



SERVIÇO GEOLÓGICO
DO BRASIL - CPRM



RELATÓRIO DE ATIVIDADES DO PROJETO GEOBIODISPONIBILIDADE DE GERMÂNIO E LÍTIO – 2021



Realização
Departamento de Gestão Territorial (DEGET)
Divisão de Gestão Territorial (DIGATE)

2022

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministro de Estado

Adolfo Sachsida

Secretário Executivo

Hailton Madureira de Almeida

Secretária de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Líliá Mascarenhas Sant'agostino

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor-Presidente Interino

Cassiano de Souza Alves

Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial

Alice Silva de Castilho

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

Marcio José Remédio

Diretor de Infraestrutura Geocientífica

Paulo Afonso Romano

Diretor de Administração e Finanças

Cassiano de Souza Alves

COORDENAÇÃO TÉCNICA

Chefe do Departamento de Gestão Territorial

Diogo Rodrigues A. da Silva

Chefe da Divisão de Geologia Aplicada

Tiago Antonelli

Chefe da Divisão de Gestão Territorial

Maria Adelaide Mansini Maia

Chefe do Departamento de Hidrologia

Frederico Cláudio Peixinho

Chefe da Divisão de Hidrologia Aplicada

Adriana Dantas Medeiros

Chefe do Departamento de Informações Institucionais

Edgar Shinzato

Chefe da Divisão de Geoprocessamento

Hiran Silva Dias

Chefe da Divisão de Cartografia

Fábio Silva da Costa

Chefe da Divisão de Documentação Técnica

Roberta Pereira da Silva de Paula

Chefe do Departamento de Relações Institucionais e Divulgação

Patrícia Düringer Jacques

Chefe da Divisão de Marketing e Divulgação

David Teles Ferreira

Chefe da Divisão de Editoração Geral

Lucas Victor de Alcantara Estevão

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM
DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL

RELATÓRIO DE ATIVIDADES DO PROJETO GEOBIODISPONIBILIDADE DE GERMÂNIO E LÍTIO – 2021

(Acordo de Cooperação Técnica nº 018/CPRM/2020)

AUTORES

Cassio Roberto da Silva – SBG/CPRM
Eduardo Paim Viglio – SBG/CPRM
Silvio Roberto de Lucena Tavares – EMBRAPA



Rio de Janeiro, RJ
2022

CRÉDITOS TÉCNICOS

RELATÓRIO DE ATIVIDADES DO PROJETO GEOBIODISPONIBILIDADE DE GERMÂNIO E LÍTIO – 2021 (Acordo de Cooperação Técnica nº 018/CPRM/2020)

Departamento de Gestão Territorial

Diogo Rodrigues A. da Silva

Divisão de Gestão Territorial

Maria Adelaide Mansini Maia

Coordenação Técnica

Cassio Roberto da Silva, PhD.

Equipe Executora:

Geol. Cassio Roberto da Silva PhD.

Geol. Eduardo Paim Viglio MSc.

Eng. Agron. Silvio Roberto de Lucena Tavares PhD.

Estagiários:

Deborah Ribeiro Baptista

Julia Mançano Quintarelli

Tiago Gonçalves Cardoso

Revisão Técnica:

Geol. José Luiz Marmos, MSc.

Geol. Eduardo Paim Viglio

Eng. Albert Teixeira Cardoso

Geol. Marlon Hoelzel, MSc.

Geol. André Luís Invernizzi, MSc.

Geol. Eduardo Duarte Marques, DSc.

Normalização Bibliográfica:

Revisão Linguística

Irinéa Barbosa da Silva

Diagramação

Marina das Graças Perin

Fotos 1 e 2: Coleta de amostras de solos de 500 kg em plantação de milho do município de Maracaju, MS.

Créditos: Eduardo Viglio

Serviço Geológico do Brasil – CPRM

www.cprm.gov.br

seus@cprm.gov.br

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

S586r	Silva, Cassio Roberto da. Relatório de atividades do projeto geobiodisponibilidade de germânio e lítio – 2021: acordo de cooperação técnica n. 018/ CPRM/ 2020 / Cassio Roberto da Silva, Eduardo Paim Viglio, Silvio Roberto de Lucena Tavares. – Rio de Janeiro : CPRM, 2022. 1 recurso eletrônico ISBN 978-65-5664-330-4 1. Geologia econômica. 2. Recursos minerais. I. Viglio, Eduardo Paim. II. Tavares, Silvio Roberto de Lucena. III. Título. CDD 553
-------	--

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Teresa Rosenhayme CRB/7 5662

Direitos desta edição: Serviço Geológico do Brasil – CPRM

Permitida a reprodução desta publicação desde que mencionada a fonte.

APRESENTAÇÃO

O presente projeto teve origem numa proposta conjunta (Brasil-Portugal) entre Serviço Geológico do Brasil-CPRM (SGB/CPRM) e Universidade Federal do Ceará, representando o Brasil e as Universidades de Lisboa-Instituto Superior Técnico e a de Aveiro, representando Portugal, apresentada a CAPES e na Fundação para a Ciência e Pesquisa (FCT) de Portugal (CAPES - Comprovante de Inscrição 9789128/CAPES-FCT2017480728P 22/09/2017).

A referida proposta tinha por objetivo relacionar os teores de Li e Ge em solos, águas e hortícolas, investigando a biodisponibilidade destes elementos e os sistemas de transferência entre os meios amostrais, em áreas de estudo em Portugal e no Brasil já identificadas como anômalas, visando a potencial aplicação à saúde. O SGB/CPRM com foco no germânio e as Universidades de Portugal no lítio.

Convém destacar que essa iniciativa de projeto conjunto, ocorreu após pesquisadores portugueses tomarem conhecimento dos resultados de pesquisa elaborado pelo SGB/CPRM, através da apresentação na *7th International Conference on Medical Geology Moscow, Russia, August 28 – September 1, 2017*, denominada *“Distribution of Germanium in Soils in the Southeast and Parts of the Northeast and MidWest of Brazil and their Importation to Human Health”*.

Sendo que a mesma não foi selecionada, entretanto, face a relevância do projeto de P&DI, a EMBRAPA foi convidada a participar com o SGB/CPRM na execução do referido projeto no Brasil. A parceria foi consolidada através de Acordo de Cooperação Técnica (PROCESSO Nº 21201.003062/2018-14), sendo o Projeto denominado *“Investigação da geo-biodisponibilidade de Germânio e Lítio em áreas do sudeste, centro oeste e nordeste brasileiro, visando sua aplicação nas áreas médica e agrônômica”*.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. RELEVÂNCIA	2
3. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS	3
4. RESULTADOS DAS ATIVIDADES.....	6
4.1. RESULTADOS DE SOLO	10
4.2. RESULTADOS DE ÁGUA.....	13
4.3. RESULTADOS DE VEGETAIS.....	14
4.4. RESULTADOS DAS ATIVIDADES DA EMBRAPA-SOLOS	18
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	19
REFERÊNCIAS	20

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos tem-se verificado um interesse crescente pelo estudo de elementos vestigiais que possam ser benéficos para a saúde humana, os elementos germânio (Ge) e lítio (Li) incluem-se nesta última categoria, existindo evidências de serem elementos de elevado valor para a saúde pública.

O pesquisador de origem japonesa com especialização na Alemanha em Mineração e Metalurgia, Dr. Kazuhiko Asai, na década de 60, observou grandes concentrações de Ge em plantas medicinais e teve conhecimento de vários relatos russos acerca dos poderes de rejuvenescimento e uso no tratamento do cancro (Asai K., 1980). Usado na China, Coreia e Rússia, na prevenção de doenças e efeito curativo, usando plantas como: alho, broto de bambu, babosa, confrei, cogumelo de prateleira e ginseng japonês, as quais absorvem quantidades elevadas de Ge (Figura 1).

Asai (1980) também descobriu que a quantidade de Ge de uma planta varia de acordo com a qualidade do solo na qual ela cresce e que a adição no solo aumenta o crescimento. Ele concluiu que os benefícios terapêuticos dessas ervas eram em parte devido às grandes quantidades de Ge. Tradicionalmente tem sido considerado um elemento não essencial à saúde ambiental, no entanto, a forma química orgânica denominada germânio L32 (sesquióxido de 2 carboxietilgermanio), apresenta propriedades terapêuticas confirmadas, sem nenhum tipo de toxicidade, nem acúmulo no organismo.



Alimento	Germânio (mg)
Alho	75,4
Broto de bambu	1,5 a 2
Babosa (Aloe vera)	7,7
Bandai Udo (Aralia cordata)	7,2
Baternut (Trapajaponica Flerov)	23,9
Cevada Pérola (Coicis semen)	5
Cogumelo de Prateleira (Trametes cinnabarina)	80 a 200
Confrei (Symphytum officinale)	15,2
Ginseng Japonês (Panax ginseng)	26 a 32
Gromwell (Lithosemi radix ? Lithospermum officinale)	8,8
Musgo Bandai	25,5
Sanzukon (Codonopsis tangshen)	25,7
Semente de Boxthorn (Lycium chinense)	12,4
Sushi (Angelica pubescens Maxim.)	26,2
Wisteria (Wisteria floribunda)	10,8
Chorella (Spirulina sp)	7,6

Fonte: Livro Medicina Ortomolecular: Fundamentos e Prática do nutrólogo Miguel Curto (Editora Atheneu, 2015)

Figura 1 - Fontes de germânio natural em vários alimentos. (Curto, 2015)

O Ge orgânico vem sendo utilizado com sucesso pela medicina ortomolecular (Curto, 2015), com indicações nutraceuticas para as enfermidades oncológicas, estímulo do sistema imunológico e doenças degenerativas. As formas orgânicas são usadas como agente antiviral e imunoestimulante (5-30mg/dia).

Segundo Moura (2009), o Ge possui atividade antioxidante, facilitando a transferência eletrônica e estimulando a síntese de glutathione, aumenta a oxigenação dos tecidos, revelando-se importante em várias doenças do foro arterioesclerótico e vasculopático. Em relação ao seu teor (mg/kg) em alimentos, apresentaram para grãos concentrações médias de 0,09-0,7, em vegetais de 0,02-1,07 e em plantas alimentares uma variação de 0,01 – 0,10 (Kabata-Pendias, 2011).

.A forma inorgânica do elemento, considerada tóxica, é usada na indústria eletrônica como semicondutor, em processos de manufatura, como fibra óptica, catalisadores de polimerização, aplicações elétricas e eletrônicas solares e na metalurgia.

O lítio (Li) foi descoberto em 1817, é um elemento químico com número atômico 3 e massa atômica 7, contendo, na sua estrutura, três prótons e três elétrons, encontrado na natureza na forma de dois isótopos estáveis Li6 e Li7, este último respondendo por cerca de 93% do lítio natural. Nos últimos anos o uso do lítio tem sido muito valorizado, principalmente, como constituinte de baterias para veículos automotivos. Sendo que a relação entre o elemento e a saúde humana também foi evidenciada ao longo do tempo, desde a sua recomendação para o tratamento da gota (ineficaz) até à sua utilização, bem-sucedida, para tratar doenças do foro mental, quando administrado essencialmente sob a forma de Li_2CO_3 e em doses terapêuticas.

Através de diferentes estudos pode ser constatado que o elemento apresenta efeito neuroprotetor em pacientes com Alzheimer e em indivíduos em risco muito elevado para psicose.

Segundo Kousa *et al.* (2011) alguns dos usos farmacêuticos do lítio são: tratamento de transtorno bipolar afetivo, tratar e prevenir crises de maniaco depressivos, agente antimaniaco, diminuição de atividade anormal no cérebro, efeito neuroprotetor no tratamento da demência, esquizofrenia, alcoolismo, prevenir doenças neurodegenerativas, doença de Alzheimer, doença de Parkinson e risco de suicídio.

As maiores fontes de Li na dieta humana são os cereais e vegetais (0,5-3,4 mg/kg), produtos lácteos (0,5 mg/kg), carne (0,012 mg/kg) (WEINER, 1991) e água para consumo. A quantidade ideal de Li no corpo humano de 70 kg é de 7 mg de Li, no plasma é de 7-10 $\mu\text{g/L}$ o normal em humanos, segundo Ward *et al.*, 1994.

2. RELEVÂNCIA

O Ge e o Li são elementos pouco estudados, principalmente aos mecanismos de transferência solo-água-planta, o projeto ampliará o conhecimento caracterização geogênica e ambiental dos mesmos, bem como o estudo da sua geobiodisponibilidade.

A investigação a ser desenvolvida impactos econômicos e sociais dado que explora potenciais influências de recursos geológicos sobre plantas, e enriquecer a compreensão sobre as relações entre o ambiente natural e a saúde humana e potencial impacto.

Ademais, possibilitará promover a interação entre investigadores de ambas instituições contribuindo para o reforço das suas posições no panorama nacional e internacional em atividades de investigação da química ambiental e geologia médica, e a formação de recursos humanos numa área ainda muito carenciada.

O Serviço Geológico do Brasil – SGB/CPRM realiza desde 2008, o Projeto Levantamento Geoquímico de Baixa Densidade, o qual tem como principal objetivo: promover o conhecimento da distribuição dos elementos traço e compostos inorgânicos na superfície de todo o território brasileiro, fornecendo subsídios às outras ciências relacionadas ao setor mineral (prospecção e metalogenia), ao meio ambiente e ao desenvolvimento sustentável, como: agricultura, saúde humana e animal, e planejamento do uso da terra.

Os resultados geoquímicos desse estudo obtidos nos estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Bahia e Ceará, sinalizaram áreas onde os solos mostraram resultados acima do *background* regional. Desta forma, pretende-se realizar amostragens de solos agrícolas e análise de material vegetal para verificar se existe uma correlação positiva entre as transferências rocha-solo-água com o material vegetal. Será também investigado nos locais das amostragens o reconhecimento dos tipos de solo, bem como realizadas as coletas de água e da rocha subjacente.

3. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

Pesquisas bibliográficas efetuadas sobre o Ge apresentaram que várias plantas podem ser utilizadas para combater várias doenças, algumas contendo significativas quantidades de Ge, como: cogumelo de prateleira, alho, musgo bandai, aloe vera ou babosa, ginseng, confrei, dentre outros.

Os resultados em solo são similares aos encontrados na Europa, com valores de Ge de <0,02 a 0,26mg/kg e mediana de 0,035mg/kg, EUA (de 0,01 a 2,1mg/kg), em Portugal (<0,1 a 1,3mg/kg) e bem inferiores aos valores da China (de 1,2 a 3,2mg/kg) (Tabela 1). Preferencialmente o germânio ocorre em solos originados de rochas básicas (basaltos, anfíbolitos, turfás). Estes resultados influenciaram as pesquisas nas regiões onde os valores de Ge são elevados, para identificar as plantas que absorvem este elemento e que possam ser utilizadas pela medicina nutrológica (Tabela 1).

Tabela 1 - Correlação e teores de Ge em solo (mg/kg),*Kabata-Pendias, 2011.

Solos	Mínimo	Máximo	Mediana
Brasil	0,05	2,80	0,050
USA*	0,10	2,10	-
Europa*	0,02	0,26	0,035
Suécia*	0,05	0,64	-
China*	1,20	3,20	-
Portugal	0,10	1,30	-
Média na Crosta* : 1,50			
Alimentos*			
Grãos	0,09	1,70	-
Vegetais	0,02	1,07	-
Plantas comestíveis	0,01	0,10	-

Segundo, Kabata-Pendias (2011) o germânio encontrado na crosta terrestre varia de 1,4 a 1,6 mg/kg, nas rochas ígneas máficas e ácidas de 0,7 a 1,5 mg/kg, nas sedimentares de 0,1 a 2,5 mg/kg, com destaque para as argilosas. Os vários tipos de solos variam de 0,5 a 2,5, sendo mais alto nos podsolos e cambisolos (Tabela 2).

Em relação aos resultados de Ge em solos do Brasil, oriundos das rochas ígneas, sedimentares e de solos, são similares, entretanto, a média e a mediana são baixas, respectivamente 0, 0,76 e 0,05 mg/kg. Tendo a sua distribuição geográfica muito restrita, nas regiões pesquisadas, no Nordeste somente 7% e no Sudeste do Brasil foram 6% das amostragens acima do limite de detecção (0,05 mg/kg - Figura 2). Esses dados demonstram que os solos das regiões estudadas são pobres em germânio.

Erwin (2009), destaca que vários tipos de depósitos podem conter Ge como: 1. Sulfetos maciços vulcânicos(VHMS) Cu-Zn (Ba); 2. Veios porfiros Cu-Mo-Au; 3. Porfiro e veios stockwork Sn-Ag; 4.Veios Ag-Pb-Zn (Cu); 5. Sulfeto maciço sedimentar (SHMS) Zn-Pb-Cu (Ba); 6. Metais base em carbonatos polimetálicos Cu-Pb-Zn-Ge tipo Kipushi; 7. Minérios de óxidos de ferro e, 8. Ge em carvão e lignito. Frenzel, Ketris e Gutzmer. (2014) também destacam que o Ge tem sido recuperado da esfalerita, lignito e carvão.

Tabela 2 - Abundância de Ge em rochas e solos (mg/kg). Kabata-Pendias, 2011

	Mínimo	Máximo
Crosta Terrestre	1,4	1,6
Rochas ígneas		
Máfica	0,7	1,5
Acida	1,0	1,5
Rochas sedimentares		
Argilosas	1,0	2,5
Arenosas	0,8	1,4
Calcários	0,1	0,3
Solos média : 2,0		
Arenosolos (areia)	0,6	2,1
Podzolos (media argilosa)	1,0	2,5
Cambisolos (argiloso pesado)	1,0	2,5
Calcisolos (calcarias)	0,5	1,3
Histosolos (orgânicas)	0,8	1,6

Considerando que o teor de germânio nas plantas varia conforme sua disponibilização em solo, apresentam-se abaixo os resultados de Ge em amostras do horizonte B de solo (25x25km - 0,177mm –água-régia - ICP/MS), analisadas pelo laboratório da SGS-Geosol, em parte da Região Nordeste, estados de BA, AL, PB, PE e CE, Região Sudeste, estados de SP, RJ, MG, ES e em parte da Região Centro-Oeste, estado de Mato Grosso do Sul (Figura 2).

A distribuição do Ge no Nordeste, para uma área de 329.782km², com 486 amostras de solo, apresentou teores de <0,05 a >0,20 e mediana de 0,05 mg/kg, com os maiores valores (0,10 a 0,20 mg/kg) representando 7% do total das amostras.

No Sudeste e Centro-Oeste, a distribuição de Ge, para uma área de 1.283.745km², com 1904 amostras de solo, apresentou valores de <0,01 a 1,7 e mediana de 0,05 mg/kg, sendo que os maiores valores (0,10 a 1,7 mg/kg), representam 6% do total das amostras

A distribuição de Li do Projeto de Baixa Densidade (PGAGEM) do SGB/CPRM, em sedimentos (> 14 mg/kg) e solo (>11 mg/kg), apresentaram uma boa correlação (Figura 3) entre os valores elevados de Li no nordeste do Pará e em uma grande região dos estados do Ceará, Pernambuco, Paraíba, Alagoas, Bahia, Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo e Mato Grosso do Sul.

Em algumas regiões, ocorrem valores elevados de Ge e Li, no Ceará, Pernambuco, Minas Gerais, São Paulo e Mato Grosso do Sul.

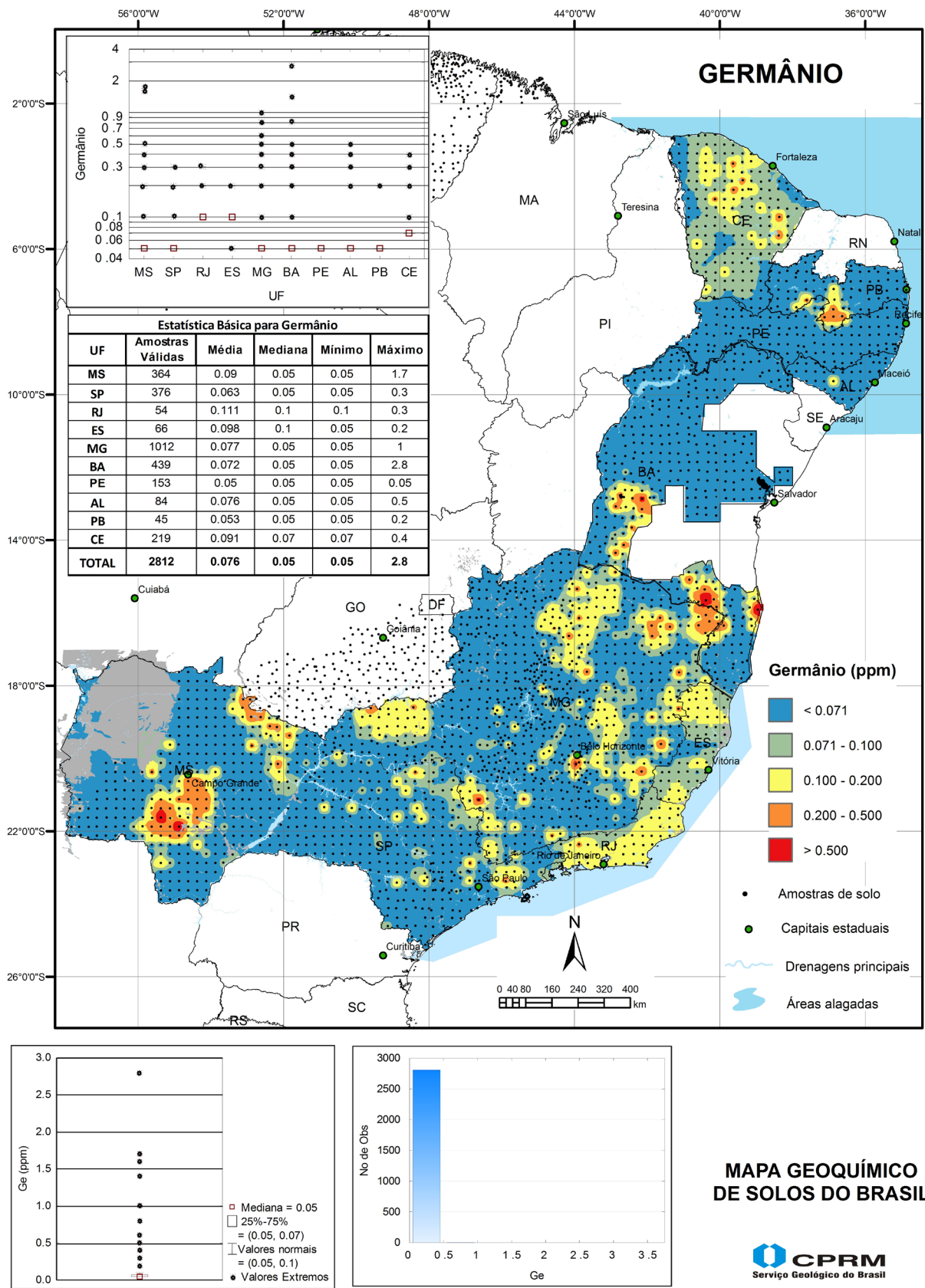


Figura 2 - Distribuição dos valores de germânio em solos, no Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste do Brasil e estatística básica total e pelos estados pesquisados. (Fonte: autores)

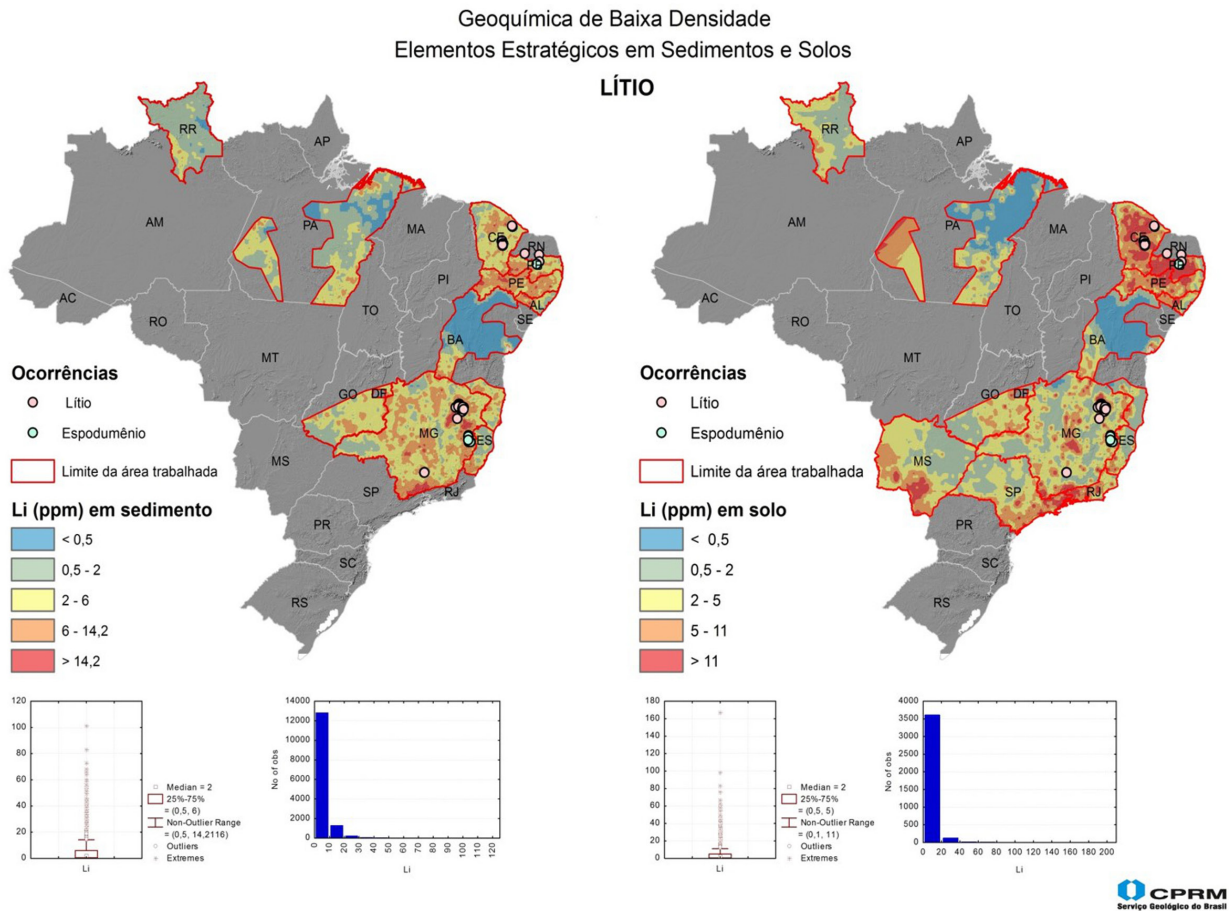


Figura 3 - Distribuição dos valores de Lítio em sedimento e solo, no Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste do Brasil e, a estatística básica total e pelos estados pesquisados. (Fonte: autores)

4. RESULTADOS DAS ATIVIDADES

Nas três campanhas efetuadas, em abril, junho e julho de 2018, foram coletadas ao todo 47 amostras de solo Top, 45 amostras de solo Sub, 46 amostras de água superficial utilizada para rega dos vegetais e 84 amostras de vegetais. A forma de coleta, tratamento e análise repetiu às utilizadas anteriormente. Com relação à coleta de solo, o SGB/CPRM promoveu a coleta dos horizontes superficiais e subsuperficiais, enquanto a Embrapa promoveu a coleta de todo o perfil do solo e, no ponto CS-L-40 no município Itaporã-MS, cerca de 500 kg de material. Esse ponto foi o que apresentou o valor (1,7 mg/kg) mais elevado das regiões Sudeste e Centro-Oeste, detectado pelo Projeto Geoquímica de Baixa Densidade

As estações amostradas tiveram por base as anomalias anteriormente detectadas nos trabalhos do Projeto Geoquímica MultiUso (PGAGEM) nos estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul. Elas estão representadas nos mapas das Figuras 4 e 9, a seguir, com os isotores de Ge e de Li no fundo, desenhados a partir dos resultados dos pontos originalmente amostrados no projeto citado acima. Foram delimitadas três áreas em São Paulo e uma área em Mato Grosso do Sul.

A Figura 4 apresenta os resultados de germânio em solos realizados pelo Projeto Geoquímica de Baixa Densidade em 2015 (antes de 2018) e, neste estudo, em 2018. Entretanto, os resultados deste estudo foram muito baixos em relação ao anterior, sendo assim nos mapas das Figuras 4, 5, 6, 7 e 8, são apresentadas a distribuição de lítio em água e solo, por terem bons resultados.

:

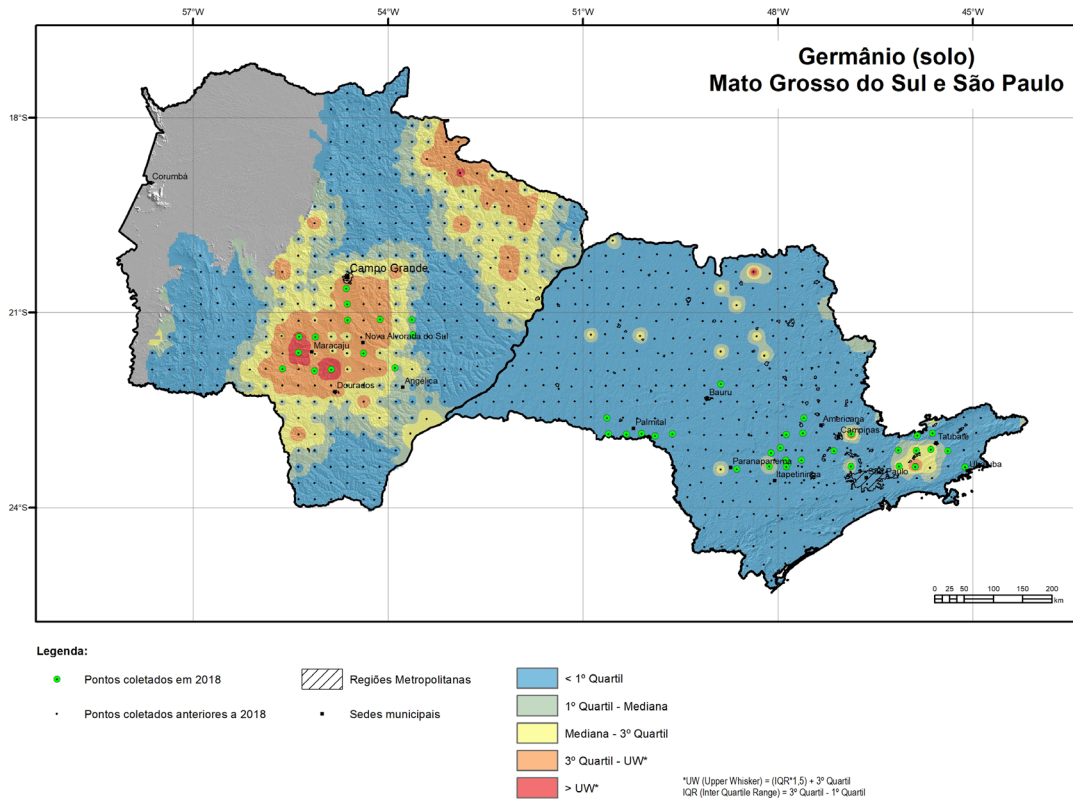


Figura 4 - Localização das três áreas amostradas antes de 2018 e, neste estudo, em 2018 para análise de germânio em solo: Maracaju-Nova Alvorada do Siul no estado de Mato Grosos do Sul, Paranapanema/Cajamar, Santa Cruz do Rio Pardo/Cruzália e Ubatuba/Santa Isabel no estado de São Paulo. (Fonte: autores)

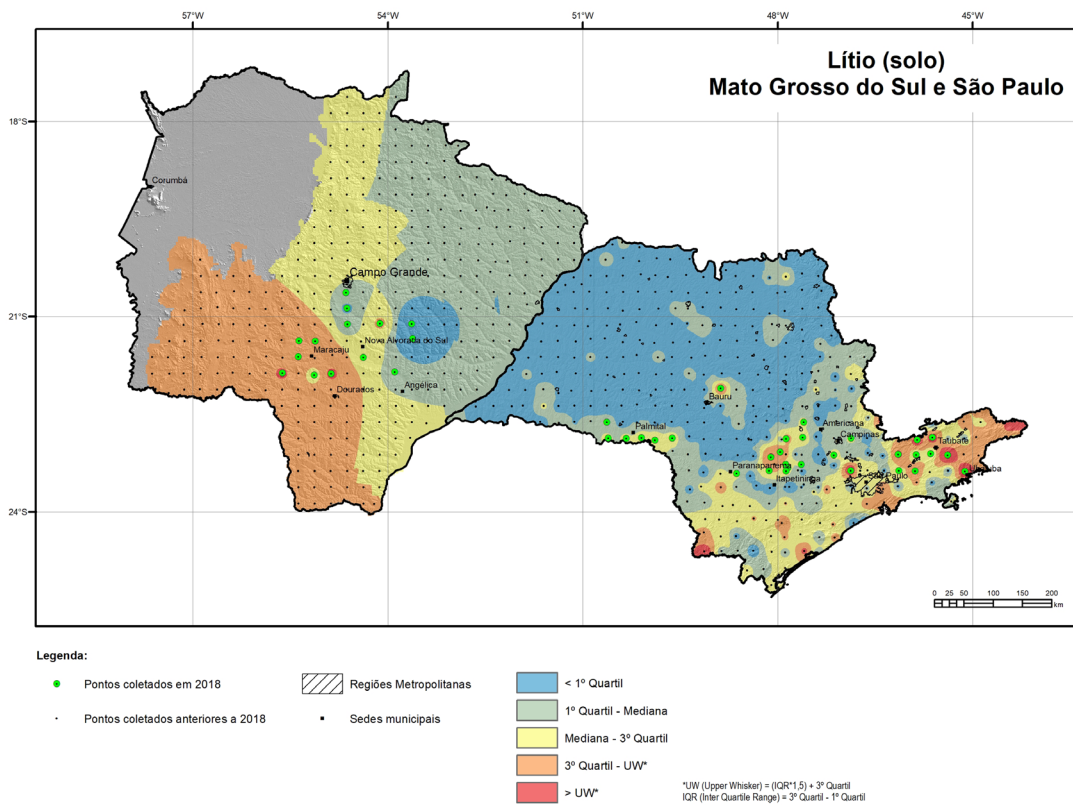


Figura 5 - Localização das três áreas amostradas antes de 2018 e em 2018, para análise de lítio em solo e dados estatísticos: Maracaju-Nova Alvorada do Sul no estado de Mato Grosso do Sul, Paranapanema/Cajamar e Ubatuba/Santa Isabel no estado de São Paulo. (Fonte: autores)

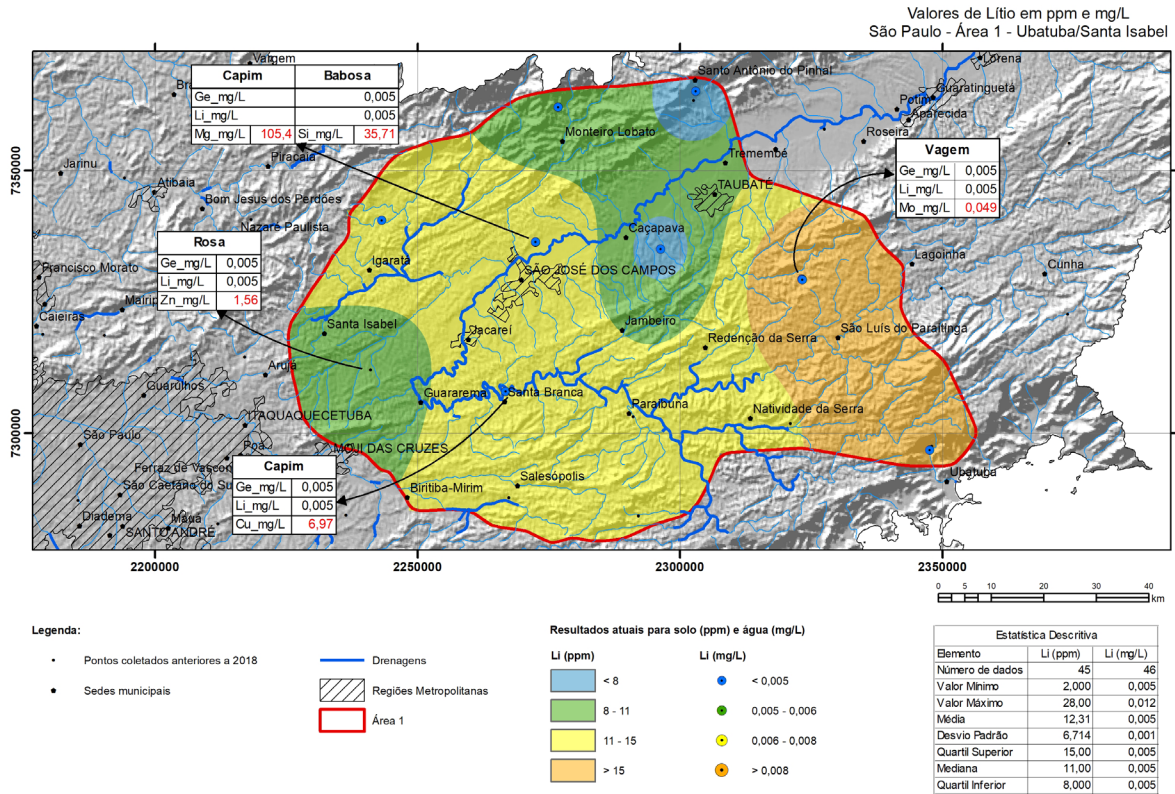


Figura 6 - Distribuição de lítio em solo e água e dados estatísticos, na área Ubatuba/Santa Isabel no estado de São Paulo. (Fonte: autores)

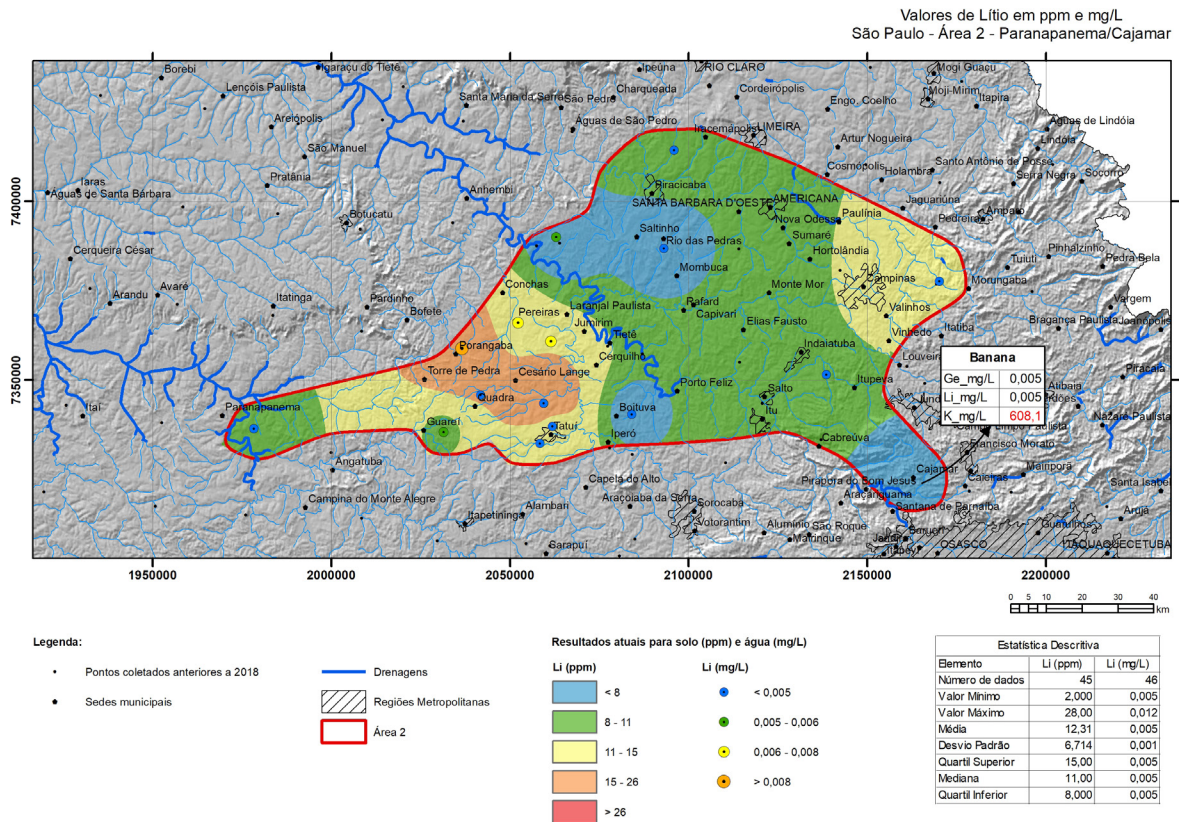


Figura 7 - Distribuição de lítio em solo e água e dados estatísticos, na área Paranapanema/Cajamar no estado de São Paulo. (Fonte: autores)

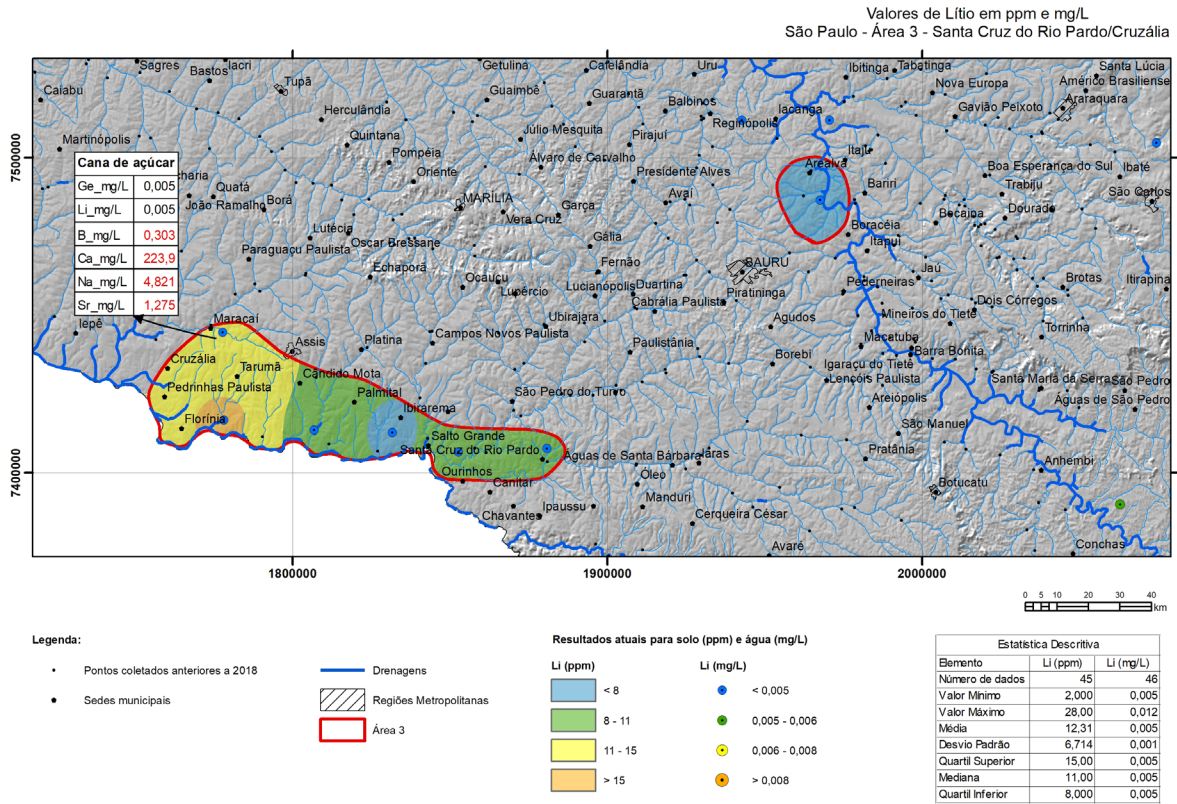


Figura 8 - Distribuição de lítio em solo e água e dados estatísticos, na área de Santa Cruz do Rio Pardo/Cruzália no estado de São Paulo. (Fonte: autores)

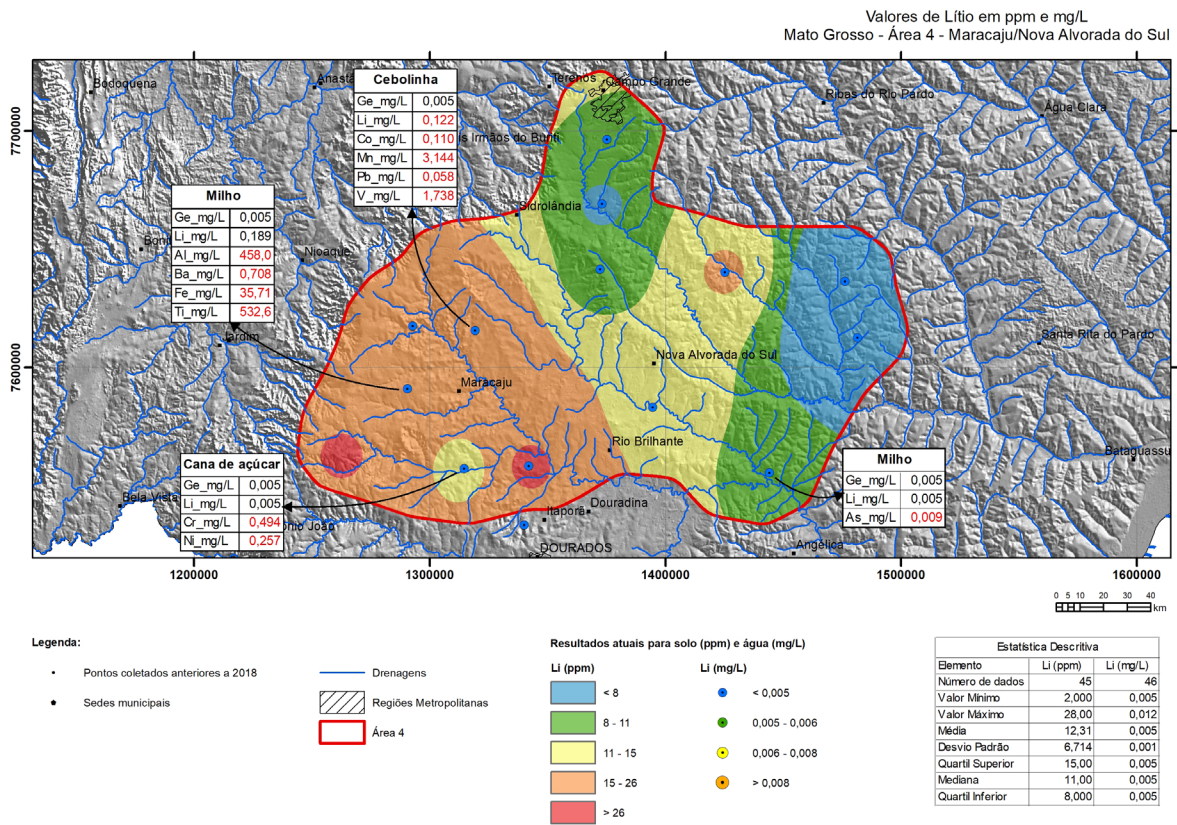


Figura 9 - Distribuição de lítio e dados estatísticos na área Maracaju/Nova Alvorada do Sul no estado do Mato Grosso do Sul. (Fonte: autores)

A título de comparação, a Tabela 3 apresenta os dados em vários tipos de ocorrência de lítio na Finlândia e na região litinífera de Araçuaí-MG, resultados deste projeto Ge e Li, análise de 884 amostras água pelo Lamim do SGB/CPRM em 2010 para atender ANM visando futura exploração comercial, distribuídas em todos estados e DF e, segundo Neves *et al.* (2018), águas de abastecimento público e engarrafada de Portugal. A região de Araçuaí destaca-se como tendo valores mais elevados de lítio em sedimento, água, solo e plantas. Entretanto, nas demais regiões os valores em solo da pesquisa atual são também significativos.

Tabela 3 - Correlação de valores de lítio na Finlândia e em Araçuaí-MG (região litinífera), projeto Ge e Li dos estados de Mato Grosso do Sul e São Paulo, em todo o Brasil (884 de água) e de Portugal. (fonte: autores)

Finlândia	Mediana	Limites
Sedimento	9,5 mg/kg	2,4 – 32 mg/kg
Água subterrânea	3,3 µg/L	< 0,3 – 47,3 µg/L
Água corrente	1,0 µg/L	0,2 – 7,0 µg/L
Plantas	0,6 mg/kg	
Araçuaí/MG-Brasil		
Sedimento	33,7 mg/kg	10,70 – 84,44 mg/kg
Solo	72,60 mg/kg	17,20 – 281,40 mg/kg
Água corrente	0,80 µg/L	0,70 – 4293,40 µg/L
Plantas	1,63 mg/kg	0,26 – 6,68 mg/kg
Plasma	1,06 µg/L	0,06 – 101,97 µg/L (884)
Projeto Ge e Li		
Solo top	11,0 mg/kg	2,0 – 33,00 mg/kg
Solo Sub	11,0 mg/kg	2,0 – 28,00 mg/kg
Água de superfície	5 µg/L	5 – 12 µg/L
Plantas	5 µg/L	5 – 190 µg/L
Brasil (884 de água)	Média 7,9 µg/L	Max 680 µg/L
Portugal (Neves, 2018)		
Água de abastecimento	4 µg/L	
Água engarrafada	14 µg/L	

A seguir, seguem os resultados das análises germânio e lítio (destaque em amarelo) e mais 52 elementos em solo TOP (superfície) e SUB (30 cm abaixo da superfície), em água e vegetais.

4.1. RESULTADOS DE SOLO

Tanto as amostras de solo superficial (TOP), Tabela 4, quanto as de subsuperficial (SUB), Tabela 5, obtiveram resultados elevados e acima dos valores indicadores de qualidade do VRQ do estado de São Paulo e da legislação CONAMA 420, para os elementos arsênio, bário, cobalto, cromo, cobre, mercúrio, manganês, níquel, chumbo, antimônio, vanádio e zinco. Destaca-se, também o valor elevado de fosfato tanto em superfície quanto em subsuperfície, indicando uma favorabilidade de ocorrência de depósitos desse elemento.

O elemento Ge não foi detectado em nenhuma das amostras. O Li apresentou mediana de 11 ppm nas amostras Top e Sub e valor máximo de 33 ppm (Top) e 28 ppm (Sub), valores acima do permitido para a saúde (NOAA). O sumário estatístico dos resultados obtidos encontra-se nas tabelas 4 e 5.

Tabela 4 - Resultados das amostragens em superfície (TOP) nos estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul. (Fonte: autores).

PROJETO BIOGEOBIODISPONIBILIDADE DE GERMÂNIO- LÍTIU- SÃO PAULO / MATO GROSSO DO SUL										Parâmetros Legais		
Parâmetros Estatísticos para SOLO TOP (% e ppm)										VRQ SP	Conama 420 de 28/12/2009	NOAA SQRT
Elemento	Unidade	Limite de Detecção	Num de Medidas	Medidas > Limite	Valor MÍNIMO	Valor Médio	Mediana	Valor MÁXIMO	Desvio Padrão			
Ge	ppm	0,1	47	0	0,05	0,05	0,05	0,05	0,00			-
Li	ppm	1	47	47	2,00	12,53	11,00	33,00	7,43			2
Ag	ppm	0,01	47	4	0,01	0,01	0,01	0,14	0,02	0,25	2	2
Al	%	0,01	47	47	0,65	4,46	4,59	10,74	2,08			-
As	ppm	1	47	46	0,5	5,31	3	32	5,81	3,5	15	0,9
Au	ppm	0,1	47	0	0,05	0,05	0,05	0,05	0			
B	ppm	10	47	0	5	5	5	5	0	-	-	0,5
Ba	ppm	5	47	47	9	84,15	59	499	88,06	75	150	160
Be	ppm	0,1	47	46	0,05	0,95	0,8	2,3	0,63			1,1
Bi	ppm	0,02	47	47	0,04	0,3	0,23	1	0,21			
Ca	%	0,01	47	45	0,01	0,12	0,1	0,37	0,09			
Cd	ppm	0,01	47	46	0,01	0,06	0,05	0,18	0,04	<0,5	1,3	0,8
Ce	ppm	0,05	47	47	12,37	61,11	60,42	150,87	29,21			
Co	ppm	0,1	47	47	1,00	16,87	4,90	82,90	21,51	13,00	25	2,4
Cr	ppm	1	47	47	6,00	42,21	37,00	129	25,4	40	75	0,38
Cs	ppm	0,05	47	47	0,21	2,47	1,86	8,53	1,78			
Cu	ppm	0,5	47	47	2,8	73,55	32,1	331,6	84,17	35	60	3,4
Fe	%	0,01	47	47	0,68	7,95	5,85	18,75	5,42		-	0,2%
Ga	ppm	0,1	47	47	1,4	20,62	19,9	40,80	10,58			-
Hf	ppm	0,05	47	41	0,03	0,51	0,22	2,68	0,61			-
Hg	ppm	0,01	47	44	0,01	0,06	0,04	0,29	0,06	0,05	0,5	0,3
In	ppm	0,02	47	46	0,01	0,08	0,07	0,15	0,04			
K	%	0,01	47	47	0,01	0,1	0,06	0,64	0,12			
La	ppm	0,1	47	47	1,6	18,4	16,4	46,3	9,79			50
Lu	ppm	0,01	47	47	0,01	0,17	0,11	0,59	0,15			
Mg	%	0,01	47	46	0,01	0,1	0,08	0,58	0,11			
Mn	ppm	5	47	47	65	640,15	353	2368	588,44		-	220
Mo	ppm	0,05	47	47	0,14	1,62	1,16	8,73	1,44	<4	30	3
Na	%	0,01	47	4	0,01	0,01	0,01	0,03	0			
Nb	ppm	0,05	47	47	0,47	1,71	1,27	6,69	1,38			
Ni	ppm	0,5	47	46	0,25	13,31	11	47,8	11,38	13	30	0,26
P	ppm	50	47	47	58	493,72	457	1062	255,66			
Pb	ppm	0,2	47	47	4	18,19	16,6	37,5	7,81	17	72	55
Rb	ppm	0,2	47	47	1,1	17,67	10,2	73,6	17,41			
Re	ppm	0,1	47	0	0,05	0,05	0,05	0,05	0			
S	%	0,01	47	42	0,01	0,02	0,02	0,06	0,01			0,12%
Sb	ppm	0,05	47	47	0,05	0,41	0,27	1,86	0,37	<0,5	2	3
Sc	ppm	0,1	47	47	1,5	23,12	15,1	67,6	19,11			
Se	ppm	1	47	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0,25	5	0,7
Sn	ppm	0,3	47	47	0,3	2,27	2,2	6,4	1,11			19
Sr	ppm	0,5	47	45	0,25	13,28	14	54,8	9,93			120
Ta	ppm	0,05	47	0	0,03	0,03	0,03	0,03	0			
Tb	ppm	0,02	47	47	0,04	0,52	0,4	1,42	0,33			
Te	ppm	0,05	47	11	0,03	0,04	0,03	0,18	0,03			600
Th	ppm	0,1	47	47	1,8	9,84	8,2	35,1	6,82			
Ti	%	0,01	47	45	0,01	0,22	0,11	1,38	0,29			1%
Tl	ppm	0,2	47	47	0,04	0,23	0,18	1,17	0,19			
U	ppm	0,05	47	47	0,34	1,84	1,27	6,23	1,36			5
V	ppm	1	47	47	7	245,53	155	794	219,98			58
W	ppm	0,1	47	24	0,05	0,11	0,1	0,3	0,08		-	400
Y	ppm	0,05	47	47	0,76	13,46	8,68	48,2	11,24			
Yb	ppm	0,1	47	47	0,05	1,23	0,8	4,2	1,05			
Zn	ppm	1	47	46	0,5	50,69	42	181	39,66	60	300	16
Zr	ppm	0,5	47	47	1,4	25,66	13,3	127,3	29,06			

Tabela 5 - Resultados das amostragens em subsuperfície (SUB) nos estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul. (Fonte: autores)

PROJETO BIOGEODISPONIBILIDADE DE GERMÂNIO- LÍTIU- SÃO PAULO / MATO GROSSO DO SUL												
Parâmetros Estatísticos para SOLO SUB (% e ppm)										Parâmetros Legais		
Elemento	Unidade	Limite de Detecção	Num de Medidas	Medidas > Limite	Valor MÍNIMO	Valor Médio	Mediana	Valor MÁXIMO	Desvio Padrão	VRQ SP	Conama 420 de 28/12/2009	NOAA SQRT
Ge	ppm	0,1	45	1	0,05	0,05	0,05	0,1	0,01			-
Li	ppm	1	45	45	2	12,31	11	28	6,71			2
Ag	ppm	0,01	45	0	0,01	0,01	0,01	0,01	0	0,25	2	2
Al	%	0,01	45	45	0,82	4,9	4,8	11,96	1,96			-
As	ppm	1	45	41	0,5	4,98	3	27	5,25	3,5	15	0,9
Au	ppm	0,1	45	0	0,05	0,05	0,05	0,05	0			
B	ppm	10	45	0	5	5	5	5	0	-	-	0,5
Ba	ppm	5	45	45	2,5	62,34	48	284	56,38	75	150	160
Be	ppm	0,1	45	45	0,1	0,88	0,8	2,4	0,59			1,1
Bi	ppm	0,02	45	45	0,04	0,32	0,25	1,02	0,22			
Ca	%	0,01	45	43	0,01	0,07	0,04	0,3	0,07			
Cd	ppm	0,01	45	38	0,01	0,03	0,03	0,11	0,02	<0,5	1,3	0,8
Ce	ppm	0,05	45	45	21,67	71,87	65,29	224,04	44,07			
Co	ppm	0,1	45	45	1,6	14,77	4,4	70,5	17,97	13	25	2,4
Cr	ppm	1	45	45	9	44,58	36	115	24,38	40	75	0,38
Cs	ppm	0,05	45	45	0,24	2,8	2,1	8,03	2,04			
Cu	ppm	0,5	45	45	2,9	72,08	32,4	288,4	78,75	35	60	3,4
Fe	%	0,01	45	45	0,75	8,83	6,85	18,75	5,75		-	0,2%
Ga	ppm	0,1	45	45	2	23,5	22,9	40	9,72			-
Hf	ppm	0,05	45	43	0,03	0,73	0,5	2,75	0,73			-
Hg	ppm	0,01	45	45	0,01	0,08	0,05	0,44	0,08	0,05	0,5	0,3
In	ppm	0,02	45	44	0,01	0,09	0,09	0,16	0,04			
K	%	0,01	45	44	0,01	0,07	0,05	0,22	0,06			
La	ppm	0,1	45	45	2	19,07	17,6	60,8	10,61			50
Lu	ppm	0,01	45	45	0,01	0,2	0,15	0,64	0,16			
Mg	%	0,01	45	45	0,01	0,06	0,05	0,19	0,04			
Mn	ppm	5	45	45	77	534,27	326	1792	525,08		-	220
Mo	ppm	0,05	45	45	0,19	1,62	1,17	8,27	1,42	<4	30	3
Na	%	0,01	45	2	0,01	0,01	0,01	0,02	0			
Nb	ppm	0,05	45	44	0,03	1,48	1,16	6,62	1,26			
Ni	ppm	0,5	45	45	1,1	12,93	8,9	40,6	10,46	13	30	0,26
P	ppm	50	45	45	68	388,73	311	1000	222,48			
Pb	ppm	0,2	45	45	4,4	17,3	16,2	37	6,73	17	72	55
Rb	ppm	0,2	45	45	0,8	15,2	8,5	74,5	16,67			
Re	ppm	0,1	45	0	0,05	0,05	0,05	0,05	0			
S	%	0,01	45	31	0,01	0,02	0,02	0,05	0,01			0,12%
Sb	ppm	0,05	45	45	0,07	0,43	0,26	1,78	0,41	<0,5	2	3
Sc	ppm	0,1	45	45	2	24,96	19,8	59,2	16,68			
Se	ppm	1	45	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0,25	5	0,7
Sn	ppm	0,3	45	45	0,4	2,59	2,6	7,1	1,08			19
Sr	ppm	0,5	45	39	0,25	8,45	6,7	38,9	7,97			120
Ta	ppm	0,05	45	1	0,03	0,03	0,03	0,06	0,01			
Tb	ppm	0,02	45	45	0,05	0,58	0,45	1,41	0,36			
Te	ppm	0,05	45	14	0,03	0,05	0,03	0,19	0,04			600
Th	ppm	0,1	45	45	2,2	12,34	9,4	50,1	9,97			
Ti	%	0,01	45	43	0,01	0,22	0,13	1,11	0,26			1%
Tl	ppm	0,2	45	44	0,01	0,21	0,18	1,06	0,19			
U	ppm	0,05	45	45	0,46	2,04	1,41	6,25	1,45			5
V	ppm	1	45	45	11	256,93	167	655	201,23			58
W	ppm	0,1	45	16	0,05	0,09	0,05	0,5	0,08		-	400
Y	ppm	0,05	45	45	0,98	14,88	10,45	43,26	11,83			
Yb	ppm	0,1	45	45	0,1	1,39	1	4,4	1,12			
Zn	ppm	1	45	44	0,5	40,68	30	115	30,6	60	300	16
Zr	ppm	0,5	45	45	1,9	33,93	22,5	119,6	31,56			

4.2. RESULTADOS DE ÁGUA

Para as amostras de água superficial foram coletadas e analisadas, o Ge e o Li, em destaque, e mais 24 elementos foram encontrados valores acima dos indicativos legais para os cátions de alumínio, cobre, ferro, manganês e zinco e para o ânion nitrato.

Os resultados podem ser vistos na Tabela 6. Foi implementada uma técnica de análise de Ge por meio de ICP-OES que não detectou o elemento em nenhuma das amostras analisadas. Já o Li, foi detectado em seis amostras obtendo mediana de 0,005 mg/L e valor máximo de 0,012 mg/L, Tabela 6.

Em sequência, são apresentados os resultados dos ânions brometo, cloreto, fluoreto, fosfato, nitrato, nitrito e sulfato, bem como o pH, oxigênio dissolvido (OD), condutividade elétrica e temperatura.

Tabela 6 - Resultados das amostragens em água nos estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul. (Fonte: autores)

PROJETO BIOGEOBIODISPONIBILIDADE DE GERMÂNIO E LÍTIU EM SP E MS										PARÂMETROS LEGAIS DE REFERÊNCIA		
Parâmetros Estatísticos para ÁGUA DE SUPERFÍCIE (mg/L)										PORT. MS 2914 / 2011	CONAMA 357	CONAMA 396
Elemento	Unidade	Limite de Detecção	Num de Medidas	Medidas > Limite	Valor MÍNIMO	Valor Médio	Mediana	Valor MÁXIMO	Desvio Padrão			
Ge	mg/L	0,001	46	0	0,01	0,01	0,01	0,01	0			
Li	mg/L	0,001	46	6	0,005	0,005	0,005	0,012	0,001		2,5	
Ag	mg/L	0,01	46	0	0,01	0,01	0,01	0,01	0			
Al	mg/L	0,01	46	23	0,01	0,023	0,01	0,139	0,029	0,2	0,1	0,2
As	mg/L	0,002	46	0	0,002	0,002	0,002	0,002	0	0,01	0,01	0,01
B	mg/L	0,007	46	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0		0,5	0,5
Ba	mg/L	0,01	46	43	0,01	0,052	0,032	0,35	0,064	0,7	0,7	0,7
Be	mg/L	0,001	46	0	0,002	0,002	0,002	0,002	0		0,04	0,004
Ca	mg/L	0,5	46	41	0,5	8,781	4,781	65,937	13,162			
Cd	mg/L	0,001	46	0	0,002	0,002	0,002	0,002	0	0,005	0,001	0,005
Co	mg/L	0,003	46	0	0,005	0,005	0,005	0,005	0		0,05	
Cr	mg/L	0,003	46	1	0,005	0,005	0,005	0,006	0	0,05	0,05	0,05
Cu	mg/L	0,002	46	21	0,005	0,012	0,005	0,047	0,011	2	0,009	2
Fe	mg/L	0,01	46	33	0,01	0,51	0,047	6,678	1,318	0,3	0,3	0,3
K	mg/L	0,1	46	42	0,1	1,98	1,477	12,324	2,161			
Mg	mg/L	0,01	46	46	0,028	3,237	1,985	17,955	4,485			
Mn	mg/L	0,01	46	25	0,01	0,051	0,014	0,399	0,083	0,1	0,1	0,1
Mo	mg/L	0,007	46	0	0,01	0,01	0,01	0,01	0			0,07
Na	mg/L	0,01	46	46	0,259	5,926	2,6	56,534	10,021	200		200
Ni	mg/L	0,007	46	0	0,005	0,005	0,005	0,005	0	0,07	0,025	0,02
Pb	mg/L	0,002	46	17	0,002	0,002	0,002	0,005	0,001	0,01	0,01	0,01
Sb	mg/L	0,002	46	1	0,002	0,002	0,002	0,003	0	0,005	0,005	0,005
Se	mg/L	0,002	46	2	0,005	0,005	0,005	0,007	0	0,01	0,01	0,01
Si	mg/L	0,01	46	46	1,009	10,047	8,874	37,021	6,917			
Sn	mg/L	0,01	46	0	0,01	0,01	0,01	0,01	0			
Sr	mg/L	0,01	46	37	0,01	0,062	0,035	0,613	0,108			
Ti	mg/L	0,005	46	0	0,005	0,005	0,005	0,005	0			
V	mg/L	0,01	46	2	0,005	0,005	0,005	0,024	0,003		0,1	0,05
Zn	mg/L	0,01	46	13	0,01	0,019	0,01	0,219	0,033	5	0,18	5
Brometo	mg/L	0,01	46	14	0,01	2,189	0,01	61,004	10,564			
Cloreto	mg/L	0,01	46	46	0,01	4,101	1,695	40,505	7,914	250	250	250
Fluoreto	mg/L	0,01	46	40	0,005	0,103	0,056	0,472	0,114	1,5	1,4	1,5
Fosfato	mg/L	0,01	46	8	0,02	0,173	0,02	3,933	0,611			
Nitrato	mg/L	0,01	46	42	0,01	2,54	0,52	19,923	4,418	10	10	10
Nitrito	mg/L	0,01	46	5	0,005	0,009	0,005	0,14	0,02	1	1	1
Sulfato	mg/L	0,01	46	35	0,01	1,141	0,246	16,181	2,958	250	250	250
pH	-	-	46	46	4,57	6,43	6,465	8,89	0,929		6 a 9	
Condut.	µS/cm	-	46	46	5,27	113,776	61,57	635,1	144,966		100	
OD	mg/L	-	46	46	3,3	6,083	5,945	9,95	1,541		> 2	
Temp	°C	-	46	46	17,4	22,285	22,35	29,1	2,703			

4.3. RESULTADOS DE VEGETAIS

Foram coletadas 84 amostras de vegetais, preferencialmente de sua parte comestível, sendo 15 frutas (3 abacates, 7 bananas, 1 limão, 1 açaí, 1 goiaba, 2 laranjas, 1 mexerica e uma uva), 21 legumes e verduras (açafreão, alho, 4 cebolinhas, couve, mandioca, 9 milhos, 2 quiabos, urucum e vagem), 20 outros vegetais comestíveis (babosa, 14 canas-de-açúcar, café, 2 mamonas e rosa) e 21 tipos diversos de capim. Os resultados em água para Ge e Li nos comestíveis apresentam baixos valores e são insignificantes para a ingestão visando a melhoria da saúde humana.

Foram obtidos altos valores de Al, Ba, Ca, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Sb e Zn, considerando os parâmetros legais da água. O sumário estatístico com os resultados encontra-se na Tabela 7.

Tabela 7 - Resultados das amostragens em vegetais nos estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul. (Fonte: autores)

PROJETO BIOGEODISPONIBILIDADE DE GERMÂNIO E LÍCIO EM SP E MS												
Parâmetros Estatísticos para VEGETAIS (mg/L)										PARÂMETROS LEGAIS PARA ÁGUA		
Elemento	Unidade	Limite de Detecção	Num de Medidas	Medidas > Limite	Valor MÍNIMO	Valor Médio	Mediana	Valor MÁXIMO	Desvio Padrão	PORT. MS 2914 / 2011	CONAMA 357	CONAMA 396
Ge	mg/L	0,001	84	0	0,005	0,005	0,005	0,005	0			
Li	mg/L	0,001	84	15	0,005	0,0114	0,005	0,1892	0,0262		2,5	
Ag	mg/L	0,01	84	0	0,01	0,01	0,01	0,01	0			
Al	mg/L	0,01	84	84	0,031	22,2408	0,5449	457,9773	77,1641	0,2	0,1	0,2
As	mg/L	0,002	84	13	0,002	0,0024	0,002	0,0092	0,0013	0,01	0,01	0,01
B	mg/L	0,007	84	21	0,1	0,1198	0,1	0,3034	0,0434		0,5	0,5
Ba	mg/L	0,01	84	63	0,01	0,1261	0,0448	0,7079	0,1698	0,7	0,7	0,7
Be	mg/L	0,001	84	0	0,002	0,002	0,002	0,002	0		0,04	0,004
Ca	mg/L	0,5	84	81	0,5	24,2143	11,3438	223,9193	34,6298			
Cd	mg/L	0,001	84	1	0,002	0,002	0,002	0,0022	0	0,005	0,001	0,005
Co	mg/L	0,003	84	25	0,005	0,0095	0,005	0,11	0,0171		0,05	
Cr	mg/L	0,003	84	83	0,005	0,0496	0,0271	0,4936	0,066	0,05	0,05	0,05
Cu	mg/L	0,002	84	81	0,005	0,1808	0,053	6,9733	0,7784	2	0,009	2
Fe	mg/L	0,01	84	81	0,01	18,3977	1,0999	532,6058	74,4247	0,3	0,3	0,3
K	mg/L	0,1	84	83	0,1	124,9964	113,1407	608,0515	107,0175			
Mg	mg/L	0,01	84	82	0,01	14,9192	11,2035	105,3864	14,2615			
Mn	mg/L	0,01	84	78	0,01	0,5468	0,1966	3,1442	0,7467	0,1	0,1	0,1
Mo	mg/L	0,007	84	8	0,01	0,0116	0,01	0,0494	0,0065			0,07
Na	mg/L	0,01	84	84	0,1	0,8071	0,4514	4,8214	0,9164	200		200
Ni	mg/L	0,007	84	66	0,005	0,0225	0,0095	0,2573	0,0374	0,07	0,025	0,02
Pb	mg/L	0,002	84	11	0,002	0,0035	0,002	0,0581	0,0074	0,01	0,01	0,01
Sb	mg/L	0,002	84	1	0,002	0,0021	0,002	0,0093	0,0008	0,005	0,005	0,005
Se	mg/L	0,002	84	0	0,005	0,005	0,005	0,005	0	0,01	0,01	0,01
Si	mg/L	0,01	84	84	0,5	9,0181	4,9627	35,7087	9,328			
Sn	mg/L	0,01	84	0	0,01	0,01	0,01	0,01	0			
Sr	mg/L	0,01	84	67	0,01	0,1562	0,0728	1,2754	0,2359			
Ti	mg/L	0,005	84	76	0,005	0,5319	0,0296	11,5819	1,7642			
V	mg/L	0,01	84	24	0,005	0,0573	0,005	1,7381	0,2567		0,1	0,05
Zn	mg/L	0,01	84	76	0,01	0,2791	0,1851	1,5634	0,3281	5	0,18	5

A Tabela 8 apresenta as 10 estações onde foram obtidos os valores máximos de 22 elementos para as amostras dos diversos vegetais coletados. A estação 5 é a única que possui duas amostras (capim raiz e babosa), que apresentaram os maiores valores de Mg e Si, respectivamente. As estações 33, 41 e 48 apresentaram a maior quantidade de valores máximos para cada amostra, sendo quatro elementos (B, Ca, Na e Sr) para a cana-de-açúcar da estação 33; cinco elementos (Li, Al, Ba, Fe e Ti) para o milho da estação 41; e quatro elementos (Co, Mn, Pb e V) para a cebolinha da estação 48.

Os *boxplots* estão agrupados por tipo de vegetal e apresentam os elementos que tiveram valores acima do limite de detecção (Figura 10). Os histogramas na Figura 11 mostram as classes de distribuição dos elementos com valores acima do limite de detecção, agrupados por ordem de grandeza dos valores em mg/L, sem separação do tipo de vegetal.

Tabela 8 - Resultados das amostragens em 10 estações de vegetação que se destacaram por terem 22 elementos com valores acima do limite de detecção nos estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul. (Fonte: autores)

Amostra	Vegetal	Li	Al	As	B	Ba	Ca	Co	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	Pb	Si	Sr	Ti	V	Zn
CSV001	Vagem	0,005	0,19	0,003	0,225	0,01	9,66	0,005	0,024	0,073	0,83	233,4	26,99	0,128	0,049	0,715	0,023	0,002	0,57	0,01	0,006	0,005	0,46
CSV004B	rosa	0,005	19,89	0,002	0,1	0,01	4,97	0,005	0,065	0,058	7,25	129,62	7,58	0,262	0,01	1,192	0,019	0,002	18,32	0,01	0,611	0,013	1,563
CSV005A2	Capim raiz	0,005	0,28	0,002	0,179	0,387	164,34	0,005	0,024	0,057	0,22	270,21	105,39	1,619	0,01	1,664	0,007	0,002	2,51	0,934	0,033	0,005	0,217
CSV005C	babosa	0,038	27,14	0,002	0,1	0,508	37,48	0,008	0,083	0,061	13,45	24,45	14,21	1,614	0,01	1,521	0,032	0,002	35,71	0,278	0,735	0,018	0,328
CSV006B1	Capim folha	0,034	403,06	0,002	0,1	0,697	4,17	0,009	0,21	6,973	140,93	42,81	4,94	0,777	0,01	2,16	0,052	0,002	32,69	0,205	3,772	0,261	1,509
CSV011A	banana	0,005	0,19	0,002	0,236	0,033	34,62	0,008	0,022	0,13	0,33	608,05	30,84	0,122	0,01	0,426	0,015	0,002	5,06	0,15	0,013	0,005	0,292
CSV033	cana de açúcar	0,005	1,3	0,002	0,303	0,327	223,92	0,011	0,018	0,031	1,17	450,58	50,8	0,191	0,032	4,821	0,005	0,002	4,56	1,275	0,063	0,005	0,18
CSV041A	cebolinha	0,189	457,98	0,002	0,1	0,708	60,3	0,109	0,167	1,067	532,61	135,37	26,46	2,247	0,01	0,944	0,153	0,003	19,78	0,923	11,582	1,565	0,524
CSV046A	cana de açúcar	0,005	0,42	0,002	0,1	0,034	6,26	0,009	0,494	0,034	2,65	6,53	6,91	0,252	0,01	0,166	0,257	0,002	6,1	0,026	0,03	0,005	0,05
CSV048B	cebolinha	0,122	319,83	0,002	0,1	0,555	104,22	0,11	0,205	1,357	395,44	81,82	20,73	3,144	0,01	3,413	0,145	0,058	17,61	0,843	8,965	1,738	1,176
CSV051	milho	0,005	0,14	0,009	0,1	0,01	2,41	0,005	0,023	0,041	0,45	49,74	15,2	0,066	0,01	0,157	0,006	0,002	0,5	0,01	0,016	0,005	0,276

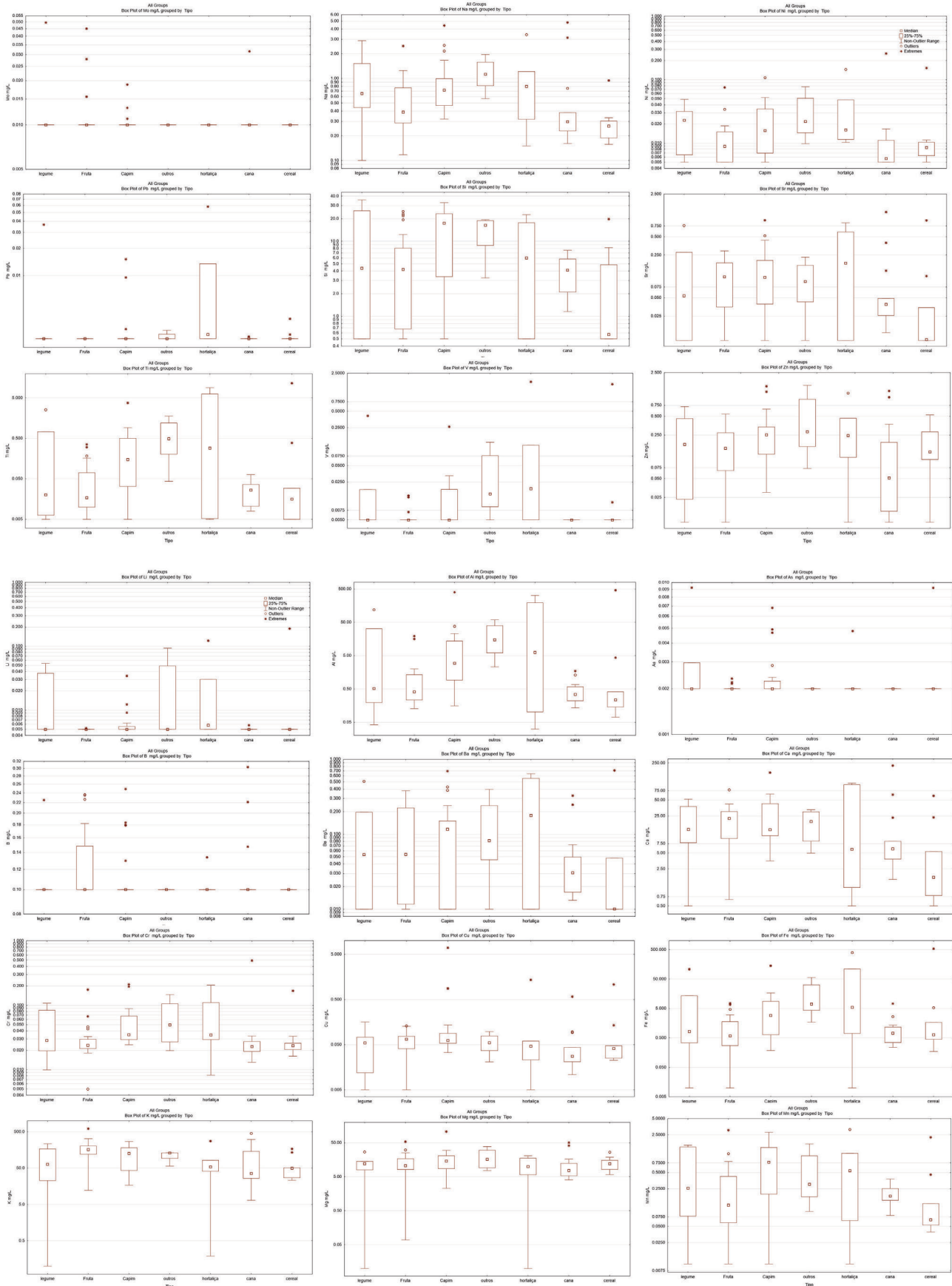


Figura 10 - Boxplots com valores acima do limite de detecção obtidos nas amostras de vegetais. (Fonte: autores)

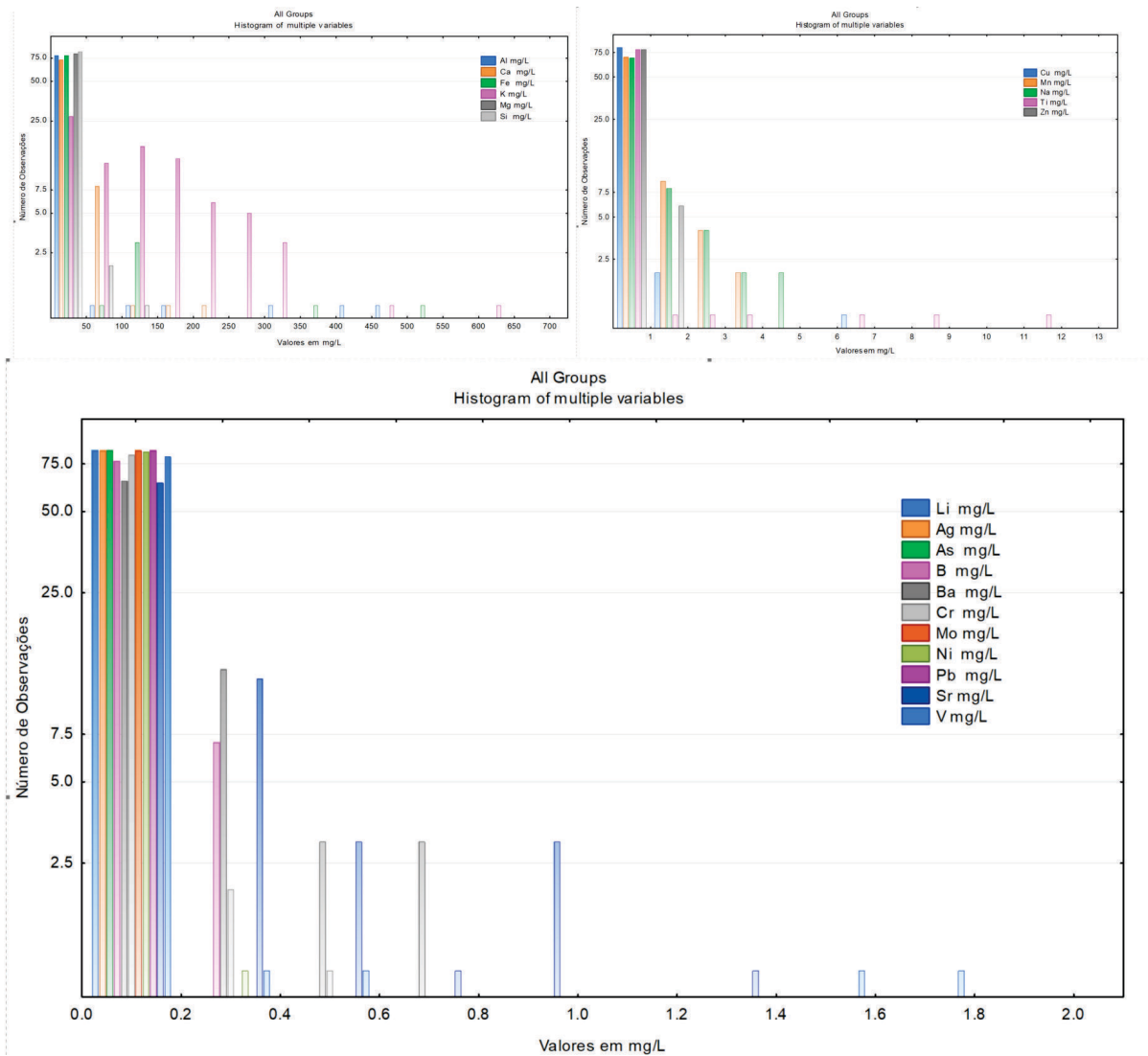


Figura 11 - Histogramas com valores máximos obtidos nas amostras de vegetais. (Fonte: autores)

4.4. RESULTADOS DAS ATIVIDADES DA EMBRAPA-SOLOS

O engenheiro agrônomo Silvio Tavares, da Embrapa Solos apresentou os primeiros resultados do projeto relacionados às análises dos vegetais, dos solos e dos experimentos realizados com os solos coletados (500 kg no ponto em CS-L-40) – plantio de espécimes vegetais em 28 vasos. Para possibilitar esses estudos, duas dissertações de mestrado em Química na UFF, sob a co-orientação do dr. Silvio, estudaram em detalhe as melhores formas de análise do Ge por ICP e como seria a sua extração do solo amostrado, com diversos espécimes vegetais, já utilizados em projetos de fitominação pelo pesquisador da Embrapa.

A primeira dissertação teve como objetivo otimizar a metodologia de técnicas espectrométricas para a determinação de germânio em amostras de solos e vegetais, visto que o mesmo ocorre em concentrações muito baixas, é um elemento pouco estudado e com escassez de dados na literatura. Na pesquisa, foi verificado que o Ge possui quatro isótopos, mas que os dois principais são o ^{72}Ge e ^{74}Ge e que existem diversos elementos que podem mascarar a presença de Ge nas amostras em função dos gases utilizados na análise e dos ácidos usados na abertura. Dentre os principais resultados destaca-se que: o método mais comum (EPA3051) de extração de Ge das amostras não se mostrou eficiente; os solos brasileiros apresentam carência de Ge no solo; o fato de ser possível corrigir a interferência de Fe e quantificar o Ge nas amostras de vegetais; que é necessário o uso do ICP-MS frente à baixa sensibilidade apresentada pelo ICP-OES; e que outros métodos de decomposição das amostras vegetais podem ser tentados em estudos futuros.

A segunda dissertação, ainda não concluída, teve como foco o estudo de vegetais com potencial para fitoextrair o Ge do solo, ou seja, absorvê-lo pelas raízes e distribuí-lo para caule e folhas, sendo escolhidas inicialmente a cebolinha, que teve uma amostra apresentando Ge, e o capim vetiver, já usado pelo pesquisador em outros projetos de fitomineração. O estudo com a cebolinha foi descontinuado por ser necessária uma grande área plantada para a obtenção da massa vegetal necessária para as análises.

O capim vetiver foi plantado em 28 vasos contendo solo da área de Maracaju, MS, sendo fortificados por Ge laboratorial em sete níveis, ou seja, soluções contendo 0,5mg/kg, 1, 1,5, 2,0, 2,5 e 3,0 mg/kg foram aspergidas sobre o solo, ao longo de um ciclo de 6 meses, com três cortes do capim a cada 60 dias, para análise de Ge. A fitoextração do Ge em todos os ciclos trabalhados manteve um modelo linear, ou seja, a cada aumento na fortificação de Ge laboratorial houve aumento no teor de Ge na planta. Além disso, a transferência raiz/parte aérea mostrou-se efetiva e o elemento demonstrou possuir uma boa mobilidade tanto no solo quanto no vegetal.

Dessa maneira, a dissertação avaliou que o capim vetiver tem um grande potencial e, devido a sua grande plasticidade, pode ser usado para a fito extração de germânio visando, inclusive, o uso industrial.

O projeto deve continuar estudando as anomalias do Espírito Santo e Minas Gerais/Bahia, desta vez com a coleta também do vegetal integral com seu solo original, de forma a avaliar também o papel da biota na transferência do Ge. Devido ao envolvimento de diversos processos e diversificados profissionais, podemos considera-lo como um polo de desenvolvimento de ciência e tecnologia do SGB/Embrapa Solos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados das análises das amostras coletadas nos alvos nos estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul, onde o projeto Geoquímica de Baixa Densidade do SGB/CPRM detectou, em 2015, valores elevados de Ge e/ou Li em solo. Entretanto, o resultado das análises desta pesquisa praticamente não detectou Ge em solo, água e em vegetais, apesar do referido elemento ser muito raro. É necessário também, citar que provavelmente a metodologia executada no laboratório não correspondeu às expectativas.

Várias pesquisas internacionais mostram que, apesar de raro, o Ge ocorre como subproduto de minerações de metais, semimetais, ferrosos e carvão. Estas informações potencializam a exploração de Ge em rejeitos das minas que contenham os referidos minérios no território brasileiro.

O lítio foi detectado com valores elevados em solo, podendo indicar favorabilidade a ocorrer depósitos desse elemento nas regiões de Maracaju no MS, Florinia, Cesario Lange e Ubatuba em SP, podendo ser benéfico a saúde a ingestão através de águas que permeiam esse solo e plantas comestíveis.

Os resultados alcançados pelos experimentos da Embrapa-Solos focando somente o Ge, teve sucesso com o capim vetiver, o qual tem alto potencial para ser usado na fitoextração do citado elemento.

Deve-se destacar que esse projeto é inovador, necessitando de mais pesquisas e desenvolvimento de conhecimentos para avaliar as propriedades, comportamentos e disponibilização de Ge e Li, que possam ser utilizados como metais econômicos e para a saúde humana.

Para as etapas seguintes prevista, sugere-se amostrar e analisar, além dos alvos em MG, ES, BA, PE, CE e RR, detectados pelo projeto Geoquímica de Baixa Densidade, também os rejeitos e bota-fora de minas de Pb, Zn e Cu, do Vale do Rio Ribeira SP/PR, Sepetiba-RJ, Boquira e Santo Amaro-BA, em vista da afinidade dos elementos com o Ge.

REFERÊNCIAS

- ASAI, K. **Miracle Cure**: Organic Germanium. Tokyo: Japan Publications, 1980.
- CURTO, M. **Medicina Ortomolecular**: fundamentos e prática. São Paulo: Atheneu. 2015. 476 p. ISBN 978-85-388-0661-5
- ERWIN, R. Germanium: environmental occurrence, importance and speciation. **Rev Environ Sci Biotechnol**, n.8, article 29, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11157-008-9143-x>
- FRENZEL M.; KETRIS, M. P.; GUTZMER, J. On the geological availability of germanium. **Miner Deposita**, n. 49, p. 471-486, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00126-013-0506-z>
- KABATA-PENDIAS, A. **Trace elements in soils and plants**. 4.ed. New York: CRC Press, 2011. 505 p. ISBN 978-1-4200-9368-1
- KOUSA, A. *et al.* (2011) Hi-tech-metal Lithium in the Natural Environment and Health Issues. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MEDICAL GEOLOGY, 4., 2011, Bari, Italia. **Book of abstracts**. Bari: Digilabs, 2011. P. 99.
- MOURA, J. G. P. (2009). **Nutrientes e Terapêutica**. 2.ed. rev. e ampl. Pelotas: Visão, 2009. Cap.2: Minerais, p.57-59.
- NEVES, O.; MACHETE, I.; MARQUES, J. M.; DA SILVA, J. A. L.; COUTO, F. Lítio em águas engarrafadas e de abastecimento público portuguesas. **Comunicações Geológicas**, v. 102, Especial 1, p. 103-106, 2015.
- WARD, A. C. *et al.* Vectors for Cu(2+)-inducible production of glutathione S-transferase-fusion proteins for single-step purification from yeast. **Yeast**, v. 10, n. 4, p. 441-449, abr. 1994.
- WEINER, M.I. Overview of lithium toxicity. *In*: SCHRAUZER, G. N., KLIPPEL, K. F. (Eds.) **Lithium in Biology and Medicine**. Weinheim: VCH, 1991. P. 83-99.

O SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM E OS OBJETIVOS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - ODS

Em setembro de 2015 líderes mundiais reuniram-se na sede da ONU, em Nova York, e formularam um conjunto de objetivos e metas universais com intuito de garantir o desenvolvimento sustentável nas dimensões econômica, social e ambiental. Esta ação resultou na *Agenda 2030*, a qual contém um conjunto de 17 *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS*.

A Agenda 2030 é um plano de ação para as pessoas, para o planeta e para a prosperidade. Busca fortalecer a paz universal, e considera que a erradicação da pobreza em todas as suas formas e dimensões é o maior desafio global, e um requisito indispensável para o desenvolvimento sustentável.

Os 17 ODS incluem uma ambiciosa lista 169 metas para todos os países e todas as partes interessadas, atuando em parceria colaborativa, a serem cumpridas até 2030.



O Serviço Geológico do Brasil – CPRM atua em diversas áreas intrínsecas às Geociências, que podem ser agrupadas em três grandes linhas de atuação:

- Geologia e Recursos Minerais;
- Geologia Aplicada e Ordenamento Territorial;
- Hidrologia e Hidrogeologia.

Todas as áreas de atuação do SGB-CPRM, sejam nas áreas das Geociências ou nos serviços compartilhados, ou ainda em seus programas internos, devem ter conexão com os ODS, evidenciando o comprometimento de nossa instituição com a sustentabilidade, com a humanidade e com o futuro do planeta.

A tabela a seguir relaciona as áreas de atuação do SGB-CPRM com os ODS.

ÁREA DE ATUAÇÃO GEOCIÊNCIAS

LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS



LEVANTAMENTOS AEROGEOFÍSICOS



AVALIAÇÃO DOS RECURSOS MINERAIS DO BRASIL



LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS MARINHOS



LEVANTAMENTOS GEOQUÍMICOS



LEVANTAMENTOS BÁSICO DE RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS



PREVISÃO DE ALERTA DE CHEIAS E INUNDAÇÕES



AGROGEOLOGIA



LEVANTAMENTOS BÁSICO DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS



RISCO GEOLÓGICO



GEODIVERSIDADE



PATRIMÔNIO GEOLÓGICO E GEOPARQUES



ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO



GEOLOGIA MÉDICA



RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS PELA MINERAÇÃO



ÁREA DE ATUAÇÃO SERVIÇOS COMPARTILHADOS

GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO



TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO



LABORATÓRIO DE ANÁLISE MINERAIS



MUSEU DE CIÊNCIAS DA TERRA



PALEONTOLOGIA



PARCERIAS NACIONAIS E INTERNACIONAIS



REDE DE BIBLIOTECAS



REDE DE LITOTECAS



ÁREA DE ATUAÇÃO PROGRAMAS INTERNOS

SUSTENTABILIDADE



PRÓ-EQUIDADE



COMITÊ DE ÉTICA



Maiores informações: <http://www.cprm.gov.br/publique/Sobre-a-CPRM/Responsabilidade-Social/Objetivos-de-Desenvolvimento-Sustentavel---ODS-319>

ISBN 978-65-5664-330-4

Sede Brasília

Setor Bancário Norte - SBN
Quadra 02, Asa Norte
Bloco H - Edifício Central Brasília
Brasília - DF
CEP 70040-904
Tel.: (61) 2108-8400

Escritório Rio de Janeiro - ERJ

Av. Pasteur, 404 - Urca
Rio de Janeiro - RJ
CEP 22290-255
Tel.: (21) 2295-0032

**Diretoria de Hidrologia e
Gestão Territorial**

Tel.: (31) 3878-0337

**Departamento de Gestão
Territorial**

Tel.: (51) 3406-7307

Divisão de Geologia Aplicada

Tel.: (11) 3775-5152

Divisão de Gestão Territorial

Tel.: (21) 2546-0419

Ouvidoria

Tel.: (21) 2295-4697

ouvidoria@cprm.gov.br

**Serviço de Atendimento ao
Usuário (SEUS)**

Tel.: (21) 2295-5997

seus@cprm.gov.br

www.sgb.gov.br