



**CPRM**

**Serviço Geológico do Brasil**

# SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

PROJETO LEVANTAMENTO GEOQUÍMICO DE BAIXA DENSIDADE

DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL – DHT  
(até maio de 2016)

e

DIRETORIA DE GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS – DGM

Porto Alegre, RS  
2016

# PROJETO LEVANTAMENTO GEOQUIMICO DE BAIXA DENSIDADE



Iniciado em 2008, desde então vem sendo desenvolvido em diversos estados da federação (Roraima, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Minas Gerais, São Paulo, Rio de Janeiro e Espírito Santo)

## OBJETIVOS GERAIS:

- Elaborar Atlas Geoquímicos Estaduais e/ou de grandes Bacias Hidrográficas.
  - Estabelecimento de níveis de *background* regionais
  - Indicação de potencial prospectivo e/ou de alteração de qualidade ambiental
- Produzir o Mapa Geoquímico do Brasil ➡ *baseline* geoquímica do Brasil

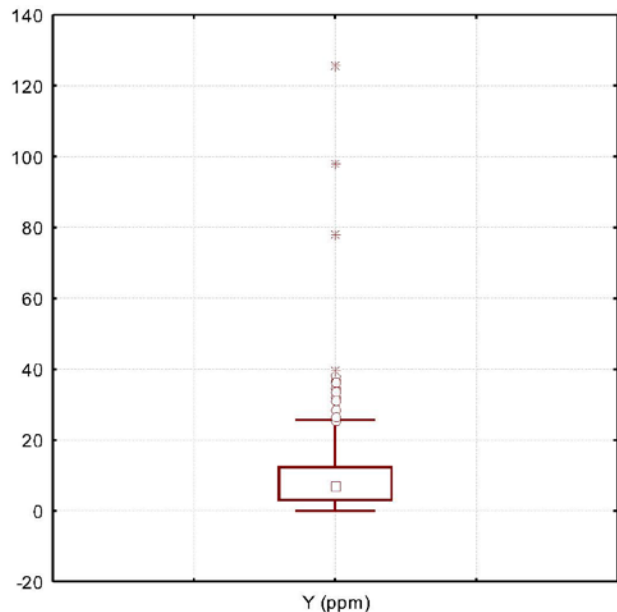
## MATERIAIS E MÉTODOS

- Água e sedimento de drenagem - nos mesmos locais, em pontos representativos de bacias entre 100 - 200 km<sup>2</sup>
- Água de abastecimento - coletada nos pontos de captação municipais, antes do tratamento da água
- Solo - 1 amostra por centro de folha de 1:50.000, procurando-se amostrar o tipo de solo mais representativo

## MATERIAIS E MÉTODOS

- **Processo analítico** (amostras de sedimentos e solos)
  - Secagem (60°C)
  - Peneiramento <80 *mesh* e pulverização
  - Digestão em água régia
  - Análises por ICP-MS e ICP-OES para 53 elementos
  - Análises realizadas no SGS-GEOSOL LABORATÓRIO LTDA
- **Tratamento estatístico**
  - Parâmetros de tendência central e dispersão, tais como média aritmética, mediana, percentis, desvio padrão e coeficiente de variação
- **Ferramentas gráficas**
  - Histograma e *boxplot*
  - Mapas interpolados pelo método *Inverse Distance Weighting* (Distância Inversa ao Quadrado)

## BOXPLOT: REPRESENTAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO ESTATÍSTICA



Q1 = percentil 25 %  
Q2 = percentil 50%  
Q3 = percentil 75 %

□ Mediana = 7,02  
▭ 25%-75%  
= (3,26, 12,21)  
┌─┴─┐ Non-Outlier Range  
= (0,025, 25,48)  
○ Outliers  
\* Extremos

## ESTABELECIMENTO DE:

- Intervalo de Background:  
**Q3 – Q1**
- Background médio: **Q2**
- Outlier: **> Q3 + 1,5 \* IQR**

Onde:

IQR = Intervalo Interquartis (25 - 75%)

## Materiais de Referência

- Referências crustais
  - Clarke e Levinson (1980)
- Abundância por tipo de rocha
  - Turekian & Wedepoh (1961) e Levinson (1980)
- Padrões Ambientais
  - Resoluções CONAMA 357 (2005); 396 (2008); 420 (2009); 454 (2012)
  - Portaria 2914 do Ministério da Saúde (2011)
  - Guidelines for Drinking-water Quality (WHO, 2011)
  - NOAA's National Ocean and Atmospheric Administration: Screening Quick Reference Table for Inorganic in sediment and soil (Buchman, 2008).

Concentração média mundial – Ítrio			
Crosta da Terra	Crosta Continental	30 ppm	[1]
	Crosta Continental Superior	20,7 ppm	
Tipos de Rochas	Ultramáfica	-	
	Basalto	25 ppm	
	Granodiorito	30 ppm	
	Granito	40 ppm	
	Folhelho	25 ppm	
Calcário	15 ppm		
Solo	Solo- Horizonte B	-	[2]
Sedimento	Sedimento de Corrente	-	
Humano	Teor Médio no Sangue	0,0047 mg/dm <sup>3</sup>	[3]
	Quantidade numa pessoa 70 kg	0,6 mg	
	Ingestão diária média	0,016 mg	



# NÍVEIS DE BACKGROUND E NOVAS EVIDÊNCIAS DA OCORRÊNCIA DE ELEMENTOS TERRAS RARAS NO ESTADO DE ALAGOAS

*Melissa FRANZEN<sup>1</sup>; Enjôlras A. Medeiros LIMA<sup>1</sup>;  
Vanildo Almeida MENDES<sup>1</sup>; Fernanda S. Miranda TORRES<sup>1</sup>;  
Tainná Vieira LIMA<sup>2</sup>*

**Serviço Geológico do Brasil<sup>1</sup>, Universidade Federal de Pernambuco<sup>2</sup>**



## ELEMENTOS TERRAS RARAS

- Se encontram amplamente distribuídos, porém em pequenas concentrações
- O Brasil chegou a atingir a maior produção mundial até 1915, mas desde 1992 passou a importar integralmente
- Importância: excelentes características eletrônicas, magnéticas, ópticas e catalíticas
- Reservas no Brasil: *placers* e *paleoplacers no ES*; complexos carbonatíticos de Araxá (MG), Catalão e Minaçu (GO), entre outras
- Entraves: insuficiência tecnológica, redução de preços e falta de competitividade
- Justificativa: A tendência de crescimento do setor justifica a pesquisa para descoberta de novas jazidas e viabilizar o seu aproveitamento econômico

# LEVANTAMENTO GEOQUIMICO DE BAIXA DENSIDADE NO ESTADO DE ALAGOAS

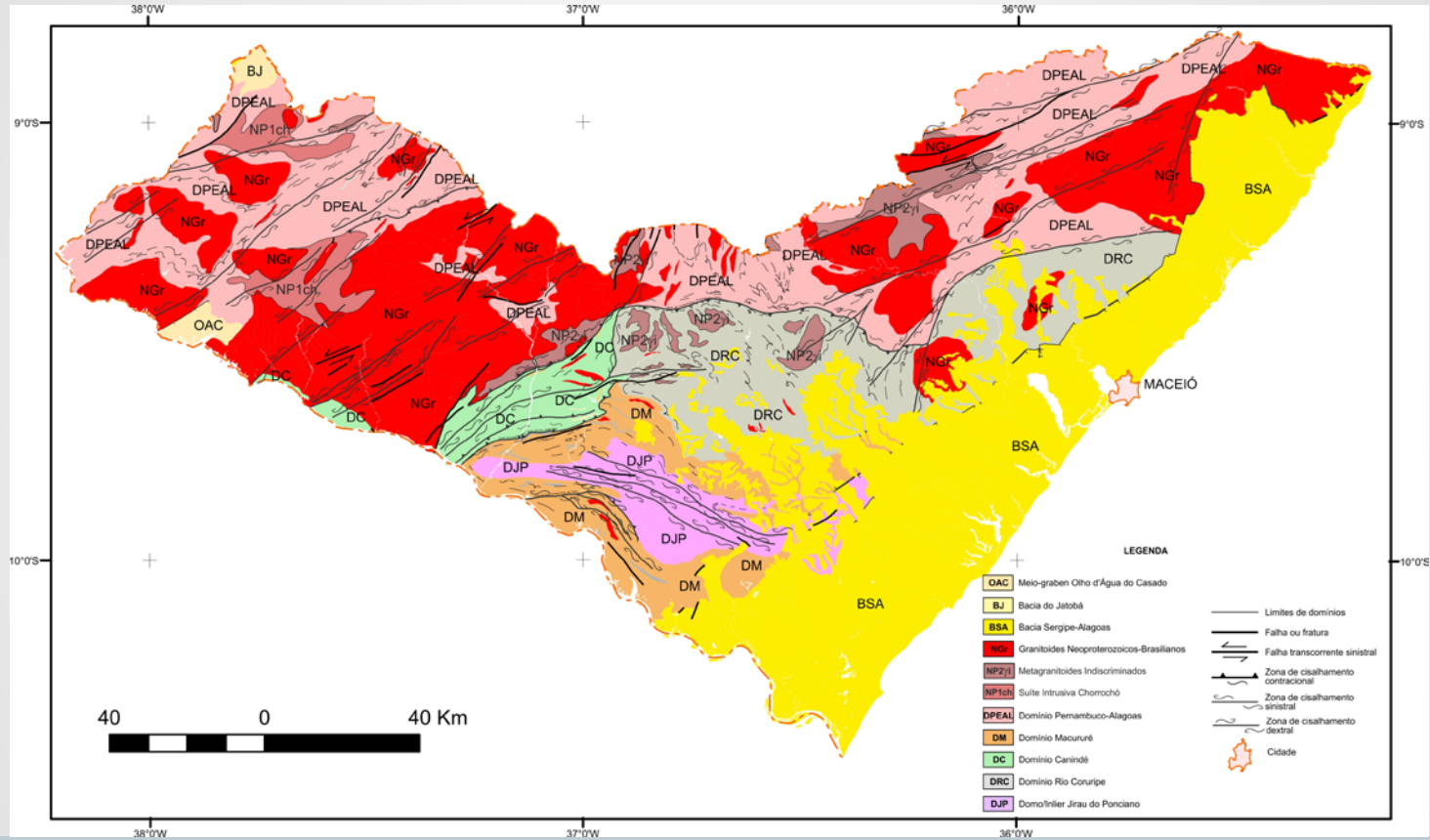
## ÁREA DE ESTUDO

Localização geográfica do Estado de Alagoas



Fonte: Mendes *et al.* (2012).

# COMPARTIMENTAÇÃO TECTÔNICA DO ESTADO DE ALAGOAS



Fonte: Mendes *et al.* (2012).

## POTENCIAL IDENTIFICADO EM TRABALHOS ANTERIORES

- Levantamento Geológico Folha Arapiraca, Escala 1:100.000 (Amorim *et al.*, 1995)
  - Mineralização de Ozo, Fd, Be e Ametista em pegmatitos (fraturas e falhas de direção NE)
  - Litologia hospedeira: paragneisses do Complexo Arapiraca (Domínio Rio Coruripe);
  - Enriquecimento em Th na região centro-leste (razão U/Th igual a 0,25)
- Geologia e Recursos Minerais da Folha Arapiraca, Escala 1:250.000 (Mendes *et al.*, 2009)
  - Mais de 30 corpos pegmatíticos com ocorrências de água-marinha, berilo, cristais de quartzo e turmalinas, foram garimpados nos municípios de Limoeiro de Anadia e Arapiraca
- Geologia e Recursos Minerais do Estado de Alagoas, Escala 1:250.000 (Mendes *et al.*, 2012)
  - Associação U-Th-La-Ce-Y (sedimentos de corrente) e indícios mineralógicos de U-Au-Th-Ce (bateia)

# AMOSTRAGEM

SOLO



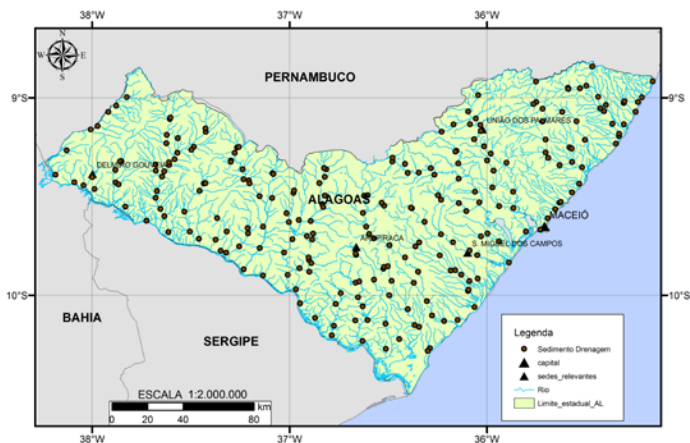
AMOSTRAGEM DE SOLO EM ALAGOAS



AMOSTRAGEM DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO EM ALAGOAS



AMOSTRAGEM DE SEDIMENTOS DE DRENAGEM EM ALAGOAS



ÁGUA DE ABASTECIMENTO

SEDIMENTO DE CORRENTE



QUANTITATIVO NO ESTADO DE ALAGOAS

<b>SEDIMENTO CORRENTE</b>	<b>267</b>	<b>ÁGUA DRENAGEM</b>	<b>166</b>
<b>SOLO</b>	<b>45</b>	<b>ÁGUA ABASTECIMENTO</b>	<b>93</b>

# RESULTADOS



## POTENCIAL MINERAL

- Os resultados confirmam mineralizações conhecidas e identificam novas áreas para prospecção de metais (Cu, Fe, Mn, Ni), minerais agroindustriais (Ca, Mg), e mineralizações associadas a pegmatitos (gemas e ETR)

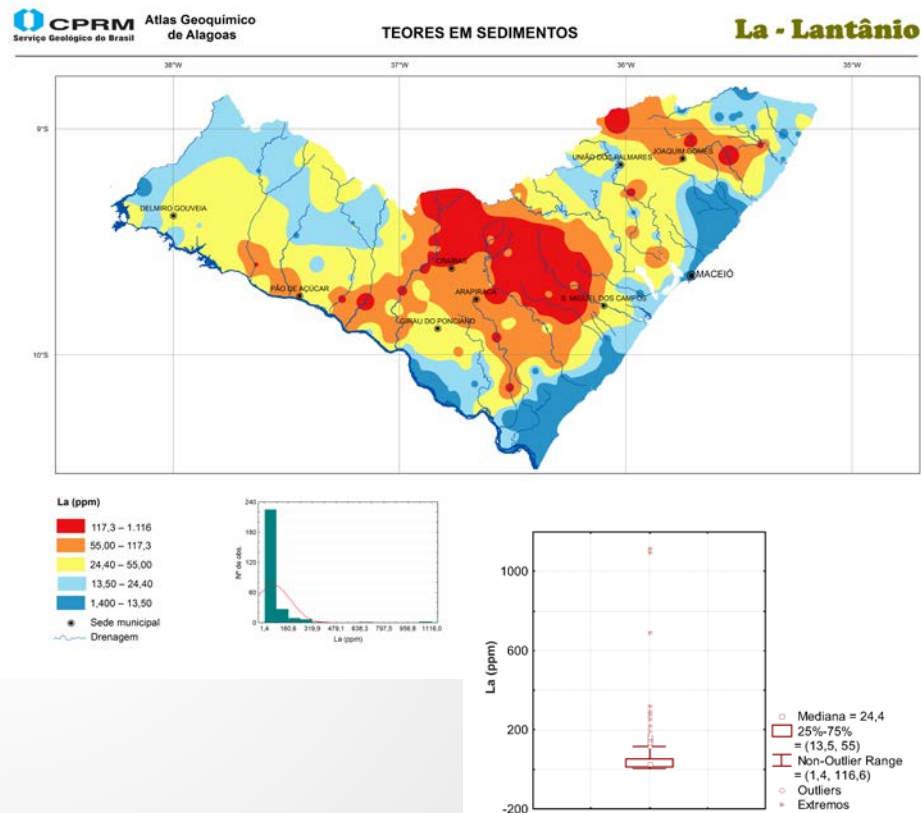
## TERRAS RARAS

- Dentre os ETR analisados, destacam-se os teores elevados de lantânio (La) e cério (Ce)
- Em pontos coincidentes, foram identificados elevados teores de ítrio (Y), tório (Th) e urânio (U)
- A anomalia geoquímica principal se encontra à leste das principais ocorrências conhecidas de pegmatitos

# TEORES INTERPOLADOS EM SEDIMENTOS DE CORRENTE

## LANTÂNIO

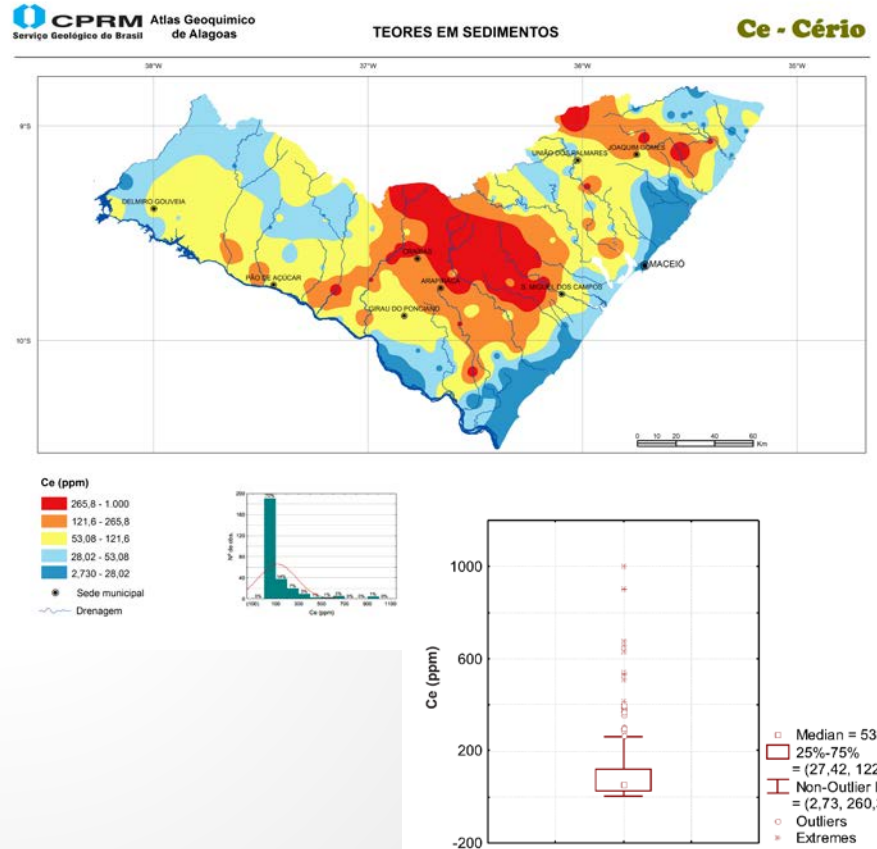
- Média crosta continental (30 ppm)
- Mediana - 24,4 ppm
- Média - 57,4 ppm
- 3º quartil - 55,0 ppm
- Valores máximos - Anadia (1.116 ppm), Tanque D'Árca (1.097; 691 ppm) e Arapiraca (320 ppm).



# TEORES INTERPOLADOS EM SEDIMENTOS DE CORRENTE

## CÉRIO

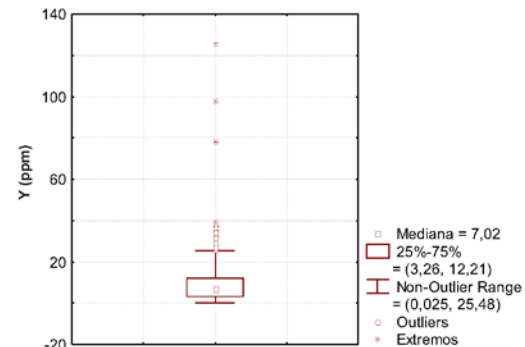
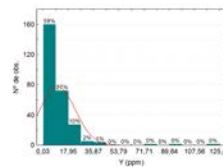
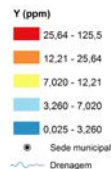
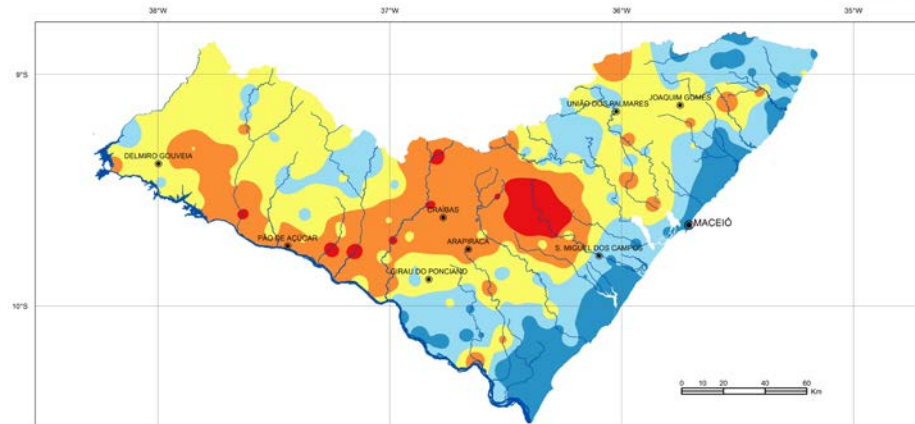
- Média crosta continental (60 ppm)
- Mediana – 53,8 ppm
- Média – 113,9 ppm
- 3º quartil – 121,3 ppm
- Valores máximos - Tanque D'Arca e Anadia (1.000 ppm), Arapiraca (902 ppm) e Craíbas (678 ppm)



# TEORES INTERPOLADOS EM SEDIMENTOS DE CORRENTE

## ÝTRIO

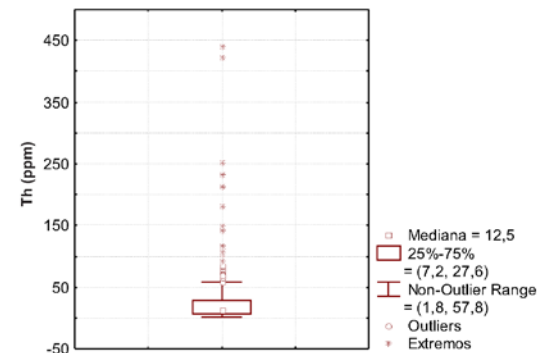
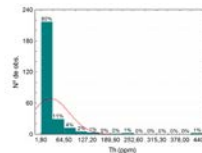
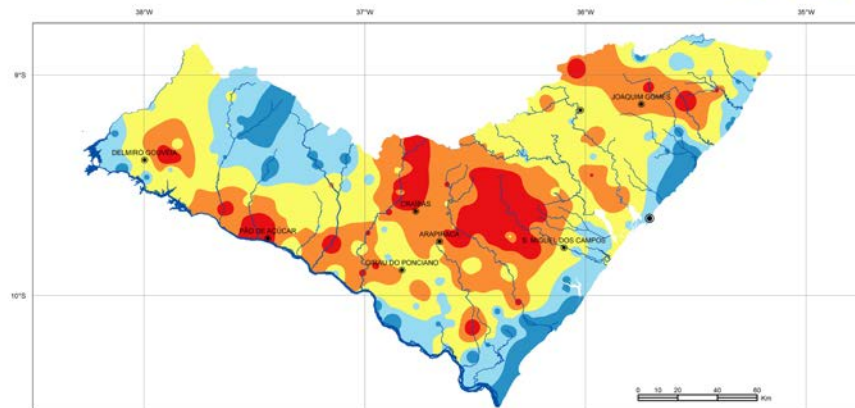
- Média crosta continental (30 ppm)
- Mediana - 7 ppm
- Média - 10,1 ppm
- 3º quartil - 12,2 ppm
- Valores máximos
  - Anadia (125,5 ppm)
  - Tanque D'Arca (97,9 ppm)



# TEORES INTERPOLADOS EM SEDIMENTOS DE CORRENTE

## TÓRIO

- Média crosta continental (10 ppm)
- Mediana – 12,5 ppm
- Média – 27,85 ppm
- 3º quartil – 27,6 ppm
- Valores máximos
  - Tanque D'Árca (440,7 ppm)
  - Anadia (421,6 ppm)



# LEVANTAMENTO GEOQUIMICO DE BAIXA DENSIDADE NO ESTADO DE ALAGOAS

Teores médio crustal, medianos, coeficiente de variação e máximos nos pontos destacados

	La	Ce	Th	Y	U
Média crustal	30	60	10	30	2,7
Mediana em Alagoas	24,4	53,8	12,5	7,0	1,9
Coeficiente de variação	2,00	1,44	1,77	1,23	1,35
Marimbondo	1.116	1.000	421,6	125,5	39,6
Tanque D'Arca 1	1.097	1.000	440,7	97,9	27,1
Tanque D'Arca 2	690,9	1.000	232,3	78,0	31,1
Arapiraca	320,8	902,0	251,3	25,4	4,9



# LEVANTAMENTO GEOQUIMICO DE BAIXA DENSIDADE NO ESTADO DE ALAGOAS

## Correlação entre os ETR e outros elementos

- A alta correlação verificada entre U-Th-La-Y-Ce é indicativa de mineralizações associadas à pegmatitos e/ou granitos especializados em ETR
- Os teores máximos identificados nos levantamentos geoquímicos anteriores foram similares aos deste estudo, revelando que a ordem de grandeza dos ETR obtidos na baixa densidade foi a mesma detectada na alta

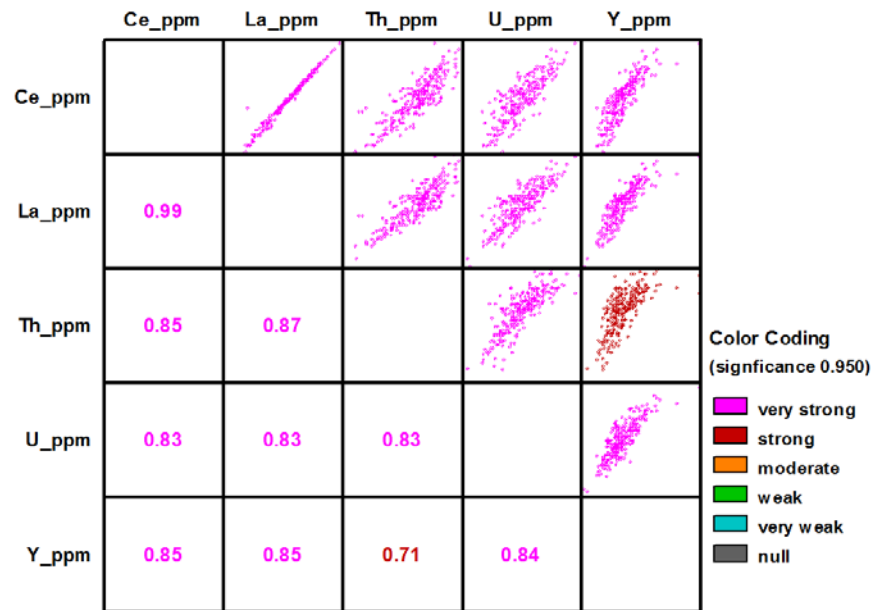
### Sedimento Correlations Report

Project: Geoquímica

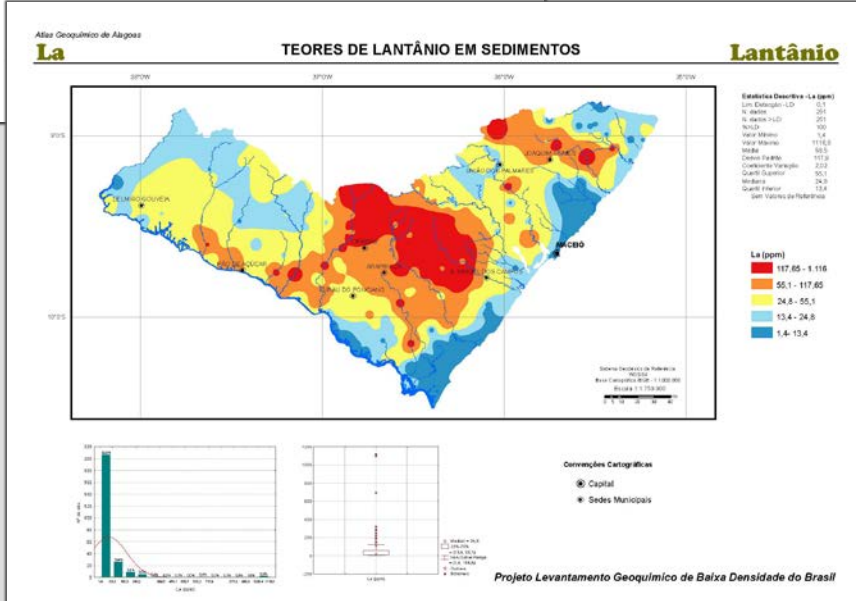
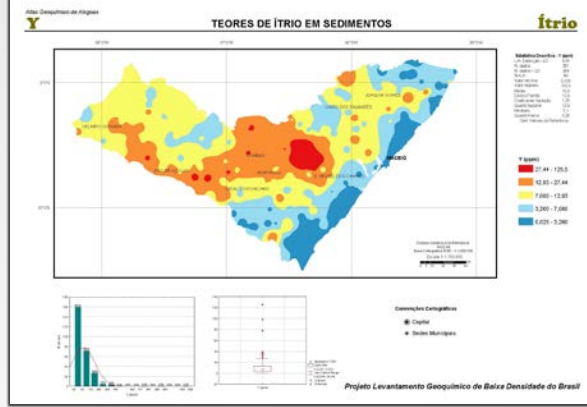
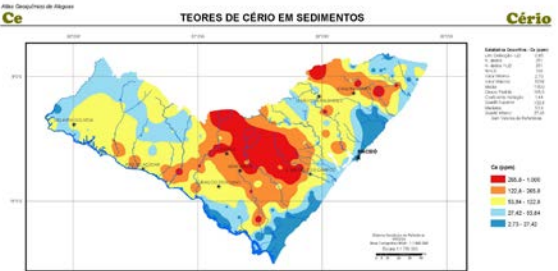
Creator: melissa.franzen

Project date: 10/09/2015

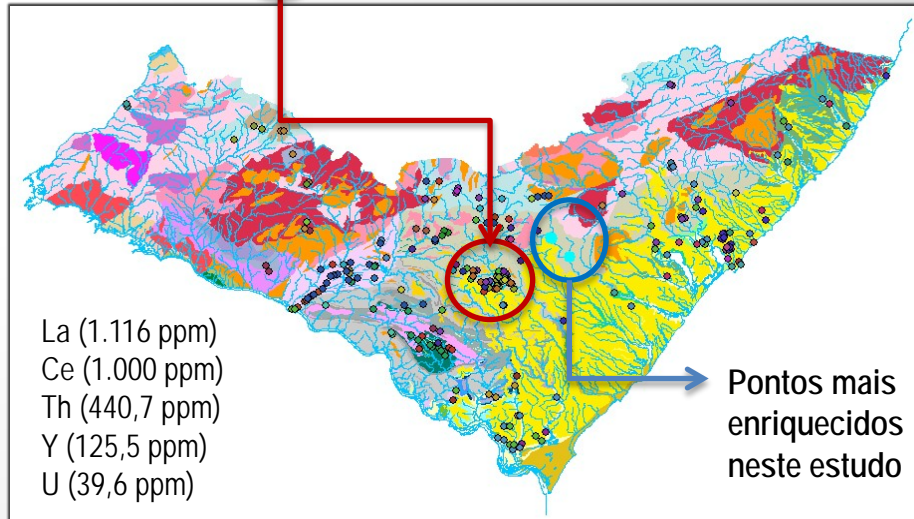
Report date: 09/29/2016



# TERRAS RARAS



Área de ocorrência de pegmatitos, enriquecida em TR



## CONCLUSÕES

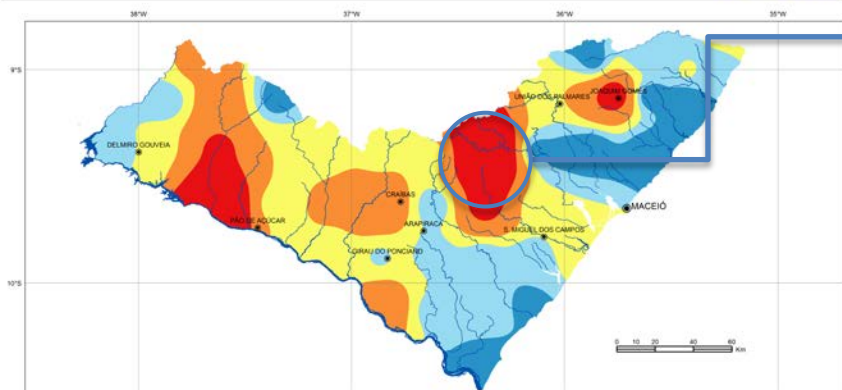
- A anomalia geoquímica de Ce e La coincide com as ocorrências de gemas hospedadas em pegmatitos nos municípios de Limoeiro de Anadia e Arapiraca, mas estende-se para nordeste em áreas até então não identificadas da mesma unidade geológica, abrindo novas perspectivas de ocorrências de gemas e minerais de ETR
- O levantamento geoquímico de baixa densidade mostrou-se muito útil no reconhecimento da paisagem geoquímica regional, estabelecimento de *background* e identificação de áreas com potencial prospectivo e/ou de alerta ambiental
- Evidenciou ainda que elementos relativamente abundantes podem ser utilizados como farejadores daqueles que não foram detectados, identificando alvos para posterior detalhamento

# OUTRAS INFORMAÇÕES RELEVANTES OBTIDAS NO PROJETO

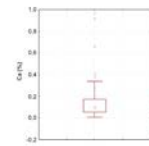
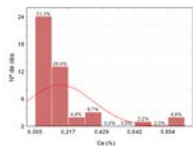
# PROSPECÇÃO DE NUTRIENTES

## TEORES EM SOLOS

### Ca - Cálcio



#### Ca (%)



#### Estadística Descritiva - Ca (%)

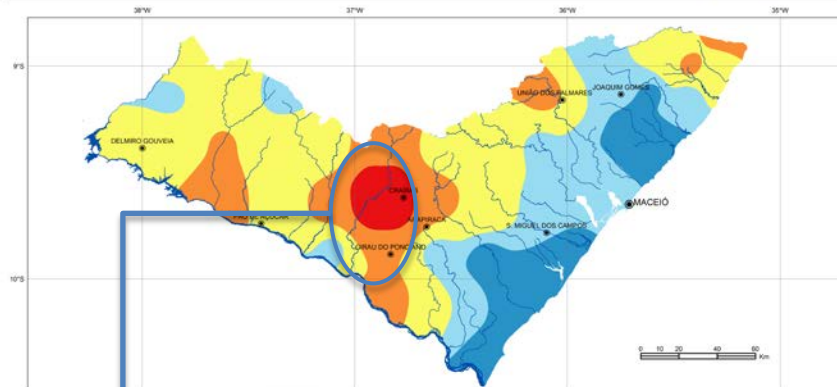
Lim. Detecção - LD	0,01
N. dados	45
N. dados > LD	43
%>LD	96
Valor Mínimo	0,005
Valor Máximo	0,96
Média	0,164
Desvio Padrão	0,21
Coefficiente Variação	1,28
Quartil Superior	0,17
Mediana	0,1
Quartil Inferior	0,05
Clarke	4,6

## DEPÓSITOS CONHECIDOS

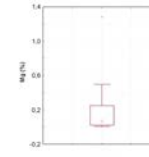
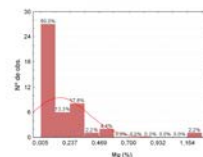
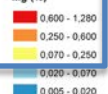
- Mármore em Paulo Jacinto (Cxo. Cabrobó, PE-AL)
- Calcários em Palmeira dos Índios (Arapiraca, Coruripe)

## TEORES EM SOLOS

### Mg - Magnésio



#### Mg (%)



#### Estadística Descritiva - Mg (%)

Lim. Detecção - LD	0,01
N. dados	45
N. dados > LD	43
%>LD	89
Valor Mínimo	0,005
Valor Máximo	1,28
Média	0,156
Desvio Padrão	0,22
Coefficiente Variação	1,41
Quartil Superior	0,25
Mediana	0,07
Quartil Inferior	0,02
Clarke	2,7

- Mármore dolomítico, asbesto e cal, em Belo Monte, Batalha e Jaramataia (Cxo. Araticum, Dom. Canindé)
- Mármore, Asbesto, Serpentinito (Dom. Jirau do Ponciano)

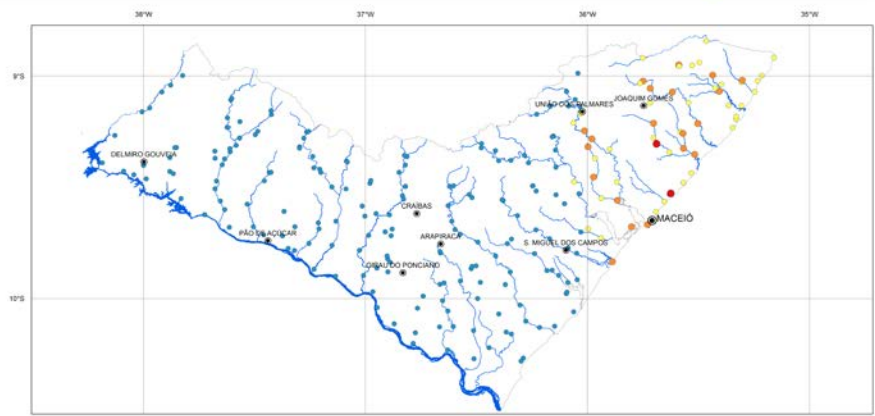


# DESTAQUES AMBIENTAL E PROSPECTIVO

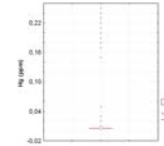
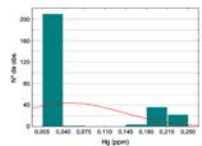
**Mercúrio** (CONAMA N<sub>1</sub> - 0,17 ppm) – Identificado em 60 amostras pouco acima do N<sub>1</sub>, com destaque em Flexeiras (0,25 ppm) e Maceió (0,24 ppm).

## TEORES EM SEDIMENTOS

### Hg - Mercúrio



- Hg (ppm)**
- 0,2301 - 0,2500
  - 0,2101 - 0,2300
  - 0,0501 - 0,2100
  - 0,0050 - 0,0500
  - Sede municipal
- Drenagem

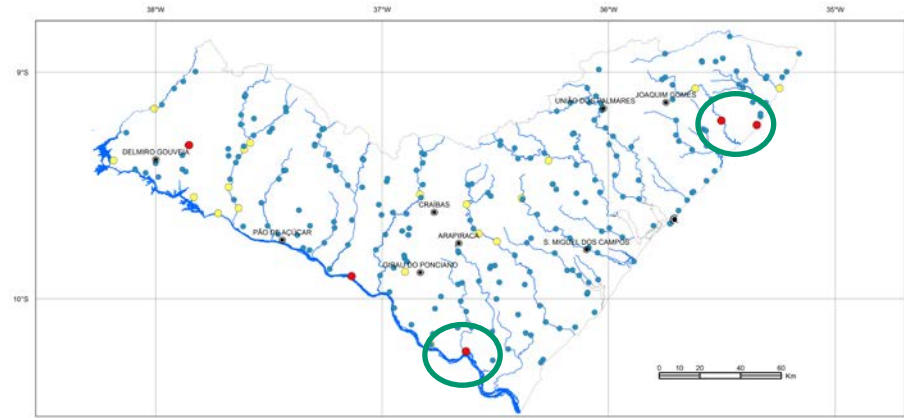


**Estatística Descritiva - Hg (ppm)**

Lim. Detecção - LD	0,01
N. dados	271
N. dados > LD	67
%LD	25
Valor Médio	0,005
Valor Máximo	0,25
Média	0,005
Desvio Padrão	0,096
Coefficiente Variação	1,71
Quartil Superior	0,005
Mediana	0,005
Quartil Inferior	0,005
N1 CONAMA	0,17
N2 CONAMA	0,488

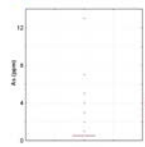
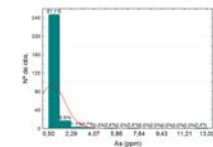
## TEORES EM SEDIMENTOS

### As - Arsênio



**As (ppm)**

- 3,00 - 13,0
  - 1,00 - 3,00
  - 0,50 - 1,00
  - Sede municipal
- Drenagem



**Estatística Descritiva - As (ppm)**

Lim. Detecção - LD	1
N. dados	271
N. dados > LD	48
%LD	17
Valor Médio	0,5
Valor Máximo	13
Média	0,768
Desvio Padrão	1,03
Coefficiente Variação	1,3
Quartil Superior	0,5
Mediana	0,5
Quartil Inferior	0,5
N1 CONAMA	5,9
N2 CONAMA	17

## PROSPEÇÃO / AMBIENTAL

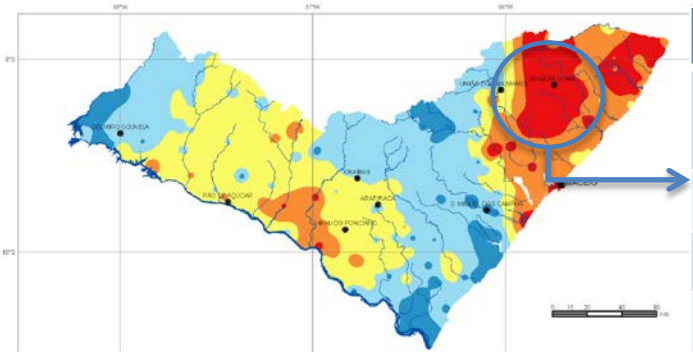
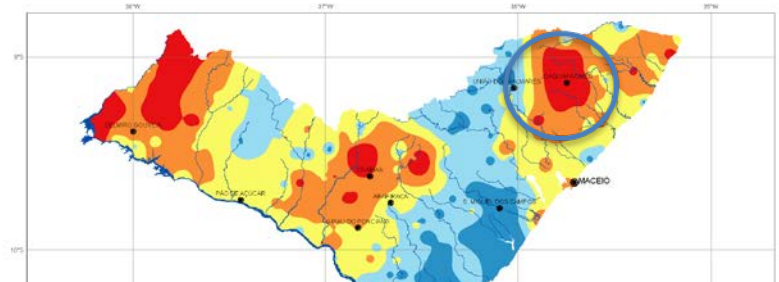
**Arsênio** (CONAMA N<sub>1</sub> – 5,9 ppm) – Pode ser oriundo da mineração de sulfetos (farejador Au)

- Penedo (13 ppm)
- São Miguel dos Milagres (7 ppm)

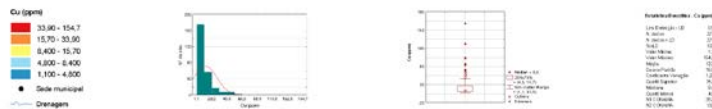
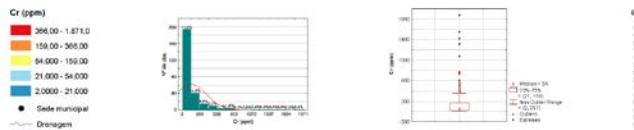
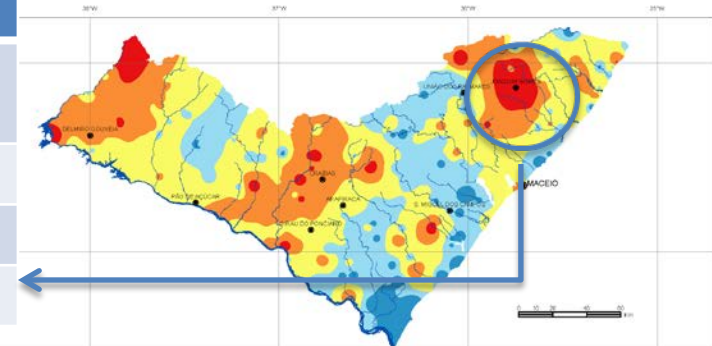


# DESTAQUES PROSPECTIVOS

- Em Joaquim Gomes foi identificada uma associação mineral com Cr, Ni e Cu, sobre zona de falha que afeta os granitóides da Suíte Intrusiva Itaporanga e os ortognaisses migmatizados do Cxo Belém de São Francisco



Teores em ppm		
	Clarke	Joaquim Gomes
Cr	122	1.871
Ni	99	214
Cu	68	155



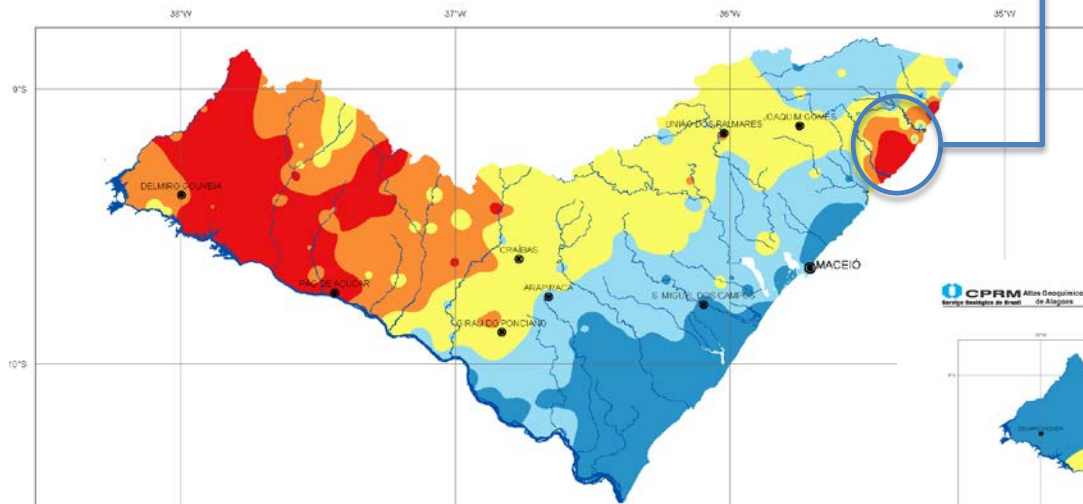
# INDÍCIO DE POTENCIAL PROSPECTIVO

## TEORES EM SEDIMENTOS

## Sr - Estrôncio

## ESTRÔNCIO

- São Miguel dos Milagres (1.970 ppm), o Sr se encontra altamente correlacionado com o Ca e S
- Em rochas sedimentares o Sr precipita como carbonato e sulfato

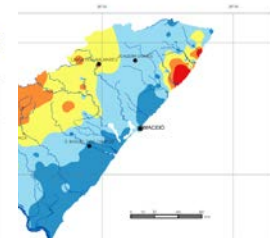
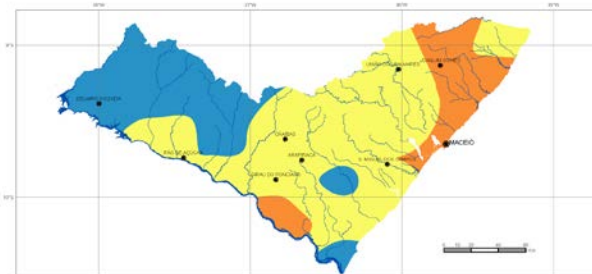


## TEORES EM SEDIMENTOS

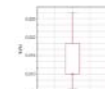
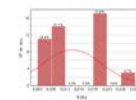
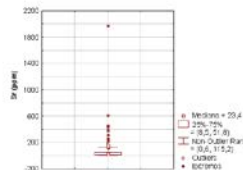
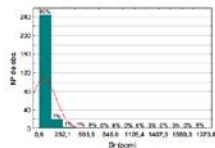
## Ca - Cálcio

## TEORES EM SOLOS

## S - Enxofre



### Sr (ppm)



Estadística Descritiva: S (%)

Min	0,000
Q1	0,000
Mediana	0,005
Q3	0,008
Max	0,010
Desvio Padrão	0,003
Coeficiente de Variação	0,571
Assimetria	0,221
Kurtose	0,211
Skewness	0,211
Kurtosis	0,211

Estadística Descritiva: Ca (%)

Min	0,000
Q1	0,000
Mediana	0,005
Q3	0,008
Max	0,010
Desvio Padrão	0,003
Coeficiente de Variação	0,571
Assimetria	0,221
Kurtose	0,211
Skewness	0,211
Kurtosis	0,211

## ABASTECIMENTO

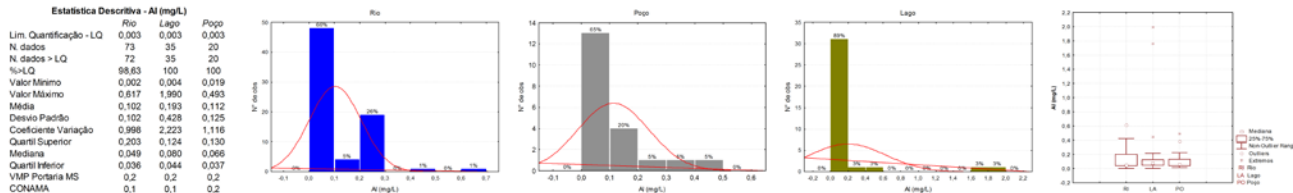
Alumínio - identificado em excesso em 39 pontos, com destaque para

- Paulo Jacinto (1,99 mg/L) e
- Pão de Açúcar (0,203 mg/L) que é responsável por grande parte do abastecimento do Sertão Alagoano



## CONAMA AI

Rio, Lago - 0,1 mg/L





**Obrigada pela atenção!**

Melissa Franzen  
Pesquisadora em Geociências

---

Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

Sede: SGAN-Quadra 603 - Conjunto J - Parte A - 1º andar  
Brasília - Distrito Federal - CEP.: 70830-030  
Tel.: 61 3223-1166 - Fax: 61 3223-6600

Superintendência de Recife  
Av. Sul, 2291 CEP 50770-011  
Tel.: 81 3316-1484 - Fax: 81 3316-1403

E-mail: [melissa.franzen@cprm.gov.br](mailto:melissa.franzen@cprm.gov.br)  
[www.cprm.gov.br](http://www.cprm.gov.br)