



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ
PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA E GESTÃO AMBIENTAL

MARIA VÂNISSE BORGES DE MATOS

ESTUDO DO PROCESSO DE REVEGETAÇÃO DE UMA CÉLULA ENCERRADA
DO ATERRO SANITÁRIO METROPOLITANO OESTE DE CAUCAIA - ASMOC

FORTALEZA

2016

MARIA VÂNISSE BORGES DE MATOS

**ESTUDO DO PROCESSO DE REVEGETAÇÃO DE UMA CÉLULA ENCERRADA
DO ATERRO SANITÁRIO METROPOLITANO OESTE DE CAUCAIA - ASMOC**

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Tecnologia e Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (Campus Fortaleza) como requisito para a obtenção do título de Mestre em Tecnologia e Gestão Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Gemmelle Oliveira Santos

FORTALEZA

2016

Catálogo na fonte: Biblioteca Waldir Diogo de Siqueira

M433e Matos, Maria Vânisse Borges de.

Estudo do processo de revegetação de uma célula encerrada do aterro sanitário metropolitano oeste de Caucaia SMOC. / Maria Vânisse Borges de Matos. - Fortaleza: IFCE, 2016.

146 f.

Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Gestão Ambiental).

Orientadora: Gemmelle Oliveira Santos

1.RESÍDUO SÓLIDO. 2.ATERRO SANITÁRIO. 3.REVEGETAÇÃO. Título.

CDD 631.45

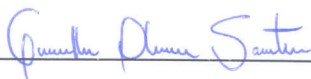
MARIA VÂNISSE BORGES DE MATOS

**ESTUDO DO PROCESSO DE REVEGETAÇÃO DE UMA CÉLULA ENCERRADA DO
ATERRO SANITÁRIO METROPOLITANO OESTE DE CAUCAIA - ASMOC**

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Tecnologia e Gestão Ambiental do Instituto Federal do Ceará como requisito para a obtenção do título de Mestre em Tecnologia e Gestão Ambiental.

Aprovada em 01/03/16

BANCA EXAMINADORA



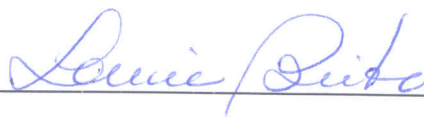
Presidente Prof. Dr. Gemmelle Oliveira Santos - Instituto Federal do Ceará



Membro Prof. Dr. Adeildo Cabral da Silva - Instituto Federal do Ceará



Membro Prof. Dr. Francisco Suetônio Bastos Mota - Universidade Federal do Ceará - UFC



Membro Profa. Dra. Maria Lúcia Brito da Cruz - Universidade Estadual do Ceará - UECE

*Aos meus pais, José Pereira de Matos (In
Memorian) e Maria de Fátima Borges de
Matos.*

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida e todas as bênçãos recebidas.

A toda a minha família pelo carinho, educação, apoio e compreensão pelos momentos ausentes.

Ao professor Dr. Gemmelle Oliveira Santos pelos ensinamentos, oportunidades, preocupação com minha formação acadêmica e por todo o tempo dedicado a orientação desta pesquisa.

Aos professores do mestrado, pelos ensinamentos.

Aos colegas do mestrado, por todos os momentos compartilhados e amizades construídas.

Ao técnico do Parque Botânico, Antônio Cícero da Silva, ao amigo Dúcio Souza, aos alunos do IFCE Jordão Santos, Amanda Moraes, Sandra Augusto, Lidiane Souza e Raquel Russo pela ajuda nos trabalhos de campo.

À professora Dra. Maria Lúcia Brito, coordenadora do Laboratório de Geoprocessamento e Estudos Aplicados (LABGEO) da Universidade Estadual do Ceará, pela orientação na interpretação de imagens, e sua orientanda, a geografa Ana Carla Gomes, pela ajuda na elaboração de mapas.

À administração do ASMOC por autorizar a realização desta pesquisa.

À FUNCAP pelo suporte financeiro concedido.

O Senhor é o meu pastor; nada me faltará.

Salmo 23.

RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi realizar um estudo sobre o processo de revegetação em curso sobre uma célula encerrada do Aterro Sanitário Metropolitano Oeste de Caucaia - ASMOC, sob duas linhas de investigação: o estudo da fertilidade do solo de cobertura e o estudo das espécies vegetais ocorrentes. Foram escolhidos quatro pontos de amostragem do solo de cobertura, extraídas amostras simples (500g) em duas profundidades (0-20 cm e 20-40 cm) que resultaram na coleta e análise de 16 amostras do solo da camada de cobertura. Cada amostra foi analisada com relação a 20 parâmetros químicos, fundamentais no entendimento da fertilidade. O levantamento florístico envolveu a contagem e identificação das espécies vegetais (nome popular, gênero, utilidade) com a respectiva coleta de algumas flores, folhas, sementes e afins para montagem de um catálogo. Além disso, foram realizadas comparações visuais entre as espécies vegetais encontradas no ASMOC e em herbários digitais em duas campanhas de campo (dezembro de 2014 e março de 2015). Para entender o processo de evolução da área estudada foram elaborados mapas de vegetação a partir de imagens de satélite dos anos de 2007 e 2014. O tempo de encerramento da área e as transformações físicas, químicas e biológicas do seu solo provavelmente favoreceram a sobrevivência e o desenvolvimento das espécies encontradas. A maior parte dos parâmetros químicos indicou condição favorável para a sobrevivência e desenvolvimento da cobertura vegetal. Houve grande tendência de diminuição da concentração dos parâmetros com a profundidade, concordando com a literatura. O solo de cobertura parece ter permitido às raízes boa fixação, pois existem árvores de grande porte sobre a célula estudada e não foram verificados tombamentos, como relata a literatura. O maciço arbóreo se concentrou no topo da célula e na vertente barlavento sob a influência da direção dos ventos e da concentração de umidade. Predominou a família das leguminosas (7 de 22 espécies encontradas), concordando com as recomendações existentes nos planos de recuperação ambiental de aterros sanitários.

Palavras-chave: Resíduos Sólidos. Aterro Sanitário. Fertilidade do Solo. Revegetação de Aterros.

ABSTRACT

The objective of this research was to accomplish a study about the revegetation process in course on a closed cell of the West Metropolitan Landfill in Caucaia – ASMOC, under two lines of investigation: study about the fertility of the coverage soil and the study of plant species occurring. Four sampling points of the covering soil were chosen, it was extracted single samples (500g) at two depths (0-20 cm and 20-40 cm) that resulted in the collect and analysis of 16 soil samples of the cover layer. The samples were analyzed in for 20 chemical parameters, fundamental in understanding fertility. The floristic survey involved the counting and identification of plant species (popular name, genre, utility) collecting some flowers, leaves, seeds and the like for mounting a catalog. Besides, it was made visual comparisons between the plant species found at ASMOC and digital herbarium in two field campaigns (December 2014 and March 2015). To understand the process of evolution of the study area, vegetation maps were made from satellite images from the years 2007 and 2014. The closure area time and the physical, chemical and biological characteristics of its soil probably favored the survival and development of species found. Most chemical parameters indicated favorable condition for the survival and development of the vegetation cover. There was larger trend of decreased concentration of the parameters with depth, according to the literature. The soil cover seems to have allowed the good fixation roots, as there are large trees on the studied cell and overturning were not checked, as reported in the literature. The massive tree focused on the top of the cell and on the windward side on the influence of wind direction and humidity concentration. Predominated the legume family in the study area (7 of 22 species found) in agreement with the existing recommendations on environmental recovery plans for landfills.

Keywords: Solid Waste. Landfill. Soil fertility. Revegetation of Landfill

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1– Localização da área estudada	34
Figura 2- Vista geral da área de disposição de resíduos do ASMOC.....	36
Figura 3- Localização da célula estudada na área do ASMOC. 2014	36
Figura 4 - Vista geral da célula estudada, com a presença de vegetação em 16.03.2015	37
Figura 5- Localização dos pontos de amostragem do solo da camada de cobertura	38
Figura 6- Vista geral do processo de coleta das amostras do solo. 2014	38
Figura 7- Exemplos de sementes, vagens e folhas encontradas na célula estudada. 2014.....	41
Figura 8- Medição do Diâmetro à Altura do Peito - DAP nas espécies vegetais. 2014.....	42
Figura 9- Variação do pH nas amostras de solo da célula do ASMOC. 2014.....	43
Figura 10- Variação do Alumínio nas amostras do solo da célula do ASMOC. 2014.....	46
Figura 11- Variação da Acidez Potencial nas amostras do solo da célula do ASMOC. 2014 .	48
Figura 12- Variação do Cálcio nas amostras do solo da célula do ASMOC. 2014.....	49
Figura 13- Variação do Magnésio nas amostras do solo da célula do ASMOC. 2014	51
Figura 14- Variação do Sódio nas amostras do solo da célula do ASMOC. 2014.....	53
Figura 15- Percentagem de Sódio trocável do solo da célula do ASMOC. 2014	54
Figura 16- Variação do Potássio do solo da célula do ASMOC. 2014	55
Figura 17- Variação da Soma de Bases nas amostras do solo da célula do ASMOC. 2014	57
Figura 18- Variação da Saturação por Base do solo da célula do ASMOC. 2014	58
Figura 19- Capacidade de Troca de Cátions do solo da célula do ASMOC. 2014	60
Figura 20- Variação da MO nas amostras do solo da célula do ASMOC. 2014.....	62
Figura 21- Variação do Carbono nas amostras do solo da célula do ASMOC. 2014	64
Figura 22- Variação do Fósforo nas amostras do solo da célula do ASMOC. 2014.....	66
Figura 23- Condutividade Elétrica nas amostras do solo da célula do ASMOC. 2014.....	67
Figura 24- Variação do Cobre nas amostras do solo da célula do ASMOC. 2014	68
Figura 25- Variação do Manganês nas amostras do solo da célula do ASMOC. 2014.....	70
Figura 26- Variação do Zinco nas amostras do solo da célula do ASMOC. 2014.....	73
Figura 27- Variação do Ferro nas amostras do solo da célula do ASMOC. 2014	75
Figura 28- Vista geral da vegetação na célula estudada. 2015.....	78
Figura 29– Mapa da vegetação na célula estudada, ano de 2007	80
Figura 30– Mapa da vegetação na célula estudada, ano de 2014.....	81
Figura 31- Pluviometria no município de Caucaia entre 1995 e 2014	83
Figura 32- Exemplar da Chanana encontrada na célula estudada do ASMOC. 2015	84

Figura 33- Comparação da Salsa. 2014.....	85
Figura 34- Comparação da Bucha Vegetal. 2014.....	87
Figura 35- Comparação da Buchinha. 2015	89
Figura 36- Comparação visual do Milho de Cobra. 2015	90
Figura 37- Folha do Milho de Cobra encontrada na célula estudada do ASMOC. 2015.....	90
Figura 38- Exemplar do Capim Elefante encontrada na célula estudada do ASMOC. 2015...	91
Figura 39- Comparação da Urtiga. 2015	93
Figura 40- Detalhes da Ciúme encontrada na célula estudada do ASMOC.....	94
Figura 41- Comparação da Ciúme. 2015.....	95
Figura 42- Comparação da Mamona. 2014	96
Figura 43- Detalhes da prema preta encontrada na célula estudada do ASMOC. 2015.....	97
Figura 44- Comparação da Jurema Preta. 2015.....	98
Figura 45- Exemplar da Cajazeira encontrada na célula estudada do ASMOC. 2015.....	100
Figura 46- Comparação das folhas da Cajazeira. 2015	101
Figura 47- Exemplar do Mororó encontrado na célula estudada do ASMOC. 2015	102
Figura 48- Comparação do Mororó. 2015	103
Figura 49- Exemplar da Leucena encontrada na célula estudada do ASMOC. 2015	104
Figura 50- Detalhes da folha da Leucena. 2015	105
Figura 51 - Vagem da Catingueira encontrada na célula estudada do ASMOC. 2014	106
Figura 52- Comparação da Catingueira. 2014.....	107
Figura 53- Exemplar do Angico branco encontrada na célula estudada do ASMOC. 2015..	108
Figura 54- Detalhe da inflorescência do Angico branco. 2015	109
Figura 55- Folhas da Acácia amarela. 2015	110
Figura 56- Exemplar da Mutamba encontrada na célula estudada do ASMOC. 2015.....	111
Figura 57- Comparação da Mutamba. 2015	112
Figura 58- Exemplar do Jucá encontrada na célula estudada do ASMOC. 2015.....	114
Figura 59- Folhas do Jucá. 2015.....	114
Figura 60- Exemplar da Acerola encontrada na célula estudada do ASMOC. 2015	116
Figura 61- Comparação da Acerola. 2015.....	116
Figura 62- Detalhe do fruto e das sementes do Feijão bravo. 2015	117
Figura 63- Exemplar do Feijão bravo encontrada na célula estudada do ASMOC. 2015.....	118
Figura 64- Comparação do Feijão bravo. 2015	119
Figura 65- Exemplar da Carnaúba encontrada na célula estudada do ASMOC. 2015.....	120
Figura 66 - Exemplar do Mandacaru encontrada na célula estudada do ASMOC. 2015.....	121

Figura 67 - Fruto do Mandacaru encontrado na célula estudada do ASMOC. 2015	122
---	-----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Lista de parâmetros, métodos e metodologias aplicadas na análise do solo	40
Tabela 2- Resultados do pH dos solos encontrados na literatura	45
Tabela 3- Resultados do Alumínio dos solos encontrados na literatura.....	46
Tabela 4- Resultados da Acidez Potencial dos solos, na literatura	48
Tabela 5- Resultados do Cálcio dos solos, na literatura	50
Tabela 6 - Resultados do Magnésio dos solos, na literatura.....	52
Tabela 7 - Resultados do Sódio dos solos, na literatura	53
Tabela 8 - Resultados do Potássio dos solos, na literatura	56
Tabela 9 - Resultados da Soma de Bases dos solos encontrados na literatura	57
Tabela 10- Resultados da Saturação por Bases dos solos, na literatura	59
Tabela 11- Resultados da Capacidade de Troca de Cátions dos solos, na literatura.....	61
Tabela 12- Resultados da Matéria Orgânica dos solos, na literatura.....	63
Tabela 13- Resultados do Carbono dos solos encontrados na literatura	65
Tabela 14- Resultados do Fósforo dos solos encontrados na literatura.....	67
Tabela 15 - Resultados da Condutividade Elétrica dos solos encontrados na literatura	68
Tabela 16 - Resultados do Cobre dos solos, na literatura.....	70
Tabela 17 - Resultados do Manganês dos solos encontrados na literatura.....	72
Tabela 18- Resultados do Zinco dos solos encontrados na literatura.....	74
Tabela 19- Resultados do Ferro dos solos encontrados na literatura	76
Tabela 20- Lista das espécies vegetais identificados sobre a célula estudada do ASMOC	83

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Resultado das análises laboratoriais das amostras de solo	77
Quadro 2- Espécies vegetais identificadas sobre a célula estudada do ASMOC	123
Quadro 3- Espécies vegetais identificadas sobre a célula estudada do ASMOC (Indivíduos e DAP).....	124

LISTA ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

Al - Alumínio

ASMOC - Aterro Sanitário Metropolitano Oeste de Caucaia

ATP - Trifosfato de Adenosina

BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

C - Carbono

Ca - Cálcio

CE - Condutividade Elétrica

SEMA – Secretaria do Meio Ambiente do Ceará

CTC - Capacidade de Troca de Cátions

Cu - Cobre

DAP - Diâmetro à Altura do Peito

EIA - Estudo de Impacto Ambiental

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EMLURB - Empresa Municipal de Limpeza e Urbanização

Fe - Ferro

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde

FUNCEME - Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos

H⁺ + Al - Acidez Potencial

IBAM - Instituto Brasileiro de Administração Municipal

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas

IVCN - União Mundial para a Conservação da Natureza

K - Potássio

LABSAT - Laboratório de Solos, Águas e Tecidos Vegetais

m - Percentagem de Saturação com Alumínio

MG - Estado de Minas Gerais

Mg - Magnésio

Mn - Manganês

MO - Matéria Orgânica

MT - Estado do Mato Grosso

Na - Sódio

NBR - Norma Brasileira

P - Fósforo

PA - Estado do Pará

PE - Estado do Pernambuco

pH - Potencial Hidrogeniônico

PB - Estado da Paraíba

PR - Estado do Paraná

PST - Percentual de Sódio Trocável

RECESA - Rede de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental

RS - Estado do Rio Grande do Sul

RSU - Resíduos Sólidos Urbanos

SB - Soma de Base

SP - Estado de São Paulo

SIG - Sistema de Informação Geográfica

USEPA - Environmental Protection Agency of the United States

USEPA - United States Environmental Protection Agency

V - Percentagem de Saturação Por Base

Zn – Zinco

LISTA DE UNIDADES DE MEDIDA

cm – centímetro

cmolc/kg - centimol de carga por quilograma

d/S/m - deciSiemens por metro

g/kg - grama por quilograma

ha - hectares

m - metro

mg/kg - miligrama por quilograma

mm - milímetro

t - tonelada

% - percentagem

SUMÁRIO

Apresentação	16
1. INTRODUÇÃO	16
1.1 Considerações gerais	16
1.2 Justificativa	17
1.3 Objetivos.....	18
1.3.1 Geral.....	18
1.3.2 Específicos	18
Apresentação	20
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	20
2.1 Considerações gerais sobre os resíduos sólidos e os aterros sanitários	20
2.2 Aterros Sanitários: projeto, instalação, operação, encerramento e reúso da área.....	23
2.3 Revegetação de Aterros Sanitários: importância e dificuldades.....	27
2.4 Revegetação de aterros sanitários: experiências exitosas	28
2.5 Solos: formação e capacidade produtiva	31
Apresentação	34
3. MATERIAIS E MÉTODOS	34
3.1 A área estudada.....	34
3.2 Variáveis escolhidas.....	37
3.2.1 Estudo da fertilidade do solo de cobertura	37
3.2.2 Estudo das espécies herbáceas, arbustivas e arbóreas ocorrentes.....	41
Apresentação	43
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
4.1 A fertilidade do solo de cobertura da célula estudada	43
4.2 As espécies herbáceas, arbustivas e arbóreas	77
4.2.1 Considerações gerais	77
4.2.2 Do estrato herbáceo	84
4.2.3 Dos estratos arbustivo e arbóreo	97
6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	127

REFERÊNCIAS	128
ANEXOS	142

Apresentação

Este capítulo inicia a discussão sobre o tema dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) e dos aterros sanitários. Apresenta resumidamente a importância de se planejar adequadamente o uso futuro dessas áreas após o encerramento da vida útil. Descreve a realidade do Aterro Sanitário Metropolitano Oeste de Caucaia (ASMOC), instalado na Região Metropolitana de Fortaleza. Por fim, apresenta os objetivos do trabalho.

1. INTRODUÇÃO

1.1 Considerações gerais

O destino final adequado dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) representa um sério desafio para o poder público e sociedade.

No Brasil, aproximadamente 57,98% dos RSU são dispostos em aterros sanitários e 42,02% são enviados para lixões e aterros controlados, conforme recente publicação do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES (2013).

A disposição em aterros sanitários não cessa o risco que os RSU representam para a contaminação do ambiente, por isso esses empreendimentos precisam de um bom projeto de implantação, operação e encerramento, para que ocorra o uso futuro da área.

Com a publicação da Lei nº 12.305/2010, que trata da Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010), os municípios brasileiros só poderão dispor seus RSU em aterros sanitários e com o aumento do número desses empreendimentos no país, deverá crescer a preocupação com o uso futuro dessas áreas após encerramento da sua vida útil.

Na literatura (Oliveira, 2004; Alberte, Carneiro e Kan, 2005; Volpe-Filik et al., 2007; Barros, Jardineiro e Bitencourt, 2011; Stuermer, Brocaneli e Vieira, 2011) observa-se que as áreas dos aterros sanitários desativadas têm sido utilizadas para a implantação de parques urbanos, onde

co-existem áreas verdes e recreativas. Outra opção relatada é a revegetação para promover sua recuperação paisagística tornando-a semelhante à paisagem natural vizinha.

No Estado do Ceará, segundo a Secretaria do Meio Ambiente - SEMA existem cinco aterros sanitários¹ (Maracanaú, Aquiraz, Caucaia, Sobral e Brejo Santo).

O Aterro Sanitário de Caucaia é o maior do Estado do Ceará e equivale a 123,20 hectares (ha), sendo 78,47 ha destinados à disposição de RSU. Sua vida útil deve se encerrar no primeiro semestre de 2016 e, considerando a possibilidade da área não abrigar outro uso após encerramento, cabe incentivar a necessidade de sua revegetação, pois é a alternativa de recuperação de menor custo.

1.2 Justificativa

Conforme entendido em Santos (2012), os aterros sanitários são empreendimentos com vida útil limitada e após seu encerramento devem receber adequado monitoramento geotécnico e ambiental, além de medidas que recuperem a área e permita novos usos.

Barros, Jardineiro e Bitencourt (2011), em pesquisa desenvolvida em aterros sanitários do município de São Paulo, relatam que uma das formas de se promover a recuperação ambiental dessas áreas ou sua requalificação é a implantação de vegetação ou revegetação, mas Einloft et al. (1997) apud SOUZA (2007) lembram que revegetar um aterro sanitário não é tarefa simples, pois há deficiência de nutrientes, alta declividade, e dificuldade em selecionar espécies e métodos para a revegetação.

No entendimento de Londe e Bitar (2011) existem muitas dificuldades técnicas para a reabilitação ambiental dos aterros sanitários, pois as características biológicas, climáticas e ambientais intrínsecas ao local de estudo exercem forte influência sobre o processo, além do fato de existirem nos RSU poluentes como gases e metais tóxicos que deixam o ambiente ainda mais adverso.

¹ Informação verbal concedida por técnico da SEMA em 18.08.2015

Além desses aspectos, as áreas que receberam RSU geralmente perderam solo, vegetação e fauna e os distúrbios sofridos em função das atividades de recebimento e armazenamento de resíduos impedem a regeneração natural da área (SOUZA, 2007), sendo fundamental a atuação humana no processo de recuperação ambiental (SANTOS, 2012).

No Aterro Sanitário de Caucaia, contrariando parte dos relatos da literatura, vem se observando não só a sobrevivência como também o desenvolvimento da cobertura vegetal sobre células de RSU encerradas, o que despertou o interesse da pesquisadora em conhecer as condições ambientais locais que estão favorecendo esse processo.

O estudo aprofundado sobre o processo de revegetação observado no ASMOC, além de localmente inédito, pode servir de base para o desenvolvimento de projetos de recuperação ambiental mais adequados para a realidade das demais áreas de disposição final de RSU encerradas do Estado do Ceará.

1.3 Objetivos

1.3.1 Geral

Realizar um estudo sobre o processo de revegetação natural de uma célula encerrada do Aterro Sanitário Metropolitano Oeste de Caucaia - ASMOC.

1.3.2 Específicos

Avaliar o potencial dos solos da célula encerrada, em termos de fertilidade, como substrato para a sobrevivência e desenvolvimento da cobertura vegetal.

Avaliar as condições ambientais que permitiram a regeneração natural da célula encerrada.

Inventariar, através de um levantamento florístico, as espécies herbáceas, arbustivas e arbóreas ocorrentes.

Recomendar, entre as espécies vegetais encontradas, as mais adequadas para a revegetação de aterros sanitários encerrados no Ceará.

Apresentação

Este capítulo aborda, por meio da literatura, os conceitos mais recentes de resíduos sólidos e aterros sanitários. Discute a importância de se planejar adequadamente o projeto, a instalação, a operação e o encerramento desses empreendimentos. Apresenta as possibilidades de uso futuro das áreas dos aterros sanitários encerrados. Por fim, faz uma discussão sobre a importância da revegetação dos aterros sanitários, seus métodos, desafios, potencialidades e experiências exitosas.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Considerações gerais sobre os resíduos sólidos e os aterros sanitários

No Brasil, existem duas importantes referências sobre os resíduos sólidos: a Norma Brasileira nº 10.004 (Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, 2004) e a Lei Federal nº 12.305 (BRASIL, 2010). Ambas definem os resíduos sólidos de forma bem semelhante:

Norma 10.004/2004: resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.

Lei 12.305/2010: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviável em face da melhor tecnologia disponível.

A Norma nº 10.004 (ABNT, 2004) classifica os resíduos sólidos em dois grupos: Perigosos (Classe I) e Não Perigosos (Classe II). A Lei nº 12.305 (BRASIL, 2010) classifica os resíduos sólidos quanto à origem em onze grupos e quanto à periculosidade em duas classes: Perigosos e Não Perigosos.

Pela Norma nº 10.004 (ABNT, 2004) os resíduos Perigosos são aqueles que apresentam periculosidade ou inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade. A Lei Federal nº 12.305 (BRASIL, 2010) é mais abrangente: são aqueles que, em razão de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade, apresentam significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental.

A Norma nº 10.004 (ABNT, 2004) divide os resíduos Não Perigosos (Classe II) em duas categorias: IIA (Não Inertes) e IIB (Inertes), a saber:

IIA: aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I - Perigosos ou de resíduos classe IIB - Inertes, nos termos desta Norma. Os resíduos classe IIA - Não inertes podem ter propriedades, tais como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

IIB: quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo a ABNT NBR 10.007, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10.006, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor, conforme anexo G.

A Lei nº 12.305 (BRASIL, 2010) não traz essa subdivisão e coloca que resíduos não perigosos “são aqueles não enquadrados na definição de perigosos”. Quanto à origem, a Lei classifica os resíduos em:

- a) resíduos domiciliares: os originários de atividades domésticas em residências urbanas;
- b) resíduos de limpeza urbana: os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana;
- c) resíduos sólidos urbanos: os englobados nas alíneas "a" e "b";
- d) resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos nas alíneas "b", "e", "g", "h" e "j";
- e) resíduos dos serviços públicos de saneamento básico: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos na alínea "c";
- f) resíduos industriais: os gerados nos processos produtivos e instalações industriais;

g) resíduos de serviços de saúde: os gerados nos serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e do SNVS;

h) resíduos da construção civil: os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis;

i) resíduos agrossilvopastoris: os gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades;

j) resíduos de serviços de transportes: os originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira;

k) resíduos de mineração: os gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios;

As descrições acima apontam para a importância de se realizar com cuidado a classificação dos resíduos sólidos, pois os aterros sanitários geralmente são projetados para receber RSU não perigosos e com origem conhecida: resíduos domiciliares e da limpeza urbana.

Mesmo recebendo resíduos de origem conhecida, o aterro sanitário não deixa de ser o componente do sistema de gerenciamento integrado de RSU mais complexo. O nível de detalhamento observado em normas técnicas, guias e manuais que abordam o projeto, a construção ou mesmo a operação desses empreendimentos é um bom indicador dessa complexidade.

A Norma Brasileira - NBR nº 8.419 (ABNT, 1992) trata da Apresentação de Projetos de Aterros Sanitários de Resíduos Sólidos Urbanos. Nela é possível perceber que inúmeras informações devem ser consideradas em um projeto dessa natureza: informações sobre os resíduos a serem dispostos (origem, qualidade, quantidade etc), caracterização detalhada do local escolhido (zoneamento ambiental e urbano, acessos, vizinhança, infraestrutura, topografia, geologia, recursos hídricos, clima etc), descrição e especificação dos componentes do aterro (sistemas de drenagem para lixiviados e gases, estações de tratamento, modalidade de impermeabilização etc), modo de operação (preparo da célula, vias internas etc), plano de encerramento e de uso futuro da área.

A Norma Brasileira - NBR nº 8.419 (ABNT, 1992) também contempla a definição de aterro sanitário:

Técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais; método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário (ABNT, 1992, p.1).

A Lei nº 12.305 (BRASIL, 2010) reconhece o aterro sanitário² como única alternativa de disposição final sobre o solo ambientalmente adequada, o que deveria preocupar a maioria dos gestores dos municípios brasileiros, pois utilizam lixões e aterros controlados e convivem diariamente com os problemas inerentes a esses locais, como descreve a literatura: Zanta e Ferreira (2003), Alcântara (2010), Oakley e Jimenez (2012), Omar, Karuppanan e Ayunishafiea (2012).

2.2 Aterros Sanitários: projeto, instalação, operação, encerramento e reuso da área

A elaboração do projeto de um aterro sanitário requer tempo para a etapa de planejamento do empreendimento, pois da mesma forma que as cidades variam em função de aspectos sociais, econômicos, culturais, geográficos e climáticos, os resíduos sólidos também, como explica o Instituto Brasileiro de Administração Municipal - IBAM (2001).

Pela Norma Brasileira - NBR nº 8.419 (ABNT, 1992), as informações sobre a origem, a qualidade e a quantidade diária e mensal dos resíduos sólidos precisam ser fornecidas aos projetistas, além das características dos equipamentos de transporte e da massa específica dos resíduos.

Uma publicação da Fundação Nacional de Saúde - FUNASA (2003) detalha o que deve ser considerado para o projeto do aterro sanitário:

Memorial descritivo (com dados gerais do município, caracterização da área objeto do projeto, descrição do sistema de resíduos sólidos e estudos de concepção do sistema proposto), memorial de cálculo (com estudo populacional, volume de coleta, tratamento e disposição final, dimensionamento de veículos, equipamentos, pessoal e das unidades de tratamento), especificações técnicas, projetos gráficos, planilha orçamentária, cronograma físico-financeiro, manual de operação etc (FUNASA, 2003, p.13-19).

² Para o Instituto de Pesquisa Tecnológica - IPT (2000) as vantagens do aterro sanitário são amplamente conhecidas. Possui baixo custo de implantação e operação quando comparado a outras tecnologias; é considerado uma forma adequada de disposição do RSU capaz de receber grande quantidade de resíduo diariamente; evita a proliferação de vetores e a presença de catadores, além de propiciar um ambiente favorável à decomposição do resíduo.

Ainda durante a etapa de planejamento, a escolha do local para a instalação do aterro sanitário é outro desafio. Da literatura entende-se que:

A escolha do local, de um modo geral, é um processo demorado e dispendioso, pois envolve exigências legais e resistência por parte da população (PFEIFFER e CARVALHO, 2002);

A seleção de áreas é uma das principais dificuldades enfrentadas pelos municípios, pois demanda o conhecimento de um grande volume de dados e informações, normalmente indisponíveis nas administrações municipais (REDE DE CAPACITAÇÃO E EXTENSÃO TECNOLÓGICA EM SANEAMENTO AMBIENTAL - RECESA, 2008);

A área escolhida deve possuir critérios que convençam todas as partes interessadas e nas perspectivas sociocultural, econômico e ambiental (ESKANDARI, HOMAEE e MAHMODI, 2012);

Pela NBR nº 8.419 (ABNT, 1992), na justificativa da escolha do local destinado ao aterro sanitário, deve ser considerado o seguinte: zoneamento ambiental e urbano, acessos, vizinhança, economia de transporte, titulação da área, economia operacional (jazida), infraestrutura urbana, bacia e sub-bacia hidrográfica.

A NBR nº 13.896 (ABNT, 1997) trata dos Aterros de Resíduos Não Perigosos - Critérios para Projeto, Implantação e Operação e traz outra abordagem. Prevê que o local deve ser tal que:

a) o impacto ambiental a ser causado pela instalação do aterro seja minimizado; b) a aceitação da instalação pela população seja maximizada; c) esteja de acordo com o zoneamento da região; d) possa ser utilizado por um longo espaço de tempo, necessitando apenas de um mínimo de obras para início da operação (ABNT, 1997, p.2).

A NBR nº 13.896 (ABNT, 1997) prevê ainda que a adequabilidade do local deva ser justificada sob considerações técnicas a respeito do (a)s: topografia, geologia e tipos de solos existentes, recursos hídricos, vegetação, acessos, tamanho disponível e vida útil, custos e distância mínima a núcleos populacionais.

Quando da instalação do aterro sanitário, entende-se da literatura (ABNT, 1992; ABNT, 1997; FUNASA, 2003; RECESA, 2008) que outras preocupações surgem: distância da superfície inferior do aterro para o nível do lençol freático, definição sobre o sistema de impermeabilização de base a ser adotada (solo e/ou manta), rede de drenagem e tratamento de lixiviados, sistema de drenagem dos gases, isolamento físico do aterro em relação à

vizinhança, delimitação da cerca viva, escolha do local para a construção da portaria e do prédio da administração, instalação da balança rodoviária, localização dos poços de monitoramento etc.

Quando o aterro sanitário entra em operação, entende-se de Santos (2012), que o controle sobre a quantidade e tipologia dos resíduos sólidos recebidos, processo de espalhamento e compactação, número de passadas do veículo compactador, altura e inclinação das camadas de resíduos e das células do aterro, tipo de material empregado nas camadas intermediárias e finais, passam a representar as variáveis de interesse.

Para a RECESA (2008), uma vez em operação, os aterros sanitários devem ser continuamente monitorados [...] até muitos anos depois de encerradas suas atividades.

Lima (1995) resume os motivos pelos quais esse monitoramento é necessário: são ambientes normalmente caracterizados pela matéria em decomposição, pelo mau cheiro, por elementos tóxicos [...] pela presença de animais transmissores das mais variadas doenças e pela geração de chorume [...].

Segundo Stuermer, Brocaneli e Vieira (2011) os aterros sanitários provocam [...] a degradação da área local e do entorno, por isso [...] são locais que necessitam de tratamento diferenciado em relação às outras áreas degradadas após sua desativação.

Na visão de Jorge, Baptisti e Gonçalves (2004) o monitoramento geotécnico e ambiental do aterro sanitário após seu encerramento é importante para que a área possa ser recuperada dentro de padrões adequados e de segurança ambiental, haja vista que com o final da disposição de resíduos, o maciço continua a apresentar elevadas deformações e geração de percolados e gases.

Stuermer, Brocaneli e Vieira (2011) ressaltam que o uso pós-fechamento de um aterro é bastante restrito, não sendo recomendado construir edificações sobre estas áreas em função da instabilidade do maciço e da formação de gases que podem explodir, mas as áreas podem sofrer recuperação, através do processo de revegetação, e serem destinadas a outros usos: recreação e lazer, campos de jogos, jardins públicos etc. Sugestões de usos semelhantes são

encontradas em Gilman, Flower e Leone (1985) em estudo sobre os aterros sanitários dos Estados Unidos.

Barros (2011), ao fazer extensa revisão de literatura, relata várias experiências de reuso das áreas dos aterros desativados: na Austrália, as áreas se transformam em parques e jardins ou áreas residenciais sob rígido controle; no Canadá, em parques ou campos de golfe; no Japão, em parque ecológico, pista de aeromodelismo, centro de educação ambiental, campos de golfe, baseball e área de recreação infantil; na Espanha, o exemplo é o parque La Coruña; em Portugal, o exemplo é complexo Parque das Nações; além de experiências em Tel Aviv (Israel), Pulau Semakau (Singapura), Seattle, Washington, Nova Iorque, Califórnia, Novo México, Texas, New Jersey e Boston (Estados Unidos). No Brasil, a autora cita a praça presidente Eurico Gaspar Dutra (antigo aterro Dutra em Santo André), o parque ambiental de Sambaia-tuba (antigo lixão de São Vicente), o parque Villa-Lobos em Pinheiros, a praça Vitor Civita (antigo lixão da rua do Sumidouro, em Pinheiros), o parque olímpico de São Mateus (antigo aterro Sapopemba).

Conforme se observa no trabalho de Wong et al. (2013), em Hong Kong (China), treze aterros encerrados foram transformados em áreas verdes para uso das futuras gerações, como parte de um programa de recuperação de áreas degradadas iniciado em 1999.

Lanza et al. (2009) relatam que a escolha do uso futuro do aterro encerrado deve ser definida com base em estudos realizados e na aptidão da área, levando-se em consideração a proteção da saúde humana e do meio ambiente, além de que o uso futuro da área deverá ser aprovado pelo órgão ambiental competente. Ainda segundo os autores, as áreas encerradas podem ser utilizadas para pastagens ou plantações (lenhosas, viveiros de mudas etc.) observando-se, em ambos os casos, a recomendação de que a camada utilizada para o plantio seja suficiente para garantir que as raízes não entrem em contato com os resíduos dispostos.

Entende-se de Albarte, Carneiro e Kan (2005) que os aterros sanitários desativados próximos às áreas urbanizadas devem ser transformados em áreas verdes, com equipamentos comunitários (praças esportivas, campos de futebol, áreas de convívio). Nos demais casos, defendem os autores, a requalificação do aterro deve integrar a área com o seu entorno, considerando as necessidades da comunidade local.

Na visão de Andrade e Mahler (2000), a recuperação dessas áreas deve beneficiar pelo menos a população que sofreu os prejuízos durante o período de operação do aterro.

Para Oliveira (2004), uma área degradada pode vir a suprir a falta de áreas verdes nos municípios, desde que revegetada e reintegrada de forma sustentável e em conformidade com valores ambientais, estéticos e sociais.

2.3 Revegetação de Aterros Sanitários: importância e dificuldades

A revegetação dos aterros de RSU deve objetivar a restauração do ambiente; onde o ecossistema voltaria a sua estrutura original e reproduziria aos poucos a paisagem de contorno (ANDRADE e MAHLER, 2000; LANZA et al., 2009).

Na literatura, a revegetação dos aterros sanitários tem vários benefícios: elimina a proliferação de vetores e odores; ajuda a proteger o aterro contra a ação de processos erosivos; minimiza o fluxo de gás para a atmosfera e minimiza a infiltração de águas pluviais (ALVIM et al., 2013); estabiliza os taludes e proporciona paisagem agradável (KUMARI, PANDEY e RAI, 2013).

Há autores que defendem a revegetação a partir do plantio de gramíneas, pois atuam na proteção do solo contra a erosão e na formação de húmus (MEINERZ et al., 2009), produzem um bom efeito visual (BARROS, 2011) e reduzem a fuga dos gases (SANTOS, 2012).

Embora estejam claros os benefícios, Rahman et al. (2013), em pesquisa desenvolvida em aterros sanitários do Reino Unido, afirmam que pouco se sabe sobre as comunidades de plantas que melhor se adaptam a restauração de aterros sanitários encerrados, pois é necessário alto nível de conhecimento sobre a estrutura das espécies a serem utilizadas. Além disso, o solo do aterro é pobre, pois na maioria das vezes são importados de várias fontes, apresentando substrato grosseiro e uma alta concentração de gás.

Segundo a United States Environmental Protection Agency - USEPA (2005), a migração dos gases de aterros por camadas superficiais do solo tende a matar o sistema radicular, resultando em estresse vegetativo visível ao longo do caminho da migração.

Para o Ministry of Environment the British Columbia, Canadá (2010), o estresse vegetativo ocorre porque as raízes das plantas são privadas de oxigênio e porque o gás carrega componentes que são diretamente tóxicos para as plantas.

Oliveira (2004), que estudou o aterro sanitário de Campinas (SP), esclarece que as plantas arbustivas e arbóreas apresentam maior dificuldade de se estabelecerem, pois possuem raízes mais profundas e desta forma sofrem maior influência do ambiente.

Segundo Xiaoli et al. (2010), muitas observações sobre o crescimento da vegetação em camadas superficiais do solo mostraram que o crescimento da planta é severamente inibido pela presença de concentrações elevadas de gases na zona da raízes [...].

Entende-se de Gilman, Flower e Leone (1985), que estudaram aterros sanitários nos Estados Unidos, que um dos desafios para se alcançar a reutilização das áreas dos aterros sanitários é estabelecer e manter a vegetação da cobertura final.

Chan, Chu e Wong (1997) afirmam que a contaminação por lixiviado pode resultar em altas taxas de mortalidade de árvores.

Segundo Resende et al. (2013), a cobertura final de aterros sanitários apresenta deficiência química, o que torna o local desfavorável para o crescimento das plantas, por conta da ausência dos macro e micro nutrientes necessários para o desenvolvimento das espécies.

Siqueira et al. (1994) explicam que a contaminação do solo por metais pesados inibe o desenvolvimento da maioria das plantas devido a presença de metais como o Níquel, Cromo, Cobre, Chumbo, Cádmio e Zinco que interferem severamente na vegetação e nas atividades biológicas do solo.

2.4 Revegetação de aterros sanitários: experiências exitosas

Magalhães (2005), em taludes do Aterro Sanitário de Belo Horizonte (MG), conseguiu promover o crescimento de algumas leguminosas (feijão-de-porco, aveia preta, mucuna preta, feijão guandu etc) e algumas gramíneas (nabo forrageiro, colonião), após caracterização física e química do substrato da cobertura final e correto procedimento de classificação e correção.

Segundo o autor, algumas espécies (feijão-de-porco, feijão guandu etc) sugerem ser adequadas ao ambiente estudado e outras (aveia preta, nabo forrageiro, mucuna preta etc) apresentaram melhor desempenho quanto à capacidade de incorporação de matéria orgânica ao substrato. Nos ensaios realizados individualmente, o autor verificou que a produção de fitomassa da parte aérea das leguminosas foi superior à produção das gramíneas. As espécies colonião e feijão guandu se destacaram como as de maior potencial para revegetação de cobertura final. O autor conclui que, apesar das condições adversas, as espécies utilizadas mostraram grande potencial produtivo de fitomassa e as leguminosas contribuíram bastante na estética do aterro, pois além de florir constantemente possuem crescimento padronizado.

Santos (2012), no Aterro Sanitário de Caucaia (CE), conseguiu verificar a sobrevivência e o desenvolvimento de gramíneas sobre a camada de cobertura de uma Célula Experimental de resíduos. O autor verificou que, mesmo colocadas sobre solo de aterro sanitário e sem tratamento especial na cobertura ou no cultivo, as sementes da grama (Bermuda) e dos quatro capins (Andropogon, Massai, Buffel e Mombaça) apresentaram germinação dentro dos prazos biológicos previstos, demonstrando claro início de um processo de revegetação do aterro. Segundo o autor, o capim Mombaça foi o que apresentou os melhores indicadores (Taxa de Aparecimento de Folhas, Taxa de Alongamento das Folhas, Comprimento Médio das Folhas, Produção de Matéria Seca Total Aérea e Teor de Matéria Seca).

Alvim et al. (2013), no Aterro Metropolitano de Jardim Gramacho, trabalharam com diferentes técnicas de recobrimento vegetal e espécies em três setores do aterro: em áreas limítrofes com mangue e/ou mata ciliar, nos taludes em processo de encerramento, nas áreas planas em processo de encerramento. Entre as espécies utilizadas, os experimentos incluíram algumas leguminosas arbóreas inoculadas com bactérias fixadoras de nitrogênio e fungos, dentre elas: *Acacia* (espécies *auriculiformis*, *longifolia*, *mangium* e *mearnsii*), *Leucaena* (espécie *leucocephala*), *Mimosa* (espécies *bimucronata*, *caesalpiniaefolia*, *floculosa*, *scabrella*, *tenuiflora*), *Piptadenia* (espécie *gonoacantha*). Foi também definida a utilização do Capim Vetiver (*Vetiveria zizanioides*) nas cristas dos taludes e terraços, formando barreiras hidráulicas e aumentando a estabilidade. O capim foi utilizado para, entre outras funções, incrementar o crescimento vegetal nos estágios iniciais. Os autores constataram clara diferença do comportamento da superfície do aterro em termos de erosão e estabilidade, se forem comparados ao período anterior ao começo do projeto e da implementação das diversas camadas de cobertura vegetal.

Meinerz et al. (2009), no Aterro Sanitário de Toledo (PR), aplicaram vegetação rasteira (grama esmeralda) para recobrir os taludes, reduzir a incidência da erosão e aumentar a estabilidade do maciço. No entorno dos taludes foram utilizadas árvores e arbustos de pequeno porte (Hibisco), médio (Acácia negra) e grande porte (Eucalipto). Segundo os autores, o povoamento de *Eucalyptus grandis* favoreceu a regeneração, em seu sub-bosque, da vegetação nativa típica das florestas estacionais semidecíduais da região. A Acácia negra (*Acacia mearnsii*) é útil na restauração de ambientes degradados, fixação de nitrogênio, produção de tanino e de energia, dentre outros. Utilizaram também o arbusto conhecido por Sansão-do-Campo (Sabiá) como cerca viva e quebra-vento.

Resende et al. (2015), na área do antigo lixão de Inconfidentes (MG), avaliaram o crescimento silvicultural e a sobrevivência de 13 espécies arbóreas aos 20 meses de idade em diferentes modelos de plantio de mudas. Dos modelos empregados, o que apresentou melhor adaptabilidade foi o plantio de leguminosas arbóreas como Mulungu (*Eritrina speciosa* e *Eritrina falcata*), Faveira (*Schizolobium parahyba*), Mororó (*Bauhinia forficata*) e Canafístula (*Senna multijuga*) consorciadas com Capim Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) por ter promovido maior sobrevivência (56,6%) e destacado crescimento das espécies nos parâmetros altura (H), diâmetro do caule ao nível do solo (DC) e área de copa (AC).

Barros (2011), ao estudar o antigo aterro Raposo Tavares (região do Butantã) e o antigo aterro Jacuí (região de São Miguel Paulista), verificou maciço herbáceo (média de 70%) nos seus interiores e maciço arbóreo de pouca significância. Para a autora, o predomínio da vegetação herbácea está associado às técnicas de engenharia preconizadas para recuperação de aterros ou ainda às dificuldades encontradas para desenvolvimento da vegetação de maior porte.

No noroeste da Suíça, um aterro sanitário (Lindenstock landfill) funcionou por 45 anos e foi desativado em 1990, sendo que apenas em 2010 foi observada vegetação abundante, mas intermitente, constituída de grama, arbustos e pequenas árvores (HOLMES, 2010).

Estudo desenvolvido por Figueiredo (2012) cita que células de resíduos sólidos encerradas no aterro sanitário da Formosa (GO) foram recuperadas com o plantio de *Leucaena leucocephala*, popularmente conhecida por Leucena. A vegetação foi introduzida pela gerência do aterro e a escolha da espécie foi justificada pela boa adaptabilidade em diversos tipos de ambientes, larga escala de propagação e ampla tolerância à seca. Além da Leucena

foram encontrados exemplares da *Ricinus communis* (Mamona). No entanto, segundo o autor, os dados levantados não foram suficientes para inferir se a mamoneira se dispersou naturalmente ou se foi introduzida com o mesmo propósito da Leucena.

2.5 Solos: formação e capacidade produtiva

Segundo Novais et al. (2007), o solo, meio principal para o crescimento das plantas, é uma camada de material biologicamente ativo, resultante de transformações complexas que envolvem o intemperismo de rochas e minerais, a ciclagem de nutrientes e a produção e decomposição de biomassa.

O solo é formado por várias camadas, denominadas de horizontes, as quais têm composição física, química e biológica diferentes. Segundo Malavolta (2006) o solo é constituído por materiais sólidos (45% partículas minerais, 5% orgânicas) e por espaços porosos (25% ocupados pelo ar e 25% pela água). A combinação dessas frações forma solos de diferentes texturas (arenosos a argilosos) com capacidade de desenvolver cargas elétricas negativas e positivas e capacidade de troca catiônica e aniônica.

Araújo e Monteiro (2007) descrevem que a qualidade do solo é mensurada através do uso de indicadores, que podem ser classificados como físicos, químicos e biológicos.

Segundo a EMBRAPA (2010), os indicadores físicos (textura, estrutura, resistência à penetração etc) estabelecem relações fundamentais com os processos hidrológicos, tais como taxa de infiltração, escoamento superficial, drenagem e erosão. Possuem também função essencial no suprimento e armazenamento de água, de nutrientes e de oxigênio no solo.

No que concerne aos indicadores químicos, a EMBRAPA (2010) agrupa-os em quatro classes: (i) aqueles que indicam os processos do solo ou de comportamento: pH, carbono orgânico; (ii) aqueles que indicam a capacidade do solo de resistir à troca de cátions: tipo de argila, capacidade de troca de cátions, capacidade de troca de ânions óxidos de Ferro; óxidos de Alumínio; (iii) aqueles que indicam as necessidades nutricionais das plantas: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio; (iv) aqueles que indicam contaminação ou poluição: metais pesados, nitrato, fosfato, agrotóxicos.

Em relação à atividade biológica, fundamental para o funcionamento do solo, entende-se de autores citados por Araújo e Monteiro (2007) que ela é altamente concentrada nas primeiras camadas do solo, na profundidade entre 1 a 30 cm. Nestas camadas, o componente biológico ocupa uma fração de menos que 0,5% do volume total do solo e representa menos que 10% da matéria orgânica, mas com função vital.

Segundo Frighetto (2000) apud ARAÚJO et al. (2012), a avaliação da biomassa é um componente importante para obter informações rápidas sobre mudanças nas propriedades orgânicas do solo, detectar variações causadas por cultivos ou por devastação de florestas, medir a regeneração dos solos após a remoção da camada superficial e avaliar os efeitos de poluentes como metais pesados e pesticidas.

Os indicadores físicos, químicos e biológicos permitem, então, entender a fertilidade do solo. Para Nicolodi et al. (2008), a fertilidade do solo é conceituada como a sua capacidade de fornecer nutrientes, em quantidade e proporção adequadas às plantas, na ausência de elementos tóxicos, para o seu desenvolvimento e produtividade.

Luz, Ferreira e Bezerra (2002) destacam que os nutrientes do solo são perdidos naturalmente por retirada e exportação pela parte colhida da planta, por lixiviação, erosão, por imobilização pelos organismos e por fixação pelas partículas do solo [...].

Autores citados por Luz, Ferreira e Bezerra (2002) descrevem a análise do solo como a medida mais prática, rápida, direta e barata de se fazer uma análise racional da fertilidade do solo [...].

Autores citados por D'André et al. (2008) consideram que os conceitos de qualidade do solo mais difundidos são aqueles que ressaltam o seu aspecto funcional, ou seja, sua capacidade de sustentar a produtividade biológica, manter a qualidade ambiental e promover a saúde de plantas e animais. Esta abordagem leva em consideração não apenas o papel do solo na produção agrícola, mas também a sua participação em funções específicas do ecossistema.

Segundo Primavesi (2002), as plantas necessitam de um substrato que permita um bom desenvolvimento da raiz, tenha nutriente suficiente, conserve a maior quantidade de água

disponível à planta, seja suficientemente arejado e não contenha substâncias tóxicas prejudiciais à raiz.

Apresentação

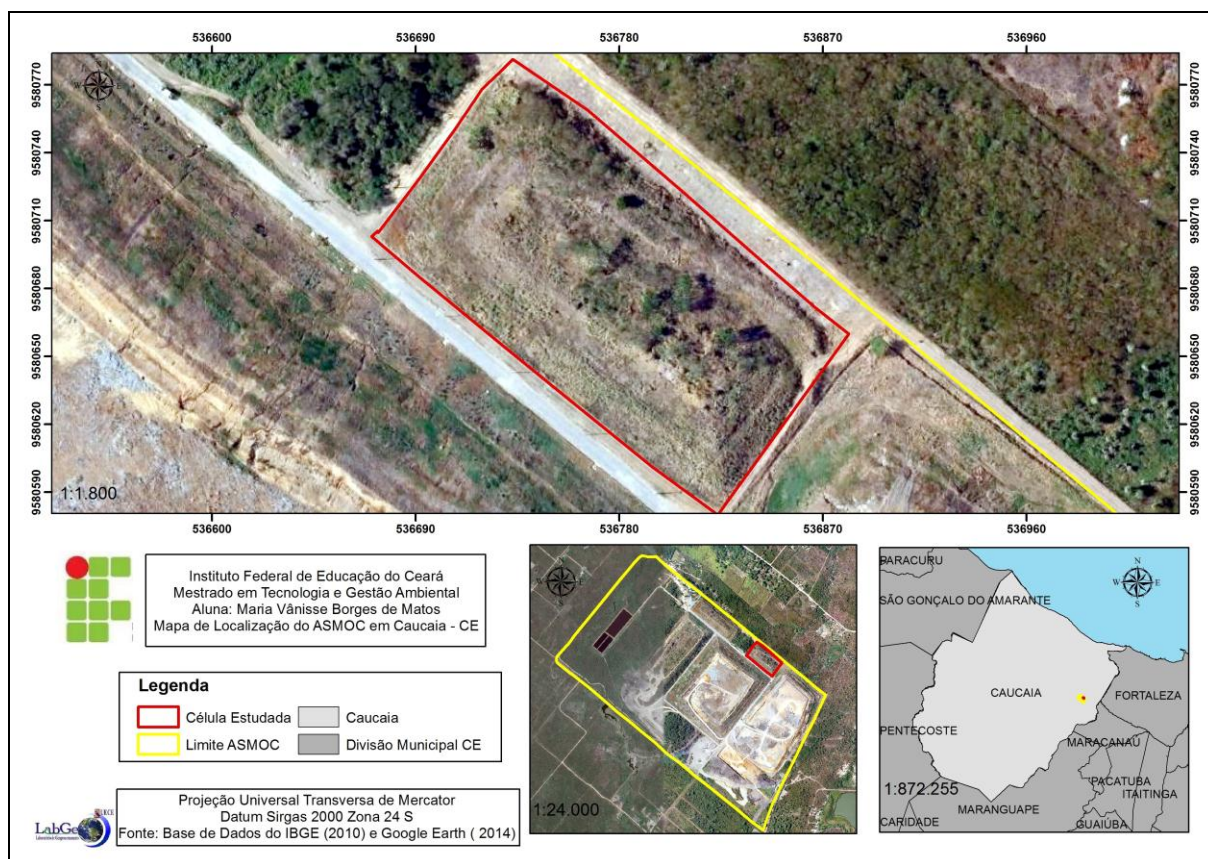
Este capítulo descreve a área estudada e o conjunto de ensaios de campo e laboratório realizados com o solo e com a vegetação da célula escolhida do Aterro Sanitário Metropolitano Oeste de Caucaia (ASMOC), instalado na Região Metropolitana de Fortaleza (Ceará).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 A área estudada

Este trabalho foi realizado no Aterro Sanitário Metropolitano Oeste de Caucaia (ASMOC). O principal acesso ao ASMOC é pela rodovia federal BR-020. A Figura 1 mostra a delimitação da área do aterro e da célula estudada.

Figura 1– Localização da área estudada



Fonte: LabGeo (2015)

Do ponto de vista ambiental, o ASMOC encontra-se localizado na Formação Barreiras, na unidade do Glacis Pré-Litorâneo, onde o relevo apresenta-se predominantemente plano, com trechos suave ondulado (DOMINGOS, 2007), (ver o mapa das Unidades Geoambientais no anexo A).

A área do aterro está subdividida da seguinte forma: 78,47 hectares destinados à disposição de RSU; 32,15 hectares de área de preservação ambiental; 7,04 hectares de faixa de preservação de contorno; 3,19 hectares de sistema viário interno; 2,35 hectares de administração, urbanização e estacionamento³.

Pelo projeto inicial, o aterro tem vida útil estimada em 20 anos, sendo que em 1991 recebia apenas os RSU do município de Caucaia, e a partir de 1998, passou a receber os resíduos de Fortaleza. Até outubro de 2014 o ASMOC já tinha recebido aproximadamente 18 milhões de toneladas de RSU. Em 2014, o aterro sanitário recebeu 2.089.304,71 toneladas de resíduos de Fortaleza e 172.436,13 toneladas de resíduos de Caucaia⁴.

Em relação à tipologia⁴, 38,9% (em massa) do que chega ao ASMOC são provenientes dos pontos de lixo reconhecidos pela Prefeitura (coleta especial urbana), 28,5% tem origem domiciliar, 16,5% são resíduos da construção e demolição (utilizado em camadas intermediárias quando a disponibilidade de solo natural encontra-se reduzida), 7,6% são classificados como resíduos de particulares/grandes geradores (supermercados, hotéis, bancos etc.), 4,9% são resíduos da atividade de capina, 1,3% são resíduos de poda, 1% são resíduos de varrição, 1% são resíduos da limpeza dos canais, 0,2% são resíduos da incineração e 0,1% são resíduos da limpeza das praias.

A rotina do ASMOC envolve permanente processo de espalhamento, compactação e cobertura, com solo, dos RSU. A Figura 2 mostra a área de disposição dos resíduos com o trator de esteiras trabalhando.

³ Informação verbal concedida por um técnico da ECOFOR AMBIENTAL; empresa que gerencia o ASMOC.

⁴ Informação verbal concedida por um técnico da EMLURB, que elabora os relatórios anuais do ASMOC em 16.03.2015.

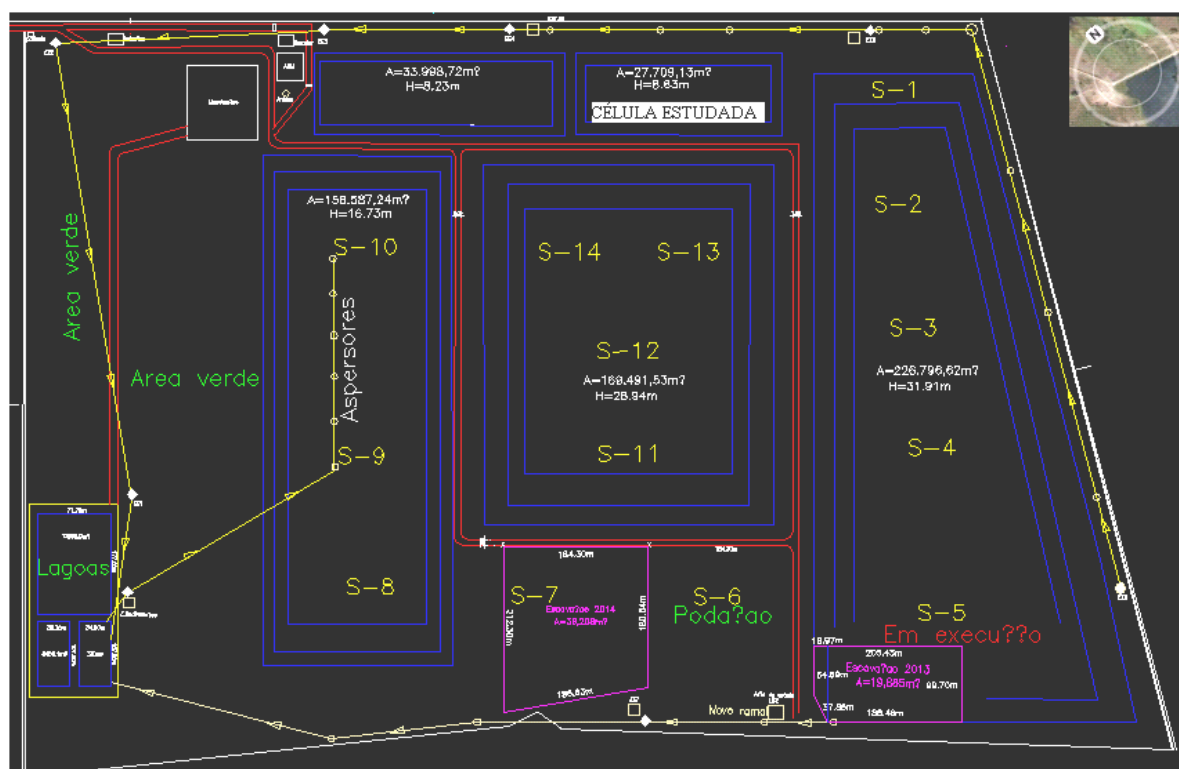
Figura 2- Vista geral da área de disposição de resíduos do ASMOC



Fonte: Santos (2012)

A célula estudada (destacada na Figura 3) é uma das mais antigas do ASMOC; foi encerrada há aproximadamente 20 anos e sobre ela vem se observando o surgimento natural da vegetação, como se observa na Figura 4.

Figura 3- Localização da célula estudada na área do ASMOC. 2014



Fonte: Adaptado pela autora, a partir dos arquivos da ECOFOR (2015)

Figura 4 - Vista geral da célula estudada, com a presença de vegetação em 16.03.2015



Fonte: Autor (2016)

3.2 Variáveis escolhidas

Para entender o processo de revegetação natural em curso sobre a célula estudada foram escolhidas duas linhas de investigação: o estudo da fertilidade⁵ do solo de cobertura e o estudo das espécies herbáceas, arbustivas e arbóreas ocorrentes, a saber:

3.2.1 Estudo da fertilidade do solo de cobertura

Nos estudos com solos de aterros sanitários e afins, a literatura diverge quanto ao número de pontos de coleta e o número de amostras, mas apresenta tendência quanto ao peso da amostra, aproximadamente 500g, e quanto à profundidade da coleta, de 0 a 20 cm (ANDRADE e MAHLER, 2000⁶; BELI et al., 2005⁷; MEDEIROS et al., 2008⁸; MEINERZ et al., 2009⁹; ALCANTARA, 2010¹⁰).

Nesta pesquisa, a célula escolhida foi submetida ao seguinte procedimento: (1º) foram escolhidos quatro pontos (Figura 5) de amostragem do solo de cobertura; (2º) extração de amostras simples em duas profundidades: de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm; (3º) coleta de

⁵ A fertilidade é a característica que mais evidencia o valor agrônomo do solo, definindo sua capacidade de fornecer nutrientes as plantas em quantidades e proporções adequadas para a obtenção de grandes produtividades (COSTA, 2008).

⁶ Aterro Sanitário de Resíduos Sólidos Urbanos de Santo Amaro (SP)

⁷ Lixão de Espírito Santo do Pinhal (SP)

⁸ Lixão de Engenheiro Coelho (SP)

⁹ Aterro Sanitário de Toledo (PR)

¹⁰ Área de Disposição Final de Cáceres (MT)

amostras de aproximadamente 500 g cada e; (4º) realização de duas campanhas amostrais que resultaram na coleta e análise de 16 amostras do solo da camada de cobertura.

Figura 5- Localização dos pontos de amostragem do solo da camada de cobertura



Fonte: LabGeo (2015)

Figura 6- Vista geral do processo de coleta das amostras do solo. 2014



Fonte: Autor (2016)

As amostras da primeira campanha (agosto de 2014) foram enviadas para processamento no Laboratório de Solos, Água e Tecidos Vegetais (LABSAT) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (campus Limoeiro do Norte).

As amostras da segunda campanha (dezembro de 2014) foram enviadas para o Laboratório de Solos, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará.

Cada amostra foi analisada em relação aos seguintes parâmetros: pH em água, Acidez potencial ($H + Al$), Alumínio (Al), Percentagem de Saturação com Alumínio ($m\%$), Carbono (C), Matéria Orgânica (MO), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Sódio (Na), Porcentagem de Sódio Trocável (PST), Soma de Base (SB), Saturação por Base ($V\%$), Capacidade de Troca Cátions (CTC) e Condutividade Elétrica (CE), e micronutrientes: Cobre (Cu), Zinco (Zn), Ferro (Fe) e Manganês (Mn). Os métodos analíticos utilizados estão resumidos na Tabela 1.

Para o estudo da fertilidade do solo, as análises químicas foram processadas em duplicatas. Para discussão dos dados, utilizou-se a média dos valores.

Tabela 1- Lista de parâmetros, métodos e metodologias aplicadas na análise do solo

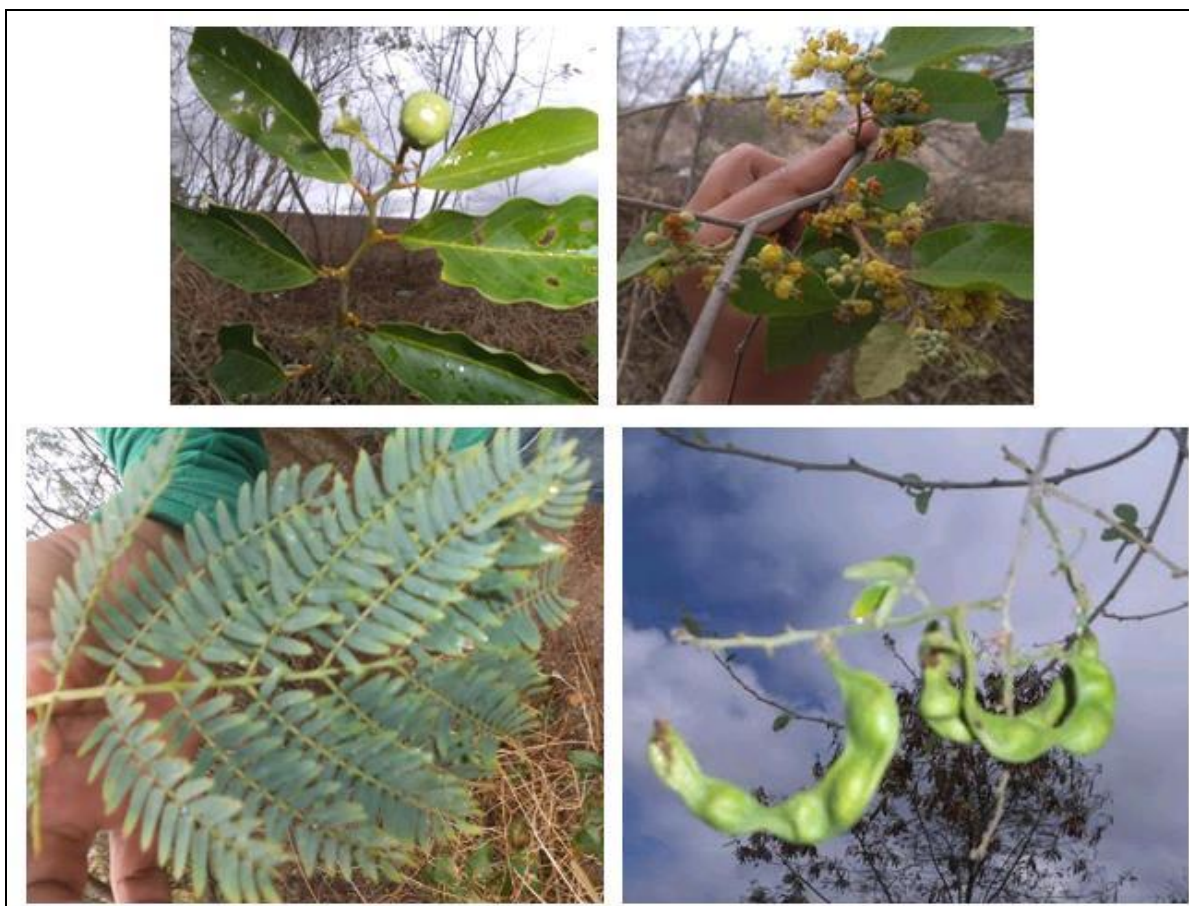
Parâmetro	Nome	Unidade	Metodologias e fórmulas utilizadas
pH em H ₂ O	Potencial hidrogeniônico	-	Método do eletrodo combinado
H + Al	Acidez potencial	cmolc/kg	Método da solução de acetato de cálcio e titulação alcalimétrica do extrato
C	Carbono	g/kg	Método volumétrico pelo dicromato de potássio
MO	Matéria Orgânica		MO = carbono orgânico x 1,724
P	Fósforo	mg/kg	Solução extratora de ácido ascórbico e determinação por espectrometria.
K e Na	Potássio e Sódio		Solução extratora de acetato de amônio e determinação por fotometria de chama
Ca e Mg	Cálcio e Magnésio	cmolc/kg	Solução extratora de acetato de amônio e titulação com EDTA
Al	Alumínio		Método volumétrico por titulação com hidróxido de sódio
SB	Soma de Bases		SB = K + Ca + Mg + Na
CTC	Capacidade de Troca de Cátions		CTC = K + Ca + Mg + Na + Al
CE	Condutividade Elétrica	dS/m	Extrato de saturação
PST	Percentual de Sódio Trocável	%	$PST = Na / CTC \cdot 100$
V (%)	Saturação por Base		$V = 100 \cdot SB / T$
m (%)	Saturação por Alumínio		$m = 100 \cdot Al^{3+} / S + Al^{3+}$
Cu, Zn, Mn, Fe	Cobre, Zinco, Manganês, Ferro	mg/kg	Solução extratora de Mehlich 1 e leitura por absorção atômica

Fonte: Elaborado pela autora (2016) baseada em EMBRAPA (2009).

3.2.2 Estudo das espécies herbáceas, arbustivas e arbóreas ocorrentes

O levantamento florístico realizado sobre a célula escolhida envolveu a contagem e identificação das espécies vegetais (nome científico, nome popular, família e utilidade) com a respectiva coleta de algumas flores, folhas, sementes e afins, para montagem de um catálogo, como mostra a Figura 7.

Figura 7- Exemplos de sementes, vagens e folhas encontradas na célula estudada. 2014



Fonte: Autor (2016)

Para a identificação das espécies foram utilizados três importantes referências da literatura pertinente: o Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil (LORENZI, 1998); uma publicação da Associação Caatinga (2011) e uma publicação da Fundação Brasil Cidadão (2012).

Além disso, foram realizadas comparações visuais entre as espécies vegetais encontradas no ASMOC e em herbários digitais, sob a supervisão de um técnico do Parque Botânico do Ceará, em duas campanhas de campo (dezembro de 2014 e março de 2015).

Para entender o processo de evolução da área estudada foram elaborados mapas de vegetação a partir de imagens¹¹ do Google Earth dos anos de 2007 e 2014. Para a interpretação das imagens foi usado o programa de geoprocessamento Quantum GIS, versão 2.8.1.

Através do ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica) realizaram-se os processos de georreferenciamento das imagens e a criação de vetores no formato shapefile nas classes de vegetação: arbóreo, arbustivo, herbáceo, arbóreo-arbustivo e solo exposto. A resolução das imagens é de 0,46 m. Essa etapa foi realizada no Laboratório de Geoprocessamento e Estudos Aplicados (LABGEO) da Universidade Estadual do Ceará (UECE).

O trabalho também teve o cuidado de verificar se os exemplares vegetais encontrados na célula estudada estão ou não inclusos na lista das espécies vegetais do levantamento florístico do recente Estudo de Impacto Ambiental - EIA da ampliação do ASMOC (LIMA et al. 2011).

A medição do Diâmetro à Altura do Peito - DAP, como exemplifica a Figura 8, também foi realizada, pois este parâmetro permite ampliar a compreensão sobre nível de desenvolvimento vegetal.

Para a Sociedade Brasileira de Botânica do Brasil (2013) o DAP é uma das variáveis mais importantes na quantificação volumétrica e avaliação de biomas, por ser uma variável de fácil acesso e servir de base para outros cálculos.

Figura 8- Medição do Diâmetro à Altura do Peito - DAP nas espécies vegetais. 2014



Fonte: Autor (2016)

¹¹ Data das imagens do Google Earth: setembro de 2007 e julho de 2014

Apresentação

Este capítulo apresenta os resultados obtidos com as análises do solo da cobertura da célula estudada e com as campanhas de campo para identificação das espécies vegetais. Apresenta resumidamente os resultados no contexto da literatura específica sobre resíduos sólidos e aterros sanitários.

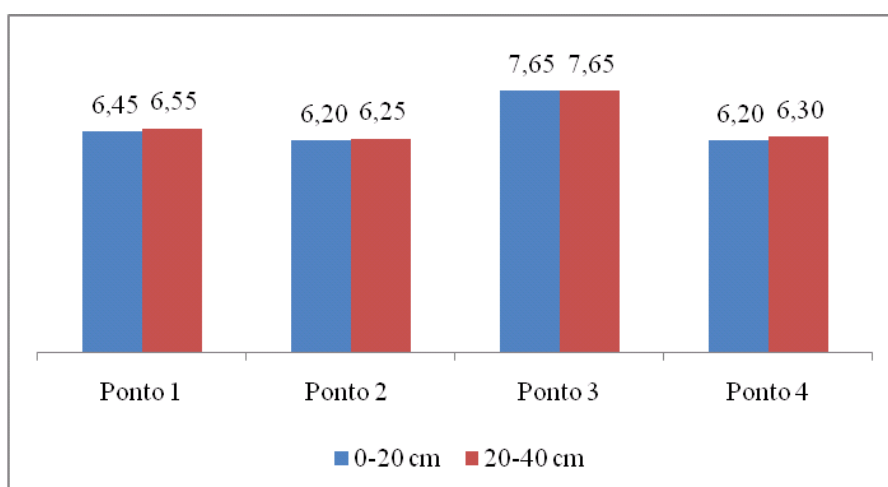
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 A fertilidade do solo de cobertura da célula estudada

A fertilidade do solo está relacionada ao seu potencial de produtividade (Novais et al., 2007), ou seja, envolve sua concentração de nutrientes e suas características físicas e biológicas. Nesse contexto, descrevem-se a seguir os resultados obtidos no estudo dos parâmetros escolhidos para avaliar a fertilidade do solo da célula estudada do ASMOC.

O pH do solo da célula do ASMOC (Figura 9) variou entre 6,20 (acidez baixa) e 7,65 (alcalinidade média), demonstrando para tal parâmetro condição favorável ao desenvolvimento dos vegetais.

Figura 9- Variação do pH nas amostras de solo da célula do ASMOC. 2014



Fonte: Autor (2016)

Os valores mais elevados do pH no solo podem ser atribuídos ao efeito alcalino do chorume gerado durante a decomposição dos RSU, que possui pH entre 7,8 e 8,2 (LAUERMANN, 2007).

Os valores do pH do solo estudado condizem com os resultados obtidos por Rosa, Dalmolin e Pedron (2011), cujo trabalho foi desenvolvido na Área de Descarte de Resíduos Sólidos Urbanos de Santa Catarina.

Observou-se que não houve grande variação do pH do solo com a profundidade. Já nos experimentos feitos por Andrade e Mahler (2000), no aterro de Santo Amaro, apesar da heterogeneidade do solo, verificou-se o aumento do pH com a faixa de profundidade, demonstrando a possibilidade de ter ocorrido ascensão do chorume.

Malavolta (2006) afirma que o pH é um importante indicador das condições químicas do solo, por possuir capacidade de interferir na disposição de vários elementos químicos essenciais ao desenvolvimento dos vegetais.

Camargos (2005) lembra que a baixa produção vegetal está relacionada à acidez ou a alcalinidade excessivas, mas nenhuma dessas duas condições foi detectada nesta pesquisa, considerando o pH.

Como pode ser observado na Figura 9, as amostras analisadas apresentaram acidez baixa, com exceção ao Ponto 3, que apresentou alcalinidade média. A baixa acidez pode ter várias origens, como poucos grupos ácidos presentes na matéria orgânica, baixo teor de Alumínio e não acidificação via mineralização da matéria orgânica, o que favorece o desenvolvimento das espécies vegetais, a exemplo, das espécies *Leucena (leucocephala)* e a *Mutamba (ulmifolia)*, identificadas na área estudada, que se adaptam em solos com pH próximos a neutralidade.

Brandão et al. (2011) e Moline et al. (2011) afirmam que a acidez dos solos diminui a disponibilidade de nutrientes como o Cálcio, Magnésio, Sódio e Potássio e aumenta a solubilidade de cátions tóxicos (Hidrogênio e Alumínio), o que afeta negativamente o desenvolvimento radicular das plantas.

Um fator que impede alterações acentuadas do pH é a capacidade de tamponamento do solo, que pode ser medida indiretamente pela Capacidade de Troca de Cátions - CTC (EMBRAPA, 2010). Nesta pesquisa, o Ponto 3 apresentou o maior pH (Figura 9) e também a maior CTC (Figura 19, página 60) enquanto que os Pontos 2 e 4 apresentaram menor pH e menor CTC.

Na literatura, Tabela 2, observa-se que os resultados do pH mantém estreita relação com o tipo de solo existente em cada área de disposição de resíduos sólidos estudada, o que restringe comparações.

Tabela 2- Resultados do pH dos solos encontrados na literatura

Autor(es)/ano	Resultados	Local estudado
Andrade e Mahler (2000)	4,0 a 7,1	Aterro Sanitário de Santo Amaro (São Paulo)
Meinerz et al. (2009)	6,22	Aterro Sanitário de Toledo (Paraná)
Matias e Costa (2012)	5,4 a 6,3	Aterro Controlado do Botuquara (Paraná)
Santos (2012)	7,0 e 7,3	Aterro Sanitário de Caucaia (Ceará)
Alcântara (2010)	5,42 e 5,72	Área de Disposição Final do Município de Cáceres (Mato Grosso)

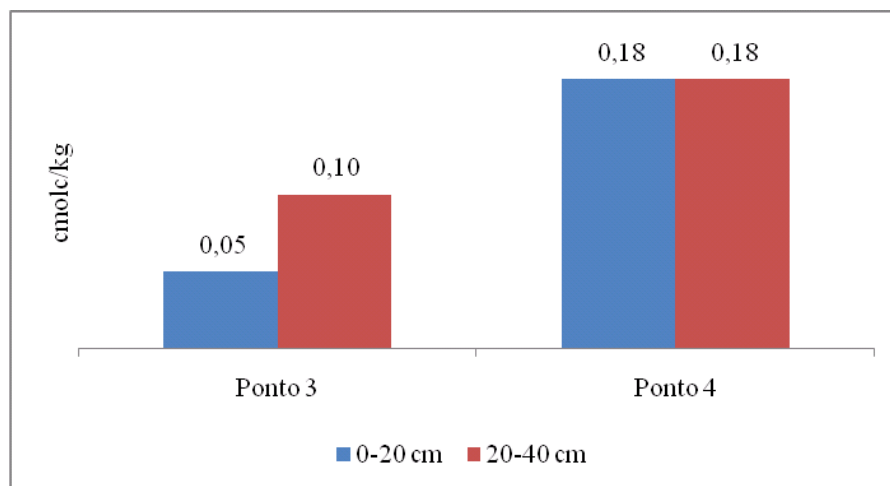
Fonte: Autor (2016)

A concentração de Alumínio no solo célula do ASMOC (Figura 10) foi detectada apenas nos Pontos 3 e 4: 0,05 e 0,18 cmolc/kg, respectivamente. Observou-se ainda que não houve variação significativa da concentração do Alumínio em relação à profundidade do solo.

Valores tão baixos mantêm relação com os resultados do pH e não afetam negativamente os vegetais, pois o Alumínio não está disponível no sistema solo-planta. Conforme a EMBRAPA (2010), o solo possui tanto mais Alumínio quanto maior for o teor em argila caolinítica, uma vez que o Alumínio é parte integrante e predominante dessa argila mineral (relação 1:1).

Como explicam Salet, Anghinoni e Kochhann (1999) apud MACEDO et al. (2011), o Alumínio no solo apresenta uma maior atividade quando o pH diminui abaixo de 5,5 (resultados do solo da célula do ASMOC para o pH: 6,20 - 7,65), ocasionando maior potencialização dos efeitos fitotóxicos e insalubres desse elemento às culturas.

Figura 10- Variação do Alumínio nas amostras do solo da célula do ASMOC. 2014



Fonte: Autor (2016)

Na literatura, Tabela 3, observa-se que os resultados do Alumínio mantém estreita relação com o tipo de solo existente em cada área de disposição de resíduos sólidos estudada, o que restringe comparações.

Tabela 3- Resultados do Alumínio dos solos encontrados na literatura

Autor(es)/ano	Resultados cmolc/kg	Local estudado
Alcântara (2010)*	1,00 e 0,55	Área de Disposição Final do Município de Cáceres (Mato Grosso)
Magalhães (2005)	0,01 a 0,02	Aterro Sanitário de Belo Horizonte
Meinerz et al. 2009*	0,006 a 0,08	Aterro Sanitário de Toledo (Paraná)
Zanello, Melo e Wowk (2009)	0,1 a 0,3	Aterro Sanitário da Caximba em Curitiba (Paraná)
Rosa, Dalmolin e Pedron (2011)	0,6 a 3,0	Área de Descarte de Resíduos Sólidos Urbanos de Santa Catarina

* unidade convertida para a utilizada neste trabalho.

Fonte: Autor (2016)

Conforme destacado pela EMBRAPA (2010), a interpretação da acidez depende dos valores da CTC, os quais variam de solo para solo. Um valor alto no teor de Alumínio em um solo

arenoso pode ser desprezível em um argiloso. Então, para se avaliar corretamente a toxidez por Alumínio deve-se calcular a Saturação por Alumínio (m%), que nesta pesquisa, correspondeu a no máximo 4,5% (Ponto 4), ou seja, concentração não prejudicial segundo a classificação de Osaki (1991) apud EMBRAPA (2010).

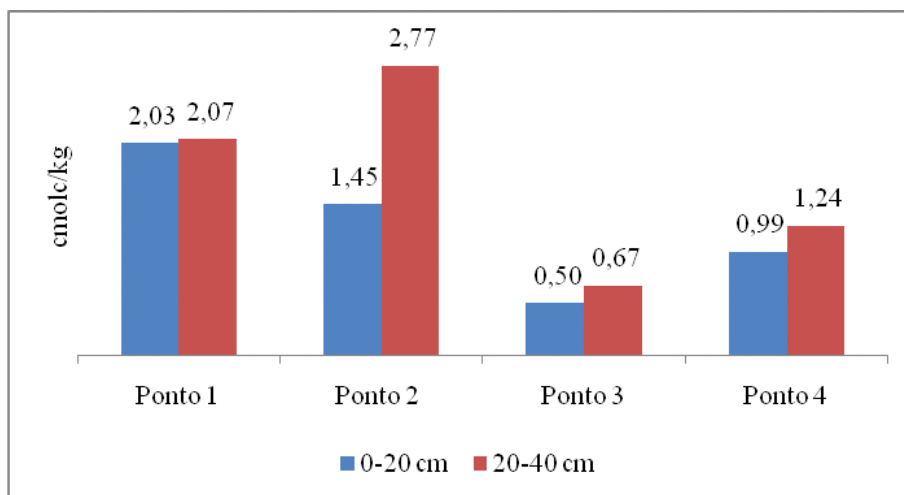
Conforme a EMBRAPA (2004), a saturação por Alumínio é considerada um dos melhores índices para estimar o nível de toxidez de Alumínio nos solos tropicais, sendo considerado tóxico a partir de 10% (cultura de feijão), 20% (soja e sorgo), 25 a 30% (milho) e 70% (arroz).

A toxicidade do Alumínio causa paralisação do crescimento, engrossamento das raízes e altera a absorção e utilização de diversos nutrientes essenciais, especialmente o fósforo (COSTA e ZOCCHÉ, 2009).

Como o pH variou entre 6,20 e 7,65 e a concentração do Alumínio variou entre 0,05 e 0,18 cmolc/kg, a acidez potencial ($H^+ + Al^{3+}$) do solo da célula do ASMOC foi enquadrada como baixa (entre 0,50 e 2,77 cmolc/kg), não limitando o crescimento das raízes nem lixiviando nutrientes livres.

A Figura 11 mostra que houve aumento da acidez potencial com a profundidade, em todos os pontos. Geralmente, a acidez potencial aumenta com a profundidade à medida que ocorre a redução da matéria orgânica, como constatado na Figura 20, e a influência desta no comportamento do Alumínio.

Figura 11- Variação da Acidez Potencial nas amostras do solo da célula do ASMOC. 2014



Fonte: Autor (2016)

Na literatura, Tabela 4, observa-se que os resultados da acidez potencial mantém estreita relação com o tipo de solo existente em cada área de disposição de resíduos sólidos estudada, o que restringe comparações.

Tabela 4- Resultados da Acidez Potencial dos solos, na literatura

Autor(es)/ano	Resultados (cmolc/kg)	Local estudado
Resende et al. (2013)*	1,54	Aterro Controlado de Inconfidentes (Minas Gerais)
Magalhães (2005)	0,61 a 1,49	Aterro Sanitário de Belo Horizonte
Meinerz et al. (2009)*	1,53 a 3,57	Aterro Sanitário de Toledo (Paraná)
Zanello, Melo e Wowk (2009)	3,7 a 4,9	Aterro Sanitário da Caximba em Curitiba (Paraná)
Rosa, Dalmolin e Pedron (2011)	2,6 a 4,9	Área de Descarte de Resíduos Sólidos Urbanos de Santa Catarina

* unidade convertida para a utilizada neste trabalho.

Fonte: Autor (2016)

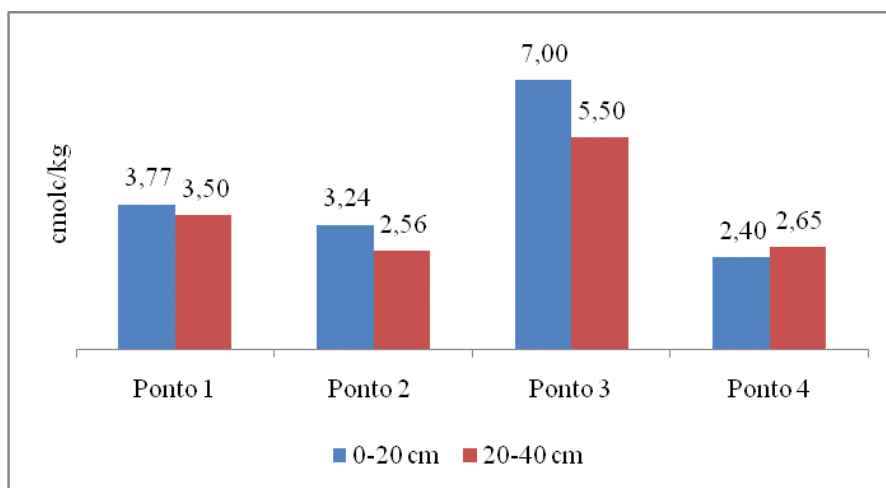
Em relação à concentração dos nutrientes, o Cálcio foi o parâmetro que apresentou maior concentração (2,40 - 7,00 cmolc/kg), classificando-se como médio e alto¹², indicando um solo com boa qualidade agrônômica quanto a este parâmetro, podendo ser explicado pelo tipo de material utilizado na cobertura final, como também concluiu Magalhães et al. (2005). Pela

¹² Interpretação baseada em Aquino et al. (1993).

Figura 12 observou-se que houve diminuição da sua concentração com a profundidade em três Pontos (1, 2 e 3); comportamento semelhante foi verificado por Teixeira et al. (2006)¹³.

A redução do Cálcio com a profundidade pode ser consequência da lixiviação decorrente das chuvas ou de sua precipitação em formas insolúveis. Os resultados mostraram que o solo do ASMOC é rico em Cálcio, o que favorece a formação de ácidos húmicos e consequentemente reduz o teor de matéria orgânica (PRIMAVESI, 2002). Isso explica, em parte, os resultados encontrados para a matéria orgânica do solo estudado - classificada como baixa (Figura 20).

Figura 12- Variação do Cálcio nas amostras do solo da célula do ASMOC. 2014



Fonte: Autor (2016)

Segundo Primavesi (2002), quando a matéria orgânica é humificada há aumento da Capacidade de Troca de Cátions do solo e do poder tampão do solo, que contribuem não somente para a respiração como para maior adsorção de Fósforo.

O Cálcio e o Magnésio são macronutrientes secundários, o que não significa dizer que sejam menos necessários às plantas do que os nutrientes exigidos em maior quantidade tais como: Nitrogênio, Fósforo e Potássio. O Cálcio melhora a estrutura, a permeabilidade e a infiltração de água no solo e ajuda a planta a suportar o estresse por salinidade. Por isso, é importante manter o equilíbrio do cálcio com os outros cátions do solo para evitar o antagonismo e a competição (KLAUS, 2007).

¹³ Os autores não estudaram solo de aterro sanitário ou similar.

Segundo Primavesi (2002) reconhece-se, pois, como condição básica de produtividade do solo seu tecimento adequado com água, oxigênio e Cálcio ao lado dos outros nutrientes.

Segundo Serrat et al. (2002), o Cálcio colabora com a estrutura da planta, estimula o desenvolvimento das raízes, aumenta a resistência a pragas e moléstias, promove maior pegamento das floradas e ajuda na fixação simbiótica de Nitrogênio.

A deficiência de Cálcio, segundo Santos (2012), pode provocar baixo crescimento da raiz e da atividade microbiana, reduzir a resistência da planta à toxicidade, além de estresse hídrico e nutricional; o que provavelmente não foi observado nesta pesquisa.

Quaggio (2000) apud PRADO e NATALE (2004) acrescenta que a absorção de Cálcio ocorre apenas nas partes mais novas da raiz, havendo, assim, necessidade de absorção contínua deste nutriente para assegurar o desenvolvimento do sistema radicular, o que implica na distribuição adequada do Cálcio no solo

Na literatura, Tabela 5, observa-se que os resultados do Cálcio mantém estreita relação com o tipo de solo existente em cada área de disposição de resíduos sólidos estudada, o que restringe comparações.

Tabela 5- Resultados do Cálcio dos solos, na literatura

Autor(es)/ano	Resultados cmolc/kg	Local estudado
Resende et al. (2013)*	1,6	Aterro Controlado de Inconfidentes (Minas Gerais)
Andrade e Mahler (2000)*	1,5 a 5,2	Aterro Sanitário de Santo Amaro (São Paulo)
Magalhães (2005)*	2,3 a 5,49	Aterro Sanitário de Belo Horizonte
Meinerz et al. (2009)*	3,73	Aterro Sanitário de Toledo (Paraná)
Santos (2012)	2,26 e 5,42	Aterro Sanitário de Caucaia (Ceará)
Rosa, Dalmolin e Pedron (2011)	0,5 a 3,6	Área de Descarte de Resíduos Sólidos Urbanos de Santa Catarina

* unidade convertida para a utilizada neste trabalho.

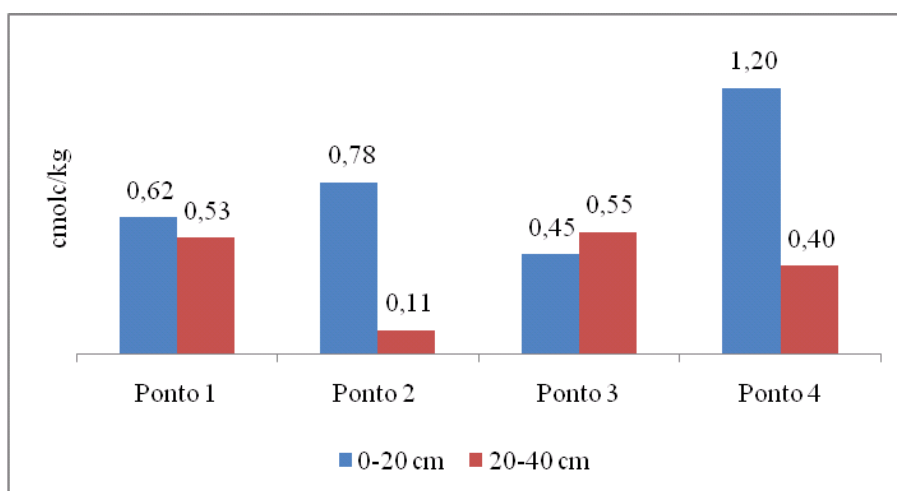
Fonte: Autor (2016)

A concentração de Magnésio do solo da célula do ASMOC variou de 0,11 a 1,20 cmolc/kg (médio e alto)¹⁴ como se observa na Figura 13. Observou-se ainda que houve diminuição da sua concentração com a profundidade, em três pontos; comportamento semelhante foi verificado por Teixeira et al. (2006)¹⁵.

Os sítios de adsorção no solo são geralmente ocupados pelo Cálcio, por isso a concentração de Magnésio é menor (AMARAL, PIRES e FERRARI, 2014), facilmente constatado na comparação das Figuras 12 e 13.

De acordo com Novais et al. (2007), o Magnésio é absorvido pela planta na forma iônica da solução do solo e acessado pelas raízes principalmente pelos mecanismos de interceptação radicular e fluxo de massa. A absorção de Magnésio está associada, também, às suas relações de equilíbrio com Cálcio e Potássio na solução do solo.

Figura 13- Variação do Magnésio nas amostras do solo da célula do ASMOC. 2014



Fonte: Autor (2016)

Segundo Aquino et al. (1993), o Magnésio é parte essencial da molécula da clorofila, promovendo a formação de açúcares e lipídeos, atua como carregador do Fósforo nas membranas celulares e auxilia a absorção de outros nutrientes.

Marques et al. (2004) enfatizam que, ao contrário do que ocorre com o Cálcio e semelhante ao Potássio, o Magnésio é móvel no floema, desta forma os sintomas de deficiência do nutriente

¹⁴ Interpretação baseada em Aquino et al. (1993).

¹⁵ Os autores não estudaram solo de aterro sanitário ou similar.

manifestam-se primeiro nas folhas mais velhas, que apresentam uma coloração diferente da normal (verde pálido ou amarelado), conhecida como clorose.

Na literatura, Tabela 6, observa-se que os resultados do Magnésio mantêm estreita relação com o tipo de solo existente em cada área de disposição de resíduos sólidos estudada, o que restringe comparações.

Tabela 6 - Resultados do Magnésio dos solos, na literatura

Autor(es)/ano	Resultados cmolc/kg	Local estudado
Resende et al. (2013)*	0,89	Aterro Controlado de Inconfidentes (Minas Gerais)
Andrade e Mahler (2000)*	0,8 a 3,5	Aterro Sanitário de Santo Amaro (São Paulo)
Magalhães (2005)*	0,25 a 1,71	Aterro Sanitário de Belo Horizonte
Meinerz et al. (2009)*	1,05	Aterro Sanitário de Toledo (Paraná)
Santos (2012)	2,20 e 3,20	Aterro Sanitário Metropolitano Oeste de Caucaia (Ceará)
Zanello, Melo e Wowk (2009)	4,0 a 5,5	Aterro Sanitário da Caximba em Curitiba (Paraná)

* unidade convertida para a utilizada neste trabalho.

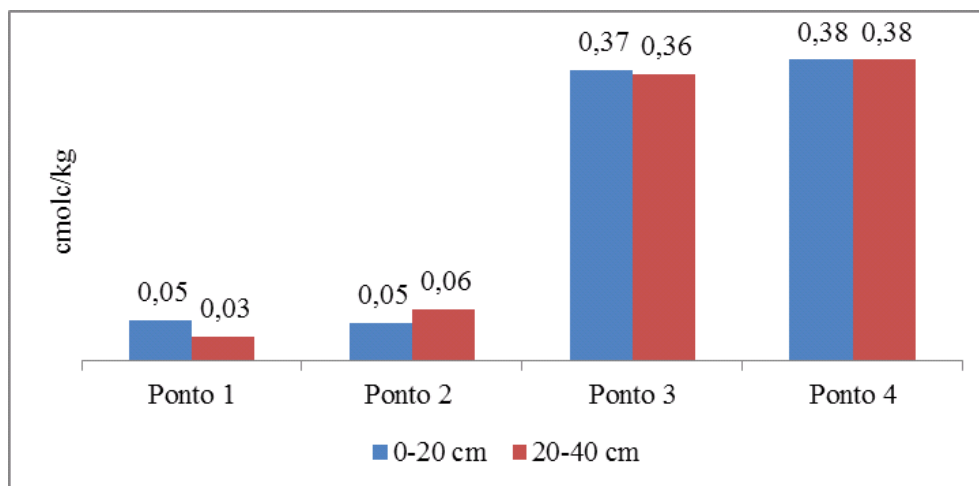
Fonte: Autor (2016)

A concentração de Sódio no solo da célula do ASMOC variou de 0,03 a 0,38 cmolc/kg (Figura 14), o que caracteriza o solo estudado como um solo normal, ou seja, não sódico, o que é confirmado por suas propriedades químicas tais como: pH (menor que 8,5), condutividade elétrica (menor que 4 dS/m) e percentagem de sódio trocável (menor que 15%)¹⁶.

O processo de salinização do solo, fenômeno comum nas regiões semiáridas, poderá causar prejuízos aos vegetais se a acumulação excessiva de sais ocorrer em camadas do solo em contato com as raízes das plantas (AQUINO et al., 1993), entretanto, conforme supracitado, esse fenômeno não ocorre no ASMOC.

¹⁶ Interpretação baseada em Aquino et al. (1993).

Figura 14- Variação do Sódio nas amostras do solo da célula do ASMOC. 2014



Fonte: Autor (2016)

Na literatura, Tabela 7, observa-se que os resultados do Sódio mantêm estreita relação com o tipo de solo existente em cada área de disposição de resíduos sólidos estudada, o que restringe comparações.

Tabela 7 - Resultados do Sódio dos solos, na literatura

Autor(es)/ano	Resultados cmolc/kg	Local estudado
Zanello, Melo e Wowk (2009)	0,1 a 0,3	Aterro Sanitário da Caximba em Curitiba (Paraná)
Rosa, Dalmolin e Pedron (2011)	0,01 a 0,73	Área de Descarte de Resíduos Sólidos Urbanos de Santa Catarina

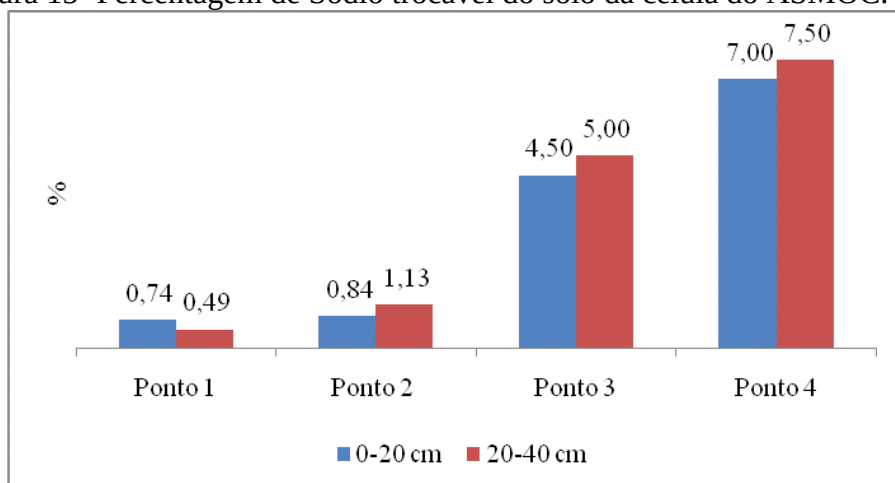
* unidade convertida para a utilizada neste trabalho.

Fonte: Autor (2016)

A Percentagem de Sódio Trocável (PST) variou de 0,49 a 7,50% (Figura 15), o que caracteriza o solo como não-sódico. Pela Figura 15 observa-se que a PST aumentou com a profundidade em três pontos, o que pode refletir o processo de lavagem dos sais da camada mais superficial do solo (AMORIM et al., 2010), o que não chega a ser preocupante, pois trata-se de baixas concentrações, ou seja, não haverá prejuízos a zona radicular das plantas¹⁷.

¹⁷ Interpretação baseada em Chaves et al. (1998).

Figura 15- Percentagem de Sódio trocável do solo da célula do ASMOC. 2014



Fonte: Autor (2016)

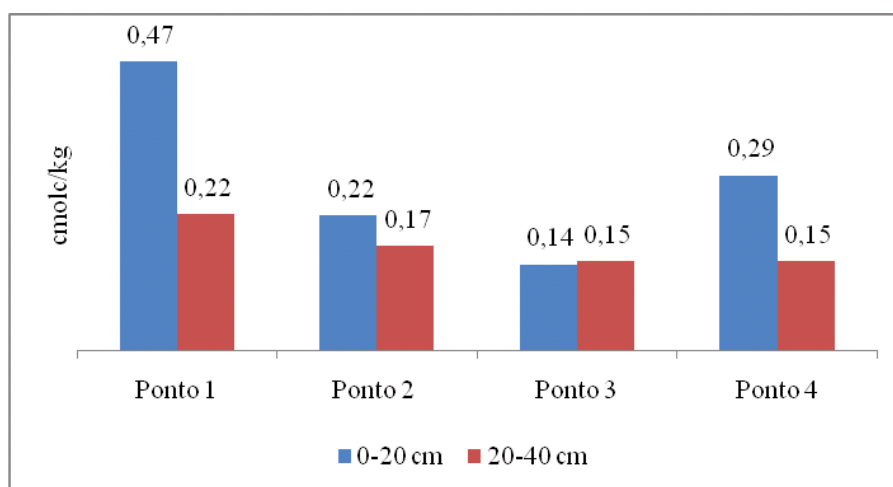
Freitas Silva et al. (2010) desenvolveram um trabalho cujo objetivo era avaliar as alterações na concentração do Sódio em um solo submetido à aplicação de percolado de RSU. Constataram valores de PST abaixo de 15% [valor considerado indicador de sodicidade do solo]. Concluíram que a concentração de sódio se manteve em níveis considerados aceitáveis e que não coloca em risco a qualidade do solo no que se refere ao problema de salinização/sodificação. Indiretamente, essa conclusão pode ser aplicada à célula do ASMOC estudada quanto ao PST.

Amorim et al. (2010) afirmam que o excesso de sais solúveis e/ou sódio trocável dificulta a absorção de água do solo pelas plantas, induz à toxicidade de íons específicos, causa desequilíbrio nutricional e impede a infiltração de água no solo, provocando redução do crescimento e diminuição do rendimento das culturas.

As concentrações de Potássio (Figura 16) variaram entre 0,14 e 0,47 cmolc/kg, ou seja, muito baixo¹⁸. Os solos brasileiros são pobres em Potássio, cujo teor médio varia com o material de origem e as perdas ou ganhos sofridos.

¹⁸ Classificação feita conforme Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (1999).

Figura 16- Variação do Potássio do solo da célula do ASMOC. 2014



Fonte: Autor (2016)

Os baixos teores do Potássio podem ser atribuídos a percentagem de areia do solo (22 a 28%)¹⁹, bem como os baixos teores de matéria orgânica (4,42 e 18,08 g/kg), o que implica em baixa capacidade de armazenar o elemento, que é lixiviado facilmente (KINPARA, 2003 e LOPES e GUILHERME, 2004).

Observou-se ainda que houve diminuição do parâmetro com a profundidade em três pontos (1, 2 e 4); comportamento semelhante foi verificado por Teixeira et al. (2006)²⁰.

Faquin (2005) explica que o Potássio, por ser um íon monovalente, sofre inibição ao competir com cátions bivalentes, por exemplo, o Cálcio e o Magnésio. Esta relação é perceptível comparando as Figuras 12 e 13 com a Figura 16, principalmente no ponto 3.

De acordo com Primavesi (2002), o Potássio é tido como um dos elementos que mais aumenta a resistência das plantas contra doenças, por aumentar a respiração, e com isso a absorção de outros nutrientes, contribuindo para a viscosidade maior do plasma celular.

Os íons de Potássio desempenham um importante papel na regulação do potencial osmótico das células vegetais, além de ativar muitas enzimas envolvidas na respiração e na fotossíntese (TAIZ E ZEIGER, 2004 apud GARCIA et al., 2007). Já a deficiência de Potássio reduz o crescimento das plantas, as folhas novas afilam e as velhas apresentam amarelecimento das

¹⁹ Valores encontrados por Santos (2012)

²⁰ Os autores não estudaram solo de aterro sanitário ou similar.

bordas, tornando-se amarronzadas e necrosadas. O amarelecimento geralmente progride das bordas para o centro das folhas.

Segundo Serrat et al. (2002), o Potássio aumenta o teor de açúcares, óleos, gorduras e proteínas; aumenta a resistência às secas, geadas, pragas e moléstias; melhora a utilização de água; estimula o enchimento de grãos, diminuindo o chochamento; estimula a vegetação e perfilhamento em gramíneas e ajuda na fixação simbiótica de nitrogênio.

Os resultados do Potássio do solo do ASMOC situaram-se dentro da literatura, como se observa na Tabela 8.

Tabela 8 - Resultados do Potássio dos solos, na literatura

Autor(es)/ano	Resultados cmolc/kg	Local estudado
Alcântara (2010)*	48,47 e 83,02	Área de Disposição Final do Município de Cáceres (Mato Grosso)
Resende et al. (2013)*	103	Aterro Controlado de Inconfidentes (Minas Gerais)
Rosa, Dalmolin e Pedron (2011)	0,03 a 0,80	Área de Descarte de Resíduos Sólidos Urbanos de Santa Catarina
Zanello, Melo e Wowk (2009)	0,1 a 0,4	Aterro Sanitário da Caximba em Curitiba (Paraná)
Meinerz et al. (2009)*	18,96	Aterro Sanitário de Toledo (Paraná)
Santos (2012)	1,21 e 1,32	Aterro Sanitário Metropolitano Oeste de Caucaia (Ceará)

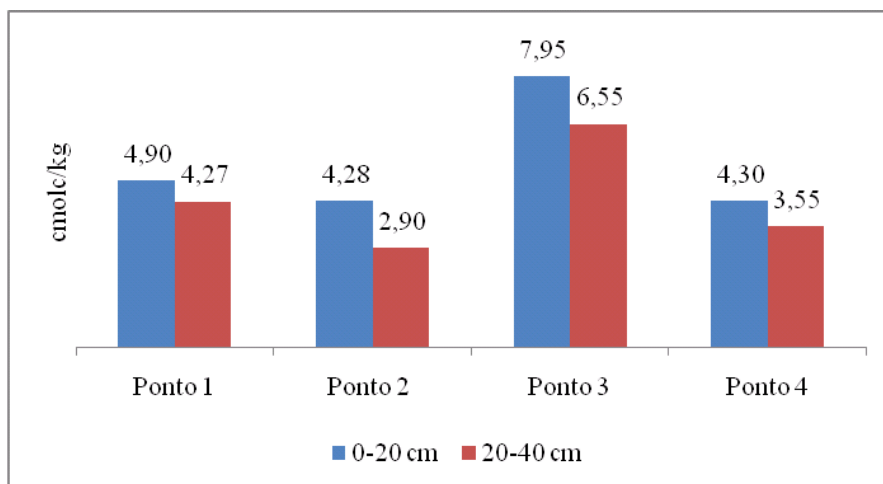
* unidade convertida para a utilizada neste trabalho.

Fonte: Autor (2016)

A Soma de Bases - SB (Cálcio + Magnésio + Sódio + Potássio) variou entre 2,90 e 7,95 cmolc/kg (Figura 17), classificando-se como média e alta²¹. A soma de bases indica o número de cargas negativas dos colóides que estão ocupados por bases, o que significa que há uma boa quantidade de cátions no solo, ou seja, o solo não é pobre em nutrientes. Observou-se ainda que houve diminuição do parâmetro com a profundidade em todos os pontos (Figura 17).

²¹ Interpretação baseada em Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (1999).

Figura 17- Variação da Soma de Bases nas amostras do solo da célula do ASMOC. 2014



Fonte: Autor (2016)

Os resultados da SB permitiram entender que o solo estudado apresenta condição natural de fertilidade, o que é confirmado com o resultado da Saturação por Base (Figura 18), que classifica o solo como eutrófico (fértil).

Os resultados da Soma de Bases do solo do ASMOC situaram-se dentro da literatura, como se observa na Tabela 9.

Tabela 9 - Resultados da Soma de Bases dos solos encontrados na literatura

Autor(es)/ano	Resultados cmolc/kg	Local estudado
Alcântara (2010)*	0,70 e 1,06	Área de Disposição Final do Município de Cáceres (Mato Grosso)
Resende et al. (2013)*	2,65	Aterro Controlado de Inconfidentes (Minas Gerais)
Magalhães (2005)*	2,71 a 9,53	Aterro Sanitário de Belo Horizonte
Meinerz et al. (2009)*	6,27	Aterro Sanitário de Toledo (Paraná)
Santos (2012)	7, 1 e 8,7	Aterro Sanitário Metropolitano Oeste de Caucaia (Ceará)

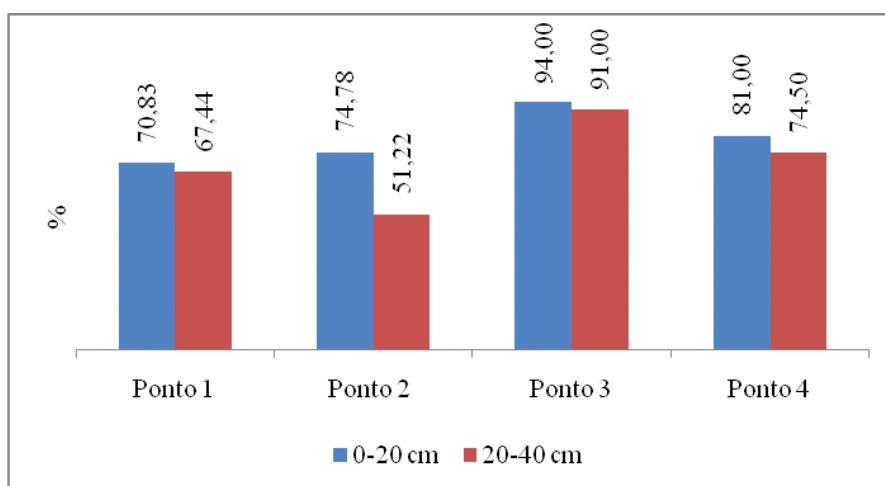
* unidade convertida para a utilizada neste trabalho.

Fonte: Autor (2016)

A Saturação por Base (V%) do solo estudado variou entre 51,22 e 94,00% (Figura 18), classificando-se como média e muito alta²². Observou-se ainda que houve diminuição do parâmetro com a profundidade em todos os pontos; comportamento semelhante foi verificado por Teixeira et al. (2006)²³.

A Saturação por Base é um excelente indicativo das condições gerais de fertilidade do solo, sendo utilizada até como complemento na nomenclatura dos solos (EMBRAPA, 2010). Ela pode ser definida como a proporção da CTC ocupada por bases trocáveis (Cálcio, Magnésio, Potássio), comparada com o Hidrogênio (responsável pela acidez) e Alumínio, que é tóxico (SERRAT et al., 2002). Desta forma, o solo estudado não é deficiente em Cálcio, Magnésio e Potássio, há baixa predominância de Hidrogênio e Alumínio no complexo de troca.

Figura 18- Variação da Saturação por Base do solo da célula do ASMOC. 2014



Fonte: Autor (2016)

A classificação dos solos apresentada por Serrat et al. (2002) e pela EMBRAPA (2010) e o trabalho de Amaral, Pires e Ferrari (2014), permitem enquadrar o solo estudado como eutrófico (fértil), pois em todas as amostras os valores de V% superaram 50%, como se observou na Figura 18. Esse resultado indica condições adequadas para algumas culturas encontradas na célula estudada, segundo Luz, Ferreira e Bezerra (2002): leguminosas em geral, mamona, leucena e plantas ornamentais herbáceas e arbustivas (V = 60%).

²² Interpretação baseada em Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (1999).

²³ Os autores não estudaram solo de aterro sanitário ou similar.

No que diz respeito à produtividade, cerca de 50% a 60% da saturação por bases é considerada adequada para a maioria dos cereais, e de 60% a 70%, adequada para a maioria das leguminosas (EMBRAPA, 2004).

Considerando Lopes e Guilherme (2004), pode-se entender que o solo da célula do ASMOC apresenta mais colóides ocupados com bases que com ácidos.

Os resultados da Saturação por Base do solo do ASMOC situaram-se dentro da literatura, como se observa na Tabela 10.

Tabela 10- Resultados da Saturação por Bases dos solos, na literatura

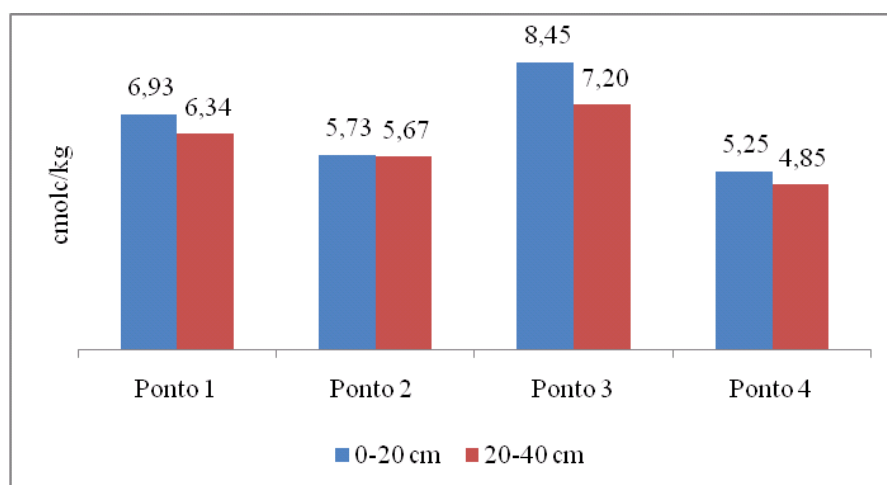
Autor(es)/ano	Resultados %	Local estudado
Resende et al. (2013)	63,7	Aterro Controlado de Inconfidentes (Minas Gerais)
Matias e Costa (2012)	92,2 a 97,1	Aterro Controlado do Botuquara (Paraná)
Magalhães (2005)	73,29 a 91,51	Aterro Sanitário de Belo Horizonte
Rosa, Dalmolin e Pedron (2011)	42 a 94	Área de Descarte de Resíduos Sólidos Urbanos de Santa Catarina
Santos (2012)	96 a 100	Aterro Sanitário Metropolitano Oeste de Caucaia (Ceará)

Fonte: Autor (2016)

A Capacidade de Troca de Cátions nas amostras do solo da célula do ASMOC variou entre 4,85 e 8,45 cmolc/kg (Figura 19), classificando-se como alta e muito alta²⁴. Resultados próximos aos de Santos (2012): 7,4 - 8,7.

²⁴ Interpretação baseada em Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (1999) e Cotta, Rezende e Piovani (2006).

Figura 19- Capacidade de Troca de Cátions do solo da célula do ASMOC. 2014



Fonte: Autor (2016)

Observou-se ainda que houve diminuição do parâmetro com a profundidade em todos os pontos; comportamento semelhante foi verificado por Teixeira et al. (2006)²⁵.

A redução da CTC com a profundidade está diretamente relacionada com o teor de matéria orgânica, que também diminuiu em todos os pontos conforme pode se observar na Figura 20. Tal relação, também foi observada por Matias e Costa (2012).

Conforme explicam Matias e Costa (2012), a dependência que a CTC apresenta da matéria orgânica pode ser um problema, já que ela sofre degradação, liberando os metais que estão retidos. Os danos causados dependem da velocidade de degradação, que pode ser avaliada pela relação Carbono:Nitrogênio.

A CTC é uma característica físico-química fundamental ao manejo adequado da fertilidade do solo. De acordo com Lopes e Guilherme (2004), este parâmetro indica a quantidade de íons positivos (cátions) que o solo é capaz de reter em determinadas condições e permutar por quantidades estequiométricas equivalentes de outros cátions.

A CTC também mantém relação direta com o poder tampão do solo, ou seja, com a capacidade do solo resistir às mudanças bruscas de pH. As argilas minerais, as substâncias húmicas e os óxidos de Ferro e Alumínio são os principais colóides responsáveis pela CTC dos solos sob condições tropicais (EMBRAPA, 2010).

²⁵ Os autores não estudaram solo de aterro sanitário ou similar.

Quando existe baixo teor de matéria orgânica a CTC está relacionada à fração argila existente no solo (CHAVES et al. 2004). Santos (2012) encontrou no solo do ASMOC entre 18 - 25% de argila.

Conforme os autores citados por Costa, Torino e Rak (1999), a argila que permite tal CTC é uma argila silicatada caulínica e o solo é um latossolo.

Os resultados da Capacidade de Troca de Cátions do solo do ASMOC situaram-se dentro da literatura, como se observa na Tabela 11.

Segundo Freire (1997) e EMBRAPA (2010), quanto maior a concentração de matéria orgânica maior a CTC. A matéria orgânica aumenta o poder tampão do solo e diminui o perigo de desequilíbrios minerais [...] (EMBRAPA, 2010).

Tabela 11- Resultados da Capacidade de Troca de Cátions dos solos, na literatura

Autor(es)/ano	Resultados cmolc/kg	Local estudado
Resende et al. (2013)*	4,27	Aterro Controlado de Inconfidentes (Minas Gerais)
Matias e Costa (2012)	3,0 e 6,0	Aterro Controlado do Botuquara (Paraná)
Magalhães (2005)*	3,77 a 7,49	Aterro Sanitário de Belo Horizonte
Meinerz et al. (2009)*	7,74	Aterro Sanitário de Toledo (Paraná)
Santos (2012)	7,4 e 8,7	Aterro Sanitário Metropolitano Oeste de Caucaia (Ceará)
Zanello, Melo e Wowk (2009)	16,0 a 19,6	Aterro Sanitário da Caximba em Curitiba (Paraná)
Rosa, Dalmolin e Pedron (2011)	4,0 a 9,7	Área de Descarte de Resíduos Sólidos Urbanos de Santa Catarina

* unidade convertida para a utilizada neste trabalho.

Fonte: Autor (2016)

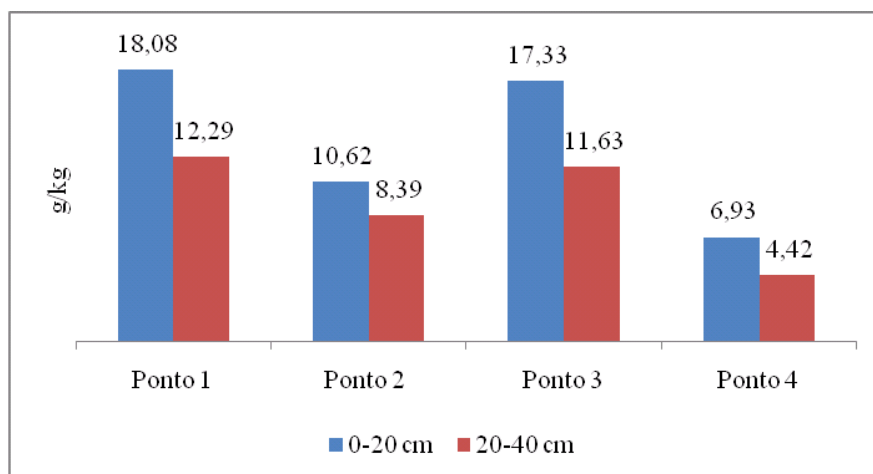
Nesta pesquisa, o teor de matéria orgânica (Figura 20) variou entre 4,42 e 18,08 g/kg (baixo²⁶). Observou-se ainda que houve diminuição do parâmetro com a profundidade em todos os Pontos, provavelmente devido a maior distância da zona de influência da cobertura vegetal; comportamento semelhante também foi verificado por Alcantara (2010).

Vale destacar que de acordo com Dias (2012) a matéria orgânica possui alta afinidade por metais, como Zinco e Cobre, formando complexos de superfície e complexos solúveis, sendo fundamental para o armazenamento e disponibilidade destes para as plantas.

O teor de matéria orgânica, conforme pesquisa feita no endereço eletrônico²⁷ do Instituto Agrônomo de Campinas é útil para dar ideia da textura do solo e, até 15 g/kg indicam solos arenosos, concordando com a classificação feita anteriormente por Santos (2012).

Novais et al. (2007) afirmam que a matéria orgânica pode ser considerada o indicador mais simples e entre os mais importantes para se medir a qualidade do solo [...]. Alguns dos benefícios proporcionados pela matéria orgânica são: estabilizar e agregar partículas de solo, reduzindo a erosão; fonte de carbono e energia para os microrganismos do solo; melhorar o fluxo de água e de ar no solo; fixar carbono da atmosfera e de outras fontes [...].

Figura 20- Variação da MO nas amostras do solo da célula do ASMOC. 2014



Fonte: Autor (2016)

²⁶ Interpretação baseada em Borges e Souza (2011) e Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (1999)

²⁷ <http://www.iac.sp.gov.br/produtoseservicos/analisedosolo/interpretacaoanalise.php>.

Os resultados da matéria orgânica do solo do ASMOC situaram-se dentro dos limites da literatura, como se observa na Tabela 12.

Tabela 12- Resultados da Matéria Orgânica dos solos, na literatura

Autor(es)/ano	Resultados g/kg	Local estudado
Resende et al. (2013)*	0,89	Aterro Controlado de Inconfidentes (Minas Gerais)
Matias e Costa (2012)*	9 e 21	Aterro Controlado do Botuquara (Paraná)
Andrade e Mahler (2000)*	3,1 a 7,2	Aterro Sanitário de Santo Amaro (São Paulo)
Meinerz et al. (2009)	31,05	Aterro Sanitário de Toledo (Paraná)
Santos (2012)	6,69 e 9,41	Aterro Sanitário Metropolitano Oeste de Caucaia (Ceará)

* unidade convertida para a utilizada neste trabalho.

Fonte: Autor (2016)

A fertilidade depende da matéria orgânica que o solo possui visto que ela é uma fonte de nutrientes, aumenta o número de microorganismos, aumenta a CTC, além de liberar substâncias húmicas. O efeito dos ácidos húmicos na planta tem sido verificado tanto na germinação de sementes quanto no aumento do sistema radicular, com efeitos significativos no aumento da produtividade.

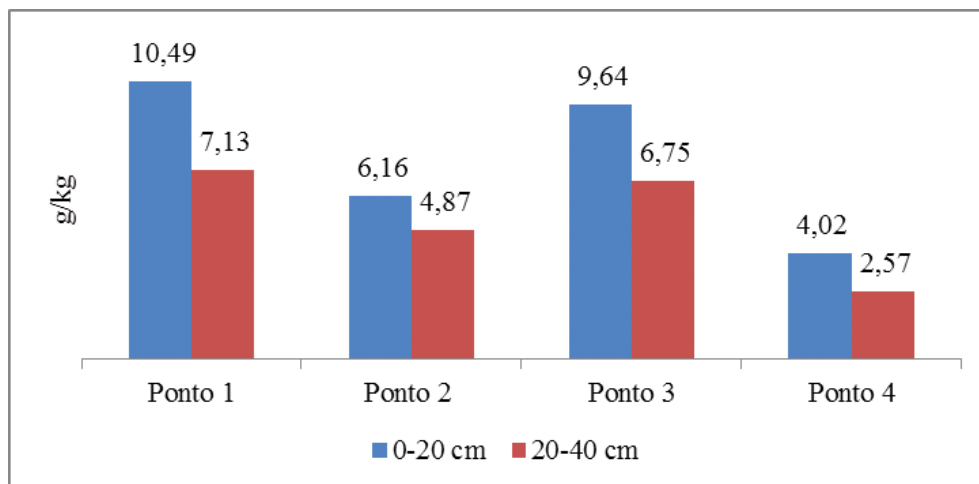
A concentração de Carbono no solo da célula estudada (Figura 21) mantém relação direta com o teor de matéria orgânica. Nesta pesquisa, o teor de Carbono variou entre muito baixo (2,57 g/kg) e baixo (10,49 g/kg)²⁸. Observou-se ainda que houve diminuição do parâmetro com a profundidade em todos os pontos, concordando com Castro (2008), Rodrigues et al. (2003), Rossi et al. (2010) e Batista et al. (2013). A redução do Carbono com a profundidade pode ser explicada pela deposição de material vegetal na camada superficial.

Teores baixos de Carbono podem ter relação com a presença de materiais de difícil decomposição devido à alta relação C:N, maior teor celulose e lignina (FONTANA et al.

²⁸ Interpretação baseada em Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (1999).

2005)²⁹. Pode também ter relação com a fração areia³⁰ que existe no solo, já que esta não protege a matéria orgânica dos agentes de decomposição, o que resulta em menores teores de Carbono.

Figura 21- Variação do Carbono nas amostras do solo da célula do ASMOC. 2014



Fonte: Autor (2016)

Autores citados por Machado (2005) destacam que o estoque de Carbono de um solo sob vegetação natural representa o balanço dinâmico entre a adição de material vegetal morto e a perda pela decomposição ou mineralização.

Alguns autores citados por Ebeling et al. (2011) encontraram coeficiente de variação do Carbono em torno de 61 a 70,6% [solo da célula do ASMOC: 76%] e justificaram que essa grande variação está relacionada às condições ambientais dos locais de amostragem e à própria heterogeneidade das camadas de depósitos orgânicos, refletindo, portanto, variações de cobertura vegetal, clima, água e umidade, ao longo do tempo.

Os resultados do Carbono do solo do ASMOC situaram-se dentro dos limites da literatura, como se observa na Tabela 13.

²⁹ Os autores não estudaram solo de aterro sanitário ou similar

³⁰ Santos (2012) encontrou no solo do ASMOC de 22 - 28% de areia fina, 11 - 18% de areia média e 5 - 9% de areia grossa.

Tabela 13- Resultados do Carbono dos solos encontrados na literatura

Autor(es)/ano	Resultados (g/kg)	Local estudado
Matias e Costa (2012)*	5 a 12	Aterro Controlado de Botuquara (Paraná)
Santos (2012)	3,30 e 5,46	Aterro Sanitário Metropolitano Oeste de Caucaia (Ceará)
Zanello, Melo e Wowk (2009)	17,2 a 30,5	Aterro Sanitário da Caximba em Curitiba (Paraná)
Andrade e Mahler (2000)*	1,8 a 4,2	Aterro Sanitário de Santo Amaro (São Paulo)

*unidade convertida para a utilizada neste trabalho.

Fonte: Autor (2016)

O Fósforo é entre os macronutrientes, o que as plantas requerem em menor quantidade. No solo do ASMOC a concentração deste elemento (Figura 22) variou entre 3,00 (muito baixa³¹) a 82,00 mg/kg (muito alta³²).

Observa-se que o teor de Fósforo no ponto 3 foi muito elevado em relação aos outros pontos. O nível crítico do Fósforo pode ser resultante da decomposição de animais e vegetais, etapa do ciclo biogeoquímico onde este elemento é devolvido ao solo na forma de íon fosfato, pois conforme afirma Magalhães (2005), a concentração de Fósforo no substrato é influenciada pelos processos bioquímicos.

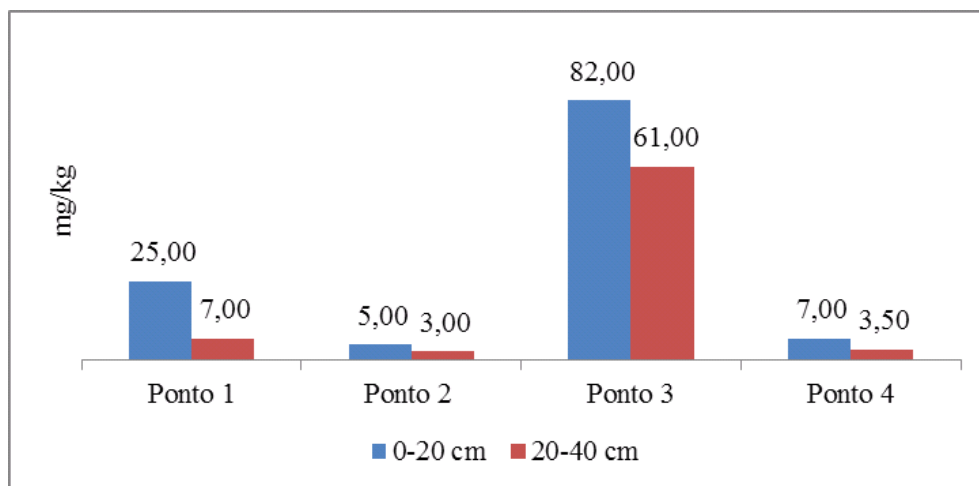
O aumento do teor de Fósforo também pode ter sido influenciado pela majoritária presença de leguminosas na área estudada, pois segundo Primavesi (2002) as leguminosas são capazes de mobilizar Fósforo em quantidades apreciáveis para o seu desenvolvimento e ainda deixar um saldo positivo no solo.

Primavesi (2002) destaca ainda que doses crescentes de Fósforo interferem na disponibilização de micronutrientes do solo, por exemplo, quantidades muito elevadas de superfosfato aumentam os níveis de Ferro e Manganês nas folhas das laranjeiras.

³¹ Classificação feita conforme Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (1999).

³² Os autores não estudaram solo de aterro sanitário ou similar.

Figura 22- Variação do Fósforo nas amostras do solo da célula do ASMOC. 2014



Fonte: Autor (2016)

Segundo Mattar, Frade Junior e Oliveira (2013), as limitações na disponibilidade de Fósforo podem comprometer o desenvolvimento vegetativo das plantas e causar limitações de crescimento e restrições fisiológicas, das quais, os vegetais não se recuperam posteriormente, mesmo realizando adubações complementares de Fósforo a níveis adequados.

O Fósforo é um dos macronutrientes mais importantes para o desenvolvimento vegetal, pois sem ele não há vida. É absorvido pelas raízes principalmente como íon ortofosfato (SENGIK, 2003). Ele desempenha papel importante na formação do ATP (trifosfato de adenosina), que é a principal fonte energética da planta, e tal energia é utilizada no transporte de assimilados, na divisão celular e transferência de informações genéticas.

Segundo Primavesi (2002) existem três pontos básicos para manter o Fósforo disponível no solo: (i) a manutenção de um pH maior que 5,5 e menor que 7,5 [característica aplicada ao solo do ASMOC], (ii) a conservação de uma bioestrutura grumosa que permita o arejamento adequado do solo, (iii) a incorporação periódica de matéria orgânica e sua humificação para aumentar o poder tampão do solo e para possibilitar a ligação do Fósforo em forma de humatos, que são disponíveis à maioria das plantas de cultura.

Serrat et al. (2002) destacam que o Fósforo acelera a formação de raízes; aumenta a frutificação; apressa a maturação dos frutos; aumenta o teor de carboidratos, óleos, gorduras e proteínas e ajuda na fixação simbiótica de nitrogênio.

Na literatura, Tabela 14, observa-se que os resultados do Fósforo mantém estreita relação com o tipo de solo existente em cada área de disposição de resíduos sólidos estudada, o que restringe comparações.

Tabela 14- Resultados do Fósforo dos solos encontrados na literatura

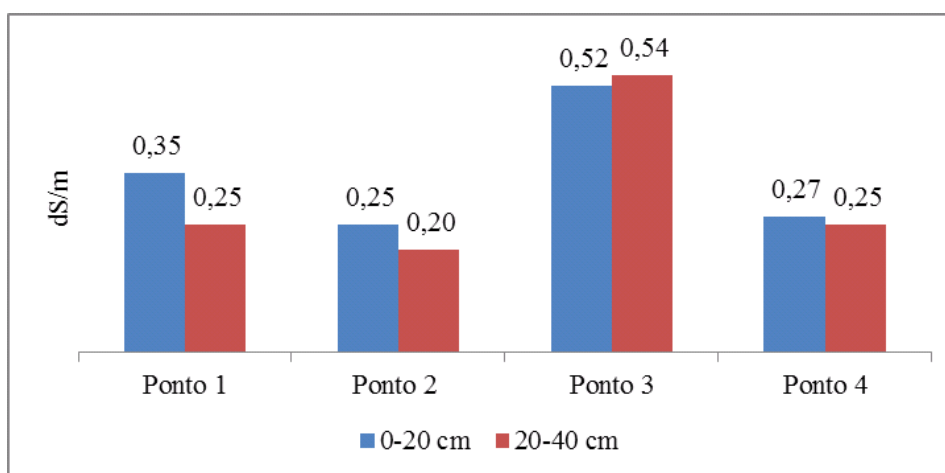
Autor(es)/ano	Resultados mg/kg	Local estudado
Alcântara (2010)*	1,56 e 2,55	Área de Disposição Final do Município de Cáceres (Mato Grosso)
Resende et al. (2013)*	4,6	Aterro Controlado de Inconfidentes (Minas Gerais)
Andrade e Mahler (2000)*	0 e 5	Aterro Sanitário Santo Amaro (São Paulo)
Magalhães (2005)*	0 a 2	Aterro Sanitário de Belo Horizonte
Meinerz et al. (2009)*	1,96	Aterro Sanitário de Toledo (Paraná)

*unidade convertida para a utilizada neste trabalho.

Fonte: Autor (2016)

A Condutividade Elétrica (CE) é usada para medir a quantidade de sais presente em solução do solo. Quanto maior a quantidade de sais presente na solução, maior será o valor de CE. Para tal parâmetro, as amostras do solo da célula do ASMOC variou entre 0,20 e 0,54 dS/m (Figura 23), o que indica baixa quantidade de sais presentes na solução de solo e pouco prejuízo à zona radicular, à germinação, desenvolvimento e produtividade das plantas (EMBRAPA, 1997).

Figura 23- Condutividade Elétrica nas amostras do solo da célula do ASMOC. 2014



Fonte: Autor (2016)

Segundo Oliveira et al. (2012), a CE é inversamente proporcional ao aumento da profundidade, como verificado em três pontos (1, 2 e 4) desta pesquisa.

Os resultados da Condutividade Elétrica do solo do ASMOC situaram-se fora da literatura, como se observa na Tabela 15.

Tabela 15 - Resultados da Condutividade Elétrica dos solos encontrados na literatura

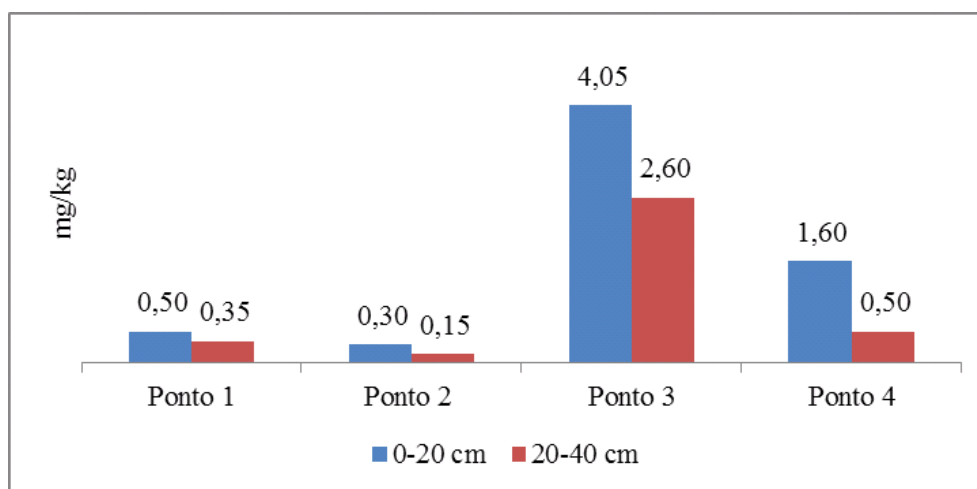
Autor(es)/ano	Resultados dS/m	Local estudado
Andrade e Mahler (2000)*	2 a 4	Aterro Sanitário de Santo Amaro (São Paulo)
Santos (2012)	2,26 e 5,42	Aterro Sanitário Metropolitano Oeste de Caucaia (Ceará)

* unidade convertida para a utilizada neste trabalho.

Fonte: Autor (2016)

A concentração de Cobre nas amostras do solo da célula do ASMOC variou entre 0,15 (muito baixo³³) e 4,05 mg/kg (alto³⁴) - Figura 24. O valor mais elevado foi no ponto 3, no entanto, em níveis inferiores aos considerados de intervenção para solo de uso agrícola, que é 60 mg/kg (Resolução CONAMA 420/2009), permitindo inferir que o Cobre não representa um metal poluente no solo, ou seja não apresenta risco de toxicidade as plantas e não interfere na sobrevivência das mesmas.

Figura 24- Variação do Cobre nas amostras do solo da célula do ASMOC. 2014



Fonte: Autor (2016)

³³ Classificação feita conforme Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (1999).

³⁴ Os autores não estudaram solo de aterro sanitário ou similar

Observou-se também que os valores diminuíram com a profundidade, acompanhando o comportamento da CTC, provavelmente em decorrência da natureza arenosa do solo estudado (SANTOS, 2012).

O Cobre tem grande afinidade com a matéria orgânica, mas isso não foi verificado nesta pesquisa quando se comparam as Figuras 20 e 24. Resultado semelhante foi por observado por Sodré, Lenzi e Costa (2001). Segundo os autores, existem outras características dos solos que são capazes de alterar a relação entre a adsorção do Cobre e o teor e tipo de matéria orgânica.

Faquin (2005) relata que o Cobre é adsorvido à fração mineral do solo e complexado pela matéria orgânica; este processo é a reação mais importante que determina o comportamento do elemento na maioria dos solos e apresenta efeito direto na sua disponibilidade às plantas. Segundo o mesmo autor a principal função do Cobre no metabolismo vegetal é como ativador ou componente de enzimas que participam de reações de oxirredução.

A concentração de Cobre no solo pode ser acrescida ao meio por resíduos urbanos e industriais, pesticidas e fertilizantes, entre outros (SODRÉ, LENZI e COSTA, 2001). Em grandes concentrações, pode proporcionar efeitos tóxicos ao tecido vegetal e causar a deficiência de outros nutrientes essenciais através de interações antagônicas. Assim como outros micronutrientes, a dinâmica do Cobre no solo é bastante complexa e altamente afetada por inúmeros fatores do meio, principalmente a composição química, física e mineralógica do solo, a quantidade de matéria orgânica e o pH

Conforme Sengik (2003), os sintomas da deficiência do Cobre aparecem primeiro nos ramos mais novos, por ser considerado pouco móvel no floema e as folhas começam a ficar murchas e amarelas.

Na literatura, Tabela 16, observa-se que os resultados do Cobre mantém estreita relação com o tipo de solo existente em cada área de disposição de resíduos sólidos estudada, o que restringe comparações.

Tabela 16 - Resultados do Cobre dos solos, na literatura

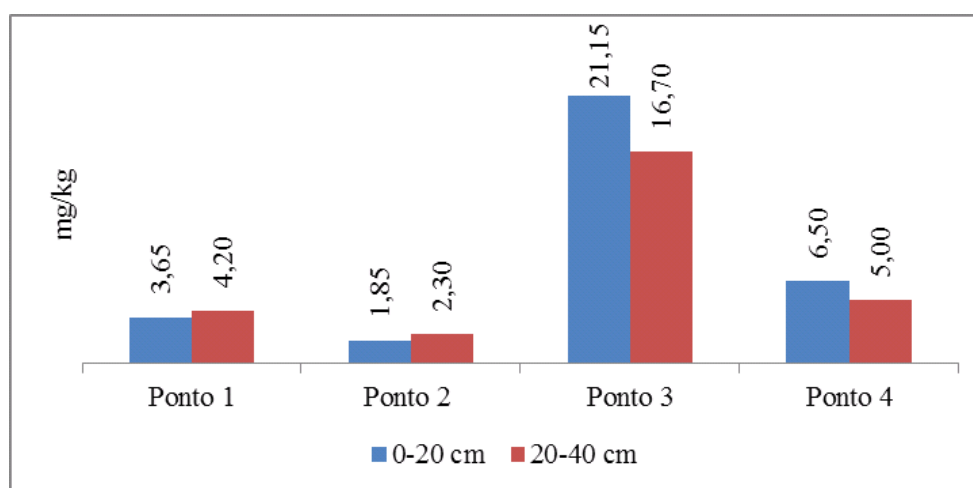
Autor(es)/ano	Resultados mg/kg	Local estudado
Resende et al. (2013)	14,7	Aterro Controlado de Inconfidentes (Minas Gerais)
Andrade e Mahler (2000)*	0,29 a 1,64	Aterro Sanitário de Santo Amaro (São Paulo)
Magalhães (2005)	20 a 100	Aterro Sanitário de Belo Horizonte
Meinerz et al. (2009)*	12,19	Aterro Sanitário de Toledo (Paraná)
Zanello, Melo e Wowk (2009)	29,8 a 37,9	Aterro Sanitário da Caximba em Curitiba (Paraná)

* unidade convertida para a utilizada neste trabalho.

Fonte: Autor (2016)

A concentração de Manganês nas amostras do solo da célula do ASMOC variou entre 1,85 (baixo³⁵) e 21,15 mg/kg (alto³⁶) - Figura 25. Os valores aumentaram com a profundidade nos pontos 1 e 2 e diminuíram nos pontos 3 e 4. Em relação aos níveis de Manganês, a Resolução CONAMA 420/2009 não apresenta níveis de alerta ou intervenção para este elemento no solo, assim como em alguns países da Europa e América do Norte (CETESB, 2001).

Figura 25- Variação do Manganês nas amostras do solo da célula do ASMOC. 2014



Fonte: Autor (2016)

³⁵ Classificação feita conforme Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (1999); Amaral, Pires e Ferrari (2014).

³⁶ Os autores não estudaram solo de aterro sanitário ou similar.

Novais et al. (2007) ressaltam que o Manganês é um elemento essencial para as plantas, mas em solos ácidos teores elevados deste nutriente podem resultar em toxidez o que provavelmente não foi verificado no ASMOC, uma vez que o pH do solo variou entre 6,20 (acidez baixa) e 7,65 (alcalinidade média). Ainda segundo os autores, as espécies vegetais diferem quanto à tolerância, deficiência ou excesso de Manganês. Em geral, a toxidez ocorre associada à toxidez de Alumínio, em solos com pH inferior 5,5, o que não se aplica ao solo da célula estudada.

O Manganês é adsorvido aos colóides como um íon cátion bivalente. Grandes quantidades de Manganês, cerca de 10%, podem ocorrer nos solos na forma de óxidos e de hidróxidos de solubilidade variável, mas pequena porção está disponível às plantas (SENGIK, 2003).

Conforme Aquino et al. (1993), a disponibilidade dos elementos adsorvidos em pequenas quantidades pelas plantas, denominados de micronutrientes, está relacionada com as condições de solo (principalmente pH, umidade, textura, material de origem,), do clima, do tipo de planta e das interações da planta com o ambiente. Então, dependendo das condições/uso do solo, os micronutrientes também denominados de metais pesados podem apresentar-se em maiores quantidades e representarem risco de toxicidade aos vegetais.

Autores revisados por Alcantara (2010) colocam que o termo *metais pesados* vem sendo substituído por *elementos-traços*, utilizado para definir metais catiônicos e aniônicos presentes em baixas concentrações em solos e plantas.

Segundo Sodré, Lenzi e Costa (2001), Alcantara (2010) e Matias e Costa (2012), a quantidade de metais retidos no solo, está diretamente relacionada à CTC, consequentemente, aos teores de MO e em menor intensidade, ao de argila. Esta relação é perceptível comparando os valores da CTC do solo do ASMOC (página 60), com as Figuras 24 a 27, que correspondem respectivamente ao Cobre, Manganês, Zinco e Ferro.

Sfredo e Borkert (2004) lembram que a disponibilidade de Manganês para as plantas é altamente dependente do pH do solo, fazendo com que o aumento do pH pela calagem diminua o teor do nutriente, com aparecimento dos sintomas de deficiência nas folhas [...]. O Manganês tem baixa mobilidade no floema e a sua deficiência aparece inicialmente nas folhas mais novas, com o surgimento de clorose em tons amarelo-esverdeados.

Na literatura, Tabela 17, observa-se que os resultados do Manganês mantêm estreita relação com o tipo de solo existente em cada área de disposição de resíduos sólidos estudada, o que restringe comparações.

Tabela 17 - Resultados do Manganês dos solos encontrados na literatura

Autor(es)/ano	Resultados mg/kg	Local estudado
Andrade e Mahler (2000)*	10,0 e 15,9	Aterro Sanitário de Santo Amaro (São Paulo)
Meinerz et al. (2009)*	62,67	Aterro Sanitário de Toledo (Paraná)
Matias e Costa (2012)	82,0 a 128,5	Aterro Controlado do Botuquara (Paraná)
Resende et al. (2013)	733,1	Aterro Controlado de Inconfidentes (Minas Gerais)
Muñoz (2002)	675,8 a 2032,1	Aterro Sanitário de Ribeirão Preto (São Paulo)

* unidade convertida para a utilizada neste trabalho.

Fonte: Autor (2016)

O Manganês é um ativador enzimático que controla reações de oxirredução essenciais à fotossíntese e síntese de clorofila (FAQUIN, 2005).

A deficiência de Manganês, portanto, se parece com a deficiência de Magnésio, pois em ambas ocorre clorose internerval nas folhas. Porém, em contraste com a deficiência de Magnésio, os sintomas da deficiência de Manganês são primeiramente visíveis nas folhas mais jovens, enquanto na deficiência de Magnésio as folhas mais velhas são afetadas primeiro.

A concentração de Zinco nas amostras do solo da célula do ASMOC variou entre 0,45 (baixo³⁷) e 16,80 mg/kg (alto³⁸) - Figura 26. Conforme observado, o valor mais elevado foi no ponto 3, entretanto, com nível inferior ao considerado de intervenção para solo de uso agrícola, que é 450 mg/kg (Resolução CONAMA 420/2009), permitindo inferir que o Zinco

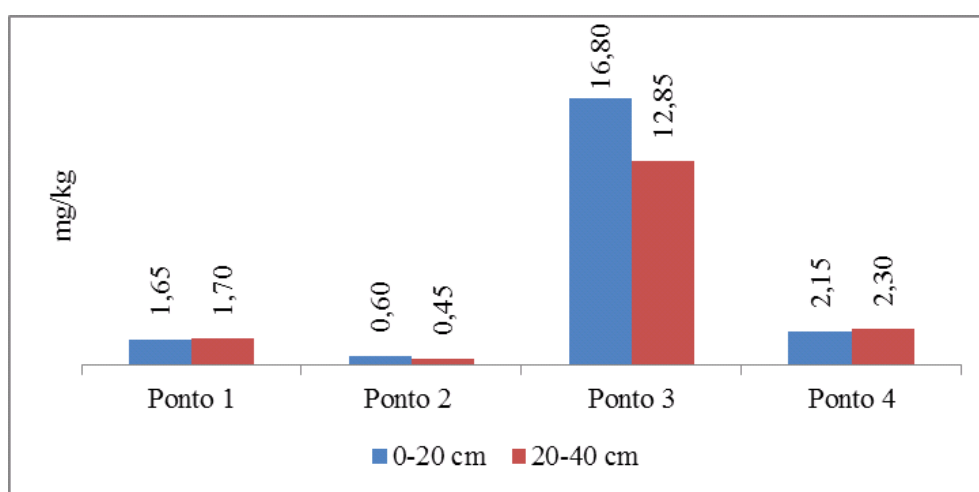
³⁷ Classificação feita conforme Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (1999); Amaral, Pires e Ferrari (2014).

³⁸ Os autores não estudaram solo de aterro sanitário ou similar.

provavelmente, não representa um metal poluente no solo, não apresenta risco de toxicidade as plantas e não interfere na sobrevivência das mesmas.

Na comparação dos níveis de Zinco nos quatro pontos amostrais, percebe-se uma diferença significativa em relação ao ponto 3. Muñoz (2002), ao encontrar resultados semelhantes justificou o aumento de Zinco com a existência de produtos metálicos e plásticos presentes nos resíduos sólidos do Aterro Sanitário de Ribeirão Preto (SP).

Figura 26- Variação do Zinco nas amostras do solo da célula do ASMOC. 2014



Fonte: Autor (2016)

O Zinco não é um metal muito abundante na natureza. Tal elemento é absorvido pelas plantas na forma catiônica (Zn^{2+}) e auxilia no crescimento e nos sistemas enzimáticos, além de essencial para a produção da clorofila e carboidratos (CAMARGO et al. 2013).

A absorção do Zinco pelas plantas é reduzida quando há altas concentrações de Fósforo no substrato, como se constatou no ponto 3 da Figura 22. Sua deficiência é caracterizada pelo encurtamento dos entrenós, com produção de folhas pequenas, cloróticas e lanceoladas (na forma de uma lança), e as folhas mais novas ficam com clorose internerval de coloração amarelo-ouro.

O Zinco é fortemente adsorvido pelos colóides do solo, o que ajuda a diminuir as perdas por lixiviação, aumentando o efeito residual. Entretanto, solos arenosos, com baixa CTC e sujeitos a chuvas pesadas, podem apresentar problemas de deficiência (LOPES, 1999).

Pesquisas citadas por Camargos (2005) destacam que a mobilidade do micronutriente no solo pode variar muito. Alguns deles, como o Cobre e o Zinco, são fortemente retidos na fase sólida do solo, enquanto alguns não são adsorvidos ou, às vezes, são mesmo excluídos pelas cargas negativas dos sólidos.

Segundo autores citados por Zanello, Melo e Wowk (2009), o Zinco quando comparado ao Cobre tem mais mobilidade no solo, sendo que os valores de pH devem exceder 6,5, o que se verificou no ponto 3. Ainda segundo os autores, outro fator que pode influenciar a atividade dos metais pesados na solução do solo é o efeito da concentração total de eletrólitos, pois altos teores de Cálcio e Magnésio podem contribuir para a lixiviação daqueles metais pela competição entre os cátions pelos sítios de adsorção.

Na literatura, Tabela 18, observa-se que os resultados do Zinco mantém estreita relação com o tipo de solo existente em cada área de disposição de resíduos sólidos estudada, o que restringe comparações.

Tabela 18- Resultados do Zinco dos solos encontrados na literatura

Autor(es)/ano	Resultados mg/kg	Local estudado
Meinerz et al. (2009)*	1,66	Aterro Sanitário de Toledo (Paraná)
Matias e Costa (2012)	21,5 e 36,0	Aterro Controlado do Botuquara (Paraná)
Zanello, Melo e Wowk (2009)	83,3 a 119,6	Aterro Sanitário da Caximba em Curitiba (Paraná)
Melo et al. (2010)	345,89	Aterro Invernadinha em Passo Fundo (Rio Grande do Sul)
Muñoz (2002)	78,4 a 278,3	Aterro Sanitário de Ribeirão Preto (São Paulo)

* unidade convertida para a utilizada neste trabalho.

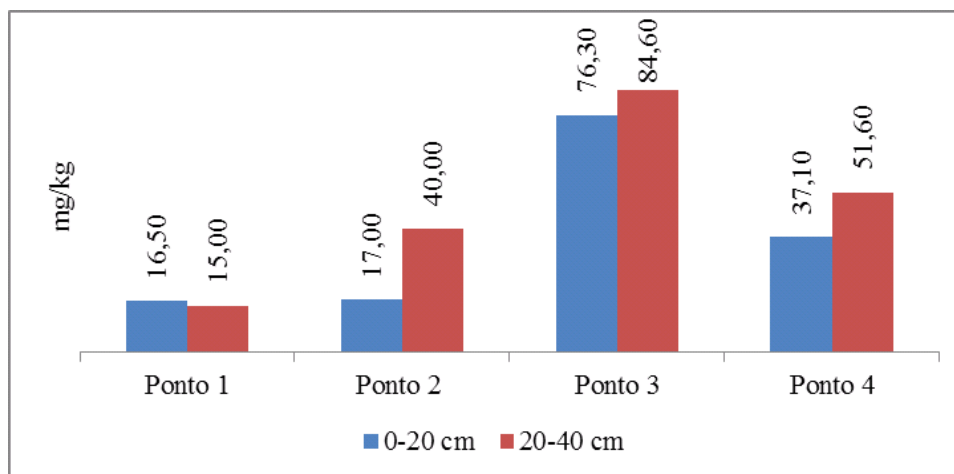
Fonte: Autor (2016)

A concentração de Ferro nas amostras do solo da célula do ASMOC variou entre 15,00 (baixo³⁹) e 84,60 mg/kg (alto⁴⁰) - Figura 27. Nos Pontos 2, 3 e 4 os valores aumentaram com a profundidade. Em relação aos níveis de Ferro, a Resolução CONAMA 420/2009 não apresenta níveis de alerta ou intervenção para este elemento no solo.

³⁹ Classificação feita conforme Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (1999); Amaral, Pires e Ferrari (2014).

⁴⁰ Os autores não estudaram solo de aterro sanitário ou similar.

Figura 27- Variação do Ferro nas amostras do solo da célula do ASMOC. 2014



Fonte: Autor (2016)

Segundo Sengik (2003), grande parte dos solos contém milhares de quilos de Ferro, mas devido à fixação, muito pouco está disponível para as plantas. Quando o pH atinge valores iguais a 7,0 ou mais, pode induzir a deficiência de Ferro às culturas. Sua deficiência também pode estar relacionada com o desequilíbrio de outros nutrientes, por exemplo, o excesso de Fósforo.

A pesquisa de Andrade e Mahler (2000), no Aterro Sanitário de Santo Amaro (São Paulo), também constatou o aumento da concentração de Ferro com a profundidade. Segundo tais autores, esse aumento pressupõe a presença de lixiviados com grande concentração de Ferro em camadas mais superficiais.

Segundo Ferrarezi (2006), o Ferro é um elemento essencial às plantas, envolvido no mecanismo de transferência de elétrons nas reações de oxirredução, participa no metabolismo dos ácidos nucléicos, faz parte na constituição de várias enzimas e regula vários processos bioquímicos como síntese de clorofila, fotossíntese e respiração, apresentando também funções na redução de nitritos e de sulfatos.

Na literatura, Tabela 19, observa-se que os resultados do Ferro mantém estreita relação com o tipo de solo existente em cada área de disposição de resíduos sólidos estudada, o que restringe comparações.

Tabela 19- Resultados do Ferro dos solos encontrados na literatura

Autor(es)/ano	Resultados mg/kg	Local estudado
Andrade e Mahler (2000)*	26,5 a 57,2	Aterro Sanitário de Santo Amaro (São Paulo)
Meinerz et al. (2009)*	574,8	Aterro Sanitário de Toledo (Paraná)
Matias e Costa (2012)	28.100,0 a 35.300,0	Aterro Controlado do Botuquara (Paraná)
Melo et al. (2010)	37931,52	Aterro Invernadinha em Passo Fundo (Rio Grande do Sul)

* unidade convertida para a utilizada neste trabalho.

Fonte: Autor (2016)

O Quadro 1 traz um consolidado dos resultados dos parâmetros analisados e nele cada parâmetro recebeu uma classificação (favorável ou desfavorável) em relação à sobrevivência e desenvolvimento das espécies vegetais. Os parâmetros não classificados foram aqueles que apresentaram valores com grandes oscilações e que não permitiram um só enquadramento na literatura.

Quadro 1- Resultado das análises laboratoriais das amostras de solo

Parâmetro	Unidade	Ponto 1			Ponto 2	Ponto 3		Ponto 4	
		Profundidade (cm)							
		0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
pH em H ₂ O	-	6,45	6,55	6,20	6,25	7,65	7,65	6,20	6,30
Al	cmolc/kg	-	-	-	-	0,05	0,10	0,18	0,18
m	%	-	-	-	-	1,00	1,50	4,00	4,50
H + Al	cmolc/kg	2,03	2,07	1,45	2,77	0,50	0,67	0,99	1,24
Ca		3,77	3,50	3,24	2,56	7,00	5,50	2,40	2,65
Mg		0,62	0,53	0,78	0,11	0,45	0,55	1,20	0,40
V	%	70,83	67,44	74,78	51,22	94,00	91,00	81,00	74,50
CE	dS/m	0,35	0,25	0,25	0,20	0,52	0,54	0,27	0,25
Cu	mg/kg	0,50	0,35	0,30	0,15	4,05	2,60	1,60	0,50
Na		0,05	0,03	0,05	0,06	0,37	0,36	0,38	0,38
PST	%	0,74	0,49	0,84	1,13	4,50	5,00	7,00	7,50
CTC	cmolc/kg	6,93	6,34	5,73	5,67	8,45	7,20	5,25	4,85
SB		4,90	4,27	4,28	2,90	7,95	6,55	4,30	3,55
C	g/kg	10,49	7,13	6,16	4,87	9,64	6,75	4,02	2,57
MO		18,08	12,29	10,62	8,39	17,33	11,63	6,93	4,42
K	mg/kg	0,47	0,22	0,22	0,17	0,14	0,15	0,29	0,15
Zn		1,65	1,70	0,60	0,45	16,80	12,85	2,15	2,30
Fe		16,00	15,00	17,00	40,00	76,30	84,60	37,10	51,60
P		25,00	7,00	5,00	3,00	82,00	61,00	7,00	3,50
Mn		3,65	4,20	1,85	2,30	21,15	16,70	6,50	5,00
LEGENDA									
	FAVORÁVEL		DESFAVORÁVEL				NÃO CLASSIFICADO		

Fonte: Autor (2016)

4.2 As espécies herbáceas, arbustivas e arbóreas

4.2.1 Considerações gerais

A célula estudada apresenta vegetais pertencentes ao estrato herbáceo, arbustivo e arbóreo, como mostra a Figura 28.

Figura 28- Vista geral da vegetação na célula estudada. 2015



Fonte: Autor (2016)

Para melhor visualização da cobertura vegetal na célula estudada e compreensão do processo de evolução do ecossistema, foram elaborados mapas de vegetação para os anos de 2007 e 2014⁴¹. A Figura 29, datada de setembro de 2007, representa fragmentos de solo exposto e duas classes de vegetação: herbácea e arbustiva. Já a Figura 30, datada de julho de 2014, além das duas classes de vegetação mencionadas, apresenta um nível intermediário (arbóreo-arbustiva) e arbóreo. Observa-se (Figura 30) que o maciço arbóreo está situado no platô da célula e na vertente barlavento sob a influência da direção dos ventos e da concentração de umidade, o que provavelmente favoreceu o desenvolvimento das espécies.

⁴¹ Mapas de cada estrato arbóreo em anexo.

A predominância de plantas arbóreas no platô da célula também pode ser explicada pela dificuldade do aprofundamento das raízes nos taludes, devido o aumento da declividade, carreamento das sementes pela água de chuva, demais intempéries e oscilações de temperatura e umidade (MATTA e ANDRADE, 2005; EINLOFT et al., 1997 apud SOUZA, 2007; MANHAGO, 2008; MEDEIROS et al., 2014).

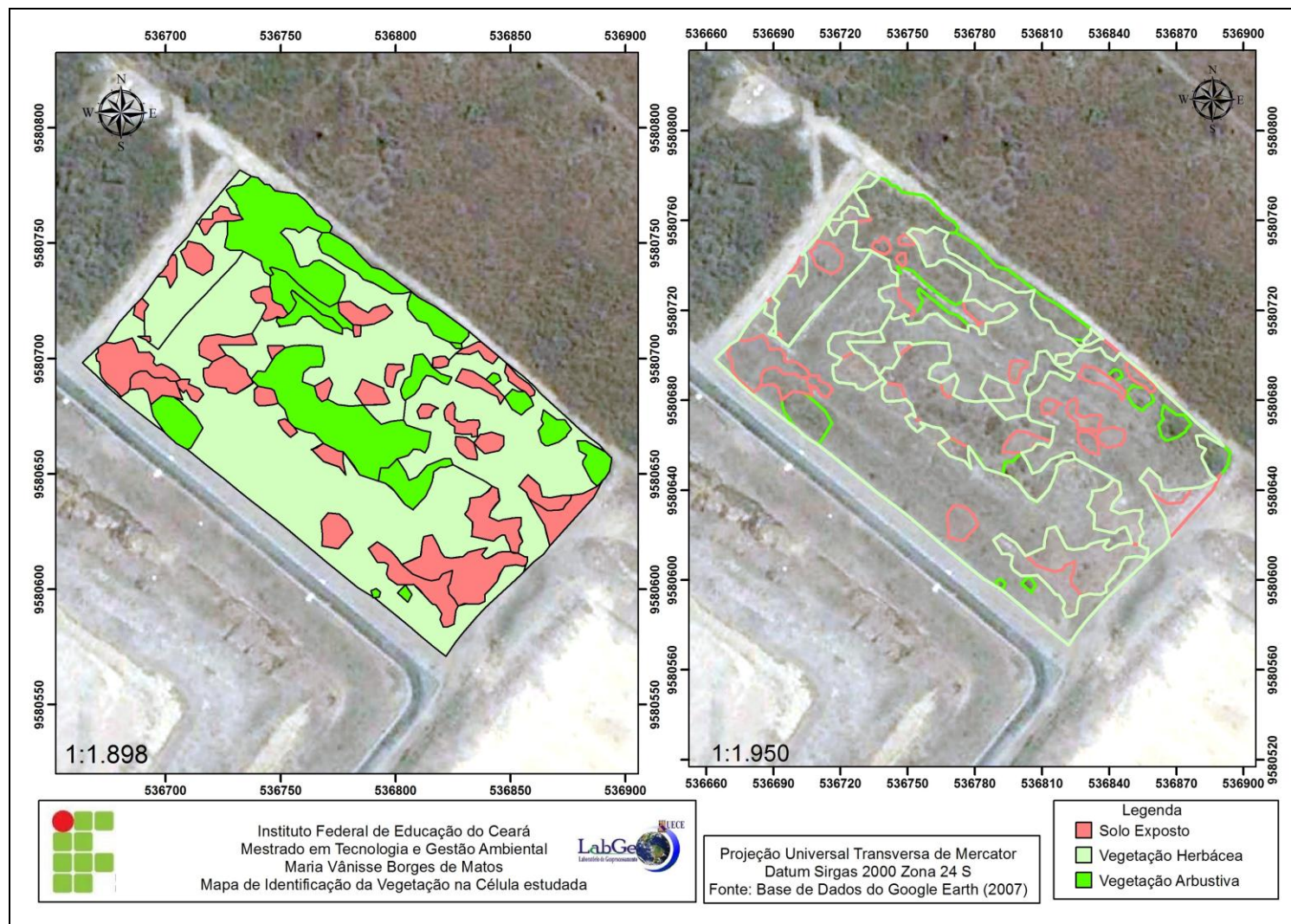
Quando se comparam as Figuras 29 e 30, observa-se que o estrato com maior incidência foi o herbáceo. Sua majoritária presença pode ser justificada pelas características inerentes aos indivíduos que compõem tal classe: rápido desenvolvimento, período de fertilidade longo, geração de um grande número de descendentes, mais de uma alternativa de reprodução, sistemas de autopolinização e polinização cruzada, facilidade de adaptação a condições diversas, baixa exigência nutricional, sementes pequenas de fácil dispersão e dispersão por formas diversas (fauna, água, vento)⁴².

O estudo do processo de revegetação natural do ASMOC permite entender que o ambiente está recuperando a resiliência. A interpretação visual de imagens (Figuras 29 e 30) deixa evidente que a reconstrução de um ecossistema degradado não acontece de modo repentino, e sim gradativo, seguindo estágios sucessionais.

Attanasio et al. (2006) relata que a autoregeneração natural é influenciada pelas características de uso e ocupação da área, tanto pretérita como atual, pela qualidade do solo e pela existência de fragmentos florestais nas proximidades, que poderiam atuar como fontes dispersoras de sementes. Vale lembrar ainda que cada ecossistema possui um limite de resiliência em função do grau de perturbação sofrido. Autores citados por Sena e Pinto (2008) definem como principais empecilhos à regeneração: o alto grau de compactação do solo, a retirada da camada superficial rica em matéria orgânica e a invasão por espécies exóticas agressivas.

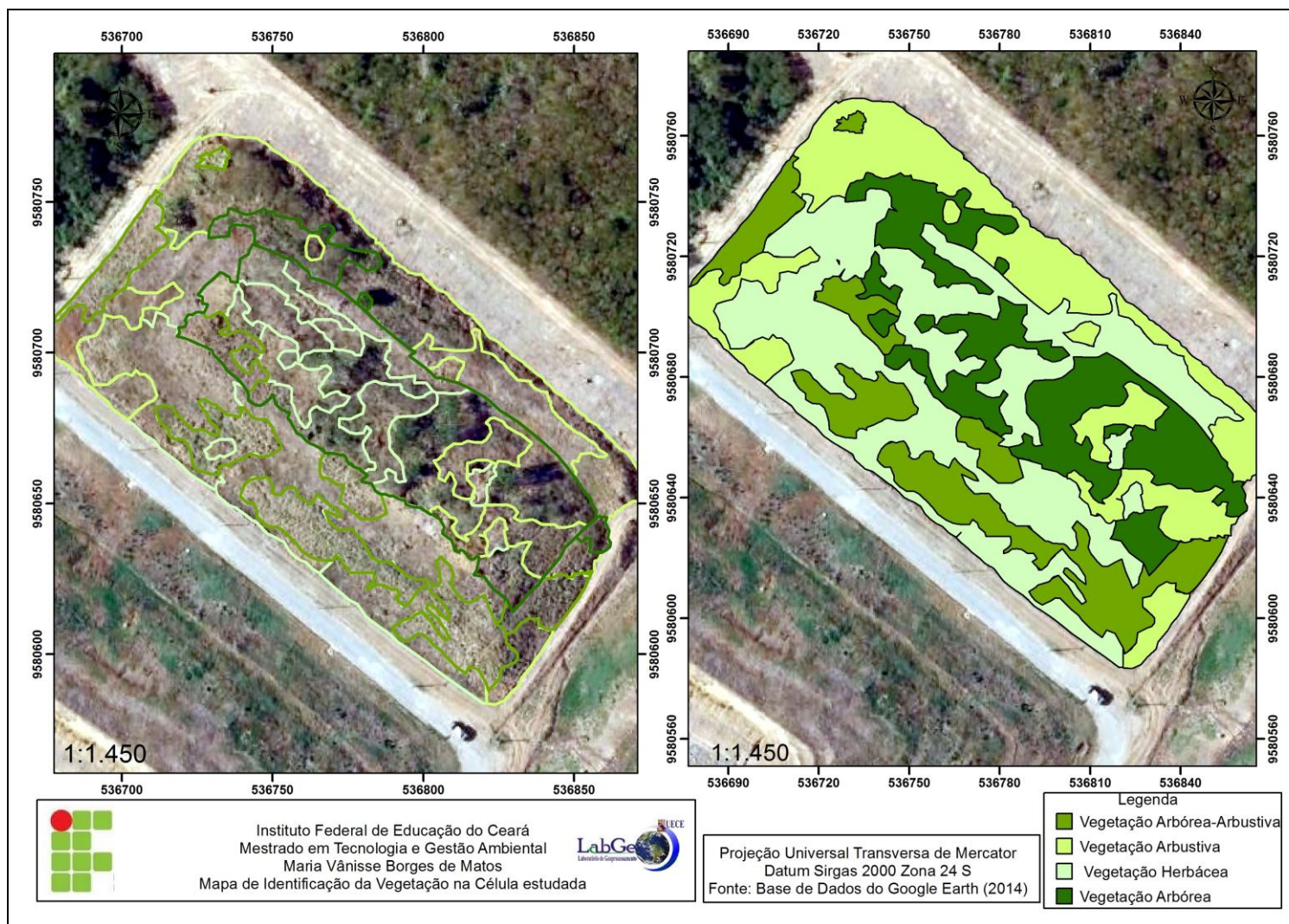
⁴²Informações extraídas no site: http://www.institutohorus.org.br/inf_classes_herbaceas.htm em 16.03.2015.

Figura 29– Mapa da vegetação na célula estudada, ano de 2007



Fonte: LabGeo (2015)

Figura 30– Mapa da vegetação na célula estudada, ano de 2014



Fonte: LabGeo (2015)

Na área de estudo foram identificados vegetais de 22 espécies, com exemplares da Caatinga e de outros biomas (Tabela 20) e alguns processos devem ter contribuído para tal configuração:

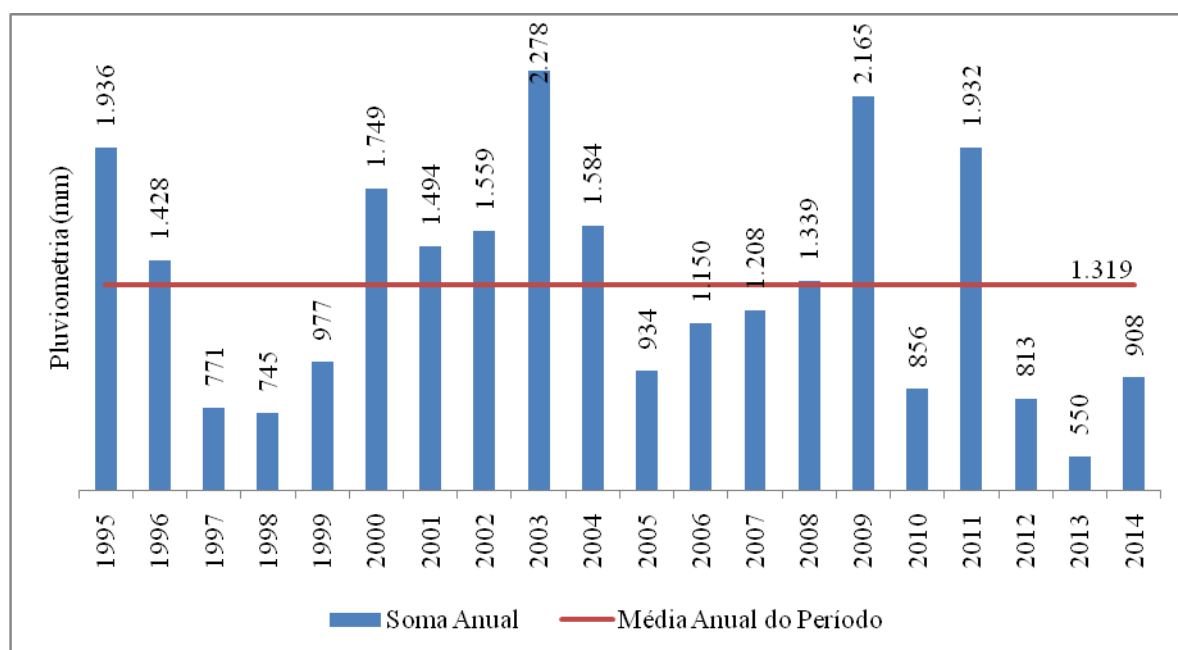
- (1) o tempo de encerramento da célula (aproximadamente 20 anos) e suas múltiplas transformações físicas, químicas e biológicas;
- (2) a presença de sementes nos resíduos sólidos domiciliares destinados ao ASMOC;
- (3) a presença de diversas sementes nos solos provenientes das atividades da limpeza urbana realizada em Fortaleza e Caucaia, especialmente na poda, raspagem e capina, depositados sobre a célula estudada durante anos;
- (4) a presença de remanescentes naturais dos arredores do ASMOC e o transporte de sementes pela ação dos ventos, chuvas e animais (pássaros, morcegos, abelhas etc);
- (5) o transporte de sementes de locais diversos pelo movimento de pessoas e veículos;
- (6) a existência de um regime de chuvas (média do período) em torno de 1.319 mm (Figura 31) no município.

Tabela 20- Lista das espécies vegetais identificados sobre a célula estudada do ASMOC

Nome popular	Nome científico	Nome popular	Nome científico
Chanana	<i>Turnera uniflora</i>	Mororó	<i>Bauhinia forticata</i>
Salsa	<i>Ipomoea asarifolia</i>	Leucena	<i>Leucaena leucocephala</i>
Bucha Vegetal	<i>Luffa cylindrica</i>	Catingueira	<i>Caesalpinia pyramidalis</i>
Buchinha	<i>Luffa operculata</i>	Angico branco	<i>Anadenanthera colubrina</i>
Milho de Cobra	<i>Dracontium lorentense</i>	Acácia Amarela	<i>Acacia farnesiana</i>
Capim Elefante	<i>Pennisetum prunifera</i>	Mutamba	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Urtiga	<i>Pourouma cinerascens</i>	Jucá	<i>Caesalpinia ferrea</i>
Ciúme	<i>Calotropis procera</i>	Acerola	<i>Malpighia emarginata</i>
Mamona	<i>Ricinus communis</i>	Feijão Bravo	<i>Capparis flexuosa</i>
Jurema preta	<i>Mimosa tenuiflora</i>	Carnaúba	<i>Copernicia prunifera</i>
Cajá	<i>Spondias mombin</i>	Mandacaru	<i>Cereus jamacaru</i>

Fonte: Autor (2016)

Figura 31- Pluviometria no município de Caucaia entre 1995 e 2014



Fonte: Elaborado pela autora (2016) com dados da FUNCEME

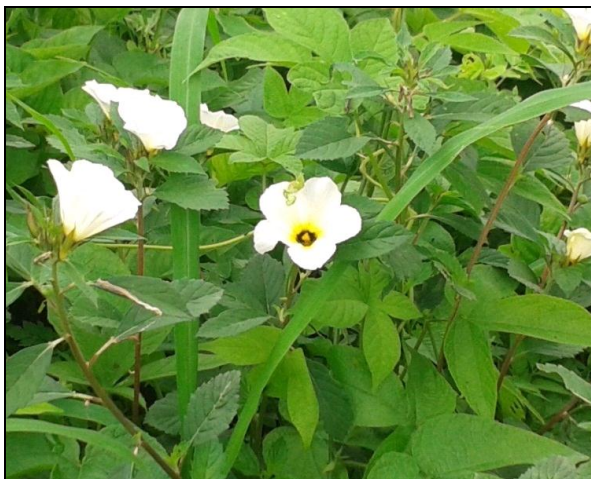
4.2.2 Do estrato herbáceo

A seguir, descrevem-se as principais espécies identificadas:

- Nome popular (Chanana), Nome Científico (*Turnera uniflora*)

É uma planta herbácea que pertence à família Turneraceae. Apresenta muitos ramos delicados e difusos. Tem raiz grossa e pivotante, por isso sobrevive bem em condições adversas. É muito comum em regiões de muito sol. Suas flores são comestíveis, de cor branca e amarela (Figura 32).

Figura 32- Exemplar da Chanana encontrada na célula estudada do ASMOC. 2015



Fonte: Autor (2016)

As folhas da Chanana têm até 2 cm de comprimento. Floresce quase o ano inteiro e se multiplica por sementes. É aromática e possui uma espécie de óleo amargo e adstringente, ao qual se atribuem numerosas virtudes medicinais.

Diversos autores citados em Barbosa, Silva e Agra (2007) relatam que as raízes da Chanana, comercializadas em feiras livres da região Nordeste, são empregadas como abortivo, afrodisíaco, expectorante, no tratamento de úlceras gástricas e do diabetes.

A Chanana vem sendo estudada há mais de uma década como auxiliar no tratamento de pacientes com câncer e AIDS⁴³.

⁴³ Informação extraída do site <http://portais.ufma.br/PortalUfma/paginas/noticias/noticia.jsf?id=7979> em 16.03.2015.

É cultivada como ornamental, contudo é muito persistente tornando-se planta daninha, pois se infesta em pastagens, beiras de estradas e terrenos baldios (LORENZI, 1998).

A Chanana consta na lista das espécies vegetais existentes no levantamento florístico do recente Estudo de Impacto Ambiental - EIA da ampliação do ASMOC.

O estudo de Madaleno (2011) identificou a Chanana como de uso medicinal para populações de São Luis (MA) com várias aplicações terapêuticas: hepática, anti-inflamatória, contra a Síndrome de Imunodeficiência Adquirida - AIDS.

O estudo de Oliveira de Andrade et al. (2012) identificou a Chanana como de uso medicinal para moradores da comunidade Várzea Comprida dos Oliveiras, Pombal – PB, com três aplicações terapêuticas: problemas digestivos, dores em geral, eliminação de tumores.

- Nome popular (Salsa), Nome Científico (*Ipomoea asarifolia*)

É uma planta herbácea que pertence à família Convolvulaceae, com ocorrência em todos os estados das regiões Norte e Nordeste. Floresce na estação chuvosa e seca, apresenta flores grandes, com coloração rosa e corola em formato de funil (FUNDAÇÃO BRASIL CIDADÃO, 2012). Na Figura 33 observam-se os detalhes das folhas e flores da Salsa.

Figura 33- Comparação da Salsa. 2014

Registro padrão*	Registro de campo
	
* Extraído do catálogo Flora brasiliensis (2015)	

Fonte: Autor (2016)

A Salsa é invasora de diversas culturas, de terrenos abandonados, margens de estradas, lugares próximos às habitações, devido as suas altas taxas de frutificação e de germinação, elevado número de sementes por fruto e forma de propagação vegetativa (KIILL e RANGA, 2003).

A Salsa é utilizada como planta ornamental e fixadora de solo, sugerindo importância na fixação dos taludes da área estudada. É uma espécie tóxica que aparentemente afeta o sistema nervoso central de ruminantes (CHAVES, 2009). As intoxicações ocorrem principalmente nas épocas secas do ano, pois se mantém verde enquanto há baixa disponibilidade de forragem⁴⁴.

A Salsa é bastante utilizada para tratamento dermatológico. Pereira et al. (2005), em estudo etnobotânico de plantas medicinais, constataram que a Salsa é a quarta planta mais citada para essa finalidade entre as comunidades pesquisadas na cidade de João Pessoa-PB.

A Salsa consta na lista dos gêneros vegetais existentes do levantamento florístico do recente Estudo de Impacto Ambiental - EIA da ampliação do ASMOC.

O estudo desenvolvido por Bonatto et al. (2005) identificou a presença da Salsa no Lixão de Aurá (Belém-PA). Os autores relatam ainda que, entre todas as plantas utilizadas na pesquisa, a Salsa teve o mais alto potencial de fitorremediação, apresentando boa sanidade e grande desenvolvimento de suas raízes fasciculadas no ponto de maior concentração de metais pesados (antiga saída de chorume).

Carneiro e Irgang (1999), também identificaram a presença da Salsa no aterro sanitário da zona norte da cidade de Porto Alegre. Os autores destacam que a família Poaceae possui maior número de espécies em ambientes antropizados.

Capeleto de Andrade (2009) identificou a vegetação presente no aterro Invernadinha, município de Passo Fundo/RS, onde a Salsa foi identificada em cinco anos, não consecutivos, do período compreendido entre os anos 2000 e 2008. Segundo o autor, trata-se de um vegetal persistente ou de boa adaptação à área.

⁴⁴ Informação extraída do site <http://floraufersa.blogspot.com.br/2014/01/salsa.html> em 23.03.2015

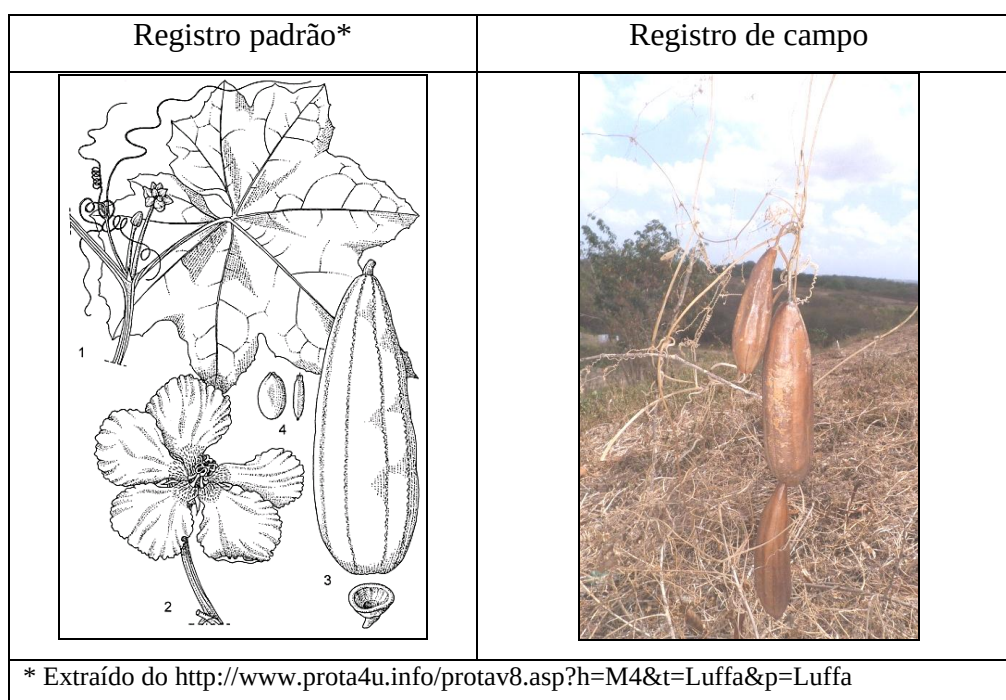
O estudo de Madaleno (2011) identificou a Salsa como de uso medicinal para populações de São Luis (MA) com duas aplicações terapêuticas (derrame, anticonceptivo).

- Nome popular (Bucha Vegetal), Nome Científico (*Luffa cylindrica*)

É uma planta pertencente à família Cucurbitaceae. A Bucha Vegetal é uma trepadeira anual de verão que prefere solo argilo-arenoso, fértil, bem drenado, com acidez fraca e clima tropical. Suas folhas são grandes, ásperas e verde escuras, que lembram a forma de uma mão aberta. Os frutos são grandes, podendo alcançar 35 cm. Eles são cilíndricos, alongados e podem ser lisos ou angulosos, de acordo com a variedade. Quando jovens são verdes e se tornam marrons quando maduros. Os frutos maduros podem ser colhidos e descascados para obtenção da esponja⁴⁵. Trata-se de uma espécie invasora proveniente do continente asiático (MAROUELLI, SILVA e LOPES, 2013), africano e do Nordeste do Brasil.

Na célula estudada, a Bucha Vegetal desenvolveu-se mantendo a vegetação arbustivo-arbórea como suporte e por ser uma espécie que se reproduz com grande facilidade foi observada em toda a célula. Na Figura 34 observam-se seus detalhes.

Figura 34- Comparação da Bucha Vegetal. 2014



Fonte: Autor (2016)

⁴⁵ Informação extraída do site <http://belezadacaatinga.blogspot.com.br/2011/11/bucha-vegetal-luffa-cylindrica.html>

Sobre as plantas invasoras Santana e Encinas (2008), ao revisarem alguns autores, apresentam as seguintes características principais: alta taxa de crescimento relativo, grande produção de sementes pequenas e de fácil dispersão, alta longevidade das sementes no solo, alta taxa de germinação dessas sementes, maturação precoce das plantas já estabelecidas, floração e frutificação mais prolongadas, alto potencial reprodutivo por brotação, pioneirismo, alelopatia e ausência de inimigos naturais.

Santana e Encinas (2008) observaram que, em áreas perturbadas antropicamente, há uma crescente disseminação das espécies exóticas. Quando os autores compararam a área adjacente ao aterro do Jockey Club de Brasília (BSB) com uma área controle, observaram a presença de 10 espécies exóticas ao Cerrado na primeira área e apenas 3 espécies na segunda área. Quando estudaram o Aterro Sanitário de Goiânia (GYN) e sua área controle, a diferença foi ainda mais significativa: observaram 12 espécies exóticas na primeira área e nenhuma na segunda área.

A Bucha Vegetal inteira, cortada ou prensada, pode ser aproveitada na forma de esponja para banho, louça, limpeza geral e no artesanato. Na indústria, suas fibras entram na fabricação de filtros e em isolamentos acústicos.

A Bucha Vegetal não consta na lista das espécies vegetais existentes do levantamento florístico do recente Estudo de Impacto Ambiental - EIA da ampliação do ASMOC.

- Nome popular (Buchinha), Nome Científico (*Luffa operculata*)

De acordo com Lorenzi e Matos (2002), a espécie é uma trepadeira da família Cucurbitaceae, tem caule muito ramificado com até 10 m de comprimento. Conforme ilustrado na Figura 35 a Buchinha tem folhas simples, flores amarelo-pálidas, fruto com espinhos curtos com numerosas sementes escuras achatadas e lisas. É nativa da América do Sul, especialmente do Brasil.

A Buchinha segundo autor citado por Cruz et al (2006) possui destaque entre os fitoterápicos utilizados no Brasil. Seu fruto é conhecido na medicina popular pelo efeito purgativo e indicado para algumas doenças parasitárias. Essa planta é rica em glicoproteínas com ação

inibidora da síntese protéica, embriotóxica e abortiva. Está entre as dez plantas mais utilizada como abortivas no Brasil (MENGUE et al., 2001 apud SILVA et al., 2012).

A polpa do fruto é utilizada no tratamento de sinusites, pois seus princípios ativos apresentam ação fluidificante e drenadora das secreções existentes nas fossas nasais, rinofaringe e seios paranasais (BALBINO e DIAS, 2010; CRUZ et al., 2006; OLIVEIRA et al., 2009).

Figura 35- Comparação da Buchinha. 2015

Registro padrão*	Registro de campo
	
* Extraído do catálogo Flora brasiliensis (2015)	

Fonte: Autor (2016)

O estudo de Madaleno (2011) identifica a Bucha Vegetal como de uso medicinal para populações de São Luis (MA), com três aplicações terapêuticas (abortiva, sinusite, dor de estômago).

A Buchinha não consta na lista das espécies vegetais existentes do levantamento florístico do recente Estudo de Impacto Ambiental - EIA da ampliação do ASMOC.

- Nome popular (Milho de Cobra), Nome Científico (*Dracontium loretense*)

É uma planta herbácea característica de florestas primárias ou secundárias pertencente à família Araceae. As populações desta espécie são escassas e muitas vezes são encontradas plantas individuais isoladas, como se observou na célula estudada (Figura 36).

Figura 36- Comparação visual do Milho de Cobra. 2015

Registro padrão*	Registro de campo
	
* Extraído do http://www.asociacionicar.org/wp-content/uploads/2010/07/JERGON-ACHA.jpg	

Fonte: Autor (2016)

A planta (Figura 37) sobrevive em solos com condições adversas e distante de corpos d'água, embora seja capaz de sobreviver inundações. Na medicina popular é normalmente usada para tratar reumatismo, hérnias, tumores malignos, úlceras gastrointestinais e picadas de cobra (GONZÁLES et al. 2002).

Figura 37- Folha do Milho de Cobra encontrada na célula estudada do ASMOC. 2015



Fonte: Autor (2016)

Conforme Lovera, Bonilla e Hidalgo (2006), o Milho de Cobra pode medir até 2m de altura, cresce em florestas tropicais, com uma temperatura média anual de 18 - 24°C e precipitação a partir de 1.200 mm/ano. Um extrato aquoso do bulbo da referida planta é usado por nativos do Peru como antídoto em caso de picadas de serpentes, e seu efeito foi cientificamente comprovado no referido trabalho.

O Milho de Cobra não consta na lista das espécies vegetais existentes do levantamento florístico do recente Estudo de Impacto Ambiental - EIA da ampliação do ASMOC.

- Nome popular (Capim Elefante), Nome Científico (*Pennisetum prunifera*)

É uma gramínea forrageira de alto potencial produtivo, adaptando-se muito bem às condições de clima e solo de praticamente todo o Brasil. É uma espécie da família Poaceae, tem origem Africana, apresenta ciclo vegetativo perene, crescimento cespitoso, porte elevado, colmos eretos, cilíndricos e cheios, folhas largas e compridas (DIZ, 1994 apud SOUZA SOBRINHO et al. 2008) - Figura 38.

Figura 38- Exemplar do Capim Elefante encontrada na célula estudada do ASMOC. 2015



Fonte: Autor (2016)

Segundo Alcântara e Bufarah (1983) apud LOPES (2004), o Capim Elefante adapta-se a diferentes tipos de solo, com exceção dos solos mal drenados, com possíveis inundações. É exigente em relação à qualidade nutricional do solo e não tolera baixo pH e Alumínio no solo,

o que deve ter favorecido seu crescimento no ASMOC, pois não foram observados parâmetros adversos.

Na área pesquisada observou-se grande predominância do Capim Elefante, o que é vantajoso para o processo de recuperação ambiental, pois conforme Souza (2007), enquanto as gramíneas desempenham o papel de preparação do solo, as leguminosas fixam nitrogênio e desse modo, ambas melhoram as condições locais para a introdução futura de outras espécies mais nobres. Tendo as condições do solo melhoradas, será possível pensar no restabelecimento da vegetação original daquela área, o que é o principal objetivo de se promover a recuperação de áreas degradadas.

Ao avaliar a evolução do plano de recuperação ambiental do antigo lixão do município de Espírito Santo do Pinhal, Beli et al. (2005) observaram além das espécies que foram plantadas a presença do Capim Elefante e da Mamona, mostrando que a área se recuperou de forma natural. Ainda segundo os autores, a presença de gramíneas na área estudada contribuiu para a recuperação da paisagem.

O estudo desenvolvido por Capeleto de Andrade (2009) identificou o Capim Elefante no aterro Invernadinha, município de Passo Fundo/RS. Segundo o autor, trata-se de um vegetal persistente ou de boa adaptação à área.

O Capim Elefante não consta na lista das espécies vegetais existentes do levantamento florístico do recente Estudo de Impacto Ambiental - EIA da ampliação do ASMOC.

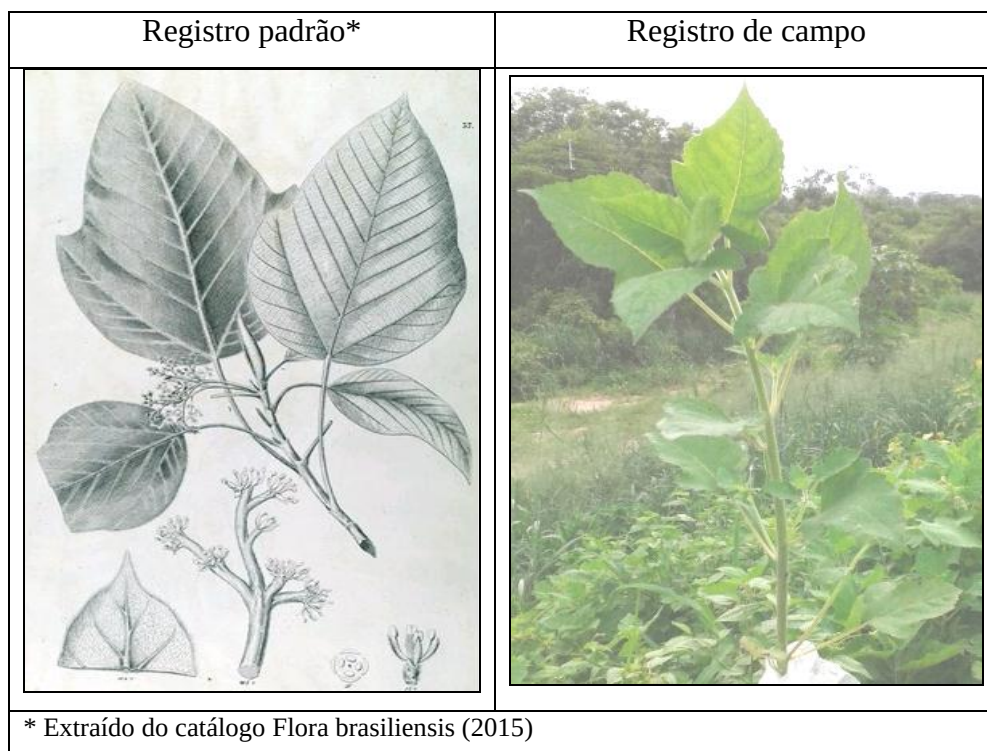
- Nome popular (Urtiga), Nome Científico (*Pourouma cinerascens*)

É uma erva que pertence a família Urticaceae. Possui ramos estriados de 2 a 8 mm de diâmetro.

No Brasil, apresenta ampla distribuição na região amazônica, nos estados costeiros do Nordeste, no Sudeste e Paraná (GAGLIOTI, 2011), em áreas degradadas, terrenos baldios, ao longo de rodovias e restingas.

Na medicina, estudos indicam o uso para prevenção e combate às doenças dos ossos, como osteoporose. Na Figura 39 observam-se os detalhes das folhas da urtiga.

Figura 39- Comparação da Urtiga. 2015



Fonte: Autor (2016)

A Urtiga não consta na lista das espécies vegetais existentes do levantamento florístico do recente Estudo de Impacto Ambiental - EIA da ampliação do ASMOC.

- Nome popular (Ciúme), Nome Científico (*Calotropis procera*)

De acordo com autores citados em Oliveira-Bento (2012), a Ciúme pertence à família Apocynaceae, sendo nativa da África, Península Arábica e Sudoeste da Ásia.

No Brasil foi introduzida como ornamental em 1900 em Recife-PE, mas hoje é encontrada em muitos Estados.

Tem característica xerofítica com folhas consistentes, apresenta uma ou poucas hastes cilíndricas (caules) e poucos galhos (Figura 40).

Figura 40- Detalhes da Ciúme encontrada na célula estudada do ASMOC



Fonte: Autor (2016)

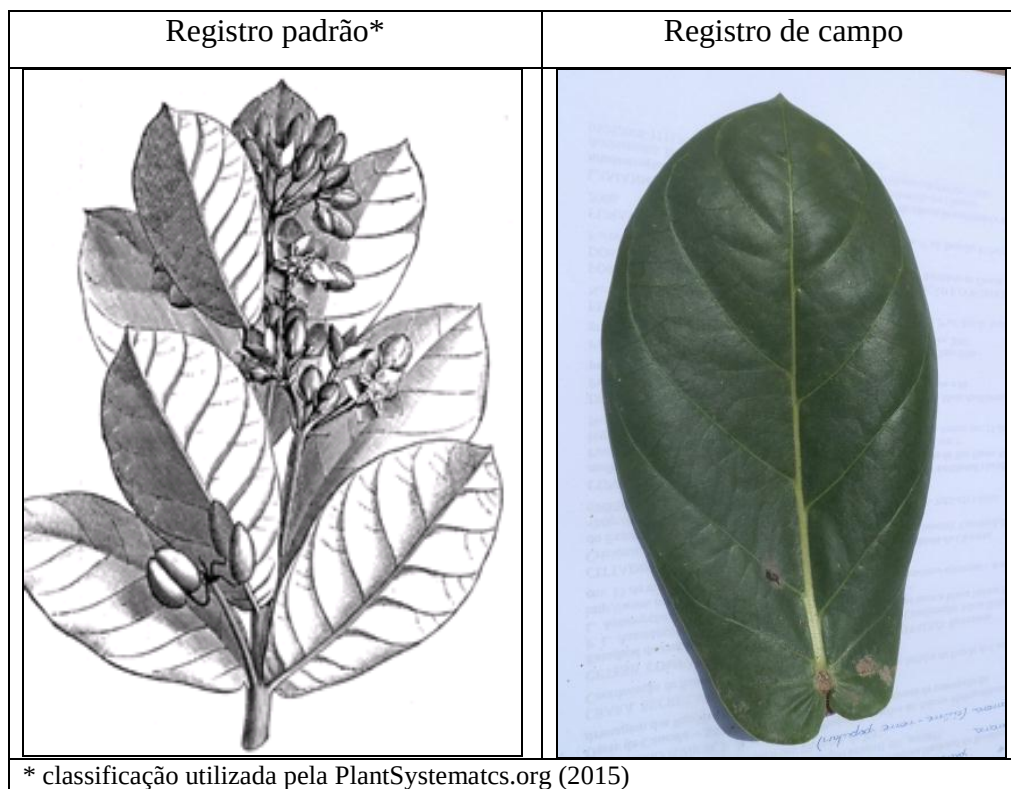
Quando o caule e as folhas (Figura 41) são cortados, obtém-se um fluxo abundante de seiva branca (látex) devido ao rompimento dos tecidos.

O sistema radicular é bastante desenvolvido, com raiz principal pivotante que pode atingir de 1,7 a 3,0 m em solos arenosos.

Segundo Souto et al. (2008), a referida espécie desenvolve-se bem em solos arenosos, degradados e em locais com baixo índice pluviométrico, resistindo à seca, permanecendo verde e exuberante durante todo o ano.

É uma espécie invasora, que causa grande ameaça à biodiversidade nativa, pois compete vigorosamente por nicho ecológico e recursos naturais (INSTITUTO HÓRUS, 2011).

Figura 41- Comparação da Ciúme. 2015



Fonte: Autor (2016)

A Ciúme consta na lista das espécies vegetais existentes do levantamento florístico do recente Estudo de Impacto Ambiental - EIA da ampliação do ASMOC.

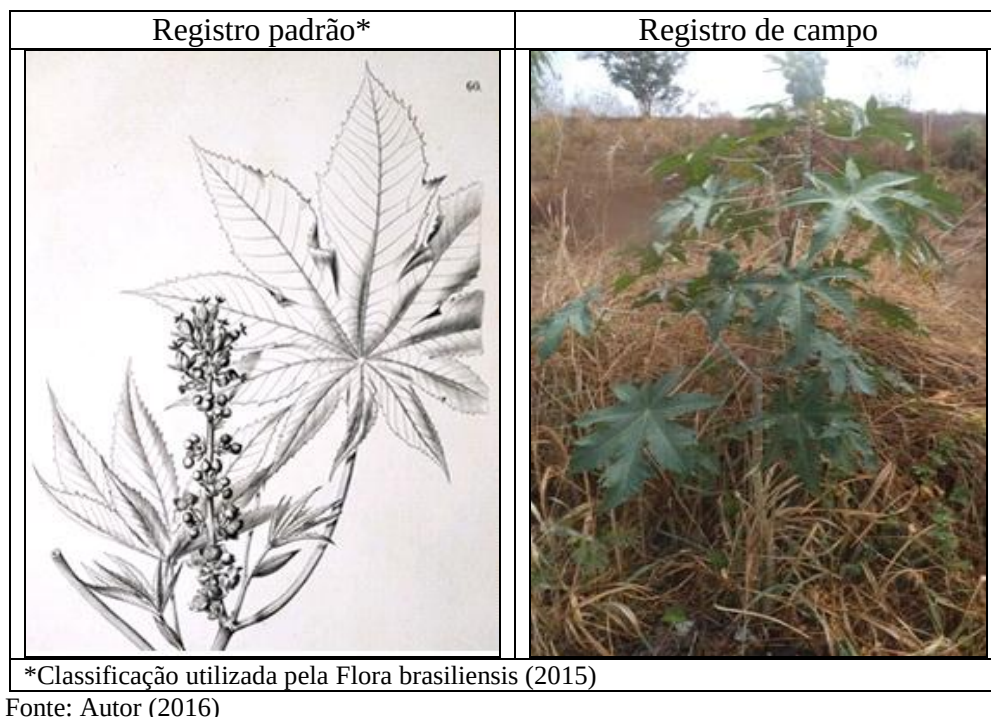
- Nome popular (Mamona), Nome Científico (*Ricinus communis*)

A Mamona (Figura 42) é uma planta oleaginosa da família Euphorbiaceae, originária do leste do continente Africano.

Segundo autores citados em Cavalcanti et al. (2005) e Drumond et al. (2008), no Brasil, a Mamona encontra-se difundida nos estados da região Nordeste, principalmente na zona semiárida, devido ao seu alto grau de tolerância a déficit de umidade no solo e a temperaturas elevadas, onde aparece como produto de importância social e econômica [...].

As folhas da Mamoneira apresentam formatos diferenciados em função da variedade e de fatores ambientais. As variações vão desde o tamanho do limbo e aparência das bordas foliares até sua coloração que vai do verde claro ao arroxeado (DRUMOND et al., 2008).

Figura 42- Comparação da Mamona. 2014



Ainda segundo Drumond et al. (2008), a Mamona possui uma raiz do tipo pivotante que pode atingir até 1,50 metros de profundidade e, lateralmente, se estender por mais de três metros, o que permite que a planta explore grande volume de solo. O crescimento do sistema radicular da mamoneira pode ser prejudicado quando plantada em solos compactados ou com presença de Alumínio tóxico.

No ASMOC observou-se grande predominância da Mamona. Ela consta na lista das espécies vegetais existentes do levantamento florístico do recente Estudo de Impacto Ambiental - EIA da ampliação do ASMOC.

Diversos trabalhos também identificaram a presença da Mamona em áreas de disposição de resíduos sólidos (aterros sanitários ou similares): Carneiro e Irgang (1999) em Porto Alegre; Santana e Encinas (2008) em Goiânia; Capeleto de Andrade (2009) em Passo Fundo.

O trabalho de Cavalheiro et al. (2014) identificou a presença da Mamona no entorno dos wetlands utilizados no tratamento dos lixiviados do aterro sanitário da Caximba (Curitiba-PR).

O estudo de Madaleno (2011) identificou a Mamona como de uso medicinal para populações de São Luis (MA) como cicatrizante.

4.2.3 Dos estratos arbustivo e arbóreo

A seguir, descrevem-se as principais espécies identificadas:

- Nome popular (Jurema Preta), Nome Científico (*Mimosa tenuiflora*)

Segundo Lorenzi (1998), a Jurema Preta é uma árvore nativa pertencente à família Leguminosae e que predomina na Caatinga e Cerrado. Tem crescimento rápido, atinge 6 metros de altura e 30 cm de diâmetro, dotada de copa irregular e folhas compostas, bipinadas, de 1 a 3 cm de comprimento. Na célula estudada foram encontrados 05 indivíduos dessa espécie com diâmetros variando entre 6 e 30 cm.

Segundo a Fundação Brasil Cidadão (2012), é conhecida pelos espinhos que cobrem seus ramos, como exemplifica a Figura 43 extraída do ASMOC.

Figura 43- Detalhes da prema preta encontrada na célula estudada do ASMOC. 2015

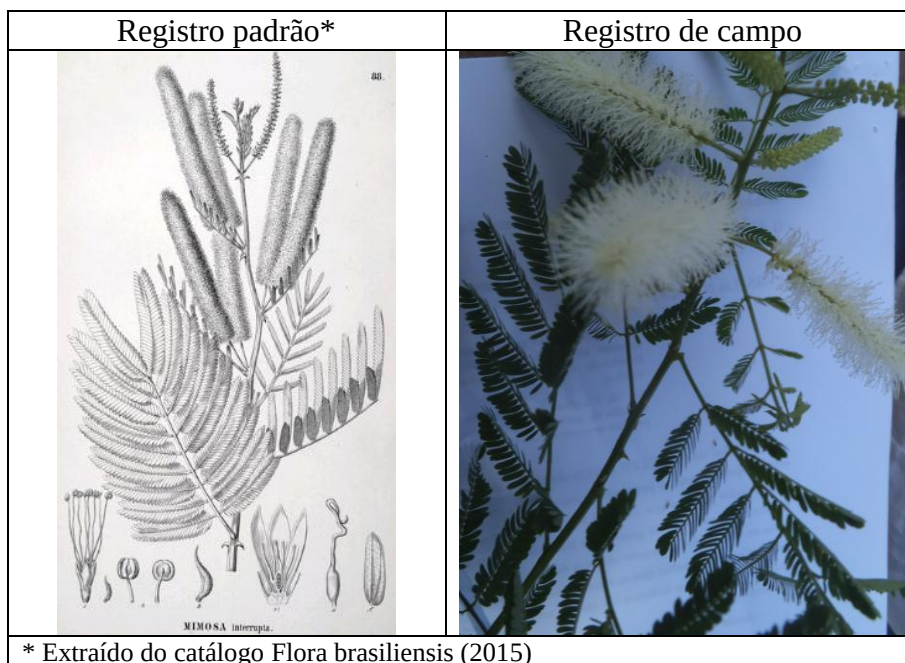


Fonte: Autor (2016)

A Jurema Preta possui tronco com casca de cor castanho-escuro e suas inflorescências são reunidas em espigas (Figura 44), formadas por flores brancas, pequenas e suavemente perfumadas, que fornecem recursos florais, pólen e néctar, para muitas espécies de abelhas,

vespas, moscas e outros insetos. O fruto é do tipo vagem de 2,5 a 5,0 cm de comprimento, contendo até 6 sementes

Figura 44- Comparação da Jurema Preta. 2015



* Extraído do catálogo Flora brasiliensis (2015)

Fonte: Autor (2016)

Diversos autores citados no trabalho de Bezerra (2008) apontam as características da Jurema Preta: (i) é uma espécie muito importante para a manutenção da biodiversidade e funcionamento dos ecossistemas, (ii) tem crescimento rápido e sua capacidade de rebrota fazem com que seja importante na restauração de áreas degradadas e/ou erodidas, (iii) é uma espécie indicadora de uma sucessão⁴⁶ progressiva, (iv) conta com raízes de alta capacidade de penetração em terrenos compactados⁴⁷, (v) participa da recuperação do teor de nitrogênio do solo, preparando-o para o aparecimento de outras plantas mais exigentes.

A Jurema Preta tem sido explorada para produção de estacas e lenha, além de servir como alimento para caprinos, ovinos e bovinos. Na medicina popular, sua casca é utilizada no tratamento de diversas enfermidades como queimaduras e inflamações.

⁴⁶ A sucessão é um padrão de mudanças na composição específica de uma comunidade após um distúrbio radical ou depois da abertura de um fragmento em meio à vegetação (HORN, 1974 apud CARNEIRO e IRGANG, 1999).

⁴⁷ Geralmente a cobertura de um aterro sanitário é compactada com tratores de esteiras de 25 toneladas, o que ressalta a capacidade dessa espécie.

O estudo desenvolvido por Ismael, Leite e Silva (2013) identificou a presença da Jurema Preta na área adjacente ao Lixão de Pombal (PB) e os autores recomendam seu uso na revegetação da área do lixão, por ser uma espécie leguminosa primária, e para que a recuperação da área aproxime-se ao máximo com uma regeneração natural.

Meinerz et al. (2009) sugeriu o gênero *Mimosa* (espécie *caesalpiniaefolia*) para a recuperação paisagística do Aterro Sanitário de Toledo, por ser uma planta que tem crescimento rápido, densa e resistente, o que a torna ideal para reflorestamentos heterogêneos destinados a recomposição de áreas degradadas.

O estudo desenvolvido por Carneiro e Irgang (1999) identificou a presença da Jurema Preta no aterro sanitário da zona norte da cidade de Porto Alegre. Os autores relatam ainda que a Jurema Preta é uma das espécies provenientes dos remanescentes da vegetação natural dos arredores do aterro. Tal conclusão também pode ser aplicada a esta pesquisa, pois a Jurema Preta consta na lista das espécies vegetais existentes do levantamento florístico do recente Estudo de Impacto Ambiental - EIA da ampliação do ASMOC.

O estudo desenvolvido por Capeleto de Andrade (2009) identificou a presença da Jurema Preta no aterro Invernadinha, município de Passo Fundo/RS, e o estudo de Barros (2011) a encontrou no Aterro Raposo Tavares, atual Parque Raposo Tavares em São Paulo. Ainda segundo Barros (2011), o estabelecimento das espécies arbóreas e arbustivas exige maiores cuidados, pois, em geral, apresentam raízes mais profundas que as espécies herbáceas. No entanto, apresenta vantagens associadas à melhoria da qualidade do ar, à estabilidade solo, à manutenção de habitats.

A importância da Jurema Preta em projetos de recuperação de áreas degradadas pode ser constatada na pesquisa de Matta e Andrade (2005), pois das 24 espécies selecionadas para teste de revegetação da cobertura do aterro Santo Amaro (SP), 09 espécies foram de Jurema Preta, sendo que 05 se estabeleceram/adaptaram com destaque ao local.

- Nome popular (Cajá), Nome Científico (*Spondias mombin*)

É uma árvore (Figura 45) frutífera típica de zonas úmidas e sub-úmidas pertencente à família Anacardiaceae.

Aparece na Caatinga quando plantada e em regiões costeiras de maior precipitação (média anual superior a 1.100 mm). Sua madeira é utilizada em marcenarias, enquanto a casca, os ramos, as folhas e as flores possuem propriedades medicinais⁴⁸.

Figura 45- Exemplar da Cajazeira encontrada na célula estudada do ASMOC. 2015



Fonte: Autor (2016)

Segundo autores citados por Santos-Serejo et al. (2009), a cajazeira é nativa das terras baixas do México e das Américas Central e Sul. Seu tronco pode chegar a 64 cm de diâmetro, é ereto, revestido por casca acinzentada ou brancacenta, rugosa, fendida e muito grossa. Sua copa se ramifica na parte terminal e a planta pode alcançar até 30 m de altura, fazendo dela a árvore mais alta do gênero. As folhas são compostas por 5 a 11 pares, com ápice agudo e base arredondada (Figura 46). Na célula estudada foi identificado um indivíduo dessa espécie com 13 cm de diâmetro, ou seja, bem inferior ao encontrado na literatura.

A planta é semidecídua e encontrada nas formações secundárias, onde regenera espontaneamente tanto a partir de sementes como de estacas e raízes. Produz anualmente grande quantidade de sementes viáveis, amplamente disseminadas pela fauna (LORENZI, 1998). Apresentam alta variabilidade quanto ao porte, arquitetura e formato da copa.

A Cajazeira não consta na lista das espécies vegetais existentes do levantamento florístico do recente Estudo de Impacto Ambiental - EIA da ampliação do ASMOC.

⁴⁸ Informação extraída do site: <http://www.cnip.org.br/PFNMs/catingueira.html> em 14.04.2015

Figura 46- Comparação das folhas da Cajazeira. 2015

Registro padrão*	Registro de campo
	
*Imagem do herbário virtual da flora e dos fungos (2015).	

Fonte: Autor (2016)

- Nome popular (Mororó), Nome Científico (*Bauhinia forticata*)

É uma planta (Figura 47) que pertence à família Leguminosae, nativa do Sudeste do Brasil, mas também encontrada em áreas da região Nordeste. O Mororó é uma planta de 5 a 9 m de altura com tronco tortuoso de 30 a 40 cm de diâmetro (LORENZI, 1992). Na célula estudada foram identificados 04 indivíduos dessa espécie com diâmetro entre 8 e 10 cm, ou seja, bem inferior ao encontrado na literatura.

Ainda segundo Lorenzi (1992), o Mororó ocorre preferencialmente em planícies aluviais úmidas ou início de encostas, quase sempre em formações secundárias como capoeiras (mata jovem). Produz anualmente grande quantidade de sementes viáveis, o que, provavelmente, justifica a satisfatória incidência da leguminosa na área de estudo. Ainda de acordo com o autor, a referida espécie tem grande potencial para plantios mistos em áreas degradadas destinadas à recomposição da vegetação arbórea.

Figura 47- Exemplar do Mororó encontrado na célula estudada do ASMOC. 2015



Fonte: Autor (2016)

O Mororó apresenta copa arredondada ou estendida. As folhas formam dois lobos que lembram o rasto das patas bovinas, que leva a planta ser chamada popularmente por pata-de-vaca (ASSOCIAÇÃO CAATINGA, 2011) - Figura 48. Tem inflorescências com flores vistosas, pétalas de até 9 cm de comprimento com estames compridos (CARVALHO, 2003; GUIMARÃES et al., 2004).

A madeira do Mororó é utilizada na produção de lenha e estacas e as folhas servem para a alimentação animal (ASSOCIAÇÃO CAATINGA, 2011). Na medicina existem estudos sobre o uso das folhas para o controle da glicemia em pacientes com diabetes (DAMEDA et al., 2012; MAFFIOLETTI et al., 2012). Pode também servir para arborização urbana e paisagismo⁴⁹.

O Mororó ocorre em quase todos os tipos de solo, com maior abundância em solos profundos, permeáveis e de boa fertilidade. De acordo com autores citados em Carvalho (2003), a planta responde muito bem à fertilização mineral, com considerado crescimento com aplicação de nitrogênio e fósforo.

⁴⁹ Informação extraída do site: <http://www.cnip.org.br/PFNMs/catingueira.html> em 14.04.2015

Figura 48- Comparação do Mororó. 2015

Registro padrão*	Registro de campo
 Bauhinia forficata, var. longiflora.	
*Classificação utilizada pela Flora brasiliensis (2015)	

Fonte: Autor (2016)

Resende et al. (2015), em um experimento de revegetação de parte da área do lixão da cidade de Inconfidentes (MG), utilizaram mudas de Mororó e verificaram que a espécie teve o melhor crescimento (parâmetros analisados: altura, diâmetro do caule ao nível do solo e área da copa) em comparação com as outras quatro leguminosas testadas e a melhor taxa de sobrevivência das mudas (66,67%).

Conforme o projeto de ampliação do aterro sanitário de Bauru (EMPRESA MUNICIPAL DE DESENVOLVIMENTO URBANO E RURAL DE BAURU - EMDURB, 2010) o Mororó está na relação das espécies que serão plantadas no Aterro.

O estudo de Madaleno (2011) identificou o Mororó (raiz) como de uso medicinal para populações de São Luis (MA) para o diabetes.

O estudo de Barros (2011) identificou o Mororó no Aterro Raposo Tavares, atual Parque Raposo Tavares em São Paulo.

O Mororó consta na lista das espécies vegetais existentes do levantamento florístico do recente Estudo de Impacto Ambiental - EIA da ampliação do ASMOC.

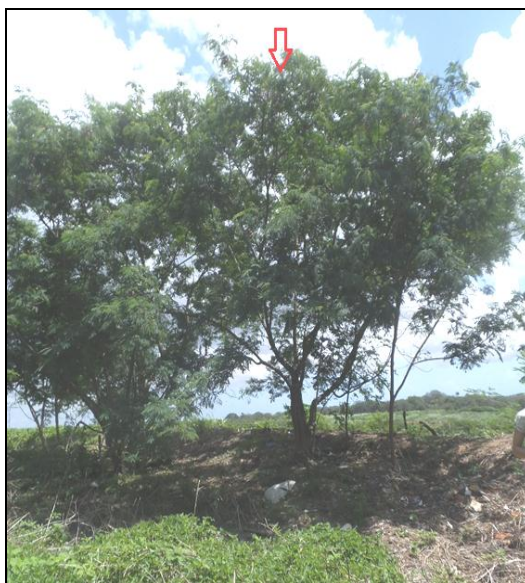
- Nome popular (Leucena), Nome Científico (*Leucaena leucocephala*)

A espécie apresenta-se como árvore ou arbusto, variando de 5 a 18 m de altura e 30 cm de diâmetro (BREWBAKER, 1976 apud PASSOS, LIMA e ALBUQUERQUE, 1988). É originária da América Central e pertence à família Leguminosae (INSTITUTO HÓRUS, 2005). Na célula estudada foram identificados 10 Leucenas com diâmetros entre 7 - 11 cm, ou seja, bem inferior ao encontrado na literatura.

A Leucena é uma espécie exótica que tem sido frequentemente cultivada no Brasil para recuperação florestal, devido apresentar simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio, melhorando a fertilidade dos solos. Na Figura 49 observa-se uma planta adulta de Leucena.

Santana e Encinas (2008) concluem que a presença de depósitos de resíduos domiciliares aumenta a incidência de espécies exóticas arbóreas em relação às espécies nativas. Algumas pesquisas citadas pelos autores deixaram evidente que a presença de um único indivíduo de planta exótica poderá ser suficiente em longo e médio prazo para a disseminação da espécie em ambientes naturais.

Figura 49- Exemplar da Leucena encontrada na célula estudada do ASMOC. 2015



Fonte: Autor (2016)

Em consulta ao endereço eletrônico da EMBRAPA⁵⁰ extraiu-se que a planta apresenta sistema radicular profundo, com poucas raízes laterais, que ocorrem em pequeno número, próximas à superfície do solo e que portam nódulos fixadores de nitrogênio. As folhas (Figura 50) têm comprimento médio de 15 a 20 mm.

Figura 50- Detalhes da folha da Leucena. 2015



Fonte: Autor (2016)

A inflorescência é solitária, sobre um pedúnculo com mais de 5 cm de comprimento, apresentando numerosas flores brancas. As vagens são estreitas e achatadas, em média têm 20 cm de comprimento e 2 cm de largura, portando 13 a 20 sementes. As sementes são elípticas, comprimidas e de cor marrom.

Conforme autores citados por Souza (2006), as leguminosas de sistema radicular profundo possuem a capacidade de romper camadas compactadas do solo e trazer para a superfície alguns nutrientes que seriam perdidos por lixiviação, principalmente Potássio, Cálcio, Magnésio e Nitrogênio, tornando-os disponíveis às culturas principais.

A Leucaena não apresenta um bom crescimento em solos ácidos, com alto teor de Alumínio e geralmente deficientes em cálcio, molibdênio e Zinco. A planta se adapta melhor em solos com pH próximo ao neutro, sendo seu crescimento muito afetado, abaixo de pH 5,5.

⁵⁰ Informações extraídas do site: <http://www.cnpqc.embrapa.br/publicacoes/ct/ct13/03leucena.html>

Na literatura, conforme diversos autores citados por Costa e Durigan (2010), a referida leguminosa é utilizada para a recuperação da cobertura vegetal e reabilitação de áreas degradadas, no entanto também há diversos estudos atribuindo à *Leucena* a característica de planta invasora em varias regiões do mundo que levaram à sua inclusão na lista das 100 espécies invasoras mais agressivas do planeta elaborada pela União Mundial para a Conservação da Natureza - IUCN.

A espécie de *Leucena* identificada no ASMOC também foi identificada no estudo desenvolvido por Santana e Encinas (2008), nas áreas adjacentes ao aterro do Jockey Club (Brasília), por Matta e Andrade (2005), na revegetação do aterro Santo Amaro (SP) e por Figueiredo (2012), no aterro sanitário de Formosa (GO). Alvim et al. (2013), no Aterro Metropolitano de Jardim Gramacho, trabalharam com diferentes técnicas de recobrimento vegetal e espécies em três setores do aterro. Entre as espécies utilizadas está a *Leucaena* (espécie *leucocephala*).

A referida espécie não consta na lista das espécies vegetais existentes do levantamento florístico do recente Estudo de Impacto Ambiental - EIA da ampliação do ASMOC.

- Nome popular (Catingueira), Nome Científico (*Caesalpinia pyramidalis*)

Segundo a ASSOCIAÇÃO CAATINGA (2011), é uma árvore nativa do bioma Caatinga pertencente à família Leguminosae. É uma espécie de ampla dispersão no Nordeste, sendo no semiárido um arbusto de pequeno porte. Na Caatinga é uma árvore decídua. Suas flores amarelas dispostas em cachos são perfumadas e atraem grande número de insetos. Seus frutos são pequenas vagens marrons achatadas (Figura 51) que amadurecem no período da estiagem.

Figura 51 - Vagem da Catingueira encontrada na célula estudada do ASMOC. 2014

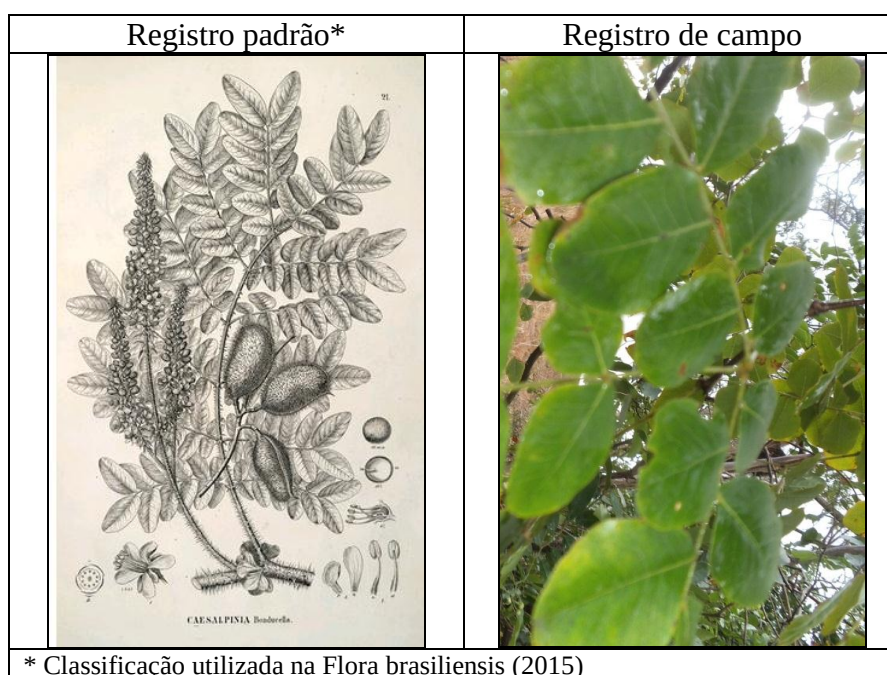


Fonte: Autor (2016)

Segundo o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (2011), a Catingueira adulta pode variar de 3 a 10 m em altura, dependendo das condições físicas do ambiente e nível de perturbação [...]. Possui tronco curto de 30 a 40 cm de diâmetro, revestido por casca quase lisa de cor acinzentada e descamado em partes finas, o que confere aspecto camuflado. Na célula estudada foi identificado um indivíduo com 30 cm de diâmetro, ou seja, próximo ao encontrado na literatura. Lopes et al (2007) apontam que solos com baixa salinidade - a exemplo do solo do ASMOC que apresentou condutividade elétrica menor que 0,54 dS/m - são bons para o crescimento da *Caesalpinia pyramidalis*

A Catingueira é uma árvore de grande beleza que pode se utilizada na arborização urbana e, como planta pioneira de rápido crescimento, é aproveitada na recuperação de áreas degradadas pelo desmatamento. Tem a capacidade de rebrotar com intensidade quando cortada, o que nem sempre acontece com outras espécies da caatinga. É usada para estacas, moirões e varas, na fabricação de carvão e lenha, bem como na confecção de cercas estivadas e cabos de ferramentas. É considerada boa forrageira para bovinos, caprinos e ovinos, especialmente fenada. Na medicina popular, as folhas (Figura 52), flores e cascas são usadas no tratamento das infecções catarrais, nas diarreias e disenterias⁵¹.

Figura 52- Comparação da Catingueira. 2014



Fonte: Autor (2016)

⁵¹ Informação extraída do site: <http://www.cnip.org.br/PFNMs/catingueira.html> em 14.04.2015

O estudo desenvolvido por Ismael, Leite e Silva (2013) identificou a presença da Catingueira na área adjacente ao Lixão de Pombal (PB) e os autores recomendam seu uso na revegetação da área do lixão, sendo ela uma espécie leguminosa secundária.

A Catingueira consta na lista das espécies vegetais existentes do levantamento florístico do recente Estudo de Impacto Ambiental - EIA da ampliação do ASMOC.

- Nome popular (Angico branco), Nome Científico (*Anadenanthera colubrina*)

O Angico branco (Figura 53) pertence à família Leguminosae e é uma planta de 12 a 15 m de altura, com tronco de 30 e 50 cm de diâmetro (LORENZI, 1992). Na célula estudada foram identificados 08 indivíduos da espécie com diâmetros variando entre 8 a 30 cm. Alcança até 2 m de altura e tem caule com lenticelas avermelhadas (MORIM, BARROS, 2015).

Figura 53- Exemplar do Angico branco encontrada na célula estudada do ASMOC. 2015



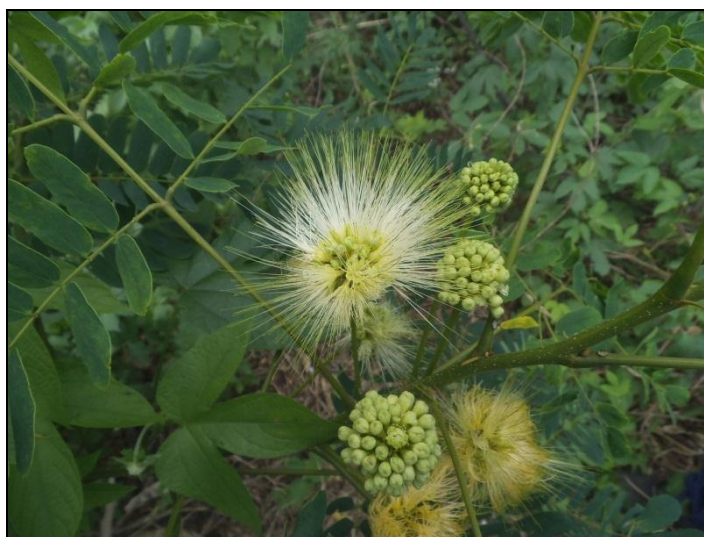
Fonte: Autor (2016)

Segundo Carvalho (2002), o Angico Branco tem tronco reto e mais ou menos cilíndrico. Sua casca externa é lisa, branca-acinzentada a cinza-escura, áspera e provida de fendas finas longitudinais. A casca interna é levemente avermelhada. Suas flores são brancas amareladas, pequenas, perfumadas, reunidas em inflorescências terminais (Figura 54).

Segundo Lorenzi (1992), é uma árvore extremamente ornamental, principalmente pela forma e coloração de seu tronco, sendo bastante apropriada para o paisagismo, principalmente para arborização urbana; é indicada também para plantios mistos em áreas degradadas. A madeira é útil na para a construção civil, obras hidráulicas, carpintaria dentre outros usos.

O Angico Branco, classificado como uma espécie pioneira, também foi escolhido para o projeto de enriquecimento vegetal do lixão de Marambaia. Além dele, outros dois gêneros encontrados nesta pesquisa também foram citados: Acacia (espécie *mangium*) e Mimosa (espécie *scabrella*).

Figura 54- Detalhe da inflorescência do Angico branco. 2015



Fonte: Autor (2016)

O estudo desenvolvido por Ismael, Leite e Silva (2013) identificou a presença do Angico branco na área adjacente ao Lixão de Pombal (PB) e os autores recomendam seu uso na revegetação da área do lixão, sendo ela uma espécie leguminosa secundária.

O Angico branco é uma espécie recomendada para fitorremediação de áreas contaminadas por substâncias inorgânicas, como metais pesados. Está presente nos planos de recuperação ambiental da área do lixão de Pombal-PB (Ismael, Leite e Silva, 2013) e do aterro sanitário de Bauru-SP (EMDURB, 2010).

O Angico branco consta na lista das espécies vegetais existentes do levantamento florístico do recente Estudo de Impacto Ambiental - EIA da ampliação do ASMOC.

- Nome popular (Acácia amarela), Nome Científico (*Acacia farnesiana*)

Trata-se de um arbusto ou árvore pertencente à família Leguminosae. É a espécie mais abundante do gênero *Acacia*, sendo encontrada em climas tropical e subtropical. Arvoreta, cerca de 2 m de altura, caule com lenticelas avermelhadas (MORIM, BARROS, 2015).

É resistente ao fogo e não tolera o frio. São usadas para o reflorestamento de terras áridas degradadas devido a sua boa adaptação em ambientes áridos e semiáridos. Apresenta copa plana, folhas bipinada (Figura 55), flores de coloração amarela e seus frutos são vagens pretas (SILVA, 2011 apud ROCHA et al., 2012).

Conforme o PROGRAMA GLOBAL DE ESPÉCIES INVASORAS - GISP (2005), o gênero *Acacia* compreende cerca de mil e quinhentas espécies, sendo quase mil delas nativas da Austrália [...] e se tornaram invasoras em outras partes do mundo [...] gerando a perda de biodiversidade, em função da expulsão de espécies nativas e da alteração do funcionamento natural dos ecossistemas [...].

A espécie possui valor econômico destacado para madeireiras e forrageiras, além de ser rica em tanino que se utiliza na elaboração de tintas e produtos farmacêuticos.

Figura 55- Folhas da Acácia amarela. 2015



Fonte: Autor (2016)

O estudo desenvolvido por Santana e Encinas (2008) identificou a presença do gênero *Acácia* (espécie *mearnsii*) nas áreas adjacentes ao aterro do Jockey Club de Brasília. A referida

espécie também foi sugerida por Meinerz et al. (2009) para recuperação paisagística do Aterro Sanitário de Toledo. Segundo os autores, a Acácia é uma importante espécie para restauração de ambientes degradados pois tem a capacidade de formar simbiose com fungos que auxiliam o crescimento das plantas através do aumento na absorção de nutrientes e água, conferindo também maior resistência aos patógenos da raiz e às condições ambientais adversas.

Na célula estudada foram identificados 05 indivíduos da espécie com diâmetro entre 10 e 19 cm. A Acácia amarela não consta na lista das espécies vegetais existentes do levantamento florístico do recente Estudo de Impacto Ambiental - EIA da ampliação do ASMOC.

- Nome popular (Mutamba), Nome Científico (*Guazuma ulmifolia*)

Trata-se de uma espécie nativa, mas não endêmica do Brasil, pertencente à família Sterculiaceae. Ocorre em regiões da Amazônia, Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica. Árvore com altura de 8 a 16 m, com tronco de 30 a 50 cm de diâmetro, revestido com cascas acinzentadas. (LORENZI, 1992; GALINA et al., 2005; INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORESTAS, 2015). Na célula estudada foram identificados 02 indivíduos com 09 e 11 cm de diâmetro (Figura 56), ou seja, bem inferior ao encontrado na literatura.

Figura 56- Exemplar da Mutamba encontrada na célula estudada do ASMOC. 2015

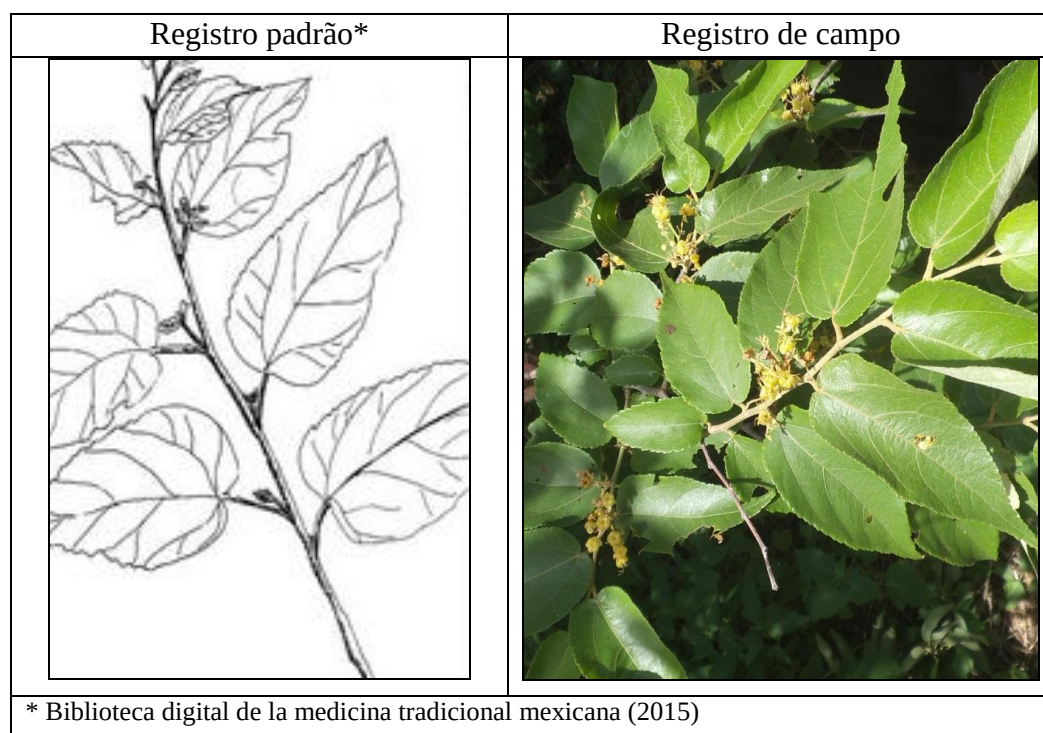


Fonte: Autor (2016)

Segundo Lorenzi (1992) e Galina et al. (2005), a espécie tem folhas simples, ovaladas, cobertas por pubescência em ambas as faces e com 10 a 13 cm de comprimento por 4 a 6 cm de largura. A inflorescência apresenta cerca de 10 flores em vários estágios de desenvolvimento.

Ainda segundo os autores supracitados, os frutos possuem forma arredondada com projeções pontiagudas por toda a superfície e de coloração negra quando maduro. As sementes são ortodoxas⁵², possuem tegumento impermeável à água o que impede a germinação, sendo necessário realizar tratamento para superar a sua dormência física. Na Figura 57 podem-se observar os detalhes das folhas da Mutamba

Figura 57- Comparação da Mutamba. 2015



Fonte: Autor (2016)

Diversos autores citados em Galina et al. (2005) afirmam que a Mutamba vem sendo utilizada pela população como medicamento natural no Brasil e em diversos países da América do Sul e Central. As partes geralmente empregadas são as cascas e as folhas, porém, há relatos de que os frutos também são aproveitados.

⁵² Sementes que sobrevivem à secagem e congelamento durante a conservação *ex situ*.

Em Carvalho (2007), pesquisadores destacam o potencial da Mutamba em consórcios agrosilvopastoris e a caracterizam como uma espécie indicadora de solos mesotróficos, que ocorre frequente em solos com pH superior a 5,5 e se adaptada a solos compactos ainda que o desenvolvimento seja lento.

Souza (2007), ao exemplificar as espécies pioneiras utilizadas na recomposição florestal de áreas degradadas, cita a Mutamba. Cita ainda dois gêneros encontrados nesta pesquisa: *Acacia* (espécie *glomerosa*) e *Mimosa* (espécie *scabrella*). Com relação às espécies definitivas, o autor citou os gêneros *Piptadenia* (espécies *macrocarpa* e *gonoacantha*) e *Caesalpinia* (espécie *echinata*).

Resende et al. (2015), em um experimento de revegetação de parte da área do lixão da cidade de Inconfidentes (MG), utilizaram mudas de Mutamba e verificaram taxa de sobrevivência igual a 66,66%.

A Mutamba consta na lista das espécies vegetais existentes do levantamento florístico do recente Estudo de Impacto Ambiental - EIA da ampliação do ASMOC.

- Nome popular (Jucá), Nome Científico (*Caesalpinia ferrea*)

Trata-se de uma árvore nativa (Figura 58), pertencente à família Leguminosae, com ocorrência principalmente na Caatinga.

A altura da referida árvore pode variar entre 20 e 30 metros. Tem tronco liso e descamante de 50 a 80 cm de diâmetro. Apresenta dispersão irregular e descontínua (LORENZI, 1992). Na célula estudada foi identificado 01 indivíduo com 16 cm de diâmetro, ou seja, bem inferior ao encontrado na literatura.

Autores citados por Lopes et al. (2007) destacam que a redução do crescimento das plantas é consequência de respostas fisiológicas, incluindo modificações no balanço de íons, potencial hídrico, nutrição mineral, fechamento estomático e eficiência fotossintética.

Figura 58- Exemplar do Jucá encontrada na célula estudada do ASMOC. 2015



Fonte: Autor (2016)

É uma árvore com copa ramificada, com folhas compostas por folíolos miúdos. Flores pequenas e amarelas. Frutos de vagem preto-avermelhada. As sementes apresentam dormência, sendo necessário tratamento especializado para se obter boa taxa de germinação (LENHARD, SCALON e NOVELINO, 2010). Na Figura 59 observa-se uma pequena parte da planta.

Figura 59- Folhas do Jucá. 2015



Fonte: Autor (2016)

Lorenzi (1992) descreve que o Jucá ocorre preferencialmente em várzeas e fundo de vales onde o solo é fresco e úmido, tanto no interior da mata primária densa como em formações abertas e secundárias. No ASMOC não há essas condições, o que pode ter prejudicado o desenvolvimento da espécie.

Diversos autores citados por Câmara et al. (2008) e Silva et al. (2010) destacam o potencial econômico do Jucá: as folhas servem para forragem; a madeira é empregada na construção civil, obras externas e marcenaria em geral; aproveitada para plantios de áreas degradadas e paisagismo. Na medicina é utilizada para o tratamento de problemas hepáticos, respiratórios e, em especial, para distúrbios gastrintestinais e como cicatrizantes.

O estudo desenvolvido por Ismael, Leite e Silva (2013) identificou a presença do Jucá na área adjacente ao Lixão de Pombal (PB) e os autores recomendam seu uso na revegetação da área do lixão, sendo ela uma espécie leguminosa secundária.

Barros (2011) encontrou o Jucá no Aterro Raposo Tavares, atual Parque Raposo Tavares em São Paulo, como uma das espécies pioneiras que apresentaram melhor desenvolvimento.

O estudo de Madaleno (2011), que teve como objetivo resgatar os saberes tradicionais sobre espécies da flora de uso medicinal em São Luis (MA), identificou 105 gêneros de plantas, dentre eles o Jucá; usado no controle do diabetes.

O Jucá consta na lista das espécies vegetais existentes do levantamento florístico do recente Estudo de Impacto Ambiental - EIA da ampliação do ASMOC.

- Nome popular (Acerola), Nome Científico (*Malpighia emarginata*)

É uma planta (Figura 60) pertencente à família Malpighiaceae, nativa do Caribe, América Central e porção norte da América do Sul.

No Brasil, a introdução dessa fruteira ocorreu na década de 50, havendo controvérsias com respeito ao ano e local originais (OLIVEIRA e SOARES FILHO, 1998).

Figura 60- Exemplar da Acerola encontrada na célula estudada do ASMOC. 2015



Fonte: Autor (2016)

Segundo as descrições de diversos pesquisadores citados por Gomes et al. (2001), a espécie (Figura 61) é um arbusto possuidor de haste única com ramificações densas, de crescimento longitudinal e/ou lateral. A formação do fruto é rápida, abrangendo 22 dias desde o florescimento até a maturação.

Figura 61- Comparação da Acerola. 2015

Registro padrão*	Registro de campo
	
* Imagem do herbário virtual da flora e dos fungos (2015).	

Fonte: Autor (2016)

Oliveira e Soares Filho (1998) destacam que o Brasil apresenta condições ideais para o cultivo da acerola, sendo um dos maiores produtores mundiais desta fruta, com parte de sua produção comercializada na forma de polpa.

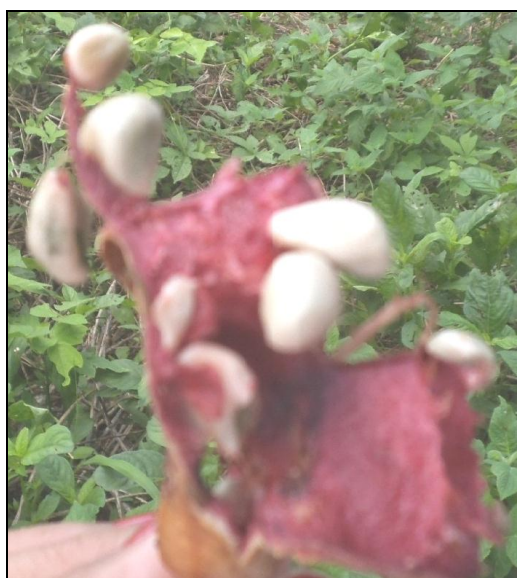
Na célula estudada do ASMOC foi identificado 01 indivíduo. Tal espécie não consta na lista das espécies vegetais existentes do levantamento florístico do recente Estudo de Impacto Ambiental - EIA da ampliação do ASMOC.

- Nome popular (Feijão bravo), Nome Científico (*Capparis flexuosa*)

O Feijão bravo, segundo a Fundação Brasil Cidadão (2012), é nativo, de pequeno porte, pertencente à família Capparaceae e muito comum na Caatinga. Pode atingir entre 3 a 6 m de altura, apresenta caule simples e ramificado, ereto ou tortuoso podendo crescer apoiando nas plantas vizinhas.

As folhas apresentam base estreitamente cuneada à arredondada, ápice emarginado, redondo ou agudo. As flores são grandes, de coloração branca e tons avermelhados, com estames longos e anteras amarelas. Os frutos são de cor avermelhada, deiscentes e expõem sementes (Figura 62) com cobertura branca.

Figura 62- Detalhe do fruto e das sementes do Feijão bravo. 2015



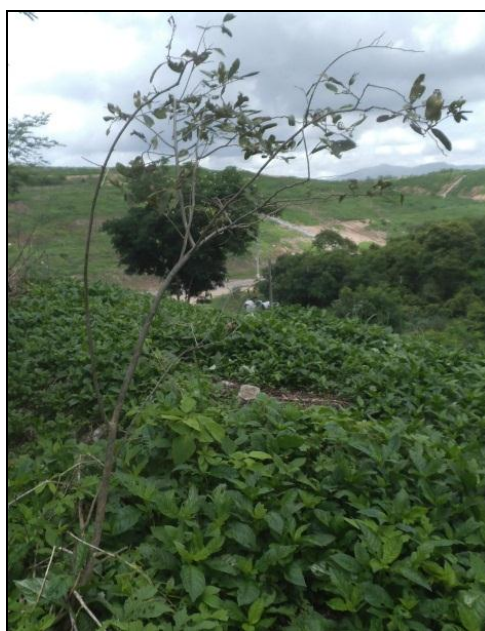
Fonte: Autor (2016)

O Feijão bravo, devido à sua importância melífera, é recomendado para plantio em áreas de conservação e criação de abelhas (FUNDAÇÃO BRASIL CIDADÃO, 2012).

De acordo com autores citados por Fabricante, Andrade e Oliveira (2008), o Feijão Bravo se desenvolve em grande parte do semiárido e apresenta produção biológica durante o período seco, o que lhe garante certa independência em relação ao ciclo das chuvas. No período seco - quando normalmente não há disponibilidade de forragens verdes, a espécie é bastante apreciada pelos animais mantidos na Caatinga, sendo encontrada em diversos tipos de solos e clima.

No ASMOC foram identificados 02 indivíduos, sendo que seus diâmetros não foram mensurados, pois as plantas são muito jovens (Figura 63).

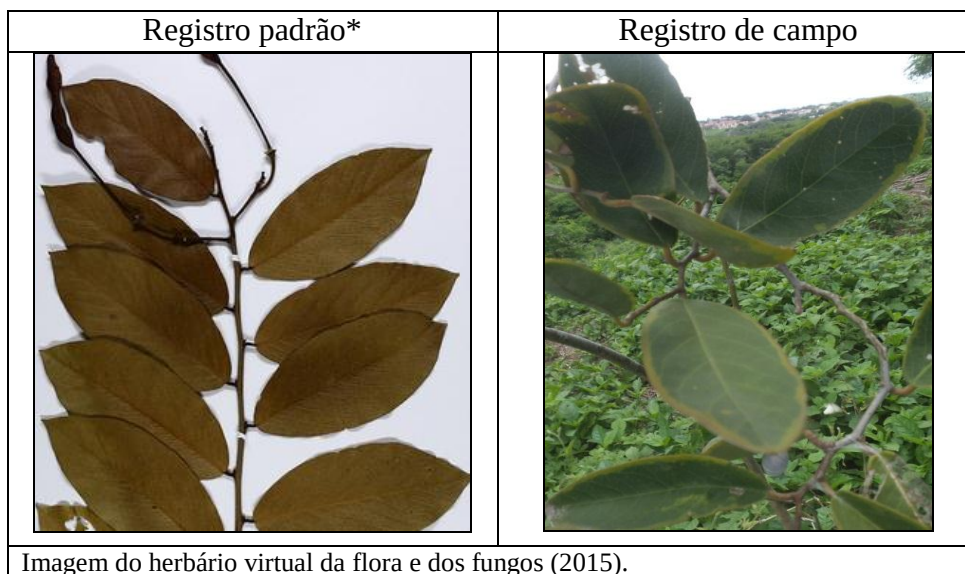
Figura 63- Exemplar do Feijão bravo encontrada na célula estudada do ASMOC. 2015



Fonte: Autor (2016)

O Feijão bravo (Figura 64) não consta na lista das espécies vegetais existentes do levantamento florístico do recente Estudo de Impacto Ambiental - EIA da ampliação do ASMOC.

Figura 64- Comparação do Feijão bravo. 2015



Fonte: Autor (2016)

O Feijão Bravo, conforme Bonatto (2005) é uma espécie de alto potencial de fitorremediação, fitoextração e fitoestabilização, que a torna uma espécie importante para a remediação de locais poluídos, como áreas de disposição de resíduos sólidos encerradas.

Conforme Espindola (2004), o Feijão Bravo é uma leguminosa adaptada a condições de reduzida umidade do solo e baixa fertilidade. Entende-se ainda do autor que, o uso tal leguminosa tem efeito positivo nas características químicas do solo, especialmente no aumento linear dos teores de nitrogênio.

- Nome popular (Carnaúba), Nome Científico (*Copernicia prunifera*)

A Carnaúba, típica do Nordeste brasileiro pertence à família Arecaceae. Vários autores citados por Reis Filho (2008) destacam que os Carnaubais podem ser encontrados nos Estados do Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte, ocorrendo em menores porções na Paraíba, Pernambuco e Bahia. No Ceará, estão concentrados nos vales dos rios.

É uma palmeira que mede de 7 a 10 m, eventualmente 15 m, com tronco de 15 a 25 cm de diâmetro. Folhas de 1 m de comprimento sustentadas por pecíolo espinhoso de 1 m. As plantas jovens (Figura 65) mantêm as bainhas presas ao caule, perdendo à medida que idade vai avançando (LORENZI, 1992).

A Carnaúba tem grande potencial paisagístico, possui celulose de qualidade superior para fabricação de papel e sua madeira é empregada para diversos usos. As folhas, depois de secas, são utilizadas na confecção de esteiras, chapéus e outros artefatos (ARRUDA e CALBO, 2004).

Figura 65- Exemplo da Carnaúba encontrada na célula estudada do ASMOC. 2015



Fonte: Autor (2016)

A Carnaúba oferece uma infinidade de usos ao homem: as raízes têm uso medicinal como eficiente diurético e antivenéreo; os frutos são um rico nutriente para a ração animal; o tronco é madeira de qualidade para construções; as palhas servem para a produção artesanal, adubação do solo e extração de cera, um insumo valioso que entra na composição de diversos produtos industriais, tais como cosméticos, cápsulas de remédios, componentes eletrônicos, produtos alimentícios, ceras polidoras e revestimentos⁵³.

De acordo com Lorenzi (1992), é uma espécie característica do Nordeste Brasileiro que ocorre preferencialmente em solos argilosos aluviais e supostamente alagados durante o período chuvoso. Longe do leito dos rios pode ocorrer em associações com outras espécies. Resiste também a elevado teor de salinidade do solo, o que é comum nas várzeas da caatinga.

No ASMOC foi identificado 01 indivíduo jovem, não sendo possível a mensuração do seu diâmetro. A Carnaúba consta na lista das espécies vegetais existentes do levantamento florístico do recente Estudo de Impacto Ambiental - EIA da ampliação do ASMOC.

⁵³ Informações extraídas de <http://www.portaldacarnauba.org.br/descricao/planta.xhtml>. Acesso: 30 abr. 2015

- Nome popular (Mandacaru), Nome Científico (*Cereus jamacaru*)

O Mandacaru (Figura 66) é um vegetal nativo da Caatinga que pertence à família Cactaceae. É adaptado às condições climáticas do semiárido brasileiro, sendo encontrado em todo o Nordeste e no norte de Minas Gerais.

Figura 66 - Exemplar do Mandacaru encontrada na célula estudada do ASMOC. 2015



Fonte: Autor (2016)

Segundo pesquisadores destacados em Silva et al. (2013), o Mandacaru é a cactácea colunar mais conhecida da Caatinga. Apresenta altura variando entre 3,75 a 6,54m, com tronco ou caule principal desenvolvendo brotações laterais, estreitando para o ápice, com numerosos espinhos.

Conforme Bahia et al. (2010), as flores do Mandacaru são grandes, brancas e se abrem à noite, sendo visitadas por mariposas e morcegos, de janeiro a agosto. O fruto, por sua vez, é uma baga, ovoide, com aproximadamente 12 cm de comprimento, vermelho, carnoso, de polpa branca, com inúmeras sementes pretas e bem pequenas (Figura 67).

O Mandacaru é uma espécie indicadora de nível de sucessão ecológica primária, sobrevive nos piores tipos de solo e sobrevive a longos períodos de estiagem, sendo utilizado como alternativas nos períodos de secas prolongadas, como um dos principais suportes forrageiros

dos ruminantes. Também é utilizado na indústria alimentícia e como planta medicinal e ornamental.

Figura 67 - Fruto do Mandacaru encontrado na célula estudada do ASMOC. 2015



Fonte: Autor (2016)

O Mandacaru consta na lista das espécies vegetais existentes do levantamento florístico do recente Estudo de Impacto Ambiental - EIA da ampliação do ASMOC, ou seja, trata-se de uma espécie que sobrevive aparentemente dentro e fora do aterro sanitário.

Ismael, Leite e Silva (2013) recomendam o uso do Mandacaru para a revegetação da área do Lixão de Pombal (PB), por ser uma espécie importante na preparação do solo para o recebimento de vegetais do estágio secundário e clímax.

Das espécies identificadas no processo de revegetação natural da célula estudada, são recomendadas para a revegetação de aterros sanitários encerrados: as leguminosas (Jurema Preta, Mororó, Leucena, Jucá, Catingueira, Angico Branco, Acacia Amarela), a Salsa, o Capim Elefante, a Mutamba e o Feijão Bravo. As leguminosas se destacam por apresentarem alta capacidade reprodutiva, baixa exigência em fertilidade e melhorarem as características do substrato. A revegetação de aterros sanitários e similares contribui para o melhoramento ambiental e paisagístico da área degradada e seu entorno, especialmente nas regiões limítrofes com outros ecossistemas.

O Quadro 2 traz um consolidado sobre os usos, as utilidades e os locais de ocorrência das espécies identificadas sobre a célula estudada. Destaque deve ser dado a Jurema Preta e o Mororó.

Quadro 2- Espécies vegetais identificadas sobre a célula estudada do ASMOC

Família	Nome científico	Nome popular
<i>Turneraceae</i>	<i>Turnera uniflora</i>	Chanana: 1, 2
<i>Convolvulaceae</i>	<i>Ipomoea asarifolia</i>	Salsa: 1, 2, 3
<i>Cucurbitaceae</i>	<i>Luffa cylindrica</i>	Bucha Vegetal: 4, 5
	<i>Luffa operculata</i>	Buchinha: 2, 4
<i>Araceae</i>	<i>Dracontium lorentense</i>	Milho de Cobra: 2
<i>Poaceae</i>	<i>Pennisetum prunifera</i>	Capim Elefante: 3
<i>Urticaceae</i>	<i>Pourouma cinerascens</i>	Urtiga: 2
<i>Apocynaceae</i>	<i>Calotropis procera</i>	Ciúme: 1
<i>Euphorbiaceae</i>	<i>Ricinus communis</i>	Mamona: 1, 2, 3, 5
<i>Cactaceae</i>	<i>Cereus jamacaru</i>	Mandacaru: 1, 3, 4, 8
<i>Malpigiaceae</i>	<i>Malpighia emarginata</i>	Acerola: 7
<i>Capparaceae</i>	<i>Capparis flexuosa</i>	Feijão Bravo: 3
<i>Anacardiaceae</i>	<i>Spondias mombin</i>	Cajá: 2, 7
<i>Sterculiaceae</i>	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Mutamba: 1, 2, 3
<i>Arecaceae</i>	<i>Copernicia prunifera</i>	Carnaúba: 1, 4, 5
<i>Leguminosae</i>	<i>Mimosa tenuiflora</i>	Jurema preta: 1, 2, 3, 5, 6, 8
	<i>Bauhinia forticata</i>	Mororó: 1, 2, 3, 5, 6, 8
	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leucena: 3, 6
	<i>Caesalpinia pyramidalis</i>	Catingueira: 1, 3, 6
	<i>Anadenanthera colubrina</i>	Angico branco: 1, 3, 6
	<i>Acacia farnesiana</i>	Acácia Amarela: 3, 4, 5, 6
	<i>Caesalpinia ferrea</i>	Jucá: 1, 2, 3, 6
LEGENDA: (1) Encontrada dentro e fora do ASMOC (2) Usada para fins medicinais (3) Encontrada em outras áreas de disposição de RSU do Brasil (4) Possui aplicação industrial (5) Possui importância social e econômica (6) Útil para a recuperação de áreas degradadas (7) Usada na alimentação humana (8) Usada na alimentação animal		

Fonte: Autor (2016)

O Quadro 3 traz um consolidado sobre as espécies identificadas sobre a célula estudada e o seu Diâmetro à Altura do Peito (DAP). Dele se observa que a espécie com maior número de indivíduos foi a Leucena, seguida do Angico Branco. Já as espécies mais desenvolvidas foram: Jurema Preta, Catingueira e Angico Branco, com DAP de 30 cm, próximo ao encontrado na literatura (LOPES et al, 2007 e LORENZI, 1992).

Quadro 3- Espécies vegetais identificadas sobre a célula estudada do ASMOC (Indivíduos e DAP)

Nome popular	Nome científico	Nº de Indivíduos	DAP (cm)
Chanana	<i>Turnera uniflora</i>	*	**
Salsa	<i>Ipomoea asarifolia</i>		
Bucha Vegetal	<i>Luffa cylindrica</i>		
Buchinha	<i>Luffa operculata</i>		
Milho de Cobra	<i>Dracontium lorentense</i>		
Capim Elefante	<i>Pennisetum prunifera</i>		
Urtiga	<i>Pourouma cinerascens</i>		
Ciúme	<i>Calotropis procera</i>		
Mamona	<i>Ricinus communis</i>		
Mandacaru	<i>Cereus jamacaru</i>		
Acerola	<i>Malpighia emarginata</i>	01	
Feijão Bravo	<i>Capparis flexuosa</i>	02	
Carnaúba	<i>Copernicia prunifera</i>	01	
Cajá	<i>Spondias mombin</i>	01	13
Jurema Preta	<i>Mimosa tenuiflora</i>	05	6, 12, 14, 17, 30
Mororó	<i>Bauhinia forticata</i>	04	8, 9, 10, 10
Leucena	<i>Leucaena leucocephala</i>	10	7, 8, 8, 8, 9, 9, 9 10, 10, 11
Catingueira	<i>Caesalpinia pyramidalis</i>	01	30
Angico Branco	<i>Anadenanthera colubrina</i>	08	8, 9, 12, 14, 15, 16, 18, 30
Acácia Amarela	<i>Acacia farnesiana</i>	05	10, 12, 13, 15, 19
Jucá	<i>Caesalpinia ferrea</i>	01	16
Mutamba	<i>Guazuma ulmifolia</i>	02	09 e 11
* Vários indivíduos (não foi possível a contabilização).			
** Não foi possível a mensuração dos diâmetros			

Fonte: Autor (2016)

5. CONCLUSÕES

1. O tempo de encerramento da área (aproximadamente 20 anos) e as transformações físicas, químicas e biológicas do seu solo favoreceram a sobrevivência e o desenvolvimento das espécies encontradas;
2. As análises químicas realizadas no solo de cada ponto amostral, nas duas profundidades, mostraram variações nos teores de elementos, demonstrando a heterogeneidade do material de cobertura. Em consequência, as condições de suporte e desenvolvimento para as plantas, podem ser diferenciadas pela localização na camada de cobertura;
3. Treze parâmetros indicaram condição favorável para a sobrevivência e desenvolvimento da cobertura vegetal (pH, Alumínio, Saturação por Alumínio, Acidez Potencial, Cálcio, Magnésio, Sódio, Saturação por Bases, Condutividade Elétrica, Percentual de Sódio Trocável, Capacidade de Troca de Cátions, Soma de Bases e Cobre); três parâmetros apresentaram desfavorecimento (Carbono, Matéria Orgânica e Potássio) e quatro parâmetros (Fósforo, Zinco, Ferro e Manganês) não permitiram classificação;
4. O solo de cobertura permitiu às raízes boa fixação, pois existem árvores de grande porte sobre a célula estudada e não foram verificados tombamentos, como encontrado em outros aterros sanitários;
5. Houve grande tendência de diminuição da concentração dos parâmetros com a profundidade, pois sete parâmetros (Carbono, Matéria Orgânica, Fósforo, Soma de Bases, Capacidade de Troca de Cátions, Porcentagem de Saturação por Bases e Cobre) diminuíram em todos os pontos e outros quatro parâmetros (Potássio, Cálcio, Magnésio e Condutividade Elétrica) diminuíram em três pontos, concordando com a literatura;
6. Predominou a família das leguminosas na área estudada (07 de 22 espécies encontradas), coincidindo com as recomendações existentes nos planos de recuperação ambiental de aterros sanitários;

7. A vegetação existente é composta por espécies cujas sementes são provenientes de diversas origens: restos de alimentos, remanescentes naturais dos arredores do aterro sanitário, que foram transportadas pelo movimento de pessoas, veículos, animais (aves, roedores etc), pela ação dos ventos, chuvas e também vindas com o próprio resíduo sólido;
8. Algumas espécies indicam que a célula está passando por um processo de sucessão ecológica que no futuro poderá assemelhar a área do aterro, exceto na topografia, com uma área verde não antropizada;
9. A diversidade de solos, resíduos e materiais que chegam ao aterro sanitário possivelmente permitiram aumentar a diversidade das espécies vegetais em relação à vizinhança;
10. O histórico ato de cobrir a célula estudada com resíduos e solos provenientes das atividades da limpeza urbana, especialmente poda, raspagem e capina, permitiu o misto processo de formação da vegetação encontrada;
11. O desenvolvimento da cobertura vegetal foi influenciado pela direção dos ventos e pela concentração de umidade;
12. Algumas plantas existentes sobre o aterro sanitário são conhecidas da alimentação humana e animal (acerola, cajá etc), o que indica o risco de contaminação por fitotransporte e bioacúmulo de metais pesados.

6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

1. Avaliar o nível de desenvolvimento das espécies encontradas em relação a uma área controle (solo natural);
2. Realizar um estudo sobre a ocorrência ou não de fitotransporte de poluentes nas espécies vegetais identificadas;
3. Avaliar o acúmulo de metais pesados no tecido das plantas para verificar possíveis interferências no seu crescimento e desenvolvimento;

REFERÊNCIAS

- ALBERTE, E. P. V.; CARNEIRO, A. P.; KAN, L. Recuperação de áreas degradadas por disposição de resíduos sólidos urbanos. **Diálogos & Ciência**, ano III, n.5, jun., 2005.
- ALCANTARA, A. J. O. **Composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos e caracterização química do solo da área de disposição final do município de Cáceres-MG**. 2010. 88p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais), Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade do Estado de Mato Grosso, Cáceres, 2010.
- ALVIM et al. Estudo de coberturas vegetais para encerramento de aterros de resíduos sólidos urbanos. 2013. In: REENCUNTRO DE SABERES TERRITORIALES LATINOAMERICANOS, Disponível em <https://prezi.com/zx-dopxshodi/estudo-de-coberturas-vegetais-para-encerramento-de-aterros/>. Acesso: 6 mai. 2015.
- AMARAL, A. A.; PIRES, S. C.; FERRARI, J. L. Qualidade da água e do sedimento de fundo de alguns córregos do município de Castelo, Estado do Espírito Santo. **Revista Agro@mbiente On-line**, v.8, n.2, p.194-203, mai/ago., 2014.
- AMORIM et al. **Espacialização da Porcentagem de Sódio Trocável do Solo no Perímetro Irrigado Califórnia, em Canindé de São Francisco Sergipe**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, Boletim de pesquisa, 17p., 2010.
- ANDRADE, J. C. M.; MAHLER, C. F. Avaliação de aspectos da fertilidade de metais tóxicos no solo de cobertura de um aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos visando sua vegetação. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 27., Porto Alegre, 2000. **Anais...** Porto Alegre: ABES, 2000.
- ARAÚJO et al. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v.5, n.1, p.187-206, 2012.
- ARAÚJO, A. S. F. de; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Revista Bioscience Journal**, v.23, n.3, p.66-75, 2007.
- ARRUDA, G. M. T.; CALBO, M. E. R. Efeitos da inundação no crescimento, trocas gasosas e porosidade radicular da carnaúba (*Copernicia prunifera* (Mill.) H.E. Moore). **Acta botânica brasileira**. v.18, n.2, p.219-224, 2004.
- AQUINO, A. B. et al. **Recomendações de adubação e calagem para o estado do Ceará**. 1.ed. Fortaleza: UFC, 247p., 1993
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 10.004** - Resíduos sólidos: classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 71p., 2004.
- _____. **NBR 13.896** - Aterros de Resíduos Não Perigosos - Critérios para Projeto, Implantação e Operação. Rio de Janeiro: ABNT, 12p., 1997.
- _____. **NBR 8.419** - Apresentação de Projetos de Aterros Sanitários de Resíduos Sólidos Urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 7p., 1992.

ASSOCIAÇÃO CAATINGA. **Manual Técnico: conhecendo e produzindo sementes e mudas da Caatinga**. Fortaleza: Associação Caatinga Associação APNE/CNIP, 60p., 2011.

ATTANASIO, et al. **Adequação ambiental de propriedades rurais: recuperação de áreas degradadas e restauração de matas ciliares**. Piracicaba: Universidade de São Paulo, 65p., 2006. Disponível em: <[http://www.sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam2/Repositorio/222/Documentos/Gestao%20Projetos/20061_ap_LERF .pdf](http://www.sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam2/Repositorio/222/Documentos/Gestao%20Projetos/20061_ap_LERF.pdf)>. Acesso em: 12 jan. 2016.

BAHIA et al. **Estudo das características físico-químicas do fruto do mandacaru (Cereus jamacaru P.DC.) cultivado no sertão pernambucano**. 2010. Disponível em: <http://connepi.ifal.edu.br/ocs/index.php/connepi/CONNEPI2010/paper/viewFile/1149/34>. Acesso: 6 mai. 2015.

BALBINO, E. E; DIAS, M. F. Farmacovigilância: um passo em direção ao uso racional de plantas medicinais e fitoterápicos. **Revista Brasileira de Farmacologia**, 20 (6): 992-1000, Dez. 2010.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL - BNDES. **Análise das diversas tecnologias de tratamento e disposição final de resíduos sólidos urbanos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão**. Brasília: BNDES/FADE, Pesquisa Científica, 2013.

BARBOSA, D. de A.; SILVA, K. N.; AGRA, M. de F. Estudo farmacobotânico comparativo de folhas de *Turnera chamaedrifolia* Cambess. e *Turnera subulata* Sm. (Turneraceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**. v.17, n.3, p.396-413, 2007.

BARROS, L. H dos. S. **Requalificação dos aterros desativados (Brownfields) no município de São Paulo: Parques (Greenfields) Raposo Tavares Primavera**. 2011. 403p. Tese (Doutorado em Paisagem e Ambiente), Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, São Paulo, 2011.

BARROS, L. H. S.; JARDINEIRO, K. S.; BITENCOURT, M. D. Classificação da imagem ALOS para identificação do potencial de revegetação dos aterros desativados no município de São Paulo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15, Curitiba, 2011. **Anais...** Curitiba: INPE/MCT/SELPER, 2011.

BATISTA et al. Teores e estoque de carbono em frações lábeis e recalcitrantes da matéria orgânica do solo sob integração lavoura-pecuária no bioma Cerrado. **Semina Ciências Agrárias**, v.34, n.6, p.3377-3388, 2013.

BELI et al. Recuperação da área degradada pelo lixão Areia Branca de Espírito Santo do Pinhal - SP. **Engenharia Ambiental**, v.2, n.1, p.135-148, jan./mar. 2005.

BEZERRA, D. A. C. **Estudo fitoquímico, bromatológico e microbiológico de mimosa tenuiflora (wild) poiret e piptadenia stipulacea (benth) ducke**. 2008. 62p. Dissertação (Mestrado em Sistemas Agrossilvipastoris no Semi-Árido), Pós-Graduação em Zootecnia, Federal de Campinas Grande, Patos, 2008.

BONATTO et al. Quantificação de metais pesados em plantas potencialmente fitorremediadoras no depósito de resíduos sólidos do Aurá-Belém/PA. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 7, Caxambu, 2005. **Anais...** Caxambu: SEB, 2005.

BORGES, A. L.; SOUZA, L da S. Análise química do solo, interpretação e recomendações de calagem e adubação numa perspectiva agroecológica. In: TOFANELLI, M. B. D.; SILVA, T. O. **Manejo ecológico e conservação dos solos e da água no Estado de Sergipe**. São Cristóvão: Editora UFS, 2011.

BRANDÃO et al. Condutividade elétrica aparente e sua correlação com o pH em solos no cerrado de Goiás. In: INAMASU et al. **Agricultura de Precisão: um novo olhar**. São Carlos: Editora Cubo, 2011.

BRASIL, REPÚBLICA FEDERATIVA DO. Lei 12.305/2010 - Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e dá outras providências. Congresso Nacional, **D.O.U.** 03/08/2010, Brasília - DF, 2010.

BRASIL, REPÚBLICA FEDERATIVA DO. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente, CONAMA. Resolução CONAMA nº 420/2009. Congresso Nacional, **D.O. U** 30/08/2009.

CÂMARA et al. Biometria de frutos e sementes e superação de dormência de jucá (*Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul (Leguminosae - Caesalpinoideae). **Revista Caatinga**, v.21, n. 4, p.172-178, out/dez, 2008.

CAMARGO et al. Diagnose foliar em mudas de pinhão-mansão (*Jatropha Curcas* L.) produzidas com biossólido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.13, p.283-290, mar., 2013.

CAMARGOS, S. L. **Acidez do Solo e Calagem (reação do solo)**. Cuiabá: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade Federal de Mato Grosso, 26p., 2005.

CAPELETO DE ANDRADE, L. **Diagnóstico do solo, água e vegetação de uma antiga área de disposição de resíduos sólidos urbanos**. 2009. 162p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental), Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2009.

CARNEIRO, A. M.; IRGANG, B. E. Colonização vegetal em aterro sanitário na região peri-urbana de Porto Alegre, RS, Brasil. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, v.5/6, n.1, p.1-11. 1999.

CARVALHO, P. E. R. **Circular técnica 74: Pata-de-vaca**. Colombo: EMPRESA FLORESTAS, 12p., 2003.

_____. **Circular técnica 141: Mutamba - Guazuma ulmifolia**. Colombo: EMPRESA FLORESTAS, 12p., 2007.

CASTRO, G. C. **Carbono orgânico nas frações granulométricas e húmicas em solos de diferentes texturas sob floresta da região noroeste matogrossense**. 2008. 45p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambiental), Pós-Graduação em Ciências Florestais e

Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2008.

CAVALCANTI et al. Tolerância da mamoneira BRS 149 à salinidade: germinação e característica de crescimento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental (Suplemento)**, p.57-61, 2005.

CAVALHEIRO et al. Avaliação da eficiência das wetlands naturais no pós-tratamento do lixiviado no aterro sanitário da Caximba, Curitiba, PR, Brasil. In: SEMINÁRIO SOBRE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS, 4., Campos dos Goytacazes, 2014. **Anais...** Campos dos Goytacazes: IFF, 2014.

CHAN, Y. S. G.; CHU, L. M.; WONG, M. H. Influence of Landfill Factors on Plants and Soil Fauna an Ecological Perspective. **Environmental Pollution**, v. 97. p.39-44, 1997.

CHAVES et al. Avaliação da fertilidade dos solos das várzeas do município de Sousa, PB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.2, n.3, p.262-267, 1998.

_____. Propriedades químicas do solo aluvial da Ilha de Assunção-Cabrobó (Pernambuco). **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.28, n.3, p.431-437, 2004.

CHAVES, D. P. **Intoxicação experimental por ipomoea asarifolia em ovinos: achados clínicos, laboratoriais e anatomopatológicos**. 2009. 70p. Tese (Doutorado em Clínica Médica Veterinária), Pós-Graduação em Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2009.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CESTESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Relatório de estabelecimento de valores orientadores para solos e águas subterrâneas. São Paulo. CETESB, 2001.

COSTA, J. N. M. N. da.; DURIGAN, G. *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit (Fabaceae):invasora ou ruderal?. **Revista Árvore** [online], v.34, n.5, p. 825-833, 2010.

COSTA, A. C. S da.; TORINO, C. A.; RAK, J. G. Capacidade de troca catiônica dos colóides orgânicos e inorgânicos de latossolos do Estado do Paraná. **Acta Scientiarum**, v.21, n.3, p.491-496, 1999.

COSTA, M. C. G. **Curso de interpretação de análises de solo e recomendação de calagem e adubação no Estado de Roraima**. Boa Vista: EMBRAPA, 82p., 2008.

COSTA, S.; ZOCHE, J. J. Fertilidade de solos construídos em áreas de mineração de carvão na região sul de Santa Catarina. **Revista Árvore**, v.33, n.4, p.665-674, 2009.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5º Aproximação**. Viçosa, 359p., 1999.

COTTA, J. A. O.; REZENDE, M. O.; PIOVANI, M. R. Avaliação do teor de metais em sedimento do rio Betari no Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira: PETAR, São Paulo, Brasil. **Química Nova**, São Paulo, v.29, n. 1, p. 40-45, 2006.

CRUZ, R. J. et al. *Luffa operculata* (L.): cogn.: influência de fatores ambientais. **Caderno de Cultura e Ciência**, vol. 1 N° 1, novembro, 2006.

D'ANDRÉ et al. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na região do cerrado no sul do estado de goiás. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.2, p.913-923, out/dez, 2008.

DAMEDA et al. Estudo do uso de *Bauhinia forficata* link (Fabaceae) no controle da glicemia em pacientes com diabetes mellitus tipo 2. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 63., Joinville, 2012. **Anais...** Joinville: SBB, 2012.

DRUMOND et al. **Circular técnica 85: cultivo da mamoneira para o semiárido brasileiro**. Petrolina:EMBRAPA, 2008.

DOMINGOS, C, S. **Geoprocessamento na escolha de sistemas ambientais para aterros sanitários na região metropolitana de Fortaleza – CE**. 2007.144p. Dissertação (Mestrado em Geografia), Mestrado Acadêmico em Geografia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2007.

DIAS, J. S. **Nutrientes do que as plantas precisam? [S.I]**, 2012.

EBELING et al. Atributos químicos, carbono orgânico e substâncias húmicas em Organossolos háplicos de várias regiões do Brasil. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.35, n.2, p.325-336, mar/abr., 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E), 2010.

_____. **Produção de sementes sadias de feijão comum em várzeas tropicais**. Embrapa Arroz e Feijão, Sistemas de Produção, Versão eletrônica, n.4, 2004.

_____. **Manual para interpretação de análise de solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPS, 1997.

_____. **Manual de análises químicas do solo, plantas e fertilizantes**. 2.ed. Brasília: Embrapa Comunicações para Transferência de Tecnologia, 2009. 627p.

EMPRESA MUNICIPAL DE DESENVOLVIMENTO URBANO E RURAL DE BAURU - EMDURB. **Ampliação do atual aterro sanitário do município de Bauru**. Bauru: EMDURB, 2010.

ESKANDARI, M.; HOMAEI, M.; MAHMODI, S. An integrated multi criteria approach for landfill siting in a conflicting environmental, economical and socio-cultural area: **Waste Management**, v.32, n.8, p.1528-1538, 2012.

ESPINDOLA, J. A. A. **Estratégias para utilização de leguminosas para adubação verde em unidades de produção agroecológica**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 24p., 2004.

FAQUIN, V. **Nutrição Mineral de Plantas**. 2005. 186p. Apostila (Especialização a distância em solos e meio ambiente), Universidade Federal de Lavras, Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão, Lavras, 2005.

FABRICANTE, J. R; ANDRADE, L. A; OLIVEIRA, L. S. B. Fenologia de *Capparis flexuosa* L. (Capparaceae) no Cariri Paraibano. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 4 nº 2, p. 133-139, abr/jun., 2009.

FERRAREZI, R. S. **Fontes de ferro no desenvolvimento de porta-enxerto cítricos produzidos em substrato**. 2006. 102p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Produção Agrícola), Pós-Graduação em Agricultura Tropical e Subtropical, Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas, 2006.

FIGUEIREDO, W. S. **Mapeamento da resistividade elétrica do Solo no entorno do aterro sanitário de Formosa**. 2012. 55p. Monografia (Graduação em Gestão Ambiental), Universidade de Brasília, Planaltina, 2012.

FONTANA et al. Carbono orgânico e fracionamento químico da matéria orgânica em solos da Sierra de Ánimas - Uruguai. **Floresta e Ambiente**, v.12, n.1, p.36-43, 2005.

FREIRE, F. **Solos: Fundamentos e Fertilidade**. 1997. 66p. Apostila (Graduação em Agronomia), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia, 1997.

FREITAS SILVA et al. Disponibilidade de sódio em solo com capim tifton e aplicação de percolado de resíduo sólido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.10, p.1094-1100, 2010.

FUNDAÇÃO BRASIL CIDADÃO. **Guia de plantas visitadas por abelhas na Caatinga**, Fortaleza: editora FBC, 191p., 2012.

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS. Postos Pluviométricos, 2015. Disponível em: < <http://www.funceme.br/index.php/areas/23-monitoramento/meteorol%C3%B3gico/572-postos-pluviom%C3%A9tricos>>. Acesso em: 22 abr. 2015.

FUNDAÇÃO NACIONAL DA SAÚDE - FUNASA. **Orientações técnicas para apresentação de projetos de resíduos sólidos urbanos**. Brasília: FUNASA, 46p., 1ª reimpressão, 2003.

GAGLIOTI, A. L. **Urticaceae Juss no Estado de São Paulo, Brasil**. 2011. 209p. Dissertação (Mestrado em Plantas Vasculares em Análise Ambientais), Pós-Graduação em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente, Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, São Paulo, 2011.

GALINA et al. Contribuição ao Estudo Farmacognóstico da mutamba (*Guazuma ulmifolia* - Sterculiaceae). **Acta Farmacéutica Bonaerense**, v.24, n.2, p.225-33, 2005.

GARCIA et al. Teores foliares dos macronutrientes catiônicos e suas relações com o sódio em plantas de milho sob estresse salino. **IDESIA**, v.25, n.3, p.93-106, 2007.

GILMAN, E. F.; FLOWER, F. B.; LEONE, I. D. Standardized Procedures For Planting Vegetation on Completed Sanitary Landfills. **Waste Management & Research**, v.3, n.1, p. 65-80, 1985.

GISP - PROGRAMA GLOBAL DE ESPÉCIES INVASORAS. Disponível em: <http://www.institutohorus.org.br/download/gispSAmericapo.pdf>. Acesso: 6 mai. 2015.
GONZÁLES et al. **Estudio Clínico Fase II del Dracontium loretense K. Krause (ARACEAE) en pacientes con VIH/SIDA**. Centro de Investigaciones en Medicina Tradicional, Iquitos, Perú, 2002.

GOMES, J. E. et al. Morfologia floral e biologia reprodutiva de genótipos de acerola. **Scientia Agrícola**, v.58, n.3, p.519-523, jul./set. 2001

GUIMARÃES et al. Ecologia da polinização, fluxo de pólen e taxa de cruzamento em *bauhinia forficata* link. (caesalpiniaceae). In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 55., Viçosa, 2004. **Anais...** Viçosa: SBB, 2004.

HOLMES, K. E. G. **Quantification of methane dynamics in a landfill-cover soil: method development and application**. 2010. 169p. Dissertation, Swiss Federal Institute of Technology Zurich, Zurich, 2010. Disponível em <http://e-collection.library.ethz.ch/eserv/eth:2564/eth-2564-02.pdf>. Acesso: 25 abr. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL - IBAM. **Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República - SEDU/PR, 200p., 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORESTAS. **Espécies nativas brasileiras - Mutambo** Disponível em: <<http://www.ibflorestas.org.br/lista-de-especies-nativas/511-mutambo.html>>. Acesso em 29 mar. 2015.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - IPT. **Lixo municipal**: manual de gerenciamento integrado. São Paulo: IPT, 2000.

INSTITUTO HÓRUS. **Espécies Exóticas Invasoras no Nordeste do Brasil**. Recife: CEPAN, 99p., 2011.

ISMAEL, F. C. M.; LEITE, J. C. A.; SILVA, K. B. Proposta de um Plano de Recuperação para Área do Lixão em Pombal - PB. **INTESA**, v.7, n.1, p.1-9, jan/dez, 2013.

JORGE, F. N; BAPTISTI, E. B.; GOLÇALVES, A. Monitoramento em aterros sanitários nas fases de encerramento e de recuperação: desempenhos mecânico e ambiental. In: SEMINÁRIO SOBRE RESÍDUOS SÓLIDOS, São Paulo, 2004. **Anais...** São Paulo: ABGE, 2004.

KIILL, L. H. P.; RANGA, N. T. Ecologia da polinização de *Ipomoea asarifolia* (Ders.) Roem. & Schult. (Convolvulaceae) na Região Semi-árida de Pernambuco. **Acta botânica brasileira**, v.17, n.3, p.355-362, 2003.

KINPARA, D. I. **A importância estratégica do potássio para o Brasil**. Planaltina: EMBRAPA, 27p., 2003.

KUMARI, A.; PANDEY, V. C.; RAI, U. N. Feasibility of fern *Thelypteris dentata* for revegetation of coal fly ash landfills. **Journal of Geochemical Exploration**, v.128, p.147-152, 2013.

KLAUS, B. **Cálcio nos solos e nas plantas**. Palestra. Informações Agronômicas Nº 117, Porto Alegre, 2007.

LANZA et al. **Caderno Técnico de Reabilitação de Áreas Degradadas por Resíduos Sólidos Urbanos**. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente/Fundação Israel Pinheiro, 28p., 2009.

LAUERMANN, A. **Caracterização química dos efluentes gerados pelo aterro controlado de Santa Maria e retenção de chumbo e zinco por um argissolo da depressão central do rio Grande do Sul**. Dissertação (Pós-Graduação em Ciências do solo) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

LENHARD, N. R.; SCALON, S. de P. Q.; NOVELINO, J. O. Crescimento inicial de mudas de pau ferro (*Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul. var. *leiostachya* Benth.) sob diferentes regimes hídricos. **Ciência e agrotecnologia**, v.34, n.4, p.870-877, jul/ago., 2010.

LIMA et al. **Estudo de Impacto Ambiental: projeto de implantação para a ampliação do aterros sanitário metropolitano de Caucaia-CE**. EIA/SEMACE, Fortaleza, 2011.

LIMA, L. M. Q. **Lixo - Tratamento e biorremediação**. São Paulo: Hemus, 1995.

LONDE, P. R.; BITAR, N. A. B. Importância do uso de vegetação para contenção e combate a erosão em taludes do lixão desativado no município de Patos de Minas (MG). **Perquirere**, v.8, n.2, p.224-249, dez., 2011.

LOPES, A. S. **Micronutrientes: filosofias de aplicação e eficiência agronômica**. Associação Nacional para Difusão de Adubos, São Paulo, 1999.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. **Interpretação da Análise do Solo - conceitos e aplicações**. São Paulo: ANDA, Boletim Técnico nº2, 51p., 2004.

LOPES, A. P. et al. Crescimento inicial de plantas de catingueira (*Caesalpinia pyramidalis* Tul) submetidas ao estresse salino. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA SEMI-ÁRIDO, 2., 2007, Petrolina. **Anais...**Petrolina: Embrapa Semi-árido, 2007.

LOPES, B. A. **O capim elefante**. 2004. 56p. Material didático (Seminário da disciplina Métodos nutricionais e alimentação de ruminantes), Universidade Federal de Viçosa, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia, Viçosa, 2004.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais do Brasil: nativas e exóticas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum. 544p., 2002.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 2 ed. Nova Odessa: Plantarum, 368p., 1998

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. São Paulo: Plantarum, 352p., 1992

LOVERA, A.; BONILLA, C.; HIDALGO, J. Efecto neutralizador del extracto acuoso de *Dracontium lorentense* (JERGÓN SACHA) sobre la actividad letal del veneno de *Bothrops atrox*. **Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública**, v.23, n.3, p.177-181, 2006.

LUZ, M. J. da S.; FERREIRA, G. B.; BEZERRA, J. R. C. **Adubação e correção do solo: procedimentos a serem adotados em função dos resultados da análise do solo**. Campina Grande: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 32p., 2002.

MACEDO et al. Efeito do Alumínio em Plantas de Pinhão-Manso, cultivado em Solução Nutritiva. **Semina Ciências Agrárias**, v.32, n.1, p.157-164, jan/mar, 2011.

MACHADO et al. Análise e avaliação da distribuição de metais pesados em um antigo aterro de resíduos sólidos urbanos “Aterro Invernadinha”. **Evidência Ciência e Biotecnologia**, v.11, n.2, p.69-82, jul/dez, 2011.

MACHADO, P. O. de A. Carbono do solo e mitigação da mudança climáticas. **Química Nova**, v.28, n.2, p.329-334, 2005.

MADALENO, I. M. Plantas da medicina popular de São Luís, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi Ciências Humanas**, v.6, n.2, p.273-286, mai/ago., 2011.

MAFFIOLETTI et al. *Bauhinia Forficata* Link (Fabaceae) no combate ao diabetes mellitus: aspectos taxonômicos, agroecológicos, etnobotânicos e terapêuticos. **Tecnologia e Ambiente**, v.18, 18p., 2012.

MAGALHÃES, A. F. **Avaliação do Desempenho de Técnicas de Bioengenharia na Proteção e Conservação da Cobertura Final de Taludes em Aterros de Disposição de Resíduos Sólidos Urbanos: Estudo de Caso para o Aterro Sanitário de Belo Horizonte, MG**. 2005. 169p. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos), Pós-Graduação em Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Piracicaba: CERES, 638p., 2006.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, H. R.; LOPES, J. F. **Irrigação na cultura da bucha vegetal**. Brasília: EMBRAPA, Circular Técnica 116, 12p., 2013.

MARQUES et al. Crescimento Inicial do Paricá (*Schizolobium amazonicum*) Sob Omissão de Nutrientes e de Sódio em Solução Nutritiva. **Cerne**, v.10, n.2, p.184-195, 2004.

MATIAS, D. N.; COSTA, W. Estudo químico de alguns pontos do solo superficial do aterro controlado do Botuquara. **Ambiência**, v.8, n.1, p.85-99, 2012.

MANHAGO, S. R. **Técnicas de revegetação de Taludes de Aterros Sanitários**. 2008. 27p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2008.

MATTA E ANDRADE, J. C da. **Fitotransporte de metais em espécies arbóreas e arbustivas em aterro de resíduos sólidos urbanos**. 2005. 263p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

MATTAR, E. P. L.; FRADE JUNIOR, E. F.; OLIVEIRA, E de. **Cinza de osso: fósforo e cálcio para a agricultura**. Cruzeiro do Sul: UFAC, 25 p. 2013.

MEDEIROS et al. Diagnóstico da qualidade da água e do solo no lixão de Engenheiro Coelho, no Estado de São Paulo. **Engenheiro Ambiental**, v.5, p.169-186, 2008.

MEDEIROS et al. Estudo de Caso e Alternativa para falha na revegetação de taludes por hidrossemeadura na mina do Andrade (MG). In: Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 5., Belo Horizonte, 2014. **Anais...**Belo Horizonte: IBEAS, 2014

MEINERZ et al. **Estudo de Caso para recuperação paisagística do aterro sanitário de Toledo - PR**, Internacional Workshop, São Paulo, 2009.

MELO et al. Monitoramento da Atenção Natural do Solo de Cobertura em aterro de resíduos sólidos urbanos em Passo Fundo - RS. **Revista de Ciências Ambientais**, v.4, n.2, p.5-16, 2010.

MINISTRY OF ENVIRONMENT THE BRITISH COLUMBIA. **Landfill Gas Management Facilities Design Guidelines**. Canada: Prepared by Conestoga-Rovers & Associates, Richmond, British Columbia, 230p., 2010.

Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Flores da Caatinga: caatinga flowers**. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido, 2011.

MOLINE et al. Estimativa do valor de H+Al por Correlação com o pH SMP em Solos de Rondônia. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Centro Científico Conhecer, v.7, n.12, 6p., 2011.

MORIM, M. P. B, M.J.F. V. in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2015. Disponível em:(<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB114576>). Acesso: 8 out. 2015.

MUÑOZ, S. I. S. **Impacto ambiental na área do aterro sanitário e incinerador de resíduos sólidos de ribeirão preto, SP**: avaliação dos níveis de metais pesados. 2002. 158p. Tese (Doutorado em Saúde Ambiental), Pós-Graduação de Enfermagem em Saúde Pública, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2002.

NICOLODI et al. Insuficiência do conceito mineralista para expressar a fertilidade do solo percebida pelas plantas cultivadas no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.2735-2744, 2008.

NOVAIS et al. **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciências, 2007.

OAKLEY, S. M.; JIMENEZ, R. Sustainable sanitary landfills for neglected small cities in developing countries: The semi-mechanized trench method from Villanueva, Honduras: **Waste Management**, v.32, n.12, p.2535-2551, 2012.

OLIVEIRA, et al. Condutividade elétrica de um solo manejado com diferentes lâminas de irrigação e diferentes doses de potássio. In: FERBIO-A responsabilidade socioambiental da pesquisa agrícola, Maceió-Alagoas, 2012. **Anais...**Maceió-Alagoas: FERBIO, 2012.

OLIVEIRA DE ANDRADE et al. Estudo etnobotânico de plantas medicinais na comunidade Várzea Comprida dos Oliveiras, Pombal, Paraíba, Brasil. **Revista Verde**, v.7, n.3, p.46-52, jul/set, 2012.

OLIVEIRA, C. N. de. **Recuperação ambiental de aterros sanitários na região metropolitana de Campinas: revegetação e uso futuro**. 2004. 88p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

OLIVEIRA, J. R. P.; SOARES FILHO, W. S. Situação da cultura da acerola no Brasil e ações da Embrapa Mandioca e Fruticultura em recursos genéticos e melhoramento. 1998. Disponível em: <http://www.cpatas.embrapa.br/catalogo/livrorg/acerolabrasil.pdf>. Acesso: 5 mar. 2015.

OLIVEIRA-BENTO, S. R. S. **Biometria de frutos e sementes, germinação e armazenamento de sementes de flor-de-seda calotropis procera (aiton) w.t. Aiton**. 2012. 144p. Tese (Doutorado em Etnoconhecimento, Caracterização e Propagação de Plantas), Pós-Graduação em Agronomia: Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2012.

OLIVEIRA, L. S. T. et al. Uso de plantas medicinais no tratamento de animais. **Centro científico conhecer – ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Goiânia, vol. 5, n.8, 2009.

OMAR, D.; KARUPPANAN, S.; AYUNISHAFIEA, F. Environmental Health Impact Assessment of a Sanitary Landfill in an Urban Setting. **Procedia Social and Behavioral Sciences**, v.68, p.146-155, dez., 2012.

PASSOS, M. A; LIMA, T. V. de; ALBUQUERQUE, J. L. Quebra de Dormência em sementes de leucena. *Revista Brasileira de Sementes*, ano 10, nº 2, Brasília, 1988.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo**. São Paulo, Nobel, 547p., 2002.

PEREIRA et al. Abordagem etnobotânica de plantas medicinais utilizadas em dermatologia na cidade de João Pessoa-Paraíba, Brasil. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v.7, n.3, p.9-17, 2005.

PFEIFFER, S. C; CARVALHO, E. H. **Seleção de áreas para implantação de aterro sanitário no entorno do município de Ribeirão Preto (SP), utilizando-se o sistema de informações geográficas**. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS, 6., Gramado, 2002. **Anais...** Gramado: ABES, 2002.

PRADO, R.; NATALE, W. Calagem na Nutrição de Cálcio e no Desenvolvimento do Sistema Radicular da Goiabeira. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.39, n.10, p.1007-1012, out., 2004.

RAHMAN, M. L.; TARRANT, S.; MCCOLLIN, D.; OLLERTON, J. Plant community composition and attributes reveal conservation implications for newly created grassland on capped landfill sites. **Journal for Nature Conservation**, v 21, p.198-205, 2013.

REDE DE CAPACITAÇÃO E EXTENSÃO TECNOLÓGICA EM SANEAMENTO AMBIENTAL - RECESA. **Projeto, operação e monitoramento de aterros sanitários: Guia do profissional em treinamento**. Belo Horizonte: RECESA/Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, 112p., 2008.

REIS FILHO, A. A. **Projeto carnaubi: Mapeamento espacial e zoneamento de carnaúba no Piauí**. Relatório, Teresina: EDUFPI. P.54, 2005.

RESENDE et al. Crescimento e sobrevivência de espécies arbóreas em diferentes modelos de plantio na recuperação de área degradada por disposição de resíduos sólidos urbanos. **Revista Árvore**, v.39, n.1, p.147-157, 2015.

_____. Fertilidade do Solo em Aterro Controlado e sua Influência na Sobrevivência de Espécies Arbóreas em Diferentes Modelos de Plantio. In: JORNADA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA, 5., Inconfidentes, 2013. **Anais...** Inconfidentes: IFSULDEMINAS, 2013.

ROCHA et al. GPR 3D como método não invasivo para estudo do crescimento e biomassa de raízes de árvores de florestas tropicais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOFÍSICA, 5., Salvador, 2012. **Anais...** Salvador: SBGI, 2012.

RODRIGUES et al. Vertissolos do estado do Acre: caracterização e classificação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., Ribeirão Preto, 2003. **Anais...** Ribeirão Preto: SBCE, 2003.

ROSA, A. S.; DALMOLIN, R. S. D.; PEDRON, F. A. Caracterização do Solo de cobertura de aterros encerrados com ferramentas (geo) estatísticas. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.16, n.2, p.121-126, abr/jun., 2011.

ROSSI, et al. Frações húmicas da matéria orgânica do solo cultivado com soja sobre palhada de braquiária e sogro. *Bragantia*, v. 70, n. 3, p.622-630, 2011.

SANTANA, O. A.; ENCINAS, J. I. Levantamento das espécies exóticas arbóreas e seu impacto nas espécies nativas em áreas adjacentes a depósitos de resíduos domiciliares. **Biotemas**, v.21, n.4, p.29-38, 2008.

SANTOS, G. O. **Avaliação do cultivo de gramíneas na superfície de aterro sanitário, com ênfase para a redução da emissão de metano e dióxido de carbono para a atmosfera**. 2012. 313p. Tese (Doutorado em Saneamento Ambiental), Pós-Graduação em Engenharia Hidráulica e Ambiental, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

SANTOS-SEREJO et al. **Fruticultura tropical: espécies regionais e exóticas**. Brasília: EMBRAPA, 2009.

SENA, A. L. M; PINTO, J. R. R. Regeneração natural em áreas degradadas com enfoque na capacidade de resiliência das espécies lenhosas do cerrado. In: SIMPÓSIO NACIONAL DO CERRADO, 9., Brasília, 1998. **Anais...** Brasília: UB/DEF, 1998.

SENGIK, E. S. **Os macronutrientes e os micronutrientes das plantas**. [S.I.], 2003.

SERRAT et al. **Conhecendo o solo**. Cartilha (Projeto de Extensão Universitária Solo Planta), Universidade Federal do Paraná, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, Curitiba, 27p., 2002.

SFREDO, G. J; BORKERT, C. M. **Deficiência e toxidades de nutrientes em plantas de soja: descrição dos sintomas e ilustração com fotos**. Londrina: EMBRAPA, 2004.

SILVA et al. Avaliação do uso da casca do fruto e das folhas de *Caesalpinia ferrea* Martius como suplemento nutricional de Fe, Mn e Zn. **Ciência, Tecnologia e Alimentos**, v.30, n.3, p.751-754, jul/set., 2010.

SILVA et al. **Xiquexique e mandacaru na alimentação animal**. Natal, EMPARN, 2013.
SILVA, R. C. et al. Plantas medicinais utilizadas na saúde da mulher: riscos na gravidez. **Diálogos & Ciência**, nº 32, p. 243-246, dez. 2012.

SIQUEIRA et al. **Microrganismos e processos biológicos do solo: perspectiva ambiental**. Brasília: EMBRAPA, 1994.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE BOTÂNICA DO BRASIL - SBB. **Manual sobre métodos de estudo florístico e fitossociológico: ecossistema Caatinga**. Brasília: SBB, 2013.

SODRÉ, F.; LENZI, E.; COSTA, A. C. da. Utilização de modelos físico-químicos de adsorção no estudo do comportamento do cobre em solos argilosos. **Química Nova**, v.21, n.3 p.324-330, 2001.

SOUTO et al. Biometria de frutos e número de sementes de *calotropis procera* (ait.) r. br no semi-árido da Paraíba. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.3, n.1, p.108-113, 2008.

SOUZA SOBRINHO et al. Avaliação do potencial de propagação por sementes de capim-elefante hexaplóide. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.3, p. 974-977, mai/jun., 2008.

SOUZA, C. M. de. **Recuperação de áreas degradadas em aterros sanitários**. 2007. 51p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

SOUZA, C. M. de. A. **Mobilização de fósforo e crescimento de leguminosas submetidas a diferentes níveis de adubação com fosfato de rocha**. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2006.

STUERMER, M. M; BROCANELI, P. F; VIEIRA, M. E. Os Aterros Sanitários Desativados e o Sistema de Áreas Verdes da Cidade de São Paulo: Possibilidade de Integração. **Revista Labverde**, n.2, p.10-29, jun., 2011.

TEIXEIRA et al. Os minerais de ferro e Alumínio nos solos de Angola. **Angola: agricultura, recursos naturais e desenvolvimento rural**, Lisboa: ISA Press, p.145-167, 2006.

TEIXEIRA, G. P.; FRANÇA, R. de A.; LACERDA, G; B. M. Metodologia de operação de aterro sanitário no município de Juiz de Fora (MG). In: SEMINÁRIO NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS. 8., 2006, São Luis. **Anais...** São Luis, 2006.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - USEPA. **Guidance for evaluating landfill gas emissions from closed or abandoned facilities**. Office of Research and Development, Washington, D.C., USEPA. 86p., 2005.

VOLPE-FILIK et al. Criação de parques urbanos em aterros sanitários desativados - estudo do aterro Sapopemba - SP. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v.2, n.3, p.80-87, 2007.

WONG et al. Afteruse development of former landfill sites in Hong Kong. **Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering**, v.5, p.443-451, 2013.

XIAOLI et al. Characteristics of environmental factors and their effects on CH₄ and CO₂ emissions from a closed landfill: An ecological case study of Shanghai. **Waste Management**, v 30, p 446-451, 2010.

ZANELLO, S; MELO, V. F; WOWK, G. I. T. H. Mineralogia e teores de cromo, níquel, cobre, zinco, e chumbo nos solos no entorno do aterro sanitário da Caximba em Curitiba-PR. **Scientia Agraria**, v.10, n.1 p.51-060, 2009.

ZANTA, V. M.; FERREIRA, C. F. A. Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos. In: CASTILHOS JÚNIOR, A. B. **Resíduos Sólidos Urbanos: aterro sustentável para municípios de pequeno porte**. Rio de Janeiro: ABES/RIMA, 2003.

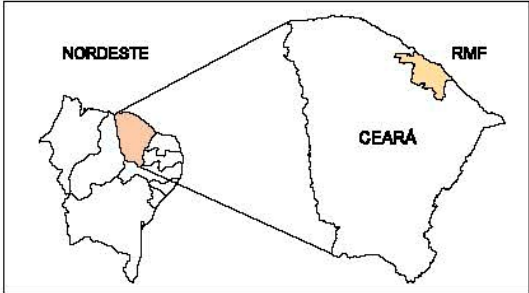
MAPA 01: UNIDADES GEOAMBIENTAIS

SIMBOLOS CONVENCIONAIS

- Limite da área
- Limite municipal
- BR e CE
- Sede municipal
- Rio / Riacho
- Lagoas e açudes



Localização da Área de Estudo

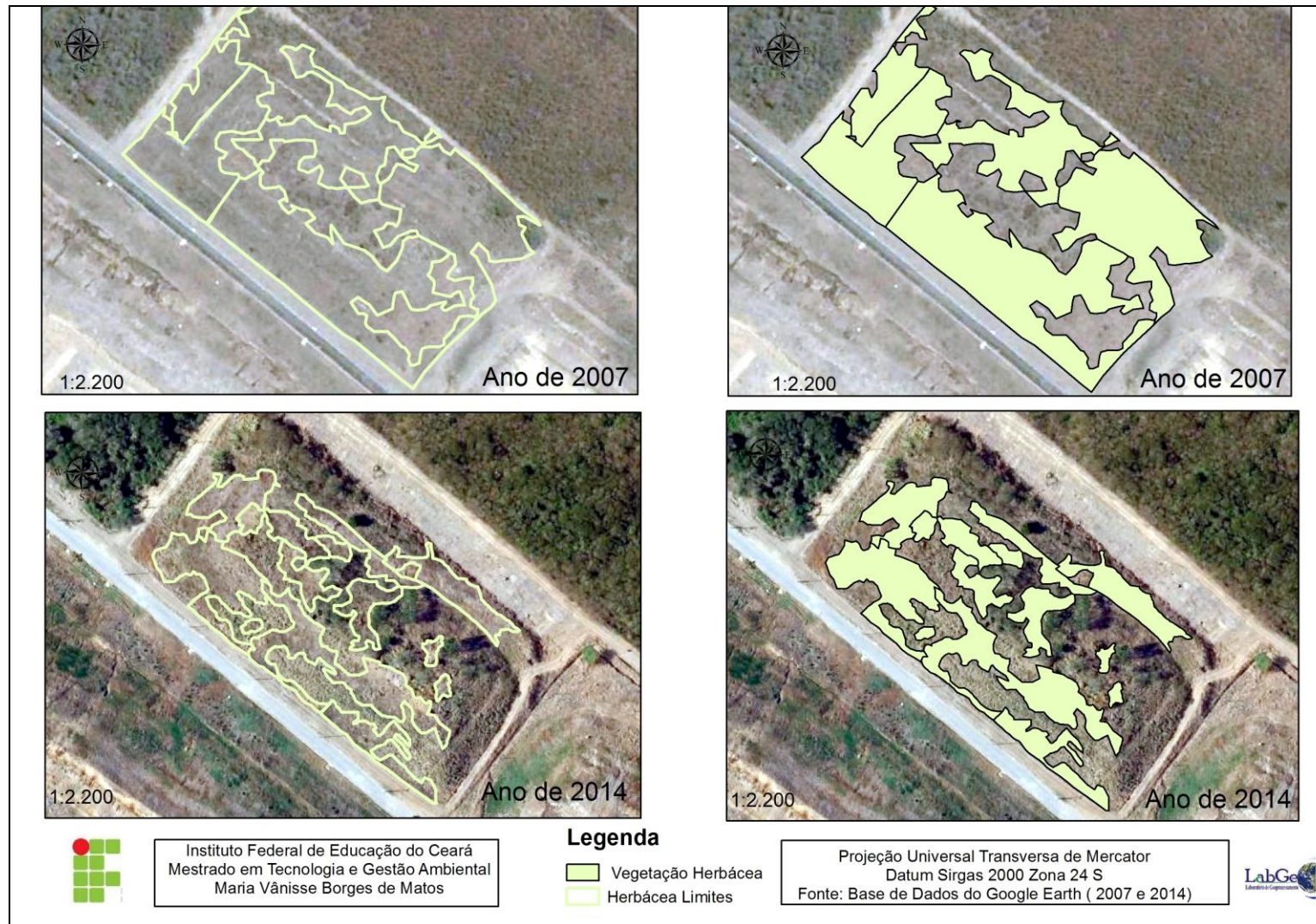


CATEGORIAS ESPACIAIS DE AMBIENTES NATURAIS		
GEOSSISTEMAS	GEOFÁCIAS	CARACTERÍSTICAS DOMINANTES
Planície Litorânea	(Accd) - Faixa de Praia, Terraço Marinho e Campo de Dunas Móveis, Fozas e Paleodunas	Faixa costeira c/ dunas móveis, fixas e páleo-dunas, c/ dinâmica ecológica ativa; formadas por material inconsolidado arenoso; vegetação do complexo litorâneo c/ predomínio de estrato arbustivo nas dunas fozas. Ambiente fortemente instável com vulnerabilidade forte a muito forte.
	(Aptm) - Planície Flúvio-Marinha	Superfície plana resultante da combinação de processos de acumulação flúvio e marinha, sujeita à inundações periódicas e comportando manguezais nas bordas das áreas estuaríneas. Ambiente de transição com tendência à instabilidade com vulnerabilidade ambiental forte.
Glaci de Acumulação Pré-Litorâneos	(Ata) - Tabuleiros Arenosos	Superfície plana, c/ alinhamento topográfico suave na direção de linha de costa; constituída por sedimentos inconsolidados da Formação Barreiras; a área é fraccamente entalhada pela drenagem superficial que isola as faixas tabulares c/ pequenas amplitudes altimétricas entre os fundos dos vales e topos dos interflúvios; areias quartzosas e solos podzólicos recobertos pela vegetação de tabuleiros que se esboça fortemente descharacterizada pelo uso agro-pecuário. Ambiente estável, com vulnerabilidade ambiental muito baixa.
	(Atr) - Tabuleiros Areno-Argilosos	
Planície Ribeirinha	(Apl) - Planície Flúvio	Superfície plana resultante da acumulação de sedimentos inconsolidados flúvio, sujeita à inundações periódicas e revestidas, primeiramente, por matas ciliares de cangaúba. Ambiente de transição com tendência à instabilidade com vulnerabilidade ambiental moderada.
	(Apl) - Planície Lacustre, Flúvio-Lacustre e Áreas de Acumulação	Corpos d'água lacustres com alimentação flúvio e/ou freática e planícies ribeirinhas com material inconsolidado, argilo-arenosos revestidos por matas de várzea com cangaúba. Ambiente de transição com tendência à instabilidade e vulnerabilidade ambiental moderada.
Maciços Residuais	(Mru) - Níveis de cimeira e Vertentes Úmidas	Superfícies serranas ou encostas de barlavento forte e medianamente dessecadas em faixas de cristas, colinas e lombadas, intercaladas por vales em V. Litologia do complexo cristalino Pré-Cambriano e solos variados, pedregosos, com afloramentos rochosos, revestidos por matas plúvio-residuais na vertente à barlavento e matas secas e caatingas à sotavento. Ambiente de transição com tendência de dinâmica ambiental regressiva com vulnerabilidade ambiental de moderada à forte.
	(Mrs) - Serras Secas e Vertentes Sub-úmidas	
Depressão Sertaneja	(Decp) - Sertões do Choró/Pecoti	Superfície plana, rampeada na direção dos fundos dos vales e do litoral; com níveis altimétricos de 60 a 120 m em rochas do embasamento cristalino; drenagem densa com padrão dendrítico e cursos d'água com regime intermitente sazonal; solos rasos a moderadamente profundos revestidos por caatingas arbóreo-arbustivas fortemente degradadas; ocorrências eventuais de morros isolados (inselbergs). Ambientes de transição com vulnerabilidade moderada.
	(Dscn) - Sertões do Centro Norte	
	(Decp) - Sertão de Carindé	

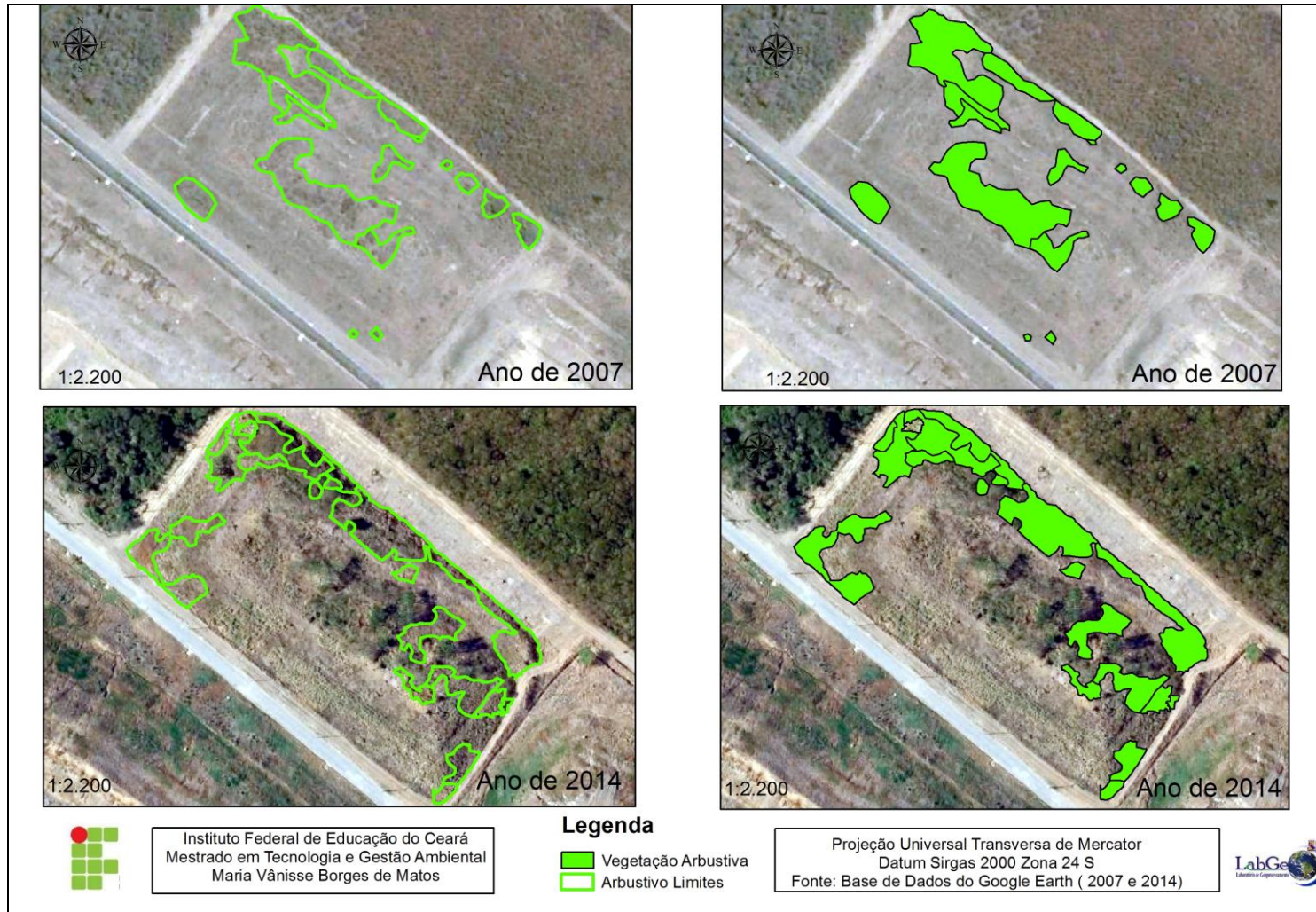


FONTES:
Diagnóstico e Macrozoneamento Ambiental do Ceará - Mapa de Unidades Geoambientais do Estado do Ceará. FCP/SEMACE, 1998.
Cartas Planialtimétricas DSG/UDENE (1:100.000), folhas de Lagoa São Pedro SA.24-Z-C-I; São Luís do Curu SA.24-Y-D-VI; Fortaleza SA.24-Z-C-IV; Aquidauz SA.24-Z-C-V; Carindé SB.24-V-B-III; Betânia SB.24-X-A-I; Beberibe SB.24-X-A-II.
Imagens de satélite LANDSAT 7 ETM+ de 1999, órbitas-ponto 217-82, 217-83 e 218-83 com resolução espacial de 15 metros, composição colorida falsa cor RGB nas bandas 5, 4 e 3.

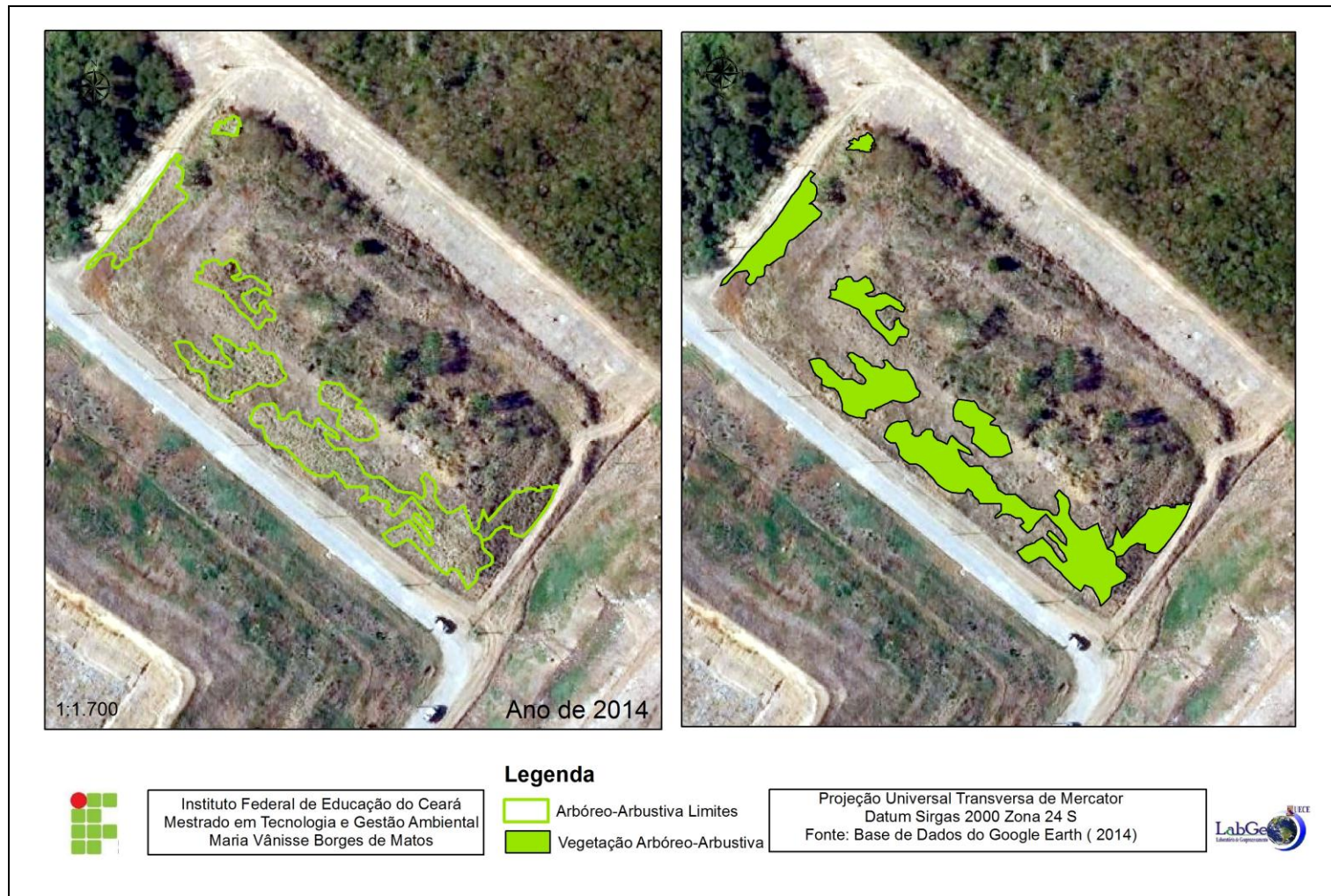
ANEXO B - Mapa comparativo da vegetação herbácea na célula estudada



ANEXO C - Mapa comparativo da vegetação arbustiva na célula estudada



ANEXO D - Mapa da vegetação arbóreo-arbustiva na célula estudada



ANEXO E - Mapa da vegetação arbórea na célula estudada

