponto de amostragem. O valor de 65 ppm de Nd da literatura de B no MIX-3 foi alterado em relação ao dado inicial de Nd = 77 ppm, para melhor ajuste da curva de mistura. A litogeoquímica da fração silte grosso

apresenta alto teor de CaO e baixo K₂O, corroborando maior contribuição das rochas carbonáticas.

O MIX-1 apresenta o modelo isotópico mais plausível para a mistura para a rocha total, pois leva em consideração a petrografia que mostra a presença de litoclastos de basalto com cristais de olivina, grãos de quartzo arredondados, clastos de piroxênios e litoclastos de metassedimento. A composição química, que mostra elevados teores de Fe₂O₃ (T), MnO, MgO, CaO e TiO₂, Co e V e baixo Al₂O₃, Na₂O e K₂O, Hf, Rb e U indicando uma predominância de fontes máficas.

A média ponderada do ϵ (Nd) entre o basalto Etendeka de alto Ti e das rochas metassedimentar Neoproterozoicas calculadas utilizando-se os percentuais indicados pelo MIX-1 é: $[(38\% \text{ de } 1,7) + (62\% \text{ de } -17,1)]/100 = -10,0$ que está próximo do valor medido de ϵ (Nd) = -10,6 com uma diferença de apenas 6% entre os valores. Para Sr, temos: $[(38\% \text{ de } 0,7050) + (62\% \text{ de } 0,7927)] = 0,7594$ (ϵ (Sr) = 774), que não representa o valor medido em rocha total de 0,7196, ϵ (Sr) = 214, com diferença de 262% entre eles.

Figura 58 - Modelagem isotópica da amostra NAM-23 com as curvas de mistura MIX-1, MIX-2 e MIX-3.



Fonte: A autora, 2018.

6.2.4 Modelagem isotópica da amostra NAM-28

O diagrama de mistura isotópica da amostra NAM-28 ilustra 3 possibilidades de misturas, denominadas: MIX-1, MIX-2 e MIX-3 (Tabela 15 e Figura 59).

Tabela 16- Valores de concentrações e razões isotópicas para os “*end members*” dos modelos adotados de mistura de dois componentes (A e B) da amostra NAM-28.

<i>end members</i>	MIX-1		MIX-2		MIX-3	
	A	B	A	B	A	B
Unidade lito estratigráfica	Basalto alto Ti Etendeka	Granito Damara	Basalto alto Ti Etendeka	Rochas meta sedimentares NP	Granito Brandberg	Granito Damara
Sr ppm	416	97	416	50	250	36
$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	0,7046	0,8021	0,7046	0,8980	0,7220	0,8828
Nd ppm	29	45	29	28	69	34
$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	0,5129	0,5119	0,5129	0,5115	0,5124	0,5111
Proveniência em rocha total (%)	38	62			70	30
Proveniência em silte grosso (%)			48	52		

Fonte: A autora, 2018.

O MIX-1 é um modelo de mistura entre um ponto do basalto Etendeka de alto Ti e um ponto do granito Damara com uma proveniência de aproximadamente de 38% e 62%, respectivamente, para a rocha total. O valor de 45 ppm de Nd da literatura de B no MIX-1 foi alterado em relação ao dado inicial de Nd = 8,5 ppm, para melhor ajuste da curva de mistura.

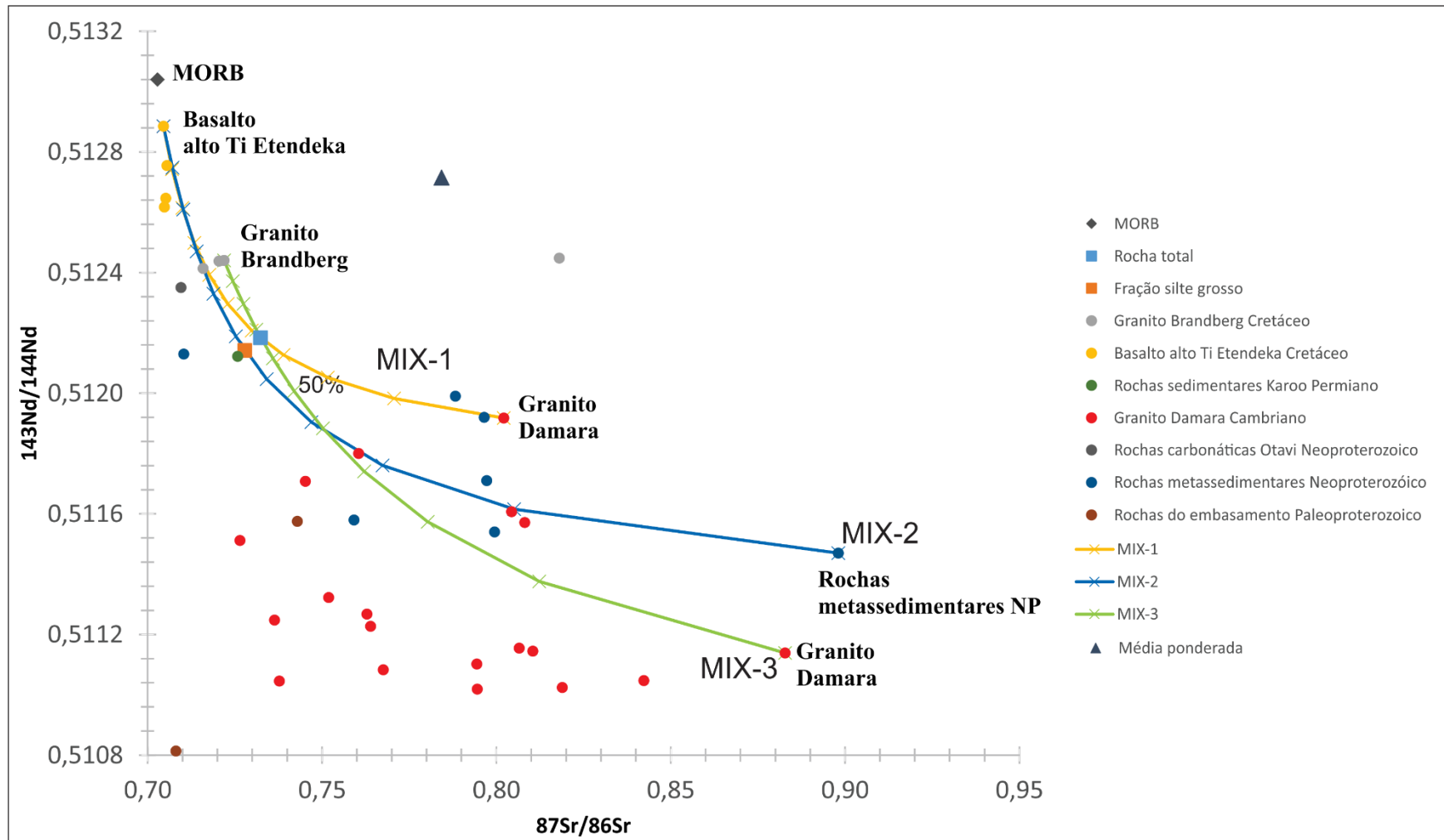
No MIX-2, a proveniência da fração silte grosso é representada pela mistura do basalto Etendeka de alto Ti com proveniência aproximada de 48% e 52% das rochas metassedimentares Neoproterozoicas. Há uns pontos de contribuição na curva de mistura das unidades: rochas carbonáticas do Grupo Otavi, granito Brandberg, rochas sedimentares da Sequência Karoo e granitos Damara) evidenciando mistura de fontes mais distantes do ponto de amostragem. Os valores de 50 ppm de Sr e 28 ppm de Nd da literatura de B no MIX-2 foram alterados em relação dos dados iniciais de Sr = 30 ppm e Nd = 22 ppm para melhor ajuste da curva de mistura.

O MIX-3 apresenta uma mistura entre um ponto do granito Brandberg e granito Damara com uma proveniência de aproximadamente 70% e 30%, respectivamente, para a

rocha total. O valor de 36 ppm de Sr da literatura de B no MIX-3 foi alterado em relação ao dado inicial de Sr = 108 ppm, para melhor ajuste da curva de mistura. A petrografia apresenta cristaloclastos de quartzo angulosos a sub-angulosos e biotita, microclina e plagioclásio e ausência de litoclastos de basalto. A geoquímica revela baixos teores de Fe₂O₃ (T), MnO, MgO e CaO e alto teor de K₂O. Com isso, o MIX-1 torna-se uma mistura improvável, já que o basalto não parece ser uma fonte.

O MIX-3 torna-se o modelo de mistura isotópica mais aceitável para a proveniência da rocha total levando em consideração as sustentações da petrografia e geoquímica. A média ponderada entre o granito Brandberg (70%) e o granito Damara (30%) da literatura com os percentuais do MIX-3 corroboram para o ϵ (Nd) medido: $[(70\% \text{ de } -4,0) + (30\% \text{ de } -25,9)]/100 = -10,6$ próximo do valor medido (-8,9) com diferença de 19% entre os valores. Para os valores de Sr temos: $[(70\% \text{ de } 0,7441) + (30\% \text{ de } 0,7851)]/100 = 0,7564$ (ϵ (Sr) = 737), distante do valor medido de 0,7323, ϵ (Sr) = 395 com diferença entre os valores de 87%.

Figura 59 - Modelagem isotópica da amostra NAM-28 com as curvas de mistura MIX-1, MIX-2 e MIX-3.



Fonte: A autora, 2018.

6.2.5 Modelagem isotópica da amostra NA-104

O diagrama de mistura isotópica da amostra NA-104 apresenta 3 possibilidades de misturas, denominadas: MIX-1, MIX-2 e MIX-3 (Tabela 16 e Figura 60).

Tabela 17 - Valores de concentrações e razões isotópicas para os “end members” dos modelos adotados de mistura de dois componentes (A e B) da amostra NA-104

	MIX-1		MIX-2	
<i>end members</i>	A	B	A	B
Unidade Litoestratigráfica	Anortosito olivina	Rochas do embasamento PP	Anortosito olivina	Rochas metassedimentares NP
Sr ppm	350	857	450	200
$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	0,7043	0,7430	0,7043	0,8980
Nd ppm	3	20	3	22
$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	0,5121	0,5116	0,5121	0,5115
Proveniência em rocha total (%)	85	15		
Proveniência em silte grosso (%)			90	10

Fonte: A autora, 2018.

O MIX-1 é uma mistura entre um ponto do anortosito olivina e de rochas do embasamento Paleoproterozoico, mostrando uma proveniência de aproximadamente 85% e 15%, respectivamente para a rocha total. Os valores de 350 ppm de Sr e 3 ppm de Nd da literatura de A no MIX-1 foram alterados em relação dos dados iniciais de Sr = 195 ppm e Nd = 31 ppm para melhor ajuste da curva de mistura.

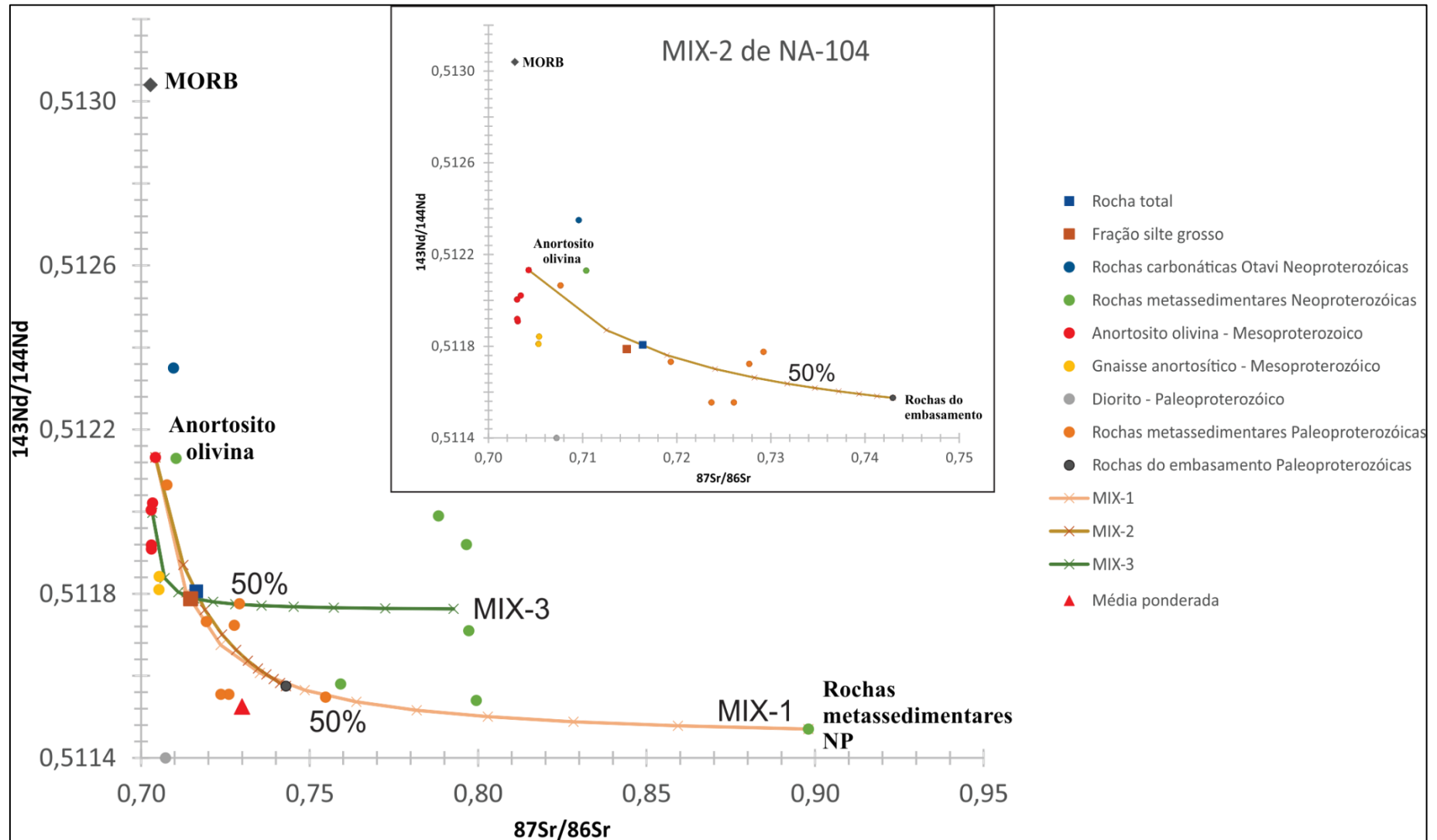
O MIX-2 considera com um ponto do anortosito olivina Mesoproterozoico e um ponto das rochas metassedimentares Neoproterozóica como proveniência de aproximadamente 90% e 10%, respectivamente, para a fração silte grosso, passando por pontos das rochas do embasamento Paleoproterozoico e de rochas metassedimentares Paleoproterozóicas, sugerindo mistura unidades bacia geograficamente distantes do ponto amostrado. Os valores de 200 ppm de Sr e 22 ppm de Nd da literatura de B no MIX-2 foram alterados em relação dos dados iniciais de Sr = 30 ppm e Nd = 22 ppm para melhor ajuste da curva de mistura.

O MIX-1 é um sugere uma mistura mais plausível para a interpretação da rocha total indicando mistura de contribuição das unidades próximas: anortosito olivina e de rochas do embasamento Paleoproterozoico. Isto é corroborado pela petrografia, que apresenta litoclastos do embasamento com cristais de zoisita/clinozoisita, cristais de hornblenda e aglomerado de

plagioclásio (indicando fonte anortosítica). A litogeoquímica apresenta alto teor de $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{T})$, MnO , MgO , CaO e TiO_2 e baixo teor de Al_2O_3 , Na_2O e K_2O indicando predominância de fontes máficas e a composição mineralógica por DRX revela alto percentual de plagioclásio e hornblenda.

A média ponderada entre o anortosito (85%) e as rochas embasamento Paleoproterozoico (15%) com os percentuais do MIX-1 corroboram para o ϵ (Nd) medido para a rocha total: $[(85\% \text{ de } -12,5) + (15\% \text{ de } -25,5)]/100 = -14,5$ próximo do valor medido (-16,2) com diferença de 12% entre os valores. Pela curva de mistura, nota-se uma leve contribuição da unidade metassedimentar Paleoproterozoica com ϵ (Nd) = -18,1 que pode estar contribuindo para o ϵ (Nd) medido na rocha total mais crustal. Para o valor de Sr temos: $[(85\% \text{ de } 0,7034) + (15\% \text{ de } 0,7255)]/100 = 0,7067$ (ϵ (Sr)=31) diferente da razão medida (0,7164, ϵ (Sr)=169) com diferença de 445% entre os valores.

Figura 60 - Modelagem isotópica da amostra NA-104 com as curvas de mistura MIX-1 e MIX-2.



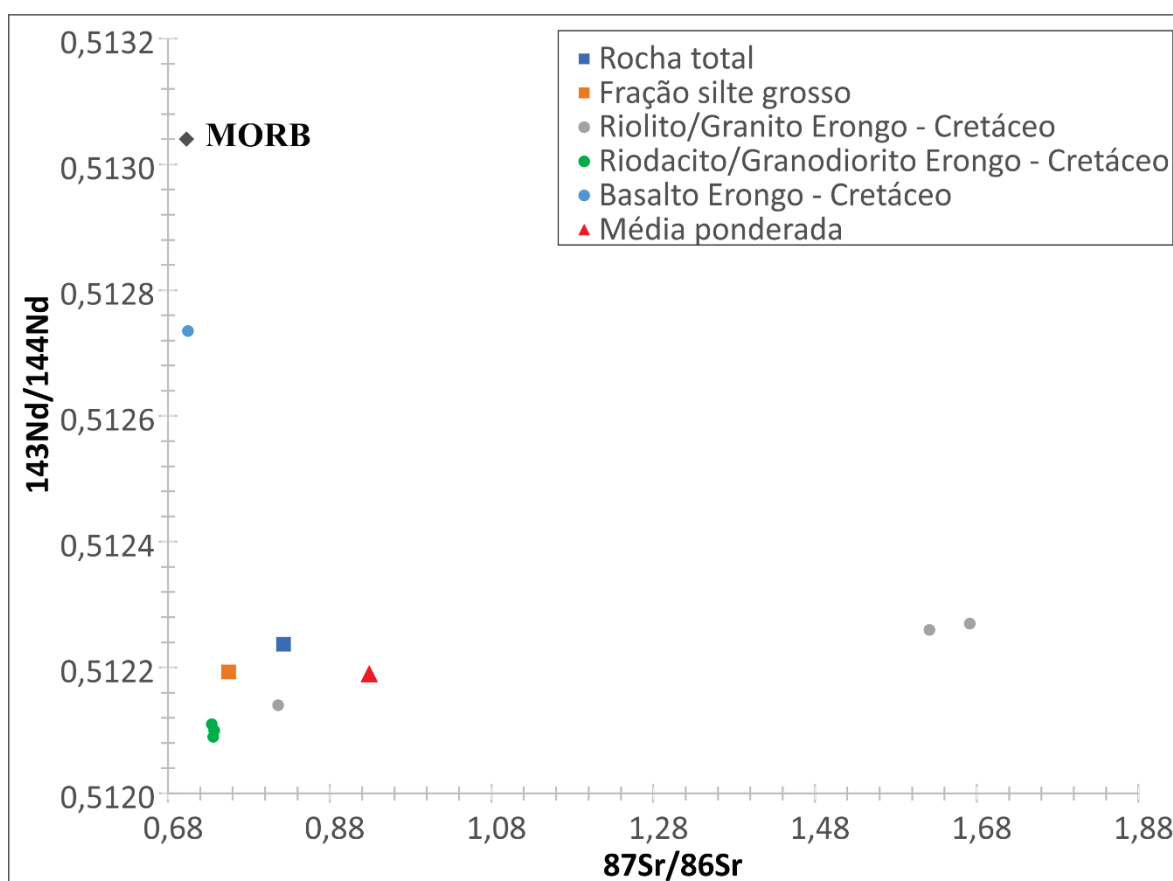
Fonte: A autora, 2018.

6.2.6 Modelagem isotópica das amostras NA-108 e NA-112

A amostra NA-108 não exibiu comportamento de mistura (Figura 61). Como mostrado no capítulo 5, item 5.1.6, o sedimento de rocha total reflete a geologia pontual.

A petrografia apresenta cristaloclastos angulosos de quartzo, feldspatos alterados, litoclastos de riolito e ausência de litoclastos de basalto. A geoquímica mostra teores baixos de Fe_2O_3 (T), MnO, MgO, CaO, Na_2O , Al_2O_3 , TiO_2 e P_2O_5 , e alto teor de K_2O e a composição mineralógica indicado por DRX apresenta alto percentual de quartzo e K-feldspato representando a unidade riolito Erongo.

Figura 61 - A amostra NA-108 sem as curvas de mistura de modelagem isotópica.



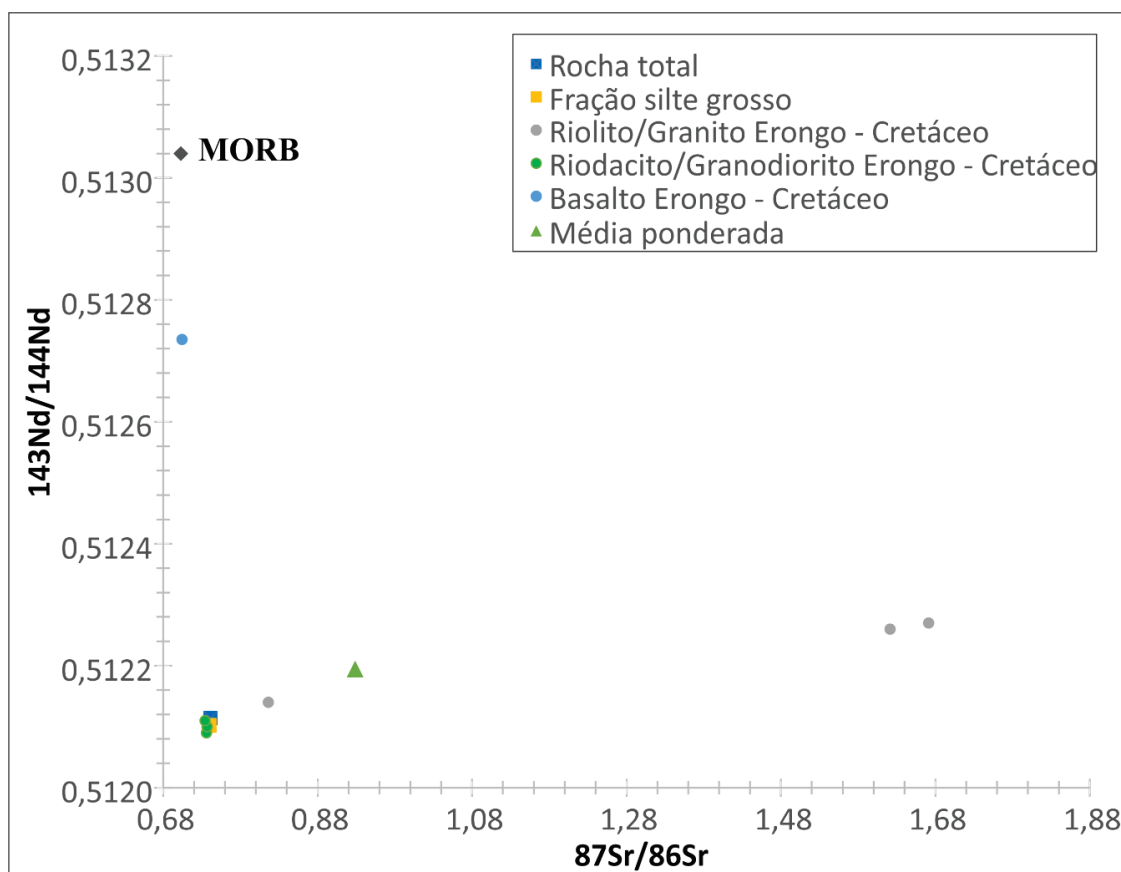
Fonte: A autora, 2018.

A amostra NA-112 também não exibiu comportamento de mistura (Figura 62) como é mostrado no capítulo 5, item 5.1.7, indicando que o sedimento de rocha total reflete a geologia pontual.

A petrografia apresenta pórfiros de tufos vulcânicos, cristaloclastos de quartzo vulcânico com embaiamento magmático. A geoquímica revela alto teor de K_2O , TiO_2 e P_2O_5 e

baixos teores de Fe_2O_3 (T), MnO , MgO , CaO , Na_2O e Al_2O_3 indicando predominância de fonte félsica. A composição mineralógica por DRX apresenta alto percentual de quartzo e K-feldspato sugerindo que a possível fonte pode ser a unidade riodacito/granodiorito Erongo feita no ponto de coleta e não mostra fracionamento significativo entre as frações analisadas.

Figura 62 - A amostra NA-112 sem as curvas de mistura de modelagem isotópica.



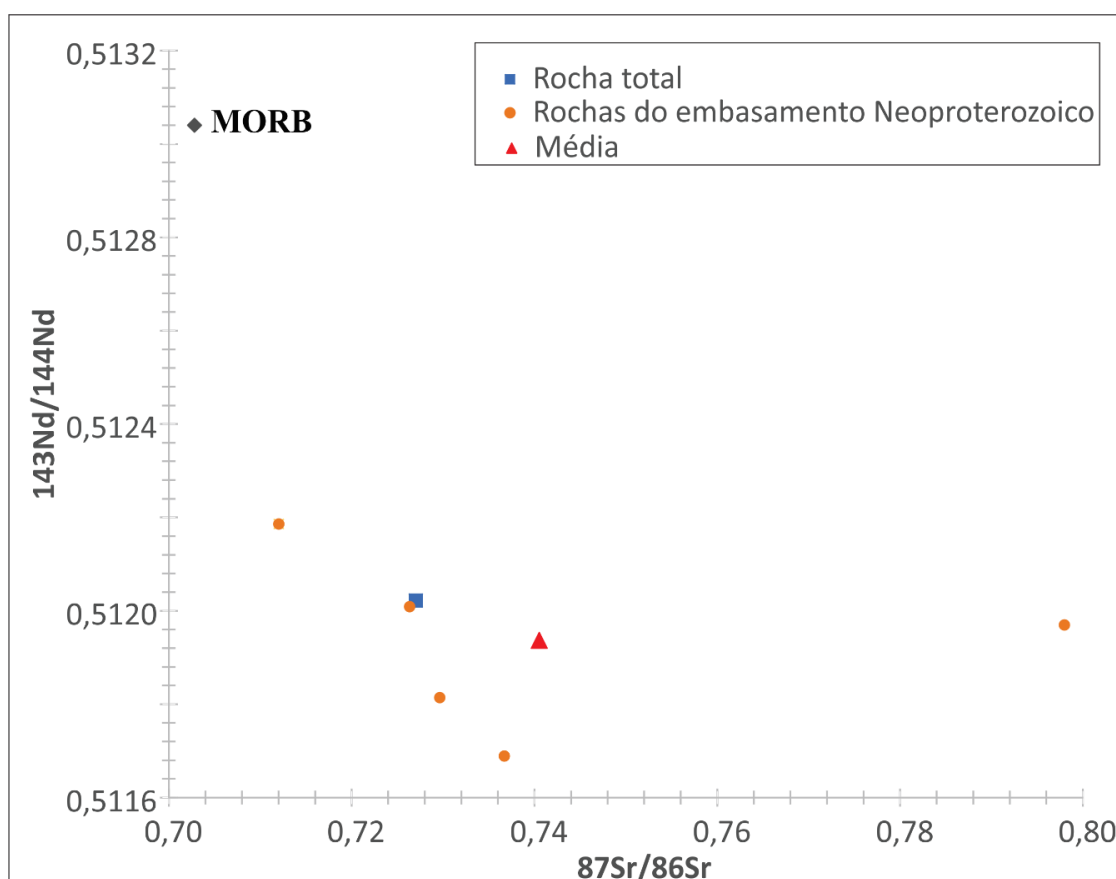
Fonte: A autora, 2018.

6.2.7 Modelagem isotópica das amostras NA-071 e NA043

As amostras NA-071 e NA-043 não exibiram comportamento de mistura (Figura 63 e 64) por ter apenas um componente litológico. A bacia da amostra NA-071 e o local da amostra NA-043 apresentam uma única unidade litoestratigráfica: rochas do embasamento Neoproterozoico. A petrografia da NA-043 apresenta litoclastos de rochas do embasamento e cristaloclastos de quartzo, hornblenda e biotita com grãos angulosos a sub-angulosos indicando fonte próxima e influência da rocha adjacente. A composição mineralógica da

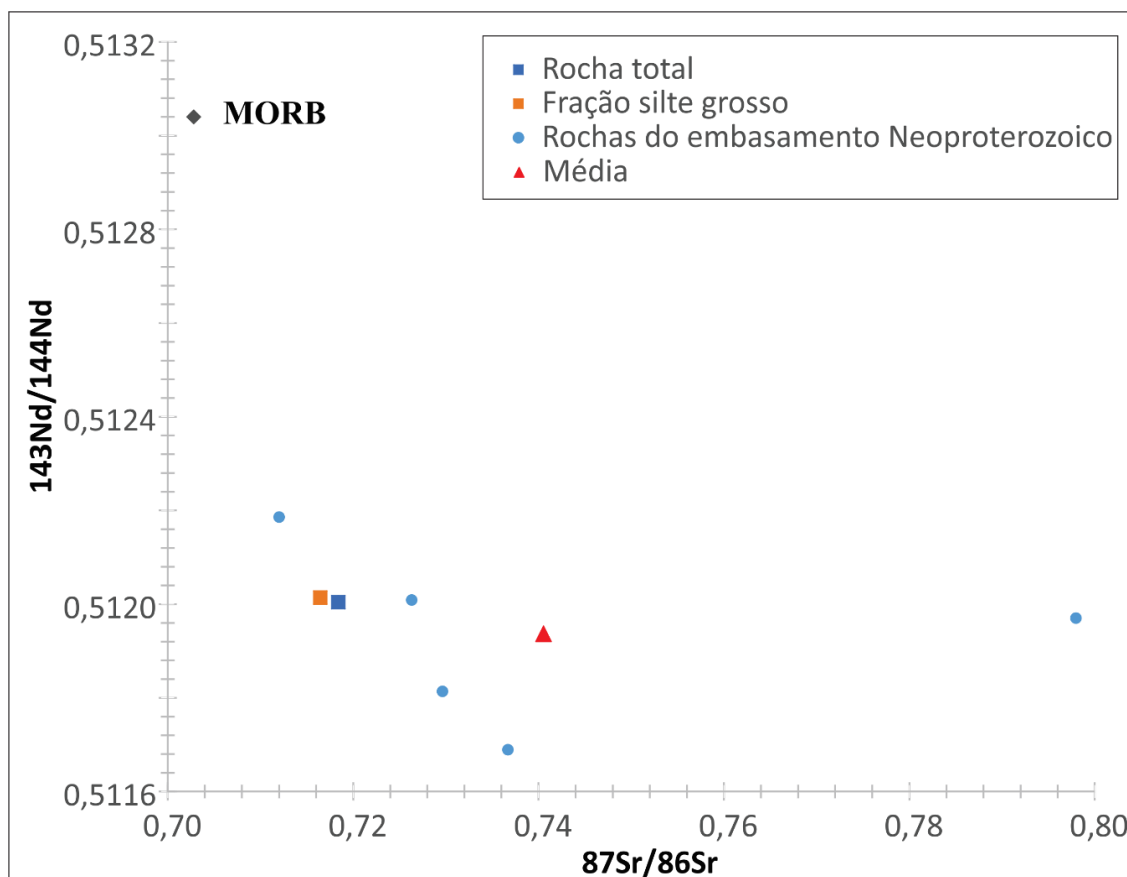
amostra NA-043 é basicamente composta de quartzo, K-feldspato e plagioclásio, hornblenda, e a amostra NA-071 é essencialmente quartzo (71%), K-feldspato e plagioclásio. A relação entre a fração silte grosso e rocha total da amostra NA-043 é possível observar diminuição dos minerais como quartzo, K-feldspato, plagioclásio, hornblenda, dolomita e caulinita. A composição química da rocha total em relação à Crosta Continental Superior (CCS) da amostra NA-043 apresenta altos teores de Fe_2O_3 , MnO , MgO , CaO , e Ti_2O indicando influência de minerais máficos enquanto a amostra NA-071 possui baixos teores desses elementos maiores incluindo Na_2O e K_2O .

Figura 63 - A amostra NA-071 sem as curvas de mistura de modelagem isotópica.



Fonte: A autora, 2018.

Figura 64 - A amostra NA-043 sem as curvas de mistura de modelagem isotópica.



Fonte: A autora, 2018.

6.3 Integração dos dados petrográficos, mineralógicos e geoquímicos da rocha total e fração silte grosso a com a modelagem isotópica

A amostra NAM-05 localiza-se na Faixa Damara próximo as vulcânicas Etendeka e a coleta foi realizada no leito de rio seco (*wadi*) próximo as unidades litoestratigráficas do mapa 1: 250 000, Basalto Etendeka de alto Ti e quartzo latito Etendeka. Quanto à análise granulométrica, a amostra NAM-05 possui caráter bimodal com 26% de predominância de areia grossa e 12% em areia fina/muito fina e seu percentual de silte + argila é de 2,0%. A petrografia da fração grossa mostra litoclastos de basalto e cristaloclastos de quartzo e K-feldspato com grãos angulosos a sub-angulosos indicando fonte próxima e possível influência do quartzo latito. A composição mineralógica revela presença de talco, que pode estar associado à alteração da rocha básica adjacente. Sobre a relação entre a fração silte grosso e rocha total, é possível observar diminuição de minerais como quartzo, plagioclásio, K-feldspato, muscovita, minerais secundários e carbonatos e aumento de hornblenda, biotita,

argilominerais e óxidos de ferro. A composição química da rocha total em relação à Crosta Continental Superior (CCS) apresenta altos teores de Fe_2O_3 , MnO , MgO , CaO , Ti_2O , P_2O_5 , V , Cr , Co e Ni indicando influência de minerais máficos. A composição química da fração fina em relação à PAAS apresenta aumento dos mesmos elementos incluindo o Na_2O e para os elementos traços há aumento de Hf , Zr e Th . Em relação à diferença entre rocha total e fração silte grosso, há um claro fracionamento na maioria dos elementos maiores, traços e todos os elementos terras raras (exceto o Tb). A composição isotópica da rocha total se distingue das frações finas e representam a assinatura do terreno geológico próximo (vulcânicas Etendeka) com valor de ϵ (Nd) e razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ da rocha total mais juvenis do que as frações finas. A média ponderada de ϵ (Nd) e da razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ calculada a partir de dados da literatura na modelagem de bacias, não corresponde ao valor medido em rocha total e silte grosso. A mistura isotópica de dois componentes representa uma mistura com 55% do basalto de alto Ti e 45% do quartzo latito Etendeka no sedimento rocha total com uma diferença de ϵ (Nd) de 8%. A curva de mistura que possui o ponto da fração silte grosso indica mistura de 4 fontes: Basalto Etendeka de alto Ti, Granito Damara, Quartzo latito Etendeka e Rochas sedimentares Karoo.

A amostra NA-009B também se localiza na Faixa Damara, no Complexo Damaraland Messum, e a coleta foi realizada em um depósito de encosta próxima as unidades litoestratigráficas sienito e granito Messum do mapa 1: 250 000. A análise granulométrica mostra uma predominância de areia muito fina (28%) e o percentual de silte + argila de 4,2%. A petrografia apresenta litoclastos de rocha félsica vulcânica e cristaloclastos de quartzo, K-feldspato e plagioclásio com grãos sub-angulosos indicando fonte próxima e influência do granito. A composição mineralógica mostra bem marcante de minerais de associação de rocha félsica, quartzo, K-feldspato e plagioclásio e a presença de hornblenda (possivelmente do sienito). A relação entre a fração silte grosso e rocha total, é possível observar diminuição de minerais como quartzo, plagioclásio, K-feldspato e magnetita e o aumento de hornblenda, biotita, muscovita, minerais secundários, carbonatos e os argilominerais. A composição química da rocha total em relação à Crosta Continental Superior (CCS) apresenta um leve enriquecimento em Fe_2O_3 , Ti_2O , V , Cr , Co e Ni indicando influência de minerais máficos. A composição química da fração fina em relação à PAAS apresenta aumento de Fe_2O_3 , MnO , MgO , CaO e Ti_2O e para os elementos traços há aumento de Hf , Zr e Th . Em relação à diferença entre rocha total e fração silte grosso, há um claro fracionamento da maioria dos elementos maiores, traços e todos os elementos terras raras. A composição isotópica da rocha

total se distingue das frações finas e representam a assinatura dos terrenos geológicos próximos (Complexo Damaraland Messum e vulcânicas Etendeka) e com ϵ (Nd) e razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ da rocha total mais juvenis do que as frações finas. A média ponderada de ϵ (Nd) e da razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ calculada a partir de dados da literatura na modelagem de bacias, não corresponde ao valor medido em rocha total e silte grosso. A curva de mistura isotópica de dois componentes com 55% do sienito Messum e 45% do granito Messum (ponto hipotético) não representa a rocha total com uma diferença de ϵ (Nd) de 114%. A curva de mistura que possui o ponto da fração silte grosso indica mistura de 5 fontes: Basalto de alto Ti Etendeka, Basalto de baixo Ti Etendeka, Granito Messum, Gabro Messum e Quartzito latito.

A amostra NAM-23, localizada na Faixa Damara, próxima a vulcânicas Etendeka, foi coletada em um *wadi* na unidade litoestratigráfica de rochas sedimentares Karoo do mapa 1: 1 000 000. A análise granulométrica mostra uma predominância de areia fina (36%) e o percentual de silte + argila de 2,3%. A petrografia apresenta litoclastos de basalto e xisto e cristaloclastos de quartzo arredondado (possivelmente do arenito análogo ao Botucatu) e piroxênio com grãos sub-arredondados indicando fonte mais distante com influência do basalto e da rocha metassedimentar Neoproterozoica. A composição mineralógica mostra a presença de quartzo, K-feldspato e plagioclásio, hornblenda e muscovita. A relação entre a fração silte grosso e rocha total, é possível observar diminuição de minerais como quartzo, K-feldspato, muscovita, calcita e clorita e o aumento de plagioclásio, hornblenda, biotita, dolomita e illita. A composição química da rocha total em relação à Crosta Continental Superior (CCS) apresenta altos teores de Fe_2O_3 , MnO, MgO, CaO, Ti_2O , V, Cr, Co e Ni indicando influência de minerais máficos (possivelmente oriundo do basalto). A composição química da fração fina em relação à PAAS da amostra NAM-23 é a mais enriquecida em MgO e CaO (a mineralogia mostra aumento de dolomita) e para os elementos traços há aumento de Hf, Zr, U e Th. Em relação à diferença entre rocha total e fração silte grosso, há um claro fracionamento da maioria dos elementos maiores, traços e todos os elementos terras raras (exceto Tb). A composição isotópica da rocha total se distingue das frações finas e representam a provável mistura da assinatura dos terrenos geológicos próximos (vulcânicas Etendeka e Complexo Swakop) e com ϵ (Nd) e razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ da rocha total mais juvenis do que as frações finas. A média ponderada de ϵ (Nd) e da razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ calculada a partir de dados da literatura na modelagem de bacias, não corresponde ao valor medido em rocha total e silte grosso. A curva de mistura isotópica de dois componentes com 38% do basalto alto Ti Etendeka e 62% das rochas metassedimentares que representa o sedimento rocha total com

uma diferença de ϵ (Nd) de 6%. A curva de mistura que possui o ponto da fração silte grosso indica mistura de 4 fontes: Basalto de alto Ti Etendeka, Granito Damara, Rochas carbonáticas Otavi e rochas metassedimentares do Neoproterozoico.

A coleta da amostra NAM-28, localizada na Faixa Damara, foi realizada em um *wadi* na unidade litoestratigráfica granito Damara Cambriano do mapa 1: 1 000 000. A análise granulométrica mostra uma predominância de areia muito fina (32%) e o percentual de silte + argila de 11,1%. A petrografia apresenta cristaloclastos de quartzo, K-feldspato e plagioclásio com grãos angulosos a sub-angulosos indicando proximidade da fonte. A composição mineralógica mostra a presença marcante de quartzo, K-feldspato e plagioclásio, biotita e muscovita com presença de hornblenda. A relação entre a fração silte grosso e rocha total, é possível observar diminuição de minerais como quartzo, K-feldspato e plagioclásio e o aumento de muscovita, biotita, hornblenda, carbonatos, minerais secundários, argilominerais e óxidos de ferro. A composição química da rocha total em relação à Crosta Continental Superior (CCS) apresenta baixos teores de Fe_2O_3 , MnO , MgO , CaO , Na_2O e Ti_2O e alto teor de K_2O e P_2O_5 indicando influência de minerais félsicos (possivelmente oriundo de granito). A composição química da fração fina em relação à PAAS da amostra NAM-28 enriquece em CaO e Na_2O para os elementos traços há aumento de Hf, Zr, U e Th. Em relação à diferença entre rocha total e fração silte grosso, há um claro fracionamento da maioria dos elementos maiores, traços e todos os elementos terras raras. A composição isotópica da rocha total se distingue das frações finas e representam a assinatura dos terrenos geológicos próximos (granito Damara e do Complexo Damaraland Brandberg), com razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ da rocha total mais crustal do que as frações finas. A média ponderada de ϵ (Nd) e da razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ calculada a partir de dados da literatura na modelagem de bacias, não corresponde ao valor medido em rocha total e silte grosso. A curva de mistura isotópica de dois componentes com 70% do granito Brandberg e 30% do granito Damara representa o sedimento rocha total com uma diferença de ϵ (Nd) de 19%. A curva de mistura que possui o ponto da fração silte grosso indica mistura de 6 fontes: Basalto Etendeka, Granito Brandberg, Granito Damara, Rochas carbonáticas do Grupo Otavi, rochas metassedimentares do Neoproterozoico e Rochas sedimentares Karoo.

A amostragem de NA-104, localizada no embasamento Arqueano/Paleoproterozoico (Cráton Congo-Angola), foi realizada em um *wadi* na unidade litoestratigráfica de rochas do embasamento Paleoproterozoico do mapa 1: 250 000. A análise granulométrica mostra uma predominância de areia média (38%) e o percentual de silte + argila de 0,3%. A petrografia

apresenta litoclastos arredondados de rochas do embasamento, rochas metassedimentares e aglomerado de plagioclásio e cristaloclastos de plagioclásio (provavelmente oriundo do Complexo anortosítico Kunene) e minerais opacos com grãos angulosos a sub-angulosos indicando fontes distantes e próximas. A composição mineralógica mostra a presença marcante de quartzo, K-feldspato e plagioclásio, hornblenda e óxidos de ferro. A relação entre a fração silte grosso e rocha total, é possível observar diminuição de minerais como quartzo, K-feldspato e o aumento de plagioclásio, hornblenda, carbonatos, minerais secundários, argilominerais, óxidos de ferro e talco. A composição química da rocha total em relação à Crosta Continental Superior (CCS) apresenta alto teores de Fe_2O_3 , MnO , e Ti_2O . A composição isotópica da rocha total se não se distingue das frações finas (exceto a mais fina > 1,8 μm) e representam a assinatura do terreno geológico próximo embasamento Arqueano/Paleoproterozoico), com ϵ (Nd) e a razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ mais crustal dentre todas as amostras. A média ponderada de ϵ (Nd) e da razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ calculada a partir de dados da literatura na modelagem de bacias, não corresponde ao valor medido em rocha total e silte grosso. A curva de mistura isotópica de dois componentes com 85% do anortosito olivina e 15% das rochas do embasamento Paleoproterozoico representa o sedimento rocha total com uma diferença de ϵ (Nd) de 12%. A curva de mistura que possui o ponto da fração silte grosso indica mistura de 4 fontes: anortosito olivina, rochas metassedimentares Neoproterozoicas, rochas metassedimentares Paleoproterozoicas e rochas do embasamento Paleoproterozoicas.

As amostras NA-108 e NA-112 estão localizadas na Faixa Damara no Complexo Damaraland Erongo e a coleta foi realizada em um depósito de encosta (NA-108) e em um *wadi* nas unidades litoestratigráficas do mapa 1: 250 000, riolito e granodiorito Erongo, respectivamente. A análise granulométrica dessas amostras mostra uma predominância de areia grossa (39% e 32%, respectivamente) e o percentual de silte + argila de 0,2% e 0,1%, respectivamente. A petrografia da NA-108 apresenta cristaloclastos de quartzo, K-feldspato e plagioclásio e a NA-112 exhibe litoclastos de rocha vulcânica félsica com cristaloclastos de quartzo vulcânico, com grãos angulosos indicando fonte próxima e forte influência das rochas adjacentes de cada amostra. As composições mineralógicas dessas amostras são basicamente compostas de quartzo, K-feldspato e plagioclásio, hornblenda, biotita e óxidos de ferro (exceto na NA-108). A relação entre a fração silte grosso e rocha total, é possível observar na amostra NA-108 que há diminuição dos minerais quartzo e dolomita, e a amostra NA-112 apresenta pouco fracionamento da rocha total para a fração fina indicando que a amostra total representa uma granulometria essencialmente fina. A composição química da rocha total em

relação à Crosta Continental Superior (CCS) das amostras NA-108 e NA-112 são bem parecidas apresentando baixos teores de Fe_2O_3 , MnO , MgO , CaO , Na_2O , Ti_2O e K_2O (exceto NA-108) indicando influência de minerais félsicos. A composição isotópica da rocha total da amostra NA-108 se distingue das frações finas enquanto a amostra NA-112 da rocha total se não se distingue das frações finas (exceto a mais fina $> 1,8$ μm). Essas amostras representam a assinatura do terreno geológico que estão inseridas (Complexo Damaraland Erongo), a razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ da rocha total são mais juvenis do que as frações finas o ϵ (Nd) mais crustais. Os valores medidos de ϵ (Nd) e da razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ rocha total e silte grosso correspondem ao valor da literatura das unidades litoestratigráficas riolito Erongo na amostra NA-108 e granodiorito Erongo na NA-112. Com isso, não foi possível obter a curva de mistura isotópica de dois componentes nas duas amostras.

As amostras NA-043 e NA-071 estão localizadas na Faixa Kaoko sobre o Complexo metassedimentar Swakop Neoproterozoico, e a coleta foi realizada em um depósito de encosta (NA-043) e em um *wadi* (NA-071). A análise granulométrica dessas amostras mostra uma predominância de areia fina (36% e 68%, respectivamente) e o percentual de silte + argila da NA-043 é 0,9%. A petrografia da NA-043 apresenta litoclastos de rochas do embasamento e cristaloclastos de quartzo, hornblenda e biotita com grãos angulosos a sub-angulosos indicando fonte próxima e influência da rocha adjacente. A composição mineralógica da amostra NA-043 é basicamente composta de quartzo, K-feldspato e plagioclásio, hornblenda, e a amostra NA-071 é essencialmente quartzo (71%), K-feldspato e plagioclásio. A relação entre a fração silte grosso e rocha total da amostra NA-043 é possível observar diminuição dos minerais como quartzo, K-feldspato, plagioclásio, hornblenda, dolomita e caulinita. A composição química da rocha total em relação à Crosta Continental Superior (CCS) da amostra NA-043 apresenta alto teores de Fe_2O_3 , MnO , MgO , CaO , e Ti_2O indicando influência de minerais máficos enquanto a amostra NA-071 possui baixos teores desses elementos maiores inclusive, Na_2O e K_2O . A composição isotópica da rocha total da amostra NA-043 não se distingue muito das frações finas. As amostras NA-043 e NA-071 representam a assinatura do terreno geológico que estão inseridas (Complexo metassedimentar Swakop), e a razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ da amostra NA-043 da rocha total são mais juvenis do que as frações finas. Os valores medidos de ϵ (Nd) e da razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ rocha total e silte grosso correspondem ao valor da literatura da unidade litoestratigráfica de rochas metassedimentares Neoproterozoicas. Com isso, não foi possível obter a curva de mistura isotópica de dois componentes nas duas amostras.

7 IMPLICAÇÕES GLOBAIS PARA O ESTUDO DE AEROSSÓIS

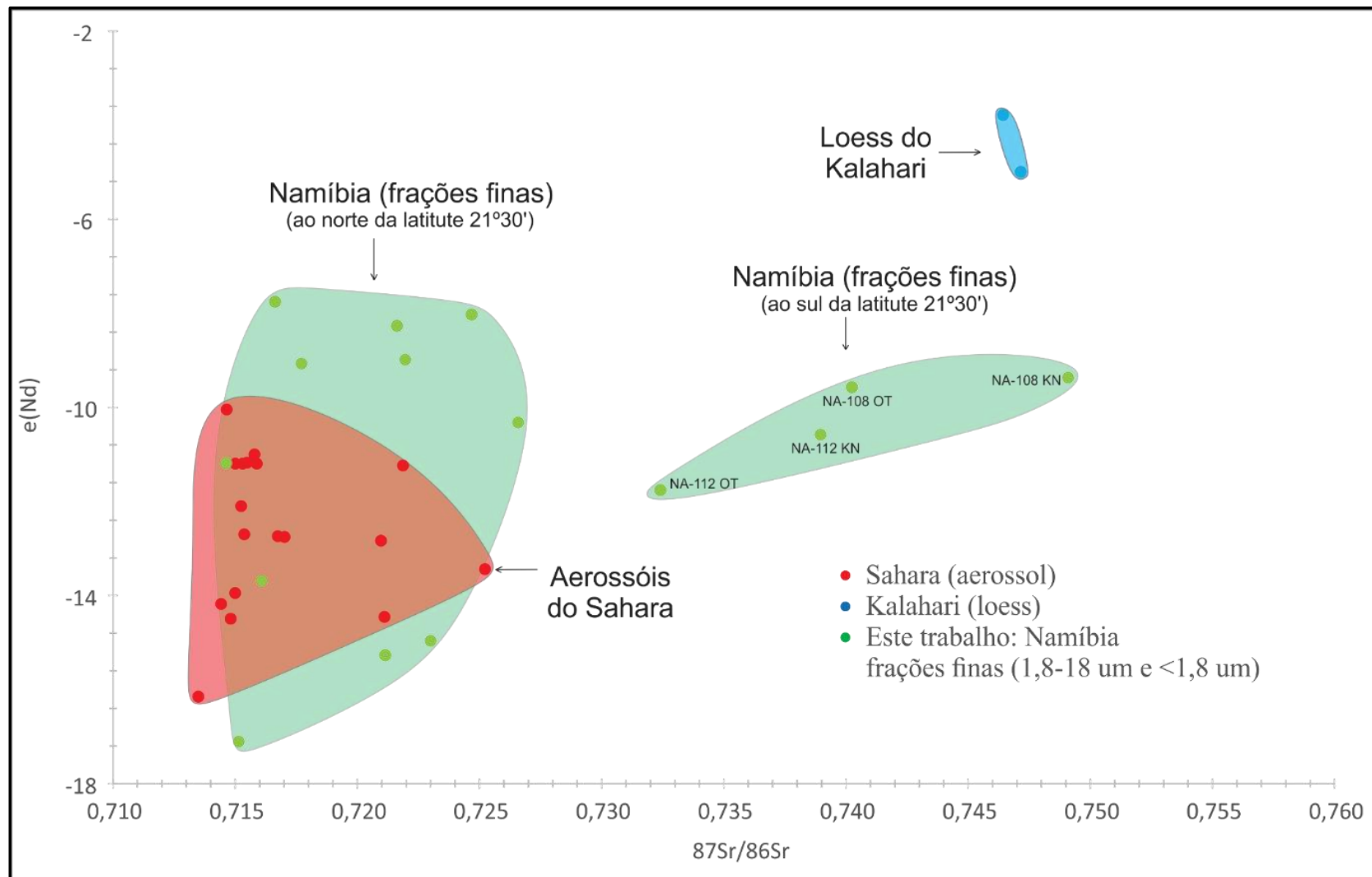
Muitos estudos relacionam a transferência de poeira mineral (aerossol) da África para o Oceano Atlântico e América do Sul, a partir do deserto do Sahara (REICHHOLF, 1986; TALBOT et al, 1990, SWAP et al 1992 e ARTAXO et al 1995).

Importante estudo feito sobre esse fenômeno foi realizado em 2000 pelo US Navy, Universidade de Miami e NASA (KORÉN et al, 2006), que estimou a quantidade total de poeira transportada entre o deserto do Saara e a floresta Amazônica em aproximadamente 40 milhões de toneladas anualmente interferindo em mudanças climáticas atuais.

Uma das principais ferramentas para se traçar a origem da poeira é a sua assinatura de isótopos radiogênicos (ABOUCAMI et al., 2013) em comparação com as assinaturas de áreas fontes.

Comparando os resultados das frações abaixo de 18 μm (classe aerossol) obtidas no deserto da Namíbia (Figura 65) neste trabalho, as com as composições isotópicas dos aerossóis do deserto do Sahara (GROUSSET, et al., 1992 e 1997; ABOUCAMI et al., 2013) e loess do deserto do Kalahari (GROUSSET, et al., 1992), verifica-se uma grande semelhança entre 6 amostras desse estudo para o deserto da Namíbia acima da latitude 21°30' com a assinatura isotópica dos aerossóis do Sahara. Por outro lado, as 2 amostras ao sul da latitude 21°30' (NA-108 e NA-112) visivelmente distribuem-se em um campo isotópico intermediário entre os desertos do Kalahari e Sahara. Uma explicação possível para isso, é que unidades rochosas da Namíbia podem funcionar como áreas fontes dos depósitos de loess do deserto do Kalahari a partir de regime de ventos.

Figura 65 - Diagrama de comparação das assinaturas isotópicas das frações finas das amostras de sedimentos da Namíbia com aerossóis e loess



Legenda: aerossóis do deserto do Sahara (GROUSSET, et al., 1992 e 1997; ABOUCHAMI et al., 2013) e loess do Kalahari (GROUSSET, et al., 1992).

Fonte: A autora,

CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES

O ensaio do estudo comparativo de dados isotópicos, químicos, petrográficos e mineralógicos das amostras quaternárias superficiais na porção do Noroeste da Namíbia, trouxe importantes contribuições sobre a dispersão de materiais em ambientes desérticos conforme destacado abaixo:

- a) Tal como previsto em ambientes com baixo ou nenhum intemperismo, as 9 amostras de sedimentos estudadas refletem as características petrográficas, mineralógicas, geoquímicas e isotópicas de suas respectivas áreas fontes;
- b) Em praticamente todas as amostras estudadas, detectou-se a ocorrência de fracionamento mineralógico, químico e isotópico quando comparado os dados a rocha total e sua fração silte grosso. Os resultados do fracionamento das amostras de sedimentos nas frações, 36-64 μm , 1,8-18 μm , e $< 1,8 \mu\text{m}$ não exibem um aumento sistemático da razão isotópica $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ com a diminuição da granulometria, conforme esperado. A razão $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ das amostras NA108, NA-112, NA-043, NAM-28 cai com a diminuição da granulometria, a amostra NA-104 aumenta, enquanto as amostras NA-009B, NAM-05 e NAM-23 são inconclusivas. A razão $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ também não mostra nenhuma tendência linear nas amostras com diminuição da granulometria nas amostras NA-108, NA-112 e NA-104, aumento para NA-009B e inconclusivo para NA-043, NAM-28, NAM-05 e NAM-23. Esse resultado pode ter sido influenciado pelo material carbonático contido na amostra que não foi previamente removido.
- c) Os dados de modelagem isotópica indicaram que as assinaturas de Nd e Sr das amostras de sedimentos coletadas não correspondem à média ponderada de todas as unidades litoestratigráficas pertencentes a sua respectiva sub-bacia, indicando que os sistemas fluviais efêmeros (*wadis*) não são eficientes em promover misturas de todas as unidades estratigráficas aflorantes. Em 4 amostras (NAM-05, NAM-23, NAM-28 e

NA-104), a modelagem indicou que a média ponderada da mistura isotópica de dois componentes (áreas fontes) corresponde ao valor medido de ϵ (Nd), menor que 19%, são bem explicados por mistura de 2 componentes. Em outras 4 as amostras (NA-108, NA-112, NA-071 e NA-043) representantes de bacias pequenas e sem sistema fluvial eficiente, não foi possível calcular curvas de misturas, e o valor de ϵ (Nd) medido é próximo do valor de ϵ (Nd) da unidade estratigráfica adjacente. A amostra NA-009B foi coletada em um depósito de encosta, distante de drenagens principais da sua sub-bacia foi verificado que nem a média ponderada da mistura isotópica da sub-bacia e nem a mistura de dois componentes, correspondem ao valor medido de ϵ (Nd), havendo possivelmente uma fonte mais crustal alimentando esse sedimento.

- d) A diferença do valor de ϵ (Sr) medido e o valor médio obtido da literatura pode ser atribuído a mobilidade química causada por intemperismo (mesmo baixo), ao controle mineralógico de cada amostra com excesso de K-feldspato e/ou presença de carbonatos.

A tabela 17 apresenta uma síntese dos resultados da modelagem isotópica de mistura de 2 componentes, com os percentuais de proveniência dos *end members* A e B, os valores ϵ (Nd) e ϵ (Sr) médio ponderado do MIX escolhido, os valores medidos nos sedimentos de rocha total e a diferença percentual entre eles.

Com respeito à fração fina das amostras, observa-se que a curva de mistura que passa pela composição da fração silte grosso também intercepta pontos de 4 ou mais unidades litoestratigráficas pertencentes à mesma bacia sugerindo que a fração fina percorre maiores distâncias ao longo do sistema fluvial, e tem proveniências mais diversificadas. As curvas de mistura que contém a composição da fração silte grosso apresenta contribuição de 4 ou mais unidades de cada sub-bacia como mostra a tabela 18.

Tabela 18 - Síntese da modelagem de mistura isotópica de dois componentes.

Bacia	Unidade (%) <i>end member A</i>	Unidade (%) <i>end member B</i>	Média ponderada do MIX escolhido		Valor medido em rocha total		Diferença (%)	
			ϵ (Nd)	ϵ (Sr)	ϵ (Nd)	ϵ (Sr)	ϵ (Nd)	ϵ (Sr)
NAM-05	Basalto Etendeka alto Ti (55%)	Granito Damara (45%)	-5,0	174	-5,4	72	8	142
NA-009B	Siento Messum (40%)	Granito Messum (hipotético) (60%)	-2,1	248	-4,5	143	114	73
NAM-23	Basalto Etendeka alto Ti (38%)	Rochas metassedimentares NP (62%)	-10,0	774	-10,6	214	6	262
NAM-28	Granito Brandberg (70%)	Granito Damara (30%)	-10,6	737	-8,9	395	19	87
NA-104	Anortosito olivina (85%)	Rochas do embasamento PP (15%)	-14,5	31	-16,2	169	12	445
NA-108	Sem curva de mistura - (100% de riolito Erongo)							
NA-112	Sem curva de mistura - (100% de riodacito/granodiorito Erongo)							
NA-071	Sem curva de mistura - (100% de rochas do embasamento NP)							
NA-043	Sem curva de mistura - (100% de rochas do embasamento NP)							

Legenda: NP – Neoproterozoico; PP- Paleoproterozoico.

Fonte: A autora, 2018.

Tabela 18 - Síntese das unidades litoestratigráficas que contribuem para fração silte grosso

Bacia	Unidades litoestratigráficas que contribuem para a curva de mistura que contém a fração silte grosso
NAM-05	Basalto Etendeka de alto Ti Granito Damara Quartzo latito Etendeka Rochas sedimentares da Sequência Karoo
NA-009B	Gabro Messum Quartzo latito Etendeka Basalto Etendeka de alto Ti Basalto Etendeka de baixo Ti
NAM-23	Basalto Etendeka de baixo Ti Granito Damara Rochas carbonáticas do Grupo Otavi Rochas metasedimentares NP
NAM-28	Basalto Etendeka de baixo Ti Rochas sedimentares da Sequência Karoo Rochas carbonáticas do Grupo Otavi Rochas metasedimentares NP Granito Damara Granito Brandberg
NA-104	Anortosito olivina Rochas metasedimentares NP Rochas metasedimentares PP Rochas do embasamento PP

Legenda: NP – Neoproterozoico; PP- Paleoproterozoico;

Fonte: A autora, 2018

REFERÊNCIAS

- AARONS, S.M.; ACIEGO, S.M.; GLEASON, J.D. Variable Hf-Sr-Nd radiogenic isotopic compositions in a Saharan dust storm over the Atlantic: Implications for dust flux to oceans, ice sheets and the terrestrial biosphere. **Chemical Geology**. v.349-350, p.18-26, 2013
- ABOUCHAMI, W.; NÄTHEB, K.; KUMAR, A.; GALER, S.; JOCHUM, K. P.; WILLIAM, E.; HORBED, A. M.; ROSA, J.W.C.; BALSAM, W.; ADAM, D.; MEZGER, K.; ANDREAE, M.O. Geochemical and isotopic characterization of the Bodélé Depression dust source and implications for transatlantic dust transport to the Amazon Basin. **Earth and Planetary Science Letters**. v. 380, p. 112–123, 2013
- ACACIA. **Digital Atlas of Namibia Project**. SFB 389. Project E1. Directorate off Environmental Affairs. 2002. Disponível em: <http://www.uni-koeln.de/sfb389/e/e1/download/atlas_namibia/index_e.htm> Acesso em: 05 de abr. de 2018 às 10h.
- ALFARO, S.C.; GAUDICHET, A.; GOMES, L.; MAI, M. Mineral aerosol production by wind erosion: aerosol particle sizes and binding energies. **Geophysical Research Letters**. v. 25(7), p. 991-994, 1998
- ALLEGRE, C. J. **Isotope Geology**. Cambridge University Press: Nova York. 2008.
- ARTAXO, P., Hansson, H.C. Size distribution of biogenic aerosol particles from the amazon basin. **Atmospheric Environment**. v. 29 (3), p. 393-402, 1995
- BANNER, J. L.; HANSON, G.N. Calculation of simultaneous isotopic and trace element variations during water-rock interaction with applications to carbonate diagenesis. **Geochimica et Cosmochimica Acta**. v. 54, p. 3123-3137, 1990
- BOYTON, W.V. Cosmochemistry of the rare earth elements; meteorite studies. In: Rare earth element geochemistry. **Elsevier Science Publishers BV, Amsterdam**. p. 63-114, 1984.
- BRACCIALI, L., MARRONI, M., PANDOLFI, L. AND ROCCHI, S. Geochemistry and Petrography of Western Tethys Cretaceous Sedimentary Covers (Corsica and Northern Apennines): From Source Areas to Configuration of Margins. **Geological Society of American Special Papers**. v. 420, p. 73-93, 2007
- BRITO NEVES, B. B.; CAMPUS NETO, M. C.; FUCK, R. A. From Rodinia to western Gondwana: an approach to the Brasiliano–Pan-African cycle and orogenic collapse. **Episodes**. v. 22, p. 155– 166, 1999
- BUHN, B.; TRUMBULL, R.B. Comparison of petrogenetic signatures between mantle-derived alkali silicate intrusives with and without associated carbonatite, Namibia. **Lithos**. v. 66, p. 201– 221, 2003
- BURGER, A.J.; CLIFFORD, T.N.; MILLER, R. Zircon U–Pb ages of the Fransfontein granitic suite, northern South West Africa. **Precambrian Research**. v. 3, p. 415–431, 1976

BURKE, K E GUNNELL, Y. Continental-Scale Synthesis of Geomorphology, Tectonics, and Environmental Change over the Past 180 Million Years. **Geological Society of America**. v. 201, p. 1–66, 2008

CANILE, F.M. Geologia isotópica em zircões detríticos (U-Pb, Hf e O) e em rocha total (Sm-Nd e Pb-Pb) das rochas da Bacia do Paraná em Santa Catarina. Universidade de São Paulo. **Tese de doutorado**, 2015

CAPUTO, H.P. Mecânica dos solos e suas aplicações – vol. 1. 6^a ed. Rio de Janeiro, RJ: **LTC**, 1988

CATUNEANU, O.; WOPFNER, H.; ERIKSSON, P.G.; CAIRNCROSS, B.; RUBIDGE, B.S.; SMITH, R.M.H.; HANCOX, P.J. The Karoo basins of south-central Africa. **Journal of African Earth Sciences**. v. 43, p. 211–253, 2005

COLE, J.M.; GOLDSTEIN, S.L.; DEMENOCAL, P.B.; HEMMING, S.R.; GROUSSET, F.E. Contrasting compositions of Saharan dust in the eastern Atlantic Ocean during the last deglaciation and African Humid Period. **Earth and Planetary Science Letters**. v. 278, p. 257–266, 2009

COMPTON, R. R. Manual of field geology: New York and London, John Wiley & Sons, Inc., 378 p, 1962.

DE KOCK. G.S. Amsterdam Forearc basin evolution in the Pan-African Damara Belt, central Namibia: the Hureb Formation of the Khomas Zone. **Precambrian Research**. v. 57, p. 169-194, 1992

DePAOLO, D. J., WASSERBURG, G. J. The sources of island arcs as indicated by Nd and Sr isotopic studies. **Geophysical Research Letters**. v. 4, p. 465- 468, 1977.

DePAOLO, D. J. A neodymium and strontium isotopic study of the Mesozoic calc- alkaline granitic batholiths of the Sierra Nevada and Peninsular Ranges California. **Journal of Geophysical Research**, v. 86, p. 10470-10488, 1981.

DePAOLO, D.J. Neodymium Isotope Geochemistry: An Introduction. **Springer, Berlin**, 1988, 187 p.

DERRY, L.A; KETO, L.S.; JACOBSEN, S.B.; KNOLL, A. H.; SWETT, K. Sr isotopic variations in Upeer Proterozoic carbonates from Svalbard and East Greenland. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v. 53, p. 2331-2339, 1989.

DE WIT, M. J.; STANKIEWICZ, J.; REEVES, C. Restoring Pan-African-Brasiliano connections: more Gondwana control, less Trans-Atlantic corruption. **Geological Society, London, Special Publications**. v. 294, p. 399-412, 2008

DICKIN, A. P. **Radiogenic Isotope Geology**. 2. Ed. Nova York: Cambridge University Press, 2005, 490 p.

DRÜPPEL, K.; LITTMANN, S.; ROMER, R.L.; OKRUSCH, M. Petrology and isotope geochemistry of the Mesoproterozoic anorthosite and related rocks of the Kunene Intrusive Complex, NW Namibia. **Precambrian Research** v. 156, p. 1-31, 2007.

EARTH EXPLORER. **United States Geological Survey (USGS)**. Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>> Acesso em: 25 de fev. de 2018 às 08h.

EWART, A.; MILNER, S. C.; ARMSTRONG, R. A.; DUNCAN, A. R. Etendeka Volcanism of the Goboboseb Mountains and Messum Igneous Complex, Namibia. Part I: Geochemical Evidence of Early Cretaceous Tristan Plume Melts and the Role of Crustal Contamination in the Parana–Etendeka CFB. **Journal of Petrology**. v. 39,(2), p. 191-225, 1998a

EWART, A.; MILNER, S. C.; ARMSTRONG, R. A.; DUNCAN, A. R. Etendeka Volcanism of the Goboboseb Mountains and Messum Igneous Complex, Namibia. Part II: Voluminous Quartz Latite Volcanism of the Awahab Magma System. **Journal of Petrology**. v. 39 (2), p. 227-253, 1998b

EWART, A.; MARSH, J. S.; MILNER, D. M.; DUNCAN, A. R.; KAMBER, B. S.; ARMSTRONG, R. A. Petrology and Geochemistry of Early Cretaceous Bimodal Continental Flood Volcanism of the NW Etendeka, Namibia. Part 1: Introduction, Mafic Lavas and Re-Evaluation of Mantle Source Components. **Journal of Petrology**. v. 45, p. 59-105, 2004

FAURE, G. **Principles of Isotope Geology**. 2. Ed. Nova York: John Wiley & Sons, Inc. 1986, 589 p.

GAIERO, D. Dust provenance in Antarctic ice during glacial periods: From where in southern South America? **Geophysical Research Letters**, v. 34, 2007

GEOLOGICAL SURVEY OF NAMIBIA. Simplified Geological Map of Namibia, 2005. Disponível em: <<http://www.gsn.gov.na/mapping.htm>> Acesso em: 05 de abr. de 2017 às 14h.

GILL, Robin. **Rochas e processos ígneos: um guia prático**. Porto Alegre: Bookman. 2014

GINDRE-CHANU, L.; WARREN, J.K.; PUIGDEFABREGAS, C.; SHARP, I.R.; PEACOCK, D.C.P.; SWART, R.; POULSEN, R.; FERREIRA, H.; HENRIQUE, L. Diagenetic evolution of Aptian evaporates in the Namibe Basin (south-west Angola). **Sedimentology**. v. 62, p. 204-233, 2015

GLEIBNER, P.; DRÜPPEL, K.; ROMER, R.L. The role of crustal contamination in massif-type anorthosites, new evidence from Sr–Nd–Pb isotopic composition of the Kunene Intrusive Complex, NW Namibia. **Precambrian Research**. v. 185, p. 18–36, 2011

GOOGLE EARTH. **Imagens de satélite Landsat-8**. 2018. Disponível em: Acesso em: 09 de jul. de 2018 às 22h.

GOSCOMBE, B.; HAND, M.; GRAY, D. Structure of the Kaoko Belt, Namibia: progressive evolution of a classic transpressional orogeny. **Journal of Structural Geology**. v. 25 p. 1049–1081, 2003

- GOSCOMBE, B.; GRAY, D. R. The Coastal Terrane of the Kaoko Belt, Namibia: Outboard arc-terrane and tectonic significance. **Precambrian Research**. v.155, p. 139–158, 2007.
- GOUDIE, A. E VILES, H. Landscapes and Landforms of Namibia. World Geomorphological Landscapes. **Springer Dordrecht Heidelberg New York London**. ed .1, 2015, 173p.
- GRAY R.; FOSTER, D. A.; MEERT, J. G.; GOSCOMBE, B. D.; ARMSTRONG, R.; TROUW, R. A. J.; PASSCHIER, C. W. A Damara orogen perspective on the assembly of southwestern Gondwana. **Geological Society, London, Special Publications**.v. 294; p. 257-278, 2008
- GROUSSET, F.E.; BISCAYE, P.E.; ZINDLER, A.; PROSPERO, J.; CHESTER, R. Neodymium isotopes as tracers in marine sediments and aerosols: North Atlantic. **Earth and Planetary Science Letters**. v. 87, p. 367-378, 1988
- GROUSSET, F.E.; BISCAYE, P.E.; REVEL, M.; PETIT, J.R.; PYE, K.; JOUSSAUME, S.; JOUZEL, J. Antarctic (Dome C) ice-core dust at 18 k.y. B.P. - Isotopic constraints on origins. **Earth and Planetary Science Letters**. v. 111(1) , p. 175-182, 1992
- GROUSSET, F.E.; PARRA, M.; BORY, A.; MARTINEZ, P.; BERTRAND, P.; SHIMMIELD, G.; ELLAN, R.M. Saharan wind regimes traced by the Sr–Nd isotopic composition of subtropical Atlantic sediments: last glacial maximum vs today. **Quaternary Science Reviews**. v.17, p. 395-409, 1998
- GROUSSET F.E.; BISCAYE, F.E. Tracing dust sources and transport patterns using Sr, Nd and Pb isotopes. **Chemical Geology**. v. 222, p.149– 167, 2005
- HARRIS, C.; MARSH, J.S.; MILNER, S.C. Petrology of the Alkaline Core of the Messum Igneous Complex, Namibia: Evidence for the Progressively Decreasing Effect of Crustal Contamination. **Journal of Petrology**. v. 39 (9), p. 1377-1937, 1999.
- HAWKESWORTH, C. J.; MARSH, J. S.; DUNCAN, A. R.; ERLANK, A. J.; NORRY, M. J. The role of Continental Lithosphere in the Generation of the Karoo Volcanic Rocks: Evidence from Combined Nd- and Sr-Isotope Studies. **Special Publications Geological Society South Africa**. v.13, p. 341-354, 1984
- HAWKESWORTH, C. J.; MENZIES, M.A.; VAN CALSTEREN, P. Geochemical and tectonic evolution of the Damara Belt, Namibia. **Collision Tectonics, Geological Society Special Publication**. v. 19, p. 305-319, 1986
- ICDD. International Centre for Diffraction Data – PDF-04 Relational Powder Diffraction File, Newton Square, PA. 2016
- JANOUSEK, V., FARROW, C. M. & ERBAN, V. GCDkit: new PC software for interpretation of whole-rock geochemical data from igneous rocks. **Geochimica et Cosmochimica Acta**. v.67, p.186, 2003.
- JANOUSEK, V.; KONOPÁSEK, J.; ULRICH, S.; ERBAN, V.; TAJČMANOVÁ, L.; JEŘÁBEK, P. Geochemical character and petrogenesis of Pan-African Amspoort suite of the

Boundary Igneous Complex in the Kaoko Belt (NW Namibia). **Gondwana Research**. v.18, p. 688–707, 2010.

JOKAT, W.; BOEBEL, T.; KOENIG, M.; MEYER, U. Timing and geometry of early Gondwana breakup. **Journal of Geophysical Research**. v. 108 (B9), 2003

JUNG, S.; MEZGER, K.; HOERNES, S. Petrology and geochemistry of syn- to post-collisional metaluminous A-type granites—a major and trace element and Nd–Sr–Pb–O-isotope study from the Proterozoic Damara Belt, Namibia. **Lithos**. v. 45, p. 147–175, 1998

JUNG, S.; HOERNES, S.; MEZGER, K. Synorogenic melting of mafic lower crust: constraints from geochronology, petrology and Sr, Nd, Pb and O isotope geochemistry of quartz diorites (Damara orogen, Namibia). **Contributions to Mineralogy and Petrology**. v. 143, p. 551-566, 2002

JUNG, S.; MEZGER, K.; HOERNES, S. Petrology of basement-dominated terranes II. Contrasting isotopic (Sr, Nd, Pb and O) signatures of basement-derived granites and constraints on the source region of granite (Damara orogen, Namibia). **Chemical Geology**. v.199, p. 1 – 28, 2003.

JUNG, S.; MEZGER, K.; HOERNES, S. Shear zone-related syenites in the Damara belt (Namibia): the role of crustal contamination and source composition. **Contributions to Mineralogy and Petrology**. v. 148, p. 104-121, 2004

JUNG, S.; HOFFER, E.; K.; HOERNES, S. Neo-Proterozoic rift-related syenites (Northern Damara Belt, Namibia): Geochemical and Nd Sr Pb O isotope constraints for mantle sources and petrogenesis. **Lithos**. v. 96 (3-4), p. 415-435, 2007

JUNG, S.; MEZGER, K.; NEBEL, O.; KOOIJMAN, E.; BERNDT, J.; HAUFF, F.; MÜNKER, C. Origin of Meso-Proterozoic post-collisional leucogranite suites (Kaokoveld, Namibia): constraints from geochronology and Nd, Sr, Hf, and Pb isotopes. **Contributions to Mineralogy and Petrology**. v.163, p. 1–17, 2012.

KAMPUNZU, A.B. Assembly and Break-up of Rodinia - No Link with Gondwana Assembly. **Gondwana Research**. v. 4, n. 4, 2001.

KONOPÁSEK, J.; KOŠLER, J.; SLÁMA, J.; JANOUŠEK, V. Timing and sources of pre-collisional Neoproterozoic sedimentation along the SW margin of the Congo Craton (Kaoko Belt, NW Namibia). **Gondwana Research**. v. 26, p. 386–40, 2014

KONOPÁSEK, J.; HOFFMANN, K.H.; SLÁMA, J.; KOŠLER, J. The onset of flysch sedimentation in the Kaoko Belt (NW Namibia) – Implications for the pre-collisional evolution of the Kaoko–Dom Feliciano–Gariiep orogen. **Precambrian Research**, v. 298, p. 220–234, 2017

KROM, M.D.; CLIFF, R.A.; EIJSINK, L.M.; HERUT, B.; CHESTER, R. The characterisation of Saharan dusts and Nile particulate matter insurface sediments from the Levantine basin using Sr isotopes. **Marine Geology**. v.155, p. 319–330, 1999

KRÖNER, A.; STERN, R. J. Pan-African Orogeny. **Encyclopedia of Geology Elsevier, Amsterdam** v. 1, 2004

KUMAR, A.; ABOUCHAMI, W.; GALER, S.J.G.; GARRISON, V.H.; WILLIAMS, E.; ANDREAE, M.O. A radiogenic isotope tracer study of transatlantic dust transport from Africa to the Caribbean. **Atmospheric Environment**. v. 82, p.130-143, 2014

LACAN, F.; TACHIKAWA, K.; JEANDE, C. Neodymium isotopic composition of the oceans: A compilation of seawater data. **Chemical Geology**. v. 300, p. 177-184, 2012

LANGMUIR, C. H.; VOCKE, Jr, R.D.; HANSON, G.N.; HART, S.R. A general mixing equation with applications of Icelandic basalts. **Earth and Planetary Science Letters**. v. 37, p. 380–392, 1978

LEONARDI, G.; CARVALHO, I.S.; FERNANDES, M.A. The desert ichnofauna from Botucatu formation (Upper- Jurassic- Lower Cretaceous) I. Carvalho (Ed.), **Paleontologia: Cenários de Vida**, Editora Interciência, Rio de Janeiro, pp. 379-392, 2007

LE ROEX, A.P.; LANYON, R. Isotope and Trace Element Geochemistry of Cretaceous Damaraland Lamprophyres and Carbonatites, Northwestern Namibia: Evidence for Plume–Lithosphere Interactions. **Journal of Petrology**. v. 39(6), p. 1117–1146, 1998

LI, B.; WANG, L.; KASEKE, K.F.; LI, L.; SEELY, M.K. The Impact of Rainfall on Soil Moisture Dynamics in a Foggy Desert. **PLoS ONE**. v. 11(10), 17p. 2016

LUPKER, M.; ACIEGO, S.M.; BOURDO, B.; SCHWANDER, J.; STOCKER, T.F. Isotopic tracing (Sr, Nd, U and Hf) of continental and marine aerosols in an 18th century section of the Dye-3 ice core (Greenland). **Earth and Planetary Science Letters**. v. 295, p. 277–286, 2010

MARTINEZ, I.A.; HARRIS, C.; LE ROEX, A.P.; MILNER, S.C. Oxygen isotope evidence for extensive crustal contamination in the Okenyenya igneous complex, Namibia. **Geochimica et Cosmochimica Acta**. v. 60 (22), p. 4497-4508, 1996.

MASBERG, P.; MIHM, D.; JUNG, S. Major and trace element and isotopic (Sr, Nd, O) constraints for Pan-African crustally contaminated grey granite gneisses from the southern Kaoko belt, Namibia. **Lithos**. v. 84, p. 25– 50, 2005.

MAYAUD, J.R.; BAILEY, R.M.; WIGGS, G.F S. Modelled responses of the Kalahari Desert to 21st century climate and land use change. **Nature Scientific Reports**. 3: 3887, 2017

MAYER, A.; HOFMANN, A.W.; SINIGOI, S.; MORAIS, E. Mesoproterozoic Sm–Nd and U–Pb ages for the Kunene Anorthosite Complex of SW Angola. **Precambrian Research**. v. 133, p. 187–206, 2004

McDERMOTT, F.; HARRIS, N.B.W.; HAWKESWORTH, C.J. Geochemical constraints on crustal anatexis: a case study from the Pan-African Damara granitoids of Namibia. **Contributions to Mineralogy and Petrology**. v. 123, p. 406-423, 1986

McDERMOTT, F.; HARRIS, N.B.W.; HAWKESWORTH, C.J. Crustal reworking in southern Africa: constraints from Sr-Nd isotope studies in Archaean to Pan-African terrains. **Tectonophysics**. v. 161, p. 257-270, 1989

McDERMOTT, F.; HAWKESWORTH, C.J. Intracrustal recycling and upper-crustal evolution: A case study from the Pan-African Damara mobile belt, central Namibia. **Chemical Geology**. v.83, p. 263-280, 1990.

MILNER, S.C.; LE ROEX, A.P.; O'CONNOR, J.M. Age of Mesozoic igneous rock in northwestern Namibia, and their relationship to continental breakup. **Journal of the Geological Society**.v. 152, p. 97-104, 1995

MILNER, S.C. e LE ROEX. Isotope characteristics of the Okenyenya igneous complex, northwestern Namibia: constraints on the composition of the early Tristan plume and the origin of the EM 1 mantle component. **Earth and Planetary Science Letters**. v. 141, p. 277-291, 1996

MINGRAM, B.; TRUMBULL, R.B.; LITTMAN, S.; GERSTENBERGER, H. A petrogenetic study of anorogenic felsic magmatism in the Cretaceous Paresis ring complex, Namibia: evidence for mixing of crust and mantle-derived components. **Lithos**. v. 54, p. 1-22, 2000

NAKAI, S.; HALLIDAY, S.; REA, D.K. Provenance of dust in the Pacific Ocean. **Earth and Planetary Science Letters**. v.119, p.143-157, 1993

NASH, D. J.; THOMAS, D.S.G.; SHAW, P.A. Siliceous duricrusts as palaeoclimatic indicators: evidence from the Kalahari Desert of Botswana. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**. v. 112, p.279-295, 1994

NESBITT, H.W.; YOUNG, G.M. Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites. **Nature**. v. 299, p. 715-717, 1982

NETO, C. C. A.; VALERIANO, C. M.; VAZ, G. S.; MEDEIROS, S. R.; RAGAKTY, C. D. Composição isotópica do Sr no padrão NBS987 e nos padrões de rocha do USGS BCR-1, AGV-1, G-2 e GSP-1: resultados preliminares obtidos no Laboratório de Geocronologia e Isótopos Radiogênicos -LAGIR - UERJ. In: Simpósio 45 Anos de Geocronologia no Brasil, 2009, São Paulo. Simpósio 45 Anos de Geocronologia no Brasil - **Boletim de Resumos Expandidos. São Paulo: USP - IGC**. v. 1. p. 72-74, 2009

NOCE, C.M.; TEIXEIRA, W.; QUÉMÉNEUR, J.J.G.;MARTINS, V.T.S.; BOLZACHINI, E. Isotopic signatures of Paleoproterozoic granitoids from the southern São Francisco Craton and implications for the evolution of the Transamazonian Orogeny. **Journal of South American Earth Sciences**. v. 13, p.225-239, 2000

PAUL, A.; JUNG, S.; ROMER, R.L.; STRACKE, A.; HAUFF, F. Petrogenesis of synorogenic high-temperature leucogranites (Damara orogen, Namibia): Constraints from U-Pb monazite ages and Nd, Sr and Pb isotopes. **Gondwana Research**. v. 25, p. 1614-1626, 2014

- POURMAND, A.; PROSPERO, J.M.; SHARIFI, A. Geochemical fingerprinting of trans-Atlantic African dust based on radiogenic Sr-Nd-Hf isotopes and rare earth element anomalies. **Geology**. v. 42, p. 675-678, 2014
- PAUTOT, G.; RENARD, V.; DANIEL, J.; DUPONT, J. Morphology, limits, origin and age of salt layer along South Atlantic African margin. **AAPG Bull.**, 1973
- PICCIRILLO, E.M.; A.J. MELFI. The Mesozoic flood volcanism of the Paraná Basin: petrogenetic and geophysical aspects. **Universidade de São Paulo, Instituto Astronômico e Geofísico**, 1988, 600p.
- REICHHOLF, J.H. Is Saharan Dust a Major Source of Nutrients for the Amazonian Rain Forest? **Studies on Neotropical Fauna and Environment**. v. 21(4), p. 251-255, 1986.
- RODLER, A.S.; FREI, R.; GAUCHER, C.; KORTE, C.; ROSING, S.A.; GERMS, G.J.B. Multiproxy isotope constraints on ocean compositional changes across the late Neoproterozoic Ghaub glaciation, Otavi Group, Namibia. **Precambrian Research**. v. 298, p. 306–324, 2017.
- ROGERS, J. J.W. E SANTOSH, M. 2003. Supercontinents in Earth History. **Gondwana Research**. v. 6(3), p. 357-368, 2003
- ROGNON, P.; COUDE-GAUSSSEN, G.; REVEL, M.; GROUSSET, F.E.; PEDEMAYI, P. Holocene Saharan dust deposition on the Cape Verde Islands: sedimentological and Nd-Sr isotopic evidence. **Sedimentology**. v. 43, 3p. 59-366, 1996
- ROLLAND, M. R.; DE DECKKER, P.; DELMONTE, B.; HESSE, P.P.; MAGEE, J.W.; BASILE-DOELSCH, I.; GROUSSET, F.; BOSCH, D. Eastern Australia: A possible source of dust in East Antarctica interglacial ice. **Earth and Planetary Science Letters**. v. 249, 1–13, 2006
- ROLLINSON, H. R. **Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation**. 1. ed. United Kingdom: PEARSON (Presentice Hall), 1993.
- SCHMITT, A. K.; EMMERMANN, R.; TRUMBULL, R. B.; BÜHN, B.; HENJES-KUNST, F. Petrogenesis and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ Geochronology of the Brandberg Complex, Namibia: Evidence for a Major Mantle Contribution in Metaluminous and Peralkaline Granites. **Journal of Petrology**. v. 41(8), p. 1207–1239, 2000
- SCHREIBER, U. M.; GOSCOMBE, B. G. Geological Survey of Namibia. **Geological map of Namibia: 1:250 000 geological series**. Folha: 1712 Swartbooisdrif 2002
- SCHREIBER, U. M.; GOSCOMBE, B. G. Geological Survey of Namibia. **Geological map of Namibia: 1:250 000 geological series**. Folha: 1812 Opuwo, 2011
- SCHREIBER, U. M.; GOSCOMBE, B. G. Geological Survey of Namibia. **Geological map of Namibia: 1:250 000 geological series**. Folha: 2114 Omaruru, 1997

- SETH, B.; JUNG, S.; HOERNES, S. Isotope constraints on the origin of Pan-African granitoid rocks in the Kaoko belt, NW Namibia. **South African Journal of Geology**. v. 105, p. 179-192, 2002
- SETH, B.; JUNG, S.; GRUNER, B. Deciphering polymetamorphic episodes in high-grade metamorphic orogens: Constraints from Pb/Pb, Sm/Nd and Lu/Hf garnet dating of low- to high-grade metasedimentary rocks from the Kaoko belt (Namibia). **Lithos**. v. 104, p. 131–146, 2008
- STRECKEISEN, A.L. Classification and Nomenclature of Igneous Rocks. **Neues Jahrbuch für Mineralogie Abhandlungen**. v.107, p. 144-240, 1976
- SUTTNER, L.J.; DUTTA, P.K. Alluvial sandstone composition and paleoclimate: Framework mineralogy. **Journal of Sedimentary Petrology**. v. 56, p. 329-345, 1986
- SVENSSON, A.; BISCAYE, P.E.; GROUSSET, F.E. Characterization of Late Glacial Continental Dust in the Greenland Ice Core Project Ice Core. **Journal of Geophysical Research**. v. 105, p. 4637-4656, 2000
- SWAP, R., GARSTANG, M., GRECO, S., TALBOT, R., KALLBERG, P. Saharan dust in the Amazon Basin. **Tellus B**. v. 44 (2), p. 133–149, 1992.
- TALBOT, R. W., ANDREAE, M. O., BERRESHEIM, H., ARTAXO, P., GARSTANG, M., HARRISS, R. C., BEECHER, K. M., LI, S. M. Aerosol chemistry during the wet season in central Amazonia: The influence of long-range transport. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**. V. 95, (10) p. 16955–16969, 1990.
- TAYLOR, S.R. AND MCLENNAN, S.M. The geochemical evolution of the continental crust. **Reviews in Geophysics**. v.33, p. 241-265, 1995
- TCHAMENI, R.; MEZGER, K.; NSIFA, N.E; POUCKET, A. Crustal origin of Early Proterozoic syenites in the Congo Craton (Ntem Complex), South Cameroon. **Lithos**. v. 57, p. 23–42, 2001
- TEGTMAYER, A.; KRÖNER, A. U–Pb zircon ages for granitoid gneisses in northern Namibia and their significance for Proterozoic crustal evolution of south-western Africa. **Precambrian Research**. v. 28, p. 311–326, 1985
- THOMAZ FILHO, A. Potencialidades do método Rb-Sr para datação de rochas sedimentares argilosas. Universidade de São Paulo. **Tese de doutorado**, 1976
- THOMPSON, R. N.; GIBSON, S. A.; DICKIN, A. P.; SMITH, P. M. Early Cretaceous Basalt And Picrite Dykes of the Southern Etendeka Region, NW Namibia: Windows into the Role of the Tristan Mantle Plume in Parana-Etendeka Magmatism. **Journal of Petrology**. v. 42, p. 2049-2081, 2001
- THOMPSON, R. N.; RICHES, A. J. V.; ANTOSHECHKINA, P. M.; PEARSON, D. G.; NOWELL, G. M.; OTTLEY, C. J.; DICKIN, A. P.; HARDS, V. L.; NGUNO, A.-K.; NIKU-PAAVOLA, V. Origin of CFB Magmatism: Multi-tiered Intracrustal Picrite–

Rhyolite Magmatic Plumbing at Spitzkoppe, Western Namibia, during Early Cretaceous Etendeka Magmatism. **Journal of Petrology**. v. 48(6), p. 1119–1154, 2007

TRUMBULL, R.B.; EMMERMANN, R.; BÜHN, B.; GERSTENBERGER, H.; MINGRAM B.; SCHMITT, A.; VOLKER, F. Insights on the genesis of the Cretaceous Damaraland igneous Complexes in Namibia from a Nd- and Sr-isotopic perspective. **Communications of the Geological Survey of Namibia**. v. 12, p. 355-367, 2000

TRUMBULL, R. B.; BÜHN, B.; ROMER, R. L.; VOLKER, F. The Petrology of Basanite–Tephrite Intrusions in the Erongo Complex and Implications for a Plume Origin of Cretaceous Alkaline Complexes in Namibia. **Journal of Petrology**. v. 44 (1), p. 93–112, 2003

TRUMBULL, R.B.; HARRIS, C.; FRINDT, S.; WIGAND, M. Oxygen and neodymium isotope evidence for source diversity in Cretaceous anorogenic granites from Namibia and implications for A-type granite genesis. **Lithos**. v. 73, p. 21– 40, 2004

UNRUG, R. The Lufilian Arc: A Microplate In The Pan-African Collision Zone of the Congo and the Kalahari Cratons. **Precambrian Research**. v. 21 p. 181-196, 1983

UNRUG, R. The supercontinental cycle and Gondwanaland assembly: component cratons and the timing of suturing events. **Journal of Geodynamics**. v. 16, p. 215–240, 1992.

VALERIANO, C. M.; MEDEIROS, S. R.; VAZ, G. S.; NETO, C. C. A. Sm-Nd isotope dilution TIMS analyses of BCR-1, AGV-1 and G-2 USGS rock reference materials: first results from the LAGIR Laboratory at UERJ, Rio de Janeiro. In: Simpósio - 45 Anos de Geocronologia no Brasil, 2009, São Paulo. Simpósio 45 Anos de Geocronologia no Brasil - **Boletim de Resumos Expandidos**. São Paulo: USP – IGC. v. 1. p. 146-148, 2009.

VAN DE FLIERDT, T.; HOEMES, S.; JUNG, S.; MASBERG, P.; HOFFER, E.; SCHALTEGGER, U.; FRIEDRICHSEN, H. Lower crustal melting and the role of open-system processes in the genesis of syn-orogenic quartz diorite–granite–leucogranite associations: constraints from Sr–Nd–O isotopes from the Bandombaai Complex, Namibia. **Lithos**. v. 67, p. 205– 226, 2003

VAN ROOYEN, M.W.; THERON, G.K.; VAN ROOYEN, N.; JANKOWITZ, W.J.; MATTHEWS, W.S. Mysterious circles in the Namib Desert: review of hypotheses on their origin. **Journal of Arid Environments**. v. 57, p. 467–485. 2004

VAZ, G. S.; NETO, C. C. A.; VALERIANO, C. M.; MEDEIROS, S. R.; RAGAKTY, C. D. Resultados preliminares das razões isotópicas de Estrôncio (Sr) e Neodímio (Nd) do padrão do Basalto BRP-1 (Basalto de Ribeirão Preto) no Laboratório de Geocronologia e Isótopos Radiogênicos LAGIR-UERJ, Rio de Janeiro. In: Simpósio 45 Anos de Geocronologia no Brasil, 2009, São Paulo. Simpósio 45 Anos de Geocronologia no Brasil - **Boletim de Resumos Expandidos**. São Paulo: USP - IGC. v.1. p. 149-151, 2009

WAICHEL, B. L.; LIMA, E. F.; LUBACHESKY, R.; SOMMER, C. A. Pahoehoe flows from the central Parana Continental Flood Basalts. **Bulletin of Volcanology**, v. 68,p. 599–610, 2006.

WATSON, I. e LEMON, R. R. Geomorphology of a Coastal Desert: The Namib, South West Africa/Namibia. **Journal of Coastal Research**. v. 1 (4), p. 329-342, 1985

WENTWORTH, C. K. A scale of grade and class terms for clastic sediments. **The Journal of Geology**. v.30, p. 377–392, 1922

YOSHIOKA, H.; ASAHARA, Y.; TOJO, B.; KAWAKAMI, S. Systematic variations in C, O, and Sr isotopes and elemental concentrations in Neoproterozoic carbonates in Namibia: implications for a glacial to interglacial transition. **Precambrian Research**. v. 124, p. 69–85, 2003