



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE
NÍVEL MESTRADO



ADEMILSON DE JESUS SILVA

DESENVOLVIMENTO DE LEGUMINOSAS FLORESTAIS (*ACACIA MANGIUM*,
MIMOSA CAESALPINIIFOLIA E *ENTEROLOBIUM CONTORTISILIQUUM*) COM
FUNGOS MICORRÍZICOS E BACTÉRIAS FIXADORAS DE NITROGÊNIO EM
ÁREA DEGRADADA POR MINERAÇÃO NO ESTADO DE SERGIPE

SÃO CRISTOVÃO

2020

ADEMILSON DE JESUS SILVA

DESENVOLVIMENTO DE LEGUMINOSAS FLORESTAIS (*ACACIA MANGIUM*,
MIMOSA CAESALPINIIFOLIA E *ENTEROLOBIUM CONTORTISILIQUUM*) COM
FUNGOS MICORRÍZICOS E BACTÉRIAS FIXADORAS DE NITROGÊNIO EM
ÁREA DEGRADADA POR MINERAÇÃO NO ESTADO DE SERGIPE

Dissertação apresentado como requisito
parcial para obtenção do título de Mestre
pelo programa de Pós-Graduação em
Desenvolvimento e Meio Ambiente da
Universidade Federal de Sergipe.

ORIENTADOR: Dr. Milton Marques
Fernandes

SÃO CRISTÓVÃO
2020

ADEMILSON DE JESUS SILVA

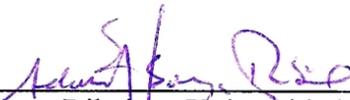
DESENVOLVIMENTO DE LEGUMINOSAS FLORESTAIS (*ACACIA MANGIUM*,
MIMOSA CAESALPINIIFOLIA E *ENTEROLOBIUM CONTORTISILIQUM*) COM
FUNGOS MICORRÍZICOS E BACTÉRIAS FIXADORAS DE NITROGÊNIO EM
ÁREA DEGRADADA POR MINERAÇÃO NO ESTADO DE SERGIPE

Dissertação apresentado como requisito
parcial para obtenção do título de Mestre
pelo Programa de Pós-Graduação em
Desenvolvimento e Meio Ambiente da
Universidade Federal de Sergipe.

Aprovada em 27 de 02 de 2020



Dr. Milton Marques Fernandes - Universidade Federal de Sergipe
Presidente-orientador

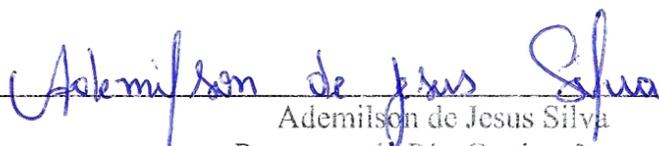


Dr. Adauto de Souza Ribeiro - Universidade Federal de Sergipe
Examinador Interno

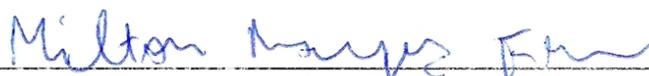


Dr^a. Maria Isidoria Silva Gonzaga - Universidade Federal de Sergipe
Examinador Externo

É concedido ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal de Sergipe (UFS) responsável pelo Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente permissão para disponibilizar, reproduzir cópia desta Dissertação e emprestar ou vender tais cópias.

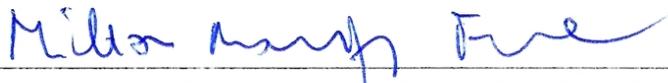


Ademilson de Jesus Silva
Programa de Pós-Graduação em
Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA
Universidade Federal de Sergipe - UFS



Prof. Dr. Milton Marques Fernandes
Programa de Pós-Graduação em
Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA
Universidade Federal de Sergipe - UFS

Este exemplar corresponde à versão final da Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente concluído no Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal de Sergipe (UFS).



Prof. Dr. Milton Marques Fernandes
Programa de Pós-Graduação em
Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA
Universidade Federal de Sergipe - UFS

Dedico este trabalho a todos que me incentivaram para a obtenção desta conquista. Em especial a minha mãe, sem ela nada seria possível.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus e ao Universo pelo dom da vida.

Em especial ao meu orientador Milton M. Fernandes, agradeço profundamente por todas as conversas e contribuições para o desenvolvimento da pesquisa, e à sua esposa, Márcia Fernandes, pelas valiosas contribuições.

Agradeço à minha mãe Felipa M^a, que sempre está ao meu lado em todos os momentos me apoiando, incentivando, dando suporte e amor.

Aos meus irmãos, em especial a Luciana que sempre esteve a me apoiar e incentivar para não desistir; e ao meu pai Agenor M., pelo apoio e incentivo de sempre.

À Cassandra M. de Oliveira, a minha companheira de pesquisa em campo, sempre esteve comigo em todas as coletas, tinha dias de suportar a chuva ou o sol forte do nordeste em prol da ciência. Tornando-se assim uma grande amiga.

A Me. John Kennedy Azevedo, o meu ex-colega de mestrado que se tornou um grande amigo detentor de uma espiritualidade contagiante, sempre a incentivar aferindo palavras afetivas e motivacionais.

À Ueliton Moreira, meu colega de apartamento e amigo, que sempre debatemos juntos sobre a conjuntura atual da ciência e as diversas metodologias na pesquisa científica. Além é claro de incentivar e atribuir palavras motivacionais.

À Dr.^a prof. Gracy Karla, pelos incentivos, conselhos e as orientações atribuídas a minha pessoa para que eu buscasse os cursos de mestrado em 2017, e por está sempre aferindo palavras de cunho motivacional e perseverança.

A Associação da Escola Comunitária Família Agrícola da Região de Cícero Dantas, por ser compreensiva e ter oportunizado a conciliar os estudos com o trabalho, deixando-me livre para montar os horários no desenvolvimento das atividades obrigatórias.

A Aline Oliveira, ex-colega de trabalho e hoje uma grande amiga, sempre ouviu minhas lamentações de como era difícil conciliar trabalho com os estudos do mestrado, prestou incentivos para eu perseverar.

A todos os colegas de laboratório de ecologia florestal-UFS: Alisson, Deniver, Silene, Janaina, Fernanda e Breno, por dedicarem momentos das suas vidas dando suporte nos dias das coletas dos dados em campo.

O Eloy do laboratório de ECOPO-UFS, que deu auxílio na utilização do aparelho fluorímetro digital.

Aos meus colegas da turma do Mestrado, em especial aos dois amigos que ganhei e tornaram essa jornada muito mais leve: Leonardo Melo e Eliene Oliveira, meu muito obrigado!

A todos os docentes do PRODEMA, dos quais tive o grande prazer em receber conhecimentos tão ricos; e a todos da secretaria e coordenação do PRODEMA por toda a atenção destinada.

À CAPES-Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela concessão da bolsa de pesquisa para o desenvolvimento desta dissertação.

Por fim, expresso a minha gratidão àqueles que cruzaram o meu caminho e auxiliaram-me nessa jornada.

“Mais importante, temos que parar de fingir que existe algum caminho de volta possível aquela bela, exuberante e confortável Terra que deixamos para trás em algum ponto do século XX. Quanto mais avançarmos no sentido de manter as coisas funcionando da maneira habitual, mais estaremos perdidos...”

James Lovelock

RESUMO

A exploração mineral no estado de Sergipe ocorre desde o período colonial em pequena escala pela coroa portuguesa, que extraía em todo território brasileiro pedras preciosas. Somente depois de 1934, com a criação do DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral ocorreram investimentos em pesquisa e na exploração em escala comercial por todo o território brasileiro. Portanto, um dos objetivos deste trabalho foi realizar um levantamento da mineração existente no estado; identificando a existência de substâncias minerárias de classe metálicas, não metálicos, calcários, energéticos e sais solúveis, destacando-se como o maior produtor de potássio em território nacional. Arrecadou em 2018 um total de R\$ 10.322.664,54 milhões e, no período de 06/2018 a 03/2019, um total de R\$ 649.584,39, providos da Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM), contribuindo significativamente para o desenvolvimento econômico do estado. Portanto, este trabalho tem outro objetivo que é avaliar o desenvolvimento das espécies: *Mimosa caesalpinifolia* e *Enterolobium contortisiliquum* inoculadas com *Azospirillum brasilense* e das espécies *Acacia mangium* e *Mimosa caesalpinifolia* inoculadas com *Glomus clarum* em área degradada por mineração no estado de Sergipe. Foram mensurados os parâmetros morfológicos: altura total - H (cm), diâmetro do coleto - DC (cm), ao longo de 12 meses, os resultados foram analisados pelo teste de Tukey para comparação entre média. Obtendo como resultado *Enterolobium contortisiliquum* e *Mimosa caesalpinifolia* inoculadas com *Azospirillum brasilense* apresentaram médias inferiores na altura, diâmetro e taxa de sobrevivência com relação às respectivas testemunhas sem inoculação; *Mimosa caesalpinifolia* inoculada com *Glomus clarum* apresentou as maiores médias em altura e taxa de sobrevivência entre todos os tratamentos, além do maior diâmetro quando comparados com a respectiva testemunha sem inoculação; *Acacia mangium* sem *Glomus clarum* teve o maior diâmetro e a segunda maior altura, entretanto a taxa de sobrevivência foi baixa, superestimando as médias da altura e diâmetro.

Palavras-Chave: *Glomus clarum*. *Azospirillum brasilense*. Recuperação de áreas degradadas. Recursos Minerais em Sergipe.

ABSTRACT

Mineral exploration in the state of Sergipe has occurred since the colonial period on a small scale by the Portuguese crown, which extracted precious stones from all over Brazil. Only after 1934, with the DNPM creation - National Department of Mineral Production, investments were made in research and exploration on a commercial scale throughout the Brazilian territory. Therefore, one of this work objectives was to carry out a survey of the existing mining in the state, identifying the existence of metallic, non-metallic, limestone, energetic and soluble salts substances, standing out as the largest potassium producer in the national territory. In 2018, it raised a total of R \$ 10,322,664.54 million and, in the period from 06/2018 to 03/2019, a total of R \$ 649,584.39, provided by the Financial Compensation for the Mineral Resources Exploration (CFEM), contributing significantly for the state's economic development. Therefore, this work has another objective, which is to evaluate the development of *Mimosa caesalpinifolia* and *Enterolobium contortisiliquum* species inoculated with *Azospirillum brasilense* and of *Acacia mangium* and *Mimosa caesalpinifolia* species inoculated with *Glomus clarum* in an area degraded by mining in the state of Sergipe. The morphological parameters were measured: total height - H (cm), collection diameter - DC (cm), over 12 months, the results were analyzed by the Tukey test for comparison between averages. As a result, *Enterolobium contortisiliquum* and *Mimosa caesalpinifolia* inoculated with *Azospirillum brasilense* showed lower averages in height, diameter and survival rate in relation to the respective controls without inoculation; *Mimosa caesalpinifolia* inoculated with *Glomus clarum* showed the highest averages in height and survival rate among all treatments, in addition to the largest diameter when compared to the respective control without inoculation; *Acacia mangium* without *Glomus clarum* had the largest diameter and the second highest height, however the survival rate was low, overestimating the average height and diameter.

Keywords: *Glomus clarum*. *Azospirillum brasilense*. Degraded areas recovery. Mineral Resources in Sergipe.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01- Principais regiões do Brasil com depósitos minerais.....	33
Figura 2 - Mapa do estado de Sergipe e os minérios.....	35
Figura 3 - Mapa da distribuição das Companhias mineradoras no Brasil.....	41
Figura 04 - As quatro dimensões do solo. A pedosfera, que aloja os solos, está em comunhão com a biosfera, composta por todos os seres vivos que habitam a Terra; a litosfera que é a parte sólida do planeta; a hidrosfera que contém a toda água existente e a atmosfera, composta pela fração gasosa que envolve o todo, inclusive os chamados “espaços vazios” do solo. Adaptado de UNESCO (2007).....	67
Figura 05 - Processo de formação dos horizontes do solo ao longo dos anos, a partir da rocha mãe.....	68
Figura 6 - Raiz hipotética colonizada por fungo micorrízicos arbuscular (FMA).....	79
Figura 7 - Muda das leguminosas florestais em pleno sol.....	86
Figura 8 - Localização geográfica da Fazenda Itália com a área da pesquisa.....	87
Figura 9 - Área do experimento, Fazenda Itália em Itaporanga d’Ajuda, SE.....	88
Figura 10 - Subsolo exposto na área dos experimentos, Fazenda Itália em Itaporanga d’Ajuda no Estado de Sergipe (SE).....	90
Figura 11 - Precipitação mensal durante o período do experimento no campo, de setembro de 2018 à setembro de 2019, Fazenda Itália no município de Itaporanga d’Ajuda - SE.....	91
Figuras 12 - Taxa de sobrevivência das leguminosas florestais Sabia (<i>Mimosa caesalpinifolia</i>) Tamboril (<i>Enterolobium contortisiliquum</i>) após 12 meses do plantio.....	94

Figura 13 - A média da altura das leguminosas florestais Sabia (<i>Mimosa caesalpinifolia</i>) e Tamboril (<i>Enterolobium contortisiliquum</i>) com e sem inoculação de <i>Azospirillum brasilense</i> aos 12 meses.....	95
Figura 14 - A altura de <i>Mimosa caesalpinifolia</i> e <i>Enterolobium contortisiliquum</i> ao longo de 12 meses.....	97
Figura 15 - Diâmetro de <i>Mimosa caesalpinifolia</i> e <i>Enterolobium contortisiliquum</i> com e sem inoculação de <i>Azospirillum brasilense</i> aos 12 meses.....	97
Figura 16 - Diâmetro de <i>Mimosa caesalpinifolia</i> e <i>Enterolobium contortisiliquum</i> ao longo de 12 meses.....	99
Figura 17 - Taxa de sobrevivência das leguminosas florestais <i>Mimosa caesalpinifolia</i> e <i>Acacia mangium</i> inoculadas com fungo <i>Glomus clarum</i> aos 12 meses.....	101
Figura 18 - Altura de Sabia (<i>Mimosa caesalpinifolia</i>) e Acácia (<i>Acacia mangium</i>), inoculadas com fungo (<i>Glomus clarum</i>) e não inoculadas aos 12 meses.....	105
Figura 19 - A altura de Sabia (<i>Mimosa caesalpinifolia</i>) e Acácia (<i>Acacia mangium</i>), inoculadas com fungo (<i>Glomus clarum</i>) e sem ao longo de 12 meses.....	106
Figura 20 - O diâmetro <i>Mimosa caesalpinifolia</i> e <i>Acacia mangium</i> , inoculadas com fungo <i>Glomus Clarum</i> aos 12 meses.....	107
Figura 21 - O diâmetro de Sabia (<i>Mimosa caesalpinifolia</i>) e Acácia (<i>Acacia mangium</i>) inoculadas com fungo (<i>Glomus clarum</i>) e sem inoculação ao longo de 12 meses.....	108

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 - Substâncias minerais do estado de Sergipe.....	34
Quadro 2 - Panorama da mineração Nacional e do estado de Sergipe (2018).....	40
Quadro 3 - A textura do solo.....	66
Quadro 4 - Caracterização dos horizontes do solo.....	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - As alíquotas para alguns minérios.....	39
Tabela 2 - Algumas das principais mineradoras a céu aberto no território Brasileiro.....	45
Tabela 3 - Cronologia dos principais Rompimentos de barragens no Brasil (desde 2000-2015).....	46-47
Tabela 4 - Experimento com <i>Enterolobium contortisiliquum</i> e <i>Mimosa caesalpinifolia</i> inoculados com <i>Azospirillum brasilense</i> ou não.....	84
Tabela 5 - Experimento com <i>Mimosa caesalpinifolia</i> (Sabiá) e <i>Acacia mangium</i> inoculados com <i>Glomus clarum</i> ou não.....	85
Tabela 6 - Delineamento dos tratamentos em campo.....	89
Tabela 7 - Resultado da análise química de solo da área degradada por mineração na fazenda Itália em Itaporanga D'Ajuda, SE.....	96

LISTA DE SÍMBOLOS, NOMENCLATURA E ABREVIACÕES.

TSB – Tamboril (<i>Enterolobium contortisiliquum</i>) sem Bactéria (<i>Azospirillum brasilense</i>)	SSB – Sabia (<i>Mimosa caesalpiniiifolia</i>) sem Bactéria (<i>Azospirillum brasilense</i>)
TCB – Tamboril (<i>Enterolobium contortisiliquum</i>) com Bactéria (<i>Azospirillum brasilense</i>)	SCB – Sabia (<i>Mimosa caesalpiniiifolia</i>) com Bactéria (<i>Azospirillum brasilense</i>).
t – tonelada	NaCl – Cloreto de Sódio
ano ⁻¹ –	K ₂ O – Óxido de Potássio
KCl – Cloreto de Potássio	Cu – Cobre
Carnalita – KCl.MgCl ₂ .6H ₂ O	Pb – Chumbo
Fe – Ferro.	Mn – Manganês
Au – Ouro.	Ni – Níquel
Pi – Pirita.	Ti – Titânio
Th – Tório/terras raras.	Zn – Zinco.
Zr – Zircônio	Agm – Água mineral.
Am – Amianto.	Ar – Areia.
Ag – Argila.	Fi – Filito.
S – Enxofre.	F – Flúor
P – Fósforo.	Gb – Gabro.
Gn – Gnaisse.	Gr – Granito.
Metassilito (ms),	ma – Metarenito
Qz – Quartzito.	Qt – Quartsito
MG – Minas Gerais (Estado)	SP – São Paulo (Estado)
K – Potássio.	Na – Sódio
Tf – Turfa.	Mg – Sais de magnésio
Gs – Gás.	Pe – Petróleo
Ma – Dolomito.	Mm – Mármore.
Cc – Calcário calcítico.	Cd – Calcário dolomítico.
Ca – Calcário	As – Saibro.

RP – Requerimentos de Pesquisa	RLG – Requerimento de Lavra Garimpeiro
IDH – Índice de Desenvolvimento Humano	REM – Requerimento de Registro de Extração
R\$ – Real	RL – Requerimentos de Licença
% – Porcentagem	P – Fósforo
CaCO _{3(s)} – Carbonato de Cálcio	N – Nitrogênio
ADEMA – Administração Estadual do Meio Ambiente	INCLUI – Secretaria de Estado da Indústria, Comércio e Turismo
CODISE – Companhia de Desenvolvimento Industrial e de Recursos Minerais de Sergipe.	ITPS – Instituto de Tecnologia e Pesquisas de Sergipe.
Ht – Altura total	K – Potássio
C – Carbono	mol L ⁻¹ – molaridade/litro
– μm – micrômetro	mm – milímetro
NH ₄ ⁺ – amônio	NO ₃ ⁻ – Nitrato
m ² – metros quadrados	cm – centímetro
g ⁻¹ – grama	H ₂ PO ₄ ⁻ – ácido fosfórico
EIA – Estudo de Impacto Ambiental	RIMA – Relatório de Impacto Ambiental
IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis	CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
FMA – Fungo Micorrizo Arbuscular	BFN – Bactéria Fixadora de Nitrogênio
DC – Diâmetro do caule	ITPS – Instituto Tecnológico e de Pesquisa do Estado

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	22
REFERÊNCIAS.....	26
CAPÍTULO I - A MINERAÇÃO NO ESTADO DE SERGIPE	28
1 INTRODUÇÃO.....	30
2 OS MINÉRIOS EXPLORADOS NO ESTADO DE SERGIPE	32
2.1 A mineração por cava no estado.....	36
2.2 Aspectos econômicos da mineração no estado de Sergipe.....	37
3. O IMPACTO AMBIENTAL E SOCIAL DA MINERAÇÃO	44
4 LEGISLAÇÕES AMBIENTAIS	50
5 CONCLUSÕES.....	54
REFERÊNCIAS.....	56
CAPÍTULO II - Desenvolvimento de leguminosas florestais inoculadas com bactérias fixadoras de nitrogênio e fungos micorrízicos em área degradada por mineração no estado de Sergipe.	61
1 INTRODUÇÃO.....	63
1.1 Objetivos.....	65
2 REVISÃO DE LITERATURA	66

2.1 Solos e suas características.....	66
2.2 Degradações do solo e impactos ambientais	70
2.3 Recuperações de áreas degradadas com leguminosas florestais	72
2.4 RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS COM LEGUMINOSAS FLORESTAIS ASSOCIADAS FMA E BFN.	75
2.4.1 Bactérias fixadoras de nitrogênio.....	75
2.4.2 Fungos micorrízicos arbusculares.....	78
2.4.3 <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Tamboril)	81
2.4.4 <i>Mimosa caesalpinifolia</i> (Sabiá).....	81
2.4.5 <i>Acacia mangium</i> (Acácia)	82
3. MATERIAIS E MÉTODOS	84
3.1 Definições dos experimentos e produções das mudas.....	84
3.2 Caracterização da área degradada por mineração.....	86
3.3 Delineamento dos experimentos	89
3.4 Preparação da área para o plantio.....	89
3.5 Análises do crescimento e sobrevivência das mudas	90
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	91

4.1 Área de estudo: Fazenda Itália no município de Itaporanga d’Ajuda no Estado de Sergipe (SE).....	91
4.2 Experimento com <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Tamboril) e <i>Mimosa caesalpiniiifolia</i> (Sabiá) inoculadas com <i>Azospirillum brasilense</i>.....	94
4.3 Experimento com <i>Acacia mangium</i> (acácia) e <i>Mimosa caesalpiniiifolia</i> (Sabiá) inoculadas com fungos micorrizos (<i>Glomus clarum</i>)......	100
5 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	109
CONCLUSÃO GERAL.....	110
REFERÊNCIAS.....	111
ANEXOS.....	121
A - Mapa geológico do estado de Sergipe: listagem dos recursos minerais.....	121
APÊNDICES	122
A – Coleta de dados, medição do DC (cm) das mudas de Tamboril (<i>Enterolobium contortisiliquum</i>) com paquímetro digital na área da Fazenda Itália Itaporanga d’Ajuda - SE.....	122
B - Resultado da análise de solo: Relatório de Ensaios ITPS N° 3157/18-123.....	123
C – Solo exposto na área do experimento após 12 meses apresenta ao fundo o desenvolvimento de algumas gramíneas e as espécies de leguminosas arbóreas plantadas.	125
D – Raízes de <i>Mimosa caesalpiniiifolia</i> exposta na área experimental.....	126

1. INTRODUÇÃO GERAL

No Brasil, a exploração mineral é regulamentada pelo Decreto - Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967/código de mineração, que no capítulo I das Disposições Preliminares quanto à obrigatoriedade do Governo Federal a fiscalização e acompanhamento desde a concessão para exploração bem como o fechamento da área minerada. Isso porque é de responsabilidade da empresa mineradora o cumprimento de todas as etapas de licenciamento em virtude de ser atividade com potencial de degradação ambiental, devendo realizar a recuperação da área degradada após cessar a exploração, atendendo um dos princípios da Lei 6.938/81, art.2º: VIII - recuperação de áreas degradadas (BRASIL, 1981).

A obrigatoriedade da recuperação da área degradada ocorre em virtude da mineração ser causadora de impactos no solo, que no Brasil teve início desde a chegada da coroa portuguesa, que passou a explorar minérios em solo Brasileiro, principalmente o ouro e pedras preciosas, pelo processo de garimpagem, gerando as primeiras alterações ao meio ambiente e a consolidação da degradação ambiental decorrente da mineração (ANA, 2006).

Desde então a mineração tem se intensificado por todo território brasileiro, contribuindo para o desenvolvimento econômico. De acordo com Dias (2011) a extração mineral além de contribuir para o desenvolvimento e crescimento econômico do país, causa degradação ambiental. Dessa forma, no estado Sergipano destaca-se a exploração de potássio, calcários e agregados para construção civil, entre outros minérios, importante para a economia do estado, deixando-o na 22ª posição na produção mineral entre os 27 estados brasileiros.

A exploração desses minérios é realizada a céu aberto com minas em espiral, com a extração na vertical e, a mineração por cava a extração é realizado na horizontal, ambas geram a degradação ambiental in loco em virtude da remoção da vegetação, do solo e subsolo com a geração de consideradas quantidades de pilhas de rejeitos. Para Neme et al. (2011), a mineração a céu aberto é uma prática comum no território brasileiro pelo seu baixo custo de instalação, porém com potencial de degradação do solo pela extensão durante a abertura da cava e a formação da pilha de rejeito.

Portanto, a mineração causa alteração local na fauna e na flora decorrente da retirada de toda cobertura do solo, deixando o subsolo exposto à ação de intemperismo¹. Para Araújo (2011) a mineração não afeta apenas ao meio ambiente, afeta as comunidades próximas, pois toda a dinâmica das pessoas que moram na região é alterada.

Conforme identificado por Cuchierato (2017), a existência da mineração por cava no município de São Cristóvão e, por Bastos e Senra (2018) no município de Cedro de São João no estado de Sergipe, respectivamente na extração de areia e argila. A extração desses minérios é realizada por máquinas pesadas, desta forma o intenso tráfico de veículos na extração e transporte do minério gera ruídos sonoros e a suspensão de partículas (poeira), no local da extração e ao longo das estradas de terra batida, afetando toda população que residem nas proximidades.

Silva (2018), destaca que a mineração causa impacto pela alteração *in loco*, afetando a população e ao meio ambiente com a geração de ruídos sonoros, poluição do ar, degradação do solo e o desmatamento. O impacto no solo ocorre desde a lavra dos minérios passando pelo contingente populacional ligado direto e indiretamente a mineração, porém a área minerada, por si só, é responsável por impactar o solo durante e após cessar a extração mineral, pois a área explorada geralmente fica com o subsolo exposto sujeito ao intemperismo e a lixiviação de sedimentos.

Segundo Santos et al. (2010) e Barroso et al. (2006) o impacto da mineração prossegue após o processo de lavra, pois, com a retirada de toda cobertura vegetal e a exposição do subsolo, facilita a lixiviação de sedimentos para os corpos hídricos, poluindo as águas, assoreando os rios e lagos. Nesse viés, enquanto perdurar o subsolo exposto, a área ficará suscetível à lixiviação, externaliza o impacto ambiental para além da área minerada, pois os sedimentos são arrastados para os corpos hídricos.

Nesse caso, dependendo do processo de mineração, a intensidade do impacto ocasionado ao solo, levará anos para recuperar-se naturalmente, ou talvez não consiga se regenerar em sua totalidade, nas características químicas, físicas e biológicas. Já que, para Junior (2014), os impactos ambientais atuam sobre o meio ambiente ou população em determinado local, perdurando caso não seja sanado. Deste modo, faz-se necessário mitigar os impactos da mineração, através da recuperação das áreas degradadas com alternativas

¹ Conjunto de processos mecânicos, químicos e biológicos que ocasionam a desintegração e a decomposição das rochas.

tecnológicas que acelerem o processo da cobertura vegetal, cessando o intemperismo e devolvendo a vegetação para a área.

Dependendo do grau de degradação, é necessária a contribuição humana para o processo de recuperação. Além é claro, fazer-se cumprir o que determina a Constituição da República Federativa do Brasil no § 2º: aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com a solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da lei (BRASIL, 1988).

Segundo Campello, Franco, Moraes (2010) e Pereira (2011), em projetos de recuperação de áreas degradadas são necessários avaliar o grau de degradação, para ter uma noção de quanto o meio orgânico, físico e químico foi alterado. Só após essa análise, será possível planejar intervenção com técnicas e procedimentos adequados para devolver as características químicas e físicas da área.

A recuperação das características químicas e física do solo é possível com a decomposição de matéria orgânica advinda do ciclo vegetativo das plantas que foram inseridas no processo de recuperação ou as que naturalmente vão ressurgindo no ambiente e com o passar do tempo, formam serapilheira na área em recuperação (ASSUMPÇÃO; LUCHIARI; MORAES, 2013).

De acordo com Campello, Franco e Moraes (2010), é recomendável o uso de leguminosas para fixação de nutrientes químicos em solos degradados, devendo ser preferíveis leguminosas adaptáveis ao ecossistema local, viabilizando economicamente seu cultivo (facilidade na aquisição de sementes e mecanização), além de terem boa relação associativa com fungos micorrízicos e bactérias fixadoras de nitrogênio, acelerando o processo de desenvolvimento vegetativo da planta, contribuindo com o processo de recuperação do solo na sua composição química, pois, ao passo que as folhas vão caindo, se decompõem em matéria orgânica para o solo.

Portanto, a extração mineral tem alto potencial de causar degradação ambiental, porém a exploração é regularizada em solo brasileiro pelos órgãos públicos de meio ambiente e de mineração (IBAMA, DNPM, ANM), em consonâncias com as leis (Decreto - Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967/código de mineração, Lei 6.938/81, Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981, Constituição Federal de 1988.) que concedem as licenças ambientais para a exploração mediante a realização do EIA – Estudo de Impacto Ambiental e RIMA – Relatório de impacto ambiental e a realização da recuperação da área

após cessar as explorações, além de considera a importância da mineração para o desenvolvimento econômico.

Nesse viés, o presente estudo tem como problema a degradação do solo pela extração mineral, diante da pergunta norteadora: Quais as principais atividades minerárias existente no estado de Sergipe e as espécies: *Acacia mangium* e *Mimosa caesalpinifolia* inoculadas com *Glomus clarum*, *Mimosa caesalpinifolia* e *Enterolobium contortisiliquum* inoculadas com *Azospirillum brasilense* em área degradada por mineração possuem o melhor desenvolvimento em comparação com as respectivas testemunhas sem inoculação?

Com dois objetivos gerais: Realizar um levantamento da mineração existente no estado de Sergipe; Avaliar o desenvolvimento das espécies *Acacia mangium* e *Mimosa caesalpinifolia* inoculadas com *Glomus clarum* e das espécies *Mimosa caesalpinifolia* e *Enterolobium contortisiliquum* inoculadas com *Azospirillum brasilense* em área degradada por mineração no estado de Sergipe.

A dissertação estar organizada em 2 capítulos, o primeiro tem em seu contexto a mineração no estado de Sergipe, um levantamento bibliográfico de toda exploração mineral existente e as leis que tornam possível a exploração em escala comercial, bem como as contribuições para o desenvolvimento econômico. O segundo capítulo versa sobre a importância da recuperação de áreas degradadas por mineração com uso de biotecnologias em leguminosas florestais, com experimentos realizados em uma área degradada na Fazenda Itália em Itaporanga d'Ajuda no Estado de Sergipe (SE).

Dessa forma o trabalho justifica-se pela importância da mineração para o desenvolvimento econômico do país e dos estados, que através do CFEM – Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais injeta recursos providos dos repasses via royalties no PIB – Produto interno bruto, porém a mineração é considerada com alto potencial de degradação ambiental e justamente por essa capacidade intrínseca de impactar o meio ambiente, é de fundamental importância o desenvolvimento de tecnologias eficazes para a recuperação das áreas degrada no estado, com destaque para o uso de leguminosas florestais inoculadas com fungos micorrizo e bactérias fixadoras de nitrogênio no solo.

REFERÊNCIAS

- ANA - Agência Nacional de Águas (Brasil). 2006. **A gestão dos recursos hídricos e a mineração. Instituto Brasileiro de Mineração.** Org: Antônio Félix Domingues, Patrícia Helena Gambogi Boson, Suzana Alípez. Brasília - DF: ANA, p. 334, 2006.
- ASSUMPÇÃO, José Maria; MORAES, Luiz Fernando Duarte de; PEREIRA, Tânia Sampaio; LUCHIARI, Cíntia. **Manual técnico para a restauração de áreas degradadas no Estado do Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro: Jardim Botânico - RJ, 2013.
- ARAUJO, Jaqueline Madalena de Melo. **Impactos socioambientais da mineração de brita no município de Jaboatão dos Guararapes: Estudo de caso da Mineração USIBRI.** TA102 f, 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) – Programa de pós graduação em engenharia mineral, Universidade Federal de Pernambuco. Recife – PE, 2011.
- BASTOS, Vivianne Andrade; SENRA, Aracy Sousa. Estudo Composicional da Argila Extraída no Município de Cedro de São João para Fabricação de Porcelanato, Estado de Sergipe. *Revista de Geologia*, vol. 31, nº 1, 49 – 62, 2018.
- BARROSO, Deborah Guerra; MARTINS, Marco Antônio; MENDONÇA, Andréa Vita Reis; RODRIGUES, Luciana Aparecida. Revegetação de áreas degradadas pela extração de argila no Norte do Estado do Rio de Janeiro. **Perspectivas**, Campos dos Goytacazes, v. 5, n. 10, p. 88-105, 2006.
- BRASIL. **Constituição Federal de 1988.** Promulgada em 5 de outubro de 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm> Acessado em: 29 out.2017.
- BRASIL. **Código de Mineração: e legislação correlata (1967).** Subsecretaria de Edições Técnicas, 2. ed. Coleção ambiental, v. 2. Brasília: Senado Federal, p. 112, 2011.
- BRASIL. **Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981.** Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1980-1987/lei-6938-31-agosto-1981-366135-norma-actualizada-pl.pdf>> Acesso em: 21 de abril de 2018.
- CAMPELLO, Eduardo Francia Carneiro; FRANCO, AvílioAntonio; MORAES, Luiz Fernando Duarte de. Restauração florestal: do diagnóstico de degradação ao uso de indicadores ecológicos para o monitoramento das ações. **OecolAust**, 14 (2):437-451, 2010.
- CUCHIERATO, Gláucia. A indústria mineral paulista: síntese setorial do mercado Produtor. São Paulo, 2017, 128 p.
- DIAS, Reinaldo. **Gestão ambiental: Responsabilidade social e sustentabilidade.** 2. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

JÚNIOR, Antônio Pereira Magalhães. Indicadores ambientais e recursos hídricos: realidade e perspectivas para o Brasil a partir da experiência francesa. Rio de Janeiro: **Bertrand Brasil**, 6° Ed. 2014.

PEREIRA, Aloisio Rodrigues. **Como selecionar plantas para áreas degradadas e controle de erosão**. 2011. Disponível em:<<http://deflor.com.br/pdf/LivroSEAD.pdf>. 15 Jan 2011> Acesso dado em 10/09/2019.

SANTOS, Leilathaise S. De oliveira; VASCONCELOS, R. Murilo Pinho; PURIFICAÇÃO, Danusa da; NOLASCO, Marjoriecseko; JESUS, Taise Bonfim de. Consequências da atividade garimpeira de diamante na bacia do rio coisa boa, vila de igatu - andaraí – ba. **Revista de biologia e ciências da terra**. 10 (2), 2010.

SILVA, Felipe Ferreira. **Uso de *topsoil* como fonte de inóculo de microrganismos simbiotes para leguminosas florestais usadas na recuperação de áreas degradadas na Caatinga**. 2018. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica - RJ. 2018.

CAPÍTULO I - A MINERAÇÃO NO ESTADO DE SERGIPE

RESUMO: A exploração de minério no Nordeste teve início desde o período colonial, equivalente à exploração de minério em território brasileiro pela coroa portuguesa, inicialmente era realizada de forma rudimentar visando à exploração de pedras preciosas, através da mão de obra escrava. Após a criação do DNPM - Departamento Nacional da Produção Mineral (1934), a exploração foi intensificada em escala comercial, datada em 1963-1966, no Nordeste e no estado de Sergipe. Desta forma o presente capítulo teve como objetivo fazer um levantamento da mineração no estado de Sergipe; com uma pesquisa exploratória na revisão de dados bibliográficos, realizada através de consultas nos portais (web sites), vinculadas ao setor minerário de cunho nacional, o Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM, a Agência Nacional de Mineração - ANM. Em artigos científicos extraídos do <https://www.sciencedirect.com/>; livros acessados na biblioteca da Universidade Federal de Sergipe e leis baixadas no portal do congresso nacional brasileiro. Obtendo como resultado que a exploração de minério em Sergipe é de classes metálicas, não metálicas, calcários, energéticos e sais solúveis, importantes para a economia do estado na geração de trabalho e os Royalties repassados ao estado e aos municípios. O menor estado da federação brasileira e o maior produtor de potássio, não registra impacto ambiental pela mineração, considerado catastrófico que afete drasticamente o meio social e ambiental.

Palavras chave: Mineração. Legislação ambiental. Desenvolvimento.

ABSSTRACT: Ore exploitation in the Northeast began since the colonial period, equivalent to the ore exploitation in Brazilian territory by the Portuguese crown; initially it was carried out aiming at the precious stones exploration, with slave labor, which occurred in a rudimentary way. After the DNPM creation - Mineral Production National Department (1934), exploration was intensified in a commercial scale, dated in 1963-1966, in the Northeast and in the state of Sergipe. In this way, this chapter aimed to survey mining in the state of Sergipe; with an exploratory research in the bibliographic data review, carried out through consultations on portals (web sites) linked to the national mining sector, the Mineral Production National Department - DNPM, the National Mining Agency - ANM. In scientific articles extracted from <https://www.sciencedirect.com/>; books accessed in the Federal University of Sergipe library and laws downloaded from the Brazilian national congress portal. Obtaining as a result that the ore exploration in Sergipe is metallic, non-metallic, limestone, energetic and soluble salts classes, important for the state economy in the generation of work and the Royalties transferred to the state and the municipalities. The smallest state of the Brazilian federation and the largest potassium producer, does not register environmental impact by mining, considered catastrophic that drastically affects the social and environmental environment.

Keywords: Mining. Environmental legislation. Development.

1 INTRODUÇÃO

A mineração brasileira teve início no período colonial com a extração de minérios pela coroa portuguesa, utilizando mão de obra escrava para a garimpagem de ouro e pedras preciosas, em decorrência da época ser desprovida de tecnologias (máquinas), a extração era feita de forma rústica, com ferramentas manuais no processo de remoção do solo e escavação do subsolo (ANDRADE, 1987; CVRD, 1992). Portanto, as minas eram a céu aberto, sem grandes impactos ambientais, pois ocorriam em pontos isolados nos estados de Minas Gerais e São Paulo, vindo a se deslocar para o Nordeste na extração de rochas de calcário, com a exploração em plena atividade na região até os dias atuais para indústria de cimento (GERMANY, 2002).

Ressaltando que, no Nordeste, a extração também teve início na garimpagem de pedras preciosas, com escavações rudimentares em pontos isolados, sem viés econômico para o Brasil. A exploração em escala comercial veio ocorrer só depois de 1934 com a criação do Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM), responsável por fomentar a atividade na região com foco nos minérios pegmatitos e xilita, tão valorizados pelos americanos que utilizavam para alimentar a indústria bélica em decorrência da segunda guerra mundial (ANDRADE, 1987).

Entre todos os nove estados nordestinos que tiveram a extração de minério intensificado nas últimas décadas, o presente estudo é direcionado para a mineração no estado de Sergipe, que teve suas expansões em maiores escalas comerciais em meados de 1963-1966, com a descoberta de novas jazidas de minérios, entre eles os sais de potássio, elevando o estado ao maior produtor desse minério em todo território nacional, com início das explorações em grandes proporções no ano de 1991, permanecendo em plena atividade até os dias atuais (ARAÚJO, 2017). O estado também se destaca por possuir inúmeras outras riquezas minerais, além do potássio, distribuídas por todo seu território (anexo I), como o calcário e agregado (areia, terra e argila), ambos são importantes para a indústria da construção civil do estado e do nordeste, alimentando a economia com a geração de empregos diretos e indiretos, além da mão de obra que atua na garimpagem.

Os postos de trabalhos gerados pela atividade minerária no estado contribuem para a economia, conforme as pessoas têm vínculo empregatício formal na extração desses minérios, passam a ser assalariadas e economicamente ativas, ou seja, potenciais

consumidoras de diversos produtos fomentando outros setores do comércio (bens e serviços) no estado, dessa forma gerando outros postos de trabalhos (denominados trabalhos indiretos), impulsionando a economia do estado.

Portanto, o presente capítulo tem o objetivo exploratório de conhecer a problemática da mineração no estado de Sergipe, mediante a pergunta norteadora: Qual a importância da extração de minérios no estado de Sergipe e seus potenciais impactos?

Respondendo à pergunta, objetiva fazer um levantamento da mineração no estado de Sergipe. É seguido de uma metodologia quanto ao procedimento da coleta bibliográfica, realizada através de consultas nos portais (web sites), vinculadas ao setor minerário de cunho nacional, o Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM, a Agência Nacional de Mineração – ANM. Com informações bibliográficas de artigos científicos extraídos do <https://www.sciencedirect.com/>; livros acessados na biblioteca da Universidade Federal de Sergipe e leis baixadas no portal do congresso nacional brasileiro.

Ressalta-se que a atividade minerária é causadora de impactos ambientais, portanto torna necessária a obrigatoriedade de uma série de procedimentos burocráticos junto aos órgãos ambientais e DNPM, que é a realização prévia do Estudo de Impacto Ambiental – EIA e do Relatório de Impacto Ambiental – RIMA, para que possa ocorrer a liberação da exploração, uma vez que atividade causa danos ambientais, como a diminuição da cobertura verde; contaminação do solo; perda parcial ou total da fauna e flora; redução da qualidade dos recursos hídricos por contaminação das águas; poluição do ar e danos à saúde humana (SANTOS, 2017).

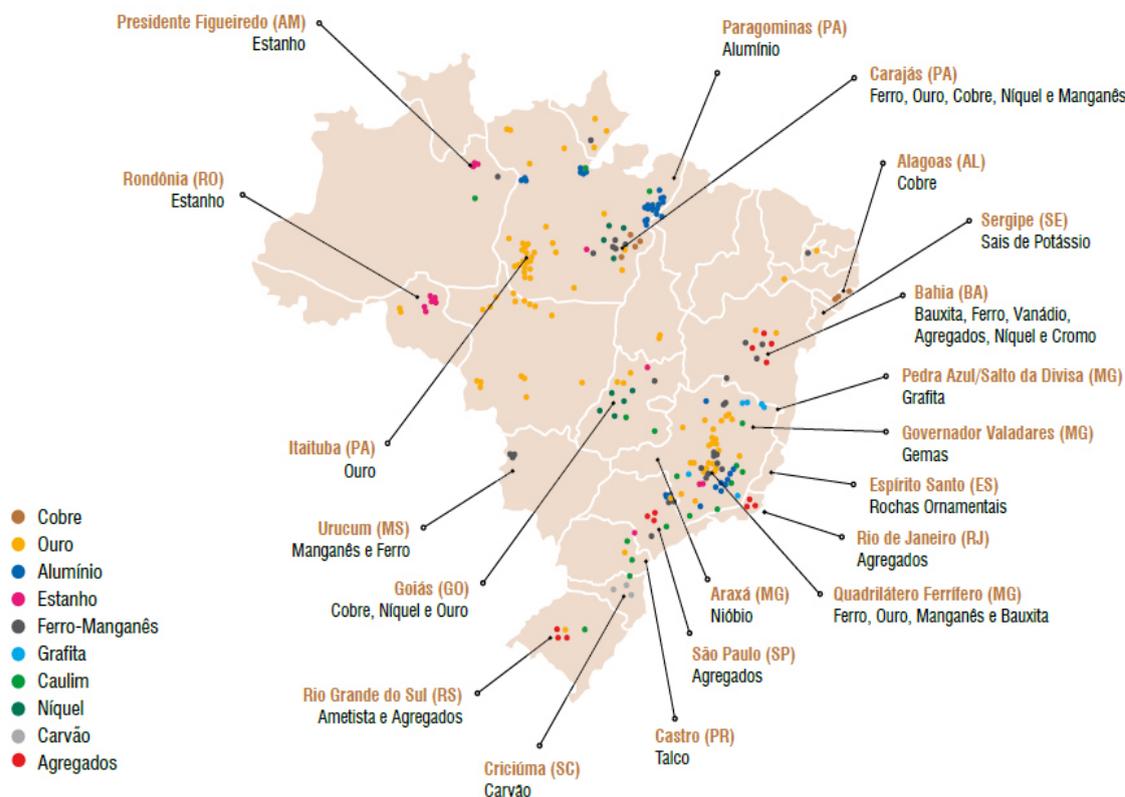
Isso torna indispensável a recuperação da área após o fechamento das explorações pelas empresas, para que os impactos causados in loco durante o processo de extração dos minérios não se perpetuem em decorrência da exposição do subsolo que facilita a lixiviação de sedimentos para os corpos hídricos. A recuperação pode devolver a cobertura vegetal, integrando a área ao meio ambiente, deixando acessível à fauna silvestre.

2 OS MINÉRIOS EXPLORADOS NO ESTADO DE SERGIPE

O Estado de Sergipe está localizado na região Nordeste do Brasil, com um território de 21.926,908 km², é a menor unidade da federação brasileira, fazendo limites com os seguintes estados: Bahia (ao sul e a oeste) e Alagoas (ao norte, cuja fronteira é demarcada pelo Rio São Francisco) e, a leste, o oceano Atlântico (FEITOSA, 2006). De acordo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2010), no último censo demográfico o estado possui 2.068.017 de habitantes e uma estimativa para 2019 de 2.298.696 habitantes distribuídos por 75 municípios, detentor de um índice 0,665 de desenvolvimento humano (IDH), que o deixa na posição 20º comparado aos demais estados brasileiros.

O estado possui inúmeras riquezas em minerais, assim como os demais estados do Nordeste que são detentores dos mais variados minerais: ouro, pedras preciosas, substâncias químicas (cobre, sais de potássio...), agregados para construção civil, com registro de extração deste o período Brasil colônia (ANDRADE, 1987). No âmbito nacional Sergipe se destaca na produção de potássio (Figura 01), o qual em conjunto com estado da Amazônia são os detentores das maiores jazidas de potássio em território Brasileiro (CRUZ, 2012; OLIVEIRA, 2017; ARAUJO, 2017).

Figura 01- Principais regiões do Brasil com depósitos minerais



Fonte: IBRAM (2015, p. 07).

Como é possível perceber no mapa, em território nacional, é no estado de Sergipe que se concentram as reservas em exploração de sais de potássio, diferentemente da Amazônia, pois não foi identificada exploração de suas reservas em escala comercial após o levantamento de dados realizados na Agência Nacional de Mineração – ANM.

Em Sergipe, nas regiões de Taquari/Vassouras e Santa Rosa de Lima, as reservas oficiais de silvinita ($KCl + NaCl$) totalizam 478,0 milhões de toneladas, com teor médio de 9,7% de K_2O equivalente. Dessas, 68,2 milhões de toneladas de minério "in situ" (teor de 19,04% de K_2O), que correspondem a 12,9 milhões de toneladas de K_2O equivalente, representaram, em 2013, a reserva lavrável em Taquari/Vassouras (OLIVEIRA, 2017, 01 p.).

A expressiva quantidade (68,2 milhões de toneladas de minério "in situ") de potássio (K_2O) extraída no estado classifica-o como o maior produtor desse minério em território nacional. Com capacidade de expansão na produção mediante a exploração de novas jazidas já identificadas na região pela Companhia do Vale do Rio Doce– CVRD, a qual é responsável pela exploração desde 1991 permanece até os dias atuais (CRUZ, 2012).

A exploração de potássio no menor estado da Federação Brasileira eleva o país em escala mundial como produtor desse mineral. Porém, também se destaca dos demais estados do Nordeste, por em sua área geográfica (Figura 02) ser detentora de um importante polo mineral, com a existência de diversos minérios (Quadro 01) em exploração ou passíveis de serem explorados (SANTOS et al., 2001).

Quadro 01 – Substâncias minerais do estado de Sergipe.

Classe	Substâncias
Metálicas 	Chumbo (Pb), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Níquel (Ni), Ouro (Au), Pirita (Pi), Titânio (Ti), Tório/terras raras (Th), Zinco (Zn) e Zircônio (Zr).
Não metálicos 	Água mineral (Agm), Amianto (Am), Areia (Ar), Argila (Ag), Enxofre (S), Filito (Fi), Flúor (F), Fósforo (P), Gabro (Gb), Gnaisse (Gn), Granito (Gr), Metarenito (ma), Metassilito (ms), quartzito (Qt), quartzo (Qz) e Saibro (As).
Calcários 	Calcário (Ca), Calcário calcítico (Cc), Calcário dolomítico (Cd), Dolomito (Ma), e Mármore (Mm).
Energéticos e sais solúveis 	Gás (Gs), Petróleo (Pe) e Turfa (Tf), Sais de magnésio (Mg), Potássio (K) e Sódio (Na).

Fonte: Adaptada de Santos et al. (2001).

2.1 A mineração por cava no estado

A extração mineral por cava no estado de Sergipe é realizada em todo seu território, com a retirada dos mais variados minérios (argila, seixo ralado, areia, barro, etc.). Por exemplo, no município de Cedro de São João, de acordo com Bastos e Senra (2018) é extraído por mês uma média de 4.000 toneladas de argila, destinada para cerâmicas da região e para o estado de Pernambuco, gerando uma média de R\$ 5.200,00; os autores ressaltam a inexistência de pilha de rejeito, ou seja, todo material extraído da cava foi comercializado. Desta forma o estado de Sergipe se destaca com potencial minerário de mina do tipo cava, pois detém minas ativas na extração de argila destinada para industrial de cerâmicas e tijolos (OLIVEIRA, et al., 2017).

O estado tem um potencial minerário para esse tipo de mineração, conforme relata Santa (2019), a existência da Jazida Boa Esperança no município de São Cristóvão em Sergipe, em plena atividade com a exploração de areia, expandindo na horizontal para a retirada do minério. O minério explorado é destinado para construção civil do município e para a capital do estado (Aracaju-SE).

De acordo Mechi e Sanches (2010), para extração mineral geralmente faz a retirada da cobertura vegetal da área e da camada fértil do solo (horizontes O e A), pois os minérios geralmente estão abaixo dessas camadas. Mas, tratando da mineração de agregados para construção civil, a prática de retirar a camada fértil do solo às vezes não é praticada, pois em alguns casos apenas a vegetação precisa ser removida para abertura da cava, assim como foi evidenciado na extração de argila contendo Kuartzo, ilita, clorita e K-feldspato, destinado para fabricação de porcelanato no Município de Cedro de São João (BASTOS; SENRA, 2018). Todo material escavado é aproveitado desprezando a necessidade de pilhas de rejeitos, desta forma o impacto in loco no solo incide apenas na cava aberta, gerando um aspecto visual negativo pela extensão da cava na horizontal e profundidade do buraco (BEZERRA, 2013).

O impacto gerado pela abertura cava in loco também ocorre na geração de ruídos sonoros pelo intenso tráfico de veículos pesados e a suspensão de poeiras, afetando as comunidades localizadas próximas da mina ou as margens das estradas de terra batidas que interligam a área explorada aos municípios. Os ruídos sonoros é proveniente da escavação, acontece com máquinas retroescavadeira e pá carregadeiras, após removerem a vegetação

na área faz o corte no solo para extração do minério (CUCHIERATO, 2017; SANTOS, 2019), o minério extraído é destinado para os devidos fins, de acordo o tipo de material, a exemplo: argila, areia e seixo rolado, respectivamente utilizado em cerâmicas, construção civil e estradas de rodagem ou na terraplanagem de terrenos.

Ressaltando que a mineração a céu aberto ate poderia ser considerado como cava, mas não se enquadra pela sua magnitude de profundidade e extensão, pois geralmente as cavas são de agregados, com a extração dos mais variados tipos de solo, de acordo a região e a demandada populacional, a exemplo da areia que no Brasil em 2007 foi da ordem de 2,12 toneladas por habitantes (SEBRAE, 2017). Sergipe o menor estado da federação brasileira, está entre os maiores detentores de minas ativas na extração de areia (CUCHIERATO, 2017).

De acordo com Bezerra (2013), a extração de agregados teve sua maior expansão no período dos programas do governo de incentivo a construção civil, como Minha Casa Minha Vida, financiada pela Caixa Econômica Federal. Portanto a extração mineral por cava ocorre conforme a demanda, ou seja, o crescimento da população provoca a demanda pelos mais variados minérios, denominados agregados e conseqüentemente potencializa os impactos ambientais, com a abertura de novas cavas ou expansão das existentes no estado de Sergipe.

Dessa forma, a mineração por cava quando finaliza a exploração tem como resultado a área degrada com toda cobertura vegetal removida e o solo rico em minério extraído, resultando no subsolo exposto susceptível ao intemperismo e a lixiviação ao longo do tempo pelo vento e a chuva.

2.2 Aspectos econômicos da mineração no estado de Sergipe

O desenvolvimento econômico do estado tem importante contribuição do setor minerário, impulsionado pela instalação do polo da Petrobrás em 1963, qual vem contribuindo para exportação de petróleo em âmbito nacional e conseqüentemente para a economia do país e do estado (FEITOSA, 2006). De acordo com Cruz (2012), a produção de petróleo gerou em Sergipe uma riqueza estimada em R\$ 923,0 milhões por ano e participou com 5,2% de tudo que foi produzido (PIB) em 2009, com um crescimento expressivo em relação a 2008 de 4,0%, ocorrendo também no mesmo ano o retorno

da mina Taquari Vassouras, que em 2009 alcançou altos níveis de produção, impulsionando um crescimento de 6,0% na extração de minerais e, conseqüentemente, contribuindo para o PIB do estado.

A extração de minérios, além de contribuir para o PIB do estado, contribui para a economia dos municípios mediante o repasse dos royalties, conforme a Compensação Financeira pela Exploração dos Recursos Minerais (CFEM²), indispensável para o desenvolvimento econômico do país, estados e municípios (ICMM, 2013). Ressaltando que as cobranças são feitas em virtude das mineradoras estarem explorando terras da união, assegurado pela Constituição Federal de 1998, assim consta no Art. 20. São bens da União:

(...)

IX - os recursos minerais, inclusive os do subsolo;

§ 1º É assegurada, nos termos da lei, aos Estados, ao Distrito Federal e aos Municípios, bem como a órgãos da administração direta da União, participação no resultado da exploração de petróleo ou gás natural, de recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica e de outros recursos minerais no respectivo território, plataforma continental, mar territorial ou zona econômica exclusiva, ou compensação financeira por essa exploração.

Art. 176. As jazidas, em lavra ou não, e demais recursos minerais e os potenciais de energia hidráulica constituem propriedade distinta do solo, para efeito de exploração ou aproveitamento, e pertencem à União, garantida ao concessionário a propriedade do produto da lavra (BRASIL, 2012).

Desde o início da lavra mineral em território nacional, conforme o determinado na constituição, a mineradora passa a fazer os repasses dos royalties de acordo a Lei 13.540 (Brasil, 2017), a qual determina que as mineradoras ensejem o recolhimento da Compensação Financeira Pela Exploração de Recursos Minerais – CFEM. A alíquota referente aos valores a serem repassados pelas mineradoras (CFEM) é calculada (Quadro 02) em cima da extração mineral de cada tipo de minério extraído em território Brasileiro.

²A CFEM, conhecida também como *royalty* da mineração, é um dos muitos encargos incidentes na cadeia mineral. Esta contribuição, estabelecida pela Constituição de 1988, em seu Art. 20, § 1o, é devida aos Estados, ao Distrito Federal, aos Municípios, e aos órgãos da administração da União, como contraprestação pela utilização econômica dos recursos minerais em seus respectivos territórios. Os recursos da CFEM são distribuídos da seguinte forma:

- 12% para a União (DNPM 9,8%, IBAMA 0,2%, MCT/FNDCT 2%);
- 23% para o Estado onde for extraída a substância mineral;
- 65% para o município produtor (ANM, 2003).

Tabela 1: As alíquotas para alguns minérios.

Lei 13.540 de 2017	
Substância	Alíquota %
Rochas, areias, cascalhos, saibros e demais substâncias minerais quando destinadas ao uso imediato na construção civil; rochas ornamentais; águas minerais e termais.	1
Ouro	1,5
Bauxita, Manganês, Nióbio, Sal-gema.	3
Diamante e demais substâncias minerais, incluindo Cobre.	2
Ferro, observadas as letras b e c deste Anexo.	3,5

Fonte: adaptado de https://www.inesc.org.br/wp-content/uploads/2019/05/CFEM_v02.pdf?x31288.

Essas porcentagens dos repasses especificados em cada minério são calculadas conforme a receita bruta de vendas realizada pela mineradora, acompanhado e supervisionado pelo Ministério de Minas e Energia, que executa todo o processo administrativo do CFEM, e em seguida faz a distribuição dos valores aos estados e municípios na forma de royalties.

Portanto, quanto mais mineradoras em atividade existirem no estado e dependendo do tipo de minério extraído, maior será a arrecadação. No Brasil, a partir de 12/06/2018 até 30/04/2019, referente às competências de 06/2018 a 03/2019, os valores arrecadados bateram a casa dos 1.542.415.105,53 bilhões (ANM, 2019).

Os valores arrecadados passam a ser distribuídos conforme procedimentos reestabelecidos no CFEM, especificado no decreto N° 9.407/2018.

Art. 2º O percentual de quinze por cento, a título de Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais – CFEM será distribuído, para cada substância mineral, entre o Distrito Federal e os Municípios afetados pela atividade de mineração e os Municípios gravemente afetados pela perda de receita da CFEM com a edição da Lei nº 13.540, de 18 de dezembro de 2017, da seguinte forma:

I - dois por cento para o Distrito Federal e os Municípios, como forma de compensar a perda de arrecadação da CFEM com a entrada em vigor da Lei nº 13.540, de 2017; e

II - treze por cento para o Distrito Federal e os Municípios afetados pela atividade de mineração em seus territórios.

Parágrafo único. A compensação prevista neste artigo será vinculada à receita da CFEM de cada substância mineral (BRASIL, 2018).

Dessa forma, como o estado possui municípios que são afetados pela exploração de minérios, passa a receber as devidas porcentagens descritas acima, calculados conforme cada minério explorado, desta forma, segundo Santana (2018), a mineração no estado de Sergipe foi responsável pela arrecadação de 10.322.664,54 milhões no ano de 2018. Após a aplicação das novas regras determinadas pelo decreto nº 9.407/2018, o estado de Sergipe, no período de 06/2018 a 03/2019, recebeu um total de R\$ 649.584,39, deste valor consta que só o município de Barra dos Coqueiros recebeu 54.812,52, com o minério de cobre ANM (2019).

Portanto, os recursos financeiros adquiridos pelo CFEM e distribuídos em royalties potencializam o desenvolvimento do país, onde no Brasil de todos os bens e produtos que contribuem para o Produto Interno Bruto (PIB), o setor minerário é responsável por 5% do PIB, com expressiva contribuição em âmbito nacional para o estado de Minas Gerais, que detém o ranque do maior produtor de minérios do país, com destaque para o ferro (ICMM, 2013).

Por outro lado, em Sergipe, de acordo com Santos et al. (2001), os dados apresentados pelo Sicom – Sistema Código de Mineração e o DNPM, os minérios mais explorados no estado de Sergipe são os minerais metálicos, minerais industriais, rochas ornamentais, substâncias fertilizantes e substâncias energéticas. Esses minérios são explorados por indústrias nacionais e multinacionais de economia mista ou privada, colocando o estado em um panorama minerário (Quadro 02); demonstrado o quanto o setor minerário vem se desenvolvendo no estado puxado pelo nacional, que no panorama mundial o Brasil está entre os maiores detentores de jazidas e na produção de minérios, ocupando a 11ª posição (ARAÚJO; OLIVEIRA; FERNANDES, 2014 e BRASIL, 2014).

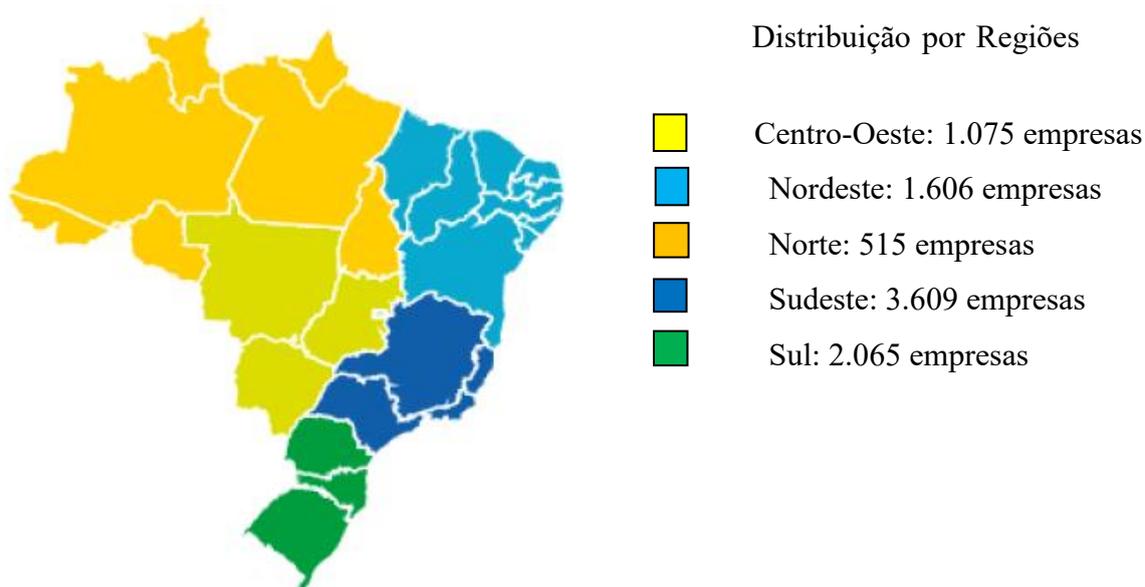
Quadro 2- Panorama da mineração Nacional e do estado de Sergipe (2018).

Panorama	RP	RL	RLG	REM
	Requerimento de Pesquisa	Requerimento de Licença	Requerimento de Lavra Garimpeiro	Requerimento de Registro de Extração
Brasil	10.284	1.880	1.219	569
Sergipe	65	27	0	0

Fonte: <http://dados.gov.br/dataset/control-e-de-processos-sicom> (2019).

Quando comparado o estado de Sergipe ao panorama da mineração nacional, encontra-se atualmente na 22ª posição, essa posição se dá em virtude dos dados apresentados no quadro 02, que correspondem a 65 Requerimentos de Pesquisa (RP) dos 10.284 existentes no Brasil, com 27 Requerimentos de Licença (RL) dos 1.880 existentes no Brasil e com o Requerimento de Lavra Garimpeiro (RLG) e Requerimento de Registro de Extração (REM) dos 1.219 e 569, respectivamente, existentes no país, ou seja, em Sergipe não ocorreu à abertura de novas minas para explorar minério, porém avançou significativamente na pesquisa, quando se leva em questão o tamanho de seu território (menor da federação brasileira). Das minas com plena atividade de exploração no Brasil, há um total de 8.870 grandes companhias mineradoras, devidamente detentoras dos registros de extração e de concessão de lavra, distribuídos geograficamente (Figura 03) em território Nacional (DNPM, 2012).

Figura 03 - Mapa da distribuição das Companhias mineradoras no Brasil



Fonte: IBRAM (2015, p. 08).

Dessa forma, a região nordeste possui 1.606 empresas atuantes na extração de minérios, que corresponde a 18,10% de todo o território nacional. Uma delas é a empresa VALE com a exploração de potássio no estado de Sergipe, responsável por toda produção desse minério em território brasileiro, equivale a 0,90% de toda produção mundial (DNPM, 2012). As jazidas desse mineral estão localizadas especificamente nos estados da Amazônia e de Sergipe, porém ocorre exploração apenas no estado de Sergipe, que, de

acordo o Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM e Agência Nacional de Mineração - ANM:

Em Sergipe, nas regiões de Taquari/Vassouras e Santa Rosa de Lima, as reservas oficiais de silvinita ($KCl + NaCl$) totalizam 478,0 milhões de toneladas, com teor médio de 9,7% de K_2O equivalente. Dessas, 68,2 milhões de toneladas de minério "in situ" (teor de 19,04% de K_2O), que correspondem a 12,9 milhões de toneladas de K_2O equivalente, representaram, em 2013, a reserva lavrável em Taquari/Vassouras. Trabalhos de reavaliação de reservas de silvinita na região de Santa Rosa de Lima situada 16 km a oeste de Taquari-Vassouras dimensionaram reserva de aproximadamente 66,9 milhões de toneladas de minério "in situ" (15,48 milhões de toneladas de K_2O equivalente), considerando a camada principal. Ainda em Sergipe são conhecidos importantes depósitos de carnalita ($KCl.MgCl_2.6H_2O$). As reservas totais de carnalita (medida + indicada + inferida), reavaliadas, com teor médio de 10,40% de KCl , alcançam cerca de 14,4 bilhões de toneladas. Encontra-se em fase de implantação, no Estado de Sergipe, projeto que visa o aproveitamento dessas reservas de carnalita por processo de dissolução (OLIVEIRA, 2017, p. 01).

Portanto, a extração dos minérios potássio, magnésio e sódio em Sergipe estão concentrados em uma única região do estado, no município de Rosário do Catete (Latitude: $10^{\circ}34'40''$ e Longitude; $37^{\circ}07'15''$), classificada como uma das minas mais produtivas e industrialmente modernas do território brasileiro (SANTOS et al. 2001 e GERMANY, 2002). Tem uma produção estimada em 850mil toneladas. ano⁻¹ de KCl e extração previsto até 2022, com potencial de expandir na região de Santa Rosa de Lima com a exploração das novas jazidas em reservas de potássio existente (ANM em DNPM, 2014).

Evidente que, além dos sais de potássios que, de acordo com Araujo (2017), têm contribuído positivamente para a economia do estado e para o avanço da indústria de agroquímicos da base agrícola do país, no Estado são exploradas outras substâncias pertencentes às seguintes classes: matérias-primas para a indústria química (sal-gema e sal marinho); materiais de construção e cerâmicos (pedra de construção, pedra britada, areia e saibro, argila para cerâmica estrutural e de revestimento, calcário para cimento, cal, gesso, corretivo de solos e rochas ornamentais); águas; e hidrocarbonetos (petróleo e gás natural), determinantes para a economia do estado (SANTOS et al., 2001).

Por exemplo, a extração de minérios denominados agregados (areia brita, seixo rolado, argila), que está em segundo lugar entre os minérios mais explorados no estado para a construção civil (atrás apenas da mineração de sais de potássio), fechou o ano de 2011 com uma estimativa de 5.769.790t (IBRAM, 2012), demonstrando que outros

minérios também são extraídos no estado, com tamanha relevância e importância para o setor minerário.

A extração de agregados para o estado tem sua parcela significativa para a economia, com a geração de empregos diretos e indiretos, que vão desde a mão de obra no processo de extração ao transporte. Segundo dados IBRAM (2012), em 2011 os números de empregos no setor minerário em todo o país ultrapassaram os 2,2 milhões, contabilizando apenas a mão de obra especializada ou capacitada pelas empresas para atuarem na área da pesquisa, transporte e extração dos minérios, são pessoas economicamente ativas que consomem os mais diversos produtos e serviços e conseqüentemente contribuem para a geração de outros postos de trabalhos (empregos indiretos).

Ano após ano o mercado de trabalho na indústria minerária vem se mantendo estável no cenário nacional, mesmo com as crises que perpassam o país, pois, de acordo com ANM (2018), enquanto em outros setores ocorreram demissões, o setor da extração mineral tem registrado aumento nos postos de trabalho, com a geração de 1.251 novos trabalhos no ano de 2018. Porém, no estado de Sergipe ocorreu uma redução de 91 postos de trabalho.

O saldo negativo de mão de obra em Sergipe, localizado no setor de extração de outros minerais não metálicos (-86), foi influenciado pelas demissões da Vale Fertilizantes, que resultou na perda de 86 postos de trabalho no município de Rosário do Catete (SE), devido à operação de venda da Vale Fertilizantes para a Mosaic, concluída em 2 de janeiro de 2018 (ANM, 2018, p.07).

Mesmo com a ocorrência na redução da mão de obra contratada pelo setor minerário no estado, não desmerece a importância da indústria minerária na geração de empregos diretos e indiretos, contribuindo para economia de Sergipe, além de no cenário nacional ter ocorrido um pequeno crescimento na geração de trabalho, demonstrado ânimo para o setor econômico do país, mediante os altos índices de desempregos, sendo que, em 2018, conforme dados do IBGE (2018), o número de pessoas desempregadas no Brasil alcançou 12,8 milhões.

3. O IMPACTO AMBIENTAL E SOCIAL DA MINERAÇÃO

Os Royalties da mineração para o estado de Sergipe, repassados pelas empresas que realizam a extração dos mais variados minérios, entre eles: amianto, argila, calcário, calcário calcítico, ferro e argila, metassilito (pedra-detalhe), calcário (mármore), ouro, potássio, entre outros (SANTOS et al., 2001) são expressamente importantes para o desenvolvimento econômico, visto, anteriormente, que no ano de 2018 em valores reais foram repassados pelo CFEM ao estado R\$ 10.322.664,54 e, no primeiro período do presente ano (2019), o repasse já chega a R\$ 649.584,39.

As contribuições do setor minerário para economia do estado são bastante relevantes e importantes para o desenvolvimento econômico. Por outro lado, os impactos ambientais³ acometidos pela mineração são incalculáveis, pois atingem várias esferas: da fauna e flora, com perda da biodiversidade local; socioambientais, com prejuízos à população causando redução na qualidade de vida (saúde) e alterações econômicas locais (comunidades situadas próximas à mineração) (FERNANDES; ARAUJO, 2016).

Os impactos da mineração são agressivos ao meio ambiente, principalmente em virtude da prática minerária realizada no Brasil, que por décadas faz uso de poucas tecnologias (a exemplo dos garimpos) ou projetos de mineração considerados com maiores riscos a causar danos ambientais e socioambientais. Há destaque para a lavra de minérios a céu aberto, praticada no país desde meados do século XVII que perdura até os dias atuais, sendo atualmente a maioria dos projetos de minas desse tipo ativas em solo brasileiro (GERMANY, 2002 e ARAUJO; FERNANDES, 2016).

Os projetos de mineração a céu aberto se justificam por serem tão adotados pelas empresas, pois demandam de baixa tecnologia, além de serem considerados mais econômicos comparado com a subterrânea, passando a serem realizados em maior número no território brasileiro, porém a área de impacto ambiental no solo e subsolo é

³Artigo 1º - Para efeito desta Resolução, considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante Das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população;

II - as atividades sociais e econômicas;

III - a biota;

IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;

V - a qualidade dos recursos ambientais (Resolução CONAMA Nº 001, 1986).

consideravelmente maior (NEME et al., 2011). Essa prática de mineração no território brasileiro tem predominância no Nordeste: minas de céu aberto em subníveis (GERMANY, 2002).

Com ênfase no Nordeste e tomando como exemplo o estado de Sergipe, a mina TAQUARIVASSOURAS, identificada como uma grande mineradora com extração de minério de Potássio é realizada a céu aberto no município de Rosário do Catete – SE, pela empresa Cia Vale do Rio Doce (SANTOS et al., 2001). Destaca-se, entre as inúmeras outras minas a céu aberto existentes no território Brasileiro (Tabela 02), realizadas por grandes empresas do setor minerário com a extração dos mais variados minérios.

Tabela 2 – Algumas das principais minas a céu aberto no território Brasileiro.

Mina	Localização	Produto	Empresa mineradora	Prod. t/homem/ano	103
Carajás	Carajás / PA	Ferro	Cia. Vale do Rio Doce	105	
Cauê	Itabira / MG	Ferro	Idem	76	
Conceição	Itabira / MG	Ferro	Idem	76	
Congo soco	Bar. de Cocais / MG	Ferro	Idem	18	
Alegria 9	Mariana / MG	Ferro	Idem	56	
Timbopeba	Mariana / MG	Ferro	Idem	128	
Morro agudo	Piracicaba / MG	Ferro	Idem	26	
Capanema	Itabirito / MG	Ferro	Min. Serra Geral	105	
Alegria	Mariana / MG	Ferro	Samarco Min. S.A.	110	
Taquarivassouras	Rosário do Catete, SE	Potássio	Vale do Rio Doce	1500	

Fonte: Extraído (GERMANI, 2002, p. 55).

A tabela 2 apresenta algumas das maiores mineradoras em atividade no país que desenvolvem os projetos de extração mineral a céu aberto, algumas delas iniciaram suas atividades desde o período da ditadura militar (1964-1985), período que o Brasil deu

abertura para investimentos no setor minerário de capital estrangeiro. A qual passou a investir pesado em tecnologias, expandindo a capacidade do país de extrair minério e consequentemente abertura de grandes minas, chegando a um total de 3.354 minas, maioria a céu aberto, desde então, passaram a surgir os maiores impactos ambientais decorrentes da mineração (FERNANDES; ARAUJO, 2016).

Nesse modelo de mineração, além da área ocupada pela lavra, a grande maioria das minas faz uso de barragem de rejeitos, que atualmente colocaram o país em destaque no cenário mundial, diante da instabilidade dessas barragens e os últimos acontecimentos com desastres ambientais. Dos maiores desastres ambientais já ocorridos na história do país envolvendo mineração (Tabela 3), com rompimento de algumas das barragens de rejeitos de minério, causando inúmeros impactos ambientais, o mais emblemático foi o rompimento da barragem de rejeitos de Mariana-MG, que alcançou os leitos fluviais (poluindo o rio Doce do Município de Mariana a foz), chegando até o oceano (BRASIL MINERAL, 2016).

Tabela 03 - Cronologia dos principais Rompimentos de barragens no Brasil (desde 2000-2015)

	Nov 2015	Jan 2007	Junho 2001
Localização	Distrito de Bento Rodrigues, Mariana - MG, Brasil.	Miraí, Minas Gerais, Brasil	Sebastião das Águas Claras, Nova Lima - MG Brasil
Companhia associada	Samarco Mineração S.A. (50% BHP Billiton, 50% Vale).	Mineração Rio Pomba Cataguases Ltda.	Mineração Rio Verde Ltda.
Tipo de minério	Minério de ferro	Bauxita	Minério de ferro
Tipo de incidente	Rompimento de duas barragens de rejeitos (Fundão e Santarém)	Rompimento de uma barragem de rejeito	Rompimento de barragem de rejeitos
Volume liberado	62 milhões m ³	2 milhões m ³ de lama contendo água e argila.	?

	Nov 2015	Jan 2007	Junho 2001
Impactos.	Uma onda de lama destruindo 158 casas, e matau 17 pessoas (há 2 desaparecidos) no povoado de Bento Rodrigues,). A lama chegou até o litoral do Espírito Santo, poluindo o rio Doce.	A lama deixou cerca de 4 mil pessoas nas cidades de Mirai e Muria é, na Zona da Mata, sem suprimentos. Abastecimento de água ficou comprometido em cidades de Minas Gerais e Rio de Janeiro.	A onda de rejeitos viajou 6 km, matando dois trabalhadores e deixando 3 desaparecidos.

Fonte: Adaptado, Revista, Brasil mineral - edição 358 – Digital.

Dessa forma, o país vem registrando em sua história o acúmulo de impactos ambientais inestimáveis diante das proporções, provocados pela exploração mineral, com perdas na fauna, flora e ceifando vidas humanas. Considerado até 2015 o rompimento da barragem Fundão em Mariana-MG (empresas Samarco, Vale e BHP Billiton), como um dos maiores (CARNEIRO, 2018). Recentemente (no dia 25 de janeiro de 2019) o país entra em luto novamente pelo meio ambiente e pelas centenas de vidas ceifadas após o rompimento da Barragem I da mina de Feijão, liberando 12 milhões de metros cúbicos de rejeitos de mineração atingindo as comunidades de Córrego do Feijão e de Parque da Cachoeira, chegando até o Rio Paraopeba, afluente do Rio São Francisco, causando danos na flora e fauna e lamentavelmente ceifando um total de 333 vidas entre mortos e desaparecidos (Conselho Nacional dos Direitos Humanos, 2019).

Tragédias como essas jamais serão esquecidas, além das vidas ceifadas e os impactos ambientais sob a fauna e flora, são incalculáveis diante de tamanha devastação, com prejuízos em toda biota existente na área afetada. Após fatos como esses, exigir-se dos órgãos ambientais maiores fiscalizações e cobranças para as empresas adotarem nos projetos de mineração medidas para mitigar possíveis impactos ambientais, com tecnologias sustentáveis (BRASIL MINERAL, 2016).

É sabido que o órgão ambiental com responsabilidade de fiscalizar a atividade minerária em todo território nacional é Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, bem como de conceder as licenças ambientais conforme o cumprimento do Estudo de Impacto Ambiental – EIA e Relatório de Impacto Ambiental – RIMA. É cabível ao estado direcionar seus órgãos ambientais para atuarem em conjunto com IBAMA, no estado de Sergipe os dois órgãos ambientais com esse perfil; Administração Estadual do Meio Ambiente – ADEMA e a Companhia de Desenvolvimento Industrial e de Recursos Minerais de Sergipe – CODISE.

Os órgãos ambientais devem estar atentos a todo processo de extração dos minérios existentes no estado, principalmente as mineradoras que operam a céu aberto, pois devem ter o fluxo de operação controlado quando localizadas próximo aos centros urbanos, ao contrário o grande deslocamento de máquinas pesadas e caminhões pode provocar o deslocamento de massas, causando danos ambientais (GERMANI, 2002). Além do fluxo de veículos (máquinas pesadas) aumenta as emissões de gases, ruídos, deslocamento de partículas do solo (poeira), alterando o modo de vida das pessoas, provocando problemas na saúde dos que convivem em torno da área minerada, caracterizando impacto socioambiental (FERNANDES; OLIVIERI; ARAUJO, 2014).

A atenção para a atividade minerária no estado só dá porque os processos de extração de minério por si só já causa os mais diversos impactos ao meio ambiente, que de acordo com Andrade (1987), provocam alteração na geografia local que varia conforme o processo minerário, ou seja, a mineração por túnel torna a área não agricultável com ocupação de um espaço para estações in loco das perfurações, enquanto a mineração por cava a céu aberto causa uma mudança drástica em toda topografia com rebaixamento do solo, além de maior dispersão de partículas no ar, vindo a provocar problemas respiratórios na população que residem nas comunidades em torno, principalmente se a extração for de calcário, que acarreta na suspensão de grandes quantidades de partículas.

Segundo Mechi e Sanches (2010), a mineração causa a supressão da vegetação in loco, remoção do solo na extração dos minerais, montanha ou barragem de rejeitos, impactando os corpos hídricos após lixiviação de sedimentos, contaminação do ar pela emissão de partículas suspensas contendo gases e poeira, além de poluição sonora. Deste modo, fica evidente que atividade minerada não causa unicamente impacto ao meio ambiente, ela causa impactos distintos à sociedade, pois as pessoas que residem em torno

da mineração têm sua dinâmica alterada com fluxo intenso de veículos e passam a conviver com os ruídos.

Segundo Carvalho (2017), os impactos são distintos causados pela atividade mineral à sociedade, pois, quando afetam as pessoas no seu meio comunitário, são caracterizados impactos socioambientais, podendo ser impactos positivos de viés econômico, com a geração de empregos diretos e indiretos, impulsionando a economia local; impactos negativos, com alteração da dinâmica das pessoas que residem nas comunidades situadas próximas à extração de minério, deixando-as expostas aos ruídos ou à contaminação. A autora traz como exemplo uma indústria de calcário localizada no município de Simão Dias, que em relatos mencionados por moradores e análise de imagens os impactos ambientais ocorreram desde a supressão da vegetação e do solo, mudando toda a paisagem no local, além da poluição do ar com a dispersão de partículas de calcário ($\text{CaCO}_{3(s)}$).⁴

Portanto, mesmo a mineração ter alta capacidade de causar impactos ambientais e o cenário nacional ser marcado por grandes catástrofes ambientais (BRASIL MINERAL, 2016). O estado de Sergipe não apresenta catástrofes ou grandes crimes ambientais provenientes da mineração, porém na última vistoria técnica nas mineradoras realizada pela Polícia Ambiental Federal em conjunto com a Polícia Estadual, foram constatadas irregularidades quanto às licenças ambientais que devem ser regularizados pela parte interessada junto aos órgãos competentes (JC, 2019). Mesmo sem grandes danos ambientais de repercussão jornalística no estado, não é descartado o potencial que a atividade minerária tem em causar impacto sob a fauna e a flora e à saúde da sociedade in loco.

A capacidade de causar impacto ao meio ambiente pela mineração ocorre desde a instalação das grandes indústrias a pequenos garimpos⁵, da lavra ao fechamento. Uma vez

⁴ Mesma composição química da Calcita. Principais constituintes mineralógicos das rochas calcárias, molécula composta por Cálcio (Ca) não estável que possui 2 elétrons livres na camada de valência, atingindo sua estabilidade perdendo os 2 elétrons Ca^{2+} . Por sua vez, o composto formado por Carbono e Oxigênio CO não é estável, só fica quando ganha 2 elétrons: $\text{Ca}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} \rightarrow \text{CaCO}_3$ (BROWN; LEMAY; BURSTEN, 2005).

⁵ Art. 70. Considera-se:

I – garimpagem, o trabalho individual de quem utiliza instrumentos rudimentares, aparelhos manuais ou máquinas simples e portáteis, na extração de pedras preciosas, semi-preciosas e minerais metálicos ou não metálicos, valiosos, em depósitos de eluvião ou aluvião, nos álveos de cursos d'água ou nas margens reservadas, bem como nos depósitos secundários ou chapadas (grupiaras), vertentes e altos de morros, depósitos esses genericamente denominados garimpos (BRASIL, 1967).

que a área explorada tem todas suas características (física, química e biológica) naturais alteradas com a supressão da vegetação e remoção do solo e mesmo após o fechamento, a área fica exposta à ação do tempo, susceptível ao intemperismo e à lixiviação de sedimentos aos corpos hídricos (SANTOS et al., 2010).

Diante dessas potencialidades de causar impacto ao meio ambiente, acaba sendo necessária a concessão das liberações para lavra pelos órgãos ambientais (IBAMA), o cumprimento das leis ambientais, entre elas a elaboração do Estudo de Impacto Ambiental - EIA e o Relatório de Impacto Ambiental – RIMA.

4 LEGISLAÇÕES AMBIENTAIS

Compete aos órgãos ambientais detectar a geração de impactos ambientais através da fiscalização nas atividades de mineração em território Brasileiro, buscando coibir danos nocivos à sociedade e a degradação⁶ ao meio ambiente⁷, visando que as empresas atendam o que tange a resolução CONAMA (1986), no Art. 2º - Dependerá de elaboração de estudo de impacto ambiental e respectivo relatório de impacto ambiental – RIMA e, o Código de Mineração:

Art. 12. O DNPM estabelecerá, mediante portaria, as áreas de garimpagem, levando em consideração a ocorrência do bem mineral garimpável, o interesse do setor mineral e as razões de ordem social e ambiental.

§ 1º A criação ou ampliação de áreas de garimpagem fica condicionada à prévia licença do IBAMA, à vista de Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e respectivo Relatório de Impacto Ambiental (Rima), de acordo com a legislação específica. (BRAISL, 1967).

A instalação de uma atividade minerária não pode ser efetivada sem a elaboração do RIMA e EIA pelas mineradoras. Dessa forma, é de responsabilidade na esfera nacional do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, de acompanhar a aplicabilidade destas (RIMA e EIA) e na esfera estadual, está diretamente ligada à responsabilidade aos órgãos governamentais ou de economia mista.

⁶II - degradação da qualidade ambiental, a alteração adversa das características do meio ambiente;

⁷I - meio ambiente, o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas (BRASIL, 1981).

Existente no estado os seguintes órgãos: Secretaria de Estado da Indústria, Comércio e Turismo - INCLUI; Companhia de Desenvolvimento Industrial e de Recursos Minerais de Sergipe – CODISE; Sergipe Minerais S.A. - SEMISA; Administração Estadual do Meio Ambiente - ADEMA; Instituto de Tecnologia e Pesquisas de Sergipe – ITPS (SANTOS et al., 2001).

São os setores da administração pública estadual encarregados por todos os processos burocráticos, de análises químicas ou documentação para a mineração, direcionado aos trabalhos de acordo a cada órgão. ITPS, autarquia integrante da administração pública estadual, responsável pelas análises químicas e estudo dos recursos naturais e minerais; ADEMA, autarquia vinculada à Secretaria de Estado do Meio Ambiente, responsável pela preservação e desenvolvimento sustentável do meio ambiente e as licenças ambientais para a execução das atividades de mineração; SEMISA, vinculada à Secretaria de Estado da Indústria, Comércio e Turismo, com convênio na CODISE, responsável pelo aproveitamento econômico do setor minerário; SEMISA, responsável socialmente pela execução da política de desenvolvimento industrial, o aproveitamento dos recursos minerais e na ação técnica de pesquisa, lavra e execução das atividades mineraria em todo território estadual; INCLUI⁸, na responsabilidade da administração.

Para tanto, os devidos órgãos estaduais fazem se cumprir o que tange a Constituição do Estado referente ao artigo 232, à garantia de um meio ambiente ecologicamente equilibrado para as futuras e presentes gerações. Dessa forma, a referida constituição traz no § 1º. e IV, que, para assegurar a efetividade desse direito, é de responsabilidade do Poder Público, com o auxílio das entidades privadas, cobrar das empresas que venham instalar obra no estado com potencial de causar impacto ambiental à realização de estudo prévio de impacto ambiental, ou seja, cabível à atividade minerária por ter altas potencialidade em causar impacto ambiental.

O decreto N° 98.812, de janeiro de 1990, e o Código de Mineração colocam que mediante identificação de uma nova área a ser garimpada ou ampliação de uma área já explorada, as empresas interessadas devem registrar no DNPM, bem como dá início a todos os processos burocráticos, como licença ambiental, EIA e RIMA. Reforça-se o quanto são importantes os referidos estudos no setor da mineração para a efetiva garantia

⁸Secretaria de Estado da Indústria, Comércio e Turismo.

de todas as medidas cabíveis para evitar danos ambientais além dos já causados in loco da área explorada; o Art. 18 coloca que “o aproveitamento de bens minerais, pelo regime de concessão de lavra ou pelo regime de licenciamento, depende de licenciamento do órgão ambiental competente” (BRASIL, 1990).

Uma vez instalada uma atividade com potencial risco de degradação ambiental ou atestado in loco após fiscalização, os reais prejuízos e sem as devidas licenças ambientais liberadas pelo órgão estadual competente, integrante do SISNAMA, poderão liberá-las sem prejuízo de outras licenças exigíveis. Sendo ela em caráter estadual a SEMA, que poderá impugnar a liberação ou o andamento de atividades que venha a causar danos ambientais fora dos limites permissíveis no licenciamento (BRASIL, 1981).

Conforme o previsto na constituição do estado de Sergipe na seção IV dos recursos minerais, em seu Art. 250, é dever do estado o aproveitamento racional dos recursos minerais (SERGIPE, 2007). Esse aproveitamento deve ocorrer assegurando as premissas que tangem as leis ambientais e o código de mineração, para tanto a própria constituição do estado enfatiza que, para a garantia de um desenvolvimento harmônico, é necessário que faça o que incumbe o Art. 251:

- I - registrar, acompanhar e fiscalizar os direitos de pesquisa e exploração dos recursos minerais e energéticos;
- II - manter instituições que realizem pesquisas e desenvolvimento de tecnologia mineral a ele vinculadas direta ou indiretamente;
- III - manter um banco de dados, de livre acesso ao público, relativo às informações cartográficas, de geociências e recursos naturais, podendo cobrar pelo fornecimento dessas informações;
- IV - promover o mapeamento geológico básico, complementarmente àquele desenvolvido pela União, e a pesquisa tecnológica, fortalecendo o desenvolvimento do setor mineral estadual;
- V - criar o fundo de apoio à pesquisa mineral com o objetivo de financiar a pesquisa e o aproveitamento econômico racional dos recursos minerais, bem como o desenvolvimento da tecnologia de recuperação de áreas degradadas pela atividade de mineração (SERGIPE, 2007).

O estado deve manter seus órgãos ligados à área da mineração em pleno funcionamento e atentos aos recursos minerais existentes em seu território, com o banco de dados atualizados, visando fomentar ao setor minerário interesse pela exploração e consequentemente investimentos privados para exploração. Isso desde que as empresas do setor mineral cumpram as condicionantes já apresentadas acima ou com o que está previsto na Lei N° 6.938 de agosto de 1981, no artigo 3º, não tenham cometido degradação

ambiental, danos à saúde e ao bem estar da população, lançamento de matérias rejeitos em corpos hídricos afetando todo um ecossistema. Pois, quando causar degradação, a empresa estará sujeita à reparação dos prejuízos ambientais, conforme previsto na referida lei, artigo 4º - A Política Nacional do Meio Ambiente visará: VII - à imposição, ao poluidor e ao predador, da obrigação de recuperar e/ou indenizar os danos causados e, ao usuário, da contribuição pela utilização de recursos ambientais com fins econômicos (BRASIL, 1981).

Portanto, no Brasil, aquele que fizer uso dos recursos ambientais com alterações ou degradação da área estará sujeito à recuperação⁹ e, tratando-se de degradação por mineração, a empresa deve elaborar o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD), principalmente após o fechamento da lavra, ou seja, quando as empresas cessarem suas atividades de extração de minério, devem dar início à aplicabilidade do plano, devidamente aprovado pelas autoridades competentes. Pois a recuperação da área degradada pela extração de minério tem que proporcionar o retorno de suas características físicas e biológicas de forma gradativa, com o desenvolvimento de espécies de árvores nativas ou adaptadas a região, deixando-a acessível à fauna e conseqüentemente integrá-la ao ambiente da região (SANTOS, 2017).

A NBR 13.030 (1999) apresenta as definições de todas as medidas que devem ser tomadas na elaboração de um PRAD, bem como todos os itens que devem ser bem descritos na elaboração e apresentação de projeto de reabilitação de áreas degradadas pela mineração, sequenciados em ordem conforme um modelo anexado dentro da NBR para ser seguido. Quando elaborado, é necessário que seja atendida uma descrição fiel de todos os procedimentos necessários que serão adotados durante o processo de recuperação, visando devolver a área a fauna e a flora no ecossistema.

Os rejeitos¹⁰ gerados durante o processo de mineração têm que ser condicionados em local apropriado, evitando contaminação de outras áreas ou a lixiviação para corpos hídricos. Dessa forma, é necessário proceder conforme as orientações contidas na ABNT NBR 13028 (2017), que trata sobre a importância do projeto para construção de barragem de rejeitos de minérios sólidos ou não, elaborados seguindo todos os procedimentos

⁹Conjunto de procedimentos através dos quais é feita a recomposição da área degradada para o estabelecimento da função original do ecossistema (ABNT NBR 13030).

¹⁰ Todo e qualquer material descartado durante o processo de beneficiamento de minérios (ABNT NBR 13028:2017).

indicados na norma, a exemplo de estudo geológico da área, estudo sísmico, análise química do sítio de rejeito, entre outros.

5 CONCLUSÕES

O estado de Sergipe é o menor da Federação Brasileira com um território de 21.926,908 km², destacando-se perante os demais estados do Nordeste por possuir inúmeras riquezas em minerais, que vão desde os metálicos, não metálicos, calcários, energéticos e sais solúveis. Com exploração marcada desde o período do Brasil colônia, na garimpagem de pedras preciosas; com o avanço da exploração no Nordeste em escala industrial por volta de década de XX, Sergipe se destaca na produção de potássio e calcário.

Toda a exploração mineral existente no estado o coloca na 22ª posição no panorama nacional, com destaque para a exploração de sais de potássio, pois é o maior produtor em escala nacional e o país o detentor de 0.90% de toda a produção mundial. Outros minérios bastante extraídos no estado são o calcário e agregados para construção civil, ambos são explorados através de minas a céu aberto, considerado o processo de mineração com maior potencial de causar impactos ambientais durante o processo extração e ao termino.

Visto que a mineração a céu aberto causa impactos ao meio ambiente desde o início do processo de garimpagem com a remoção da vegetação e do solo existente no local, alterando toda a área e após o fechamento da lavra pode continuar impactando com a lixiviação de sedimentos ou rejeitos para os corpos hídricos, tornam-se necessárias medidas cabíveis determinadas pelo código de mineração na jurisdição do DNPM, sob-responsabilidade do IBAMA e os órgãos vinculados à mineração do estado: INCLUI, CODISE, SEMISA, ADEMA, que é a realização do EIA e da RIMA para início das atividades de mineração e o PRAD após o fechamento da lavra.

Atualmente o setor da mineração passa por fiscalizações rigorosas nas explorações existentes no país, buscando evitar tragédias como o rompimento da barragem do Fundão e a barragem I da mina do feijão em Minas Gerais. Torna-se necessário que as mineradoras realizem projetos com maiores investimentos para estabilização dessas barragens e novas tecnologias, a exemplo das tecnologias existentes na extração de minério a seco, com baixo uso de água e dispensando a criação de barragens para os rejeitos.

Apesar do estado não registrar grandes impactos ambientais, apenas os já conhecidos na extração de minérios: alterações na fauna e flora, mudanças na dinâmica das comunidades situadas em torno e o aspecto visual negativo das cavas exploradas pela mineração de seixo rolado, areia e argila. A mineração é destaque na geração de trabalhos nas comunidades próximas e para o estado.

Impulsiona-se a economia dos municípios e do estado, fortalecendo o PIB na escala nacional, além, é claro, dos royalties repassados pelas empresas de mineração ao DNPM e redistribuídos aos Estados, Municípios e Distrito Federal como Compensação Financeira Pela Exploração de Recursos Minerais – CFEM. No vigente ano de 2019, o estado de Sergipe já recebeu o repasse no valor de R\$ 649.584,39, conforme dados da ANM.

REFERÊNCIAS

- ANRADE, Correia de Andrade. **Mineração no Nordeste: Desenvolvimentos e experiências**. Brasília: CNPq, assessoria Editorial e Divulgação Científica, 1987.
- ABNT NBR 13028:2017. Sobre a construção de barragem de rejeitos de mineração. Disponível em <<https://pedlowski.files.wordpress.com/2019/03/nbr13028-2018.pdf>> Acesso em 22/09/2019.
- ABNT NBR 13030: 1999. Elaboração e apresentação de projeto de reabilitação de áreas degradadas pela mineração. Disponível em < <http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-13.030-%C3%81reas-degradadas-pela-minerac%C3%A3o.pdf>> Acesso em 22/09/2019.
- Agencia Nacional da Mineração - ANM. A Perspectiva Otimista da Mineração no Brasil. 2019. Disponível em <http://www.anm.gov.br/assuntos/cfem-municipios-afetados/recurso-total-represado-ate-30_04_2019_> Acesso em 05/08/2019.
- Agência Nacional de Mineração – ANM. Informe Mineral. Brasília, Janeiro – junho de 2018. Disponível em < <http://www.anm.gov.br/>> Acesso em: 20/09/2019.
- Agência Nacional de Mineração – ANM. **Portaria Nº 439 em 21/11/2003 do Diretor-Geral do DNPM**. 2003. Disponível em <<http://www.anm.gov.br/@@busca?SearchableText=CEFEM>> Acesso em 10/09/2019.
- ARAUJO, José Danilo Santos Cavalcanti de. O estado na mediação da exploração mineral em Sergipe. In: **IV Encontro nacional e X Fórum estado, capital, trabalho: O fim dos pensamentos crítico reflexivo? A negação do humano e a banalização da teoria**, 2017, São Cristóvão - SE. GT 2: Estado, Território e Políticas Públicas. Universidade Federal de Sergipe, Campo São Cristóvão, 2017.
- ARAUJO, Eliane Rocha; OLIVIERI, Renata Damico; FERNANDES, Francisco Rego Chaves. Atividade mineradora gera riqueza e impactos negativos nas comunidades e no meio ambiente. In: Recursos Minerais e Sociedade: impactos humanos – socioambientais – econômicos. Centro de Tecnologia Mineral Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação – CETEM. Rio de Janeiro, 2014.
- ARAUJO, Eliane R.; FERNANDES, Francisco R. Chave. Mineração no Brasil: crescimento econômico e conflitos ambientais. In: GUIMARÃES, Paulo Eduardo.; CEBADA, Juan Diego Pérez. **Conflitos Ambientais na Indústria Mineira e Metalúrgica: o passado e o presente**. CICP - Centro de Investigação em Ciência Política, Portugal, CETEM - Centro de Tecnologia Mineral, Brasil. Rio de Janeiro: Évora, 2016.
- BASTOS, Vivianne Andrade; SENRA, Aracy Sousa. Estudo Composicional da Argila Extraída no Município de Cedro de São João para Fabricação de Porcelanato, Estado de Sergipe. Revista de Geologia, vol. 31, nº 1, 49 – 62, 2018.

BEZERRA, Lireida Maria Albuquerque. Análise dos impactos socioambientais decorrentes da mineração na chapada do Araripe-Nova Olinda/Ceará. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal do Ceará – UFC, Centro de Ciências Departamento de Geografia, 2013.

BRASIL. Resolução Conselho Nacional de Meio Ambiente - **CONAMA Nº 001, de 23 de janeiro de 1986**. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Brasília-DF, Presidência da República, Publicada no DOU, de 17 de fevereiro de 1986, Seção 1, páginas 2548-2549. Disponível em <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA_RES_CONS_1986_001.pdf> Acesso em: 10/09/2019.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.

BRASIL. Decreto Nº 9.407/2018 .Senado Federal, Secretaria-Geral da Mesa, Secretaria de Informação Legislativa. Diário oficial da União, 2018. Disponível em <<http://limafeigelson.com.br/web/f/2018/06/13/decreto-n-9-407-de-12-de-junho-de-2018-cfem/>> Acesso em: 11/10/2019.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM. **Sumário Mineral**. Coordenadores Thiers Muniz Lima, Carlos Augusto Ramos Neves Brasília: DNPM, 2012.

BRASIL. **Constituição Federal de 1988**. Promulgada em 5 de outubro de 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm> Acessado em: 29 out.2017.

BRASIL, Congresso Nacional. **Minerais estratégicos e terras raras**. Brasília: Câmara dos deputados, Edições Câmara, 2014.

BRASIL. Lei nº 13.540, de 18 de dezembro de 2017. Altera as Leis nos 7.990, de 28 de dezembro de 1989, e 8.001, de 13 de março de 1990, para dispor sobre a Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM). **Congresso Nacional**, Brasília- DF. Disponível em <<https://presrepublica.jusbrasil.com.br/legislacao/533122839/lei-13540-17>> Acesso em 12/09/19.

BRASIL. **Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Diário Diário Oficial da Republica Federativa do Brasil**, Brasília-DF, 1989. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L7990.htm> Acesso em: 12/09/2019.

BRASIL MINERAL. **Edição Digital, Nº 358 ed.**, Jan./Fev. 2016. Disponível em <<http://www.brasilmineral.com.br/edi%C3%A7%C3%B5es-digitais>> Acesso em:10/09/2019.

BRASIL. Código de Mineração (1967). **Código de Mineração: e legislação correlata**. Brasília: Senado Federal Subsecretaria de Edições Técnicas– Coleção ambiental. 2. Ed., 112 p. v. 2. 2011.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil 05 de outubro de 1988. Com as alterações adotadas pelas Emendas Constitucionais nº 1/1992 a 68/2011, pelo Decreto Legislativo nº 186/2008 e pelas Emendas Constitucionais de Revisão nº 1 a 6/1994. 35 ed. – Brasília, **Câmara dos Deputados**, Edições Câmara, 2012.

BLOOM, Arthur L. **Superfície da Terra**. Tradução e comentários: PETRI, Setembrino e ELLERT, Reinholt. Editora Edgard Blucher - LTDA, 1996.

BROWN, Theodore L.; LEMAY, H. Eugene; BURSTEN, Jr. Bruce E. **Química: a ciência central**. 9. ed. Prentice-Hall, 2005.

CARNEIRO, Gustavo Severino Guimarães. **Trabalho de conclusão de curso: Estudo das causas, impactos e medidas corretivas do rompimento de uma barragem de rejeitos, usando o caso da barragem de Mariana – MG**. Universidade Federal de Uberlândia Faculdade de engenharia civil. Uberlândia, 2018.

Carvalho, Josefa Rose Emanuelle Menezes. **Impactos socioambientais da indústria de calcário no município de Simão Dias – SE**. Universidade Federal de Sergipe – UFS, São Cristóvão, 2017.

CVRD. A mineração no Brasil e a Companhia Vale do Rio Doce. Rio de Janeiro, 640 p., 1992.

CODISE. Companhia de Desenvolvimento Econômico de Sergipe - Codise. Disponível em <https://www.codise.se.gov.br/?page_id=59> Acesso em: 12/09/2019.

Conselho Nacional dos Direitos Humanos - CNDH. **Relatório da missão emergencial a Brumadinho/MG, após rompimento da Barragem da Vale S/A**. Brasília: Conselho Nacional dos Direitos Humanos; 2019. Disponível em < <https://www.mdh.gov.br/todas-as-noticias/2019/fevereiro/missao-emergencial-do-cndh-apresenta-relatorio-sobre-rompimento-de-barragem-da-vale/RelatrioMissoemergencialaBrumadinho.pdf>> Acesso em: 10/09/2019.

CRUZ, Marcelo Geovane da. **Economia Sergipana: O Setor Industrial em Sergipe**. Observatório de Sergipe, o Blog da Superintendência de Estudos e Pesquisa. Postado em 2012. Disponível > <https://observatoriose.wordpress.com/2012/01/03/economia-sergipana-o-setor-industrial-em-sergipe/>> Acesso em: 21/08/2019.

CUCHIERATO, Gláucia. A indústria mineral paulista: síntese setorial do mercado Produtor. São Paulo, 2017, 128 p.

FEITOSA, Cid Olival. Reflexões Acerca do Urbano em Sergipe. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 37, nº 3, jul-set. 2006.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico. 2010**. Disponível em <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/25314-desemprego-cai-para-11-8-mas-12-6-milhoes-ainda-buscam-trabalho>> acesso em 10/09/2019.

IBRAM, Instituto Brasileiro de Mineração. **Informações e análise da economia mineral Brasileira**. 7ª edição, 2012. Disponível em <<http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00002786.pdf> ou <http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00002806.pdf>> Acesso em: 12/09/19

BRAM – Instituto Brasileiro de Mineração. Informações sobre a economia mineral brasileira 2015. Brasília, setembro/2015. Disponível em: <http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00005836.pdf>> Acesso em: 05/10/2019.

ICMM. Conselho Internacional de Mineração e Metais. **O setor de mineração no Brasil: fortalecimento institucional para o desenvolvimento sustentável**. Mineração: Parcerias para o desenvolvimento, 2013. Disponível em <<http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00005958.pdf>> acesso em: 09/11/2019.

IBRAM, Instituto Brasileiro de Mineração. **A Força da Mineração Brasileira**. 2012. Disponível em <<http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00002151.pdf>> Acesso em: 12/08/2019.

MECHI, Andréa; SANCHES, Djalma Luiz. **Impactos ambientais da mineração no Estado de São Paulo**. Estudos Avançados 24 (68), 2010. Disponível em <https://www.researchgate.net/publication/250982731_Impactos_ambientais_da_mineracao_no_estado_de_sao_paulo> Acesso em: 10/09/2019.

NEME, Milton Brigolini; CURI, Adilson; SILVA, José Margarida da; CARNEIRO, Carolina Borges. Realização de projeto de lavra de mina subterrânea com utilização de aplicativos específicos. **REM: R. Esc. Minas, Ouro Preto**, 64(4), 519-524, 2011.

JC. Jornal da cidade. Cidade.net. Disponível em:<<http://www.jornaldacidade.net/cidades/2019/04/307989/conheca-a-importancia-das-mineradoras-em-sergipe.html>> acesso em: 10/09/2019.

GERMANY, Darcy José. **A mineração no Brasil**. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos Ciência, Tecnologia e Inovação (Secretaria Técnica do Fundo Setorial Mineral). Rio de Janeiro, 2002. Disponível em< <https://www.finep.gov.br/images/a-finep/fontes-de-orcamento/fundos-setoriais/ct-mineral/a-mineracao-no-brasil.pdf>> Acesso em: 21/08/2019.

OLIVEIRA, H. A.; SANTOS, C. P.; OLIVEIRA, R. M. P. B.; JESUS, E. De; MACEDO, Z. S. Avaliação do potencial de argilas de Sergipe e Alagoas na produção de agregados para uso em concreto. **Cerâmica 63**, 2017, 318-328p. Disponível em<<http://dx.doi.org/10.1590/0366-69132017633672106>> Acesso em: 10/12/2019.

OLIVEIRA, Luiz Alberto Melo de. Potássio. **Agência Nacional de Mineração - ANM**. Publicado por Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM-SE, última modificação 14/06/2017. Disponível em < <http://dados.gov.br/dataset/controle-de-processos-sicophttp://www.anm.gov.br/dnpm/sumarios/potassio-sumario-mineral-2014/view>> Acesso em: 13/09/2019.

SANTOS, Jorge Antônio Gonzaga. **Recuperação e reabilitação de áreas degradadas pela mineração**. Cruz das Almas, BA: UFRB, 44 p.2017.

SANTOS, Reginaldo Alves dos; MARTINS, Adriano A. M.; NEVES, João Pedreira da; LEAL, Rômulo Alves. (org.) **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – PLGB**. Geologia e recursos minerais do Estado de Sergipe. Brasília: PRM/DIEDIG/DEPAT; CODISE, 2001.

SANTOS, leilathaise s. De oliveira; VASCONCELOS R. murilo pinho; PURIFICAÇÃO, danusa da; NOLASCO, marjoriecseko; JESUS, taisebonfim de. Conseqüências da atividade garimpeira de diamante na bacia do rio coisa boa, vila de Igatu - Andaraí - Ba; **revista de biologia e ciências da terra**.10(2),2010. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=50016922001>> acesso em: 21 de abril de 2018.

SANTOS, Mônica danielle torres. Avaliação dos impactos socioambientais causados pela da extração de areia utilizada na construção civil, no município de São Cristóvão (se). Trabalho de conclusão de curso, Universidade Federal de Sergipe, centro de Ciências Exatas e Tecnologia Departamento de Geologia. São Cristóvão-Se, 2019.

SERGIPE. **Constituição Estadual de Sergipe**. 1989. Assembléia Legislativa do Estado de Sergipe. Disponível <<http://www2.senado.leg.br/bdsf/handle/id/70454>> Acesso em: 10/09/2019.

SEBRAE, Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. Ideias de negócios, Como montar um negócio de exploração e comércio de areia. Empreendedorismo. 2017. Disponível em <sebrae.com.br> Acesso em: 10/12/2019.

CAPÍTULO II - Desenvolvimento de leguminosas florestais inoculadas com bactérias fixadoras de nitrogênio e fungos micorrízicos em área degradada por mineração no estado de Sergipe.

RESUMO: Este capítulo tem como objetivo avaliar o desenvolvimento de leguminosas florestais inoculadas com fungo micorrizo (*Glomus clarum*) e inoculadas com bactéria fixadora de nitrogênio (*Azospirillum brasilense*) em área degradada por mineração no estado de Sergipe. A área experimental localiza-se na Fazenda Itália no município de Itaporanga D'Ajuda, SE nas coordenadas 11°05'58.8"S 37°15'57.7"W, corresponde a uma área de 0,36 ha², implantado dois experimentos. O primeiro experimento consistiu nos seguintes tratamentos: T1: *Enterolobium contortisiliquum* sem inoculação de *Azospirillum brasilense*, T2: *Mimosa caesalpinifolia* sem inoculação de *Azospirillum brasilense*, T3: *Enterolobium contortisiliquum* com inoculação de *Azospirillum brasilense* e T4: *Mimosa caesalpinifolia* com inoculação de *Azospirillum brasilense*. No segundo experimento foram utilizados os seguintes tratamentos: T1: *Mimosa caesalpinifolia* sem inoculação de *Glomus clarum*, T2: *Acacia mangium* sem inoculação de *Glomus clarum*, T3: *Mimosa caesalpinifolia* com inoculação de *Glomus clarum* e T4: *Acacia mangium* com inoculação de *Glomus clarum*. Foram plantadas 60 mudas por tratamento nos dois experimentos. O delineamento estatístico de cada experimento foi em blocos casualizado. As avaliações de altura e diâmetro foram realizadas aos 4, 8 e 12 meses, ao final de 12 meses os dados foram analisados no teste Tukey a 5% para comparação das médias de cada tratamento nos dois experimentos. A taxa de sobrevivência foi realizada para cada experimento aos 12 meses de plantio das mudas. Os resultados do experimento 1 demonstraram que *Enterolobium contortisiliquum* com *Azospirillum brasilense* teve a segunda maior taxa de sobrevivência, subestimando os menores resultados do diâmetro; *Mimosa caesalpinifolia* inoculada com *Azospirillum brasilense* apresentaram resultados em altura, diâmetro e taxa de sobrevivência semelhantes a respectiva testemunha. Porém foi superior estatisticamente ao *Enterolobium contortisiliquum*, possivelmente em virtude da baixa taxa de sobrevivência, superestimou os resultados de diâmetro e altura. O segundo experimento com *Mimosa caesalpinifolia* inoculada com fungo *Glomus clarum* apresentou os melhores resultados em altura e taxa de sobrevivência; *Acacia mangium* teve o maior diâmetro e a segunda maior altura com relação à *Mimosa caesalpinifolia*. Porém, a menor taxa de sobrevivência pode ter superestimado os resultados de diâmetro e altura.

Palavras chaves: Degradação do solo por mineração. *Azospirillum brasilense*. *Glomus clarum*, Fabaceae.

ABSTRACT: This chapter aims to evaluate the development of forest legumes inoculated with mycorrhizal fungus (*Glomus clarum*) and inoculated with nitrogen fixing bacteria (*Azospirillum brasilense*) in an area degraded by mining in the state of Sergipe. The experimental area is located at Fazenda Itália in the municipality of Itaporanga D'Ajuda, SE at coordinates 11 ° 05'58.8 "S 37 ° 15'57.7" W, corresponding to an area of 0.36 ha², two experiments implemented. The first experiment consisted of the following treatments: T1: *Enterolobium contortisiliquum* without *Azospirillum brasilense* inoculation, T2: *Mimosa caesalpiniiifolia* without *Azospirillum brasilense* inoculation, T3: *Enterolobium contortisiliquum* with *Azospirillum brasilense* inoculation and T4: *Mimosa caesalpiniiifolia* with *Azospirillum brasilense* inoculation. In the second experiment, the following treatments were used: T1: *Mimosa caesalpiniiifolia* without *Glomus clarum* inoculation, T2: *Acacia mangium* without *Glomus clarum* inoculation, T3: *Mimosa caesalpiniiifolia* with *Glomus clarum* inoculation and T4: *Acacia mangium* with *Glomus clarum* inoculation. 60 seedlings were planted per treatment in both experiments. The statistical design of each experiment was in randomized blocks. Height and diameter evaluations were performed at 4, 8 and 12 months, and at the end of the period, 5% Tukey test was performed to compare the means of each treatment in the two experiments. The survival rate was performed for each experiment after 12 months of planting the seedlings. The results of experiment 1 showed that *enterolobium contortisiliquum* and *mimosa caesalpiniiifolia* without *Azospirillum brasilense* inoculation presented the best results in height, diameter and survival rate; in experiment 2, *Mimosa caesalpiniiifolia* inoculated with *Glomus clarum* fungus showed the best development in height and survival rate among all treatments, in addition to the largest diameter in relation to the respective control without inoculation; *Acacia mangium* showed the best development in diameter and the second highest height, however the survival rate was low, overestimating the height and diameter averages.

Keywords: Soil degradation by mining. *Azospirillum brasilense*. *Glomus clarum*, Fabaceae.

CAPÍTULO II - Desenvolvimento de leguminosas florestais inoculadas com bactérias fixadoras de nitrogênio e fungos micorrízicos em área degradada por mineração no estado de Sergipe.

1 INTRODUÇÃO

Chegamos ao século XXI com a concepção de que não é mais possível ignorarmos o fato, as explorações dos recursos naturais levarão ao seu esgotamento e os impactos ambientais causados, caso não sejam tomadas ações concretas para mitigá-los, serão irreversíveis. Portanto, faz-se necessária a exploração sustentável em conjunto com ações de preservação e recuperação de áreas já impactadas pela ação antrópica, pois ao contrário, caminhamos para extinção da vida sobre a terra (BARBOSA, 2006).

Nesse viés, a mineração no Brasil se destaca pelo seu potencial de causar impactos ambientais, ganhando atenção na ECO-92 sediada no Rio de Janeiro (1992). Os 179 países participantes criaram a agenda 21, com uma série de preocupações e ações a serem tomadas para o desenvolvimento sustentável; com ênfase para a agenda 21 Brasileira, quanto à necessidade da recuperação de áreas degradadas pela mineração e extração de areia, já que o país está entre os 5 países do mundo ocidental na extração de minérios (BRASIL, 2004; BANCO DO NORDESTE, 1999).

De acordo com ANA (2006), os impactos ambientais causados pela mineração ocorrem desde o processo de pesquisa ao processo de extração dos minérios, incidindo impacto de ordem social, econômica, civil trabalhista, danos diretamente à saúde do homem ou indiretamente por contaminação do meio ambiente. Gerando também, impacto direto ao solo, com alteração de todas suas características química, física e biológica (LONGO; RIBEIRO; MELO, 2011).

Ao término da extração mineral sempre se obtém como resultado a área degradada, com o solo alterado, ou o subsolo exposto. Um problema ambiental que deve ser solucionado com a recuperação pelo órgão e/ou empresa causadora das alterações na área, através de tecnologias que gradativamente atenuem os impactos no solo. Impactos esses que ocorrem desde a remoção da vegetação existente a escavação nos horizontes O, A, B e C para extração dos minérios existentes, comprometendo-os em níveis irreversíveis. O que classifica os horizontes para Francisco e Junior (2017) é sua composição do mais rico em

matéria orgânica (horizonte O) ao mais rico em sais minerais (horizonte C) e traços da rocha mãe.

A extração mineral altera todas as composições físicas, químicas e biológicas dos horizontes (O, A, B e C), que levaram bilhões de anos para se constituir em um processo que envolve a litosfera, biosfera, pedosfera, hidrosfera e atmosfera, em vários processos naturais de intemperismo, água, energia solar, decomposição orgânica das plantas e troca de gases (PÉREZ; BREFIN; POLIDORO, 2016).

Portanto, a recuperação dessas áreas degradadas por mineração levaria bilhões de anos para se regenerar novamente de forma natural. O uso de leguminosas vem se destacando como uma importante ferramenta em projetos de recuperação. Conforme Costa (2014) aponta, as leguminosas são recomendadas por terem alta capacidade de fixar nitrogênio no solo, contribuindo para o aumento da fertilidade, pois solos degradados têm como característica baixos teores de N_2 .

Outro benefício no uso de leguminosa na recuperação do solo se dá na ciclagem de nutrientes, em virtude do desenvolvimento rápido, pois quanto mais rápido for o desenvolvimento, mais contribui para a formação de serapilheira no solo e crescimento das raízes, principalmente quando são inoculadas com fungos micorrízicos e bactérias fixadoras de nitrogênio (NOGUEIRA et al., 2012). Desta forma, as leguminosas arbóreas se destacam como as mais recomendadas em projetos de recuperação por possuir um sistema radicular profundo e apresentar a capacidade de fazer simbiose, contribuindo para aumentar a extração de nutrientes do solo (FRANCO; RESENDE; CAMPELLO, 2003).

De acordo com Gomide et al. (2009), fungos micorrizos contribuem para o aumento da massa das raízes, demonstrando que a sua utilização é benéfica no aumento do sistema radicular da leguminosa hospedeira. Contribuindo para descompactação do solo degradado pelas raízes, pois ao passo que penetram desagregam as partículas compactadas e promovem a absorção de água e matéria orgânica.

Destarte, o uso de leguminosas inoculadas com bactérias fixadoras de nitrogênio e fungos micorrízicos tem seu desenvolvimento potencializado e, dessa forma ao longo do tempo devolve a cobertura vegetal da área, promovendo a recuperação das características físicas e químicas do solo. Dessa forma, o uso de fungo micorrizo (*Glomus clarum*) e bactéria fixadora de nitrogênio (*Azospirillum brasilense*) utilizada como inóculo

contribuem para um melhor desenvolvimento de leguminosas florestais *Enterolobium contortisiliquum*, *Mimosa caesalpiniiifolia* e *Acácia mangium* em área degradada por mineração no estado de Sergipe?

A hipótese é de que a bactéria *Azospirillum brasilense* e fungo *Glomus clarum* inoculados em leguminosas florestais contribuem para taxa de sobrevivência e para um maior desenvolvimento do diâmetro e altura quando plantadas em área degradada por mineração.

1.1 Objetivos

Geral: Avaliar o desenvolvimento de leguminosas florestais inoculadas com fungo micorrizo (*Glomus clarum*) e inoculadas com bactéria fixadora de nitrogênio (*Azospirillum brasilense*) em área degradada por mineração no estado de Sergipe.

Específicos: Avaliar o crescimento em altura, diâmetro e a taxa de sobrevivência das leguminosas florestais: *Mimosa caesalpiniiifolia* e *Acácia mangium*, inoculadas com fungo micorrizo (*Glomus clarum*) em área degradada por mineração no estado de Sergipe.

Avaliar o crescimento em altura, diâmetro e a taxa de sobrevivência das leguminosas florestais *Enterolobium contortisiliquum* e *Mimosa caesalpiniiifolia*, inoculadas com bactéria fixadora de nitrogênio (*Azospirillum brasilense*) em área degradada por mineração no estado de Sergipe.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Solos e suas características

Entende-se por característica física do solo sua estrutura ou como as partículas estão agregadas em conjunto com uma série de elementos químicos de natureza orgânica decompostos em suas camadas a milhões de anos, sendo classificado em solos arenoso, argiloso e franco (SILVA, 2010; SUGUIO, 2008).

Quadro 3 - A textura do solo

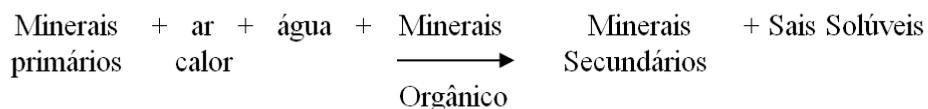
SOLO	TAMANHO DAS PARTÍCULAS
Areia grossa	2 a 0,2 mm ou 2000 a 200 μm
Areia fina	0,2 a 0,05 mm ou 200 a 50 μm
Silte	0,05 a 0,002 mm ou 50 a 2 μm
Argila	menor do que 2 μm
Cascalho	> 2 μm

Fonte: Adaptado de Reinert e Reichert (2006).

Importante ressaltar que o apresentado no quadro 3 quanto à dimensão dos grãos contidos na textura dos solos, muitas vezes podem ser apresentados diferentes do demonstrado, pois varia da entidade técnica que classifica esses tipos de solo. Quanto à formação desses solos, dependem de uma série de processos biológicos e físico-químicos¹¹ (abióticos) que há milhões de anos em conjunto com o intemperismo da rocha mãe, que para a UNESCO (2007) o processo de formação da rocha mãe e em seguida o do solo teve início desde a formação do sistema solar, com registros científicos de 4,6 milhões de anos atrás.

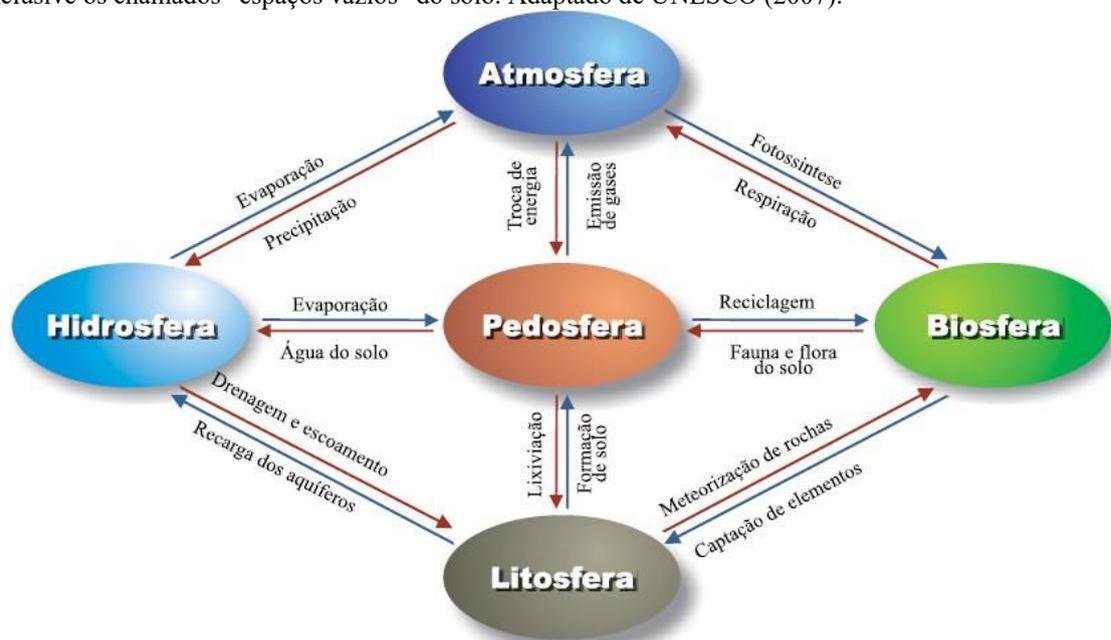
O intemperismo da rocha mãe que libera os minerais que serão presentes em sua composição, de acordo com Francisco e Junior (2017), acontece da seguinte forma:

¹¹ Os processos físico-químicos tendem a ser mais importantes nas menores dimensões, e os processos biológicos nas maiores. Os processos físico-químicos de formação de agregados estão principalmente associados com argilas e, portanto, tendem a ser de maior importância em solos de textura fina. Em solos arenosos que possuem pouca argila, a agregação é quase totalmente dependente de processos biológicos (SILVA, 2017, p.15).



A rocha mãe é responsável pelos minerais primários que em conjunto com os fatores bióticos e abióticos constituem o solo (Figura 5). Conforme UNESCO* (2007, p. 05) são as “principais interações entre pedosfera (solo), biosfera (plantas e animais), litosfera (rochas), hidrosfera (água) e atmosfera (ar)”, ou seja, são cinco dimensões.

Figura 4 - As cinco dimensões do solo. A pedosfera, que aloja os solos, está em comunhão com a biosfera, composta por todos os seres vivos que habitam a Terra; a litosfera, que é a parte sólida do planeta; a hidrosfera, que contém toda água existente, e a atmosfera, composta pela fração gasosa que envolve o todo, inclusive os chamados “espaços vazios” do solo. Adaptado de UNESCO (2007).

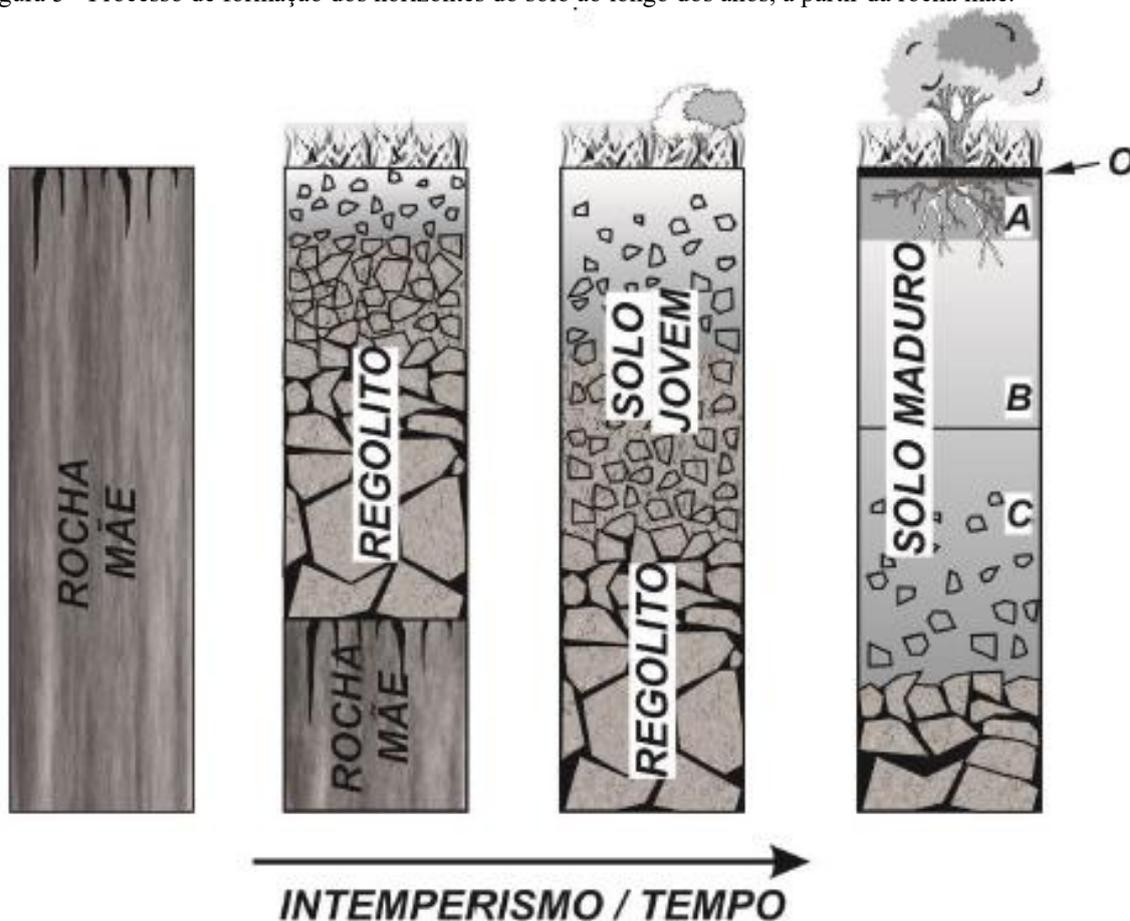


Extraído de: UNESCO (2007); FRANCISCO; JUNIOR (2017).

Portanto, a formação do solo ocorre entre essas cinco dimensões (litosfera, biosfera, pedosfera, hidrosfera e atmosfera), em conjunto com processos naturais de intemperismo, água, energia solar, decomposição orgânica das plantas, troca de gases, etc. Conforme salienta Pérez, Brefin e Polidoro (2016), a interação existente entre essas cinco dimensões do planeta terra foram indispensáveis para a formação dos solos de que atualmente se tem conhecimento.

A ação do intemperismo em conjunto com a lixiviação favoreceu a formação dos horizontes do solo¹², que, para Francisco e Junior (2017, p. 43), “os horizontes são classificados de acordo com sua composição geral e são identificados pelas letras maiúsculas *O*, *A*, *B* e *C*”. Facilmente ilustrado na figura 06, o processo de formação dos horizontes ao longo dos anos.

Figura 5 - Processo de formação dos horizontes do solo ao longo dos anos, a partir da rocha mãe.



Extraído de: FRANCISCO; JUNIOR (2017, p. 42).

Atualmente já se sabe que o processo de intemperismo levou bilhões de anos para compor todos os perfis de solos que detém conhecimento, os quais são classificados de horizontes *O*, *A*, *B*, *C*, e *R* (Quadro 3), sendo o horizonte *O* e *A* ricos em nutrientes,

¹² A formação do solo ocorre através da influência dos fatores ambientais que auxiliam na intemperização, quais sejam: o clima, os organismos vivos, o material de origem, o relevo e o tempo. Todos esses elementos atuando de forma integrada sobre o material depositado vão fragmentando-o até dimensões de grão e pó (SCHUMACHER; HOPPE, 1999).

microrganismos¹³ e matéria orgânica, propício ao desenvolvimento das plantas (SILVA, 2010). Os demais horizontes e subsolo são ricos em minerais e em alguns casos se encontram as jazidas de minérios, pedras preciosas e águas subterrâneas.

Quadro 4 – Caracterização dos horizontes do solo.

Horizonte	Características
O	Geralmente apresenta condições de boa drenagem, rico em matéria orgânica com vegetais, restos de animais mortos em processo de decomposição, depositado na superfície do solo mineral. Detectável em áreas florestais e está ausente em geral nas regiões de pastagens ou degradadas.
A	Subjacente ao horizonte ou camada O, apresenta grande atividade biológica (fauna e da flora macro e microbiológica) no processo de incorporação da matéria orgânico e mineral, com ciclagem dos nutrientes disponíveis para as plantas, sendo o mais utilizado para cultivo de lavouras agrícolas. Constitui a seção de maiores variações de temperatura, umidade e composição gasosa. Sua espessura é variada e pode atingir mais de 100 cm de profundidade e, na maioria dos solos brasileiros, menos de 50 cm.
B	Apresenta transformações acentuadas do material de origem em processo de transformação, recebendo argilas, óxidos de ferro e alumínio ou matéria orgânica de camadas superiores, com baixa vulnerabilidade à ação humana. Considerado o mais importante para a distinção de classes de solo da classificação em uso no Brasil, conhecido como Bt (textural).
C	Possui uma camada mineral de material inconsolidado sob o solo (conjunto de horizontes A e B de um perfil de solo), constituído do mesmo material originário, rochas de origem - saprólito e rocha semiconsolidadas que, quando molhadas, podem ser cortadas com uma pá de corte.
R	Formado por material consolidado rochoso, litólico coeso que, quando úmido, não pode ser cortado com uma pá de corte. É a rocha sã.

Fonte: Adaptado (FRANCISCO; JUNIOR, 2017; SILVA, 2010).

¹³ Trata-se de um grupo de seres vivos composto por representantes dos reinos animal (geralmente menores que 0,2mm) e a chamada microflora (seres cuja dimensão pode ser de 1µm) (FRANCISCO; JUNIO (2017, p. 49).

2.2 Degradações do solo e impactos ambientais

No mundo são mais de 7 bilhões de pessoas que prosperam em acelerado crescimento, desde os primórdios o homem explora desordenadamente os recursos naturais, com ênfase para a mineração como uma das atividades humanas que exploram os recursos naturais, praticada em diversos países e o Brasil está entre os cinco países do mundo ocidental na extração de minérios (BANCO DO NORDESTE, 1999).

De acordo com UNESCO (2007), é cientificamente comprovado que a interferência humana causa mais alterações na superfície da terra do que os agentes erosivos naturais¹⁴, em razão de a humanidade vir modificando drasticamente a estrutura do solo e subsolo com perfurações ou escavações na extração de minérios e combustíveis fósseis, abertura de túneis nos centros urbanos, pavimentação de sua superfície, trocando a cobertura vegetal natural pela monocultura na agricultura. Alterações como essas em determinado momento não serão mais toleradas, pois ainda não se sabe até quando a terra terá capacidade de regeneração, uma coisa é certa, os minerais existentes no solo são esgotáveis.

Mesmo tendo o conhecimento que os minerais existentes na terra são esgotáveis, de acordo com Araújo (2011), os homens estão preocupados com a geração de riquezas, por isso praticam a exploração dos recursos naturais, as questões econômicas são colocadas como primordiais na manutenção e garantia de riquezas individuais ou nacionais.

Desse modo, a ganância humana tem ocasionado sérios impactos ambientais com enormes proporções, classificados em alguns casos como irreversíveis em virtude da incapacidade do meio em se recuperar naturalmente. Essa incapacidade se dá quando o solo como um dos recursos naturais de maior importância para a vida do meio ambiente se encontra totalmente degradado desprovido de suas características químicas, biológicas e físicas¹⁵, características essas indispensáveis para a recuperação do solo pela ciclagem da matéria orgânica (TRINDADE; GRAZZIOTTI; TÓTOLA, 2000).

¹⁴ Exemplo: Ação da chuva no solo, vento, secas severas e aumento da temperatura que causam a morte de organismos vivos no solo (FRANCO; RESENDE; CAMPELLO, 2003).

¹⁵ Química: presença de sais minerais e matéria orgânica; Biológica: presença de organismos vivos (fungos, bactérias, minhocas); Físico: partículas sólidas do solo e à maneira como elas se unem formando agregados (SILVA, 2010).

Segundo Silva et al. (2016), quando um solo tem sua cobertura vegetal retirada, os impactos ambientais são constantes, provenientes da sua exposição ao clima¹⁶ (chuva e vento), sofrendo intemperismo, que seriam barrados por cobertura vegetal, de maneira a impedir a ação direta do vento e da chuva, visto que as folhas impedem que as partículas de água entrem em contato direto com o solo. Portanto, expor partes do solo à ação do clima pode agravar ainda mais a degradação, fica suscetível a erosões e lixiviação com as chuvas, acarretando sedimentos para os corpos hídricos (MILANEZ, 2014).

Assim, os danos mais severos são recorrentes da mineração, que, além da cobertura vegetal, faz retirada do solo e subsolo, deixando-os expostos in loco que acontece a extração de minério de cobre (MARTIM; SANTOS, 2013). Nesse sentido, Carneiro et al. (2008) ressaltam que a mineração é considerada uma das atividades humanas que causa grandes impactos. Para Pérez, Brefin e Polidoro (2016), os impactos mais severos são causados ao solo.

Uma vez que o impacto da mineração sob o solo é de natureza física, química e biológica, pois altera toda sua característica além de deixar o solo e subsolo exposto, propicia a lixiviação de sedimentos para os corpos hídricos (LONGO; RIBEIRO; MELO, 2010). De acordo com ANA (2006), no Brasil a atividade minerária está diretamente ligada aos corpos hídricos, seja por sua localização nas proximidades e fazer uso de água no processo de extração mineral ou até mesmo após o fechamento das explorações mediante o risco de sedimentos lixiviados serem arrastados para os corpos hídricos.

Dessa forma, os impactos ambientais atuam sobre o meio ambiente ou população, alterando suas características naturais e modificando toda a dinâmica da populacional (JUNIOR, 2014). Segundo a Resolução CONAMA nº 001/86:

Art. 1º. “Impacto ambiental” é toda alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, o bem-estar da população, a qualidade do meio ambiente que interfere na sobrevivência dos seres vivos (BRASIL, 1986).

¹⁶ Geralmente considera-se o clima como o elemento mais importante na formação do solo, afetando diretamente o intemperismo pela ação da temperatura, umidade e pressão atmosférica, acelerando o ritmo dos processos físicos e químicos de decomposição da rocha matriz (SCHUMACHER; HOPPE, 1999).

No Brasil os impactos antrópicos, de acordo com Dias (2011), acontecem desde os primórdios na extração de recursos naturais intensificados quando passaram a ser realizados com fins econômicos, destacando-se a mineração, que, no território brasileiro, proporciona minérios para geração de capital econômico. Portanto, passou a ser necessária a criação de leis que buscam controlar e fiscalizar a ação da atividade minerária em detrimento do meio ambiente.

A atividade de mineração é altamente impactante ao meio ambiente e específico ao solo, executadas em todo território brasileiro, com ênfase para Sergipe, pois, de acordo com CGEE (2016), a exploração de argilas, areia, brita, cal, granito e águas minerais ocorre em todo o território do estado. O impacto de imediato ocorre desde o início da exploração, pois primeiro é feita a extração da vegetação na área, em seguida a remoção do solo e subsolo e posteriormente é dado início à exploração dos recursos minerais.

Portanto, a exploração mineral por cava, realizada por máquinas pesadas em Sergipe na extração de seixo rolado, areia e argila, causa impactos socioambientais pela degradação da área explorada na remoção do minério explorado e a população envolvida no processo de extração pela geração de trabalho e as comunidades que estão próximas ao longo das estradas de rodagem também são afetadas pelas partículas de solo suspensas (poeiras) pelo intenso tráfego de veículos pesados (OLIVEIRA et al., 2017; SANTOS, 2017; BASTOS; SENRA, 2018). Ao término da exploração tem como resultado uma área degradada com um imenso aspecto visual negativo pelas proporções em que o solo rico e minério foi extraído, resultando no subsolo exposto.

2.3 Recuperações de áreas degradadas com leguminosas florestais

O Centro de Gestão e Estudos Estratégicos - CGEE (2016) aponta grandes agravantes em solos do Nordeste brasileiro, mediante estudos com imagens de satélites em todo território brasileiro, evidenciando grandes áreas em estágio expansivo de desertificação, e a recuperação dessas áreas é irreversível naturalmente em virtude de ser uma região de clima seco e com pontuais chuvas fortes que contribuem para abertura de voçorocas. Portanto, a exposição do solo ou do subsolo após a retirada da cobertura vegetal pode levar à desertificação quando não é mais possível a recuperação natural.

Portanto, é cada vez mais emergente a recuperação das áreas degradadas em estado avançado de desertificação, que, de acordo com o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente

e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, instrução normativa nº 31 (2004), a recuperação de área degradada é aplicável ao causador da degradação, que deve buscar tecnologias que proporcionem ao local degradado sua recuperação na regeneração da cobertura vegetal.

Já a Resolução CONAMA nº 237 (1997) estabelece que todas as atividades potencialmente degradadoras ou poluidoras, e não somente aquelas que causem significativo impacto ambiental, deverão ser licenciadas pelo órgão ambiental competente, a exemplo da mineração que devem atribuir projetos de recuperação da área. Os projetos de recuperação devem ter seus custos sob a responsabilidade de quem ocasionou a degradação da área, para tanto, deve esforçar-se para a recuperação, visando integrá-la novamente ao meio ambiente.

Desta forma, é pertinente o uso de tecnologias de viés orgânico e que venham a contribuir para a recuperação de todas as características químicas, físicas e biológicas do solo degradado, devolvendo o fluxo de energia para regeneração da vegetação (SILVA, 2018). Recomenda-se o plantio de leguminosas fixadoras de nitrogênio por ser o “caminho para a melhoria das condições ecológicas de uma área, buscando resultados mais satisfatórios para a atividade de recuperação de áreas degradadas” (DANTAS, 2016, p. 97).

Longo; Ribeiro e Melo (2011), Franco, Resende e Campello (2003) enfatizam o uso de leguminosas no processo de recuperação de áreas degradadas, por terem um desenvolvimento rápido e conseqüentemente contribuir para a concentração de Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K) e Carbono (C) no solo. Dispensando o uso de adubação nitrogenada (LASTE; FARIA, 2009).

O desenvolvimento rápido faz das leguminosas arbóreas importantes na proteção da área pela copa e raízes, evitando a erosão e lixiviação de sedimentos para os corpos hídricos pela chuva, reduzindo a perda de matéria orgânica proveniente da serapilheira que vai se formando ao longo do seu desenvolvimento (MARCHETTI; BARP, 2015). Conforme a serapilheira se decompõe, proporciona o desenvolvimento de outras plantas e gramíneas, acelerando o processo de cobertura do solo com massa verde e conseqüentemente ajudando na ciclagem de nutrientes (FERREIRA, et al., 2007).

Desta forma, as leguminosas arbóreas são mais recomendadas para recuperação de áreas degradadas, pois, além de serem capazes de fixar nitrogênio no solo, possuem alta capacidade de fazer simbiose com fungos micorrizos e bactérias, potencializando seu

desenvolvimento (NOGUEIRA et al., 2012; FRANCO; RESENDE; CAMPELLO, 2003). E, de acordo com Almeida (2002), Leite et al. (2018) e Sousa (2008), é importante utilizar na recuperação de áreas degradadas espécies florestais adaptadas à região ou nativas de rápido crescimento.

Para Franco, Resende e Campello (2003), é de fundamental importância que as espécies introduzidas na área em recuperação sejam as mais diversificadas possíveis, ou seja, não introduzir uma única espécie no processo de recuperação. Deste modo, as espécies contribuem para uma maior diversificação das folhas que caem ao solo e gradativamente vai formando a serapilheira.

Segundo Silva et al. (2018), a regeneração da área começa a ter resultados visíveis quando há formação de serapilheira no solo pelas espécies florestais introduzidas, pois contribui para a composição orgânica ao passo que as folhas vão se decompondo, e para Machado et al. (2015), essa decomposição da matéria orgânica em compostos químicos orgânicos (carbono, fosforo, potássio, cálcio), gradativamente esses compostos são lixiviação pelas raízes aos perfis do solo ou subsolo, contribuindo para regenerá-lo. Dessa forma, gradativamente a área em processo de recuperação vai ganhando compostos orgânicos indispensáveis para o desenvolvimento de plantas e na composição química e física do solo.

Segundo Sousa (2008), no Brasil existe uma diversidade de leguminosas florestais que podem ser utilizadas na recuperação de áreas degradadas, as quais devem ser escolhidas de acordo com cada região de modo que as condições climáticas sejam favoráveis ao seu desenvolvimento, já que estarão desfavorecidos das condições necessárias presentes no solo, e justamente é recomendado seu uso pela capacidade das espécies em fornecer os mais variados serviços ao meio ambiente, desde fixação de nitrogênio no solo, decomposição de matéria orgânica, rápido crescimento quando comparada a outras espécies arbóreas, oxigênio e uma resposta mais rápida na cobertura vegetal na área em estágio de recuperação. Portanto, em projetos de recuperação de áreas degradadas é de fundamental importância um estudo prévio sobre as espécies de leguminosas que melhor estão adaptadas às condições edáficas in loco.

2.4 RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS COM LEGUMINOSAS FLORESTAIS ASSOCIADAS FMA E BFN¹⁷.

2.4.1 Bactérias fixadoras de nitrogênio

Atualmente as pesquisas têm avançado em busca de tecnologias que venham a contribuir para a recuperação de áreas degradadas. Destacam-se as pesquisas sobre o desenvolvimento de espécies florestais submetidas a bactérias fixadoras de nitrogênio, as quais têm demonstrado que a fixação biológica de nitrogênio é um método científico com um potencial alternativo na substituição de adubação fosfatada pela indústria na produção de alimentos ou para acelerar o processo de recuperação de áreas degradadas (JUNIOR, 1991).

Deste modo, Cunha et al. (2018) apontam que o uso de bactérias que fixam nitrogênio tem demonstrado eficiência ao que lhe compete, fixar nitrogênio no solo. Pois, quanto à fixação biológica, para Freitas e Rodrigues (2010, p. 2):

A fixação biológica do nitrogênio é realizada por determinados procariontes, denominados organismos fixadores de nitrogênio, que possuem a enzima nitrogenase. Os organismos fixadores podem ser de vida livre ou viver em associações.

A fixação de nitrogênio efetuada pelos organismos de vida livre está estimada em menos de 5 kg ha⁻¹ ano⁻¹. Nesse grupo encontram-se bactérias autotróficas e heterotróficas, as quais se distinguem quanto à eficiência do processo de fixação.

Essa fixação acontece por meio de bactérias autotróficas¹⁸ e heterotróficas¹⁹, que atuam por meio de simbiose entre solo e as raízes das plantas, em uma interação totalmente harmônica de tal modo que não causa prejuízos ao organismo celular da planta. Segundo Yesquén (2018), é impossível as bactérias ocasionarem prejuízos às plantas, pois sua ação é colaborar para o processo de desenvolvimento, atuando nos tecidos celulares, fazendo o sequestro de nitrogênio e fixando no solo.

¹⁷ FMA: Fungo Micorrizos Abusculares e BFN: Bactéria Fixadora de Nitrogênio.

¹⁸ As bactérias são micro-organismos procariontes pertencentes ao Reino Monera, sendo que a maioria delas vive em colônias. Dentre as bactérias autótrofas, há aquelas que realizam quimiossíntese, chamadas de bactérias quimioautotróficas, e as que realizam fotossíntese bacteriana, chamadas de bactérias fotoautotróficas (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

¹⁹ Organismo de pequeno tamanho procarionte podendo ser autotróficas, quando produzem seu próprio alimento; ou heterotróficas, quando não tem a capacidade de produzir o seu próprio alimento (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Nesse aspecto, Sousa et al. (2013) afirmam que as leguminosas são recomendadas para o processo de recuperação de áreas com baixa concentração de nutrientes minerais, em virtude de sua auto capacidade de fazer simbiose com bactérias diazotróficas, com ganhos substanciais no desenvolvimento vegetativo e com potenciais acúmulos de Nitrogênio identificados em análises da matéria seca em laboratório. Além, é claro, das significativas fixações de N no solo pela ação simbiótica ocorrida em interações químicas, conforme as bactérias vão interagindo com a planta em ações iônicas que retiram N atmosférico utilizado pela planta e ao mesmo tempo fixa no solo (FRANCO; RESENDE; CAMPELLO, 2003; CUNHA et al., 2018).

Esse processo reativo é apresentado em estudos com uso de inibidores com aumentos substanciais na fixação de nitrogênio, com destaque para o gênero *Bacillus*, conforme destaca Yesquén (2018, p. 54):

Bacillus, como mencionado, foi o gênero com maior número de representantes com potencial para fixar o nitrogênio (25/27), seguido apenas por dois outros isolados do gênero *Rhodococcus* (*R. erythropolis* EP208, EP225). Dentro do gênero *Bacillus*, o filotipo mais abundante capaz de fixar N₂ foi associado a *B. aryabhatai* (9/24), seguido por *B. megaterium* (7/24), *B. tequilensis* (3/24), *B. thuringiensis* (2/24), *B. anthracis*, *B. velezensis* e *B. Cereus* (1/24). Especificamente, os nove isolados de *B. aryabhatai* com potencial para fixar o nitrogênio atmosférico representam 90 % da ocorrência deste filotipo na comunidade, enquanto os sete isolados de *B. megaterium* positivos ao ensaio representam 78%.

É possível perceber que todos os 9 isoladores de nitrogênio obtiveram resultados positivos na fixação de nitrogênio, causando o enriquecimento do solo com N₂, em um processo natural resultante das interações simbióticas das bactérias com as plantas. De acordo com Freitas e Rodrigues (2010, p. 2):

Os produtos da fotossíntese são liberados pela planta, sendo absorvidos pelas bactérias que habitam a rizosfera. As bactérias fixam o nitrogênio e transferem o NH₄⁺ para a planta. Trabalhos realizados com trigo em associação com *Azospirillum* evidenciaram que as bactérias ligam-se à superfície externa da raiz para colonizar a rizosfera. Além disso, certos estudos realizados com aplicação de ¹⁵N₂ (nitrogênio atmosférico radioativo) demonstraram que ocorre a passagem de produtos nitrogenados da bactéria para a planta. Esses dados confirmam a existência de uma interação estreita entre planta e bactéria fixadora.

A ação natural das bactérias é um processo bioquímico totalmente benéfico para as plantas, pois conduz o nitrogênio contido em amônia para as células. A exemplo da

inoculação de *Azospirillum spp.*, que estudos apontam para redução gradativa da utilização dos fertilizantes químicos na adubação do solo durante o preparo para o plantio ou recuperação de áreas degradadas, especialmente nitrogênio, na ordem de 20% a 50%. (FREITAS; RODRIGUES, 2010).

Isso porque a reação interativa no sequestro de nitrogênio ocorre de acordo com Yesquén (2018, p. 28):

A fixação biológica do nitrogênio conduzida por organismos procarióticos conhecidos como diazotrofos é o processo pelo qual o nitrogênio é reduzido e assimilável para as plantas. A reação consiste na quebra do triplo enlace no nitrogênio atmosférico ($N\equiv N$) com um gasto energético de 16 moles de ATP, e como produto principal, a liberação de amônio (NH_4^+). Um complexo enzimático chamado hidrogenase catalisa a reação de fixação de nitrogênio.

Uma vez que na sua forma molecular N_2 o nitrogênio é bastante abundante na natureza, porém inacessível às plantas, quando os organismos fazem a quebra da ligação covalente tripla (VIEIRA, 2017), os dois átomos de nitrogênio reagem com átomos de hidrogênio (H) formando amônio (NH_4^+) ou nitrato (NO_3^-), torna-o acessível, já que é a única forma possível para as plantas absorverem.

A absorção de NH_4^+ e NO_3^- , ocorrem pelas raízes (SALISBURY; ROSS, 2012). Através de organismos específicos é conduzido pela membrana plasmática (plasmalema) das células da epiderme e do córtex da raiz e em seguida é distribuído pelo xilema ao corpo da planta e sofre uma série de metabolização pelas enzimas sintetase da glutamina (GS) e sintase do glutamato (GOGAT), até ser convertido em aminoácidos indispensáveis para o processo de desenvolvimento vegetal (BREDEMEIER; MUNDSTOCK, 2000).

Deste modo, a fixação de Nitrogênio e de outros nutrientes no solo é indispensável à ação de microrganismos (bactérias) que atuam também na decomposição da matéria orgânica, bem como pela ação simbiótica nas raízes das plantas em solos com cobertura vegetal. Em áreas em que a vegetação foi retirada e o solo encontra-se degradado, a exemplo de áreas degradadas por mineração, às taxas de microrganismos são insignificantes, com a inexistência em alguns locais, enquanto em áreas com vegetação as taxas chegam a 65% (TRINDADE; GRAZZIOTTI; TÓTOLA, 2000). Reforçando o quanto a atividade mineradora degrada o solo e o quanto é pertinente a utilização desses microrganismos associados a leguminosas para a recuperação da área, pois, ao contrário,

quando o solo está desprovido de cobertura vegetal e úmido, perde para lixiviação e volatilização a amônia, permanecendo degradado.

Estudos apontam que *Azospirillum brasilense* pode ser utilizado como inóculo para espécies florestais na recuperação de áreas degradadas, mesmo que os solos apresentem salinidade. Porém, de acordo com Nóbrega et al. (2004), em testes de laboratório o *A. brasilense* tolera meio salino, pois resistiu até 300 mol L⁻¹ de NaCl²⁰, mas teve sua capacidade de simbiose afetada e seu crescimento inibido.

Desse modo, os rizóbios não inoculam em meio ácido, segundo Cunha et al. (2018), bactérias têm sua capacidade de inoculação e crescimento reduzido em pH 5 e não toleram pH abaixo de 4, tornam-se inviáveis na fixação de nitrogênio e, de modo geral, solos sódicos ou ácidos é uma característica da região Nordeste. De acordo com Francisco e Junior (2017), solos ácidos ou alcalinos são inviáveis para o desenvolvimento de plantas. Segundo Vergara et al. (2019), prejudicam a capacidade de absorção de nutrientes em espécies arbóreas, afetando dessa forma seu desenvolvimento.

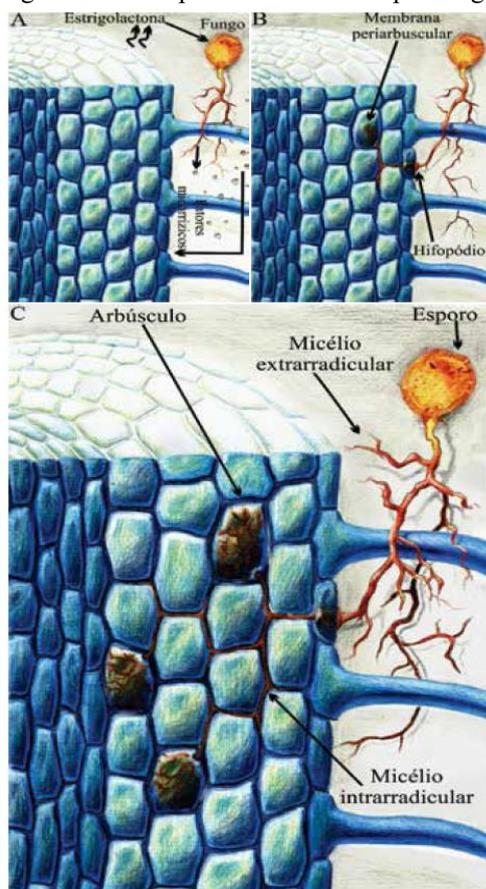
2.4.2 Fungos micorrízicos arbusculares

As pesquisas demonstram que em plantações de leguminosas ou espécies florestais, quando são inoculados com fungos micorrízicos arbusculares (FMA), os resultados obtidos são bastante significativos, pois quando comparadas com outras que não foram submetidas ao tratamento de fungos micorrizos, seu desenvolvimento é superior. A inoculação pode ser realizada tanto em espécies monocotiledôneas e dicotiledôneas, tratando-se em recuperação de área degradada, apresenta bons resultados em leguminosas arbóreas, mediante a capacidade das leguminosas de fixação de nitrogênio no solo e crescimento rápido (SCHIAVO, 2005).

A superioridade no desenvolvimento de leguminosas inoculadas para as não inoculadas ocorre porque, segundo Gomide et al. (2009) e Schiavo (2005), os fungos micorrizos, quando associados às raízes das leguminosas, oferecem bastantes serviços ao hospedeiro em solos degradados, entre eles a extração de nutrientes dos solos para as raízes da planta hospedeira, através de simbiose com as hifas fúngicas (Figura 6).

²⁰ Cloreto de Sódio

Figura 6. Raiz hipotética colonizada por fungo micorrízicos arbuscular (FMA).



A, a raiz da planta hospedeira sinaliza que está apta a estabelecer a simbiose micorrízica arbuscular, ao liberar a estrigolactona que promove a germinação de esporos fúngicos e estimula a ramificação do micélio extrarradicular do FMA, e o fungo responde com a produção dos fatores micorrízicos (lipo-quitoligossarídeos e quito-oligossarídeos) que são reconhecidos pela planta hospedeira; e B e C, o contato físico entre a superfície da raiz e o FMA permite a formação do hifopódio, que leva à proliferação intercelular do micélio intrarradicular nas células do córtex e ao desenvolvimento intracelular de arbuscúlos circundados pela membrana periarbuscular derivada da membrana plasmática da célula vegetal.

Fonte: Adaptado de Vergara et al. (2019, p. 02).

Destarte, a inoculação permite obter resultados positivos que permeiam desde a redução na adubação nitrogenada, já que a simbiose com fungos potencializa esse processo de absorção de nitrogênio e outros nutrientes como fósforo e potássio, considerado elementos essenciais²¹ para a planta, o que pode levar à redução dos custos no plantio, sendo possível em alguns casos descartarem o preparo do solo com mecanização para descompactação, pois, conforme Oliveira et al. (2011), os fungos micorrízicos arbusculares potencializam o desenvolvimento das raízes de leguminosas inoculadas em solos degradados por mineração e compactado com rochas aparentes que geralmente acometem dificuldades ao desenvolvimento de plantas não inoculadas, porém, quando inoculadas, apresentaram superioridade no tamanho das raízes e quantidades de nódulos nitrogenados.

²¹ Elemento essencial é definido como aquele que é um componente intrínseco na estrutura ou no metabolismo de uma planta ou cuja ausência causa anormalidades severas no crescimento, no desenvolvimento ou na reprodução vegetais ou pode impedir uma planta de completar seu ciclo de vida (TAIZ, et al., 2017. 120 p.).

FMA tem um papel importante na nutrição de nitrogênio na planta, pois as hifas dos fungos realizam a extração de maiores quantidades de nitrogênio orgânico em meio amônio ou amônia do solo para as raízes do hospedeiro e assim formando maiores quantidades de nódulos de cotilédones em leguminosas (TAIZ et al., 2017; Oliveira et al., 2011). Dessa forma, tornam-se fundamentais na recuperação de áreas degradadas, pois, de acordo com Júnior et al. (2010) e Colodete; Dobbss e Ramos (2014), FMA promove o desenvolvimento de leguminosas florestais plantadas em áreas degradadas por mineração.

Uma das principais contribuições dos FMAs é absorção de íon $H_2PO_4^-$ e NH_4^+ do solo e conduzir até interface das raízes, liberando-os nas células do floema das plantas (VERGARA et al., 2019). A maior absorção de nutrientes ocorre pela simbiose realizada entre dois grupos de fungos endomicorriza e ectomicorriza. Para Davide (2012), a simbiose de fungos endomicorriza:

é biotrófica obrigatória e forma invaginações no citoplasma das células das raízes, chamadas arbúsculos (compartimento apoplástico), onde os simbiontes estão em íntimo contacto e de onde o FMA retira o carbono. Porém, as hifas dos FMA vão além da zona de depleção das raízes, mantendo relações tróficas com a biota do solo, beneficiando a planta hospedeira podendo funcionar como agente de biocontrole (DEVIDE, 2012, p. 07).

Segundo Souza et al. (2006), ectomicorrizas penetram a epiderme da raiz e nas células do córtex prolongando a vida da célula, além de avançar envolto na raiz, lançando cordões miceliais no solo vizinho, extraíndo os nutrientes com P, entre outros essenciais para a planta.

Desta forma, a simbiose FMA contribui diretamente para um melhor desenvolvimento da planta hospedeira. O desenvolvimento de plantas em solo degradado é bastante benéfico, pois ocorre ciclagem de matéria orgânica no solo pela decomposição das folhas e de imediato as raízes causam desagregação do solo e gradativamente um processo microbiológico vai ocorrendo e contribuindo para sua recuperação (COLODETE; DOBBSS; RAMOS, 2014). Conforme espécies florestais plantadas se desenvolvem na área, outras plantas são favorecidas e assim gradativamente ocorre a formação de uma vegetação arbórea e a cobertura do solo com gramíneas.

2.4.3 *Enterolobium contortisiliquum* (Tamboril)

Espécie originária da América do Sul, de nome científico *Enterolobium contortisiliquum* (Tamboril), família: fabaceae (leguminosea – mimosoideae), reino: plantas, divisão: angiosperma, habitat: caatinga, cerrado, mata atlântica, florestas pluvial e semidecídua (Arvores do Brasil, 2018). Pertence às famílias de leguminosas mais comuns para simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio possui um ciclo de vida perene (TAIZ et al., 2017; KERBAUY, 2004). No Brasil a região de maior ocorrência são os estados do Pará, Amazonas e Mato Grosso, além de estar presente na caatinga, ou seja, nos estados detentores desse bioma (FAUERHARMEL, 2014). A madeira é bastante apreciada na fabricação de móveis e canoas pela indústria da marcenaria, madeira essa obtida de áreas de plantio com viés econômico, utilizada em projetos de recuperação de áreas degradadas (ABREU; CRUZ; PEREIRA, 2012).

Outras características do Tamboril: “altura de 10 a 20 m, tronco reto e pouco tortuoso, podendo atingir até 3 m de diâmetro, folhas compostas, bipinadas, com 3 a 7 pares de folíolos, as flores são hermafroditas com coloração branca” (FAUERHARMEL, 2014. 15 p.). Em virtude dessas características da espécie e por apresentar um bom desenvolvimento, estar presente no bioma caatinga e possuem alta capacidade de brotação, a planta é ideal em projetos de recuperação de áreas degradadas por mineração, pois tolera as variações climáticas e solos pobres de nutrientes.

2.4.4 *Mimosa caesalpiniiifolia* (Sabiá)

Pertence à família das Fabaceae (Leguminosae), subfamília Mimosoideae. Nome científico: *Mimosa caesalpiniiifolia*, a árvore adulta pode chegar a aproximadamente 10 m de altura e 30 cm de diâmetro (na altura do peito, medido 1,30 m), tolera temperatura média de 20°C a 28°C, índice pluviométrico de 600 a 1.000 mm, consegue se desenvolver em solos cascalhentos (característico da Caatinga do Nordeste), rusticidade e resistências com um bom desenvolvimento relativamente rápido em regiões do Nordeste, da qual é originária (CARVALHO et al., 2004; BARBOSA; SOARES; BARROSO, 2008). Por ser característica do Nordeste, é bastante utilizada como forragem na alimentação dos animais (caprinos e ovinos), cerca viva e projetos agroflorestais em áreas de capoeira e degradadas,

tornando-se uma alternativa para cobertura vegetal da área com viés econômico, em virtude do alto potencial na produção de madeira, estacas e mourões (CARDOSO; SOUZA; AZEVEDO, 2017).

Essas características da espécie, por esta ser específica da região Nordeste, têm despertado projetos de estudos que avaliam seu desenvolvimento na recuperação de áreas degradadas por mineração, pois suporta condições adversas do clima, solos pobres em nutrientes, ácidos (tolerância pH 5), além, é claro, da sua alta capacidade de produção de massa foliar que contribui para a formação de serapilheira (COSTA et al., 2014). Portanto, é considerada resistente às condições adversas das áreas degradadas por mineração, compactação e baixos níveis de nutrientes minerais para o desenvolvimento vegetal (BALBINOT et al., 2010).

2.4.5 *Acacia mangium* (Acácia)

No Brasil são encontradas 44 espécies de acácia, algumas bem adaptadas à região semiáridas do nordeste, entre elas *Acacia mangium* (DU BOCAGE et al., 2008). A espécie tem ocorrência natural na Austrália, Papua Nova Guiné, Nova Guiné Ocidental e ilhas próximas, pertence ao reino plantae, divisão da magnoliophyta, classe da magnoliopsida, ordem das fabales, família da fabaceae, subfamília de mimosoideae, gênero da acácia (ROSSI; AZEVEDO; SOUZA, 2003). No entanto é considerada invasora em território brasileiro, por pertencer a clima tropical, teve boa adaptabilidade no país, detentora de rusticidade e tolerância a variações climáticas, a qual vem sendo bastante utilizada em sistemas agroflorestais e recuperação de pastagens, com ganhos significativos na recuperação de solos e áreas degradadas por mineração (SILVA, 2017, ATTIAS; SIQUEIRA; BERGALLO, 2013). Válido mencionar também os possíveis ganhos econômicos, mediante as potencialidades na comercialização da madeira para indústria de celulose e móveis, carvoarias, padarias e estacas.

Uma árvore adulta pode chegar de 25 a 35 m de altura e 1,10 m de diâmetro e sua elevada capacidade de fertilização e estabilização de solos com baixa fertilidade de nutrientes, pois possui capacidade de fixar nitrogênio e uma boa dispersão de raízes que perfuram o solo, mesmo quando se encontra compactado e teores altos de acidez, possibilitando sua utilização atualmente em áreas degradadas do Nordeste brasileiro

(SILVA, 2017), viabilizando a utilização da espécie em projetos voltados para a recuperação de solos degradados.

Suas características são peculiares da espécie, toleram bem clima seco, porém apresentam bom desempenho em regiões úmidas com precipitações médias anuais que variam de 1.000 até 4.500 mm e temperaturas entre 12°C e 34°C., resistente a pH de até 3,5 e altos teores de óxido, de ferro e alumínio, possuem espinhos em seu caule e folhas compostas após a germinação, conforme vão se desenvolvendo são substituídas por folhas simples e de borda inteira, denominadas filóides, com cerca de 25 cm de comprimento e 10 cm de largura (ROSSI; AZEVEDO; SOUZA, 2003). Peculiaridades da espécie que viabilizam o seu plantio na região litorânea do Nordeste brasileiro de clima tropical com precipitação média de 2.000 mm ao ano.

Todas essas características da espécie tornaram-na uma das mais utilizadas em estudos para recuperação de áreas degradadas, principalmente com inoculação simbiótica de fungos ou bactérias, obtendo bom desempenho quando submetida a esses tratamentos, pois potencializa sua capacidade de fixação de nitrogênio (N_2), além de facilitar a extração de nutrientes de pouca mobilidade no solo (fosforo, amônio, cobre e zinco), mas também de nutrientes móveis como potássio, sulfato e nitrato (OLIVEIRA et al., 2011; ROSSI; AZEVEDO; SOUZA, 2003).

Estudos como esses visam à cobertura vegetal da área em estado de degradação, e a inoculação contribui para o aumento no desenvolvimento da espécie, além da fixação de nutrientes como o nitrogênio no solo, pois, de acordo com Costa et al. (2014), o desenvolvimento das leguminosas na área degradada proporciona a formação de serapilheira, contribuindo para a ciclagem de nutrientes no processo de decomposição, enriquecendo o solo com nutrientes e matéria orgânica.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Definições dos experimentos e produções das mudas

Baseado na literatura, foram selecionadas espécies florestais heliofitas e pioneiras. Sendo as espécies de leguminosas florestais selecionadas: *Enterolobium contortisiliquum* (Tamboril), *Mimosa caesalpiniiifolia* (Sabiá) e *Acacia mangium* (Acácia). Foram utilizadas duas biotecnologias, inóculo fungo micorrizo (*Glomus clarum*) e bactérias fixadoras de nitrogênio (*Azospirillum brasilense*).

Nesse sentido, foram delineados dois experimentos. O primeiro experimento utilizando duas espécies florestais, *Enterolobium contortisiliquum* (Tamboril) e *Mimosa caesalpiniiifolia* (Sabiá), inoculados com *Azospirillum brasilense* ou não (testemunha). Os tratamentos estão apresentados na Tabela 4. O experimento foi dividido em 4 tratamentos e os tratamentos em 4 blocos, cada bloco contendo 15 mudas dentro dos respectivos tratamentos, totalizando 60 mudas por tratamento e um total de 240.

Tabela 4. Experimento com *Enterolobium contortisiliquum* e *Mimosa caesalpiniiifolia* inoculados com *Azospirillum brasilense* ou não.

Tratamentos	Bloco I	Bloco II	Bloco III	Bloco IV
1	TSB, 15	TSB 15	TSB 15	TSB 15
2	SSB 15	SSB 15	SSB 15	SSB 15
3	TCB 15	TCB 15	TCB 15	TCB 15
4	SCB 15	SCB 15	SCB 15	SCB 15

TSB: Tamboril (*Enterolobium contortisiliquum*) sem Bactéria; SSB: Sabia (*Mimosa caesalpiniiifolia*) sem Bactéria (*Azospirillum brasilense*); TCB: Tamboril (*Enterolobium contortisiliquum*) com Bactéria (*Azospirillum brasilense*) e SCB: Sabia (*Mimosa caesalpiniiifolia*) com Bactéria (*Azospirillum brasilense*).

O segundo experimento utilizando duas espécies florestais, *Mimosa caesalpiniiifolia* (Sabiá) e *Acacia mangium* (Acácia) com inoculação de *Glomus clarum* ou não (testemunha). Os tratamentos estão apresentados na Tabela 5. O experimento foi dividido em 4 tratamentos e os tratamentos em 4 blocos, cada bloco contendo 15 mudas dentro dos respectivos tratamentos, totalizando 60 mudas por tratamento e um total de 240.

Tabela 5: Experimento com *Mimosa caesalpiniiifolia* (Sabiá) e *Acacia mangium* inoculados com *Glomus clarum* ou não.

Tratamentos	Bloco I	Bloco II	Bloco III	Bloco IV
1	SSF 15	SSF 15	SSF 15	SSF 15
2	ASF 15	ASF 15	ASF 15	ASF 15
3	SCF 15	SCF 15	SCF 15	SCF 15
4	ACF 15	ACF 15	ACF 15	ACF 15

T1 SSF: Sabia (*Mimosa caesalpiniiifolia*) sem fungo (*Glomus clarum*); ASF: Acácia (*Acacia mangium*) sem fungo (*Glomus clarum*); SCF: Sabia (*Mimosa caesalpiniiifolia*) com fungo (*Glomus clarum*) e ACF: Acácia (*Acacia mangium*) com fungo (*Glomus clarum*).

As mudas utilizadas nos experimentos foram produzidas no viveiro florestal da UFS - Universidade Federal de Sergipe (Campus de São Cristóvão). O substrato utilizado na produção das mudas foi composto por terra preta (subsolo), areia lavada e esterco de curral curtido, na proporção 3:1:1 acondicionados em sacos de polietileno de 800 cm³.

No experimento 1, as espécies de leguminosas florestais foram inoculadas com bactérias fixadoras de nitrogênio (*Azospirillum brasilense*) adquiridos da Embrapa²² Solos do Rio de Janeiro - RJ. A inoculação foi procedida de acordo às recomendações da embalagem, na concentração de 2x10⁸ Unidades Formadoras de Colônias (UFC) por mL do produto (MUMBACH, et al., 2017), as sementes foram submergidas por uma hora no inóculo, em seguida foram plantadas nos sacos contendo o substrato.

No experimento 2, as espécies de leguminosas florestais foram inoculadas utilizando 5g de inóculo de fungos micorrízicos (*Glomus clarum*) no substrato de cada mudas.

Após a emergência das plântulas foi realizado o desbaste, deixando somente uma plântula por saco, aquela que apresentou maior vigor no desenvolvimento após o nascimento. As mudas foram mantidas sob telado 50% até a ocorrência da emergência e depois foram transferidas para uma área em pleno sol para estimular sua rustificação (Figura 7). Após 30 dias as mudas foram transferidas para o campo, realizado o deslocamento do viveiro de mudas na UFS – Universidade Federal de Sergipe, através da camionete.

²² Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Solo. Endereço: R. Jardim Botânico, 1024 - Jardim Botânico, Rio de Janeiro - RJ, 22460-000.

Figura 7: Muda das leguminosas florestais em pleno sol.



Fonte: do autor (17/07/2019).

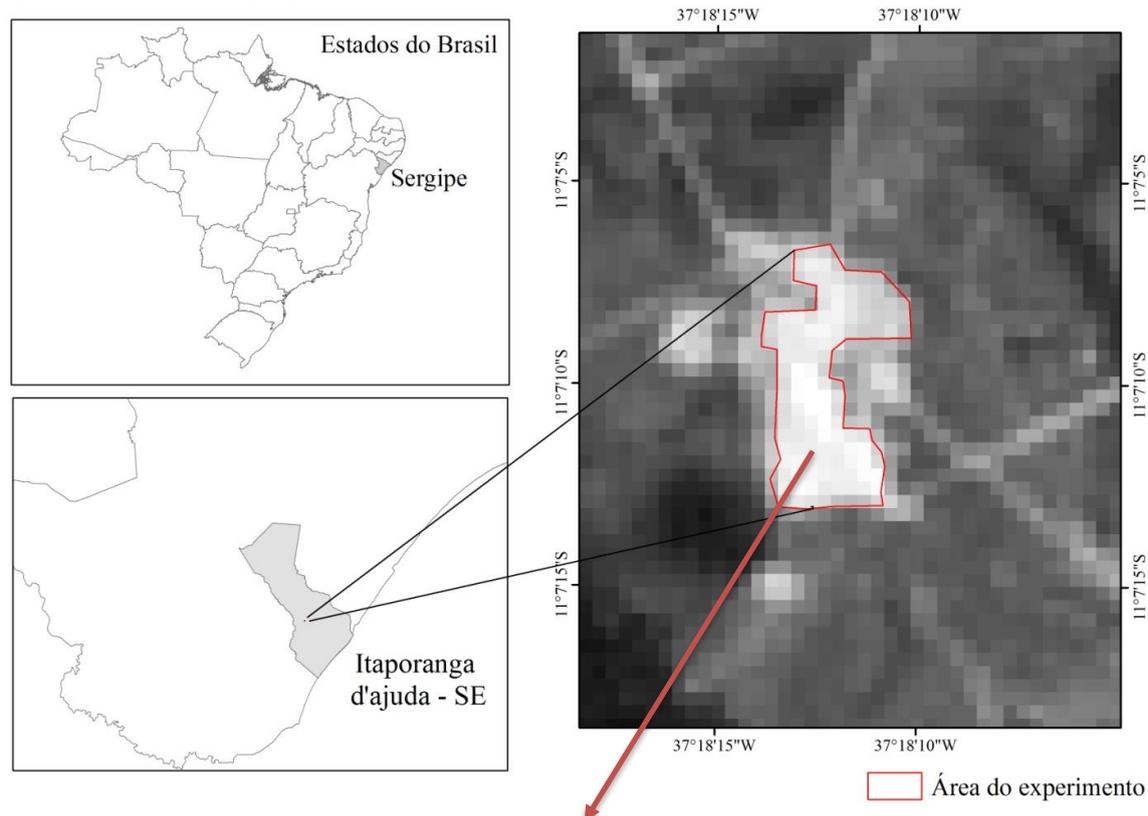
3.2 Caracterização da área degradada por mineração

O estado de Sergipe está localizado sob a geologia de três províncias estruturais: província São Francisco, a província Borborema e a província costeira e margem continental, na qual está localizado o município de Itaporanga D’Ajuda. “A província costeira e margem continental são constituídas pelas bacias sedimentares costeiras mesocenozóicas, e suas extensões submersas na margem continental, desenvolvidas a partir do jurássico” (SANTOS et al., 2001, 05 p.). Os autores afirmam que a formação geológica que abrange o município de Itaporanga D’Ajuda foi denominada como Riachuelo, pois tem o início na cidade de Riachuelo e acompanha a extensão do rio Sergipe com a presença de metassedimentos psamo-polito-carbomáticos de baixo grau metamórfico dos grupos Miamba acompanhando as margens do rio Vaza Barris, que corta o município.

A área de mineração degradada selecionada para os experimentos localiza-se na Fazenda Itália, no município de Itaporanga D’Ajuda (SE), nas coordenadas 11°05'58.8"S

37°15'57.7"W, distante 35 km da capital Aracaju (Figura 8). O solo foi classificado como Cambissolo Háplico. O clima é tropical atlântico em virtude das fortes influências sofridas por suas proximidades com o litoral do oceano atlântico, podendo chegar a uma precipitação pluviométrica anual de 1600 mm (ARAUJO, 2007).

Figura 8 – Localização geográfica da Fazenda Itália com a área da pesquisa.



Fonte: do autor & Adaptando: <https://www.google.com.br/maps/@-11.119435,-7.3041791,425m/data=!3m1!1e3>.

A área foi degradada em 2007, mineração de areia e seixo rolado pela empresa Cal Trevo. Após o encerramento da extração mineral a área ficou inativa, desprovida da camada superficial do solo com o subsolo exposto, sendo constatada presença de erosão laminar e em sulcos (Figura 9).

Figura 9 - Área do experimento, Fazenda Itália em Itaporanga d'Ajuda, SE.



Fonte: do Autor (21/09/2018).

Para a caracterização do substrato da área degradada de mineração foram coletadas 45 amostras simples ao acaso em ziguezague, para compor três amostras compostas, em seguida as amostras foram colocadas em sacos plásticos e levadas para o laboratório ITPS - Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe para análise química de rotina.

As médias mensais da pluviosidade precipitada na área experimental, foram obtidas com anotação dos milímetros registrados mensalmente no pluviômetro da Fazenda Itália em Itaporanga d'Ajuda. Os dados foram coletados no mês de setembro de 2018 (mês de plantio das mudas) a outubro de 2019 (mês da última medição das mudas em campo) e mensurados as médias ao longo de 12 meses.

3.3 Delineamento dos experimentos

Os experimentos foram conduzidos em campo utilizando um delineamento em blocos casualizados, em arranjo fatorial (2x2), com um total de quatro tratamentos com quatro repetições por tratamento, em um espaçamento adotado de 3 x 3 m. O plantio foi realizado em covas de 40x40 cm (COUTINHO et al. 2005). Os experimentos foram implantados em campo, conforme o delineamento (Tabela 7), para ambos os experimentos.

Tabela 6: Delineamento dos tratamentos em campo.

B1	B2	B3	B4
NºLcI	NºLcI	NºLcI	NºLcI
NºLsI	NºLsI	NºLsI	NºLsI
NºLcI	NºLcI	NºLcI	NºLcI
NºLsI	NºLsI	NºLsI	NºLsI

B: bloco; NºLcI: Número de leguminosas com inoculo; NºLsI: Número de leguminosas sem inoculo.

3.4 Preparação da área para o plantio

A área do plantio foi preparada com a abertura das covas manualmente utilizando um escavador, pois foi feito o teste de usar um subsolador acoplado ao cabo de tração de um trator e não houve eficácia, ou seja, não rompeu o subsolo. Em seguida as mudas foram plantadas manualmente em um espaçamento 3 x 3 m, em covas de 40 x 40 cm. No plantio, não foi realizado nenhum tipo de adubação orgânica ou química nem correção de solo, pois o uso de adubação fosfatada inibe a inoculação.

Figura 10 – Subsolo exposto na área dos experimentos, Fazenda Itália em Itaporanga d’Ajuda no Estado de Sergipe.



Fonte: do autor (21/09/2018).

3.5 Análises do crescimento e sobrevivência das mudas

As mudas foram mensuradas a cada quatro meses após o plantio em campo, em relação à altura e ao diâmetro. A taxa de sobrevivência foi quantificada aos 12 meses. Os parâmetros morfológicos mensurados: altura total - Ht (cm), utilizando-se trena de 1,50 metros, a partir do coleto até a gema terminal e o diâmetro do coleto - DC (mm) foi obtido utilizando um paquímetro digital (DELARMELINA et al., 2014).

Os dados de altura e diâmetro mensurados aos 12 meses foram tabulados no Excel e submetidos à análise de variância pelo teste F, a 5% de significância e teste Tukey para comparação entre médias, com o auxílio do programa estatístico Sigma Plot.

Para calcular a taxa de sobrevivência das leguminosas plantadas nos tratamentos e distribuídas entre os experimentos, levou-se em consideração o cálculo de porcentagem (DANTAS, 2016).

$$T_s (\%) = (N - n) \times 100/N$$

Sendo:

T_s = Taxa de sobrevivência (%);

N = Número total de mudas plantadas de cada espécie;

n = Número total de indivíduos mortos de cada espécie.

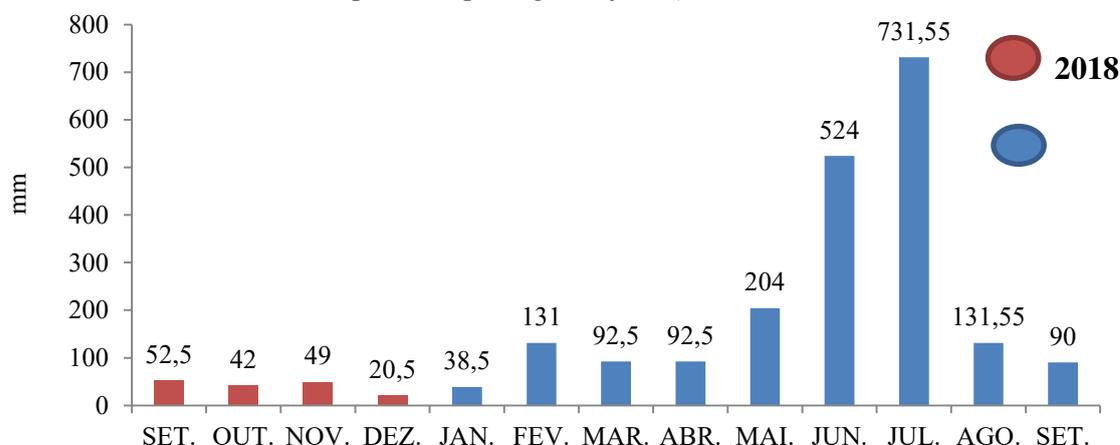
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Área de estudo: Fazenda Itália no município de Itaporanga d'Ajuda no Estado de Sergipe (SE)

O estado de Sergipe, segundo a classificação climática de Köppen, no litoral predomina o clima tropical com estação seca de verão As^{23} . O período chuvoso ocorre entre os meses de abril e agosto, podendo registrar os maiores índices pluviométricos nos meses de maio, junho e julho. Porém, apresenta irregularidades na distribuição das chuvas em virtude de estar localizado no Nordeste brasileiro, o qual possui como características baixos índices pluviométricos e secas prolongadas, principalmente nas regiões semiáridas que chega a ter de 7 a 8 meses de estiagem (OLIVEIRA, 2013).

De acordo com Oliveira (2013) e Araújo et al. (2010), a irregularidade pluviométrica no estado depende da região geográfica, tendo a litorânea como a mais chuvosa, principalmente quando há atuação da Frente Polar Atlântica e das Correntes Perturbadas de Leste, distribuindo regularmente as chuvas. Fato evidenciado na área experimental localizada na Fazenda Itália no município de Itaporanga d'Ajuda no Estado de Sergipe (SE), no ano de 2019 os meses de maio, junho e julho e obtiveram os maiores índices pluviométricos, 204 mm, 524 mm e 731,55 respectivamente (Figura 10).

Figura 11: Precipitação mensal durante o período do experimento no campo, de setembro de 2018 a setembro de 2019, Fazenda Itália, no município de Itaporanga d'Ajuda (SE).



Fonte: Elaborado pelo autor.

²³ Clima quente com chuva de inverno (DUBREUIL et al., 2018).

A Figura 10 demonstra a precipitação média mensal de setembro de 2018 a setembro de 2019, meses dos experimentos em campo. Os meses de setembro, outubro, novembro, dezembro de 2018 e janeiro de 2019 registraram as menores precipitações pluviométricas acumuladas durante o ano: 52,5 mm, 42 mm, 49 mm, 20,5 mm, respectivamente. A temperatura média mínima e máxima não ultrapassam respectivamente os 23°C e 26°C em Itaporanga D' Ajuda (SE), dentro da média dos 28°C na região sul do estado; por outro lado, no noroeste, as máximas ficam próximas dos 32°C (MACEDO, 2014).

Os resultados da análise química do solo da área degradada por mineração estão apresentados na Tabela 6 e foram analisados segundo a metodologia de EMBRAPA (1997). O valor do pH em H₂O foi de 5,19, considerado ácido, pois, de acordo com Francisco e Junior (2017), solos neutros têm pH 7 e solos ideais para desenvolvimento de plantas, são todos aqueles que apresentam pH próximo de 7 em uma escala entre 6 e 8, pois é a faixa em que os nutrientes ficam em maior disponibilidade, principalmente os considerados essenciais (macronutrientes: nitrogênio, fósforo e potássio). Os autores também enfatizam sobre a importância da disponibilidade dos macronutrientes para as plantas, bem como de magnésio e cálcio, os quais quanto mais ácidos for o solo, mais inacessível é sua disponibilidade para as plantas.

Tabela 7- Resultado da análise química de solo da área degradada por mineração na fazenda Itália em Itaporanga D'Ajuda (SE).

Ensaio	Resultado	Método
pH em Água	5,19 (H ₂ O)	H ₂ O
Cálcio + Magnésio	0,38 mmol _c dm ⁻³	KCl
Sódio	<0,22 mmol _c dm ⁻³	KCl
Alumínio	0,31 mmol _c dm ⁻³	KCl
Matéria Orgânica	2,02 g/dm ³	Dicrometria
Potássio	3,10 mg/dm ³	Mehlich-1
Fósforo	1,40 mg/dm ³	Mehlich-1

Fonte: ITPS - Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe (2018).

Conforme demonstrado na tabela 6, o resultado do solo na área apresentou baixa concentração de potássio, fósforo, cálcio, magnésio e matéria orgânica. De acordo com o

IAC²⁴ para espécies florestais, concentrações de K e P $<5 \text{ mg/dm}^3$ no solo é baixa, bem como $<3 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e $<4 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ para Ca e Mg, respectivamente. O IAC considera indispensável a concentração de matéria orgânica em solos agricultáveis, ao ponto que estabelece como ideal 15 g/dm^3 para solos arenosos, 16 a 30 g/dm^3 para solos de textura média, 31 a 60 g/dm^3 para solos argilosos, valores $>60 \text{ g/dm}^3$ indica acúmulo de matéria orgânica.

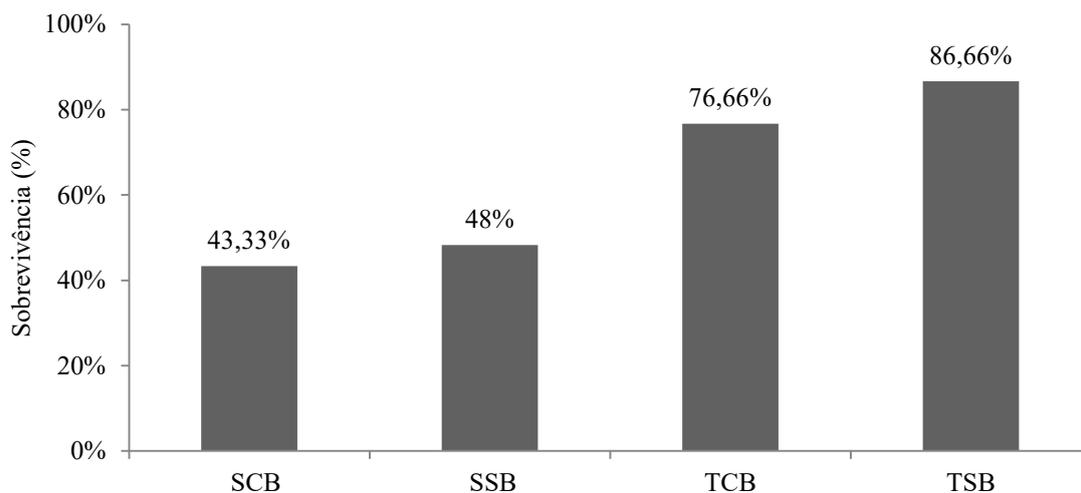
Portanto, os $2,02 \text{ g/dm}^3$ de matéria orgânica são expressivamente uma baixa concentração, deixando em evidência a complexidade de degradação da área. Dessa forma, segundo Dantas (2016), para solos com baixa concentração de nutrientes, recomenda-se realizar a recuperação e, quando se trata de áreas degradadas por mineração, é importante selecionar variedades tolerantes às condições apresentadas e que tenham a capacidade de se desenvolver com baixos níveis nutricionais.

²⁴ Instituto Agronômico

4.2 Experimento com *Enterolobium contortisiliquum* (Tamboril) e *Mimosa caesalpiniiifolia* (Sabiá) inoculadas com *Azospirillum brasilense*.

Os resultados observados no experimento 1 na avaliação da taxa de sobrevivência das leguminosas florestais *Enterolobium contortisiliquum* (tamboril) e *Mimosa caesalpiniiifolia* (sabiá) ao longo de 12 meses na área degradada estão apresentados na figura 12. Observa-se que a espécie *Enterolobium contortisiliquum* nos dois tratamentos, com e sem inoculação apresentaram as maiores taxas de sobrevivências, quando comparada com *Mimosa caesalpiniiifolia*. Os tratamentos com inoculação de *Azospirillum brasilense* apresentaram diferenças estatísticas inferiores em relação aos tratamentos sem inoculação.

Figura 12: Taxa de sobrevivência das leguminosas florestais Sabia (*Mimosa caesalpiniiifolia*) Tamboril (*Enterolobium contortisiliquum*) após 12 meses do plantio.



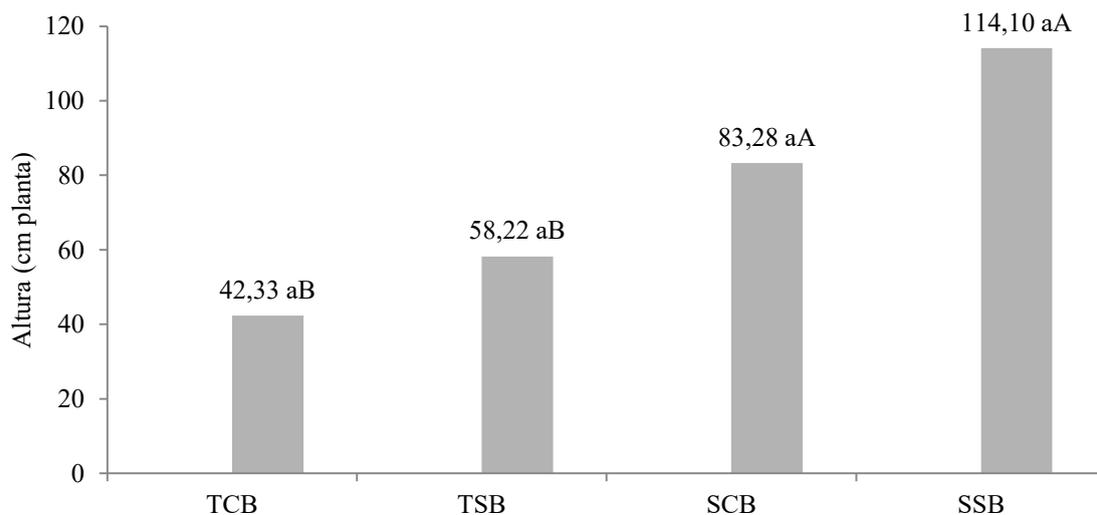
TSB: Tamboril (*Enterolobium contortisiliquum*) sem Bactéria; SSB: Sabia (*Mimosa caesalpiniiifolia*) sem Bactéria (*Azospirillum brasilense*); TCB: Tamboril (*Enterolobium contortisiliquum*) com Bactéria (*Azospirillum brasilense*); SCB: Sabia (*Mimosa caesalpiniiifolia*) com Bactéria (*Azospirillum brasilense*).

A taxa de sobrevivência de *Enterolobium contortisiliquum* coloca-o como potencial para a recuperação de áreas degradadas no estado, principalmente por ser adaptado ao bioma da Caatinga e Mata Atlântica do nordeste, ou seja, resistente a áreas com solos degradados e déficit hídrico, além de ter uma alta capacidade de brotação após mortalidade do caule (FAUERHARMEL, 2014). A taxa de sobrevivência justifica a inferioridade no diâmetro e na altura quando comparado com *Mimosa caesalpiniiifolia*, pois os resultados acabam sendo subestimados.

A taxa de sobrevivência de *Mimosa caesalpinifolia* foi relativamente baixa comparada aos resultados observados por Balbinot et al. (2010), em seus estudos, *Mimosa caesalpinifolia* apresentou resultados superiores, uma taxa de sobrevivência de 94,8% aos 12 meses, porém o plantio foi realizado em área perturbada, ou seja em condições bem mais favoráveis que o experimento 2. Dessa forma, os resultados superiores de *Mimosa caesalpinifolia* no diâmetro e altura são em decorrência da taxa de sobrevivência, pois sobreviveram os melhores indivíduos tolerantes às condições adversas in loco, superestimando os resultados.

Os resultados da altura dos tratamentos do experimento 1 com Tamboril (*Enterolobium contortisiliquum*) e Sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*) inoculadas com *Azospirillum brasilense* estão apresentados na figura 13.

Figuras 13: A média da altura das leguminosas florestais Sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*) e Tamboril (*Enterolobium contortisiliquum*) com e sem inoculação de *Azospirillum brasilense* aos 12 meses.



TSB: Tamboril (*Enterolobium contortisiliquum*) sem Bactéria; SSB: Sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*) sem Bactéria (*Azospirillum brasilense*); TCB: Tamboril (*Enterolobium contortisiliquum*) com Bactéria (*Azospirillum brasilense*); SCB: Sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*) com Bactéria (*Azospirillum brasilense*). As médias em cada espécie seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5%. As médias entre espécies com inoculação de *Azospirillum brasilense* e sem seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo Teste Tukey ao nível de 5%.

Observa-se que não houve diferença significativa nos tratamentos com relação à altura de *Enterolobium contortisiliquum* e *Mimosa caesalpinifolia* inoculadas com *Azospirillum brasilense* e sua respectiva testemunha após 12 meses de seu plantio na área degradada por mineração (Figura 13). A inoculação não favoreceu o desenvolvimento das leguminosas, conforme o esperado, já que Freitas e Rodrigues (2010) apontam

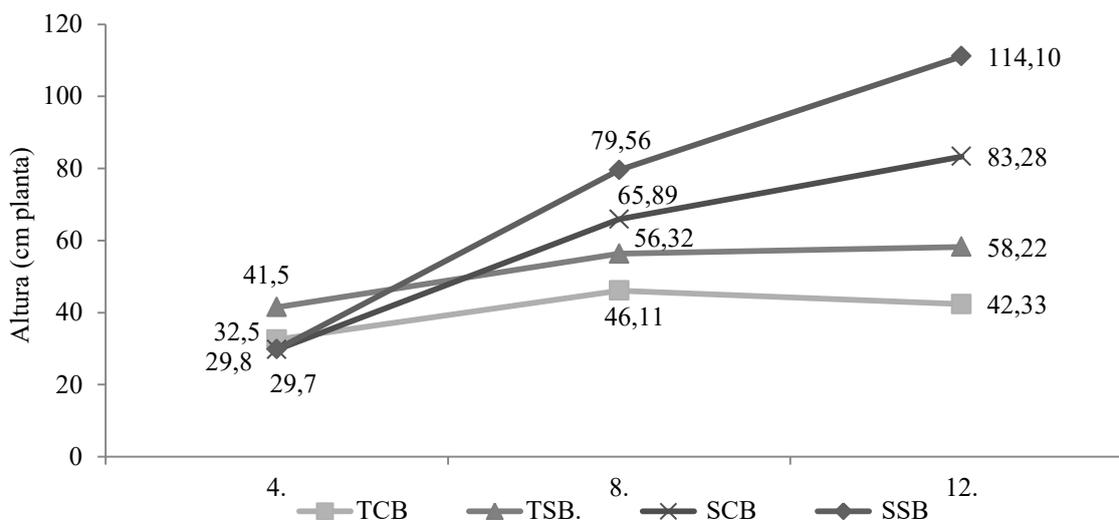
Azospirillum brasilense como excelente tecnologia para fixação de N₂ no solo, favorecendo o desenvolvimento das plantas.

A fixação de N₂ no solo é necessária, pois na atmosfera é encontrada na forma gasosa, não pode ser absorvido pelas plantas, sendo necessária a fixação pelas bactérias ou decomposição na matéria orgânica (MARCHETTI; BARP, 2015). Para Gallo (2010), o processo de fixação pelas bactérias ocorre na nitrificação do N₂, pois as bactérias quebra a tripla ligação (N≡N) reagindo com H formando NH₃, a amônia é então oxidada a nitrito (2NH₃ + 3O₂ - 2NO₂⁻ + 2H⁺ + 2H₂O), outras bactérias convertem-no em nitrato (2NO₂⁻ + O₂ - 2NO₃⁻), o qual, por sua vez, é absorvido pelas raízes das plantas. Nas raízes é convertido em NH₄⁺ para ser metabolizado em aminoácidos e, por fim é conduzido via xilema para as outras partes da planta.

Nesse viés, foi observada diferença estatística quando comparado os tratamentos entre as espécies com *Azospirillum brasilense* ou quando se comparam as duas espécies sem. A espécie *Mimosa caesalpinifolia* apresentou o melhor desenvolvimento que *Enterolobium contortisiliquum*, independentemente de estar ou não inoculada com *Azospirillum brasilense*. Desta forma, as mudas podem ser plantadas sem a inoculação de *Azospirillum brasilense*, pois os melhores resultados foram obtidos nos tratamentos sem inoculação.

Quando se analisa o desenvolvimento em altura ao longo do tempo dos tratamentos, observa-se que *Mimosa caesalpinifolia* obteve o melhor desempenho, pois aos quatro meses os dois tratamentos (com e sem inoculação de *Azospirillum brasilense*) apresentavam as menores alturas e nas mensurações posteriores superaram altura dos tratamentos de *Enterolobium contortisiliquum* (com e sem inoculação de *Azospirillum brasilense*) (Figura 14).

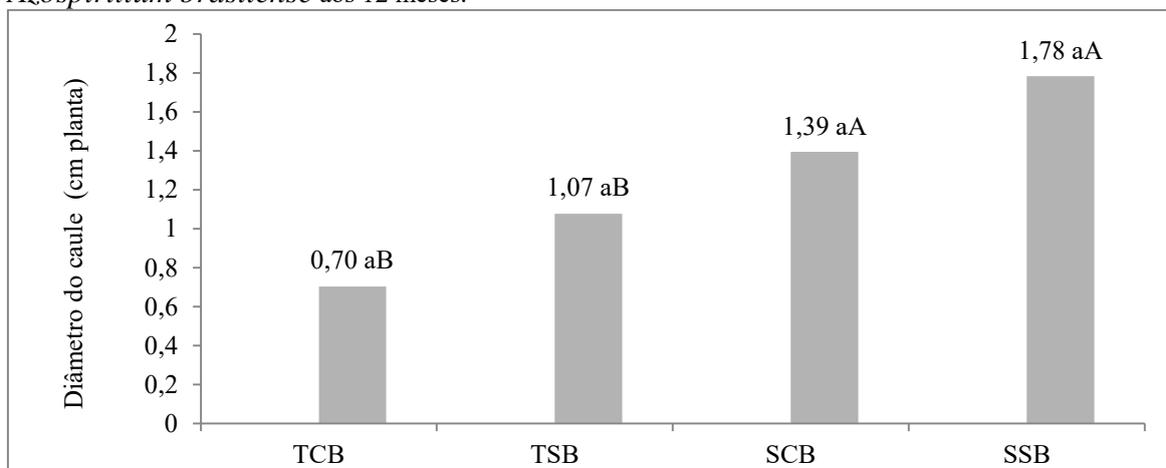
Figura 14: A altura de *Mimosa caesalpinifolia* e *Enterolobium contortisiliquum* ao longo de 12 meses.



TSB: Tamboril (*Enterolobium contortisiliquum*) sem Bactéria; SSB: Sabia (*Mimosa caesalpinifolia*) sem Bactéria (*Azospirillum brasilense*); TCB: Tamboril (*Enterolobium contortisiliquum*) com Bactéria (*Azospirillum brasilense*); SCB: Sabia (*Mimosa caesalpinifolia*) com Bactéria (*Azospirillum brasilense*).

Em relação aos valores médios do diâmetro, apresentaram comportamento semelhante à altura, onde não houve diferença estatística entre a espécie *Mimosa caesalpinifolia* e *Enterolobium contortisiliquum* inoculadas com *Azospirillum brasilense* e entre suas respectivas testemunhas (Figura 15). Foi observada diferença entre as espécies, quando se comparam as duas espécies com *Azospirillum brasilense* ou quando se comparam as duas espécies sem inoculação.

Figura 15: Diâmetro de *Mimosa caesalpinifolia* e *Enterolobium contortisiliquum* com e sem inoculação de *Azospirillum brasilense* aos 12 meses.



TSB: Tamboril (*Enterolobium contortisiliquum*) sem Bactéria; SSB: Sabia (*Mimosa caesalpinifolia*) sem Bactéria (*Azospirillum brasilense*); TCB: Tamboril (*Enterolobium contortisiliquum*) com Bactéria (*Azospirillum brasilense*); SCB: Sabia (*Mimosa caesalpinifolia*) com Bactéria (*Azospirillum brasilense*). As médias em cada espécie seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo Teste Tukey ao nível

de 5%. As médias entre espécies com inoculação de *Azospirillum brasilense* e sem seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo Teste Tukey ao nível de 5%.

Alguns estudos demonstraram resultados significativos no desenvolvimento de leguminosas florestais submetidas à inoculação de bactérias fixadoras de nitrogênio, pois de acordo com Nogueira et al. (2012), Franco; Resende e Campello, (2003), as leguminosas florestais têm uma alta capacidade de realizar simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio, pois é uma das características intrínsecas das leguminosas. Porém, a não diferenciação, quando se comparam os tratamentos com *Azospirillum brasilense* entre si e os sem inoculação também entre si, pode ter ocorrido por vários fatores que inibiram ou dificultaram a inoculação de contribuir para o desenvolvimento das plantas, sendo a acidez do solo (pH 5,19) um provável fator, pois, para Nóbrega et al. (2004), *A. brasilense* até tolera meios ácidos, todavia tem suas funções simbióticas reduzidas.

Segundo Cunha et al. (2018), bactérias fixadoras de nitrogênio podem até tolerar pH 5, porém em pH abaixo 4 são ineficazes na inoculação. O que pode ter ocorrido foi a inibição da simbiose do *A. brasiliense*, já que os resultados da análise de solo realizado na área do experimento na Fazenda Cal Trevo em Itaporanga D'Ajuda (SE) obteve como resultado um pH em água de 5,19.

Com relação às condições adversas em que as leguminosas foram submetidas, como a compactação do subsolo na área e as variações climáticas, como temperatura e umidade do solo, não podem ser consideradas como um fator limitante para fixação de N. Pois, para Vieira (2017), em alta umidade as bactérias podem estabelecer um ambiente anaeróbico e, em baixa umidade um ambiente aeróbico, atuando na quebra de N₂ orgânico, onde parte é absorvida pelas plantas ou reage formando NH₃.

Entretanto, a baixa taxa de macronutrientes atestadas in loco pela análise de solo pode ser considerada como outro fator limitante para a não ocorrência da simbiose, já que a indisponibilidade afeta a produção de citocininas nas raízes das plantas (KERBAUY, 2004; Taiz et al., 2017). Por vez, os hormônios (citocininas e quinase) estão diretamente ligados aos fatores de ligação Nod²⁵, liberado pelas bactérias fixadoras de nitrogênio que irão se ligar aos receptores intrínsecos de cada planta presentes nas raízes, a quinase sinaliza para

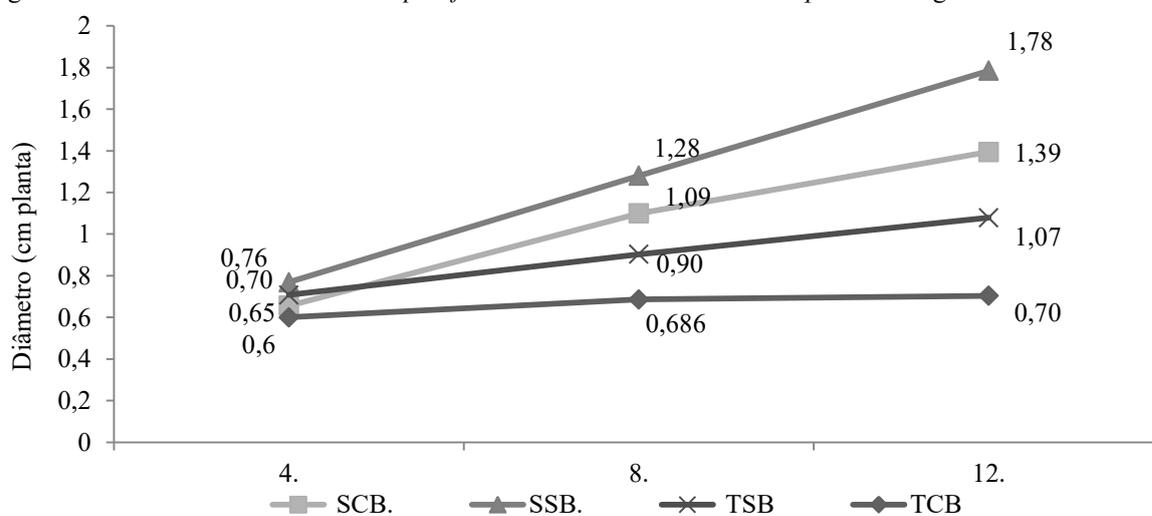
²⁵ Os fatores “Nod” são oligossacarídeos de lipoquitina (TAIZ et al., 2017).

o interior da célula e uma série de reações envolvendo enzimas e proteínas ativam a citocininas para iniciar o processo de nodulação (TAIZ et al., 2017).

Em virtude das leguminosas terem como característica fixar nitrogênio no solo, a formação dos nódulos pode até ocorrer, porém a baixa disponibilidade de nutrientes no solo ocasiona a senescência dos nódulos, esse fato é algo intrínseco de cada espécie, ao que se sabe envolve as enzimas que ligam os nódulos às células nas raízes (TAIZ et al., 2017). Essa ocorrência interrompe a fixação de nitrogênio, pois a nitrificação de N orgânico é interrompido pelas bactérias em simbiose ao hospedeiro.

Quando se analisa o desenvolvimento em diâmetro ao longo do tempo dos tratamentos, observa-se que *Mimosa caesalpinifolia* obteve o melhor desempenho, pois aos 4 meses os dois tratamentos em que constituía a espécie (com e sem inoculação de *Azospirillum brasilense*) apresentavam os maiores diâmetros, prevalecendo ao longo dos 12 meses (Figura 15).

Figura 16: Diâmetro de *Mimosa caesalpinifolia* e *Enterolobium contortisiliquum* ao longo de 12 meses.



TSB: Tamboril (*Enterolobium contortisiliquum*) sem Bactéria; SSB: Sabia (*Mimosa caesalpinifolia*) sem Bactéria (*Azospirillum brasilense*); TCB: Tamboril (*Enterolobium contortisiliquum*) com Bactéria (*Azospirillum brasilense*); SCB: Sabia (*Mimosa caesalpinifolia*) com Bactéria (*Azospirillum brasilense*).

O bom desenvolvimento em diâmetro e altura de *Mimosa caesalpinifolia* na área demonstra que pelo fato de ser uma espécie da região nordeste, é resistente às condições adversas do clima da região, tolerando índices pluviométricos ≥ 600 mm, solos degradados com baixas concentrações de nutrientes e tolera pH 5 (CARVALHO et al. 2004, BARBOSA;

SOARES; BARROSO, 2008). Isso confirma o potencial da espécie para projetos de recuperação de áreas degradadas (COSTA et al., 2014).

Em estudo realizado por Corrêa (2007), no plantio de *Mimosa caesalpinifolia*, após um ano era possível observar o início da cobertura vegetal e aos dois anos a área já se encontrava recoberta, contribuindo para proteção do solo, atenuando o avanço das voçorocas e a lixiviação.

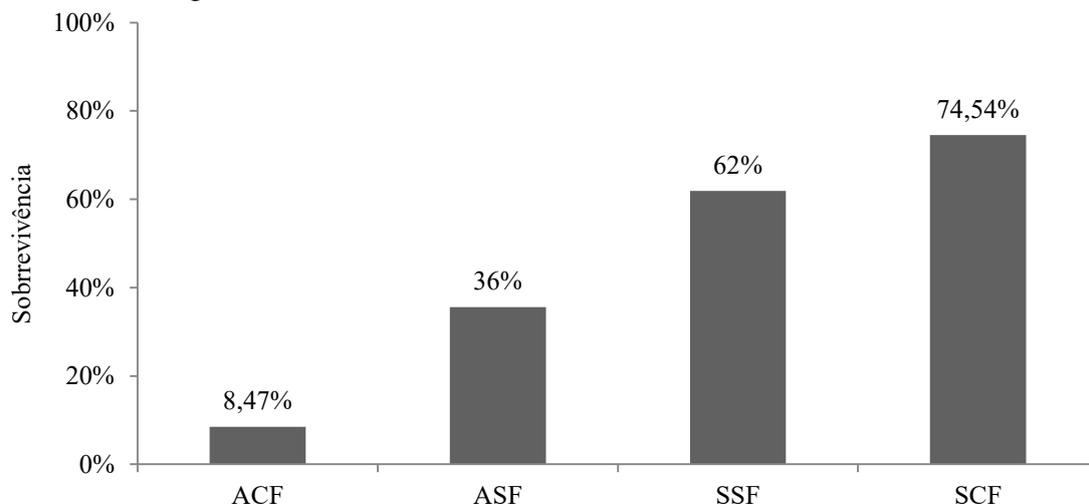
Portanto, mesmo a inoculação não tendo contribuído para o desenvolvimento das leguminosas florestais em ambos os tratamentos, as plantas sobreviventes são importantes para o processo de recuperação da área degradada. Silva et al. (2016), Longo, Ribeiro e Melo (2011) citam que o subsolo exposto de áreas degradadas por mineração está sujeito as ações da chuva, do vento, que acaba incidindo aos corpos hídricos com a lixiviação de sedimentos.

Neste sentido, leguminosas florestais contribuem para a revegetação gradativa da área, mitigando os agravamentos do impacto que incidem in loco, caso o subsolo continue exposto. Franco, Resende e Campello (2003) destacam a diversidade das espécies plantadas, as quais funcionam como facilitadoras da sucessão ecológica, tendo em vista que o seu desenvolvimento contribuirá para a cobertura vegetal e a formação de serapilheira no solo e gradativamente vai reduzindo o intemperismo com a devolução da matéria orgânica pela ciclagem de nutrientes.

4.3 Experimento com *Acacia mangium* (acácia) e *Mimosa caesalpinifolia* (Sabiá) inoculadas com fungos micorrizos (*Glomus clarum*).

Os resultados observados da taxa de sobrevivência para as espécies *Mimosa caesalpinifolia* e *Acacia mangium* no experimento 02 estão apresentados na figura 17. Os resultados demonstram que os tratamentos com a espécie *Mimosa caesalpinifolia* foram superiores aos tratamentos com a espécie *Acacia mangium*. Dessa forma, a espécie *Mimosa caesalpinifolia* inoculada com *Glomus clarum* apresentou a maior taxa de sobrevivência, sendo 12,54% superior ao tratamento dessa espécie sem inoculação. O resultado do tratamento de *Acácia mangium* inoculada com *Glomus clarum* evidencia que o fungo não foi capaz de promover uma boa taxa de sobrevivência.

Figura 17: Taxa de sobrevivência das leguminosas florestais *Mimosa caesalpiniiifolia* e *Acacia mangium* inoculadas com fungo *Glomus clarum* aos 12 meses.



SSF: Sabia (*Mimosa caesalpiniiifolia*) sem fungo (*Glomus clarum*); ASF: Acácia (*Acacia mangium*) sem fungo (*Glomus clarum*); SCF: Sabia (*Mimosa caesalpiniiifolia*) com fungo (*Glomus clarum*); ACF: Acácia (*Acacia mangium*) com fungo (*Glomus clarum*).

É importante analisar uma série de fatores para identificar as causas da taxa de sobrevivência de uma determinada espécie de planta: a disponibilidade de nutrientes no solo, estresse hídrico e temperatura. Porém, de acordo com Dantas (2016), o que é determinante para a taxa de sobrevivência em um determinado experimento é a capacidade de adaptabilidade e resiliência da espécie ao local em que foi implantado.

O estudo realizado por Rossi, Azevedo e Souza (2003) identifica a existência de vários experimentos utilizando Acácia (*Acacia mangium*) para a recuperação de áreas degradadas no mundo, com excelentes resultados na taxa de sobrevivência, porém, no presente estudo (figura 20) obteve uma baixa taxa de sobrevivência. Essa baixa sobrevivência atestada in loco dos tratamentos pode não ter relação com o pH, nem com a pluviosidade, já que os autores apresentam que a espécie tolera pH 3,5 e uma pluviosidade média entre 1.000 mm e 4.500.

Portanto, o pH e a pluviosidade média ficaram dentro da média tolerada pela espécie, com respectivos pH 5,19 e com mais 2.000 mm ao longo dos 12 meses em que os tratamentos foram analisados em campo. Pode-se até deduzir que esses dois fatores não foram a causa para a baixa taxa de sobrevivência da espécie *Acacia mangium*, ao mesmo tempo em que, por outro lado, *Mimosa caesalpiniiifolia* apresentou uma alta taxa de sobrevivência.

Porém, tendo em vista que *Acacia mangium* é exótica da Austrália, Papua Nova Guiné, Nova Guiné Ocidental e ilhas próximas (SILVA, 2017), mesmo tolerando solos ácidos, situações adversas como baixas ofertas de nutrientes e se desenvolvendo bem em índices pluviométricos superiores a 1000 mm, além de possuir a capacidade de fazer simbiose com FMAs e, ser recomendada para recuperação de áreas degradadas (ROSSI; AZEVEDO; SOUZA, 2003), os resultados apresentados da taxa de sobrevivência de *Acacia mangium* foram baixos, comparado ao resultado obtido por Dantas (2016), na recuperação de área degradada, uma taxa de sobrevivência de 72,2% aos 5 anos; porém é importante frisar que os métodos utilizados foram totalmente diferentes, a exemplo da não adubação das mudas em cova com matéria orgânica durante o plantio.

Portanto, o diferencial entre as taxas de sobrevivência de *Acacia mangium* quando comparado com sabiá, justifica-se por se tratar de espécies diferentes, uma exótica adaptada e a outra originária do Nordeste. Neste viés, os maiores diâmetros apresentado em acácia podem estar associados à baixa taxa de sobrevivência, ou seja, sobreviveram os melhores indivíduos, tolerantes às situações adversas atestadas in loco, superestimando os valores médios de diâmetro e altura (+/-). A espécie tem como característica intrínseca um maior diâmetro, quando adulto pode chegar 1,10 m de diâmetro do tronco aos 25 m de altura (SILVA, 2017), enquanto *Mimosa caesalpiniiifolia* adulta pode chegar a 10 m de altura e 30 cm de diâmetro do tronco (CARVALHO et al., 2004).

Fisiologicamente cada espécie possui características intrínsecas no desenvolvimento do porte e na formação da estrutura da árvore. Para Carneiro et al. (2012), cada indivíduo possui fisionomias diferentes que irão se comportar de acordo com suas características fisiológicas, Dantas (2006) destaca que, mesmo submetido às mesmas condições, cada planta irá se comportar individualmente diferente de acordo com sua variabilidade genética, responsável por diferenciar a espécie das demais em tolerar situações adversas. Dessa forma, justifica-se a discrepância nos resultados entre as espécies.

Outro fator a levar em consideração é que, em virtude da baixa disponibilidade de nutriente no solo, acácia pode não ter conseguido produzir nas raízes quantidades suficientes de citocininas, já que esse hormônio é produzido na raiz e conduzido via xilema para outras partes da planta, principalmente para a gema apical, indispensável na fase de desenvolvimento da planta (KERBAUY, 2004; TAIZ et al., 2017). A baixa disponibilidade

de nutrientes e acidez do solo são fatores limitantes para produção de citocininas e, portanto, este hormônio está diretamente relacionado com a simbiose com FMAs, que prestaria auxílio à planta, fornecendo os elementos essenciais para o seu desenvolvimento.

Desse modo, a deficiência de nutrientes essenciais acaba ocasionando à senescência das folhas e galhos das plantas, agravados com a variação de temperatura e a baixa disponibilidade de água, que, para Taiz et al. (2017), Mendes et al. (2012), são fatores que provocam distúrbio hormonal na planta levando a constantes senescências, conseqüentemente em alguns casos pode levar à morte. Ressalta-se que a senescência varia de acordo com as características fisiológicas de cada espécie (MENDES et al., 2012).

A interação de FMAs com as raízes do hospedeiro ocorre por simbiose intra/extrarradicular no córtex da raiz, *Glomus clarum* transfere nutrientes para as células das plantas extraídos do solo pelas hifas, favorecendo o desenvolvimento em situações adversas, como a escassez de água e pH baixo (solo ácido) (DEVIDE, 2012), em troca, retira proteínas da planta rica em carboidratos (KERBAUY, 2004).

Dessa forma, pode-se considerar que essa interação ocorreu apenas em *Mimosa caesalpiniiifolia* por ter apresentado os melhores resultados entre os tratamentos no desenvolvimento da altura e taxa de sobrevivência, além, é claro, do diâmetro superior à respectiva testemunha sem inoculação.

Comparando com o resultado obtido por Ferreira et al. (2007), *Mimosa caesalpiniiifolia* apresentou uma altura de 3,7 m dentro do período de 24 meses, em condições totalmente diferentes, a exemplo da realização de adubação fosfatada e matéria orgânica no plantio. Nesse viés, os resultados obtidos para *Mimosa caesalpiniiifolia* no período de 12 meses a classifica como uma importante leguminosa florestal a ser considerada em projetos de recuperação de áreas degradadas em Sergipe.

Neste sentido, leguminosas florestais com alta taxa de sobrevivência em áreas degradadas são importantes para recuperação do solo (SOUSA, 2008). Conforme estudos apontam, no período de 4 anos leguminosas arbóreas contribuem significativamente para a microbiologia do solo, pela formação de serapilheira com a ciclagem de nutrientes na recomposição da matéria orgânica (MARCHETTI; BARP, 2015), na introdução de nutrientes químicos orgânicos e inorgânicos pelas raízes na biosfera, as raízes agem como mineradora da crosta terrestre (TAIZ et al., 2017).

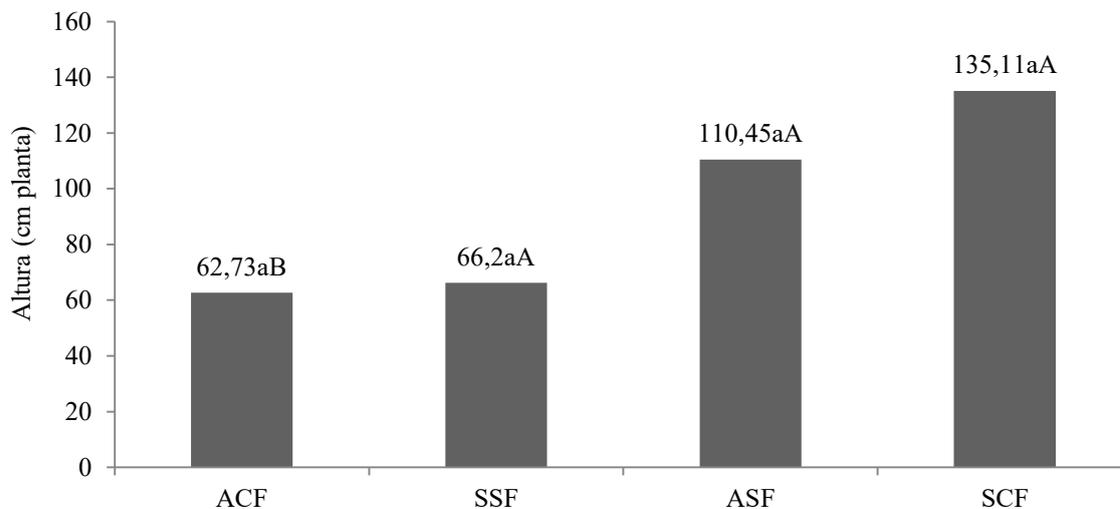
Dessa forma, o crescimento gradativo das leguminosas proporcionará a revegetação da área, pois a decomposição da serapilheira contribuirá para o desenvolvimento de outras plantas e gramíneas que cobrirão todo o solo da área, cessando a erosão, inibindo a perda de nutrientes voláteis (NH_3^-) e a lixiviação (K^+ , H_2PO_4^- , Ca_2^+) do solo (TAIZ, et al., 2017). Nesse viés, a recuperação do solo requer tempo, pois estudo realizado com leguminosas florestais em área degradada com mineração apontou o aumento de matéria orgânica no solo só após três anos (LONGO; RIBEIRO; MELO, 2011).

Caso não seja recuperada, a área degradada por mineração poderá levar milhares de anos para recuperar suas características químicas, físicas e biológicas (PÉREZ; BREFIN; POLIDORO, 2016). Contudo, acelerar esse processo com as leguminosas na área é importante para integrá-la ao meio ambiente em um menor espaço de tempo.

Considerando que in loco não possuía nenhuma espécie arbórea ou sinais de regeneração natural desde encerramento da atividade de extração de minério em 2007 até setembro de 2018, ou seja, passados 12 meses dos experimentos em campo, as leguminosas sobreviventes demonstram boa adaptabilidade à área e início da recuperação vegetal. Mesmo sendo considerado o início da recuperação do solo de área degradada só quando houver a formação de serapilheira (SILVA et al., 2018), é o que se espera das mudas sobreviventes ao longo do tempo, favorecer o processo de regeneração da área.

Os valores médios da altura (Ht) e diâmetro (DC) de *Mimosa caesalpinifolia* e *Acacia mangium* inoculadas com *Glomus clarum* e suas respectivas testemunhas sem inoculação estão apresentadas na Figura 18. As médias das alturas entre tratamento de cada espécie com inoculação e entre as testemunhas não inoculadas com *Glomus clarum* não diferiram. Quando se compara a altura entre as espécies com *Glomus clarum* e as suas testemunhas sem inoculação, observa-se que *Mimosa caesalpinifolia* inoculada com *Glomus clarum* foi superior estatisticamente a *Acacia mangium* inoculada com *Glomus clarum* (Figura 18).

Figura 18: Altura de Sabia (*Mimosa caesalpinifolia*) e Acácia (*Acacia mangium*), inoculadas com fungo (*Glomus clarum*) e não inoculadas aos 12 meses.



SSF: Sabia (*Mimosa caesalpinifolia*) sem fungo (*Glomus clarum*); ASF: Acácia (*Acacia mangium*) sem fungo (*Glomus clarum*); SCF: Sabia (*Mimosa caesalpinifolia*) com fungo (*Glomus clarum*); ACF: Acácia (*Acacia mangium*) com fungo (*Glomus clarum*). As médias em cada espécie seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5%. As médias entre espécies com inoculação de *Glomus clarum* e sem seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo Teste Tukey ao nível de 5%.

Destarte, na recuperação das áreas degradadas, Franco, Resende e Campello (2003) recomendam adicionar adubação fosfatada e matéria orgânica no solo para favorecer o desenvolvimento das leguminosas florestais. Porém, a alternativa menos onerosa é utilizar FMAs inoculados com leguminosas florestais (KERBAUY, 2004).

Segundo Gomide et al. (2009) e Schiavo (2005), as leguminosas florestais inoculadas com FMAs têm seu desenvolvimento potencializado em virtude da simbiose pelas hifas fúngicas e as raízes do hospedeiro, aumentando a zona de contato com as partículas do solo na extração de nutrientes essenciais na rizosfera (P, K, Mg, Ca).

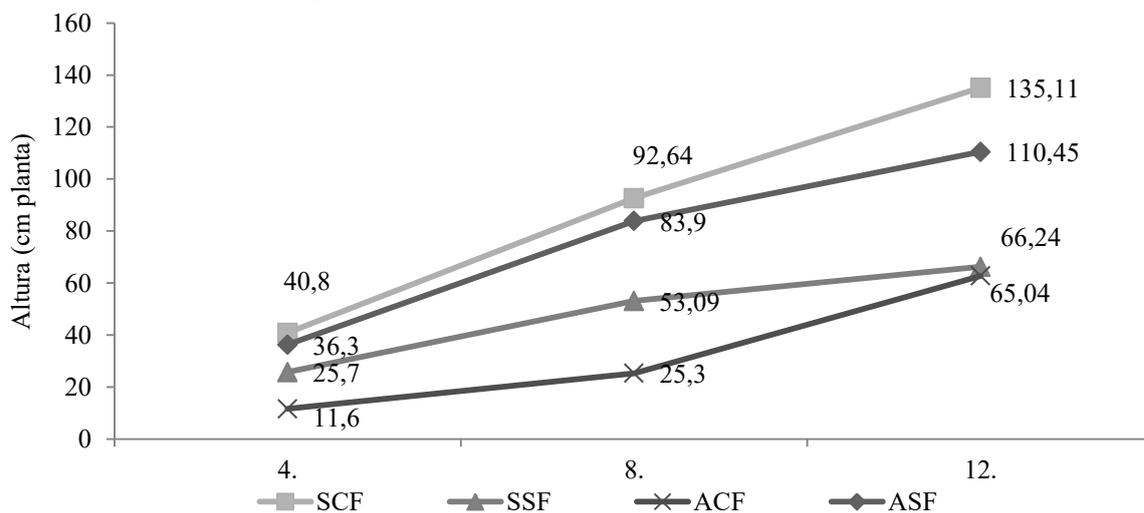
Na *Mimosa caesalpinifolia*, a simbiose com *Glomus clarum* possibilitou à espécie um melhor desenvolvimento em altura aferido aos 12 meses em comparação com os demais tratamentos. Potencializou a capacidade que a espécie tem: desenvolvimento rápido, rusticidade em situações adversas, tolerante a solos cascalhentos e degradados, melhor absorção dos nutrientes (SILVA, 2017, ATTIAS; SIQUEIRA; BERGALLO, 2013), o que a torna ideal para a recuperação de áreas degradadas por mineração (COSTA et al., 2014).

Ao contrário do resultado obtido de *Acacia mangium* com *Glomus clarum*, evidencia que simbiose não foi efetiva no desenvolvimento em altura. Pois, ao que destaca

Oliveira et al. (2011), o desenvolvimento de Acácia em área degradada por mineração no estado de Goiás, mesmo não havendo diferenças estatísticas, as inoculadas com FMAs obtiveram um melhor desenvolvimento, possivelmente porque a simbiose proporcionou à planta hospedeira maior aproveitamento de nutrientes no solo.

Ao longo do período avaliado, observa-se que os tratamentos de *Mimosa caesalpinifolia* com *Glomus clarum* obtiveram o maior valor médio de altura (Figura 18), demonstrando que *Glomus clarum* possibilitou à *Mimosa caesalpinifolia* um bom desenvolvimento na altura dentro do período de 12 meses sob as condições adversas (baixa disponibilidade de nutrientes) apresentadas no solo in loco.

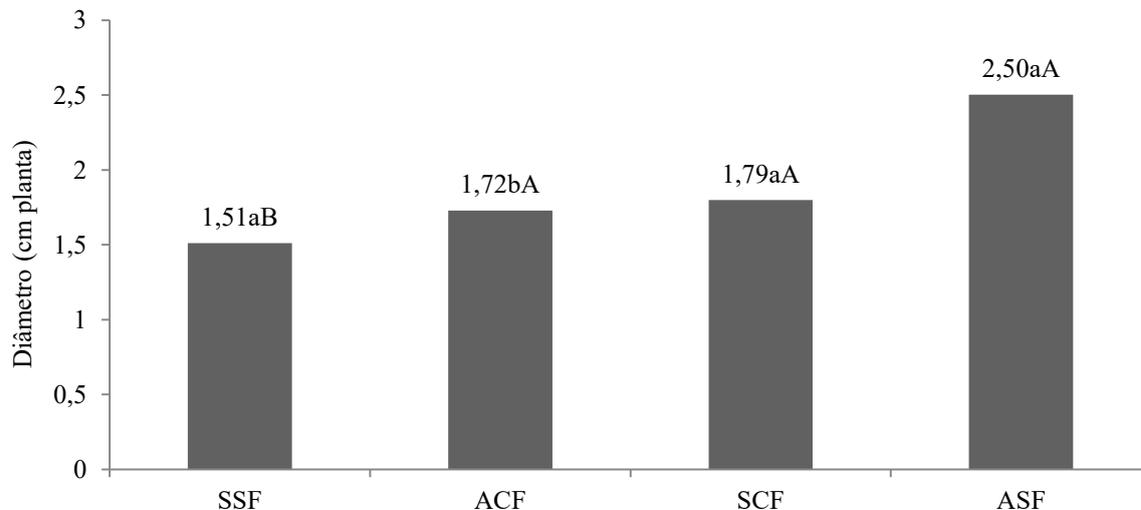
Figura 19: A altura de Sabia (*Mimosa caesalpinifolia*) e Acácia (*Acacia mangium*), inoculadas com fungo (*Glomus clarum*) e sem ao longo de 12 meses.



SSF: Sabia (*Mimosa caesalpinifolia*) sem fungo (*Glomus clarum*); ASF: Acácia (*Acacia mangium*) sem fungo (*Glomus clarum*); SCF: Sabia (*Mimosa caesalpinifolia*) com fungo (*Glomus clarum*); ACF: Acácia (*Acacia mangium*) com fungo (*Glomus clarum*).

Em relação ao diâmetro de cada espécie com inoculação e sua testemunha sem inoculação, observa-se que *Acacia mangium* sem *Glomus clarum* foi superior estatisticamente a *Acacia mangium* com *Glomus clarum* (Figura 19). O tratamento *Acacia mangium* sem *Glomus clarum* apresentou um diâmetro médio superior estatisticamente a *mimosa caesalpinifolia* sem *Glomus clarum*.

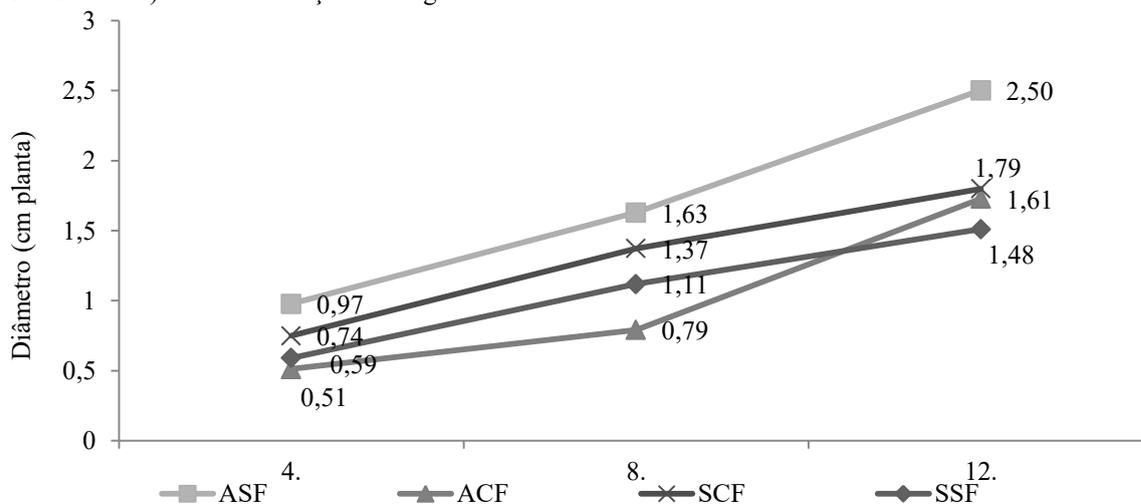
Figura 20: O diâmetro de *Mimosa caesalpiniiifolia* e *Acacia mangium*, inoculadas com fungo *Glomus clarum* aos 12 meses.



SSF: Sabia (*Mimosa caesalpiniiifolia*) sem fungo (*Glomus clarum*); ASF: Acácia (*Acacia mangium*) sem fungo (*Glomus clarum*); SCF: Sabia (*Mimosa caesalpiniiifolia*) com fungo (*Glomus clarum*); ACF: Acácia (*Acacia mangium*) com fungo (*Glomus clarum*). As médias em cada espécie seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5%. As médias entre espécies seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5%.

Transcorridos 12 meses do plantio das espécies florestais na área de mineração, observa-se que o tratamento *Acacia mangium* sem *Glomus clarum* apresentou aos 4, 8 e 12 meses o maior diâmetro médio em comparação aos demais tratamentos (Figura 20). E o tratamento de *Mimosa caesalpiniiifolia* com *Glomus clarum*, mesmo não havendo diferença estatística, apresentou um diâmetro superior à respectiva testemunha sem inoculação, evidenciando a contribuição do fungo para um bom desenvolvimento da espécie.

Figura 21: O diâmetro de Sabia (*Mimosa caesalpinifolia*) e Acácia (*Acacia mangium*) inoculadas com fungo (*Glomus clarum*) e sem inoculação ao longo de 12 meses.



SSF: Sabia (*Mimosa caesalpinifolia*) sem fungo (*Glomus clarum*); ASF: Acácia (*Acacia mangium*) sem fungo (*Glomus clarum*); SCF: Sabia (*Mimosa caesalpinifolia*) com fungo (*Glomus clarum*); ACF: Acácia (*Acacia mangium*) com fungo (*Glomus clarum*).

O desenvolvimento da *Acacia mangium* sem *Glomus clarum* e *Mimosa caesalpinifolia* com *Glomus clarum* pode contribuir gradativamente para recuperação do solo com aumento das taxas de matéria orgânica pela decomposição das folhas. Conforme aponta Silva (2017) e Cardoso, Souza e Azevedo (2017), a *Acacia mangium* como excelente leguminosa florestal para a recuperação de áreas degradadas.

Para Silva (2015), áreas onde toda a cobertura do solo foi retirada, desprovidas de microrganismos vivos e teores insignificativos de matéria orgânica, dificilmente irão se recuperar naturalmente. Portanto, para Franco, Resende e Campello (2003), o uso de leguminosas florestais é importante pela capacidade de fixar de nitrogênio no solo o rápido desenvolvimento, favorecendo a cobertura vegetal.

5 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

No experimento 1, a leguminosa florestal *Enterolobium contortisiliquum* com *Azospirillum brasilense* teve a segunda maior taxa de sobrevivência, subestimando os menores resultados do diâmetro e altura.

Mimosa caesalpiniiifolia inoculada com *Azospirillum brasilense* apresentaram resultados em altura, diâmetro e taxa de sobrevivência semelhante à respectiva testemunha. Porém foi superior estatisticamente ao *Enterolobium contortisiliquum*, possivelmente em virtude da baixa taxa de sobrevivência, superestimou os resultados de diâmetro e altura.

No experimento 2, a leguminosa florestal *Mimosa caesalpiniiifolia* inoculada com fungo *Glomus clarum* apresentou os melhores resultados em altura e taxa de sobrevivência.

Acacia mangium teve o maior diâmetro e a segunda maior altura com relação à *mimosa caesalpiniiifolia*. Porém a menor taxa de sobrevivência pode ter superestimado os resultados de diâmetro e altura.

CONCLUSÃO GERAL

O estado de Sergipe, mesmo sendo o menor estado da federação brasileira, é o detentor das reservas de potássio em exploração, destaca-se também na exploração de agregados (areia, seixo rolado, argila) para construção civil e rochas calcárias.

A extração de minério no estado é de fundamental importância para a economia, na geração de trabalhos diretos e indiretos. Os valores recebidos em royalties, providos da Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais – CFEM; no ano de 2018 chegou a R\$ 10.322.664,54 milhões e no período de 06/2018 a 03/2019 já tinha recebido um total de R\$ 649.584,39.

A inexistência de catástrofes ambientais causado por mineração no estado de Sergipe. Porém a extração minerária por cava comete degradação ambiental, com alterações nas características químicas, biológicas e físicas do solo, deixa o subsolo exposto após cessar a exploração.

Destaca-se *Mimosa caesalpinifolia* inoculada com *Glomus clarum* ou sem inoculação de *Azospirillum brasilense* como uma importante leguminosa para recuperação de áreas degradadas por mineração no estado de Sergipe.

Enterolobium contortisiliquum apresentou bons resultados na taxa de sobrevivência, com potencial para ser utilizado na recuperação de áreas degradadas por mineração, inoculado com *Azospirillum brasilense* ou sem inoculação.

REFERÊNCIAS

ANA. Agência Nacional de Águas (Brasil). A gestão dos recursos hídricos e a mineração. / Agência Nacional de Águas, Coordenação-Geral das Assessorias; Instituto Brasileiro de Mineração; organizadores, Antônio Félix Domingues, Patrícia Helena Gambogi Boson, Suzana Alípaz. Brasília: ANA, 2006.

ABREU, Juliana Livian Lima de; CRUZ, Eniel David; PEREIRA, Adriano Gonçalves. Germinação de sementes em matrizes de tamboril (*Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong.). **II Congresso Brasileiro de Recursos Genéticos**. Belem-PA, 2012.

ALMEIDA, Raquel Olímpia Peláez Ocampo. Revegetação de áreas mineradas: Estudo dos procedimentos aplicados em minerações de areia. 2002. Dissertação (Mestrado em engenharia), Escola politécnica da Universidade Federal de São Paulo, 160 p. 2002.

ARAÚJO, Hélio Mário de; SOUZA, Acássia Cristina; BEZERRA, Givaldo dos Santos; VILAR, José Wellington C.; SANTOS, Núbia Dias dos. O clima de Aracaju na interface com a geomorfologia de encostas. **VI Seminário Latino-Americano de Geografia Física II Seminário Ibero-Americano de Geografia Física**. Universidade de Coimbra, 2010.

ARAUJO, Jaqueline Madalena de Melo. Impactos socioambientais da mineração de brita no município de Jaboatão dos Guarapes: Estudo de caso da Mineração USIBRITA. 2011. 102 f. Dissertação (mestrado em engenharia mineral), Universidade Federal de Pernambuco. Recife – PE.

Arvores do Brasil. Informações e estudos sobre árvores nativas brasileiras. 2018. Disponível em: < <https://www.arvores.brasil.nom.br/new/lista.htm> > Acesso em: 04/10/2019.

ATTIAS, Nina; SIQUEIRA, Marinez Ferreira; BERGALLO, Helena de Godoy. Acácias Australianas no Brasil: Histórico, Formas de Uso e Potencial de Invasão. *Biodiversidade Brasileira*, 3(2): 74-96, 2013.

ASSUMPÇÃO, José Maria; MORAES, Luiz Fernando Duarte de; Tânia Sampaio Pereira; LUCHIARI, Cíntia. Manual técnico para a restauração de áreas degradadas no Estado do Rio de Janeiro– Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2013.

BALBINOT, Ernando; CARNEIRO, José Geraldo de Araújo; BARROSO, Deborah Guerra; PAULINO, Gleícia Miranda; LAMÔNICA, Kelly Ribeiro. Initial growth and soil fertility in pure and mixed plantations of *Mimosa caesalpinifolia* Benth. **Sci. For., Piracicaba**, v. 38, n. 85, p. 27-37, mar. 2010

BANCO DO NORDESTE. Manual de Impactos Ambientais: orientações básicas de aspectos ambientais de atividades produtivas. Equipe de elaboração Marilza do Carmo Oliveira Dias (coordenadora), Fortaleza: Banco do Nordeste, 297p. 1999.

BARBOSA, Emanuel de Andrade. A avaliação de impacto ambiental como instrumento paradigmático da sustentabilidade ambiental no direito brasileiro. **Dissertação (mestrado**

Direito Econômico e Social) – **Pontifícia Universidade Católica do Paraná**, Curitiba-PA, f.173, 2006.

BARBOSA, Thiago Rodrigues Lyrio; SOARES, Mirian Peixoto; BARROSO, Deborah Guerra. Plantio do sabiazeiro (*Mimosa caesalpiniiifolia*) em pequenas e médias propriedades. - Niterói: Programa Rio Rural, 12 f. 2008.

BASTOS, Vivianne Andrade; SENRA, Aracy Sousa. Estudo Composicional da Argila Extraída no Município de Cedro de São João para Fabricação de Porcelanato, Estado de Sergipe. *Revista de Geologia*, vol. 31, nº 1, 49 – 62, 2018.

BRASIL. Agenda 21 brasileira: resultado da consulta nacional. Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional. 2ª ed. Brasília: **Ministério do Meio Ambiente**, p.158, 2004.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 1, de 23 de janeiro de 1986. Publicada no DOU, de 17 de fevereiro de 1986, Seção 1, Brasília –DF, p. 2548-2549, 1986. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: novembro2018.

BREDEMEIER, Christian; MUNDSTOCK, Claudio Mario. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 2, p. 365-372, 2000.

BRASIL. **Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1980-1987/lei-6938-31-agosto-1981-366135-norma-actualizada-pl.pdf>> Acesso em: 21 de abril de 2018.

CARDOSO, Márcia Gabrielle de Almeida; SOUZA, Jaltieri Bezerra de; AZEVEDO, Tatiane Kelly Barbosa de. Sabiá (*mimosa caesalpiniaefolia benth.*): uma alternativa econômica sustentável. 2º Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido discutirá os desafios das pesquisas científicas. 2017.

CARVALHO, Fabiano Cavalcante de Carvalho; GARCIA, Rasmô; FILHO, João Ambrósio de Araújo; COUTO, Laércio; ROGÉRIO, Marcos Cláudio Pinheiro; NETO, NETO, Américo Fróes Garcez; DUTRA, Leonardo Assis. Manejo in situ do sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia Benth*) para produção simultânea de madeira e forragem, em um sistema silvipastoril. 41º Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Campo Grande – MS, 2004.

CARNEIRO, Romero Francisco Vieira; JÚNIOR, Francisco Marques Cardozo; PEREIRA, Lucimária Farias; ARAÚJO, Ademir Sérgio Ferreira; SILVA, Gladstone Alves. Fungos micorrízicos arbusculares como indicadores da recuperação de áreas degradadas no Nordeste do Brasil. *Revista Ciência Agronômica*, v. 43, n. 4, p. 648-657, out-dez, 2012.

CARNEIRO, Marco Aurélio Carbone; SIQUEIRA, José Oswaldo; MOREIRA, Fátima Maria de Souza; SOARES, André Luis Lima. Carbono orgânico, nitrogênio total, biomassa e atividade microbiana do solo em duas Cronosseqüências de reabilitação após a mineração de bauxita. **R. Bras. Ci. Solo**, 32:621-632, 2008

CORRÊA, Rodrigo Studart. Recuperação de áreas degradadas pela mineração no Cerrado - Manual para revegetação. Brasília, Ed. Universa, 187 p. 2007.

COUTINHO, M.P. et al. Crescimento de mudas de *Sesbania virgata* (Cav.) Pers. plantadas em uma área degradada por extração de argila. **Floresta**, v.35, n.2, p.231-239, 2005.

COLODETE, Carlos Moacir; DOBBSS, Leonardo B.; RAMOS, Alessandro C. Aplicação das micorrizas arbusculares na recuperação de áreas impactadas. *Natureza on line*. 2014.

COSTA, Marlon Gomes da; RODRIGUES, Antonio Carlos da Gama; ZAIA, Francisco Costa; RODRIGUES G. Emanuela Forestieri da. Leguminosas arbóreas para recuperação de áreas degradadas com pastagem em Conceição de Macabu, Rio de Janeiro, Brasil. *Sci. For.*, Piracicaba, v. 42, n. 101, p. 101-112, 2014.

CONAMA, Conselho nacional do meio ambiente. Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997. Publicada no DOU no 247, de 2 de dezembro de 1997, Seção 1, páginas 30841-30843. Disponível em:
<<http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html>> Acesso em: novembro 2018.

CGEE. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Desertificação, degradação da terra e secas no Brasil – Brasília - Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2016.
COSTA, Marlon Gomes da; GAMA-RODRIGUES, Antonio Carlos da; ZAIA, Francisco Costa; GAMA-RODRIGUES, Emanuela Forestieri da. Leguminosas arbóreas para recuperação de áreas degradadas com pastagem em Conceição de Macabu, Rio de Janeiro, Brasil. *Sci. For.*, Piracicaba, v. 42, n. 101, p. 101-112, mar. 2014.

CUNHA, Mayara Gama da; PINHEIRO, Marcelo de Sousa; CAVALCANTE, Fernando Gouveia; MARTINS, Suzana Cláudia Silveira; MARTINS, Claudia Miranda. Caracterização cultural e tolerância a pH extremos de rizóbios oriundos da região de baixo acarauá no ceará. **Centro Científico Conhecer - Goiânia**, v.15 n.28; p.983. 2018.

YESQUÉN, Luis Gabriel Cueva. Comunidade bacteriana endofítica cultivável de *passiflora incarnatae* seu potencial na promoção de crescimento vegetal. 2018. [s.n.].
Dissertação (mestrado) – Universidade estadual de campinas, instituto de Biologia. Campinas, SP.

DANTAS, Frederico Diniz. Uso de espécies florestais para recuperação de áreas degradadas por atividades mineradoras de ouro. Dissertação de mestrado em ciências florestais pela Universidade Federal de Mato Grosso, Faculdade de Engenharia Florestal e ambientais. Cuiabá, 107 p. 2016.

DEVIDE, Antonio Carlos Pries. revisão de literatura aplicações de fungos micorrízicos arbusculares no gênero *calophyllum* sp. em restauração ambiental e sistemas agroflorestais. Universidade federal rural do rio de janeiro curso de pós-graduação em fitotecnia. Seropédica, 2012.

DIAS, Reinaldo. **Gestão ambiental: Responsabilidade social e sustentabilidade**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

DELARMELINA, William Macedo; CALDEIRA, Marcos Vinicius Winckler; FARIA, Júlio César Tannure; Gonçalves, Elzimar de Oliveira; ROCHA, Rafael Luiz Frinhani. Diferentes Substratos para a Produção de Mudas de *Sesbania virgata*. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n.2, p.224-233, 2014.

DUBREUIL, Vincent; FANTE, Karime pechutti; PLANCHON, Olivier; NETO, João Lima Sant'anna. Os tipos de climas anuais no Brasil: uma aplicação da classificação de Köppen de 1961 a 2015. *Revista Franco Brasileira de Geografia*, nº37, 2018. Disponível em: <https://journals.openedition.org/confins/15738>. Acesso em: 24/-1/2020.

DU BOCAGE, Ana Luiza; SOUZA, Mariana Albuquerque de; MIOTTO, Silvia Teresinha Sfoggia; ESTEVES, Vania Gonçalves. Palinotaxonomia de espécies de Acacia (Leguminosae-mimosoideae) no Semi-árido brasileiro. *Rodriguésia* vol.59 no.3 Rio de Janeiro July/Sept. 2008. Disponível em < <http://www.scielo.br/pdf/rod/v59n3/2175-7860-rod-59-03-0587.pdf>> Acesso em: 21/03/2020.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. – Rio de Janeiro : EMBRAPA-SPI, 2006.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de Métodos de Análise de Solo. Ministério da Agricultura e do Abastecimento - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2 a edição, , Rio de Janeiro, 1997.

FAUERHARMEL, Mariana. Crescimento inicial de *Enterolobium Contortisiliquum* (vell.) Morong. em diferentes substratos e lâminas de irrigação. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais,. Santa Maria, RS, Brasil. p.67, 2014.

FERREIRA, Adailton Pereira; CAMPELLO, Eduardo Francia Carneiro; FRANCO, Avílio Antônio; RESENDE, Alexander Silva de. Uso de Leguminosas arbóreas fixadoras de nitrogênio na recuperação de áreas degradadas por mineração no pólo produtor de Seropédica/Itaguaí. EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Seropédica – RJ, 31 p. 2007.

FRANCO, Avílio Antônio; RESENDE, Alexander Silva de; CAMPELLO, Eduardo Francia Carneiro. Importância das Leguminosas Arbóreas na Recuperação de Áreas Degradadas e na Sustentabilidade de Sistemas Agroflorestais. In: Seminário Sistemas Agroflorestais e Desenvolvimento Sustentável, 2003, Campo Grande, MS. palestras... Campo Grande: Embrapa Gado de Corte; Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Corumbá: EMBRAPA Pantanal, 1 CD ROM, f.24. 2003

FREITAS, Isabel Cristina Vinhal; RODRIGUES, Mariana Bueno. Fixação biológica do nitrogênio na cultura do milho. **Agropecuária Técnica**– v. 31, n. 2, 2010. ISSN 0100-7467 – Areia, PB – CCA-UFPB.

FRANCISCO, Walter; JUNIOR, Molina. Comportamento mecânico do solo em operações agrícolas. Recurso eletrônico- - Piracicaba: ESALQ/USP, 2017. 223 p. Disponível em <<http://www.livrosabertos.sibi.usp.br/portaldelivrosUSP/catalog/download/124/104/529-1?inline=1>> acesso em: 10/09/2019.

FRANCO, A. A.; RESENDE, A. S. de; CAMPELLO, E. F. C. Importância das leguminosas arbóreas na recuperação de áreas degradada e na sustentabilidade de sistemas agroflorestais. In: Seminário sistemas agroflorestais e desenvolvimento sustentável, 2003. Campo Grande- MS. Embrapa Agropecuária Oeste; Corumbá: Embrapa Pantanal, f.24, 1CD ROM. 2003. Disponível em: <<https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=896514&biblioteca=vazio&busca=autoria:%22RESENDE,%20A.%20S.%20de%20.%22&qFacets=autoria:%22RESENDE,%20A.%20S.%20de%20.%22&sort=&paginacao=t&paginaAtual=4>> acesso em 12/09/2019.

GALLO, Luiz Antonio. O nitrogênio e o ciclo do nitrogênio. Depto. Ciências Biológicas Engenharia Florestal Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC-PR) 10 p. 2010. <<file:///C:/Users/Admin/Downloads/docsity-o-nitrogenio-e-o-ciclo-do-nitrogenio.pdf>> Acesso em: 10/01/2020.

GOMIDE, Plínio Henrique Oliveira; SANTOS, José Geraldo Donizetti dos; SIQUEIRA, José Oswaldo; SOARES, Cláudio Roberto Fonsêca Sousa. Diversidade e função de fungos micorrízicosarbusculares em sucessão de espécies hospedeiras. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.44, n.11, p.1483-1490, nov. 2009.

AC, Instituto Agrônômico. Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Solo e Recursos Ambientais. São Paulo – SP. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/produtoseservicos/analisedosolo/interpretacaoanalise.php>> Acesso em: 24/01/2020.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Instrução normativa nº 31, de 27 de maio de 2004.** Disponível em:<<http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/IBAMA/IN0031-270504.PDF>> Acesso em: 12/11/2018.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Mapa Brasileiro do clima. 2002. Disponível em <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/climatologia/15817-clima.html?=&t=downloads>> Acesso em: 10/10/2019.

JÚNIOR, Artur javaroni. **A fixação biológica de nitrogênio e seus na indústria de fertilizantes.** Centro de documentação Instituto de economia Unicamp, campinas 1991.

JÚNIOR, Antônio Pereira Magalhães. Indicadores ambientais e recursos hídricos: realidade e perspectivas para o Brasil a partir da experiência francesa. Rio de Janeiro: **Bertrand Brasil**, 6° Ed. 2014.

JÚNIOR, Joel Quintino de Oliveira; NETO, Augusto Jaeger; FONSECA, Eduardo da Silva; LASTE, Keila Caroline Dalle; FARIA, Sergio Mariana de. Estirpes de rizóbio

indicadas para a inoculação de espécies de leguminosas de leguminosas florestais-aproximação. **Embrapa Agroecologia**, p. 21, 2010.

KERBAUY, Gilberto Barbante. *Fisiologia Vegetal*. Editora Guanabara koogan s.a. Rio de Janeiro – RJ. 2004.

LASTE, Keila Caroline Dalle; FARIA, Sérgio Miana de. Estirpes de bactérias selecionadas para otimização da fixação biológica de nitrogênio em leguminosas florestais. EMBRAPA, Comunicado Técnico. ISSN 1517-8862, Seropédica, RJ, 2009.

LEITE, Jones Estevão Noletto Barbosa; NAPOLEÃO, Matheus Sena; GUAJAJARA, Elenara Pereira Ventura; LEITE, James Luan Noletto; MELLO, Andréa Hentz de. Sobrevivência e desenvolvimento de espécies florestais Inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares em área de Reposição florestal das margens do rio tauarizinho. **Seminário de Iniciação Científica – SIC**, 2018.

LONGO, Regina Maria; RIBEIRO, Admilson Írio; MELO, Wanderley José de. Recuperação de solos degradados na exploração mineral de cassiterita: biomassa microbiana e atividade da desidrogenase. **Solos e Nutrição de Plantas**. Bragantia, Campinas, v. 70, n. 1, p.132-138, 2011.

MARCHETTI, Marithsa Maiara; BARP, Elisete Ana. Efeito rizosfera: a importância de bactérias fixadoras de nitrogênio para o solo/planta – revisão. *Ignis Caçador*, v.4, n.1, p. 61-71, 2015.

MACEDO, Heleno dos Santos. **Ordenamento territorial-ambiental na bacia costeira Caueria/Abais**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Sergipe – UFS. São Cristóvão - SE, f.191, 2014.

MACHADO, Deivid Lopes; PEREIRA, Marcos Gervasio; CORREIA, Maria Elizabeth Fernandes; DINI, Anderson Ribeiro; SANTOS, Lauana Lopes dos; MENEZES, Carlos Eduardo Gabriel. Ciclagem de nutrientes em diferentes estágios sucessionais da mata atlântica na bacia do rio paraíba do sul RJ. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 31, n. 4, p. 1222-1237. 2015.

MARCHETTI, Marithsa Maiara; BARP, Elisete Ana. Efeito rizosfera: a importância de bactérias fixadoras de Nitrogênio para o solo/planta – Revisão. *Ignis | Caçador*, v.4, n.1, 61-71 p. jan./dez. 2015.

MARTIM, Hélio Cardoso; SANTOS, Vivianni Marques Leite dos. Avaliação de impactos ambientais em empresa de mineração de cobre utilizando redes de interação. *Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas - UFSM*, Santa Maria. **Revista Eletronica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental** – REGET e-ISSN 2236 1170 - v. 17n. 17 Dez 2013, p. 3246 –3257.

MECHI, Andréa; SANCHES, Djalma Luiz. Impactos ambientais da mineração no Estado de São Paulo. *Estudos Avançados* 24 (68), 2010. Disponível em <https://www.researchgate.net/publication/250982731_Impactos_ambientais_da_mineracao_no_estado_de_Sao_Paulo> Acesso em: 10/09/2019.

MENDES, Aretusa Daniela Resende; OLIVEIRA, Luiz Edson Mota de; NASCIMENTO, Marilza Neves do; REIS, Karina Lima; BONOME Lisandro Tomas da Silva. Concentração e redistribuição de nutrientes minerais nos diferentes estádios foliares de seringueira. vol. 42(4): 525 – 532 p. 2012.

MILANEZ, Bruno. Impactos da mineração. Le Monde Diplomatique Brasil. 2014. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/poemas/files/2014/07/Milanez-2010-Impactos-da-minera%C3%A7%C3%A3o.pdf>>. Acesso em: 11 nov. 2018.

MUMBACH, Gilmar Luiz; KOTOWSKI, Ivan Enrique; SCHNEIDER, Fabio José Andres; MALLMANN, Micael Stolben; BONFADA, Élcio Bilibio; PORTELA, Valéria Ortaça; BONFADA, Éverson Bilibio; KAISER, Douglas Rodrigo. Resposta da inoculação com azospirillum brasilense nas culturas de trigo e de milho safrinha. REVISTA SCIENTIA AGRARIA Versão On-line ISSN 1983-2443 Versão Impressa ISSN 1519-1125 SA vol. 18 n°. 2 Curitiba Abr/Jun. 97-103 p. 2017.

NÓBREGA, Rafaela Simão Abrahão; MOREIRA, Fatima Maria de Souza, SIQUEIRA, J. O.; LIMA, A. S. Caracterização fenotípica e diversidade de Bactérias diazotróficas associativas Isoladas de solos em reabilitação Após a mineração de bauxita. R. Bras. Ci. Solo, 28: 269-279, 2004.

NOGUEIRA, Natiélia Oliveira; OLIVEIRA, Onair Mendes de; MARTINS, Camila Aparecida da Silva; BERNARDES Carolina de Oliveira. Utilização de leguminosas para recuperação de áreas Degradadas. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.8, N.14; p. 2 1 2 1 –2012.

OLIVEIRA, Alberlene Ribeiro de. Influência climática no uso e ocupação do solo do município de Poço Verde - SE. 2013. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Sergipe – UFS. São Cristóvão - SE, 169 f. 2013.

OLIVEIRA, Daniel Emanuel Cabral de; SILVA, Adalberto Viana da; Almeida, Alex Fernando de; SIA, Eliandra de Freitas; JUNIOR, Olavo Raymundo. Resposta da inoculação de fungos micorrízicos e rizóbio no crescimento inicial de *acacia mangium* em solo de mineração no estado de Goiás. **Engenharia na agricultura**, Viçosa - MG, V.19 N.3, 2011.

PÉREZ, Daniel Vidal; BREFIN, Maria de Lourdes Mendonça; POLIDORO José Carlos. Solo, da origem da vida ao alicerce das civilizações: uso, manejo e gestão. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.51, n.9, p.i-iv, 2016.

ROSSI, Luiz Marcelo Brum; AZEVEDO, Celso Paulo de; SOUZA, Cintia Rodrigues de; Acacia mangium. **Embrapa Amazônia Ocidental**, Manaus. 29 p. 2003.

SALISBURY, Frank B.; ROSS, Cleon W. **Fisiologia das plantas**. Tradução: Patrícia Lia Santarosa, São Paulo: CENGAGE LEARNING, 2012.

SANTOS, Reginaldo Alves dos; MARTINS, Adriano A. M.; NEVES, João Pedreira da; LEA, Rômulo Alves. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – PLGB.

Geologia e recursos minerais do Estado de Sergipe. Escala 1:250.000. Texto explicativo do Mapa geológico do Estado de Sergipe. 1. – Brasília: CPRM/DIEDIG/DEPAT; CODISE, 2001.

SALISBURY, Frank B.; ROSS, Cleon W. **Fisiologia das plantas**. ROSA, Patricia Lia Santa (Tradução). São Paulo: Cengage Learning, 2012.

SCHIAVO, Jolimar Antonio. Revegetação de áreas degradadas pela extração de argila, com espécies micorrizadas de *Acácia mangium*, *Sesbania virgata* e *Eucalyptus camaldulensis* / Jolimar Antonio Schiavo. f.117, 2005.

SILVA, Kelly de Almeida; MARTINS, Sebastião Venâncio; NETO, Aurino Miranda; DEMOLINARI, Raul de Abreu; LOPES, Aldo Teixeira. Restauração Florestal de uma Mina de Bauxita: Avaliação do Desenvolvimento das Espécies Arbóreas Plantadas. **Floresta e Ambiente**; 23(3): 309-319p. 2016.

OLIVEIRA, Daniel Emanuel Cabral de; SILVA, Adalberto Viana da; ALMEIDA, Alex Fernando de; SIA, Eliandra de Freitas; JUNIOR, Olavo Raymundo. Resposta da inoculação de fungos micorrízicos e rizóbio no crescimento Inicial de *acácia mangium* em solo de mineração no estado de goiás. Engenharia na agricultura, Viçosa - MB, V.19, Nº 3, 2011.

OLIVEIRA, H. A.; SANTOS, C. P.; OLIVEIRA, R. M. P. B.; JESUS, E. De; MACEDO, Z. S. Avaliação do potencial de argilas de Sergipe e Alagoas na produção de agregados para uso em concreto. **Cerâmica** **63**, 2017, 318-328 p. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1590/0366-69132017633672106>> Acesso em: 10/12/2019.

ROSSI, Luiz Marcelo Brum; AZEVEDO, Celso Paulo de; SOUZA, Cintia Rodrigues de. *Acácia mangium*. EMBRAPA, Documentos ISSN 1517-3135 Dezembro, 2003.

RUSSOMANNO, O.M.R.; KRUPPA, P.C.; MINHONI, M.T.A. Influência de fungos micorrízicos arbusculares no desenvolvimento de plantas de alecrim e manjerição. Arq. Inst. Biol., São Paulo, v.75, n.1, p.37-43, jan./mar., 2008.

SANTOS, Mônica danielle torres. Avaliação dos impactos socioambientais causados pela extração de areia utilizada na construção civil, no município de São Cristóvão (se). Trabalho de conclusão de curso, Universidade Federal de Sergipe, centro de Ciências Exatas e Tecnologia Departamento de Geologia. São Cristóvão-Se, 2019.

SILVA, Juliana Soares da. **Crescimento e distribuição de raízes finas de *Acácia mangium***. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Macaíba, f.55, 2017.

SILVA, Alvaro Pires da. Apostila: Física do Solo. Material extraído do livro “The Nature and Properties of Soils” - Nyle C. Brady, Ray R. Weil. – 13ª ed. Editora Prentice Hall. Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Departamento de Ciência do Solo. Piracicaba-SP. 2010. Disponível em <<https://www.passeidireto.com/arquivo/1510461/apostila-de-fisica-do-solo>>. Acesso em: 20/09/2019.

SILVA, Kelly de Almeida; MARTINS, Sebastião Venâncio; NETO, Aurino Miranda; LOPES, Aldo Teixeira. Estoque de serapilheira em uma floresta em processo de restauração após mineração de bauxita. **Rodriguésia**. 69 (2): 853-861. 2018.

SILVA, Felipe Ferreira. Uso de *topsoil* como fonte de inóculo de microrganismos simbiotes para leguminosas florestais usadas na recuperação de áreas degradadas na Caatinga. 2018. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais, Área de Concentração em Conservação da Natureza). **Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro** Seropédica - RJ. 2018.

SOUSA, Waldeídes Castro; NÓBREGA, Rafaela Simão Abrahão; AZEVEDO NÓBREGA, Júlio César; BRITO, Danúbia Rejane Silva; MOREIRA, Fátima Maria Souza. Fontes de nitrogênio e caule decomposto de mauritia flexuosa na nodulação e crescimento de enterolobium contortsiliquum. **Revista Árvore**, vol. 37, nº 5, septiembre-octubre, Universidade Federal de Viçosa Viçosa, Brasil. 969-979 p. 2013.

SOUSA, José Venicius de. Desenvolvimento inicial de Leguminosas arbóreas nativas em Várzea sob diferentes condições de Drenagem na regeneração de Matas ciliares. Dissertação (mestrado em agricultura Tropical e subtropical). Instituto agrônômico Campinas - SP, 2008.

SOUZA, Vênia C. de; SILVA, Ricardo A. da; CARDOSO, Gleibson D.; BARRETO, Artur F. Vênia C. Estudos sobre fungos micorrízicos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* v.10, n.3, p.612–618, 2006.

SUGUIO, Kenitiro. *Mudanças Ambientais da Terra – São Paulo*: Instituto Geológico, 336 p. 2008.

Tamboril (planta). Disponível em <http://pt.wikipedia.org/wiki/Tamboril_%28planta%29>. acesso dado em: 10/09/2019.

TAIZ, Lincoln; ZEIGER, Eduardo; MALLER, Ian Max; MURPHY, Angus. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Tradução: Alexandra Antunes Mastroberti ... et al. 6. ed. – Porto Alegre : Artmed, 2017.

TRINDADE, A. V.; GRAZZIOTTI, P. H.; TÓTOLA, M. R.. Utilização de características microbiológicas na avaliação da degradação ou recuperação de uma área sob mineração de ferro. **R. Bras. Ci. Solo**, 24:683-688, 2000.

VERGARA, Carlos; ARAUJO, Karla Emanuelle Campos; SOUZA, Sônia Regina de; Schultz, Nivaldo; Orivaldo JÚNIOR, José Saggin; SPERANDIO, Marcus Vinícius Loss; ZILLI, Jerri Édson. Interação da planta com fungo micorrízico e sua resposta à inoculação com diferentes fungos promotores de crescimento. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.54, e25140, 2019.

UNESCO, UNITED NATIONS EDUCATIONAL SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION. **O Planeta Terra nas nossas mãos.** UNESCO, Earth Sciences for Society Foundation, Leiden, 16p. 2007.

UNESCO*, UNITED NATIONS EDUCATIONAL SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION. **Solo – a pele da terra.** UNESCO, Earth Sciences for Society Foundation, Leiden, 16p. 2007.

ANEXOS

A - Mapa geológico do estado de Sergipe: listagem dos recursos minerais.

APÊNDICES

A – Coleta de dados, medição do DC (cm) das mudas de Tamboril (*Enterolobium contortisiliquum*) com paquímetro digital na área da Fazenda Itália Itaporanga d’Ajuda - SE.



Fonte: O autor. Observa-se a indisponibilidade de gramíneas na área (22/11/2018).



INSTITUTO TECNOLÓGICO E DE PESQUISAS DO
ESTADO DE SERGIPE

Rua Campo do Brito, Nº371, Treze de Julho, CEP 49.020-380
Aracaju - SE - Brasil

Fone (79) 3179-8081/8087 Fax (79) 3179-8087/8090
CNPJ 07.258.529/0001-59

Relatório de Ensaios ITPS Nº 3157/18-1

Revisão 00

Cliente	Milton Marques Fernandes	Telefone	79 9 9100-2326
Endereço	Rodovia dos Náufragos - de 2 ao fim - lado par, 12320, CEP 49008-093	Contato(s)	Milton Marques Fernandes
e-mail	miltonmf@gmail.com	Fax	
Amostra(s)	Solo	Recepção	07/08/18

Laboratório de ensaios acreditado pela norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005

O escopo da acreditação pode ser visto em:

<http://www.inmetro.gov.br/laboratorios/rble/docs/CRL0424.pdf>



Amostra	Fazenda Cal Trevo - Itaporanga D'Ajuda/SE	Código	3157/18-01	Coleta em	07/08/18
Ensaio	Resultado	Unidade	LQ	Método	Data do Ensaio
pH em Água (RBLE)	5,19	--	--	H ₂ O	15/08/18
Cálcio + Magnésio (RBLE)	0,38	cmolc/dm ³	0,38	KCl	15/08/18
Cálcio (RBLE)	<0,22	cmolc/dm ³	0,22	KCl	15/08/18
Alumínio (RBLE)	0,31	cmolc/dm ³	0,08	KCl	15/08/18
Sódio (RBLE)	6,70	mg/dm ³	2,20	Mehlich-1	15/08/18
Potássio (RBLE)	3,10	mg/dm ³	1,40	Mehlich-1	15/08/18
Fósforo (RBLE)	1,40	mg/dm ³	1,39	Mehlich-1	15/08/18

Legenda

(RBLE): Ensaio parte do escopo da acreditação deste laboratório como parte da Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaios, sob número CRL 0424 pela norma NBR ISO/IEC 17025:2005.

ND: Não Detectado / <LDM.

MAQS-Embrapa: Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes, Embrapa 1999. Análise realizada em amostra de terra fina seca em estufa (t.f.s.e.) a 40°C. Conversão de Unidades: cmolc/dm³=meq/100g; g/dm³=% X 10; % = dag Kg-1.

LQ: Limite de Quantificação do Método.

Informações de Coleta

Coleta efetuada pelo cliente.

A descrição do material ensaiado é de inteira responsabilidade do cliente.

Aracaju, 15 de agosto de 2018.

Rivaldo Cordeiro Santos
Eng. Agrônomo
CREA-SE 1.308
Química Agrícola

Documento verificado e aprovado por meios eletrônicos

A verificação da autenticidade deste documento pode ser feita baixando o documento original em www.itps.se.gov.br na aba Serviços clicando em Resultados de Análises usando o código LSCPF CHM 333.

A Custódia das amostras é de 15 dias após emissão do relatório de ensaios, exceto para solos que é 90 dias e água que é 2 dias. Não se aplica a amostras perecíveis. Os resultados têm significado restrito e aplicam-se somente às amostras ensaiadas. Este relatório somente poderá ser reproduzido em sua totalidade.

O ITPS se isenta de qualquer responsabilidade pela reprodução parcial do mesmo.



INSTITUTO TECNOLÓGICO E DE PESQUISAS DO
ESTADO DE SERGIPE

Rua Campo do Brito, Nº371, Treze de Julho, CEP 49.020-380
Aracaju - SE - Brasil

Fone (79) 3179-8081/8087 Fax (79) 3179-8087/8090
CNPJ 07.258.529/0001-59

Relatório de Ensaios ITPS Nº 3157/18-2

Revisão 00

Cliente	Milton Marques Fernandes	Telefone	79 9 9100-2326
Endereço	Rodovia dos Náufragos - de 2 ao fim - lado par, 12320, CEP 49008-093	Contato(s)	Milton Marques Fernandes
e-mail	miltonmf@gmail.com	Fax	
Amostra(s)	Solo	Recepção	07/08/18

Os Resultados relatados abaixo não fazem parte do escopo da acreditação deste Laboratório

Amostra	Fazenda Cal Trevo - Itaporanga D'Ajuda/SE	Código	3157/18-01	Coleta em	07/08/18
Ensaio	Resultado	Unidade	LQ	Método	Data do Ensaio
Matéria Orgânica	2,02	g/dm ³	--	WB (colorimétrico)	15/08/18
Magnésio	0,38	cmolc/dm ³	--	KCl	15/08/18
Sódio	0,029	cmolc/dm ³	--	Mehlich-1	15/08/18
Potássio	ND	cmolc/dm ³	--	Mehlich-1	15/08/18
Hidrogênio + Alumínio	1,05	cmolc/dm ³	--	SMP	15/08/18
pH em SMP	7,1	--	--	MAQS-Embrapa	15/08/18
SB-Soma de Bases Trocáveis	0,41	cmolc/dm ³	--	--	15/08/18
CTC	1,46	cmolc/dm ³	--	--	15/08/18
PST	1,99	%	--	--	15/08/18
V - Índice de Saturação de Bases	28,10	%	--	--	15/08/18

Legenda

ND: Não Detectado / <LDM.

MAQS-Embrapa: Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes, Embrapa 1999. Análise realizada em amostra de terra fina seca em estufa (t.f.s.e.) a 40°C. Conversão de Unidades: cmolc/dm³=meq/100g; g/dm³=% X 10; % = dag Kg⁻¹.

LQ: Limite de Quantificação do Método.

Informações de Coleta

Coleta efetuada pelo cliente.

A descrição do material ensaiado é de inteira responsabilidade do cliente.

Aracaju, 15 de agosto de 2018.

Rivaldo Cordeiro Santos
Eng. Agrônomo
CREA-SE 1.308
Química Agrícola

Documento verificado e aprovado por meios eletrônicos

A verificação da autenticidade deste documento pode ser feita baixando o documento original em www.itps.se.gov.br na aba Serviços clicando em Resultados de Análises usando o código LSCPF CHM 333.

A Custódia das amostras é de 15 dias após emissão do relatório de ensaios, exceto para solos que é 90 dias e água que é 2 dias. Não se aplica a amostras perecíveis. Os resultados têm significado restrito e aplicam-se somente às amostras ensaiadas. Este relatório somente poderá ser reproduzido em sua totalidade.

O ITPS se isenta de qualquer responsabilidade pela reprodução parcial do mesmo.

C – Solo exposto na área do experimento após 12 meses apresenta ao fundo o desenvolvimento de algumas gramíneas e as espécies de leguminosas arbóreas plantadas.



Fonte: o autor (28/12/2019).

D – Raízes de *Mimosa caesalpiniiifolia* exposta na área experimental.



Fonte: o autor (28/12/2019).