

**INFLUÊNCIA DE DEPÓSITOS DE LIXO NA
FITOSSOCIOLOGIA DAS ESPÉCIES ARBÓREAS
DE CERRADO**

OTACÍLIO ANTUNES SANTANA

**TESE DE DOUTORADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**FACULDADE DE TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**INFLUÊNCIA DE DEPÓSITOS DE LIXO NA
FITOSSOCIOLOGIA DAS ESPÉCIES ARBÓREAS DE
CERRADO**

OTACÍLIO ANTUNES SANTANA

ORIENTADOR: JOSÉ IMAÑA ENCINAS

TESE DE DOUTORADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

PUBLICAÇÃO: PPGEFL.TD - 01/07

BRASÍLIA/DF: DEZEMBRO – 2007

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

INFLUÊNCIA DE DEPÓSITOS DE LIXO NA FITOSSOCIOLOGIA
DAS ESPÉCIES ARBÓREAS DE CERRADO

OTACÍLIO ANTUNES SANTANA

TESE DE DOUTORADO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM CIÊNCIAS FLORESTAIS.

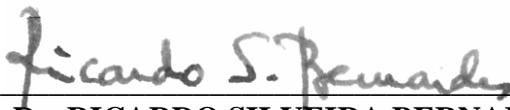
APROVADA POR:



Prof. Dr. JOSÉ IMAÑA ENCINAS, EFL/UnB
(ORIENTADOR)



Prof. Dr. RODRIGO STUDART CORREA, EFL/UnB
(EXAMINADOR INTERNO)



Prof. Dr. RICARDO SILVEIRA BERNARDES, ENC/UnB
(EXAMINADOR EXTERNO)



Prof. JOSÉ ELIAS DE PAULA, BOT/UnB
(EXAMINADOR EXTERNO)



Profª. Drª. SUELI CORRÊA DE FARIAS, UCB
(EXAMINADORA EXTERNA)

FICHA CATALOGRÁFICA

SANTANA, OTACÍLIO ANTUNES

Influência de depósitos de lixo na fitossociologia das espécies arbóreas de Cerrado [Distrito Federal] 2007.

xviii, 113p., 210 x 297 mm (EFL/FT/UnB, Mestre, Tese de Doutorado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Florestal

1. Depósitos de lixo

2. Cerrado

3. Relação Solo e Planta

4. Análise Multivariada

I. EFL/FT/UnB

II. Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SANTANA, O. A. (2007). Influência de depósitos de lixo na fitossociologia das espécies arbóreas de Cerrado. Tese de Doutorado em Ciências Florestais, Publicação. PPGEFL.TD-01/07, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 113p.

CESSÃO DE DIREITOS

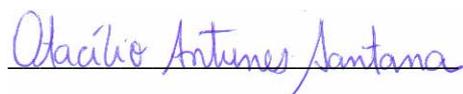
AUTOR: Otacílio Antunes Santana

TÍTULO: Influência de depósitos de lixo na fitossociologia das espécies arbóreas de Cerrado.

GRAU: Doutor

ANO: 2007

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.



Otacílio Antunes Santana
Rua 16 – A número 841, Setor Aeroporto
Goiânia – GO, CEP.: 74075-150
otaciliosantana@gmail.com

AGRADECIMENTOS

A Ele a Glória.

Ao Professor J. Imaña Encinas, Ph.D. pela sábia orientação, ajuda e sem medir esforços sempre esteve disposto a dar sugestões, incentivos, auxílios aos eventos científicos e muito conhecimento acadêmico. Além disso, se tornou um dos melhores amigos em Brasília.

A CAPES pela bolsa de estudos para o Doutorado de imensa importância na minha formação acadêmica.

Ao Departamento de Engenharia Florestal que através de seus professores, me motivaram e tiveram paciência em transmitir seus nobres conhecimentos sobre o cerrado. Em especial aos professores: Rodrigo S. Corrêa, José R. R. Pinto, Alba V. Rezende e Ailton do V. Teixeira, pelas correções no projeto inicial, dicas e sugestões.

Ao Aterro Sanitário de Goiânia que permitiu a licença para pesquisas em áreas adjacentes e disponibilizou logisticamente seu laboratório para análise química dos dados.

Ao IBAMA pela licença de pesquisa no Parque Nacional de Brasília, e a todos os funcionários do Parque, em especial Diana Tollstadius que me auxiliou no processo de licenciamento.

Ao Prof. Dr. Ralph Mitlöhner que me auxiliou nos trâmites para meu estágio de doutorado, juntamente com o Prof. J. Imaña-Encinas, e pelas indicações e ajudas em Göttingen – Alemanha e na sua universidade (Georg-August Universität Göttingen).

Ao Prof. Dr. Dieter Pelz e seu assistente Dr. R. Scholz, que me receberam com muita atenção em seu departamento (Albert-Ludwigs Universität Freiburg) e o me deram dicas para meu projeto de doutorado.

Ao Prof. Dr. Christoph Kleinn (Georg-August Universität Göttingen – Alemanha) que me ajudou, deu dicas e cedeu programas estatísticos para análises dos dados.

Aos meus familiares que sempre me apoiaram e incentivaram, em especial aos meus pais.

À Marcella de S. Melo pelo carinho, compreensão e incentivo.

Ao amigo Antônio F. Couto Júnior pelas dicas e amizade.

À Banca examinadora que se prontificou a me avaliar, aconselhar e ajudar para que possa dar passos nesse processo de aprendizagem científica: Prof. José E. de Paula, Prof^a. Sueli C. Faria, Prof. José R. R. Pinto, Prof. Rodrigo S. Corrêa e Prof. Ricardo S. Bernardes.

À Casa do Estudante Nipo-Brasileiro de Brasília e a todos seus moradores, sempre me lembrarei de vocês, juntamente a todos os meus amigos.

Dedico aos meus cabelos que ficaram pelo Cerrado.

RESUMO

INFLUÊNCIA DE DEPÓSITOS DE LIXO NA FITOSSOCIOLOGIA DAS ESPÉCIES ARBÓREAS DE CERRADO

Autor: Otacílio Antunes Santana

Orientador: José Imaña Encinas

Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais

Brasília, 13 de dezembro de 2007.

Mudanças na estrutura física e química do solo e nas águas subterrâneas foram observadas em regiões adjacentes aos depósitos de lixo, com acúmulo de metais pesados e nutrientes. Geralmente, existe uma vegetação nativa associada a esses depósitos em suas áreas adjacentes. Os objetivos deste trabalho foram: i) realizar o levantamento da composição das espécies arbóreas nativas de Cerrado e quantificar seus parâmetros fitossociológicos; ii) realizar o levantamento das espécies arbóreas exóticas e quantificar seu impacto nas espécies arbóreas nativas adjacentes; iii) caracterizar o gradiente das concentrações químicas do solo e água subterrânea; iv) relacionar a vegetação com as variáveis abióticas do solo e da água subterrânea; e v) recomendar e propor a introdução de espécies nativas de Cerrado e o monitoramento de plantas exóticas para amortização dos efeitos provocados pelos aterros sanitários no solo. Para isso, três parcelas de 25 x 500 m, subdivididas em subparcelas de 25 x 50 m, foram estabelecidas em cada um dos dois depósitos de lixo estudados: Aterro do Jockey Club de Brasília/DF e o Aterro Sanitário de Goiânia/GO, e em cada uma das duas áreas controles: no Parque Nacional de Brasília/DF e no Campus II da Universidade Católica de Goiás. Foram avaliadas a vegetação arbórea nativa e exótica, as concentrações químicas do solo e da água subterrânea nas parcelas estabelecidas. A presença de aterros sanitários provocou alterações nas concentrações químicas de nutrientes e contaminantes do solo e da água subterrânea, em suas adjacências, influenciando os parâmetros fitossociológicos das espécies arbóreas de Cerrado, devido às significativas relações entre as variáveis ambientais com a vegetação.

ABSTRACT

LANDFILL INFLUENCE ON PHYTOSOCIOLOGY OF THE CERRADO TREE SPECIES

Author: Otacílio Antunes Santana

Supervisor: José Imaña Encinas

Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais

Brasília, December 13, 2007

Modifications in physical and chemical structure of soil and groundwater were observed in the adjacent areas of the sanitary landfills, with heavy metals and nutrients accumulation. Generally, sanitary landfills are localized nearby native vegetation. This work aimed: i) to carry out species inventory of native trees of the Cerrado and to quantify phytosociologic parameters; ii) to carry out species inventory of exotic trees and to quantify environmental impacts on native species; iii) to characterize the spatial gradients of the soil and groundwater chemical concentrations; iv) to correlate the vegetation with abiotics variables of the soil and groundwater; and v) to recommend and to propose species introduction of the native species, and the exotic species management to amortization of the effects did by sanitary landfill presence in soil. Three plots of 25 x 500 m, with 10 subplots of 25 x 50 m, were established in each studied sanitary landfill: Jockey Club Landfill of Brasília (Brasilia/DF) and Sanitary Landfill of Goiânia (Goiânia/GO), and in each control areas: National Park of Brasília and the Campus II of the Catholic University of Goiás. In established plots were evaluated the native and exotic trees composition, chemical concentrations of soil and groundwater samples. The sanitary landfills presence results in chemical concentration modifications of soil and groundwater, in its adjacent areas, influencing the phytosociologic parameters of the tree species of Cerrado, caused for significant relationships between environmental variables with the vegetation parameters.

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO	01
1.1 – APRESENTAÇÃO	01
1.2 – REVISÃO DE LITERATURA	03
1.2.1 – Resíduos sólidos e aterros sanitários	03
1.2.2 – Contaminação do solo, da água subterrânea e suas relações com a vegetação	09
1.3 – HIPÓTESE	13
1.4 – OBJETIVOS	13
1.4.1 – Geral	13
1.4.2 – Específicos	13
1.5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DO CAPÍTULO 1	14
2 – FITOSSOCIOLOGIA DAS ESPÉCIES ÁRBOREAS NATIVAS DE CERRADO <i>STRICTU SENSU</i> EM ÁREAS ADJACENTES A ATERROS E ÁREAS CONTROLES	19
2.1 – INTRODUÇÃO	19
2.2 – MATERIAIS E MÉTODOS	20
2.2.1 – Áreas de estudo	20
2.2.2 – Plano geral de amostragem da vegetação	23
2.2.3 – Parâmetros Fitossociológicos	24
2.2.4 – Índices de Diversidade	26
2.2.5 – Índices de Similaridade	26
2.2.6 – Análises Matemáticas e Estatísticas	27
2.3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
2.4 – CONCLUSÕES	43
2.5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DO CAPÍTULO 2	43

3 – LEVANTAMENTO DAS ESPÉCIES EXÓTICAS ARBÓREAS E SEU IMPACTO NAS ESPÉCIES NATIVAS ADJACENTES A ATERROS SANITÁRIOS E ÁREAS CONTROLES	48
3.1 – INTRODUÇÃO	48
3.2 – MATERIAIS E MÉTODOS	49
3.3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
3.4 – CONCLUSÕES	57
3.5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DO CAPÍTULO 3	57
4 – CARACTERIZAÇÃO E GRADIENTE DAS CONCENTRAÇÕES QUÍMICAS DO SOLO E ÁGUA SUBTERRÂNEA ADJACENTES A ATERROS SANITÁRIOS E SUA COMPARAÇÃO COM ÁREAS CONTROLES	60
4.1 – INTRODUÇÃO	60
4.2 – MATERIAIS E MÉTODOS	61
4.2.1 – Amostragem e análise de solo e água subterrânea	61
4.2.2 – Análise dos dados	63
4.2.2.1 – Análise dos componentes principais (ACP)	63
4.2.2.2 – Modelo de redes neurais	64
4.2.2.3 – Outras variáveis	65
4.3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO	65
4.4 – CONCLUSÕES	74
4.5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DO CAPÍTULO 4	75
5 – RELAÇÃO DA VEGETAÇÃO COM AS VARIÁVEIS ABIÓTICAS DO SOLO E A ÁGUA SUBTERRÂNEA EM DUAS ÁREAS ADJACENTES A ATERROS, E SUA COMPARAÇÃO COM ÁREAS CONTROLES	79
5.1 – INTRODUÇÃO	79
5.2 – MATERIAIS E MÉTODOS	80
5.2.1 – Amostragem e coleta do tecido foliar	80
5.2.2 – Análises das concentrações químicas do tecido foliar	80

5.2.3 – Concentrações químicas do solo e água subterrânea	81
5.2.4 – Análises estatísticas	81
5.3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO	82
5.4 – CONCLUSÕES	96
5.5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DO CAPÍTULO 5	97
6 – RECOMENDAÇÕES E PROPOSTAS DE INTRODUÇÃO E DE ESPÉCIES NATIVAS DE CERRADO E MONITORAMENTO DE ESPÉCIES EXÓTICAS PARA AMORTIZAÇÃO DOS EFEITOS PROVOCADOS PELOS ATERROS SANITÁRIOS NO SOLO	100
6.1 – INTRODUÇÃO	100
6.2 – CARACTERIZAÇÃO AGRONÔMICA DOS SOLOS E RECOMENDAÇÕES	101
6.3 – RECOMENDAÇÕES PARA SELEÇÃO E MODELO DE INTRODUÇÃO DAS ESPÉCIES VEGETAIS NAS ÁREAS ADJACENTES AOS ATERROS	103
6.4 – MANUTENÇÃO E MONITORAMENTO	109
6.4.1 – Para Plantas Nativas	109
6.4.2 – Para plantas Exóticas	109
6.5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DO CAPÍTULO 6	109
7 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	113

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 – Composição (%) do lixo domiciliar em Brasília/DF e em Goiânia/GO (SLU/DF, 2004 e Prefeitura de Goiânia, 2004).	05
Tabela 1.2 – Características dos componentes do resíduo urbano brasileiro.	05
Tabela 2.1 – Número de espécies e famílias encontradas em áreas de cerrado <i>strictu sensu</i> neste estudo e na literatura.	28
Tabela 2.2 – Espécies, famílias e os parâmetros fitossociológicos das árvores amostradas nas parcelas situadas no Parque Nacional de Brasília, área mais próxima do aterro do Jockey Club de Brasília.	29
Tabela 2.3 – Espécies, famílias e os parâmetros fitossociológicos das árvores amostradas nas parcelas situadas no Parque Nacional de Brasília, área controle mais distante do aterro do Jockey Club de Brasília.	30
Tabela 2.4 – Espécies, famílias e os parâmetros fitossociológicos das árvores amostradas nas parcelas situadas próximas ao aterro sanitário de Goiânia.	31
Tabela 2.5 – Espécies, famílias e os parâmetros fitossociológicos das árvores amostradas nas parcelas situadas na área da Universidade Católica de Goiás.	32
Tabela 2.6 – Coeficientes e parâmetros estatísticos obtidos pela equação logarítmica do ajuste da curva de incremento de espécies pelas subparcelas amostradas.	33
Tabela 2.7 – Coeficientes e parâmetros estatísticos obtidos pela equação de Meyer.	36
Tabela 3.1 – Classificação quanto ao tipo de planta exótica (IUCN, 2000).	50
Tabela 3.2 – Número de espécies e famílias nativas de cerrado e exóticas nas áreas de estudos adjacentes ao aterro do Jockey Club de Brasília (BSB) e do Aterro Sanitário de Goiânia (GYN) e em duas áreas controles estabelecidas (BSB – Controle e GYN – Controle).	51
Tabela 3.3 – Composição das espécies exóticas, suas respectivas famílias e número de indivíduos encontrados nas áreas de estudos adjacentes ao aterro do Jockey Club de Brasília (BSB) e do Aterro Sanitário de Goiânia (GYN) e em duas áreas controles estabelecidas (BSB - Controle e GYN - Controle).	52
Tabela 3.4 – Forma de dispersão natural de sementes e classificação quanto ao tipo de exótica das espécies amostradas nas áreas de estudos adjacentes ao aterro do Jockey Club de Brasília (BSB) e do Aterro Sanitário de Goiânia (GYN) e em duas áreas controles estabelecidas (BSB - Controle e GYN - Controle).	53

Tabela 4.1 – Valores médios (\pm desvio padrão) das variáveis ambientais no solo em subparcelas do aterro do Jockey Club de Brasília e no controle.	66
Tabela 4.2 – Valores médios (\pm desvio padrão) das variáveis ambientais no solo em subparcelas do aterro sanitário de Goiânia e no controle.	66
Tabela 4.3 – Valores médios (\pm desvio padrão) das variáveis ambientais na água subterrânea em subparcelas do aterro do Jockey Club de Brasília e no controle.	67
Tabela 4.4 – Valores médios (\pm desvio padrão) das variáveis ambientais na água subterrânea em subparcelas do aterro sanitário de Goiânia e no controle.	67
Tabela 4.5 – Valor do coeficiente de determinação do modelo de redes neurais (R_{NN}^2) após a retirada de cada variável de solo do modelo geral.	72
Tabela 4.6 – Valor do coeficiente de determinação do modelo de redes neurais (R_{NN}^2) após a retirada de cada variável da água subterrânea do modelo geral.	72
Tabela 5.1 – Concentrações das variáveis abióticas presentes nas espécies arbóreas amostradas nas áreas controles e próximas aos aterros em Brasília e em Goiânia.	82
Tabela 6.1 – Cálculos de caracterização dos substratos utilizados (Silva, 1999).	101
Tabela 6.2 – Caracterização agrônômica dos solos (de 0 a 20 cm) em áreas adjacentes aos aterros do Jockey Club de Brasília (BSB) e do aterro Sanitário de Goiânia, e valores referência da literatura.	102
Tabela 6.3 – Espécies selecionadas para o Grupo 1 e futura introdução nas áreas limítrofes do aterro do Jockey Club de Brasília, e suas respectivas famílias botânicas.	104
Tabela 6.4 – Espécies selecionadas para o Grupo 2 e futura introdução nas áreas limítrofes do aterro do Jockey Club de Brasília, e suas respectivas famílias botânicas.	105
Tabela 6.5 – Espécies selecionadas para o Grupo 1 e futura introdução nas áreas limítrofes do aterro sanitário de Goiânia, e suas respectivas famílias botânicas.	105
Tabela 6.6 – Espécies selecionadas para o Grupo 2 e futura introdução nas áreas limítrofes do aterro sanitário de Goiânia, e suas respectivas famílias botânicas.	106
Tabela 6.7 – Número de indivíduos de cada espécie a ser introduzidas por hectare para o Grupo 1 na área adjacente do aterro do Jockey Club de Brasília.	107
Tabela 6.8 – Número de indivíduos de cada espécie a ser introduzidas por hectare para o Grupo 2 na área adjacente do aterro do Jockey Club de Brasília.	107
Tabela 6.9 – Número de indivíduos de cada espécie a ser introduzidas por hectare para o Grupo 1 na área adjacente ao aterro Sanitário de Goiânia.	108

Tabela 6.10 – Número de indivíduos de cada espécie a ser introduzidas por hectare para o Grupo 2 na área adjacente ao aterro Sanitário de Goiânia.

108

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Toneladas de lixo domiciliar produzido entre 1970 e 2004 no Distrito Federal (DF) e em Goiânia (GO), e correspondente crescimento populacional (IBGE, 2004).	04
Figura 1.2 – Destinação do lixo domiciliar nos municípios brasileiros (IBGE, 2003).	06
Figura 1.3 – Deposição dos resíduos sólidos domiciliares na aterro (Sarsby, 1995).	07
Figura 1.4 – Compactação e sentido da disposição dos resíduos sólidos domiciliares (Sarsby, 1995).	08
Figura 1.5 – Disposição dos resíduos sólidos nos aterros (Sarsby, 1995).	09
Figura 1.6 – Possíveis processos de contaminação do solo e água subterrânea.	10
Figura 1.7 – Propagação dos efeitos da contaminação no meio físico e biota (adaptado de Valle, 1995).	11
Figura 2.1 – Aterro do Jockey Club de Brasília limítrofe ao Parque Nacional de Brasília (BSB). Fonte: Google Earth (2007).	21
Figura 2.2 – Aterro Sanitário de Goiânia (GYN). Fonte: Google Earth (2007).	21
Figura 2.3 – Área Controle situada no Parque Nacional de Brasília (BSB – Controle). Fonte: Google Earth (2007).	22
Figura 2.4 – Área Controle situada no Campus II da Universidade Católica de Goiás (GYN – Controle). Fonte: Google Earth (2007).	22
Figura 2.5 – Esquema de distribuição das parcelas e subparcelas (1 a 30) de amostragem dos dados próximos aos aterros e áreas controles. Adaptado de (Carter, 1993 e Marguran, 1988).	24
Figura 2.6 – Curva de incremento do número de espécies por subparcela amostrada.	33
Figura 2.7 – Índice de diversidade de Shannon distribuídos nas 30 subparcelas das quatro áreas de estudo: BSB (Parque Nacional de Brasília próximo ao aterro), BSB – Controle (Parque Nacional de Brasília distante do aterro), GYN (próximo ao aterro sanitário de Goiânia) e GYN – Controle (área da Universidade Católica de Goiás).	34
Figura 2.8 – Índice de diversidade de Simpson distribuídos nas 30 subparcelas das quatro áreas de estudo: BSB (Parque Nacional de Brasília próximo ao aterro), BSB – Controle (Parque Nacional de Brasília distante do aterro), GYN (próximo ao aterro sanitário de Goiânia) e GYN – Controle (área da Universidade Católica de Goiás).	35

Figura 2.9 – Número de indivíduos arbóreos distribuídos em classes diamétrica dos indivíduos arbóreos das quatro áreas de estudo: BSB (Parque Nacional de Brasília próximo ao aterro), BSB – Controle (Parque Nacional de Brasília distante do aterro), GYN (próximo ao aterro sanitário de Goiânia) e GYN – Controle (área da Universidade Católica de Goiás). As curvas representam o ajuste exponencial de Meyer (1952).	36
Figura 2.10 – Dendrograma da classificação UPGMA e os níveis de fusão para as 30 subparcelas amostradas no Parque Nacional de Brasília: A) Área mais próxima ao aterro e B) Área mais distante do aterro, segundo resultados do Índice de Morisita.	37
Figura 2.11 – Dendrograma da classificação UPGMA e os níveis de fusão para as 30 subparcelas amostradas em Goiânia: A) Área próxima ao aterro sanitário de Goiânia e B) Área na Universidade Católica de Goiás, segundo resultados do Índice de Morisita.	38
Figura 2.12 – Dendrograma da classificação UPGMA e os níveis de fusão para as 30 subparcelas amostradas no Parque Nacional de Brasília: A) Área mais próxima ao aterro e B) Área mais distante do aterro, segundo resultados do Índice de Sørensen.	39
Figura 2.13 – Dendrograma da classificação UPGMA e os níveis de fusão para as 30 subparcelas amostradas em Goiânia: A) Área próxima ao aterro sanitário de Goiânia e B) Área na Universidade Católica de Goiás, segundo resultados do Índice de Sørensen.	40
Figura 2.14 – Índice de valor de importância (IVI) médio das espécies arbóreas de cerrado nas subparcelas estudadas em áreas próximas ao aterro do Jockey Club de Brasília (BSB) e do Aterro Sanitário de Goiânia (GYN) (A e B), e em áreas controles (BSB – Controle e GYN Controle) (C).	42
Figura 3.1 – Distribuição dos indivíduos das espécies nativas (A) e das espécies exóticas (B) nas áreas de estudos adjacentes ao aterro do Jockey Club de Brasília (BSB) e do Aterro Sanitário de Goiânia (GYN), e em duas áreas controles estabelecidas (BSB - Controle e GYN - Controle). (C) representa os ajustes dos gráficos (A) = (C.1) e (B) = (C.2).	55
Figura 3.2 – Porcentagem do índice de valor de importância (IVI) de plantas exóticas do IVI total nas áreas de estudos adjacentes ao aterro do Jockey Club de Brasília (BSB) e do Aterro Sanitário de Goiânia (GYN), e em duas áreas controles estabelecidas (BSB - Controle e GYN - Controle).	56
Figura 3.3 – Índice de impacto ambiental de plantas exóticas (IIAE) pelas distâncias das parcelas estudadas nas áreas de estudos adjacentes ao aterro do Jockey Club de Brasília (BSB) e do Aterro Sanitário de Goiânia (GYN), e em duas áreas controles estabelecidas (BSB - Controle e GYN - Controle).	56
Figura 4.1 – Subparcela e ponto de amostragem de solo e água subterrânea.	61
Figura 4.2 – Esquema de retirada de água do lençol freático.	62

Figura 4.3 – Layout de saída dos dados de R_{NN}^2 após as retiradas de algumas variáveis.	65
Figura 4.4 – Análise de componentes principais das variáveis abióticas significativas e representativas para as 60 amostras de solo avaliadas, sendo 30 em áreas próximas aos aterros (A) e 30 em áreas controles (C). (i) representa as áreas estudadas em Brasília e (ii) as áreas estudadas em Goiânia. (a) Círculo de autovetores das variáveis; (b) Plano de dispersão dos autovalores das subparcelas.	70
Figura 4.5 – Análise de componentes principais das variáveis abióticas significativas e representativas para as 60 amostras de água subterrânea avaliadas, sendo 30 em áreas próximas aos aterros (A) e 30 em áreas controles (C). (i) representa as áreas estudadas em Brasília e (ii) as áreas estudadas em Goiânia. (a) Círculo de autovetores das variáveis; (b) Plano de dispersão dos autovalores das subparcelas.	71
Figura 4.6 – Relação das concentrações médias dos elementos químicos selecionados (pH, Mn, Al, Zn, Fe e MO = matéria orgânica) na análise de componentes principais com as distâncias das subparcelas. (R^2 = coeficiente de ajuste dos pontos de cada variável).	73
Figura 4.7 – Relação das concentrações médias dos elementos químicos selecionados (Nt, Ca, Cu, K e Mg) na análise de componentes principais com as distâncias das subparcelas. (R^2 = coeficiente de ajuste dos pontos de cada variável).	74
Figura 5.1 – Diagrama (Box-Wiskers) para as concentrações de pH (em H ₂ O), Nt (%), P (mg/100g) e K (mg/100g) no tecido foliar das espécies arbóreas de cerrado analisadas nas parcelas próximas aos aterros (Aterro), nas áreas controles (Controle) e na Literatura (Lite.). Dados da literatura foram retirados de: Wilcke e Lilienfein (2005) para pH, Lilienfein <i>et al.</i> (2003) para Nt, Lilienfein <i>et al.</i> (2001) para P e Wilcke e Lilienfein (2005) para K. “a” e “b” representaram as diferenças significativas ($p < 0,001$) entre o conjunto de dados analisados no teste de média t.	83
Figura 5.2 – Diagrama (Box-Wiskers) para as concentrações de Ca (mmolc/kg), Al (mmolc/kg), Mg (mmolc/kg) e Fe (mg/L) no tecido foliar das espécies arbóreas de cerrado analisadas nas parcelas próximas aos aterros (Aterro), nas áreas controles (Controle) e na Literatura (Lite.). Dados da literatura foram retirados de: Haridasan & Araújo (2005) para Ca, Marimon Jr e Haridasan (2005) para Al, Marimon Jr e Haridasan (2005) para Mg e Wilcke e Lilienfein (2005) para Fe. “a” e “b” representaram as diferenças significativas ($p < 0,001$) entre o conjunto de dados analisados no teste de média t.	84
Figura 5.3 - Diagrama (Box-Wiskers) para as concentrações de Cu (mg/L), Pb (mg/L), Mn (mg/L) e Zn (mg/L) no tecido foliar das espécies arbóreas de cerrado analisadas nas parcelas próximas aos aterros (Aterro), nas áreas controles (Controle) e na Literatura (Lite.). Dados da literatura foram retirados de: Segura-Muñoz <i>et al.</i> (2004) para Cu, Segura-Muñoz <i>et al.</i> (2004) para Pb, Santana e Imaña-Encinas (2005) para Mn e Santana e Imaña-Encinas (2005) para Zn. “a” e “b” representaram as diferenças significativas ($p < 0,001$) entre o conjunto de dados analisados no teste de média t.	84

Figura 5.4 - Diagrama (Box-Wiskers) para as concentrações de Cr (mg/L), Cd (mg/L) e Hg ($\mu\text{g/L}$) no tecido foliar das espécies arbóreas de cerrado analisadas nas parcelas próximas aos aterros (Aterro), nas áreas controles (Controle) e na Literatura (Lite.). Dados da literatura foram retirados de: Segura-Muñoz *et al.* (2004) para Cr, Bako *et al.* (2005) para Cd e Bako *et al.* (2005) para Hg. “a” e “b” representaram as diferenças significativas ($p < 0,001$) entre o conjunto de dados analisados no teste de média t.

85

Figura 5.5 – Relação entre as concentrações de pH (em H_2O) no solo e na água subterrânea com as do tecido foliar das espécies arbóreas selecionadas em áreas próximas aos aterros (BSB = em Brasília e GYN = em Goiânia) e em áreas controles (BSB – Controle e GYN – Controle). — Ajustes para as parcelas próximas aos aterros e - - - - ajustes para áreas controles. Desvios representam os dados das 4 espécies em cada área e R^2 o coeficiente de determinação da análise de regressão.

86

Figura 5.6 – Relação entre as concentrações de Mn (mg/L) no solo e na água subterrânea com as do tecido foliar das espécies arbóreas selecionadas em áreas próximas aos aterros (BSB = em Brasília e GYN = em Goiânia) e em áreas controles (BSB – Controle e GYN – Controle). — Ajustes para as parcelas próximas aos aterros e - - - - ajustes para áreas controles. Desvios representam os dados das 4 espécies em cada área e R^2 o coeficiente de determinação da análise de regressão.

87

Figura 5.7 – Relação entre as concentrações de Al (mmolc/kg) no solo e na água subterrânea com as do tecido foliar das espécies arbóreas selecionadas em áreas próximas aos aterros (BSB = em Brasília e GYN = em Goiânia) e em áreas controles (BSB – Controle e GYN – Controle). — Ajustes para as parcelas próximas aos aterros e - - - - ajustes para áreas controles. Desvios representam os dados das 4 espécies em cada área e R^2 o coeficiente de determinação da análise de regressão.

88

Figura 5.8 – Relação entre as concentrações de Zn (mg/L) no solo e na água subterrânea com as do tecido foliar das espécies arbóreas selecionadas em áreas próximas aos aterros (BSB = em Brasília) e em áreas controles (BSB – Controle). — Ajustes para as parcelas próximas aos aterros e - - - - ajustes para áreas controles. Desvios representam os dados das 4 espécies em cada área e R^2 o coeficiente de determinação da análise de regressão.

89

Figura 5.9 – Relação entre as concentrações de Fe (mg/L) no solo e na água subterrânea com as do tecido foliar das espécies arbóreas selecionadas em áreas próximas aos aterros (BSB = em Brasília e GYN = em Goiânia) e em áreas controles (BSB – Controle e GYN – Controle). — Ajustes para as parcelas próximas aos aterros e - - - - ajustes para áreas controles. Desvios representam os dados das 4 espécies em cada área e R^2 o coeficiente de determinação da análise de regressão.

90

Figura 5.10 – Relação entre as concentrações de Nt (%) no solo e na água subterrânea com as do tecido foliar das espécies arbóreas selecionadas em áreas próximas ao aterro (BSB = em Brasília) e em área controle (BSB – Controle). — Ajuste para as parcelas próxima ao aterro e - - - - ajuste para área controle. Desvios representam os dados das 4 espécies em cada área e R^2 o coeficiente de determinação da análise de regressão.

90

Figura 5.11 – Relação entre as concentrações de Ca (mmolc/kg) no solo e na água subterrânea com as do tecido foliar das espécies arbóreas selecionadas em áreas próximas ao aterro (BSB = em Brasília) e em área controle (BSB – Controle). — Ajuste para as parcelas próximas ao aterro e - - - - ajuste para área controle. Desvios representam os dados das 4 espécies em cada área e R^2 o coeficiente de determinação da análise de regressão. 91

Figura 5.12 – Relação entre as concentrações de Cu (mg/L) no solo e na água subterrânea com as do tecido foliar das espécies arbóreas selecionadas em áreas próximas ao aterro (BSB = em Brasília) e em área controle (BSB – Controle). — Ajustes para as parcelas próximas ao aterro e - - - - ajuste para área controle. Desvios representam os dados das 4 espécies em cada área e R^2 o coeficiente de determinação da análise de regressão. 91

Figura 5.13 – Relação entre as concentrações de K (mg/100g) no solo e na água subterrânea com as do tecido foliar das espécies arbóreas selecionadas em áreas próximas ao aterro (GYN = em Goiânia) e em área controle (GYN – Controle). — Ajuste para as parcelas próximas ao aterro e - - - - ajuste para áreas controles. Desvios representam os dados das 4 espécies em cada área e R^2 o coeficiente de determinação da análise de regressão. 92

Figura 5.14 – Relação entre as concentrações de Mg (mmolc/kg) no solo e na água subterrânea com as do tecido foliar das espécies arbóreas selecionadas em áreas próximas ao aterro (GYN = em Goiânia) e em área controle (GYN – Controle). — Ajuste para as parcelas próximas ao aterro e - - - - ajuste para áreas controles. Desvios representam os dados das 4 espécies em cada área e R^2 o coeficiente de determinação da análise de regressão. 92

Figura 5.15 – Análise de correlação canônica: diagramas de ordenação das espécies baseadas na abundância absoluta de 40 espécies com maior IVI nas parcelas estabelecidas em área adjacente ao aterro do Jockey Club de Brasília, e sua correlação com as sete variáveis ambientais do solo analisadas. 93

Figura 5.16 – Análise de correlação canônica: diagramas de ordenação das espécies baseadas na abundância absoluta de 40 espécies com maior IVI nas parcelas estabelecidas em área adjacente ao aterro do Sanitário de Goiânia, e sua correlação com as sete variáveis ambientais do solo analisadas. 94

Figura 5.17 – Análise de correlação canônica: diagramas de ordenação das espécies baseadas na abundância absoluta de 40 espécies com maior IVI nas parcelas estabelecidas em área adjacente ao aterro do Jockey Club de Brasília, e sua correlação com as sete variáveis ambientais da água subterrânea analisadas. 95

Figura 5.18 – Análise de correlação canônica: diagramas de ordenação das espécies baseadas na abundância absoluta de 40 espécies com maior IVI nas parcelas estabelecidas em área adjacente ao aterro Sanitário de Goiânia, e sua correlação com as sete variáveis ambientais da água subterrânea analisadas. 96

1 – INTRODUÇÃO

1.1 - APRESENTAÇÃO

As maiores metas desse século para a Organização Mundial de Saúde (OMS) ficaram concentradas na identificação, estimação, avaliação e gerenciamento de impactos ambientais, resultado da preocupação desses efeitos na saúde pública e na diminuição dos recursos naturais renováveis (OMS, 2002).

Afirmando essa preocupação, o governo brasileiro através de políticas públicas (Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional, 2002), apresentou no documento Agenda 21, a adoção de programas que visam a preservação do meio ambiente, especificamente no Capítulo 21, Seção II: “Manejo ambientalmente saudável dos resíduos sólidos...”.

Outro documento internacional, o Protocolo de Quioto, relatou a inquietação mundial com os efeitos dos depósitos de lixo, principalmente pela constante emissão de metano para a atmosfera, produzindo o aumento do efeito estufa e do aquecimento global (Kloss, 2000). O Kyoto Protocol and Greenhouse Gases (2000) trouxe metas e valoração para a diminuição da emissão de metano, através da redução dos resíduos sólidos domiciliares e conseqüentemente das áreas de seus depósitos.

Levantamentos realizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2003) confirmaram a falência do sistema público de saneamento básico em todas as esferas governamentais no Brasil. O país ainda não possui uma política nacional de gestão de resíduos sólidos que defina claramente o papel dos Estados, dos Municípios e das iniciativas privadas nas soluções de problemas como o tratamento, destinação final do lixo urbano e seu manejo ambiental.

Motivado com esses documentos, e observando grandes extensões de Cerrado nativo em áreas adjacentes aos aterros, foram realizados estudos pilotos (Santana e Imaña-Encinas, 2004; Santana *et al.*, 2005; Santana e Imaña-Encinas, 2005), que foi aludida à influência da distância do aterro para a contaminação do solo e da água do lençol freático (Santana e Imaña-Encinas, 2004; Santana e Imaña-Encinas, 2005), a interferência da contaminação nos parâmetros fitossociológicos das espécies arbóreas nativa de Cerrado (Santana *et al.*, 2005) e a reação de um agrupamento das espécies arbóreas nativas pelos elementos contaminantes do solo em áreas adjacentes aos aterros (Santana *et al.*, 2005).

Apesar de existir bastante informação sobre impactos ambientais proporcionados pelos depósitos de resíduos sólidos domiciliares, principalmente sobre o meio abiótico e elementos microbióticos, há uma carência de estudos sobre a influência dos depósitos de resíduos na composição e diversidade da flora e macrofauna nativa (Valle, 1995).

Além da quantificação da relação solo-água subterrânea e planta, esta Tese apresenta originalidade em outras esferas: nas análises de dados direfenciadas, com a utilização do modelo de redes neurais com esses tipos de dados; identificação de espécies exóticas e seu impacto sobre as espécies arbóreas nativas (contaminação biológica); e a apresentação de recomendações para o manejo da vegetação nas áreas adjacentes a depósitos de lixo.

O teor científico deste trabalho foi interpretar a comparação matemática e estatística entre áreas adjacentes aos depósitos de resíduos sólidos domiciliares com áreas controles, para dar validade ou não a hipótese estabelecida.

O presente trabalho está dividido em sete capítulos:

1 – Introdução

- a. Apresenta a disposição dos tópicos da tese;
- b. Mostra uma objetiva e concisa revisão de literatura;
- c. Apresenta a hipótese a ser testada e os objetivos a serem alcançados.

2 – Fitossociologia das espécies arbóreas nativas de Cerrado em áreas adjacentes a aterros e áreas controles

- a. Faz o levantamento da composição das espécies arbóreas nativas de Cerrado encontradas;
- b. Compara a diversidade e os parâmetros fitossociológicos das parcelas estabelecidas em áreas próximas aos aterros com as áreas controles.

3 – Levantamento das plantas exóticas arbóreas e seu impacto nas plantas nativas adjacentes a aterros sanitários e áreas controles

- a. Faz o levantamento da composição das espécies arbóreas exóticas encontradas;
- b. Analisa o impacto das espécies arbóreas exóticas nas espécies nativas amostradas.

4 – Caracterização e gradiente das concentrações químicas do solo e da água subterrânea adjacentes a aterros sanitários e sua comparação com áreas controles

- a. Quantifica a concentração de alguns elementos químicos do solo e da água subterrânea nas áreas estabelecidas;
- b. Analisa o gradiente das concentrações nas parcelas estabelecidas e faz comparação com áreas controles.

5 – Relação da vegetação com as variáveis abióticas do solo e da água subterrânea em duas áreas adjacentes a aterros, e sua comparação com áreas controles;

- a. Relaciona os valores obtidos das concentrações químicas no solo e na água subterrânea com os encontrados nos tecidos foliares de espécies arbóreas de Cerrado.

6 – Recomendações e propostas de manejo

- a. Recomenda e propõe manejo ambiental do solo e da vegetação.

7 – Considerações finais

1.2 – REVISÃO DE LITERATURA

1.2.1 – Resíduos sólidos e aterros sanitários

O conceito de resíduos sólidos e semi-sólidos segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é: “Resíduos nos estados sólido e semi-sólido resultam de atividades da comunidade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, e de serviços 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 técnicas e economicamente inviáveis em face de melhor tecnologia disponível.” (NBR 10.004 - ABNT, 1987).

Seguindo esse conceito se tem especificamente a definição de resíduo sólido doméstico ou domiciliar que é o formado pelos resíduos sólidos produzidos pelas atividades residenciais (NBR 13.463 - ABNT, 1995), que apresenta em torno de 60% de composição orgânica e o restante formado por embalagens plásticas, latas, vidros, papéis, metais, etc.

Na prática, junto com esses resíduos geralmente são encontrados resíduos definidos como sólidos urbanos, que incluem ao resíduo doméstico, o resíduo produzido em instalações públicas (parques, por exemplo), em instalações comerciais, bem como restos de construções e demolições (Programa de Pesquisa em Saneamento Básico, 2003; Abreu, 2001).

Esses dejetos domiciliares podem ser classificados em dois tipos: os resíduos orgânicos e os inorgânicos (NBR 13.463 - ABNT, 1995). Os resíduos orgânicos, na concepção técnica de lixo, devem ser vistos e analisados sob o prisma biológico, assim lixo orgânico é todo lixo que tem origem animal ou vegetal, ou seja, que recentemente fez parte de um ser vivo. Neles podem-se incluir restos de alimentos, folhas, sementes, restos de carne e ossos, papéis, madeira, etc (NBR 13.463 - ABNT, 1995).

Os resíduos inorgânicos incluem todo material que não possui origem biológica, ou que foram produzidos através de meios humanos, como plásticos, metais e ligas, vidro, etc. Considerando a conformação da natureza, os materiais inorgânicos são representados pelos minerais (NBR 13.463 - ABNT, 1995).

Conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2003), a cada ano a produção de lixo vem aumentando no Brasil. No Distrito Federal e em Goiânia a produção de resíduos sólidos na década de 70, para cada localidade, era de aproximadamente 100.000 toneladas de lixo por ano, sendo que hoje esta produção de lixo por ano chega a 750.000 toneladas (IBGE, 2004), representando cerca de 700% de acréscimo (Figura 1.1).

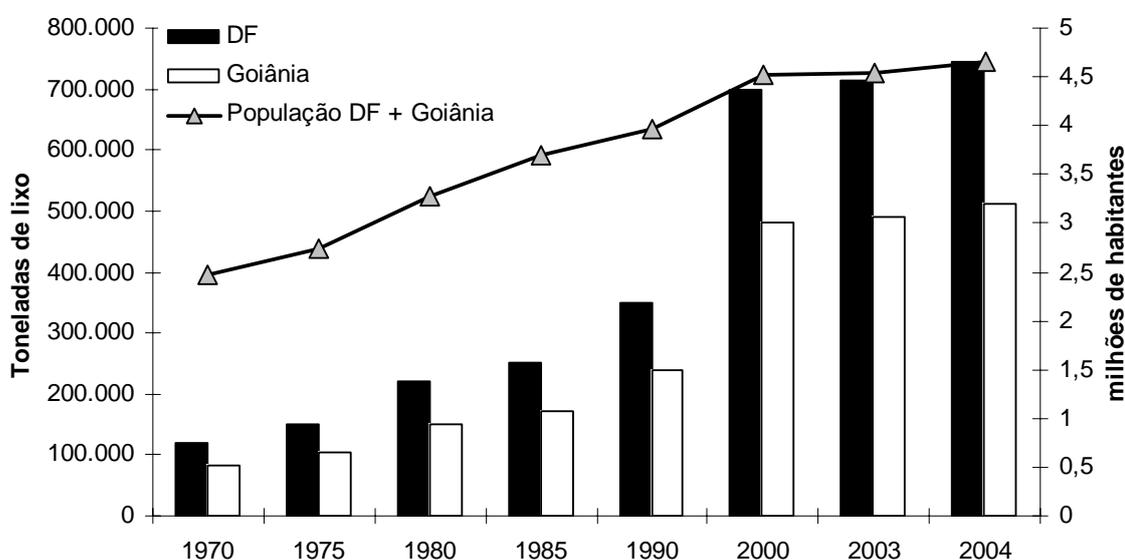


Figura 1.1 – Toneladas de lixo domiciliar produzido entre 1970 e 2004 no Distrito Federal (DF) e em Goiânia (GO), e correspondente crescimento populacional. Fonte: IBGE (2004).

A maior parte da composição desses lixos domiciliares que chegam nos aterros do Jockey Club em Brasília e do Aterro Sanitário em Goiânia (Tabela 1.1) são de matéria orgânica, cerca de 50%, seguido por papel e papelão, 30% (SLU/DF, 2004; Prefeitura de Goiânia, 2004).

Tabela 1.1 – Composição (%) do lixo domiciliar em Brasília/DF e em Goiânia/GO.

Material	% do peso	
	Brasília	Goiânia
Matéria orgânica putrescível	51,12	49,71
Papel, papelão	29,01	31,14
Metais ferrosos e não ferrosos	6,77	4,19
Trapo, couro, borracha	3,45	4,17
Plástico	2,83	1,97
Vidro, terra, pedra	4,67	3,99
Madeira	2,1	1,7
Outros	0,05	3,13
Total	100	100

Fonte: SLU/DF (2004) e Prefeitura de Goiânia (2004).

Apesar da maioria dos resíduos sólidos dos principais centros urbanos serem classificados como recicláveis (Tabela 1.2), ainda este processo não o é realizado, provavelmente pelo fato de não trazer retorno econômico, ou pelo fato da reciclagem de alguns resíduos como ferro, ocorrer de forma lenta e muito dispendiosa (Leeper, 2004).

Tabela 1.2 – Características dos componentes do resíduo urbano brasileiro.

Componentes	Borracha	Couro	Madeira	Matéria Orgânica	Metais ferrosos	Metais não ferrosos	Papel	Papelão	Plástico duro	Plástico Mole	Trapos	Vidro
Putrescível	X	X	X	X			X	X				
Reciclável	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Combustível	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X

Fonte: Leeper (2004).

Enquanto o lixo domiciliar não é destinado aos processos de sua reutilização, que seria por reciclagem e compostagem, ou até por sua incineração, a destinação final acaba sendo em grande parte nos lixões, nos aterros sanitários, nos aterros controlados e uma ínfima parte é destinado ao processo de tratamento: reciclagem, compostagem e incineração (Figura 1.2). A diferença destes depósitos de resíduos está praticamente no manejo dos chorumes (efluentes líquidos percolados), gases e odores provenientes do lixo (Sisinno, 2003).

Muitas vezes confunde-se o aterro sanitário com lixão ou aterro controlado. O lixão é uma forma inadequada de disposição final de resíduos sólidos que se caracteriza pela simples descarga sobre o solo, sem qualquer critério de engenharia, sem medidas de proteção ao meio ambiente ou à saúde (Trindade e Figueiredo, 1982). Os aterros

controlados têm o impacto visual amenizado e o controle de vetores de doenças amortizados, porém, a contaminação do solo por chorume permanece (Trindade e Figueiredo, 1982).

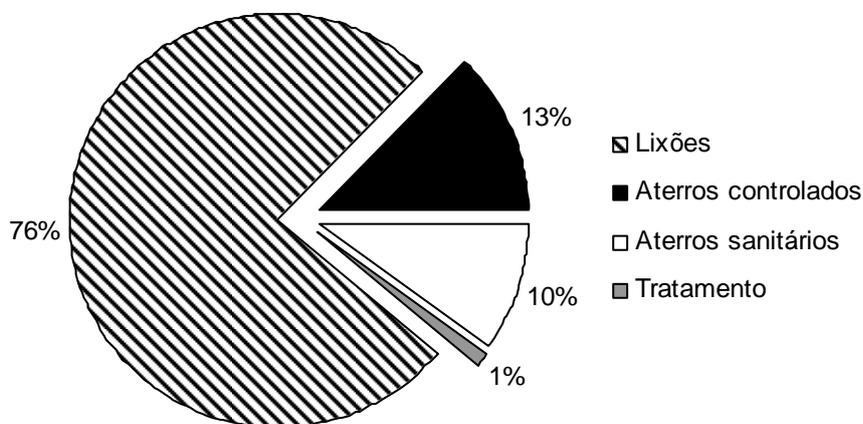


Figura 1.2 – Destinação do lixo domiciliar nos municípios brasileiros. Fonte: IBGE (2003).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) define da seguinte forma os aterros sanitários: "aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos, consiste na técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza os princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho ou à intervalos menores se for necessário" (NBR 5.681 - ABNT, 1980).

Segundo Leeper (2004), um aterro sanitário é definido como um depósito de resíduos sólidos urbanos, ou seja, adequado para a recepção de resíduos de origem doméstica, varrição de vias públicas e comércios, e também é comumente denominado de depósitos de resíduos domiciliares ou depósitos de lixo.

A base do aterro sanitário deve ser constituída por um sistema de drenagem de chorume por uma camada impermeável de polietileno de alta densidade, sobre a camada de solo compactado para evitar o vazamento de material líquido para o solo, evitando assim a contaminação do solo e das águas subterrâneas. O chorume deve ser tratado e recirculado ao aterro (Leeper, 2004; Sarsby, 1995).

Seu interior deve possuir um sistema de drenagem de gases que possibilite a coleta do biogás, que é constituído por metano, gás carbônico (CO₂) e água (vapor), entre outros, e é formado pela decomposição dos resíduos. Este efluente deve ser queimado ou beneficiado (ABES, 2003).

A cobertura de um aterro sanitário é constituída por um sistema de drenagem de águas pluviais, que não permita a infiltração de águas de chuva para o interior do aterro.

Um aterro sanitário deve também possuir um sistema de monitoramento ambiental (topográfico e hidrogeológico) e um pátio de estocagem de materiais. Para os que recebem resíduos de populações acima de 30 mil habitantes é desejável também que tenha um muro ou cerca limítrofe, sistema de controle de entrada de resíduos (balança rodoviária, por exemplo), guarita de entrada, prédio administrativo, oficina e borracharia (Sarsby, 1995).

Quando atinge o limite de capacidade de armazenagem, o aterro pode ser alvo de um processo de monitorização específico, e se reunidas as condições, pode albergar um espaço verde ou mesmo um parque de lazer, eliminando assim o efeito estético negativo (Trindade e Figueiredo, 1982).

Existem critérios de distância mínima de um aterro sanitário a um curso de água, uma região populosa e assim por diante. No Brasil, recomenda-se uma distância mínima de um aterro sanitário para um curso de água de 400m (NBR 5.681 - ABNT, 1980).

A operação segura envolve empilhar e compactar os resíduos sólidos e cobri-lo diariamente com uma camada de solo. A compactação tem como objetivo reduzir a área disponível prolongando a vida útil do aterro, ao mesmo tempo que o propicia a firmeza do terreno possibilitando seu uso futuro para outros fins. A cobertura diária do solo evita que os resíduos permaneçam a céu aberto, com possível contato com animais (pássaros e roedores, por exemplo) e sujeito a chuva. Isto também para diminuir a liberação de gases mal cheirosos, bem como a disseminação de doenças (Sarsby, 1995).

No início da operação do aterro, a deposição se processa sobre o fundo da célula (Sopé do talude, Figura 1.3) que deve estar preparado e impermeabilizado com camada de argila compactada. Caso seja utilizada a manta sintética sob a camada de argila, deve-se tomar cuidado para não danificá-la durante a operação (Trindade e Figueiredo, 1982).



Figura 1.3 – Deposição dos resíduos sólidos domiciliares na aterro. Fonte: Sarsby (1995).

O lixo deve ser espalhado em rampa, numa proporção de 1 na vertical para 3 na horizontal (Figura 1.4). O trator de esteira deve compactar o lixo com movimentos repetidos de baixo para cima de 3 a 5 vezes (Sarsby, 1995).



Figura 1.4 – Compactação e sentido da disposição dos resíduos sólidos domiciliares Fonte: Sarsby (1995).

No final de cada dia, esse novo monte de lixo deverá receber uma cobertura de terra espalhada em movimentos de baixo para cima, com uma camada de argila, de espessura de 20 cm (Figura 1.5), para se evitar a presença de vetores como, por exemplos: ratos, baratas e aves; e que o lixo se espalhe por ventanias. Uma vez esgotada a capacidade do aterro, procede-se a cobertura final com 60 cm de espessura sobre as superfícies que ficaram expostas (Leeper, 2004; Sarsby, 1995; Trindade e Figueiredo, 1982).

Segundo dados do Serviço de Limpeza Urbana (SLU/DF - 2004), o aterro do Jockey Club de Brasília recebe diariamente cerca de 1.800 toneladas de lixo domiciliar e urbano de todas as Regiões Administrativas do Distrito Federal, e o aterro sanitário de Goiânia cerca de 1.200 toneladas (Prefeitura de Goiânia, 2004). Caso essa produção de lixo seja mantida, a capacidade de armazenamento desses depósitos se esgotará inevitavelmente nos próximos 15 anos (Santana e Imaña-Encinas, 2004).

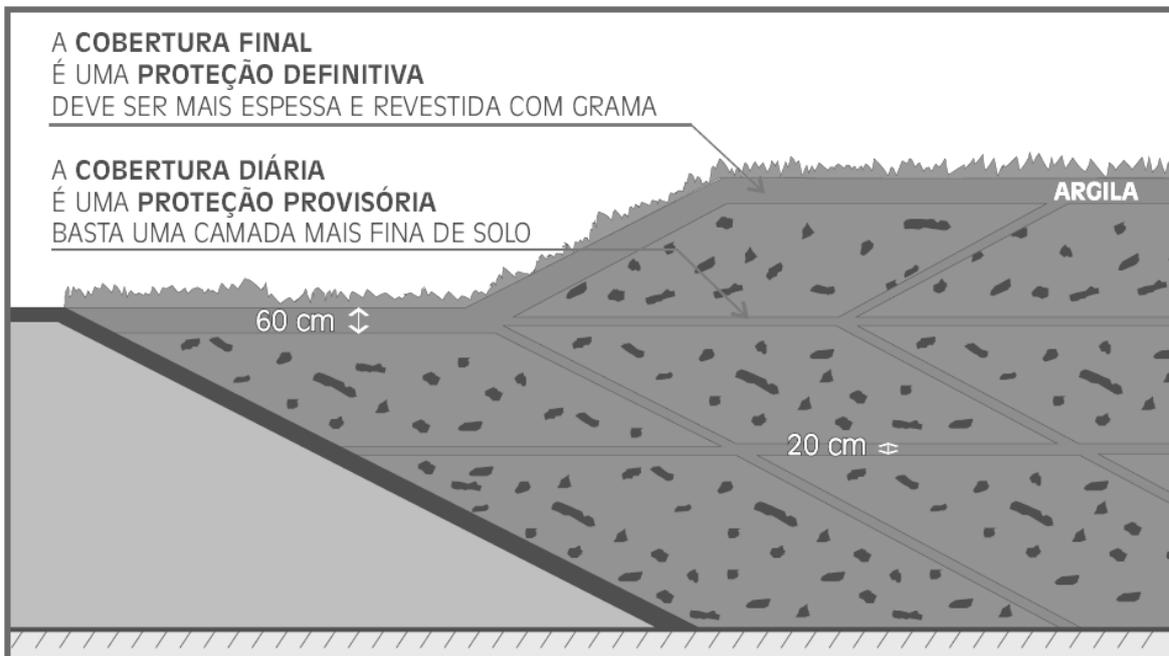


Figura 1.5 – Disposição dos resíduos sólidos nos aterros. Fonte: Sarsby (1995).

1.2.2 – Contaminação do solo e água subterrânea, e sua relação com a vegetação

A drenagem ineficiente das águas da chuva pode provocar maior infiltração na célula do aterro, aumentando o volume de chorume gerado (Figura 1.6). Por isso, evita-se ao máximo a entrada de chuva na área das células. Caso a drenagem interna e a impermeabilização da base sejam mal construídas e implementadas pode ocorrer à contaminação do solo e das águas subterrâneas (Capelo e Castro, 2005).

O tipo de solo característico das regiões de Cerrado são os latossolos vermelho-amarelo e latossolos vermelho-escuro, geralmente profundos, azonados, porosos, permeáveis, bem drenados e, por isto, intensamente lixiviados (Adamoli *et al.*, 1986). A capacidade de infiltração destes solos é aproximadamente de 32 cm/h (Leite *et al.*, 1994), por possuírem em média uma alta porosidade total, de aproximadamente $0,55 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ (Juhasz *et al.*, 2007).

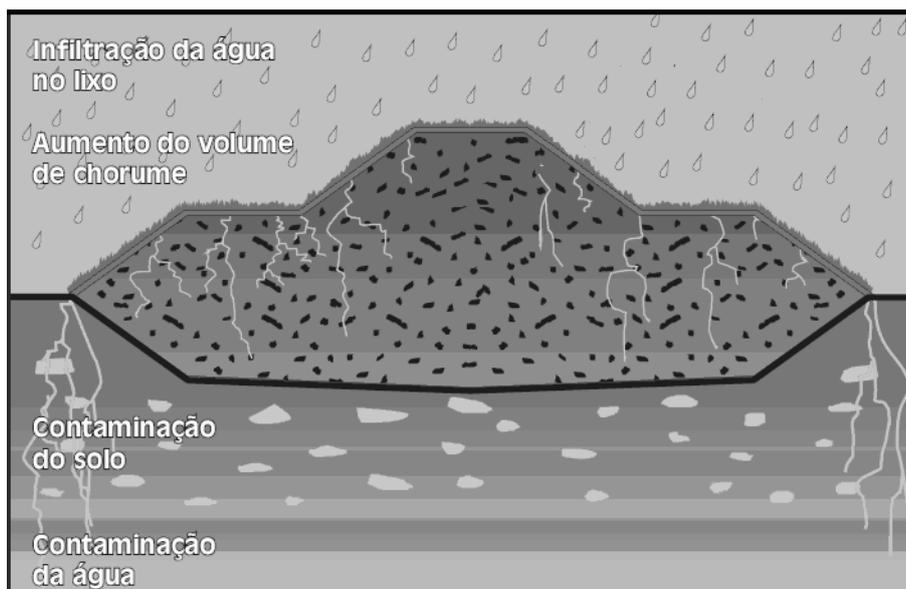


Figura 1.6 – Possíveis processos de contaminação do solo e água subterrânea.

Segundo Yen e Scanlon (1975), a propagação de algumas substâncias e elementos químicos a partir dos depósitos de lixo se dá devido a três motivos: i) lotação dos depósitos acima da capacidade de armazenamento à estocagem; ii) frágeis estruturas geotécnicas montadas para evitar a contaminação, ou por falta de tecnologia ou economia de custos de implantação; e iii) falta de um manejo ambiental adequado.

A conceituação de propagação e contaminação nos meios físicos e químicos não indica que sempre haverá um problema de saúde pública, ou no caso uma toxicidade para os seres vivos, e sim uma valoração dos resultados fora dos parâmetros estabelecidos nacional e internacionalmente dos valores de referência, por exemplo, para o solo (CETESB, 2005; Soil Survey Staff, 1993) ou para a água do lençol freático (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 1992).

Vários trabalhos confirmaram esta propagação ao redor de regiões de depósitos de lixo (Célere *et al.*, 2007; Lange *et al.*, 2006; Mannarino *et al.*, 2006; Sissinno, 2003; Rodrigues e Taioli, 2002), no solo e na água subterrânea, aparecendo valores de algumas substâncias e elementos químicos fora do padrão brasileiro permitido (Resolução CONAMA n°20/86; CETESB, 2005) e o estabelecido internacionalmente (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 1992; Soil Survey Staff, 1993).

Trindade e Figueiredo (1982) descreveram que os valores de referências estabelecidos tanto para águas superficiais e subterrâneas, e para o solo, seguem a preocupação diretamente humana de potabilidade e disposição de nutrientes para

monoculturas, e não uma descrição regional das concentrações dos elementos e substâncias químicas.

Os solos de Cerrado, por exemplo, naturalmente apresentam em algumas regiões um distrofismo e a grande variação de alguns elementos químicos como: Ca, Al e N, dentre outros, que podem estar acima ou abaixo de valores de referências sem ações antrópicas (Lilienfein *et al.*, 2001). Zar (1999) recomenda a utilização de amostras controles para comparação em estudos de variáveis ambientais de diferentes gradientes espaciais.

Além das variações abióticas, a contaminação em áreas adjacentes aos depósitos de resíduos domiciliares pode ocasionar alguns riscos ambientais para o solo e para água, provenientes dos constituintes dos chorumes, são eles: redução do oxigênio disponível para vegetação e microorganismos, salinização, eutrofização (aumento de nutrientes, e conseqüentemente de microorganismos), toxicidade aguda e crônica de alguns elementos químicos (Sisinno, 1993).

Valle (1995) observou que em regiões adjacentes aos depósitos de resíduos sólidos ocorriam mudanças na estrutura física e química do solo ao passar dos anos, além das modificações destas propriedades na água do lençol freático, e conseqüentemente alteração na biota. Na figura 1.7, observa-se o complexo modelo de todas as esferas que são afetadas pela contaminação direta e indireta do local de deposição do lixo.

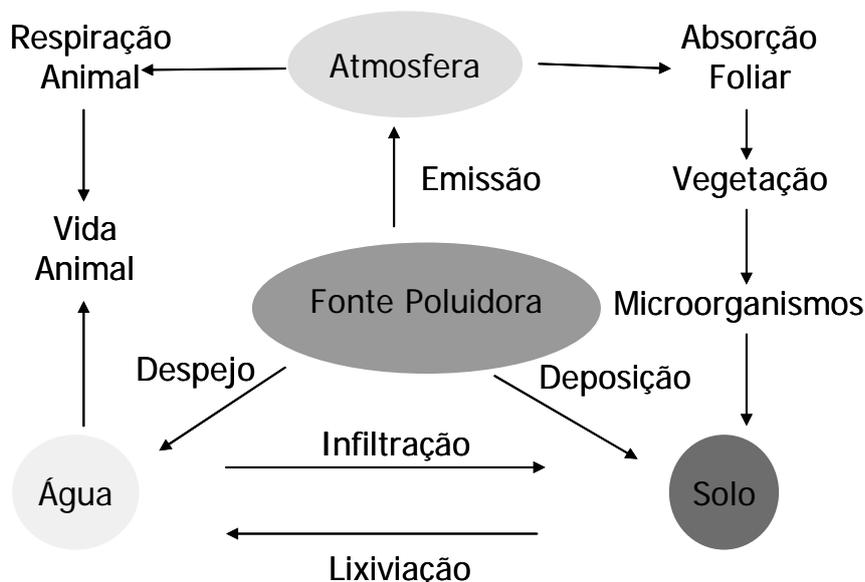


Figura 1.7 – Propagação dos efeitos da contaminação no meio físico e biota (adaptado de Valle, 1995).

No Brasil, aterros e lixões são normalmente construídos as margens das cidades em locais de baixo acesso público, tentando possivelmente mascarar os efeitos estéticos e

sanitários que poderiam causar para o projeto urbanístico e para a população, localizadas em áreas principalmente adjacentes a vegetação nativa (IBGE, 2004; Valle, 1995). Os aterros do Jockey Club de Brasília e Sanitário de Goiânia, por exemplo, possuem esta localização, em áreas adjacentes a extensões de Cerrado nativo.

Uma das marcantes características do Cerrado é sua biodiversidade, abrigando mais de 6.000 espécies vegetais em suas variadas fitofisionomias (Mendonça *et al.*, 1998), e a presença do aterro possivelmente poderia influenciar a vegetação nativa, principalmente pela modificação de estruturas do solo e da água subterrânea.

Bustamante *et al.* (2006) e Coradin *et al.* (2002), com estudos em áreas de Cerrado, observaram que deposição e aumento de disponibilidade de nutrientes causaram mudanças na abundância relativa de grupos funcionais de plantas, em particular de árvores e gramíneas.

Roon (2007) e Efroymsen *et al.* (2004) observaram que as plantas são bioacumuladoras e acompanham a mudança dos elementos químicos em seus substratos, e acumulando nutrientes e metais em seus tecidos vegetais.

O processo de eutrofização apresentado em áreas de solo mesotrófico e distrófico, implica no aumento da biomassa e área basal pelas espécies nativas de Cerrado, e isso de acordo com Coradin *et al.* (2002) e Haridasan (1992) leva ao aumento do IVI (índice de valor de importância) das espécies encontradas nas áreas alteradas.

Carvalho *et al.* (2005) observaram que com o gradiente de solo existe uma modificação significativa na distribuição arbórea, característica também verificada por Rocha (2005). Estes trabalhos descreveram que os parâmetros fitossociológicos e a dinâmica da vegetação ao longo de suas amostragens sofreram mudanças significativas estatisticamente.

Lilienfein *et al.* (2001) confirmaram o efeito do aumento da concentração de alguns nutrientes na vegetação arbórea de Cerrado, traduzindo no aumento da biomassa e da área basal das espécies arbóreas, ocasionando uma modificação no IVI da comunidade estudada. Janssens *et al.* (1998) observaram que a matéria orgânica e o pH eram fatores determinantes em solos mesotróficos de padrões de distribuição da vegetação.

Ter Braak (1992) descreveu que o agrupamento espécie-ambiente é comum, e que até baixos valores de suas relações não diminui o seu significado. Debski *et al.* (2000) sugeriram que a existência de gradientes das variáveis ambientais abióticas, além de mecanismos denso-dependentes, está relacionado com o IVI nas diversas espécies

arbóreas. Assim, a abundância das espécies pode refletir a adaptação às condições nutricionais locais.

Em áreas de vegetação nativa, as modificações no substratos somados a presença antrópica e o aparecimento de uma nova macrofauna associada, surgem registros de espécies vegetais não-nativas, espécies que possuem altas taxas de sobrevivência e de incremento de volume e área basal média anual (Blumenthal, 2005), impactando o sistema ecológico local.

1.3 – HIPÓTESE

A presença de aterros sanitários provoca um gradiente de contaminação no solo e na água subterrânea, em suas adjacências, influenciando os parâmetros fitossociológicos das espécies arbóreas de Cerrado, devido à significativa relação entre as variáveis ambientais com a vegetação.

1.4 – OBJETIVOS

1.4.1 – Geral

1) Avaliar a influência de aterros sanitários no solo, na água subterrânea, e conseqüentemente nos parâmetros fitossociológicos das espécies arbóreas de Cerrado, nas áreas adjacentes e comparar com áreas controles.

1.4.2 – Específicos

Os objetivos específicos para áreas adjacentes a aterros sanitários e sua comparação com áreas controles foram:

1) Realizar o levantamento da composição das espécies arbóreas nativas de Cerrado, e quantificar seus parâmetros fitossociológicos;

2) Realizar o levantamento das espécies arbóreas exóticas e quantificar seu impacto nas espécies arbóreas nativas adjacentes;

- 3) Caracterizar o gradiente das concentrações químicas do solo e da água subterrânea;
- 4) Relacionar a vegetação com as variáveis abióticas do solo e da água subterrânea;
- 5) Recomendar e propor a introdução de espécies nativas de Cerrado e o monitoramento de plantas exóticas para amortização dos efeitos provocados pelos aterros sanitários no solo.

1.5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DO CAPÍTULO 1

- Adamoli, J.; Macedo, J.; Azevedo, L.G.; Madeira Neto, J. (1986) Caracterização da região dos Cerrados. In: Goedert, W.J. (ed.). *Solos dos Cerrados: tecnologia e estratégia de manejo*. São Paulo, Editora Nobel, p. 33-74.
- Associação Brasileira de Engenharia Sanitária – ABES (2003) *Digestão de resíduos sólidos orgânicos e aproveitamento de biogás*. Vitória, ABES: 196 p.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (1995). *Coleta de resíduos sólidos: Classificação*. NBR 13463. Rio de Janeiro, ABNT: 2 p.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (1987). *Resíduos sólidos: Classificação*. NBR 10004. Rio de Janeiro, ABNT: 63 p.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (1980). *Controle tecnológico da execução de aterros em obras de edificações*. NBR 5.681. Rio de Janeiro, ABNT: 3 p.
- Abreu, M. de F. (2001) *Do lixo à cidadania: estratégias para ação*. Brasília: Caixa Econômica Federal: 94 p.
- Blumenthal, D. (2005) Interrelated causes of plant invasion. *Science* 310: 243–244.
- Bustamante, M. M. C.; Medina, E.; Asner, G. P.; Nardoto, G. B.; Garcia-Montiel, D. C. (2006) Nitrogen cycling in tropical and temperate savannas. *Biogeochemistry*, 79(1-2): pp. 209-237.
- Capelo Neto, J. e Castro, M. A. H. de (2005) Simulação e avaliação do desempenho hidrológico da drenagem horizontal de percolado em aterro sanitário. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 10(3): pp.229-235.
- Carvalho, D. A.; Oliveira Filho, A. T.; Vilela, E. (2005) Distribution of tree and shrub species along a gradient of soils and topography in a strip of riparian forest of the São

- Francisco river in Três Marias, MG, Brazil. *Revista brasileira de Botânica*, 28 (2): pp. 329-345.
- Celere, M. S.; Oliveira, A. da S.; Trevilato, T. M. B. (2007) Metals in landfill leachate in Ribeirão Preto, São Paulo State, Brazil, and its relevance for public health. *Caderno de Saúde Pública*, 23(4): pp. 939-947.
- Comissão de políticas de desenvolvimento sustentável e da Agenda 21 Nacional. (2002) *Agenda 21 brasileira: Ações prioritárias*. Brasília, Ministério do Meio Ambiente: 138 p.
- Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental – CETESB (2005). Decisão de Diretoria Nº 195-2005-E. Anexo único. *Valores Orientadores para solos e águas subterrâneas no Estado de São Paulo*. Disponível em: <[http:// www.cetesb.org.br](http://www.cetesb.org.br)>. Acesso em: 01 de agosto de 2006.
- Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). Resolução Federal nº 20 de 18.06.86.
- Coradin, V. T. R.; Haridasan, M.; Souza, M. R.; Silva, M. E. F.; Pereira, M. S. (2002) Influência da calagem e da adubação no crescimento de duas espécies lenhosas do Cerrado. *Brasil Florestal*, 74: pp. 53-60.
- Debski, I.; Burslem, D. F. R. P.; Lamb, D. (2000) Ecological processes maintaining differential tree species distributions in an Australian subtropical rain forest: implications for models of species coexistence. *Journal of Tropical Ecology*, 16: pp. 387-415.
- Efroymsen, R. A.; Sample, B. E.; Suter II, G. W. (2004) Bioaccumulation of Inorganic Chemicals from Soil by Plants: Spiked Soils vs. Field Contamination or Background. *Human and Ecological Risk Assessment*, 10(6): pp. 1117-1128.
- Kloss, E. C. (2000) *Arena e os atores na negociação e aprovação do Protocolo de Quioto*. Brasília, UnB: 130 p.
- Kyoto Protocol and Greenhouse Gases (2000) Disponível em: <<http://vitalgraphics.grida.no/kyoto/>>. Acesso em: 04 de julho de 2006.
- Haridasan, M. (1992) Observations on soils, foliar nutrient concentrations and floristic composition of Cerrado and cerradão communities in central Brazil. In: Proctor, J.; Ratter, J. A. e Furley, P. A. (Ed.) *The Nature and Dynamics of forest-savanna boundaries*. Londres, Chapman e Hall: p. 171-184.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2003) *Estatísticas do século XX*. Rio de Janeiro: IBGE, 2003. CD-ROM.

- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2004). Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 03 de julho de 2005.
- Janssens, F.; Peeters, A.; Tallowin, J. R. B. ; Bakker, J.P., Bekker, R.M.; Fillat, F.; Oomes, M.J.M. (1998) Relationship between soil chemical factors and grassland diversity. *Plant and Soil*, 202 (1): pp. 69–78.
- Juhasz, C. E. P.; Cooper, M.; Cursi, P. R. (2007) Savanna woodland soil micromorphology related to water retention. *Scientia agricola*, 64(4): pp. 344-354.
- Lange, L. C.; Alves, J. F.; Amaral, M. C. S. (2006) Sanitary landfill leachate treatment by Fenton oxidation. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 11(2), pp. 175-183.
- Leeper, A. (2004) Landfill: Refuse and refuse disposal. Heinemann, Library: 24 p.
- Leite, L. L. ; Martins, C. R. ; Haridasan, M. (1994) Efeitos da descompactação e adubação na revegetação espontânea de uma cascalheira no Parque Nacional de Brasília. In: II Simpósio Nacional sobre Recuperação de Áreas Degradadas, 1994, Foz do Iguaçu-PR. Curitiba: FUPEF, pp. 527-534.
- Lilienfein, J.; Wilcke, W; Zimmermann, R; Gerstberger, P.; Araújo, G e Zech, Wolfgang. (2001) Nutrient storage in soil and biomass of native Brazilian Cerrado. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 164: pp. 487-495.
- Mannarino, C. F.; Ferreira, J. A.; Campos, J. C. (2006) Landfill leachate treatment using wetlands: experiences in Pirai municipality solid waste landfill and Gramacho metropolitan solid waste landfill. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 11(2): pp. 108-112.
- Mendonça, R.C.; Felfili, J.M.; Walter, B.M.; Silva Júnior, M.C.; Rezende, A.V.; Filgueiras, T.S.; Nogueira, P.E. Flora vascular do Cerrado. (1998) In: Sano, S.M.; Almeida, S.P. (Coords.). Cerrado: ambiente e flora. Planaltina, DF: EMBRAPA, pp.47-86.
- Organizacion Mundial del Salud – OMS (2002) *Acuerdos de la OMC y la salud publica: Un estudio conjunto de la oms y la secretaria de la OMC (los)*. Geneva, 195 p.
- Prefeitura de Goiânia (2004) Disponível em: <www.goiania.go.gov.br>. Acesso em: 03 de julho de 2004.
- Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (2003). *Resíduos sólidos urbanos: aterro sustentável para municípios de pequeno porte*. Florianópolis: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 280 p.

- Rocha, A. T., da. Fracionamento do fósforo e avaliação de extratores do P-disponível em solos da Ilha de Fernando de Noronha. (2005) *Revista Brasileira de Engenharia agrícola e ambiental*, 9(2): pp.178-184.
- Roon, M. (2007) Water localization and reclamation: Steps towards low impact urban design and development. *Journal of Environmental Management*, 83(4): pp. 437-448.
- Sarsby, R. W. (1995) *Waste disposal by landfill*. Rotterdam: A A Balkema, 692 p.
- Santana, O. A.; Imaña-Encinas, J.; Couto Júnior, A. F. (2005) Influencia del Basural de la ciudad de Goiânia sobre la Diversidad florística arborea de la Savana brasileira. In: CD-ROM: 3^{er}. *Congresso Florestal Argentino y Latinoamericano*, Corrientes.
- Santana, O. A. e Imaña-Encinas, J. (2005) Urban landfills and their effects on groundwater in Brazilian savanna. In: CD-ROM: *The international congress on environmental challenges of urbanization*. Brasília.
- Santana, O. A. e Imaña-Encinas, J. (2004) Modelo espacial de contaminação do solo e do lençol freático do aterro do Jockey Club para o Parque Nacional de Brasília. Brasília – DF. In: Pejon, O. J. e Zuquette, L. V. *Cartografia Geotécnica e Geoambiental (Conhecimento do Meio Físico: Base para a Sustentabilidade)* pp. 453-460.
- Sisinno, C. L. S. (2003) Disposição em aterros controlados de resíduos sólidos industriais não-inertes: avaliação dos componentes tóxicos e implicações para o ambiente e para a saúde humana. *Caderno de Saúde Pública*, 19(2), pp.369-374.
- Serviço de Limpeza Urbana – SLU/DF (2004). Disponível em: <www.slu.df.gov.br>. Acesso em: 03 de julho de 2004.
- Soil Survey Staff (1993). Soil Survey Manual U.S. Dep. Agric. Handb. 18. U.S. Gov. Print. Office, Washington, D.C. Disponível em: <<http://soils.usda.gov/procedures/ssm/main.htm>>. Acesso em: 03 de julho de 2005.
- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (1992) American Water Works Association, Disponível em: <<http://awwa.org>>. Acesso em: 03 de julho de 2005.
- Ter Braak, C. J. F. (1992) Permutation versus bootstrap significance tests in multiple regression and ANOVA. pp. 79-86. In: Jöckel, K.-H.; Rothe, G.; Sandler, W. (Eds.). *Bootstrapping and related techniques*. Springer-Verlag, Berlin.
- Trindade, O. S.; Figueiredo, M. A. R. de. (1982) *Aterro sanitário: Aspectos estruturais e ambientais*. Porto alegre: Pallotti, 1982. 93 p.
- Rodrigues, C. L. e Taioli, F. (2002) Contamination potential of the Ilhabela (SP) landfill. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 74(3): pp.547-547.

- Valle, C. E. (1995) *Qualidade Ambiental. O desafio de ser competitivo protegendo o meio ambiente*. São Paulo, Livraria Pioneira Editora 195p.
- Yen, B.C e Scanlon, B. (1975) “Sanitary Landfill Settlement Rates”. *Journal of the Geotechnical Engineering Division*, 101(5): pp.475-487.
- Zar, J. H.(1999) *Biostatistical analysis*. 4th ed. New Jersey: Prentice Hall. 123 p.

2 – FITOSSOCIOLOGIA DAS ESPÉCIES ARBÓREAS NATIVAS DE CERRADO EM ÁREAS ADJACENTES A ATERROS E ÁREAS CONTROLES

2.1 – INTRODUÇÃO

A população mundial não pára de crescer. Atualmente, existem no mundo mais de 6,2 bilhões de pessoas e mais de 170 milhões de brasileiros (UN, 2006). Com um aumento médio anual de 2,8%, na próxima década a população mundial será maior do que 7 bilhões de pessoas.

A produção de lixo está diretamente associada ao crescimento populacional e a um excessivo consumo de produtos manufaturados, resultante do modelo de desenvolvimento industrial mundial que está em curso (Kiperstock, 2002). Em consequência, a disposição final dos resíduos sólidos nos principais centros urbanos do planeta tornou-se um problema social, de saúde pública e também ambiental (Klumpp *et al.*, 2001).

Trindade e Figueiredo (1982) observaram que ao passar dos anos em regiões adjacentes a aterros sanitários e depósitos de lixo, uma mudança na estrutura física e química do solo foi produzida, fenômeno também observado por Santana e Imaña-Encinas (2004), inclusive detectando mudanças nas propriedades do lençol freático, o que em conjunto, ocasionavam alteração na flora nativa.

A deposição de nutrientes, resultado de áreas adjacentes a aterros, particularmente de nitrogênio e fósforo (Coradin *et al.* 2002; Bustamante *et al.* 2006; Nardoto *et al.* 2006), em áreas de Cerrado, causam evidentes mudanças na abundância relativa de grupos funcionais de plantas, particularmente em árvores.

O Cerrado brasileiro apresenta a maior riqueza florística entre as savanas mundiais (Klink e Moreira, 2002), sendo reconhecido internacionalmente como área prioritária para a conservação da biodiversidade do planeta (Mittermeier *et al.*, 1999). No Cerrado *strictu sensu* ocorrem aproximadamente 230 a 250 espécies de plantas vasculares em 1 ha (Silberbauer-Gottsberger e Eiten, 1983). A distribuição das espécies no Cerrado ocorre em mosaicos, geralmente com combinações de menos de 100 espécies lenhosas por hectare, com poucas espécies dominantes (cerca de vinte) e as demais raras (Líbano e Felfili, 2006), sendo que espécies abundantes em uma área podem ser raras ou ausentes em outras (Ratter e Dargie, 1992).

Estudos florísticos, fitossociológico e fitogeográficos têm sido de extrema importância para avaliar a diversidade das áreas e entre áreas de Cerrado *strictu sensu*, abordando variações em escala espacial como foi demonstrado nos trabalhos de Neri *et al.* (2007), Balduino *et al.* (2005), Saporetti Jr. *et al.* (2003), Teixeira *et al.* (2004), Assunção e Felfili (2004), Fonseca e Silva Jr. (2004), Andrade *et al.* (2002), Felfili *et al.* (2002). A densidade da vegetação foi indicada como o fator mais importante para a diferenciação entre as próprias áreas de Cerrado *strictu sensu*, portanto é um fator importante a ser considerado para a tomada de decisões quanto a estratégias para a proteção das populações e comunidades vegetais.

Levando em consideração a enorme biodiversidade do Cerrado e as grandes extensões de Cerrado em áreas adjacentes aos depósitos de lixo (Santana e Imaña-Encinas, 2005), os objetivos deste capítulo foram em uma área adjacente ao aterro do Jockey Club de Brasília, outra do Aterro Sanitário de Goiânia, e em duas áreas controles: i) realizar o levantamento florístico da composição das espécies arbóreas nativas de Cerrado; ii) calcular os parâmetros fitossociológicos, e índices de diversidade e de similaridades; e iii) fazer uma análise comparativa entre as áreas de estudo.

2.2 – MATERIAIS E MÉTODOS

2.2.1 – Áreas de estudo

Duas áreas próximas a depósitos de resíduos domiciliares (aterros) foram escolhidas por estarem cobertas com vegetação nativa: uma no Parque Nacional de Brasília, próxima a 15 m, do aterro do Jockey Club de Brasília ($15^{\circ}45'56.56''S$ e $47^{\circ}59'55.25''W$ SAD 69), denominada BSB – Figura 2.1; e uma outra também a 15 m do aterro Sanitário de Goiânia ($16^{\circ}39'09.77''S$ e $49^{\circ}23'37.08''W$ SAD 69), denominada GYN – Figura 2.2, localizada na Chácara São Joaquim. Para a amostragem controle outras duas áreas foram estabelecidas: uma no próprio Parque Nacional de Brasília, distante 15 km do aterro (BSB – Controle: $15^{\circ}38'11.45''S$ e $48^{\circ}01'55.61''W$ SAD 69) – Figura 2.3; e uma outra em Goiânia na área do Campus II da Universidade Católica de Goiás (GYN – Controle: $16^{\circ}37'48.29''S$ e $49^{\circ}12'46.48''W$ SAD 69), distante também aproximadamente a 15 km do aterro – Figura 2.4.



Figura 2.1 – Aterro do Jockey Club de Brasília limítrofe ao Parque Nacional de Brasília (BSB). Fonte: Google Earth (2007).



Figura 2.2 – Aterro Sanitário de Goiânia (GYN). Fonte: Google Earth (2007).

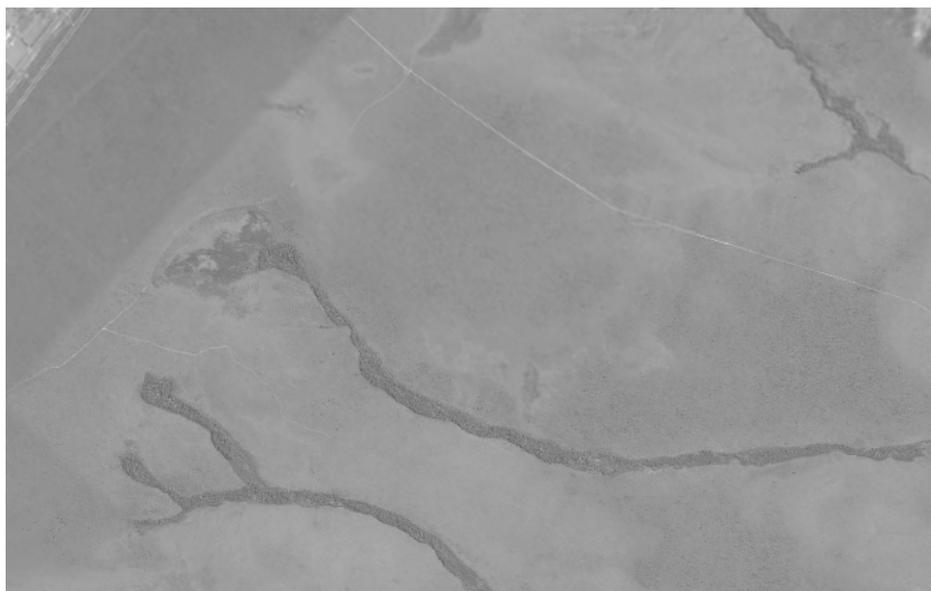


Figura 2.3 – Área Controle situada no Parque Nacional de Brasília (BSB – Controle). Fonte: Google Earth (2007).



Figura 2.4 – Área Controle situada no Campus II da Universidade Católica de Goiás (GYN – Controle). Fonte: Google Earth (2007).

O aterro do Jockey Club de Brasília foi criado e implementado a 35 anos e atualmente recebe cerca de 1.800 toneladas diariamente (SEDUH, 2007). O aterro Sanitário de Goiânia entrou em funcionamento em 1983 e atualmente recebe por dia cerca de 1.200 toneladas (Prefeitura de Goiânia, 2007).

As áreas escolhidas ficam na região Centro-Oeste com o clima Aw em Brasília e Cwa em Goiânia de acordo com a classificação de Köppen. A pluviosidade anual e temperatura média anual são de 1.440 mm e 22°C, respectivamente para as duas áreas.

Duas estações são definidas para estes climas: úmida e chuvosa, de outubro a março, e seca, de abril a setembro.

As altitudes das áreas de amostragem foram: BSB 797 m; BSB – Controle 838 m; GYN 1115 m e GYN – Controle 1150 m. As declividades das parcelas nas áreas amostradas não ultrapassam a 15%, correspondentes a um relevo suave ondulado.

Os solos nas regiões estudadas tanto em Goiânia como em Brasília foram classificados de Latossolos vermelho-escuro, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (Embrapa, 1999; Santos *et al.*, 2003).

A classe textural da análise granulométrica das duas áreas estabelecidas foram classificadas como argilosa, com valores aproximados de 380 g kg⁻¹ para argila, 182 g kg⁻¹ para silte e 438 g kg⁻¹ para areia, com diâmetro médio ponderado de 2,81 mm, apresentando alta taxa de infiltração hídrica, cerca de 90 cm h⁻¹ (Santana e Imaña-Encinas, 2004).

As quatro áreas amostradas estão cobertas com vegetação típica de Cerrado *strictu sensu*, conforme classificação fitofisionômica de Eiten (2001). Os critérios para escolha das áreas controles foram: i) o mesmo tipo de solo, e ii) a densidade arbórea da vegetação nativa aproximadamente as áreas próximas aos depósitos de lixo.

2.2.2 – Plano geral de amostragem da vegetação

Nos aterros estudados e nas áreas controles foram estabelecidas três parcelas de 25 x 500 m de comprimento que foram divididas em dez subparcelas de 25 x 50 m, onde foram coletados os dados de vegetação (Figura 2.1). O espaçamento entre as parcelas foi de 75 m. Cada subparcela foi denominada com um número, e o mesmo procedimento foi realizado para a área controle onde a parte inicial das parcelas foi determinada de forma aleatória.

O levantamento da composição das espécies nativas foi realizado em todos os indivíduos arbóreos com diâmetro maior que 5 cm a 30 cm do solo (Chapman, 1977) localizados nas parcelas estabelecidas em áreas adjacentes de cada aterro e nas áreas determinadas para o controle (Figura 2.5). As espécies arbóreas nativas foram identificadas e seus diâmetros mensurados, com fita métrica (circunferência) e a altura medida com hipsômetro de Haga. A identificação foi feita pelo método de comparação de exsicatas (Breyer e Tsuboi, 1996) no Herbário UB e IBGE. Quando não se obteve a identificação, o material fora enviado a um especialista taxonômico. Os indivíduos arbóreos foram

identificados por espécies, gênero e família pelo sistema APG II (Angiosperm Phylogeny Group II, 2003).

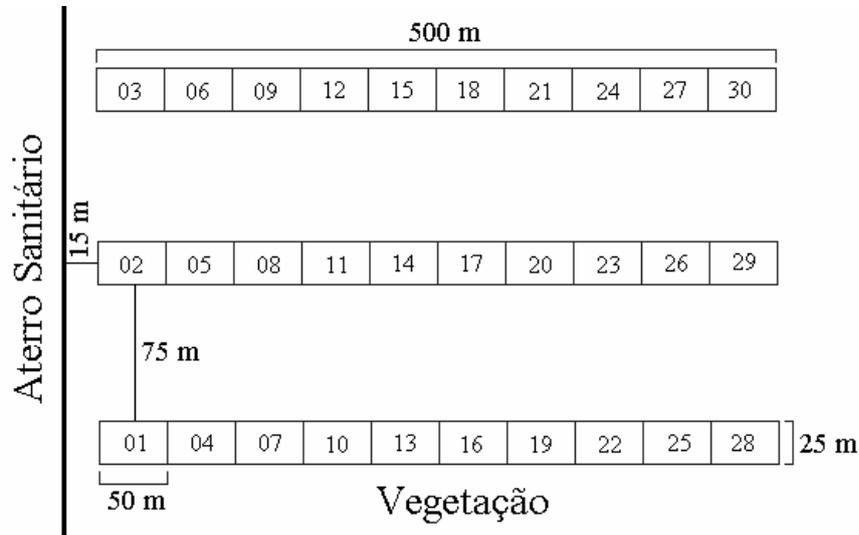


Figura 2.5 – Esquema de distribuição das parcelas e subparcelas (1 a 30) de amostragem dos dados próximos aos aterros e áreas controles. Adaptado de (Carter, 1993 e Marguran, 1988).

2.2.3 – Parâmetros Fitossociológicos

Os parâmetros fitossociológicos foram calculados segundo Mueller-Dumbois e Elleberg (2002), conforme as seguintes equações:

$$DA_i p = \frac{n_i}{A}$$

$$ABm_i = \frac{AB_i}{n_i}$$

$$D_{TA} = \frac{N}{A}$$

$$IVI = DR_i + FR_i + DoR_i$$

$$DR_i = \left(\frac{n_i}{N} \right) \cdot 100$$

$$FR_i = \left(\frac{FA_i}{FA_r} \right) \cdot 100$$

$$FA_i = \left(\frac{p_i}{PT} \right) \cdot 100$$

$$DoA_r = \frac{AB_r}{A} DR_i q$$

$$FA_r = \sum FA_i$$

$$AB_i = \sum AB_i$$

$$AB_i = \left(\frac{\pi \cdot DB}{4} \right)$$

$$DoA_i = DA_i \cdot ABm_i$$

$$AB_r = \sum AB_i$$

$$DoR_i = \left(\frac{AB_i}{AB_r} \right) \cdot 100$$

Sendo:

N = Número total de indivíduos amostrados, independentes da espécie;

A = área amostrada (ha);

DA_i = densidade absoluta da espécie “i”, ou seja, é o número de indivíduos de uma dada espécie, por unidade de área (ind/ha);

DR_i = densidade absoluta da espécie “i”, ou seja, expressa a relação (%) entre o número de indivíduos de uma determinada espécie e o número total de indivíduos amostrados;

D_{TA} = densidade absoluta total ou densidade total por área. Estima o número total de indivíduos, por unidade de área, independente da espécie (nº de indivíduos/ha).

n_i = número de indivíduos amostrados da espécie “i”;

FA_i = freqüência absoluta da espécie “i”. É a porcentagem de unidades de amostragem em que a espécie “i” ocorreu, em relação ao total de unidades amostradas;

FA_T = freqüência absoluta total (soma das freqüências absolutas de todas as espécies amostradas);

p_i = número de unidades de amostragem com a presença da espécie “i”;

PT = número total de unidades de amostragem;

FR_i = freqüência relativa da espécie “i”, ou seja, expressada em porcentagem, é a relação entre a freqüência absoluta da espécie “i” e as freqüências absolutas de todas as espécies amostradas;

DoA_i = dominância absoluta da espécie “i”. Dá a taxa de ocupação do ambiente pelos indivíduos da espécie “i”, por unidade de área (m^2/ha);

DoR_i = dominância relativa da espécie “i”, expressada em porcentagem, ou seja, a área ocupada pelos indivíduos da espécie “i”, em relação à área total ocupada pelos indivíduos de todas as espécies;

Do_{TA} = dominância absoluta total, ou seja, estima o total de área ocupada pela vegetação por unidade de área (m^2/ha);

AB_T = área basal total de todas as espécies amostradas (m^2);

AB_i = área basal de um indivíduo da espécie “i” (m^2);

DB = diâmetro da planta a uma altura de aproximadamente 20 cm do solo;

π = 3,1416 (constante);

ABm_i = área basal média da espécie “i” (m^2);

IVI_i = Índice do valor de importância da espécie “i” (%).

2.2.4 – Índices de Diversidade

Para a avaliação da diversidade da composição das espécies da comunidade foram utilizados os índices de diversidade de Simpson e Shannon (Margurran, 1988), calculados pelo programa MSVP versão 2.1 (Kovach, 1993), segundo as seguintes equações:

$$\text{Shannon (H')} \quad H' = -\sum P_i \cdot \ln P_i \quad P_i = \frac{n_i}{N}$$

$$\text{Simpson (S')} \quad S' = 1 - D \quad D = \sum \frac{n_i \cdot (n_i - 1)}{N \cdot (N - 1)}$$

P_i = proporção de cada espécie em relação ao total de indivíduos;

n_i = número de indivíduos da espécie “i”;

N = número total de indivíduos;

\ln = logaritmo neperiano.

2.2.5 – Índices de Similaridade

Utilizou-se o índice de similaridade de Sørensen para a análise que considerou a presença e a ausência das espécies, e o índice de Morisita para identificar o número de indivíduos por espécie nas subparcelas (Margurran, 1988), segundo as seguintes equações:

$$\text{Sørensen} \quad S_s = \frac{2 \cdot c}{a + b}$$

sendo: a é o número de espécies comuns na área próxima do aterro e na área controle tomados para a comparação, b é o número de espécies exclusivas registrados na área próxima do aterro e c é o número de espécies exclusivas registrados na área controle.

$$\text{Morisita} \quad C_{m_H} = 2 \frac{\sum (a n_i \cdot b n_i)}{\sum (a n_i^2 \cdot b n_i^2)} + \sum \left(\frac{b n_i^2}{b N^2} \right) \cdot a N \cdot b N$$

sendo: $a n_i$ é o número de indivíduos da espécie i registrados na área próxima do aterro, $b n_i$ é o número de indivíduos da espécie i registrados na área controle, $a N$ é o total de indivíduos registrados na área próxima do aterro e $b N$ é o total de indivíduos registrados na área controle.

Os resultados dos índices variaram de zero a um, onde um significa duas parcelas totalmente similares, e o zero significa que não há espécies em comum entre as parcelas comparadas.

Foi elaborada a classificação por UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic mean) a fim de obter um dendrograma, baseado na média aritmética dos índices de similaridade, visando as hierarquias entre os grupos formados. Em geral, os índices de similaridade maiores do que 0,5 serão considerados altos (Kent e Coker, 1992). O programa FITOPAC (Shepherd, 1987) foi utilizado para as análises de similaridade.

2.2.6 – Análises Matemáticas e Estatísticas

O desenho da curva de incremento de espécies (curva espécie-área) nas subparcelas amostradas foi realizado a partir da primeira subparcela considerando o número de espécies encontrado. A esse valor foram acrescentadas novas espécies de cada subparcela amostrada sequencialmente. Foi utilizada a equação $y = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln(x) + \varepsilon$. Para suficiência amostral (Colwell e Coddington, 1994) determinou-se o cálculo dos coeficientes (β_0 e β_1) e os parâmetros da equação (R^2 = coeficiente de determinação, ε = Erro do ajuste e p = nível de significância).

O ajuste do número de indivíduos arbóreos presentes nas parcelas por centro de classe de diâmetro, e os parâmetros da equação foram calculados pela equação de Meyer (1952) $Y_j = e^{\beta_0 + \beta_1 \cdot D_j} + \varepsilon$, sendo Y_j o estimador do número de árvores por hectare na j -ésima classe diamétrica; β_0 e β_1 , os coeficientes da equação; D_j , o diâmetro correspondente ao centro da j -ésima classe diamétrica; e e , a constante dos logaritmos neperianos. Os ajustes foram calculados pelo programa Statistica 5.0.

O teste estatístico não-paramétrico Kruskal-Wallis foi utilizado para comparação dos índices de diversidade, em cada área, entre as subparcelas, com nível de significância de 5% (Zar, 1999).

2.3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

A densidade dos indivíduos arbóreos por hectare encontrados nas áreas estudadas foram de 475 e 556 ind/ha, para áreas mais próximas e mais distantes do aterro do Jockey Club de Brasília; e 449 e 505 ind/ha para áreas mais próximas do aterro sanitário de Goiânia e para área controle em Goiânia.

O número de espécies encontradas nas áreas de estudo dos aterros foram de 70 em Brasília e 73 em Goiânia (Tabela 2.1; 2.2; 2.3), bem próximos aos números encontrados

nas respectivas áreas controle 71 e 61 (Tabela 2.4; 2.5), e presentes na literatura em levantamentos fitossociológicos, na mesma fitofisionomia estudada e com metodologias de coleta de dados individual da vegetação semelhantes ao utilizado nesse trabalho.

Tabela 2.1 – Número de espécies e famílias encontradas em áreas de Cerrado *strictu sensu* neste estudo e na literatura.

Fonte	Espécies	Famílias	
Salles e Schiavini, 2007	63	32	
Balduino <i>et al.</i> , 2005	73	38	
Fiedler <i>et al.</i> , 2004	46	23	
Saporetti Jr. <i>et al.</i> , 2003	85	44	
Felfili <i>et al.</i> , 2002	80	34	
Batalha <i>et al.</i> , 2001	81	40	
BSB	70	30	
Este Estudo	BSB – Controle	71	39
	GYN	73	36
	GYN – Controle	61	30

Tabela 2.2 – Espécies, famílias e parâmetros fitossociológicos das árvores amostradas nas parcelas situadas no Parque Nacional de Brasília, área próxima do aterro do Jockey Club de Brasília.

Espécie	Família	Nº ind	DR	FR	DoR	IVI
<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana	MELASTOMATACEAE	198	10,00	11,56	10,59	32,15
<i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Coville	FABACEAE	126	6,50	6,00	11,55	24,05
<i>Guapira noxia</i> (Netto) Lundell	NYCTAGINACEAE	90	4,50	5,08	12,09	21,67
<i>Kielmeyera coriacea</i> (Spreng.) Mart.	CLUSIACEAE	123	6,83	6,09	4,08	17,00
<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	MIMOSACEAE	105	5,83	5,07	6,69	16,59
<i>Byrsonima crassa</i> Nied.	MALPIGHACEAE	87	4,68	4,70	5,12	14,50
<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	VOCHYSIACEAE	96	5,33	4,09	3,59	13,01
<i>Byrsonima verbascifolia</i> (L.) DC.	MALPIGHACEAE	66	3,62	3,57	5,00	12,19
<i>Miconia ferruginata</i> DC.	MELASTOMATACEAE	93	5,16	4,00	1,96	11,12
<i>Styrax ferrugineus</i> Nees & Mart.	STYRACACEAE	62	3,50	3,76	2,83	10,09
<i>Anacardium occidentale</i> L.	ANACARDIACEAE	60	3,33	3,20	2,92	9,45
<i>Sclerolobium paniculatum</i> Vog. var. <i>subvelutinum</i> Benth.	CAESALPINIACEAE	57	3,16	3,38	1,75	8,29
<i>Qualea multiflora</i> Mart.	VOCHYSIACEAE	57	3,16	3,38	1,72	8,26
<i>Aspidosperma macrocarpon</i> Mart.	APOCYNACEAE	48	2,66	2,63	2,52	7,81
<i>Caryocar brasiliense</i> Camb.	CARYOCARACEAE	51	2,83	3,01	0,90	6,74
<i>Vochysia thyrsoidea</i> Pohl	VOCHYSIACEAE	51	2,83	2,44	1,35	6,62
<i>Kielmeyera neriifolia</i> Camb.	CLUSIACEAE	18	1,00	1,12	4,08	6,20
<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne	CAESALPINIACEAE	45	2,50	2,25	0,70	5,45
<i>Solanum lycocarpum</i> St. Hil.	SOLANACEAE	30	1,66	1,88	1,16	4,70
<i>Pouteria torta</i> (Mart.) Radlk.	SAPOTACEAE	24	1,33	1,50	1,61	4,44
<i>Erythroxylum suberosum</i> St. Hil.	ERYTHROXYLACEAE	12	0,66	0,37	3,12	4,15
<i>Rapanea coriacea</i> R. Br. ex Roem. & Scult.	MYRSINACEAE	21	1,16	1,31	0,41	2,88
<i>Machaerium acutifolium</i> Vog.	FABACEAE	21	1,16	1,31	0,36	2,83
<i>Dipteryx alata</i> Vog.	FABACEAE	18	1,00	1,12	0,71	2,83
<i>Acosmium dasycarpum</i> (Vog.) Yakov.	FABACEAE	18	1,00	1,12	0,69	2,81
<i>Roupala montana</i> Aubl.	PROTEACEAE	21	1,16	1,31	0,33	2,80
<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	ANNONACEAE	9	0,50	0,56	1,38	2,44
<i>Campomanesia xanthocarpa</i> Berg	MYRTACEAE	12	0,66	0,75	1,02	2,43
<i>Strychnos pseudoquina</i> St. Hil.	LOGANIACEAE	15	0,83	0,75	0,19	1,77
<i>Diospyros hispida</i> DC.	EBENACEAE	15	0,83	0,75	0,17	1,75
<i>Aspidosperma verbascifolium</i> M. Arg.	APOCYNACEAE	9	0,50	0,56	0,60	1,66
<i>Aegiphila lhotzkyana</i> Cham.	VERBENACEAE	12	0,66	0,75	0,23	1,64
<i>Bauhinia mollis</i> (Bong.) Walp.	CAESALPINIACEAE	6	0,33	0,37	0,90	1,60
<i>Mimosa laticifera</i> Rizz. & Mattos Filho	MIMOSACEAE	9	0,50	0,56	0,50	1,56
<i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart.	APOCYNACEAE	8	0,50	0,56	0,44	1,50
<i>Zeyheria montana</i> Mart.	BIGNONIACEAE	7	0,50	0,56	0,22	1,28
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) March	BURSERACEAE	9	0,50	0,56	0,15	1,21
<i>Cabralea cangerana</i> (Vell.) Mart.	MELIACEAE	6	0,33	0,37	0,50	1,20
<i>Dalbergia miscolobium</i> Benth.	FABACEAE	5	0,33	0,37	0,43	1,13
<i>Salvertia convallarieodora</i> St. Hil.	VOCHYSIACEAE	5	0,33	0,37	0,26	0,96
<i>Hanconia speciosa</i> Gomez	APOCYNACEAE	5	0,33	0,37	0,19	0,89
<i>Palicourea rigida</i> Kunth.	RUBIACEAE	6	0,33	0,37	0,17	0,87
<i>Rudgea viburnoides</i> (Cham.) Benth.	RUBIACEAE	6	0,33	0,37	0,17	0,87
<i>Solanum crinitum</i> Lam.	SOLANACEAE	6	0,33	0,37	0,08	0,78
<i>Symplocos lanceolata</i> (Mart.) A. DC.	SYMPLOCACEAE	3	0,16	0,18	0,42	0,76
<i>Callisthene major</i> Mart.	VOCHYSIACEAE	6	0,33	0,37	0,06	0,76
<i>Anacardium humile</i> St. Hil.	ANACARDIACEAE	3	0,16	0,18	0,37	0,71
<i>Didymopanax macrocarpum</i> (Cham. & Schlecht.) Seem.	ARALIACEAE	1	0,16	0,18	0,30	0,64
<i>Pseudobombax longiflorum</i> (Mart. & Zucc.) A. Robyns	BOMBACACEAE	1	0,16	0,18	0,17	0,51
<i>Dimorphandra gardneriana</i> Tul.	CAESALPINIACEAE	1	0,16	0,18	0,17	0,51
<i>Eriotheca gracilipes</i> (K. Schum.) A. Robyns	BOMBACACEAE	1	0,16	0,18	0,17	0,51
<i>Rhodocalyx rotundifolius</i> M. Arg.	APOCYNACEAE	1	0,16	0,18	0,17	0,51
<i>Tabebuia roseo-alba</i> (Ridley) Sandwith	BIGNONIACEAE	1	0,16	0,18	0,17	0,51
<i>Vernonia ferruginea</i> Less.	ASTERACEAE	1	0,16	0,18	0,17	0,51
<i>Inga cf. affinis</i> DC.	MIMOSACEAE	1	0,16	0,18	0,17	0,51
<i>Annona coriacea</i> Mart.	ANNONACEAE	1	0,16	0,18	0,17	0,51
<i>Eriotheca pubescens</i> (Mart. & Zucc.) Schott & Endl.	BOMBACACEAE	1	0,16	0,18	0,17	0,51
<i>Pisonia ambigua</i> Heimerl.	NYCTAGINACEAE	1	0,16	0,18	0,17	0,51
<i>Bowdichia virgilioides</i> H.B.K.	FABACEAE	1	0,16	0,18	0,17	0,51
<i>Tocoyena formosa</i> (C. & S.) K. Sch.	RUBIACEAE	1	0,16	0,18	0,17	0,51
<i>Cissampelos ovalifolia</i> DC.	MENISPERMACEAE	1	0,16	0,18	0,17	0,51
<i>Psidium pohlianus</i> Camb.	MYRTACEAE	1	0,16	0,18	0,17	0,51
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	MIMOSACEAE	1	0,16	0,18	0,17	0,51
<i>Cayaponia tayuya</i> (Vell.) Cogn.	CUCURBITACEAE	1	0,16	0,18	0,17	0,51
<i>Macrosiphonia longiflora</i> (Desf.) M. Arg.	APOCYNACEAE	1	0,16	0,18	0,17	0,51
Não identificadas		4	1,30	1,46	0,53	3,29

Tabela 2.3 – Espécies, famílias e parâmetros fitossociológicos das árvores amostradas nas parcelas situadas no Parque Nacional de Brasília, área controle distante do aterro do Jockey Club de Brasília.

Espécie	Família	Nº ind	DR	FR	DoR	IVI
<i>Alibertia macrophylla</i> Schum.	RUBIACEAE	189	9,00	8,19	10,24	27,43
<i>Rudgea viburnoides</i> (Cham.) Benth.	RUBIACEAE	137	6,50	6,59	10,21	23,30
<i>Piptocarpha rotundifolia</i> (Less.) Baker	ASTERACEAE	119	5,66	5,52	7,70	18,88
<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	VOCHYSIACEAE	119	5,66	5,52	7,08	18,26
<i>Dalbergia miscolobium</i> Benth.	FABACEAE	137	6,50	5,75	3,46	15,71
<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana	MELASTOMATACEAE	119	5,16	5,34	4,37	14,87
<i>Byrsonima intermedia</i> A. Juss.	MALPIGHIACEAE	109	5,16	5,16	3,94	14,26
<i>Palicourea rigida</i> Kunth.	RUBIACEAE	105	4,50	3,81	3,24	11,55
<i>Ouratea spectabilis</i> (Mart. ex Engl.) Engl.	OCHNACEAE	63	3,00	2,67	5,81	11,48
<i>Myrcia cf. lingua</i> (O. Berg) Mattos & Legrand	MYRTACEAE	77	3,16	3,56	1,35	8,07
<i>Neea theifera</i> Oerst.	NYCTAGINACEAE	49	2,33	2,31	2,24	6,88
<i>Eugenia dysenterica</i> DC.	MYRTACEAE	49	2,33	2,49	1,94	6,76
<i>Annona coriacea</i> Mart.	ANNONACEAE	56	2,66	2,67	1,42	6,75
<i>Caryocar brasiliense</i> Camb.	CARYOCARACEAE	28	1,33	1,42	3,80	6,55
<i>Didymopanax macrocarpum</i> Seem.	ARALIACEAE	56	2,31	2,67	1,16	6,14
<i>Virola sebifera</i> Aubl.	MYRISTICACEAE	25	1,16	1,24	3,34	5,74
<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	ANNONACEAE	42	2,00	1,78	1,79	5,57
<i>Rapanea ferruginea</i> (Ruiz & Pav.) Mez	MYRSINACEAE	42	2,00	2,13	0,98	5,11
<i>Ouratea hexasperma</i> (St. Hil.) Benth.	OCHNACEAE	32	1,50	1,60	1,78	4,88
<i>Miconia sellowiana</i> Naudin	MELASTOMATACEAE	21	1,00	0,89	2,78	4,67
<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	MONIMIACEAE	35	1,66	1,78	1,19	4,63
<i>Symplocos cf. pubescens</i> Klotzsch ex Benth.	SYMPLOCACEAE	21	1,00	1,06	1,98	4,04
<i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk	SAPOTACEAE	32	1,50	1,60	0,65	3,75
<i>Licania humilis</i> Cham & Schlect	CHRYSOBALANACEAE	25	1,16	1,24	1,27	3,67
<i>Styrax ferrugineus</i> Nees & Mart.	STYRACACEAE	28	1,33	1,42	0,60	3,35
<i>Kielmeyera coriacea</i> (Spreng.) Mart.	CLUSIACEAE	28	1,33	1,42	0,57	3,32
<i>Miconia langsdorffii</i> Cogn.	MELASTOMATACEAE	28	1,33	1,42	0,56	3,31
<i>Senna rugosa</i> (G. Don) Irwin & Barneby	CAESALPINIACEAE	28	1,33	1,42	0,34	3,09
<i>Myrcia rostrata</i> DC.	MYRTACEAE	25	1,16	1,06	0,86	3,08
<i>Diospyros hispida</i> A.DC.	EBENACEAE	25	1,16	1,24	0,64	3,04
<i>Acosmium dasycarpum</i> (Vogel) Yakovlev	FABACEAE	21	1,00	1,06	0,98	3,04
<i>Tabebuia aurea</i> (Mart.)	BIGNONIACEAE	25	1,16	1,24	0,48	2,88
<i>Austroplenckia populnea</i> (Reiss) Lund.	CELASTRACEAE	18	0,83	0,89	0,76	2,48
<i>Guapira noxia</i> (Netto) Lundell	NYCTAGINACEAE	21	1,00	1,06	0,39	2,45
<i>Acosmium subelegans</i> (Mohlenbr.) Yakovlev	FABACEAE	18	0,83	0,89	0,66	2,38
<i>Qualea multiflora</i> Mart.	VOCHYSIACEAE	18	0,83	0,89	0,55	2,27
<i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart.	APOCYNACEAE	11	0,50	0,53	0,59	1,62
<i>Hanconia speciosa</i> Gomez	APOCYNACEAE	14	0,66	0,71	0,17	1,54
<i>Callisthene major</i> Mart.	VOCHYSIACEAE	11	0,50	0,53	0,45	1,48
<i>Roupala montana</i> Aubl.	PROTEACEAE	7	0,33	0,35	0,76	1,44
<i>Simarouba versicolor</i> St. Hil.	SIMAROUBACEAE	11	0,50	0,53	0,18	1,21
<i>Brosimum gaudichaudii</i> Trécul	MORACEAE	7	0,33	0,35	0,46	1,14
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	ANACARDIACEAE	7	0,33	0,35	0,28	0,96
<i>Annona crassiflora</i> Mart.	ANNONACEAE	7	0,33	0,35	0,25	0,93
<i>Byrsonima verbascifolia</i> (L.) DC.	MALPIGHIACEAE	4	0,16	0,17	0,48	0,81
<i>Crescentia cujete</i> L.	BIGNONIACEAE	7	0,33	0,35	0,13	0,81
<i>Cybistax antisiphilitica</i> (Mart.) Mart. ex DC.	BIGNONIACEAE	3	0,33	0,35	0,05	0,73
<i>Solanum lycocarpum</i> St. Hil.	SOLANACEAE	2	0,33	0,35	0,05	0,73
<i>Himatanthus obovatus</i> (Müell. Arg.) Woodson	APOCYNACEAE	1	0,16	0,17	0,25	0,58
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) March	BURSERACEAE	1	0,16	0,17	0,25	0,58
<i>Sclerolobium paniculatum</i> Vogel	CAESALPINIACEAE	1	0,16	0,17	0,25	0,58
<i>Lafoensia pacari</i> St. Hil.	LYTHRACEAE	1	0,16	0,17	0,25	0,58
<i>Casearia decandra</i> Jacq.	FLACOURTIACEAE	1	0,16	0,17	0,25	0,58
<i>Anacardium occidentale</i> L.	ANACARDIACEAE	1	0,16	0,17	0,25	0,58
<i>Styrax pseudo-quina</i> St. Hil.	LOGANIACEAE	1	0,16	0,17	0,25	0,58
<i>Hyptidendron canum</i> (Pohl. ex. Benth) RM. Harley	LABIATAE	1	0,16	0,17	0,25	0,58
<i>Machaerium opacum</i> Vogel	FABACEAE	1	0,16	0,17	0,25	0,58
<i>Annona dioica</i> A.St. - Hil.	ANNONACEAE	1	0,16	0,17	0,25	0,58
<i>Duguetia furfuracea</i> (A. St. - Hil.) Saff.	ANNONACEAE	1	0,16	0,17	0,25	0,58
<i>Bauhinia holophylla</i> Steud.	CAESALPINIACEAE	1	0,16	0,17	0,25	0,58
<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	MELIACEAE	1	0,16	0,17	0,25	0,58
<i>Eriotheca pubescens</i> (Mart. & Zucc.) Schott & Endl.	BOMBACACEAE	1	0,16	0,17	0,25	0,58
<i>Ocotea pulchella</i> Mart.	LAURACEAE	1	0,16	0,17	0,25	0,58
<i>Couepia grandiflora</i> (Mart. & Zucc.) Benth. ex Hook. f.	CHRYSOBALANACEAE	1	0,16	0,17	0,25	0,58
Não identificadas		7	1,28	1,36	1,04	3,68

Tabela 2.4 – Espécies, famílias e parâmetros fitossociológicos das árvores amostradas nas parcelas situadas próximas ao aterro sanitário de Goiânia.

Espécie	Família	Nº ind	DR	FR	DoR	IVI
<i>Qualea parviflora</i> Mart.	VOCHYSIACEAE	211	9,63	4,40	9,18	24,21
<i>Eugenia dysenterica</i> DC.	MYRTACEAE	121	8,74	4,40	6,04	20,18
<i>Pera glabrata</i> (Schott) Baill.	EUPHORBIACEAE	98	4,28	2,29	12,27	17,91
<i>Erythroxylum suberosum</i> A. St.-Hil.	ERYTHROXYLACEAE	91	6,72	2,95	7,91	17,35
<i>Roupala montana</i> Aubl.	PROTEACEAE	90	6,72	3,80	3,57	13,69
<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	VOCHYSIACEAE	85	5,75	2,72	3,38	11,86
<i>Erythroxylum daphnites</i> Mart.	ERYTHROXYLACEAE	92	3,88	2,72	3,98	10,59
<i>Kielmeyera</i> cf. <i>grandiflora</i> (Wawra) Saddi	CLUSIACEAE	71	3,06	2,72	4,43	10,22
<i>Curatella americana</i> L.	DILLENIACEAE	86	3,81	2,95	2,71	9,46
<i>Schefflera macrocarpa</i> (Seem.) Frodin	ARALIACEAE	52	2,17	2,72	4,43	9,31
<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	ANNONACEAE	43	3,51	3,47	2,10	8,79
<i>Machaerium opacum</i> Vogel	FABACEAE	41	3,58	3,17	1,93	8,69
<i>Salvertia convallariaeodora</i> A. St.-Hil.	VOCHYSIACEAE	40	2,76	2,72	1,85	7,34
<i>Dalbergia miscolobium</i> Benth.	FABACEAE	48	1,87	2,49	2,89	7,26
<i>Byrsonima verbascifolia</i> (L.) Rich. Ex A. Juss.	MALPIGHIACEAE	61	2,84	2,72	0,66	6,22
<i>Acosmium dasy carpum</i> (Vogel) Yakovlev	FABACEAE	49	1,94	2,27	1,85	6,06
<i>Annona crassiflora</i> Mart.	ANNONACEAE	25	1,87	2,27	0,96	5,09
<i>Hyptis cana</i> Pohl ex Benth.	LAMIACEAE	39	1,64	2,04	1,13	4,82
<i>Magonia pubescens</i> A. St.-Hil.	SAPINDACEAE	27	1,87	2,27	0,64	4,78
<i>Plathymenia reticulata</i> Benth.	MIMOSACEAE	31	1,05	1,94	1,65	4,51
<i>Byrsonima coccolobifolia</i> H. B. K.	MALPIGHIACEAE	15	1,12	1,59	1,77	4,48
<i>Rudgea viburnoides</i> (Cham.) Benth.	RUBIACEAE	19	1,12	1,59	1,69	4,40
<i>Caryocar brasiliense</i> Cambess.	CARYOCARACEAE	19	0,67	1,36	2,24	4,27
<i>Terminalia argentea</i> Mart. & Zucc.	COMBRETACEAE	16	1,12	1,81	1,06	4,00
<i>Erythroxylum deciduum</i> A. St.-Hil.	ERYTHROXYLACEAE	13	0,97	2,04	0,90	3,92
<i>Dimorphandra mollis</i> Benth.	CAESALPINIACEAE	18	2,17	0,91	0,48	3,56
<i>Piptocarpha rotundifolia</i> (Less.) Baker	ASTERACEAE	19	0,67	1,13	1,62	3,42
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	ANACARDIACEAE	13	0,45	0,45	2,22	3,12
<i>Myrcia lingua</i> Berg	MYRTACEAE	17	1,12	1,36	0,56	3,04
<i>Bowdichia virgilioides</i> H.B.K.	FABACEAE	13	0,97	1,36	0,64	2,97
<i>Alibertia sessilis</i> (Vell.) K. Schum.	RUBIACEAE	10	0,67	1,36	0,90	2,94
<i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Coville	CAESALPINIACEAE	11	0,67	1,81	0,24	2,73
<i>Styrax camporum</i> Pohl	STYRACACEAE	11	0,37	0,91	1,43	2,71
<i>Zeyheria digitalis</i> (Vell.) Hoehne & Kuhl.	BIGNONIACEAE	10	0,67	1,59	0,35	2,61
<i>Diospyros hispida</i> A. DC.	EBENACEAE	7	0,60	1,59	0,35	2,53
<i>Guapira noxia</i> (Netto) Lundell	NYCTAGINACEAE	8	0,60	1,13	0,71	2,44
<i>Erythroxylum tortuosum</i> Mart.	ERYTHROXYLACEAE	5	0,52	1,13	0,61	2,27
<i>Sclerolobium paniculatum</i> Vogel	CAESALPINIACEAE	4	0,30	0,91	0,91	2,11
<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart.	CAESALPINIACEAE	2	0,45	1,36	0,28	2,08
<i>Qualea multiflora</i> Mart.	VOCHYSIACEAE	3	0,45	0,91	0,37	1,72
<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott	ANACARDIACEAE	2	0,45	0,91	0,35	1,71
<i>Myrsine guianensis</i> (Aubl.) Kuntze	MYRSINACEAE	3	0,45	0,91	0,32	1,67
<i>Symplocos nitens</i> (Pohl) Benth.	SYMPLOCACEAE	4	0,30	0,91	0,42	1,62
<i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S. Moore	BIGNONIACEAE	2	0,22	0,45	0,91	1,59
<i>Agonandra brasiliensis</i> Benth. & Hook. f.	OPILIAEAE	1	0,52	0,91	0,15	1,58
<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	MONIMIACEAE	6	0,15	0,45	0,95	1,55
<i>Enterolobium gummiferum</i> (Mart.) J. F. Macbr.	MIMOSACEAE	4	0,29	0,91	0,32	1,52
<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana	MELASTOMATACEAE	1	0,37	0,68	0,41	1,46
<i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart.	APOCYNACEAE	1	0,22	0,45	0,69	1,36
<i>Strychnos pseudoquina</i> A. St.-Hil.	LOGANIACEAE	1	0,30	0,91	0,13	1,33
<i>Palicourea rigida</i> Kunth	RUBIACEAE	1	0,30	0,68	0,18	1,16
<i>Myrcia</i> cf. <i>formosiana</i> DC.	MYRTACEAE	1	0,22	0,68	0,19	1,09
<i>Tabebuia ochracea</i> (Cham.) Standl.	BIGNONIACEAE	1	0,22	0,45	0,36	1,04
<i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC.	MYRTACEAE	1	0,30	0,68	0,05	1,03
<i>Vochysia rufa</i> Mart.	VOCHYSIACEAE	1	0,15	0,45	0,26	0,86
<i>Qualea cordata</i> Spreng.	VOCHYSIACEAE	1	0,06	0,79	0,33	0,86
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	BURSERACEAE	1	0,22	0,45	0,06	0,74
<i>Syagrus flexuosa</i> (Mart.) Becc.	ARECACEAE	1	0,22	0,45	0,05	0,72
<i>Platypodium elegans</i> Vogel	FABACEAE	1	0,22	0,45	0,03	0,71
<i>Austroplenkia populnea</i> (Reissek) Lundell	CELASTRACEAE	1	0,15	0,45	0,05	0,66
<i>Tibouchina aegopogon</i> (Naud.) Cogn.	MELASTOMATACEAE	1	0,15	0,45	0,05	0,65
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	CAESALPINIACEAE	1	0,15	0,45	0,04	0,64
<i>Ouratea spectabilis</i> (Mart.) Engl.	OCHNACEAE	1	0,15	0,45	0,02	0,63
<i>Connarus suberosus</i> Planch.	CONNARACEAE	1	0,07	0,23	0,25	0,55
<i>Vanillosmopsis erythropappa</i> Sch. Bip.	ASTERACEAE	1	0,07	0,23	0,19	0,49
<i>Tabebuia</i> sp.	BIGNONIACEAE	1	0,15	0,23	0,10	0,48
<i>Antonia ovata</i> Pohl	LOGANIACEAE	1	0,15	0,23	0,05	0,43
<i>Miconia ligustroides</i> (DC.) Naudin	MELASTOMATACEAE	1	0,07	0,23	0,12	0,42
<i>Pseudobombax longiflorum</i> (Mart. Zucc.) A. Robyns	BOMBACACEAE	1	0,07	0,23	0,11	0,41
<i>Baccharis intermixta</i> Gardn	ASTERACEAE	1	0,07	0,23	0,06	0,36
<i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schtdl.) K. Schum.	RUBIACEAE	1	0,07	0,23	0,05	0,35
<i>Heteropterys byrsonimifolia</i> A. Juss.	MALPIGHIACEAE	1	0,07	0,23	0,04	0,34
<i>Lafaensia pacari</i> A. St.-Hil.	LYTHRACEAE	1	0,07	0,23	0,03	0,33

Tabela 2.5 – Espécies, famílias e os parâmetros fitossociológicos das árvores amostradas nas parcelas situadas na área da Universidade Católica de Goiás.

Espécie	Família	Nº ind	DR	FR	DoR	IVI
<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart.	CAESALPINIACEAE	319	13,79	9,19	9,71	32,69
<i>Byrsonima verbascifolia</i> (L.) Rich. Ex A. Juss.	MALPIGHIACEAE	117	4,27	3,73	3,88	11,87
<i>Caryocar brasiliense</i> Cambess.	CARYOCARACEAE	94	5,07	4,10	4,28	13,45
<i>Dalbergia miscolobium</i> Benth.	FABACEAE	151	8,04	5,50	5,76	19,30
<i>Diospyros hispida</i> A. DC.	EBENACEAE	124	6,65	4,85	5,07	16,57
<i>Hyptis cana</i> Pohl ex Benth.	LAMIACEAE	109	5,84	3,47	3,60	12,90
<i>Eugenia dysenterica</i> DC.	MYRTACEAE	98	5,26	3,20	3,31	11,77
<i>Conarus suberosus</i> Planch.	CONNARACEAE	89	3,82	3,52	3,65	10,99
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	CAESALPINIACEAE	82	3,45	3,35	3,47	10,27
<i>Curatella americana</i> L.	DILLENIACEAE	76	4,14	3,67	3,82	11,63
<i>Erythroxylum daphnites</i> Mart.	ERYTHROXYLACEAE	71	3,88	2,55	2,61	9,04
<i>Miconia ligustroides</i> (DC.) Naudin	MELASTOMATACEAE	67	3,64	2,44	2,50	8,57
<i>Syagrus flexuosa</i> (Mart.) Becc.	ARECACEAE	63	2,43	1,87	1,89	6,19
<i>Ouratea spectabilis</i> (Mart.) Engl.	OCHNACEAE	59	3,24	2,25	2,30	7,78
<i>Magonia pubescens</i> A. St.-Hil.	SAPINDACEAE	56	2,07	1,70	1,71	5,47
<i>Kielmeyera grandiflora</i> (Wawra) Saggi	CLUSIACEAE	53	2,91	2,09	2,13	7,12
<i>Lafoensia pacari</i> A. St.-Hil.	LYTHRACEAE	17	1,03	1,21	1,19	3,44
<i>Byrsonima coccolobifolia</i> H. B. K.	MALPIGHIACEAE	16	0,99	1,19	1,17	3,34
<i>Bowdichia virgilioides</i> H.B.K.	FABACEAE	15	0,94	1,17	1,15	3,26
<i>Myrcia lingua</i> Berg	MYRTACEAE	14	0,90	1,15	1,13	3,18
<i>Myrsine guianensis</i> (Aubl.) Kuntze	MYRSINACEAE	13	0,86	1,13	1,11	3,11
<i>Erythroxylum suberosum</i> A. St.-Hil.	ERYTHROXYLACEAE	13	0,83	1,12	1,09	3,03
<i>Eremanthus glomeratus</i> Less.	ASTERACEAE	12	0,79	1,10	1,07	2,97
<i>Byrsonima coccolobifolia</i> H. B. K.	MALPIGHIACEAE	11	0,76	1,08	1,06	2,90
<i>Dimorphandra mollis</i> Benth.	CAESALPINIACEAE	11	0,73	1,07	1,04	2,84
<i>Terminalia argentea</i> Mart. & Zucc.	COMBRETACEAE	10	0,70	1,06	1,03	2,78
<i>Annona crassiflora</i> Mart.	ANNONACEAE	10	0,67	1,04	1,01	2,73
<i>Heteropterys byrsominifolia</i> A. Juss.	MALPIGHIACEAE	9	0,65	1,03	1,00	2,67
<i>Acosmium dasycarpum</i> (Vogel) Yakovlev	FABACEAE	9	0,62	1,02	0,98	2,62
<i>Agonandra brasiliensis</i> Benth. & Hook. f.	OPILIACEAE	8	0,59	1,01	0,97	2,57
<i>Erythroxylum tortuosum</i> Mart.	ERYTHROXYLACEAE	8	0,57	0,99	0,96	2,53
<i>Guapira noxia</i> (Netto) Lundell	NYCTAGINACEAE	7	0,55	0,98	0,95	2,48
<i>Alibertia sessilis</i> (Vell.) K. Schum.	RUBIACEAE	7	0,52	0,97	0,94	2,43
<i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S. Moore	BIGNONIACEAE	6	0,50	0,96	0,93	2,39
<i>Styrax camporum</i> Pohl	STYRACACEAE	6	0,48	0,95	0,92	2,35
<i>Qualea cordata</i> Spreng.	VOCHYSIACEAE	6	0,46	0,94	0,91	2,31
<i>Zeyheria digitalis</i> (Vell.) Hoehne & Kuhlmann	BIGNONIACEAE	5	0,55	0,99	0,95	2,49
<i>Symplocos nitens</i> (Pohl) Benth.	SYMPLOCACEAE	5	0,42	0,93	0,89	2,23
<i>Tabebuia ochracea</i> (Cham.) Stand.	BIGNONIACEAE	4	0,40	0,92	0,88	2,19
<i>Erythroxylum deciduum</i> A. St.-Hil.	ERYTHROXYLACEAE	4	0,38	0,91	0,87	2,16
<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	ANNONACEAE	4	0,37	0,90	0,86	2,12
<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	VOCHYSIACEAE	3	0,35	0,89	0,85	2,09
<i>Pera glabrata</i> (Schott) Baill.	EUPHORBIACEAE	3	0,33	0,88	0,84	2,06
<i>Vochysia rufa</i> Mart.	VOCHYSIACEAE	3	0,32	0,88	0,83	2,02
<i>Qualea multiflora</i> Mart.	VOCHYSIACEAE	2	0,30	0,87	0,82	1,99
<i>Miconia cuspidata</i> Naud.	MELASTOMATACEAE	2	0,28	0,86	0,82	1,96
<i>Piptocarpha rotundifolia</i> (Less.) Baker	ASTERACEAE	2	0,27	0,85	0,81	1,93
<i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schltdl.) K. Schum.	RUBIACEAE	2	0,25	0,85	0,80	1,90
<i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Coville	MIMOSACEAE	1	0,22	0,83	0,79	1,84
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	ANACARDIACEAE	3	0,33	0,88	0,84	2,04
<i>Schefflera macrocarpa</i> (Seem.) Frodin	ARALIACEAE	2	0,29	0,86	0,82	1,98
<i>Qualea parviflora</i> Mart.	VOCHYSIACEAE	1	0,22	0,83	0,79	1,84
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	BURSERACEAE	1	0,22	0,83	0,79	1,84
<i>Roupala montana</i> Aubl.	PROTEACEAE	1	0,22	0,83	0,79	1,84
<i>Sclerolobium paniculatum</i> Vogel	CAESALPINIACEAE	1	0,22	0,83	0,79	1,84
<i>Plathymenia reticulata</i> Benth.	MIMOSACEAE	2	0,27	0,86	0,81	1,94
<i>Platypodium elegans</i> Vogel	FABACEAE	1	0,22	0,83	0,79	1,84
<i>Rudgea viburnoides</i> (Cham.) Benth.	RUBIACEAE	1	0,22	0,83	0,79	1,84
<i>Salvertia convallariaeodora</i> A. St.-Hil.	VOCHYSIACEAE	1	0,22	0,83	0,79	1,84
<i>Pseudobombax longiflorum</i> (Mart. Zucc.) A. Robyns	BOMBACACEAE	1	0,22	0,83	0,79	1,84
<i>Machaerium opacum</i> Vogel	FABACEAE	1	0,22	0,83	0,79	1,84

O esforço amostral foi representado pela curva de incremento de espécies a cada subparcela amostrada. Para as quatro áreas estabelecidas (Figura 2.6) o esforço amostral foi eficiente. Estabilizaram-se as curvas a partir das últimas subparcelas, com alta significância ($R^2 > 0,88$; $p < 0,001$ e $\varepsilon < 0,160$; Tabela 2.6) nos parâmetros do ajuste a

curva.

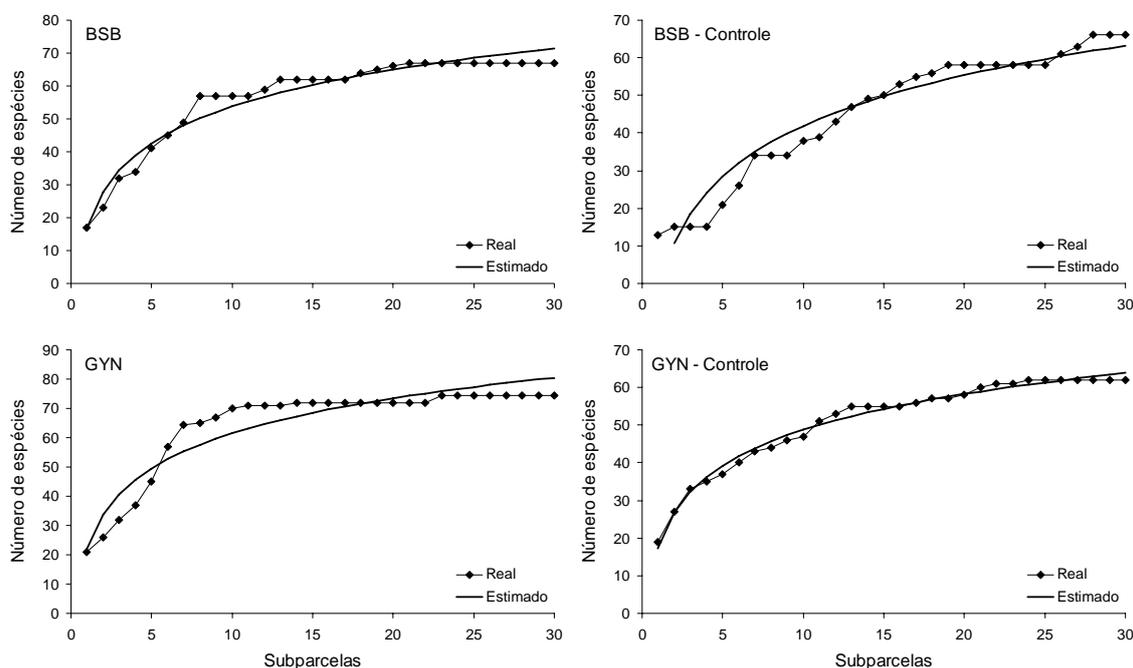


Figura 2.6 – Curva de incremento do número de espécies por subparcela amostrada.

Tabela 2.6 – Coeficientes e parâmetros estatísticos obtidos pela equação logarítmica do ajuste da curva de incremento de espécies pelas subparcelas amostradas.

Parcelas	β_0	β_1	R^2	ϵ	p
BSB	16,126	16,636	0,96	0,022	<0,001
BSB – Controle	19,393	-2,761	0,93	0,014	<0,001
GYN	17,267	21,761	0,88	0,156	<0,001
GYN- Controle	13,709	17,183	0,99	0,075	<0,001

As famílias que obtiveram maiores números de indivíduos entre as quatro áreas de estudo apresentaram de 300 a 600 indivíduos e não houveram padrões de entres as família. A família Malpighiaceae obteve destaque por estar nas quatro áreas de estudo entre as 10 famílias com maior número de indivíduos. Melastomataceae, Fabaceae e Myrtaceae estiveram em três áreas entre as 10 famílias com maior número de indivíduos.

Nas parcelas próximas aos aterros foram encontradas, espécies descritas principalmente como de floresta de galeria, como é o caso, por exemplo: de *Cabrlea cangerana* e *Campomanesia xanthocarpa* em Brasília; e *Erythroxylum daphnites* e *Pera glabrata* em Goiânia (Mendonça *et al.*, 1998). Segundo Marimon Júnior e Haridasan (2005), espécies tipicamente de ambientes florestais encontradas em ambientes de Cerrado

típico, podem ser bioindicadoras de solos mais férteis e mais úmidos em seus locais encontrados.

O índice de diversidade de Shannon para este estudo apresentou valores entre 2,7 e 3,5 e o índice de Simpson valores entre 0,86 a 0,96, corroborando com valores médios apresentados por Felfili e Felfili (2001) de 3,3 e 0,9, respectivamente, em estudos realizados em várias áreas de Cerrado *strictu sensu*, utilizando metodologias semelhantes a deste estudo (Figura 2.7 e 2.8).

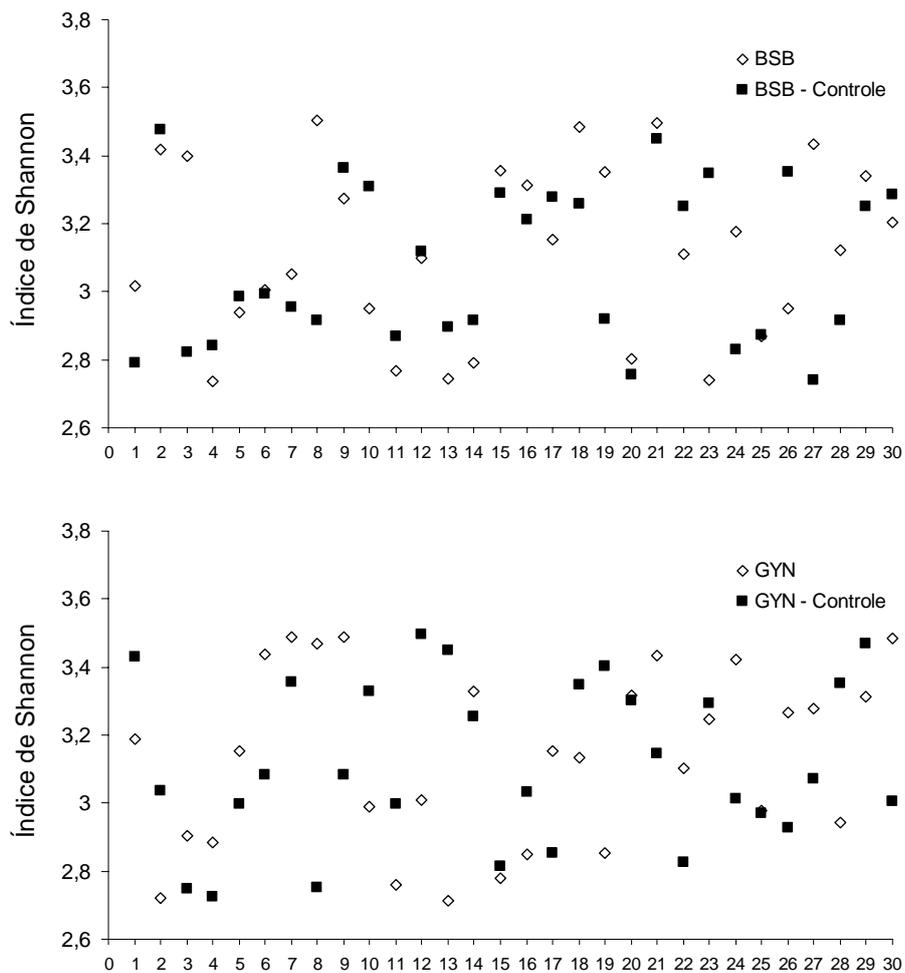


Figura 2.7 – Índice de diversidade de Shannon distribuídos nas 30 subparcelas das quatro áreas de estudo: BSB (Parque Nacional de Brasília próximo ao aterro), BSB – Controle (Parque Nacional de Brasília distante do aterro), GYN (próximo ao aterro sanitário de Goiânia) e GYN – Controle (área da Universidade Católica de Goiás).

Não houve um padrão de distribuição entre as subparcelas dos valores dos índices de diversidade. Testes estatísticos de Kruskal-Wallis aplicado entre os valores dos índices

de diversidade distribuídos nas subparcelas de cada área, nas quatro áreas estudadas, não foram significativos ($p > 0,334$).

Vários autores (Begon e Mortimer, 1996; Begon *et al.*, 1996; Margalef, 1983 e 1970), esperavam que em áreas onde houvessem algum tipo de perturbação (natural ou antrópica) tenderia em suas adjacências, um desequilíbrio ecológico com inicialmente ou posteriormente um predomínio de uma ou poucas espécies sobre outras. No presente estudo observou-se que os depósitos de lixo não influenciaram na diversidade das espécies nativas nas subparcelas de estudo.

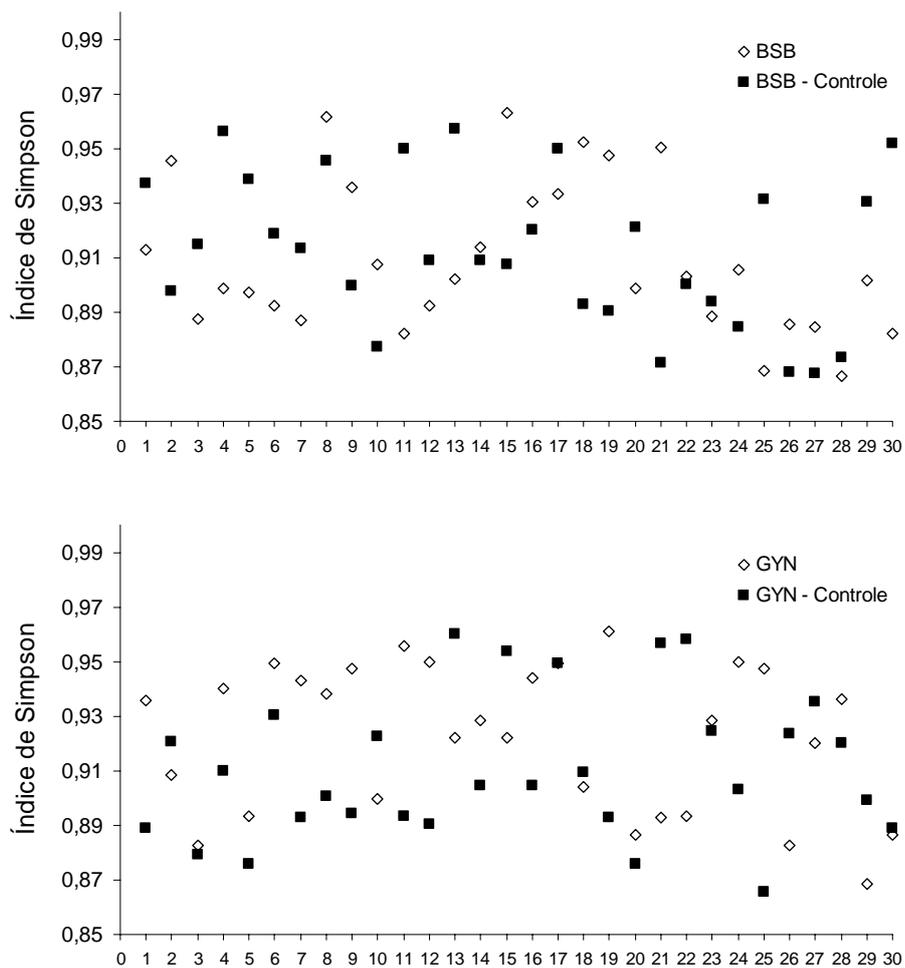


Figura 2.8 – Índice de diversidade de Simpson distribuídos nas 30 subparcelas das quatro áreas de estudo: BSB (Parque Nacional de Brasília próximo ao aterro), BSB – Controle (Parque Nacional de Brasília distante do aterro), GYN (próximo ao aterro sanitário de Goiânia) e GYN – Controle (área da Universidade Católica de Goiás).

A distribuição da comunidade arbórea dos indivíduos em classes diamétricas apresentou o padrão do *J*-invertido (Figura 2.9), ou seja, alta concentração de indivíduos nas classes menores e redução acentuada no sentido das classes maiores. Segundo Líbano e Felfili (2006) e Lima *et al.* (2003) a quase totalidade dos inventários de comunidades arbóreo-arbustivas de vegetação autóctones apresentam uma distribuição diamétrica seguindo o modelo do *J*-invertido, ou exponencial negativo.

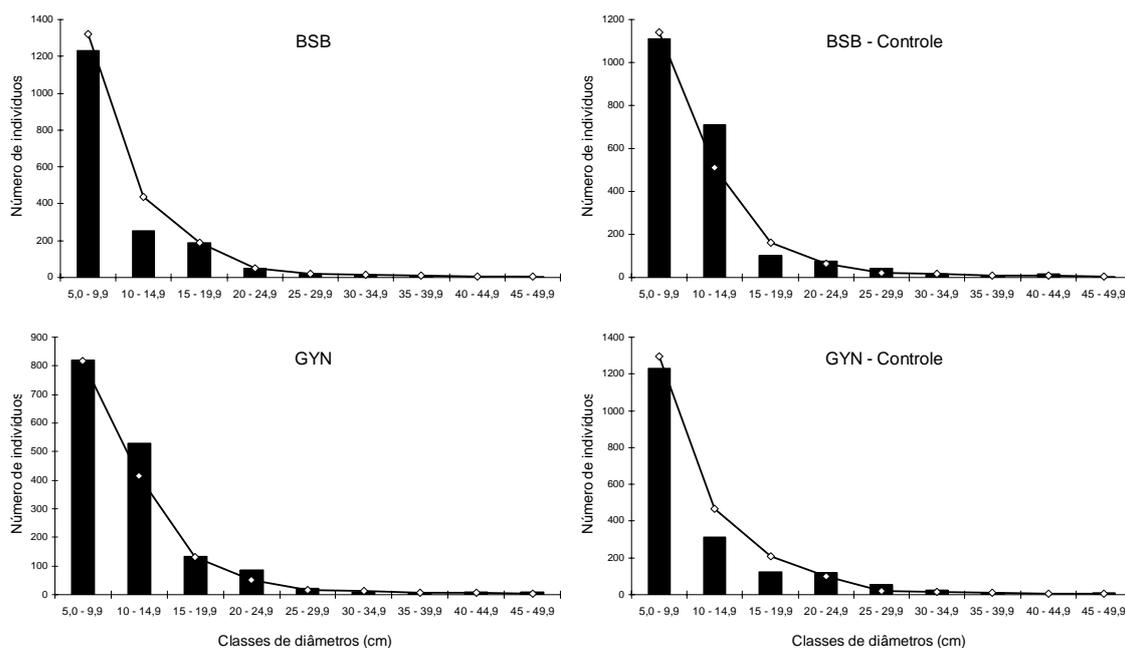


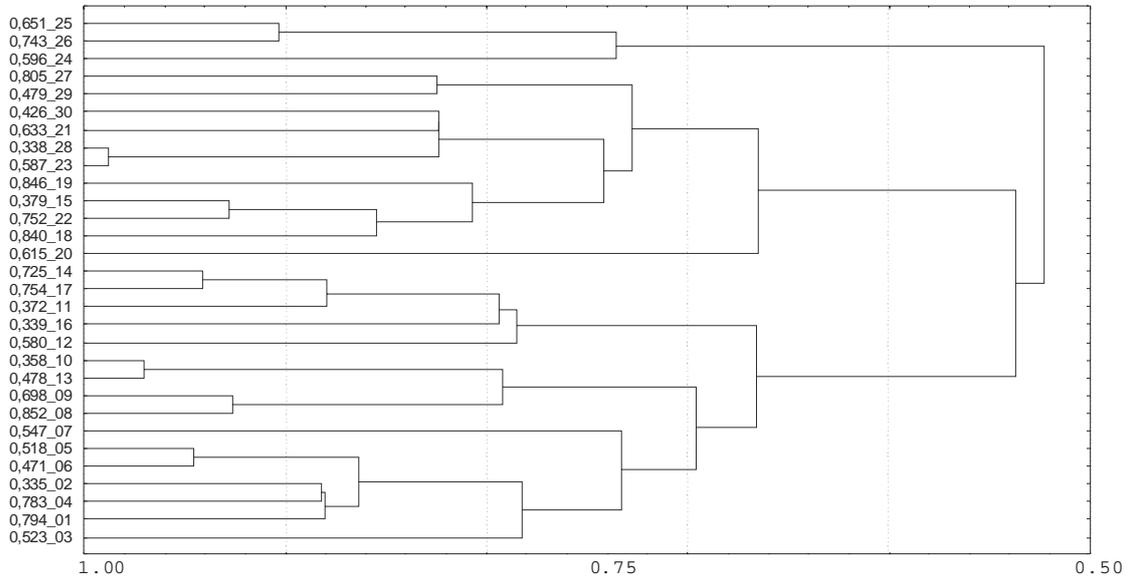
Figura 2.9 – Número de indivíduos arbóreos distribuídos em classes diamétrica dos indivíduos arbóreos das quatro áreas de estudo: BSB (Parque Nacional de Brasília próximo ao aterro), BSB – Controle (Parque Nacional de Brasília distante do aterro), GYN (próximo ao aterro sanitário de Goiânia) e GYN – Controle (área da Universidade Católica de Goiás). As curvas representam o ajuste exponencial de Meyer (1952).

Os parâmetros estatísticos do ajuste a equação de Meyer dos indivíduos pelas classes diamétricas (Tabela 2.7) foram significativos para as quatro áreas ($R^2 > 0,93$; $\epsilon < 0,180$ e $p < 0,001$), mostrando que os indivíduos foram distribuídos significativamente na tendência da curva de *J*-invertido.

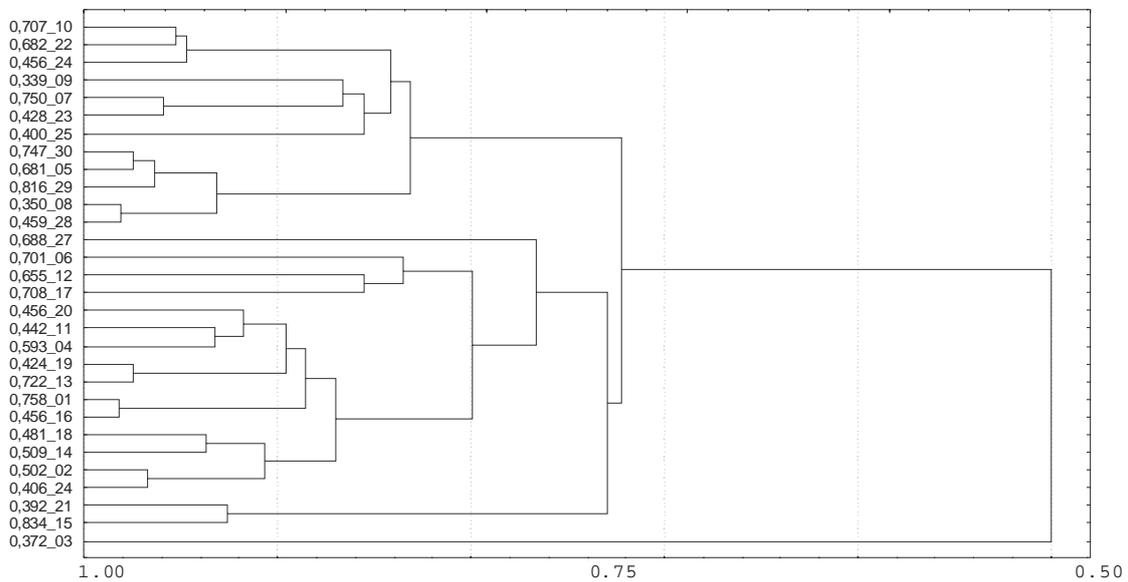
Tabela 2.7 – Coeficientes e parâmetros estatísticos obtidos pela equação de Meyer.

Parcelas	β_0	β_1	R^2	ϵ	p
BSB	1314,10	-0,0197	0,95	0,175	<0,001
BSB – Controle	1316,80	-0,0188	0,96	0,150	<0,001
GYN	1315,95	-0,0315	0,93	0,164	<0,001
GYN – Controle	1309,00	-0,0169	0,98	0,126	<0,001

Os dendrogramas de ordenamento para os índices de similaridade de Morisita e Sørensen (Figuras 2.10, 2.11, 2.12 e 2.13) nas áreas estudadas, apresentaram altos valores de fusão entre as subparcelas para cada área, média de 0,645 para Morisita e 0,601 para Sørensen.

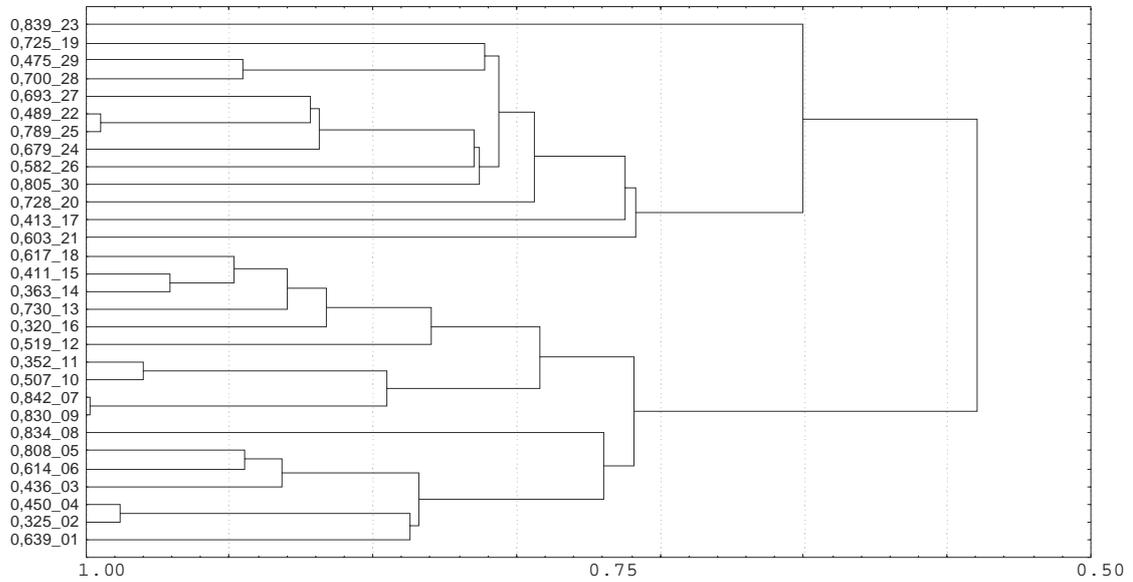


A)

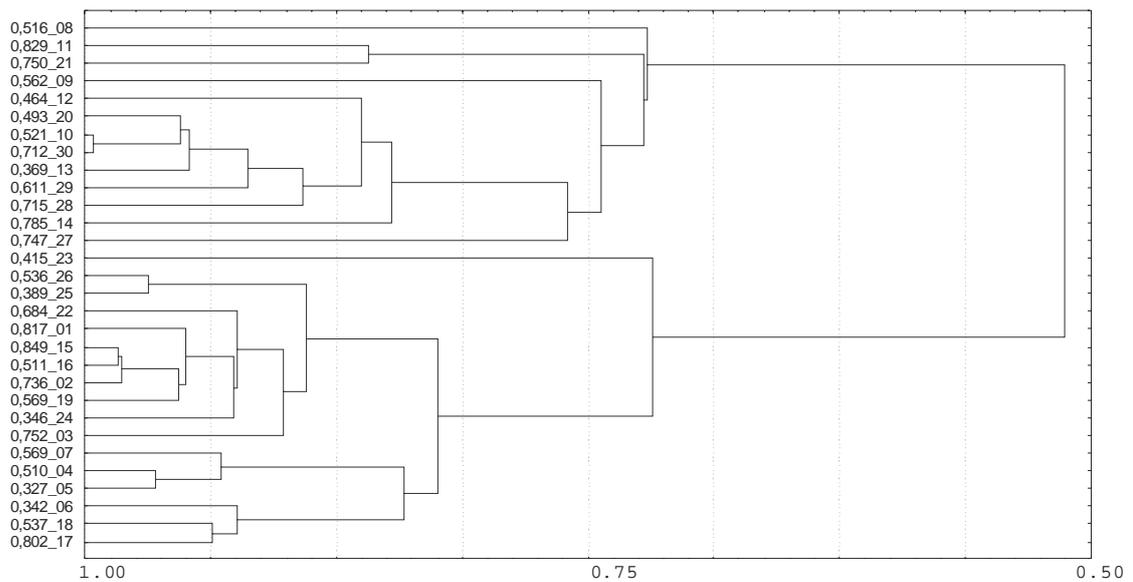


B)

Figura 2.10 – Dendrograma da classificação UPGMA e os níveis de fusão para as 30 subparcelas amostradas no Parque Nacional de Brasília: A) Área mais próxima ao aterro e B) Área mais distante do aterro, segundo resultados do Índice de Morisita.

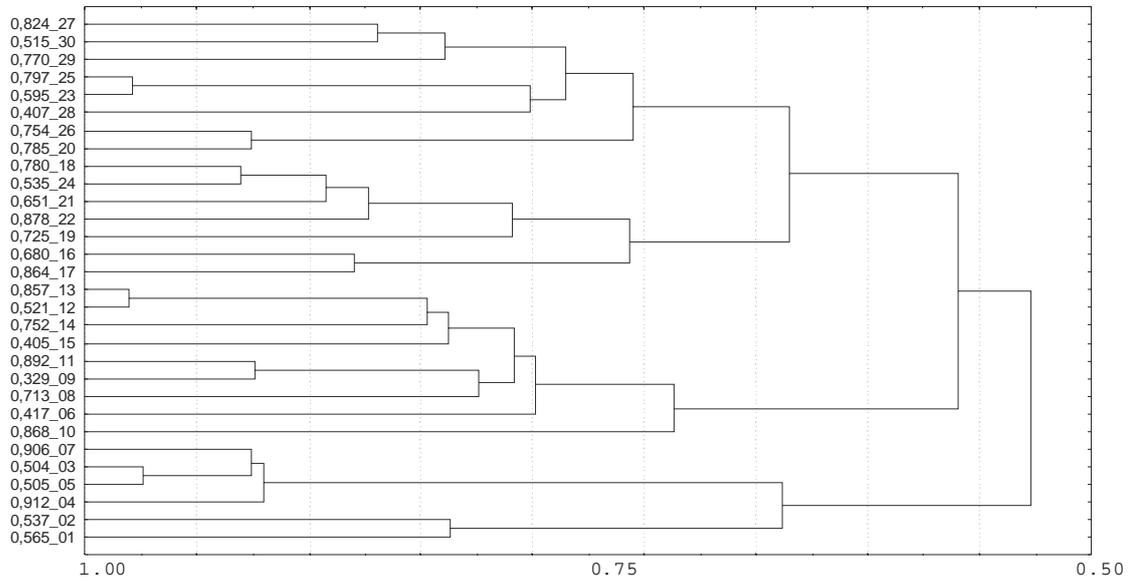


A)

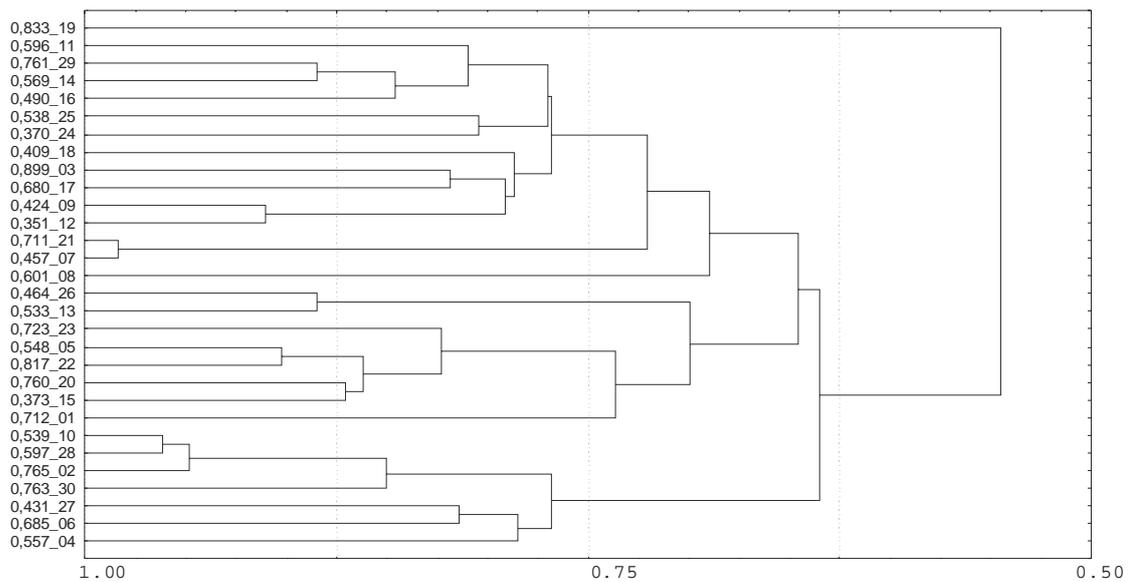


B)

Figura 2.11 – Dendrograma da classificação UPGMA e os níveis de fusão para as 30 subparcelas amostradas em Goiânia: A) Área próxima ao aterro sanitário de Goiânia e B) Área na Universidade Católica de Goiás, segundo resultados do Índice de Morisita.

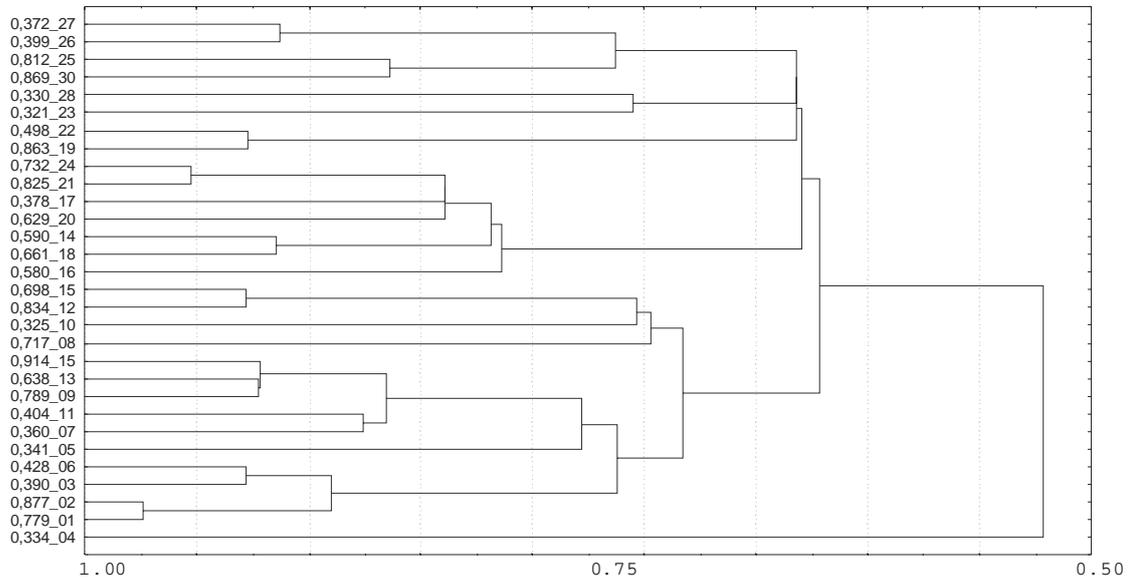


A)

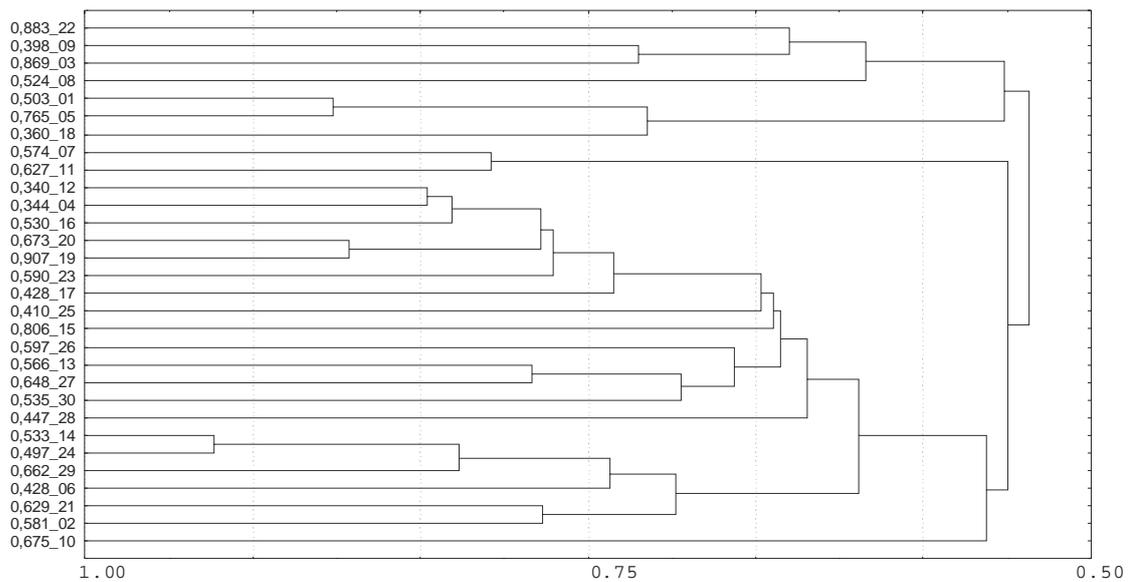


B)

Figura 2.12 – Dendrograma da classificação UPGMA e os níveis de fusão para as 30 subparcelas amostradas no Parque Nacional de Brasília: A) Área mais próxima ao aterro e B) Área mais distante do aterro, segundo resultados do Índice de Sørensen.



A)



B)

Figura 2.13 – Dendrograma da classificação UPGMA e os níveis de fusão para as 30 subparcelas amostradas em Goiânia: A) Área próxima ao aterro sanitário de Goiânia e B) Área na Universidade Católica de Goiás, segundo resultados do Índice de Sørensen.

Nota-se que nas figuras 2.10 até a 2.13, as subparcelas presentes em áreas adjacentes aos aterros (representado pela letra A) apresentaram dois nítidos agrupamentos, um entre as primeiras subparcelas (da subparcela 1 a 10) e outro das subparcelas mais distantes do aterro (da subparcela 20 a 30), o que não foi observado para os dois índices nos controles.

Líbano e Felfili (2006); Balduino *et al.* (2005); Fonseca e Silva Jr. (2004) e Silva Jr. (2004) demonstraram este comportamento em áreas de Cerrado, descrevendo que fatores como: topografia, presença do lençol freático, classificação e análise do solo são os principais e determinantes fatores para a ordenação e agrupamentos dos índices de similaridade de espécies entre as áreas. Ficou evidente que a presença do aterro foi determinante na ordenação dos níveis de fusão de similaridades entre as subparcelas, tanto pela presença e ausência de espécies, como pelo número de indivíduos encontrados nas espécies.

Observando a Figura 2.14, quando se separa o índice de valor de importância (IVI) pelas subparcelas, em áreas próximas ao aterro, algumas espécies mostram a existência de padrões, ou seja, algumas apresentaram altos valores de IVI nas proximidades dos aterros (até 200 m), reduzindo esse valor a partir de subparcelas mais distantes (de 400 a 500m), como é o caso da *Curatella americana* em Goiânia, e com outras espécies acontece o comportamento contrário, como é o caso da *Guapira noxia*, em Brasília. Outras espécies pelos valores de IVI se mantêm indiferentes à presença do aterro, não apresentando um padrão na distribuição do IVI ao longo dos gradientes, o mesmo acontecendo nas subparcelas presentes na área controle.

Darwin *et al.* (2004) mostraram os padrões descritos acima, indicando que em áreas com alguma perturbação antrópica ou natural, algumas espécies aumentaram seu IVI ao passar do tempo e com outras espécies aconteceram o contrário.

Silva *et al.* (2002) em seu estudo em áreas de Cerrado, observaram também este padrão, descrevendo que a mudança na camada superficial do solo é um fator determinante na distribuição das espécies, que também foi confirmado por Bustamante *et al.* (2006); Nardoto *et al.* (2006) e Haridasan (2000), quando descreveram a influência da modificação dos elementos químicos do solo para os grupos funcionais (herbáceas, arbustos e árvores) da vegetação de Cerrado.

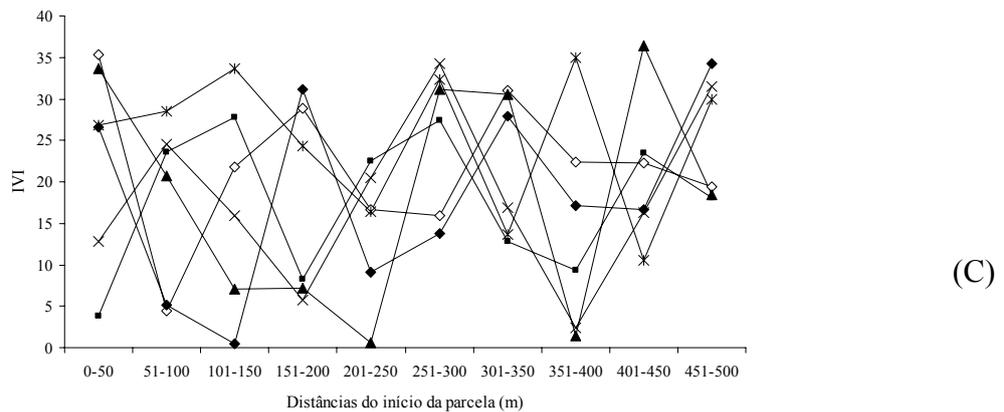
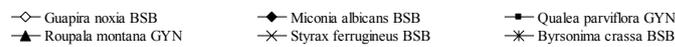
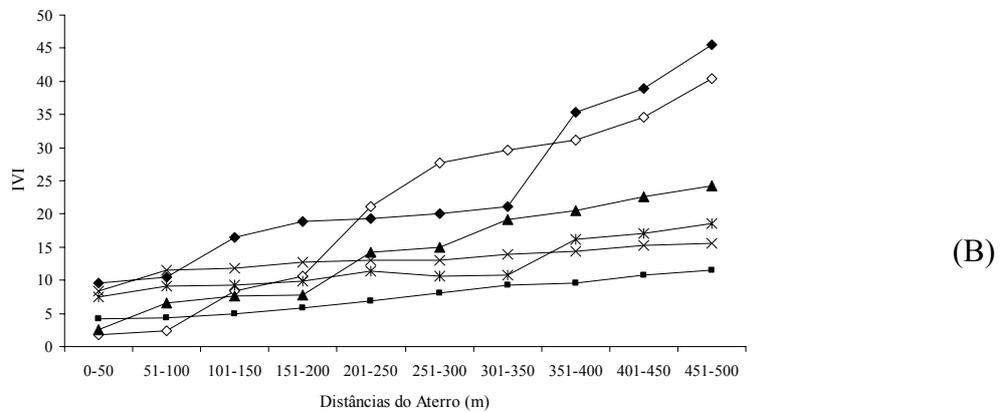
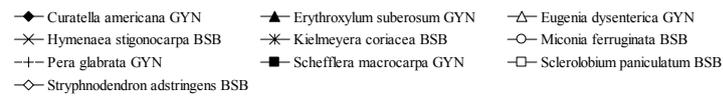
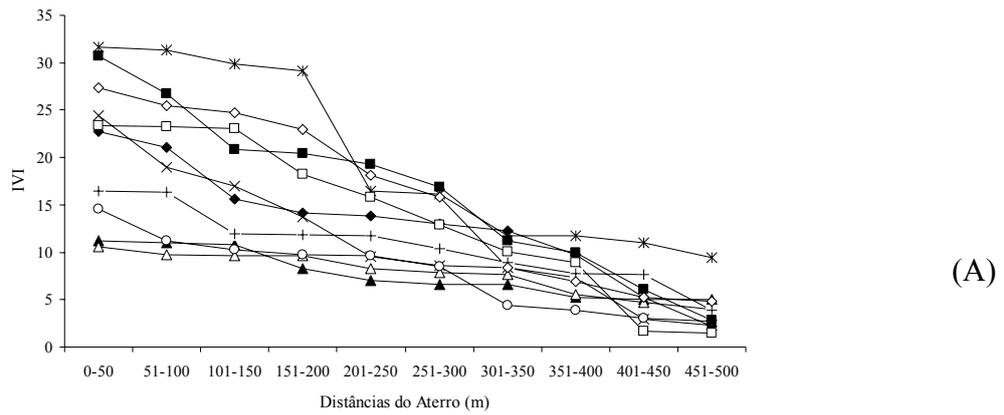


Figura 2.14: Índice de valor de importância (IVI) médio das espécies arbóreas de Cerrado nas subparcelas estudadas em áreas próximas ao aterro do Jockey Club de Brasília (BSB) e do Aterro Sanitário de Goiânia (GYN) (A e B), e em áreas controles (BSB – Controle e GYN Controle) (C).

2.4 – CONCLUSÕES

- 1) A presença de aterros sanitários não influencia na diversidade arbórea nativa de Cerrado, e sim a distribuição espacial das espécies.
- 2) A distribuição diamétrica em J-invertido não foi influenciada pela presença do aterro.
- 3) Subparcelas próximas a aterros são mais similares do que em áreas mais distantes, tanto no quesito presença e ausência de espécies quanto ao número de indivíduos por espécie, padrão não observado nas áreas controles.
- 4) Além das espécies que não apresentaram padrões na distribuição dos índices de valores de importância (IVI), dois comportamentos foram observados: espécies que apresentam altos valores de IVI próximos aos aterros, tendo uma redução a partir de áreas mais distantes, e espécies com comportamentos contrários, tendo valores de IVI menores em áreas próximas aos aterros do que em áreas distantes.

2.5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DO CAPÍTULO 2

- Andrade, L. A. Z.; Felfili, J. M.; Violatti, L. Fitossociologia de uma área de Cerrado denso na RECOR-IBGE, Brasília-DF. (2002) *Acta Botanica Brasilica*, 16 (2), 225-240.
- Angiosperm Phylogeny Group II. (2003) An update of the angiosperm phylogeny group classification for orders and families of flowering plants: APG II. *Botanic Journal Linnean Society*, 141, 399-436.
- Assunção, S. L.; Felfili, J. M. Fitossociologia de um fragmento de Cerrado *sensu stricto* na APA do Paranoá, DF, Brasil (2004). *Acta Botanica Brasilica*, 18 (4), 903-909.
- Balduino, A. P. do C.; Souza, A. L. de; Meira-Neto, J. A. A.; Silva, A. F. da; Silva Júnior, M. C. da. (2005). Fitossociologia e análise comparativa da composição florística do Cerrado da flora de Paraopeba-MG. *Revista Árvore*, 29(1), 25-34.
- Batalha, M. A.; Mantovani, W.; Mesquita Júnior, H. N. de. (2001). Vegetation structure in Cerrado physiognomies in South-eastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 61(3): 475-483.
- Begon, M.; Mortimer, M. (1996) *Population ecology: A unified study of animals and plants*. 2. ed. Oxford: Blackwell 220 p.
- Begon, M.; Harper, J. L.; Townsend, C. R. (1996) *Ecology: Individuals, populations and communities*. 3. ed. Oxford: Blackwell. 1068 p.

- Bustamante, M. M. C.; Medina, E.; Asner, G. P.; Nardoto, G. B.; Garcia-Montiel, D. C. Nitrogen cycling in tropical and temperate savannas. (2006) *Biogeochemistry*, 1573-1515.
- Breyer, L. M.; Tsuboi, E. (1996) *Sistema herbário: Manual de operações*. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1996. 109 p.
- Carter, M. R. (1993) *Soil sampling and methods of analysis*. Boca Raton: Lewis 823 p.
- Chapman, S. B. (1977) Methods in Plant Ecology. *The Journal of Ecology*, 65(2), 718-719.
- Coradin, V. T. R.; Haridasan, M.; Souza, M. R.; Silva, M. E. F.; Pereira, M. S. (2002) Influência da calagem e da adubação no crescimento de duas espécies lenhosas do Cerrado. *Brasil Florestal*, 74, 53-60.
- Colwell, R.K.; Coddington, J.A. (1994). *Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. Philosophy Transition Royal Society*, 345, 101-118.
- Darwin, A.T.; Ladd, D.; Galdins, R., Contreras, T. A.; Fahrig, L. (2004) Response of forest understory vegetation to a major ice storm. *Journal of Torrey Botanic. Society*, 131, 45-52.
- Eiten, G. (2001) *Vegetação natural do distrito federal*. Brasília: SEBRAE, 162 p.
- Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (1999) Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Brasília: Embrapa Produção da Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 412p.
- Felfili, J. M.; Nogueira, P. E.; Silva Júnior, M. C. da; Marimon, B. S.; Delitti, W. B. C. (2002) Composição florística e fitossociologia do Cerrado sentido restrito no município de Água Boa - MT. *Acta Botanica Brasilica* 16(1): 103-112.
- Felfili, M. C.; Felfili, J. M. (2001) Alfa and Beta diversity in the Cerrado sensu stricto. *Acta Botanica Brasilica*, 15(2), pp. 243-254.
- Fiedler, N. C.; Azevedo, I. N. C. de; Rezende, A. V.; Medeiros, M. B. de; Venturoli, F. (2002). Efeito de incêndios florestais na estrutura e composição florística de uma área de Cerrado *sensu stricto* na fazenda Água Limpa-DF. *Revista Árvore*, 28 (1), 129-138.
- Fonseca, M. S.; Silva Júnior, M. C.(2004) Fitossociologia e similaridade florística entre trechos de Cerrado sentido restrito em interflúvio e em vale no Jardim Botânico de Brasília, DF. *Acta Botanica Brasilica*, 18, 19-29.
- Google Earth (2007). Disponível em: <<http://earth.google.com>>. Acesso em: 30 de outubro de 2007.

- Haridasan, M. Nutrição mineral de plantas nativas do Cerrado. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 12(1): 54-64, 2000.
- Kent, M. e Coker, P. (1992). *Vegetation description and analysis: a practical approach*. New York, John Wiley & Sons. 256p.
- Kiperstock, A. (2002) *Prevenção da poluição*. Brasília: Senai, 290 p.
- Klink, C.A.; Moreira, A.G. (2002) Past and current human occupation, and land use. Pp. 69-88. In: P.S. Oliveira & J.M. Robert (eds.). *The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna*. New York, Columbia University Press.
- Klumpp, A.; Ansel, W.; Klumpp, G.; Fomin, A. (2001) Um novo conceito de monitoramento e comunicação ambiental: a rede européia para a avaliação da qualidade do ar usando plantas bioindicadoras (EuroBionet). *Revista Brasileira de Botânica*, 24(4), 511-518.
- Kovach, W.L. (1993). MVSP (*Multivariate Statistical Package*) versão 2.1. Kovach PLC.
- Libano, A. M.; Felfili, J. M. (2006) Mudanças temporais na composição florística e na diversidade de um Cerrado *sensu stricto* do Brasil Central em um período de 18 anos (1985-2003). *Acta Botanica Brasilica*, 20(4), 927-936.
- Lima, E. S.; Felfili, J. M.; Marimon, B. S. (2003) Diversity, structure and spatial distribution of palms in a Cerrado *sensu stricto* in Central Brazil - DF. *Revista Brasileira de Botânica* 26(3), 361-370.
- Magurran, A. E. (1988) *Ecological diversity and its measurement*. 2. ed. Princeton: Princeton University Press, 1988. 179 p.
- Margalef, R. (1983) *Ecologia*. 2. ed. Barcelona: Omega 951 p.
- Margalef, R. (1970). *Perspectives in ecological theory*. Chicago: Univ Press(The) 111 p.
- Marimon Júnior, B. H.; Haridasan, M. (2005) A comparison of the woody vegetation and soil characteristics of a cerradão and a Cerrado *sensu stricto* in adjacent areas on dystrophic soils in eastern Mato Grosso State, Brazil. *Acta Botanica Brasilica*, 19(4): pp. 913-926.
- Mendonça, R.C.; Felfili, J.M.; Walter, B.M.T.; Silva Júnior, M.C.; Rezende, A.V.; Filgueiras, T.S.; Nogueira, P.E. (1998) Flora vascular do Cerrado. Pp. 289-556. In: S.M. Sano e S.P. Almeida. Cerrado, Ambiente e flora. Planaltina: EMBRAPA CPAC.
- Meyer, H.A. (1952) Structure, growth and drain in balanced uneven-aged forests. *Journal of Forest*, 50, 85-92p.

- Mittermeier, R. S.; Myers, N.; Gil, P. R.; Mittermeier, C. G. (1999) *Hotspots: earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions*. Cidade do México, México, Cemex Conservation International. 50p.
- Mueller-Dombois, D. e ElleMBERG, H. (2002) *Aims and methods of vegetation ecology*. John Wiley e Sons, New York. 547 p.
- Nardoto, G. B.; Bustamante, M. M. C.; Pinto, A. S.; Klink, C. A. (2006) Nutrient use efficiency at ecosystem and species level in savanna areas of Central Brazil and impacts of fire. *Journal of Tropical Ecology*, 22(2), 191-201p.
- Neri, A. V.; Meira Neto, J. A. A.; Silva, A. F. A (2007) Woody community structure in a Cerrado sensu stricto area of the municipality of Senador Modestino Gonçalves, north of Minas Gerais State, Brazil. *Revista Árvore*, 31 (1), 123-134p.
- Prefeitura de Goiânia (2004) Disponível em: <www.goiania.go.gov.br>. Acesso em: 03 de julho de 2004.
- Ratter, J. A. e Dargie, T. C. D. (1992). An analysis of floristic composition of 26 Cerrado areas in Brazil. *Edinburgh Journal of Botany* 49 (2): 235-250.
- Salles, J. C.; Schiavini, I. (2007) Structure and composition of the regeneration layer in an urban forest fragment: implications for the dynamics and conservation of the tree community. *Acta Botanica Brasilica*, 21(1), 223-233.
- Santana, O. A.; Imaña-Encinas, J. (2005) Urban landfills and their effects on groundwater in Brazilian savanna. In: CD-ROM: *The international Congress on Environmental challenges of urbanization*. Brasília.
- Santana, O. A.; Imaña-Encinas, J. (2004) Modelo espacial de contaminação do solo e do lençol freático do aterro do Jockey Club para o parque nacional de Brasília. Brasília – DF. In: Pejon, O. J.; Zuquette, L. V. *Cartografia Geotécnica e Geoambiental (Conhecimento do Meio Físico: Base para a Sustentabilidade)* p. 453-460.
- Santos, H. G.; Coelho, M. R.; Anjos, L. H. C.; Jacomine, P. K. T.; Oliveira, V. Á.; Lumbreras, J. F.; Oliveira, J. B.; Carvalho, A. P.; Fasolo, P. J. (2003) *Propostas de revisão e atualização do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 56p. - (Embrapa Solos. Documentos; n. 53).
- Saporetto Jr., A. W.; Meira Neto, J. A. A.; Almado, R. (2003). Fitossociologia de sub-bosque de Cerrado em talhão de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden no município de Bom Despacho-MG. 2003. *Revista Árvore* 27(6):905-910.
- Serviço de Limpeza Urbana – SLU/DF (2004). Disponível em: <www.slu.df.gov.br>. Acesso em: 03 de julho de 2004.

- Shepherd, G. J. (1987) *Manual do Fitopac*, Departamento de Botânica, IB/Unicamp, Campinas. 93 pp.
- Silberbauer-Gottsberger, I. e Eiten, G. (1983) Fitossociologia de um hectare de Cerrado. *Brasil Florestal* 54: 55-70.
- Silva Júnior, M. C. da. (2004) Fitossociologia e estrutura diamétrica da mata de galeria do Taquara, na reserva ecológica do IBGE, DF. *Revista Árvore*, 28(3), p.419-428.
- Silva, L. O.; Costa, D. A.; Espírito Santo Filho, K.; Ferreira, H. D.; Brandão, D. (2002) Levantamento florístico e fitossociológico em duas áreas de Cerrado *sensu stricto* no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas, Goiás. *Acta Botanica Brasilica*, 16(1), 43-53.
- Teixeira, M. I. J. G.; Araujo, A. R. B., Valeri, S. V. (2004) Floristic and phytosociology of area of Cerrado "scritu sensu", in northeast region of São Paulo State, Brazil. *Bragantia*. 2004, 63(1), 1-11.
- Trindade, O. S.; Figueiredo, M. A. R. de. (1982) Aterro sanitário: Aspectos estruturais e ambientais. Porto alegre: Pallotti, 93 p.
- UN - UNITED NATIONS. (2006). Disponível em: <www.un.org>. Acesso em: 16 de maio de 2006.
- Zar, J. H.. *Biostatistical analysis*. 4th ed. New Jersey: Prentice Hall, 1999. 123 p.

3 – LEVANTAMENTO DAS ESPÉCIES EXÓTICAS ARBÓREAS E SEU IMPACTO NAS ESPÉCIES NATIVAS ADJACENTES A ATERROS SANITÁRIOS E ÁREAS CONTROLES

3.1 – INTRODUÇÃO

Contaminação biológica é o processo de introdução e adaptação de espécies que não fazem parte naturalmente de um dado ecossistema, mas que se naturalizam e passam a provocar mudanças em seu funcionamento. Também é denominada de poluição biológica. A introdução pode ser realizada intencional ou acidentalmente, por vias humanas ou não (Gotelli e Colwell, 2001).

Ao contrário de muitos problemas ambientais que se amenizam com o tempo, como por exemplo, a poluição química, a contaminação biológica tende a se multiplicar e constantemente, causando problemas de longo prazo que se agravam com o passar do tempo e não permitem que os ecossistemas afetados se recuperem naturalmente (Westbrooks, 1998).

Trata-se de espécies que se estabelecem em novos territórios nos quais proliferam, dispersam e persistem em detrimento de espécies próprias de ecossistemas nativos, causando alterações inevitavelmente nos processos ecológicos (Mack *et al.*, 2000).

Genovessi (2005) e Parker *et al.* (1999) apontaram algumas características que permitem que as espécies exóticas se tornem potenciais invasoras: 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.

Inúmeros termos têm sido empregados para definir espécies exóticas: não nativas, invasoras, alienígenas, daninhas, introduzidas, não-aborígenes, não-indígenas, nocivas, naturalizadas, pragas, pragas ambientais, pragas florais, pragas de áreas naturais e alóctones (Westbrooks, 1998; Randall, 1996).

Gotelli e Colwell (2001) observaram que em áreas ambientais protegidas de ações antrópicas e em estações ecológicas, alguns indivíduos de espécies de plantas exóticas em meio da vegetação nativa, ficavam às vezes concentrados, às vezes dispersos. Eles comprovaram, e corroborado por Lima (2003), que em áreas perturbadas antropicamente,

ou em vegetações de bordas a cidades há uma crescente disseminação das espécies exóticas.

Pereira e Filgueiras (1988) com trabalho desenvolvido em área de Cerrado *strictu sensu*, sobre problemas decorrentes da invasão biológica, encontraram um total de 252 espécies exóticas dentro da Reserva Ecológica do IBGE, em Brasília. Das 44 gramíneas africanas introduzidas no Brasil, onze apresentam elevado grau de agressividade e invasão (Filgueiras, 2005 e 1990).

Na África do Sul, também em regiões de savana, estima-se um total de 491 espécies exóticas (IUCN, 2000). A Nova Zelândia conta atualmente com cerca de 20 mil espécies introduzidas, mais de 70% para fins ornamentais (IUCN, 2000). Nos Estados Unidos, estima-se a introdução de mais de 4.600 espécies exóticas às ilhas havaianas, 1.045 na Califórnia e 1.180 na Flórida (Westbrooks, 1998).

Algumas espécies arbóreas exóticas já foram relatadas com este alto grau de disseminação, como é o caso das espécies de Pinus e Eucalyptus, se destacando nas invasões por altos valores da área basal em relação à vegetação nativa (Zancheta e Diniz, 2006).

Os objetivos deste capítulo foram em uma área adjacente ao aterro do Jockey Club de Brasília, outra do Aterro Sanitário de Goiânia e nas áreas controles: i) realizar o levantamento das espécies exóticas, e ii) verificar o seu impacto nos índices fitossociológicos para as plantas nativas arbóreas de Cerrado.

3.2 – MATERIAIS E MÉTODOS

O levantamento das espécies exóticas foi realizado nas quatro áreas estabelecidas no capítulo 2, conforme amostragem do item 2.2.2: Figura 2.1.

O impacto das plantas exóticas nos parâmetros fitossociológicos nas plantas nativas foi calculado segundo o Índice de Impacto Ambiental de Exóticas (IIAE), efetuado a partir do cálculo dos coeficientes do impacto ambiental (Reaser *et al.*, 2007). O cálculo foi realizado segundo a equação:

$$IIAE = - \frac{(P_{\text{exóticas}} - P_{\text{nativas}})_{\text{subárea}}}{\frac{P_{\text{total}}}{n_{\text{área}}}}$$

Sendo:

IIAE = índice de impacto ambiental de exóticas na subárea ou parcela estudada;

$P_{\text{exóticas}}$ = valor do parâmetro fitossociológico das plantas exóticas na parcela ou no ponto de amostragem;

P_{nativas} = valor do parâmetro fitossociológico das plantas nativas na parcela ou no ponto de amostragem;

P_{total} = valor do parâmetro fitossociológico total (IVI = 300; FR, DR e DoR = 100);

$n_{\text{área}}$ = número de parcelas ou pontos de amostragem.

Este índice varia de -1 a 1, sendo que -1 significa que a área não possui plantas nativas e 1 que a área não possui plantas exóticas. Segundo Reaser *et al.* (2007), valores abaixo de 0,8 já significariam uma preocupação para a biodiversidade local, pois representariam que cerca de 20% da área estaria ocupada pela vegetação exótica, necessitando uma intervenção e manejo local urgente.

A forma de dispersão de sementes para as plantas encontradas foi classificada segundo Seghieri e Simier (2002) e o Instituto Hórus (2007): Anemocórica (dispersão pelo vento), Autocórica (auto-dispersão, porém a planta não possui característica evidente de dispersão), Barocórica (dispersão pela gravidade), Ornitocórica (dispersão por pássaros), e Zoocórica (dispersão pelos animais).

A classificação quanto ao tipo de planta exótica foi definida segundo a conceituação da IUCN (2000), Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Classificação quanto ao tipo de planta exótica (IUCN, 2000).

Espécies exóticas	São as espécies, sub-espécies ou taxons inferiores introduzidos fora da sua área natural de distribuição presente ou passada, incluindo qualquer parte, gametas, sementes, ovos ou propágulos dessas espécies que possam sobreviver e posteriormente reproduzir-se.	
Classificação de espécies exóticas:	i) Contidas	São as espécies cujo potencial de invasão é reconhecido pelo histórico de invasão em outros locais, porém que se encontra com a dispersão limitada em função do uso a que se destina, por controle humano.
	ii) Invasoras	São as espécies que não existem inimigos naturais para limitar sua reprodução e disseminação, resultando elevado potencial de colonização, ameaçando ecossistemas, habitats e espécies nativas.
	iii) Introduzidas	São as espécies cujo potencial de invasão é reconhecido pelo histórico de invasão em outros locais, porém sem expressão de invasão, ou seja, em estado latente.
	iv) Estabelecidas	São as espécies cujo potencial de invasão é reconhecido pelo histórico de invasão em outros locais, já em estágio de auto-regeneração em nível local.

Ajustes da distribuição dos números de indivíduos pelas subparcelas, para determinação da reta, equação e coeficiente de determinação (R^2), foram realizados pelo programa Statistica 5.0.

3.3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Vinte e três espécies exóticas foram encontradas nas subparcelas de estudo, distribuídas em 13 famílias (Tabela 3.2 e 3.3). Apesar do grande número de espécies exóticas encontradas, poucos indivíduos foram amostrados para cada espécie.

Tabela 3.2 – Número de espécies e famílias nativas de Cerrado e exóticas nas áreas de estudos adjacentes ao aterro do Jockey Club de Brasília (BSB) e do Aterro Sanitário de Goiânia (GYN) e em duas áreas controles estabelecidas (BSB – Controle e GYN – Controle).

		Espécies	Famílias
BSB	Nativas	70	30
	Exóticas	10	8
BSB - Controle	Nativas	71	39
	Exóticas	3	2
GYN	Nativas	73	36
	Exóticas	12	11
GYN - Controle	Nativas	61	30
	Exóticas	0	0

Das 252 espécies exóticas levantadas por Pereira e Filgueiras (1988) em áreas de Cerrado, 47 eram espécies arbóreas-arbustivas. Oficialmente no Brasil, foram catalogadas 55 espécies arbóreas-arbustivas exóticas (Instituto Hórus, 2007). Neste trabalho foram registrados aproximadamente 50% do número de espécies registradas.

A espécie que obteve maior número de indivíduos foi a *Ricinus communis*, com 8 indivíduos nas parcelas estudadas próximo ao aterro Sanitário de Goiânia. Nas subparcelas estudadas próximo ao aterro do Jockey Club de Brasília, *Citrus limon* com 4 indivíduos e *Tecoma stans* com 3 foram as espécies com maiores números de indivíduos.

Ricinus communis, popularmente chamada de “mamona” utilizada principalmente para produção do biodiesel e extração do óleo, se desenvolve em praticamente todos os tipos de solo brasileiro, com preferência de solos férteis e bem drenados, em regiões com precipitação anual próximas de 700 mm (Távora, 1982). Áreas perturbadas de Cerrado, principalmente pela construção civil, e seus resíduos, têm essa espécie sua maior incidência (Távora, 1982). Sua dispersão é dada principalmente por pássaros, o que facilita sua propagação (Seghieri e Simier, 2002).

Tabela 3.3 – Composição das espécies exóticas, suas respectivas famílias e número de indivíduos encontrados nas áreas de estudos adjacentes ao aterro do Jockey Club de Brasília (BSB) e do Aterro Sanitário de Goiânia (GYN) e em duas áreas controles estabelecidas (BSB - Controle e GYN - Controle).

Espécie Exótica	Família	Número de indivíduos			
		Aterros		Controles	
		BSB	GYN	BSB	GYN
<i>Acacia mearnsii</i> De Wild.	Mimosaceae	2	-	-	-
<i>Casuarina equisetifolia</i> L.	Casuarinaceae	-	3	-	-
<i>Citrus aurantium</i> Risso.	Rutaceae	-	1	-	-
<i>Citrus limon</i> (L.) Burm. F.	Rutaceae	4	-	-	-
<i>Eucalyptus grandis</i> W. Hill ex Maiden	Myrtaceae	1	-	-	-
<i>Eucalyptus robusta</i> Sm.	Myrtaceae	-	1	-	-
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) R. de Wit.	Mimosaceae	1	-	-	-
<i>Ligustrum japonicum</i> Thunb.	Oleaceae	-	2	-	-
<i>Ligustrum lucidum</i> Hort.	Oleaceae	1	-	-	-
<i>Melia azedarach</i> L.	Meliaceae	-	1	-	-
<i>Morus nigra</i> L.	Moraceae	-	1	-	-
<i>Musa ornata</i> Roxb. Kuntze	Musaceae	-	1	-	-
<i>Musa rosacea</i> L.	Musaceae	-	2	-	-
<i>Pinus caribaea</i> Morelet.	Pinaceae	-	-	1	-
<i>Pinus elliottii</i> L.	Pinaceae	-	1	-	-
<i>Pinus taeda</i> var. <i>Heterophylla</i> Elliott	Pinaceae	1	-	-	-
<i>Pittosporum undulatum</i> Vent.	Pittosporaceae	-	1	-	-
<i>Psidium guajava</i> L.	Myrtaceae	1	-	1	-
<i>Ricinus communis</i> L.	Euphorbiaceae	-	8	-	-
<i>Spathodea campanulata</i> P. Beauv	Bignoniaceae	-	1	-	-
<i>Syzygium cumini</i> (L) Skeels	Myrtaceae	1	-	-	-
<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. Ex Kunth.	Bignoniaceae	3	-	1	-
<i>Terminalia cattapa</i> L.	Combretaceae	2	-	-	-

Citrus limon, popularmente conhecida por limoeiro, é frequentemente utilizado na dieta alimentar humana e por isso bastante propagada pelo Brasil e pelo mundo. No Cerrado a sua disseminação está principalmente atribuída ao homem (Instituto Hórus, 2007). A presença dessa espécie em áreas adjacentes a aterros pode se atribuir aos resíduos domiciliares, que contêm as sobras com suas sementes.

Tecoma stans conhecido como ipê-de-jardim é utilizado para projetos de arborização, urbanização e paisagísticos (Instituto Hórus, 2007). Apesar de ser bastante vistosa e brotar por estacas, esta espécie exótica abafa a vegetação nativa por formar aglomerados densos, retardando a regeneração natural em áreas degradadas; diminui a biodiversidade, inclusive inutilizando pastos (Lorenzi, 2000).

Estas e as espécies amostradas têm síndromes de dispersão de sementes favoráveis (Tabela 3.4), pois a maioria delas são anemocóricas, ou seja, têm sua dispersão de sementes pelo vento, o que permitem uma propagação por grandes distâncias da árvore de

origem (árvore-mãe). Animais e insetos (zoocoria), particularmente pássaros (ornitocoria), favorecem também esta propagação a longas distâncias.

Tabela 3.4 – Forma de dispersão natural de sementes e classificação quanto ao tipo de exótica das espécies amostradas nas áreas de estudos adjacentes ao aterro do Jockey Club de Brasília (BSB) e do Aterro Sanitário de Goiânia (GYN) e em duas áreas controles estabelecidas (BSB - Controle e GYN - Controle).

Espécie	Forma de Dispersão*	Classificação**
<i>Acacia mearnsii</i>	Anemocórica/Ornitocórica	Est.
<i>Casuarina equisetifolia</i>	Anemocórica	Inv.
<i>Citrus aurantium</i>	Barocórica	Est./Cont.
<i>Citrus limon</i>	Barocórica	Est.
<i>Eucalyptus grandis</i>	Anemocórica	Intr./Cont.
<i>Eucalyptus robusta</i>	Anemocórica	Intr.
<i>Leucaena leucocephala</i>	Zoocórica	Inv.
<i>Ligustrum japonicum</i>	Zoocórica	Inv.
<i>Ligustrum lucidum</i>	Zoocórica	Inv.
<i>Melia azedarach</i>	Ornitocórica	Inv.
<i>Morus nigra</i>	Ornitocórica	Inv.
<i>Musa ornata</i>	Autocórica/Zoocórica	Inv.
<i>Musa rosacea</i>	Autocórica/Zoocórica	Inv.
<i>Pinus caribaea</i>	Anemocórica	Intr.
<i>Pinus elliottii</i>	Anemocórica	Intr.
<i>Pinus taeda</i> var. <i>heterophylla</i>	Anemocórica	Intr.
<i>Pittosporum undulatum</i>	Ornitocórica/Barocórica	Inv.
<i>Psidium guajava</i>	Zoocórica	Inv.
<i>Ricinus communis</i>	Ornitocórica	Inv.
<i>Spathodea campanulata</i>	Anemocórica	Inv.
<i>Syzygium cumini</i>	Ornitocórica	Inv.
<i>Tecoma stans</i>	Anemocórica	Inv.
<i>Terminalia cattapa</i>	Anemocórica	Inv.

*Fonte: Seghieri e Simier (2002); Instituto Hórus (2007).

**Classificação e Fonte: IUCN (2000) (Est. = estabelecidas; Inv. = invasoras; Intr. = introduzidas; Cont. = contidas).

Além destes tipos de dispersão, outras espécies relatadas como a *Citrus aurantium* possui síndrome de dispersão por barocoria, que seria por gravidade, o que não permite a sua distribuição por grandes distâncias de suas origens. Colautti *et al.* (2005) observaram que estas espécies foram introduzidas em parques e em unidades de conservação pelo próprio homem, diretamente pelo cultivo de plantas para ornamentos ou indiretamente, pelo consumo de frutas nesses locais ou o transporte de sementes, sem perceber, grudadas em carros ou na roupa.

Nas subparcelas estudadas tomaram-se em considerações vários fatores que permitiram explicar o aparecimento das espécies amostradas: 1º) pela forma de dispersão; 2º) pela introdução, frequentemente em projetos de implantação de aterros cria-se uma barreira de vegetação para não propagação do odor, causado pelos resíduos sólidos e pelo chorume, principalmente com plantas exóticas do *Pinus* e *Eucalyptus*; 3º) Pelo trânsito de pessoas e carros próximos aos aterros, podendo trazer sementes a estes locais; e 4º) Pelos próprios resíduos sólidos e lixos domiciliares conterem resto de frutas, solos e xaxim que podem trazer sementes e ajudar a disseminar plantas exóticas. Blumenthal (2005) corrobora com estes fatores e culpa principalmente o homem, direta ou indiretamente, pela invasão de plantas exóticas em habitats naturais.

D'Antonio e Kark (2002) também observaram que em regiões antrópicas ou próximas a da dispersão de plantas exóticas eram bastante significativas do que em áreas menos antropizadas. Corroborando com a observação acima, a Figura 3.1 nos mostra nas subparcelas estudadas a diferença de padrão na distribuição das espécies nativas e exóticas.

As espécies nativas se distribuem de forma equitativa, enquanto as espécies exóticas possuem um número maior de indivíduos nas subparcelas mais próximas aos aterros do que em subparcelas mais distantes, padrão não observado nas áreas controles.

Observa-se assim a influencia da presença do aterro para a distribuição das plantas exóticas, confirmada também, pela porcentagem do índice de valor de importância (IVI) das plantas exóticas para o IVI total (IVI das plantas nativas + IVI das plantas exóticas). O impacto das plantas exóticas no IVI se mostra maior nas subparcelas mais próximas aos aterros (Figura 3.2).

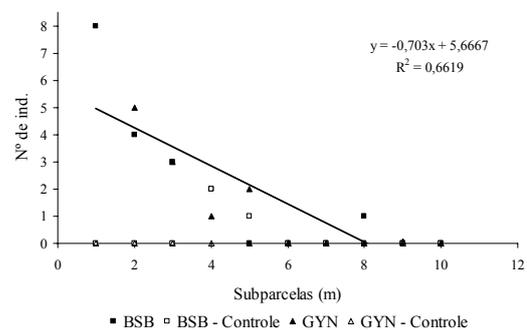
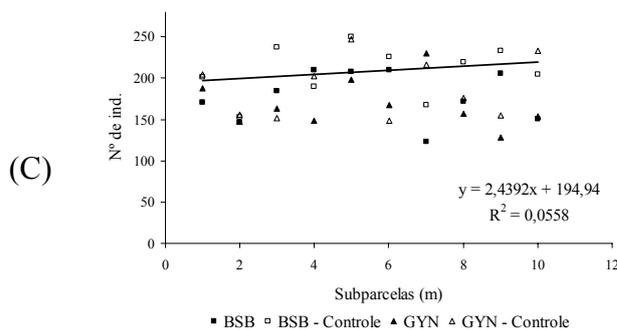
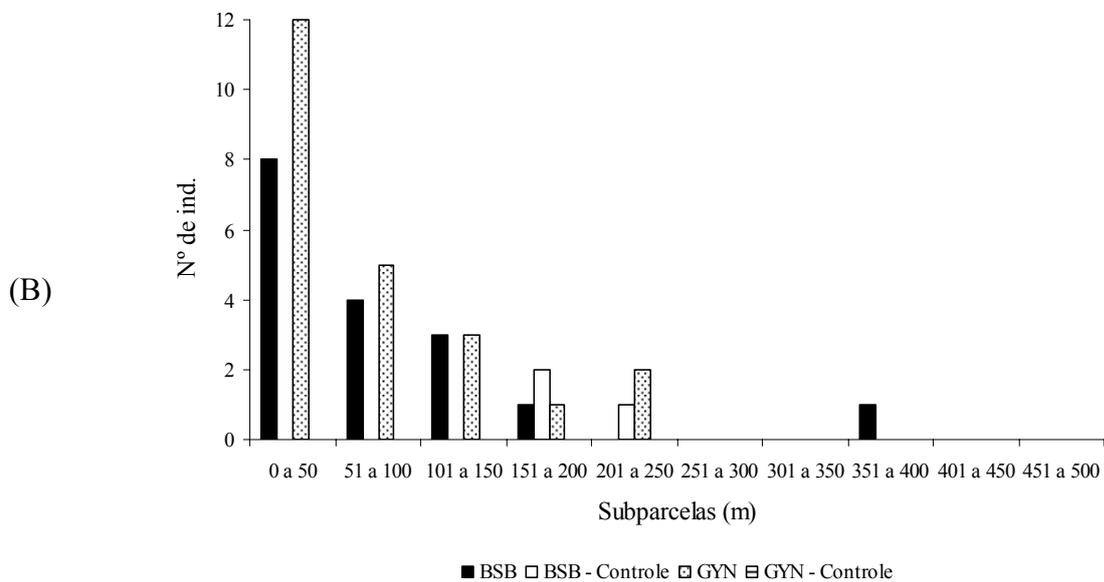
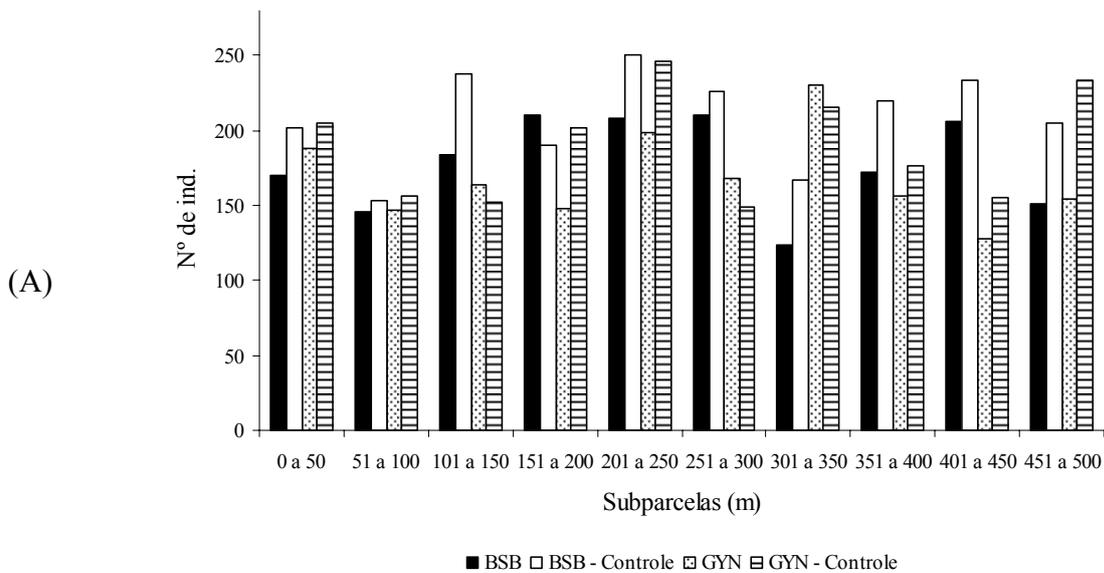


Figura 3.1 – Distribuição dos indivíduos das espécies nativas (A) e das espécies exóticas (B) nas áreas de estudos adjacentes ao aterro do Jockey Club de Brasília (BSB) e do Aterro Sanitário de Goiânia (GYN), e em duas áreas controles estabelecidas (BSB - Controle e GYN - Controle). (C) representa os ajustes dos gráficos (A) = (C.1) e (B) = (C.2).

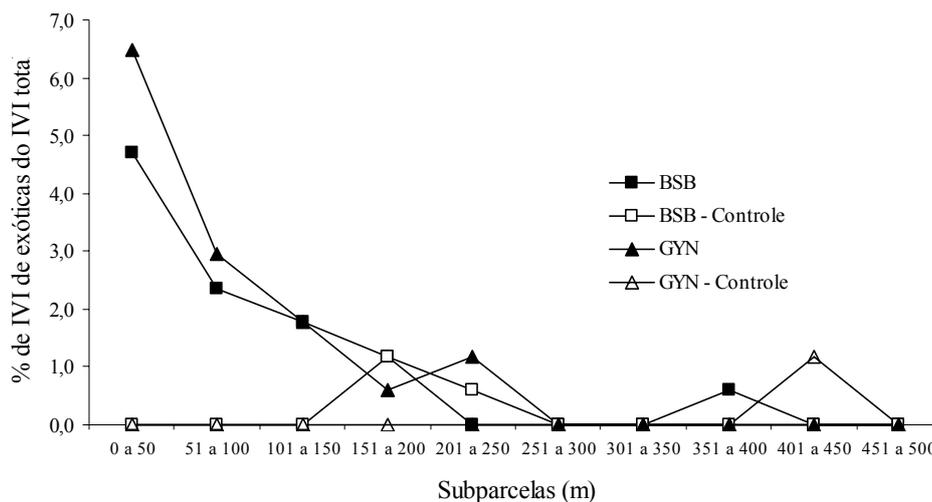


Figura 3.2 – Porcentagem do índice de valor de importância (IVI) de plantas exóticas do IVI total nas áreas de estudos adjacentes ao aterro do Jockey Club de Brasília (BSB) e do Aterro Sanitário de Goiânia (GYN), e em duas áreas controles estabelecidas (BSB - Controle e GYN - Controle).

Corroborando com a Figura 3.2, quando se calculou o índice de impacto ambiental de exóticas (IIAE – Figura 3.3), os valores de IIAE mostraram o maior impacto das espécies exóticas nas espécies nativas foram em áreas mais próximas dos aterros, apresentando valores entre 0,995 a 0,998, do que áreas mais distantes dos aterros.

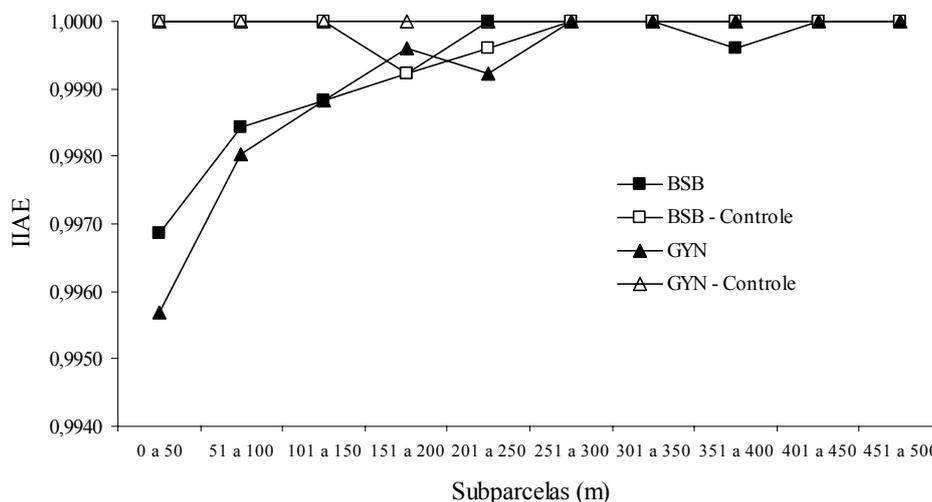


Figura 3.3 – Índice de impacto ambiental de plantas exóticas (IIAE) pelas distâncias das parcelas estudadas nas áreas de estudos adjacentes ao aterro do Jockey Club de Brasília (BSB) e do Aterro Sanitário de Goiânia (GYN), e em duas áreas controles estabelecidas (BSB - Controle e GYN - Controle).

Reaser *et al.* (2007) obtiveram em algumas áreas valores negativos (-0,5), onde mais de 75% da área de estudo (em ilhas) fora dominado por plantas exóticas. Genovesi (2005) também descreveu altos valores de índices de impacto ambiental por espécies exóticas em várias áreas da Europa.

Leung *et al.* (2002) e Kolar e Lodge (2002) discutiram em seus trabalhos a importância dos índices de avaliação ambiental para o alerta de manejo e monitoramento das plantas exóticas sobre as nativas, porém deixaram evidentes que a presença de um único indivíduo de planta exótica poderá ser suficiente a longo e médio prazo a uma disseminação da espécie no habitat natural.

Nas áreas amostradas situadas próximas aos aterros, poucos indivíduos foram amostrados de plantas exóticas, porém os indivíduos arbóreos estavam bem estabelecidos, como é o caso de um *Pinus elliottii* em Goiânia com 24 m de altura de 30 cm de diâmetro.

Filgueiras (2005), Blumenthal (2005), Lima (2003) e Lorenzi (2000) alertam que países tropicais são excelentes *habitats* para as plantas exóticas, principalmente o Brasil, pois além de fornecer clima e substrato suscetíveis a sua propagação, as espécies exóticas estão livres de competidores, predadores e parasitas, apresentando vantagens fitofisiológicas competitivas com relação a espécies nativas.

No Cerrado esta preocupação ainda é maior, as práticas erradas de manuseio dos ecossistemas, como a remoção de áreas florestais, queimadas anuais para preparo da terra, erosão e pressão excessiva de pastoreio contribuem para a perda de diversidade natural e fragilidade do meio a invasões (Hoffmann *et al.*, 2004; Ziller, 2000).

3.4 – CONCLUSÕES

- 1) 22 espécies exóticas foram encontradas nas parcelas estudadas próximos aos aterros distribuídas em 13 famílias. Apenas 2 espécies foram encontradas nas áreas controle.
- 2) A presença de aterros aumenta a incidência de espécies exóticas arbóreas, causando um gradiente na distribuição de seus indivíduos, padrão não observado nas áreas controles.
- 3) Há um gradiente de contaminação biológica, que se origina no lixão e se desenvolve na direção das áreas com vegetação nativa.

3.5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DO CAPÍTULO 3

Blumenthal, D. (2005) Interrelated causes of plant invasion. *Science*, 310: 243–244.

- Colautti, R.I.; Muirhead, J.R.; Biswas, R.N. e MacIssac, H.J. (2005) Realized versus apparent reduction in enemies of the European starling. *Biological Invasions* 7: 723–732.
- D’Antonio, C.M. e Kark, S. (2002) Impacts and extent of biotic invasions in terrestrial ecosystems. *Trends in Ecology and Evolution* 17: 202–204.
- Filgueiras, T. S. (2005) Asiáticas no Brasil: Gramíneas (Poaceae) introduzidas da Ásia. *Eugeniana*, 28: 3-18.
- Filgueiras, T. S. (1990) Africanas No Brasil: Gramíneas Introduzidas Na África. *CADERNOS DE GEOCIENCIAS*, Rio de Janeiro, 5: 57-63.
- Instituto Hórus (2007) Espécies Exóticas Invasoras: Fichas técnicas. Disponível em: <http://www.institutohorus.org.br/inf_fichas.htm>. Acesso em: 21 de janeiro de 2007.
- IUCN - International Union for conservation of nature and natural resources. (2000) IUCN guidelines for the prevention of biodiversity loss caused by alien invasive species. 51st meeting of Council, February.
- Gotelli, N. J. e Colwell , R. K. (2001) Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters* 4: 379-391.
- Genovesi, P. (2005) Eradications of invasive alien species in Europe: a review. *Biological Invasions* 7: 127–133.
- Hoffmann, W.A.; Lucatelli, V. M. P. C.; Silva, F. J.; Azevedo, I. N. C.; Marinho, M. da S.; Albuquerque, A. M. S.; Lopes, A. de O. e Moreira, S. P. (2004) Impact of the invasive grass *Melinis minutiflora* at the savanna-forest ecotone in the Brazilian Cerrado. *Diversity and Distributions*, 10: 99-103.
- Leung, B.; Lodge, D.M.; Finnoff, D.; Shogren, J.F.; Lewis, M.A. e Lamberti, G. (2002) An ounce of prevention or a pound of cure: bioeconomic risk analysis of invasive species. *Proceedings of the Royal Society of London* 269: 2407–2413.
- Lima, L. (2003) Espécies invasoras. *Rev. Galileu*, 145: 45-56.
- Kolar, C.S. e Lodge, D.M. (2002) Ecological predictions and risk assessment for alien fishes in North America. *Science* 298: 1233–1236.
- Lorenzi, H. (2000) *Plantas Daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas*, 3, São Paulo, Nova Odessa, 69p., Livro.
- Mack, R.N.; Chair; S. D.; Lonsdale, W. M.; Evans, H.; Clout, M. e Bazzaz, F. (2000) Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences and control. In: *Issues in Ecology* n. 5, Spring. 20p.

- Parker, I.M.; Simberloff, D.; Lonsdale, W. M.; Goodell, K.; Wonham, M.; Kareiva, P. M.; Williamson, M. H.; Holle, B.V.; Moyle, P. B.; Byers, J. E. e Goldwasser, L. (1999) Impact: toward a framework for understanding the ecological effects of invaders. *Biological Invasions* 1: 3–19.
- Pereira, B. A. S. e Filgueiras, T. S. (1988) Levantamento Qualitativo das Espécies Invasoras da Reserva Ecologica do IBGE, Brasilia (DF), Brasil. *Cadernos de Geociências*, 1: 29-38.
- Randall, J. M. (1996) Weed control for the preservation of biological diversity. *Weed technology*, 10: 370-383.
- Reaser, J. K.; Meyerson, L. A.; Cronk, Q.; Poorter, M.; Eldrege, L. G.; Green, E.; Kairo, M.; Latasi, P.; Mack, R. N.; Mauremootoo, J.; O’dowd, D.; Orapa, W.; Sastroutomo, S.; Saunders, A.; Shine, C.; Thrainsson, S. e Vaiutu, L. (2007) Ecological and socioeconomic impacts of invasive alien species in island ecosystems. *Environmental Conservation* 34 (2): 98–111.
- Seghieri, J. e Simier, M. (2002) Variations in phenology of a residual invasive shrub species in Sahelian fallow savannas, south-west Niger. *Journal of Tropical Ecology*, 18: 897-912
- Távora, F.J.F. *A cultura da mamona*. Fortaleza: EPACE, 1982. 59p.
- Westbrooks, R. (1998). Invasive plants: changing the landscape of America: fact book. Washington, DC: *Federal Interagency Committee for the Management of Noxious and Exotic Weeds*. 107 p.
- Zanchetta, D. e Diniz, F. V. (2006) Estudo da contaminação biológica por *Pinus* spp. em três diferentes áreas na estação ecológica de Itirapina (SP, Brasil) *Revista do Instituto Florestal* 18: 1-14.
- Ziller, S. R. (2000) *A Estepe Gramíneo-Lenhosa no segundo planalto do Paraná: diagnóstico ambiental com enfoque à contaminação biológica*. Tese de doutorado. Curitiba: Universidade Federal do Paraná. 268 p.

4 – CARACTERIZAÇÃO E GRADIENTE DAS CONCENTRAÇÕES QUÍMICAS DO SOLO E DA ÁGUA SUBTERRÂNEA ADJACENTES A ATERROS SANITÁRIOS E SUA COMPARAÇÃO COM ÁREAS CONTROLES

4.1 – INTRODUÇÃO

A poluição do solo e de águas superficiais e subterrâneas, provocada por resíduos sólidos urbanos, passou a ser motivo de estudos em todo o mundo, principalmente nos países industrializados, dado ao reconhecido potencial poluidor e o grande volume gerado diariamente (Costa e Costa, 2004). A possibilidade de contaminação ambiental, associada à necessidade de grandes áreas para a disposição e tratamento, tornou a solução para o problema do lixo urbano um dos mais sérios desafios para as administrações públicas.

Os efeitos da poluição ambiental são muito mais complexos e difusos do que se poderiam avaliar de início; suas conseqüências, além de disseminadas, podem ser também cumulativas e crônicas, tornando mais complexa a ação de despoluir (Castagnino, 2006). Uma fonte poluidora exerce efeitos de diferentes dimensões sobre a biosfera e a biota, atingindo, conseqüentemente, o solo e as águas (Costa e Costa, 2004).

Os resíduos sólidos são considerados a expressão mais visível e concreta dos riscos ambientais, ocupando um importante papel na estrutura de saneamento de uma comunidade urbana e, conseqüentemente, nos aspectos relacionados à saúde pública. Além das conseqüências para a saúde comunitária, deve-se considerar ainda o impacto que a disposição inadequada desses resíduos provoca no solo, nos recursos hídricos e conseqüentemente na vegetação (Brasil, 2002).

Segundo o Serviço de Limpeza Urbana do Distrito Federal, o aterro do Jockey Clube de Brasília recebe diariamente cerca de 1.800 toneladas de lixo, oriundas de todas as regiões administrativas do Distrito Federal (SLU/DF, 2004); e o aterro sanitário de Goiânia cerca de 1.200 toneladas/dia (Prefeitura de Goiânia, 2004). Assumindo que esse despejo de lixo seja mantido, a capacidade de armazenamento desses aterros sanitários se esgotará antes de alcançar 15 anos.

Sisinno (2003) observou que ao passar dos anos em regiões adjacentes a aterros sanitários, se produziu uma mudança na estrutura física e química do solo, fenômeno também constatado por Santana e Imaña-Encinas (2004). Essas mudanças são diretamente

aferidas nos aumentos das concentrações de alguns elementos químicos. Santana e Imaña-Encinas (2005) observaram o aumento significativo de nutrientes, principalmente em regiões bem próximas aos depósitos de lixo. Sisino (2003) também descreveu em seus trabalhos, o aumento da concentração de metais pesados no solo e no lençol freático, inclusive com conseqüências para a saúde humana.

Isto se deve principalmente pela falta de manejo e manutenção dos aterros a partir de sua implementação (Yen e Scanlon, 1975), somados com a alta porosidade, permeabilidade, e drenagem, características do solo de Cerrado (Juhasz *et al.*, 2007; Adamoli *et al.*, 1986).

Os objetivos desse capítulo para as subparcelas estabelecidas para amostragem dos dados em áreas próximas aos aterros sanitários foram: i) quantificar as concentrações de nutrientes, metais e algumas variáveis abióticas do solo e da água subterrânea; ii) descrever ao longo do gradiente a variação dessas concentrações; iii) ordenar as áreas de estudos por variáveis significativas; iv) quantificar a importância relativa de cada variável; e v) comparar as concentrações médias das variáveis abióticas com as áreas controles.

4.2 – MATERIAIS E MÉTODOS

4.2.1 – Amostragem e análise de solo e água subterrânea

Os pontos de amostragem de solo e de água subterrânea seguiram a metodologia proposta por Carter (1993), sendo representado na Figura 4.1, a subparcela retirada das parcelas de estudos (Figura 2.1, item 2.2.2 do Capítulo 2).

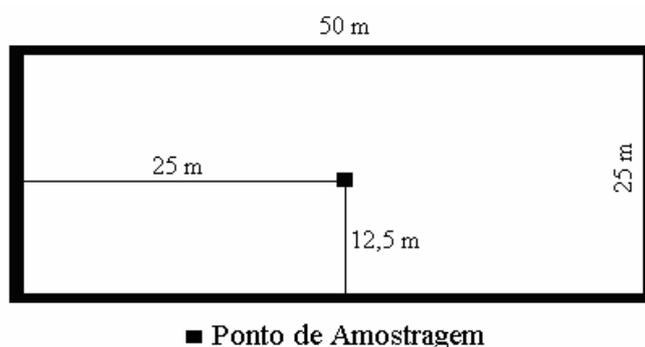


Figura 4.1 – Subparcela e ponto de amostragem de solo e água subterrânea.

Todos os materiais utilizados para a coleta de amostras e seu correspondente acondicionamento foram de polietileno e previamente submergidos em solução de ácido

nítrico a 30 % por 24 horas, para eliminação de metais interferentes (Voegborlo *et al.*, 1999).

Para a coleta de amostras de solo, foram utilizados instrumentos de jardinagem de teflon. Para o armazenamento do material foram utilizadas caixas de polietileno providas de tampa (28 x 40 x 12 cm).

Em cada um dos pontos delimitados foi coletada uma amostra de solo de aproximadamente 500 g, para tanto foi feito um quadrado de 20 x 20 cm, onde foi realizada uma escavação de até 20 cm de profundidade, de onde foi retirada a amostra, seguindo a metodologia de Carter (1993).

A água subterrânea foi coletada por um tudo de PVC que continha dentro uma fina mangueira (Figura 4.2), conectado no final por um filtro semipermeável. Através de uma bomba de sucção foi criado um potencial negativo de -10 kPa (vácuo na mangueira), fazendo com que a água subterrânea e lixiviada do solo subissem, sendo coletado 200 ml em cada amostra. O método desenvolvido seguiu os pressupostos de condutividade hidráulica em solos (Bacchi e Reichardt, 1993; Campos *et al.*, 2003).

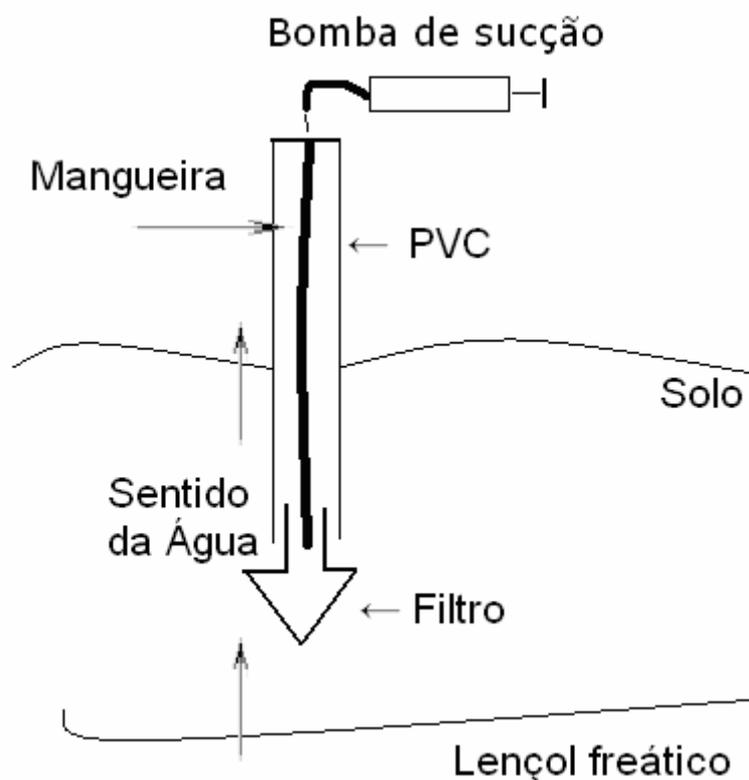


Figura 4.2 – Esquema de retirada de água do lençol freático

As coletas de solo e da água subterrânea foram realizadas de novembro de 2004 a dezembro de 2005, em dias sem precipitações maiores de 0,9mm, ou anteriormente

ocorrida (Reichardt *et al.*, 1995). Isto devido a três motivos: i) não diluição da amostra; ii) por causa da fixação dos elementos químicos ou substâncias químicas na camada estudada; e iii) no caso de lixiviação dos elementos ou substâncias químicas, foram detectados na água subterrânea (Reichardt *et al.*, 1995). No total foram 120 pontos de amostragem nas áreas estudadas, 60 em áreas próximas aos aterros e 60 em áreas controles.

Todas as amostras de solo foram secadas a 40°C e peneiradas (< 2mm).

A concentração nitrogênio total (Nt) foi determinada com um analisador CNS (Elementar Vario EL, Analysensysteme, D-63542 Hanau, Germany) (Ferrerias *et al.*, 2001). A partir da dissolução em HNO₃ e HClO₄, as concentrações disponíveis no solo de alumínio, cálcio, potássio, magnésio e zinco foram determinadas por um espectrômetro (Varian SpectrAA 400, Varian Australia Pty Ltd, Mulgrave, Victoria 3170, Australia); P por um espectroscópio (ICP-AES, GBC Intrega XMP, GBC Scientific Equipment Pty Ltd, Dandenong, Victoria 3175, Australia) (Carneiro *et al.*, 2001). Para os metais disponíveis no solo cobre, cádmio, cromo, ferro, mercúrio, manganês e chumbo foram utilizados espectrômetro de emissão atômica com fonte de plasma (ICP/AES), marca SPECTRO, modelo SPECTROFLAME FVM03 (Fontaneli *et al.*, 2002). A medição do pH foi realizada em medidor de pH digital (Digimed, modelo DMPH-2) combinado com um eletrodo de vidro (Analyser, modelo 2A09E) e a matéria orgânica (MO – carbono oxidável) pelo método de Kjeldahl (Isoldi *et al.*, 2003).

Os limites de detecção de cada elemento variaram segundo os métodos de análise de 0,0001 mg/L <math>\chi>0,4 mg/L, conforme proposto por Pavan e Miyazawa (1996).

A licença para as coletas referidas foi autorizada pela licença n° 021/2005 IBAMA, Processo n° 02001.000403/05-97. Todas as análises foram feitas pelo laboratório Bioágua (Goiânia/GO) em parceria com os aterros referidos.

4.2.2 – Análise dos dados

4.2.2.1 – Análise dos componentes principais (ACP)

A análise de componentes principais (ACP) foi realizada para reduzir as 16 variáveis amostradas nas parcelas, baseada na matriz de correlação dessas variáveis, com o uso do programa PC-ORD 4.0 (McCune e Mefford, 1999). De acordo com a regra de Kaiser-Guttman (Kaiser, 1960) componentes com autovetores maiores ou igual a 1

poderiam permanecer para explicar possíveis agrupamentos das áreas estudadas, neste trabalho representado pelas subparcelas.

Para cada ACP, foi construído o círculo de autovetores das variáveis e o diagrama de ordenação das amostras, para os dois primeiros componentes, representados pelos eixos x e y (respectivamente, primeiro e segundo eixo). No diagrama de ordenação, desenhou-se uma elipse da área de segurança (coeficiente de 0,95) do conjunto de amostras de cada agrupamento de solos e de água subterrânea (Valentin, 2000). A probabilidade de que os valores caiam dentro da área marcada pela elipse é em função do valor do coeficiente que controla o tamanho da elipse (StatSoft, 1997). A porcentagem da variância das variáveis selecionadas em conjunto para a explicação do modelo com todas as variáveis, em cada eixo, também foi calculado (Valentin, 2000).

Na ACP, cada sítio tem um valor para cada componente. Esses componentes podem ser considerados como “supervariáveis”, construídas pela combinação da correlação entre as variáveis e são extraídos em ordem decrescente de sua contribuição para a variação total dos dados (Valentin, 2000). O Autovetor é o valor que representa o peso de cada variável em cada componente (eixos) e funciona como coeficientes de correlação que variam de -1 até $+1$. As variáveis com elevado autovetor no primeiro eixo tendem a ter autovetor inferior no segundo eixo. Autovalor é o valor que representa a contribuição relativa de cada componente para explicar a variação total dos dados.

O processo de extrair eixos pode ir até o número de eixos ou componentes igualar-se ao número de variáveis, porém os eixos posteriores vão contribuir cada vez menos para explicar os dados, o que justifica a retirada de variáveis pouco significativas (Kent e Coker, 1992).

4.2.2.2 – Modelo de redes neurais

A importância relativa de cada variável independente reduzida pela análise de componentes principais foram examinadas utilizando o modelo de redes neurais artificiais.

As variáveis independentes selecionadas representaram em conjunto um novo modelo. Deste modelo foi retirado cada variável para se obter o impacto dela no modelo geral. Isso foi mensurado pelo valor do coeficiente de determinação do modelo de redes neurais R_{NN}^2 que foi calculado segundo a seguinte equação (Haykin, 2001), após a retirada de cada variável:

$$R_{NN}^2 = \frac{\sum_{i=1}^j \left(\frac{Ro_i}{x_i^m} \right)}{\sum_{i=1}^j \left(\frac{1}{x_i^m} \right)}$$

sendo que Ro_i = valor calculado da variável na subparcela i ; x_i = distância euclidiana entre a i -ésima subparcela e a subparcela i ; m = expoente da distância euclidiana, adimensional, e j número de subparcelas, adimensional.

Segundo Haykin (2001), quanto menor for o valor de R_{NN}^2 após a retirada da variável do modelo geral, mais representativa será a variável.

O modelo de redes neurais foi executado pelo programa Java Neural Network Simulator – JavaNNS v1.1 (Figura 4.3; Fischer *et al.*, 2001).

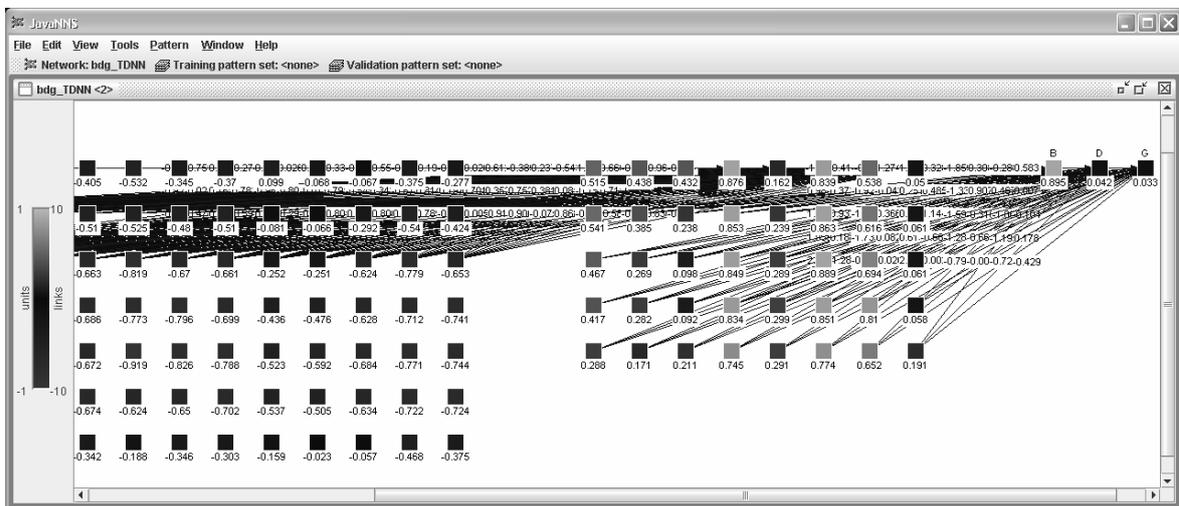


Figura 4.3 – Layout de saída dos dados de R_{NN}^2 após as retiradas de algumas variáveis.

4.2.2.3 – Outras análises

Ajustes lineares dos pontos de dispersão entre as concentrações químicas e as distâncias das subparcelas foram efetuados para o cálculo do coeficiente de determinação (R^2), pelo programa Statistic 5.1 (StatSoft, 1997).

4.3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

As tabelas 4.1, 4.2, 4.3 e 4.4 apresentam as concentrações das variáveis abióticas analisadas, no gradiente espacial das subparcelas amostradas nas áreas estabelecidas próximas aos aterros, e compara as concentrações médias com as áreas controles.

Tabela 4.1 – Valores médios (\pm desvio padrão) das variáveis ambientais no solo em subparcelas do aterro do Jockey Club de Brasília e no controle.

Variável Ambiental	Distância do aterro (m)										Média	Controle
	0-50	51-100	101-150	151-200	201-250	251-300	301-350	351-400	401-450	451-500		
pH em H2O	6,3 $\pm 0,33$	5,8 $\pm 0,52$	6,1 $\pm 0,31$	5,5 $\pm 0,18$	5,5 $\pm 0,41$	5,4 $\pm 0,34$	5,4 $\pm 0,18$	5,1 $\pm 0,71$	4,8 $\pm 0,30$	4,9 $\pm 0,19$	5,4	4,1
MO (%)	4,18 $\pm 10,15$	5,12 $\pm 7,30$	3,56 $\pm 4,26$	3,71 $\pm 5,19$	3,14 $\pm 14,51$	3,12 $\pm 9,17$	3,30 $\pm 1,49$	3,20 $\pm 3,25$	2,96 $\pm 5,36$	2,93 $\pm 4,12$	3,52	2,70
Nt (%)	0,84 $\pm 0,05$	0,83 $\pm 0,10$	0,78 $\pm 0,17$	0,63 $\pm 0,02$	0,61 $\pm 0,16$	0,5 $\pm 0,11$	0,51 $\pm 0,051$	0,52 $\pm 0,06$	0,54 $\pm 0,21$	0,55 $\pm 0,10$	0,63	0,05
P (mg/100g)	9,73 $\pm 1,12$	8,54 $\pm 0,71$	7,66 $\pm 0,87$	5,12 $\pm 0,67$	4,13 $\pm 0,21$	3,01 $\pm 1,02$	2,12 $\pm 0,51$	1,05 $\pm 0,14$	2,12 $\pm 0,96$	1,07 $\pm 0,41$	4,46	0,4
K (mg/100g)	15,86 $\pm 2,15$	13,94 $\pm 1,48$	13,21 $\pm 0,98$	10,07 $\pm 0,48$	10,15 $\pm 1,25$	9,65 $\pm 0,47$	5,32 $\pm 0,57$	4,55 $\pm 1,25$	4,12 $\pm 0,99$	5,17 $\pm 1,1$	9,2	1,2
Ca (mmol/kg)	6,53 $\pm 0,87$	7,01 $\pm 0,97$	7,14 $\pm 1,15$	7,26 $\pm 1,23$	3,21 $\pm 0,87$	4,58 $\pm 1,45$	4,19 $\pm 1,16$	3,19 $\pm 1,57$	2,17 $\pm 1,49$	2,51 $\pm 1,23$	4,78	2,5
Mg (mmol/kg)	11,65 $\pm 2,36$	10,27 $\pm 2,05$	9,45 $\pm 1,25$	9,18 $\pm 0,54$	9,16 $\pm 0,78$	8,13 $\pm 0,36$	8,57 $\pm 0,79$	8,19 $\pm 1,45$	8,02 $\pm 1,13$	5,36 $\pm 0,99$	8,8	6
Al (mmol/kg)	8,24 $\pm 1,25$	7,14 $\pm 1,36$	8,88 $\pm 1,11$	8,16 $\pm 0,82$	9,57 $\pm 0,45$	10,19 $\pm 0,77$	10,06 $\pm 0,97$	11,95 $\pm 2,15$	9,18 $\pm 2,15$	9,16 $\pm 1,57$	9,25	12
Fe (mg/L)	8,01 $\pm 2,15$	8,15 $\pm 1,89$	7,21 $\pm 1,57$	5,61 $\pm 2,49$	5,14 $\pm 1,57$	6,22 $\pm 0,99$	5,17 $\pm 0,85$	4,19 $\pm 1,11$	5,01 $\pm 1,10$	5,55 $\pm 0,79$	6,03	3,5
Hg (μ g/L)	<0,2 0	<0,1 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	<0,01	0
Cu (mg/L)	2,71 $\pm 0,54$	2,65 $\pm 0,57$	2,11 $\pm 0,69$	2,11 $\pm 1,23$	1,55 $\pm 1,01$	1,41 $\pm 0,98$	0,79 $\pm 0,45$	0,93 $\pm 0,45$	0,88 $\pm 0,42$	0,84 $\pm 0,18$	1,6	0,57
Pb (mg/L)	0,45 $\pm 0,01$	0,45 $\pm 0,09$	0,46 $\pm 0,07$	0,51 $\pm 0,06$	0,18 $\pm 0,07$	0,35 $\pm 0,01$	0,33 $\pm 0,01$	0,35 $\pm 0,06$	0,19 $\pm 0,09$	0,25 $\pm 0,06$	0,35	0,02
Cd (mg/L)	0,22 $\pm 0,01$	0,2 $\pm 0,11$	0,2 $\pm 0,09$	0,1 $\pm 0,01$	0,13 $\pm 0,01$	0,04 0	0,05 $\pm 0,01$	0,1 $\pm 0,01$	0,09 $\pm 0,05$	0,09 $\pm 0,01$	0,12	0,04
Mn (mg/L)	8,96 $\pm 0,89$	8,45 $\pm 1,06$	8,56 $\pm 1,25$	7,18 $\pm 0,99$	7,12 $\pm 1,45$	7,05 $\pm 1,13$	6,54 $\pm 0,48$	6,14 $\pm 0,33$	6,24 $\pm 0,48$	6,18 $\pm 1,09$	7,24	4,33
Zn (mg/L)	1,79 $\pm 0,51$	2,01 $\pm 0,29$	1,98 $\pm 0,99$	1,83 $\pm 0,78$	1,01 $\pm 0,55$	1,05 $\pm 0,05$	1,01 $\pm 0,19$	1,01 $\pm 0,21$	1,06 $\pm 0,33$	1,1 $\pm 0,41$	1,39	0,8
Cr (mg/L)	4,3 $\pm 0,99$	2,98 $\pm 1,15$	2,24 $\pm 0,47$	2,48 $\pm 0,54$	2,1 $\pm 0,54$	1,99 $\pm 0,57$	1,77 $\pm 0,47$	2,01 $\pm 1,00$	2,16 $\pm 0,89$	1,45 $\pm 0,56$	2,35	0,07

Tabela 4.2 – Valores médios (\pm desvio padrão) das variáveis ambientais no solo em subparcelas do aterro sanitário de Goiânia e no controle.

Variável Ambiental	Distância do aterro (m)										Média	Controle
	0-50	51-100	101-150	151-200	201-250	251-300	301-350	351-400	401-450	451-500		
pH em H2O	5,9 $\pm 0,14$	6 $\pm 0,47$	5,9 $\pm 0,38$	5,1 $\pm 0,24$	5,5 $\pm 0,13$	5,6 $\pm 0,17$	5,1 $\pm 0,24$	4,7 $\pm 0,51$	4,8 $\pm 0,26$	4,5 $\pm 0,15$	5,3	3,7
MO (%)	5,42 $\pm 10,27$	4,23 $\pm 12,35$	3,01 $\pm 8,03$	3,31 $\pm 7,86$	2,96 $\pm 7,99$	3,17 $\pm 10,5$	3,04 $\pm 9,25$	3,04 $\pm 8,19$	3,31 $\pm 15,26$	2,71 $\pm 11,15$	3,42	1,90
Nt (%)	0,97 $\pm 0,12$	0,78 $\pm 0,34$	0,66 $\pm 0,37$	0,67 $\pm 0,09$	0,71 $\pm 0,15$	0,62 $\pm 0,06$	0,6 $\pm 0,18$	0,63 $\pm 0,22$	0,59 $\pm 0,11$	0,45 $\pm 0,19$	0,67	0,04
P (mg/100g)	8,88 $\pm 1,18$	8,01 $\pm 2,16$	6,14 $\pm 1,48$	6,21 $\pm 0,24$	6,13 $\pm 1,48$	5,14 $\pm 1,50$	5,04 $\pm 0,77$	3,69 $\pm 0,41$	3,57 $\pm 0,78$	3,01 $\pm 0,99$	5,58	0,27
K (mg/100g)	13,21 $\pm 2,45$	13,21 $\pm 5,14$	12,45 $\pm 2,49$	9,66 $\pm 3,15$	9,14 $\pm 1,58$	6,18 $\pm 1,48$	6,29 $\pm 1,02$	6,18 $\pm 0,64$	3,01 $\pm 0,98$	4,17 $\pm 0,77$	8,35	1,59
Ca (mmol/kg)	5,98 $\pm 1,25$	5,06 $\pm 1,26$	4,99 $\pm 0,98$	5,19 $\pm 2,15$	4,16 $\pm 1,48$	3,29 $\pm 1,59$	3,47 $\pm 1,11$	3,56 $\pm 0,48$	3,49 $\pm 0,25$	1,17 $\pm 0,42$	4,04	2,21
Mg (mmol/kg)	14,65 $\pm 3,15$	12,37 $\pm 3,15$	8,49 $\pm 2,15$	7,65 $\pm 1,77$	5,19 $\pm 1,15$	5,48 $\pm 1,49$	5,49 $\pm 0,48$	55,78 $\pm 0,19$	5,36 $\pm 1,16$	4,98 $\pm 2,01$	12,54	5,49
Al (mmol/kg)	1,06 $\pm 0,45$	5,19 $\pm 0,35$	4,16 $\pm 1,21$	3,48 $\pm 0,89$	4,19 $\pm 2,10$	2,19 $\pm 1,15$	2,17 $\pm 0,94$	3,56 $\pm 0,98$	2,48 $\pm 0,36$	3,29 $\pm 0,73$	3,18	7,49
Fe (mg/L)	5,26 $\pm 1,25$	4,29 $\pm 1,13$	3,24 $\pm 0,94$	7,19 $\pm 0,88$	4,18 $\pm 0,49$	4,36 $\pm 1,25$	5,42 $\pm 2,25$	5,26 $\pm 0,463$	4,19 $\pm 1,15$	3,77 $\pm 1,11$	4,72	2,94
Hg (μ g/L)	<0,1 0	<0,1 0	<0,1 0	<0,1 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	<0,01	0
Cu (mg/L)	1,65 $\pm 0,54$	1,55 $\pm 0,49$	0,77 $\pm 0,35$	0,55 $\pm 0,09$	0,24 $\pm 0,12$	0,19 $\pm 0,01$	0,18 $\pm 0,06$	0,27 $\pm 0,07$	0,33 $\pm 0,13$	0,14 $\pm 0,05$	0,59	0,44
Pb (mg/L)	0,49 $\pm 0,01$	0,55 $\pm 0,15$	0,52 $\pm 0,11$	0,39 $\pm 0,21$	0,36 $\pm 0,09$	0,37 $\pm 0,07$	0,22 $\pm 0,16$	0,22 $\pm 0,01$	0,22 $\pm 0,07$	0,21 $\pm 0,08$	0,36	0,04
Cd (mg/L)	0,11 $\pm 0,02$	0,1 $\pm 0,05$	0,08 $\pm 0,03$	0,07 $\pm 0,02$	0,08 $\pm 0,008$	0,09 $\pm 0,04$	0,07 $\pm 0,01$	0,06 $\pm 0,02$	0,05 $\pm 0,04$	0,05 $\pm 0,03$	0,08	0,03
Mn (mg/L)	6,54 $\pm 0,99$	6,34 $\pm 1,25$	6,21 $\pm 1,34$	6,19 $\pm 0,54$	6,15 $\pm 0,49$	6,1 $\pm 1,26$	6,04 $\pm 2,17$	5,19 $\pm 1,98$	5,48 $\pm 0,98$	5,19 $\pm 0,49$	5,94	4,09
Zn (mg/L)	2,04 $\pm 0,57$	1,96 $\pm 0,81$	1,87 $\pm 0,49$	1,56 $\pm 0,46$	1,42 $\pm 0,77$	1,22 $\pm 0,61$	1,22 $\pm 0,16$	1,13 $\pm 0,32$	1,01 $\pm 0,41$	1,02 $\pm 0,46$	1,45	0,49
Cr (mg/L)	2,97 $\pm 0,81$	2,54 $\pm 1,00$	2,41 $\pm 0,73$	2,68 $\pm 0,46$	1,84 $\pm 0,19$	1,36 $\pm 0,23$	1,33 $\pm 0,57$	1,31 $\pm 0,59$	1,3 $\pm 0,89$	1,31 $\pm 0,33$	1,91	0,09

Tabela 4.3 – Valores médios (\pm desvio padrão) das variáveis ambientais na água subterrânea em subparcelas do aterro do Jockey Club de Brasília e no controle.

Variável Ambiental	Distância do aterro (m)										Média	Controle
	0-50	51-100	101-150	151-200	201-250	251-300	301-350	351-400	401-450	451-500		
pH em H ₂ O	8	7,2	6,6	6,3	6	5,9	5,8	5,5	5,6	5,5	6,2	5,1
	$\pm 0,50$	$\pm 0,61$	$\pm 0,22$	$\pm 0,15$	$\pm 0,32$	$\pm 0,33$	$\pm 0,24$	$\pm 0,51$	$\pm 0,4$	$\pm 0,275$		
MO (%)	6,90	4,71	4,52	3,51	3,23	2,91	2,82	2,89	2,70	2,76	3,70	3,32
	$\pm 1,92$	$\pm 1,12$	$\pm 2,36$	$\pm 10,10$	$\pm 6,35$	$\pm 7,45$	$\pm 5,48$	$\pm 6,15$	$\pm 4,26$	$\pm 5,19$		
Nt (%)	4,5	3,21	3,12	3,45	1,89	1,68	1,65	1,45	1,27	1,12	2,33	0,22
	$\pm 1,69$	$\pm 1,25$	$\pm 0,93$	$\pm 1,25$	$\pm 0,26$	$\pm 0,75$	$\pm 0,49$	$\pm 0,33$	$\pm 0,48$	$\pm 0,25$		
P (mg/100g)	17,3	16,59	17,14	15,32	13,21	10,59	5,46	5,19	4,65	4,77	11,02	2,11
	$\pm 6,15$	$\pm 2,48$	$\pm 2,36$	$\pm 4,21$	$\pm 3,01$	$\pm 2,15$	$\pm 2,11$	$\pm 1,25$	$\pm 1,98$	$\pm 0,46$		
K (mg/100g)	19,1	16,15	15,21	14,12	12,06	10,07	7,01	6,98	5,32	5,14	11,12	3,11
	$\pm 6,59$	$\pm 4,84$	$\pm 4,96$	$\pm 3,99$	$\pm 3,01$	$\pm 2,79$	$\pm 1,84$	$\pm 1,86$	$\pm 1,97$	$\pm 0,86$		
Ca (mmol/kg)	15,49	14,23	12,24	11,54	10,28	11,19	13,21	11,2	12,04	10,14	12,16	3,37
	$\pm 3,65$	$\pm 8,25$	$\pm 4,65$	$\pm 5,36$	$\pm 1,25$	$\pm 2,36$	$\pm 5,18$	$\pm 2,13$	$\pm 0,99$	$\pm 0,15$		
Mg (mmol/kg)	25,36	23,41	22,59	10,05	9,68	8,96	9,51	9,16	9,15	9,36	13,72	7,89
	$\pm 9,11$	$\pm 10,25$	$\pm 9,56$	$\pm 4,25$	$\pm 2,36$	$\pm 3,45$	$\pm 4,25$	$\pm 5,12$	$\pm 1,12$	$\pm 1,36$		
Al (mmol/kg)	8,21	4,19	3,19	4,36	2,19	2,48	2,68	2,59	2,36	5,08	3,73	14,78
	$\pm 1,25$	$\pm 2,15$	$\pm 0,84$	$\pm 0,45$	$\pm 0,97$	$\pm 1,11$	$\pm 0,54$	$\pm 0,99$	$\pm 0,78$	$\pm 0,73$		
Fe (mg/L)	31,4	29,65	29,54	15,64	18,26	14,26	13,57	12,48	17,8	11	19,36	5,27
	$\pm 9,42$	$\pm 8,89$	$\pm 7,56$	$\pm 5,48$	$\pm 9,15$	$\pm 6,25$	$\pm 4,26$	$\pm 5,36$	$\pm 6,48$	$\pm 4,32$		
Hg (μ g/L)	<0,01	<0,01	0	0	0	0	0	0	0	0	<0,01	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Cu (mg/L)	0,24	0,51	0,52	0,41	0,39	0,51	0,31	0,4	0,34	0,38	0,47	0,4
	$\pm 0,57$	$\pm 1,15$	$\pm 0,15$	$\pm 0,62$	$\pm 1,11$	$\pm 0,75$	$\pm 0,49$	$\pm 0,12$	$\pm 0,60$	$\pm 0,71$		
Pb (mg/L)	0,13	0,14	0,12	0,11	0,09	0,01	0,06	0,09	0,02	0,06	0,08	0,06
	$\pm 0,01$	$\pm 0,04$	$\pm 0,06$	$\pm 0,09$	$\pm 0,05$	0	$\pm 0,04$	$\pm 0,02$	$\pm 0,02$	$\pm 0,01$		
Cd (mg/L)	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,04
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Mn (mg/L)	5,1	5,08	5,08	5,03	5,01	5	4,97	4,16	4,1	4,09	4,76	3,36
	$\pm 0,99$	$\pm 1,52$	$\pm 1,55$	$\pm 0,99$	$\pm 0,59$	$\pm 1,11$	$\pm 1,12$	$\pm 1,09$	$\pm 0,66$	$\pm 0,32$		
Zn (mg/L)	0,68	0,68	0,63	0,65	0,61	0,59	0,59	0,58	0,57	0,57	0,62	0,19
	$\pm 0,24$	$\pm 0,09$	$\pm 0,03$	$\pm 0,15$	$\pm 0,21$	$\pm 0,09$	$\pm 0,06$	$\pm 0,17$	$\pm 0,19$	$\pm 0,16$		
Cr (mg/L)	0,15	0,15	0,13	0,15	0,11	0,1	0,09	0,09	0,08	0,07	0,11	0,09
	$\pm 0,05$	$\pm 0,01$	$\pm 0,04$	$\pm 0,02$	$\pm 0,01$	$\pm 0,03$	$\pm 0,04$	$\pm 0,01$	$\pm 0,02$	$\pm 0,02$		

Tabela 4.4 – Valores médios (\pm desvio padrão) das variáveis ambientais na água subterrânea em subparcelas do aterro sanitário de Goiânia e no controle.

Variável Ambiental	Distância do aterro (m)										Média	Controle
	0-50	51-100	101-150	151-200	201-250	251-300	301-350	351-400	401-450	451-500		
pH em H ₂ O	7,6	7,5	7,1	6,7	6,5	6,4	6,3	6,2	6,1	6,1	6,7	4,8
	$\pm 0,40$	$\pm 0,20$	$\pm 0,30$	$\pm 0,50$	$\pm 0,20$	$\pm 0,30$	$\pm 0,40$	$\pm 0,10$	$\pm 0,40$	$\pm 0,20$		
MO (%)	7,20	6,50	4,14	3,61	3,21	2,91	2,81	2,74	2,53	2,51	3,81	2,14
	$\pm 24,35$	$\pm 15,23$	$\pm 10,01$	$\pm 5,26$	$\pm 4,25$	$\pm 11,26$	$\pm 7,24$	$\pm 2,48$	$\pm 3,56$	$\pm 4,21$		
Nt (%)	7,2	6,5	6,57	6,25	6,32	6,15	6,48	3,21	3,49	3,49	5,57	0,57
	$\pm 3,20$	$\pm 2,90$	$\pm 4,50$	$\pm 2,10$	$\pm 0,90$	$\pm 0,75$	$\pm 0,49$	$\pm 1,26$	$\pm 0,59$	$\pm 0,57$		
P (mg/100g)	19,56	15,48	14,56	14,29	13,26	13,26	13,49	10,01	9,45	9,26	13,26	3,69
	$\pm 7,98$	$\pm 8,69$	$\pm 2,13$	$\pm 2,19$	$\pm 6,45$	$\pm 2,36$	$\pm 2,59$	$\pm 1,59$	$\pm 4,25$	$\pm 4,29$		
K (mg/100g)	15,11	12,32	13,24	11,26	9,68	8,65	8,45	8,24	8,46	8,12	10,35	1,48
	$\pm 5,26$	$\pm 2,15$	$\pm 1,94$	$\pm 1,56$	$\pm 3,98$	$\pm 4,12$	$\pm 0,92$	$\pm 1,11$	$\pm 1,18$	$\pm 1,97$		
Ca (mmol/kg)	19,21	19,24	19,24	12,15	12,36	12,35	12,48	12,49	5,36	9,45	13,43	4,67
	$\pm 9,48$	$\pm 2,36$	$\pm 4,15$	$\pm 1,29$	$\pm 0,78$	$\pm 1,63$	$\pm 1,94$	$\pm 0,46$	$\pm 0,98$	$\pm 4,97$		
Mg (mmol/kg)	22,19	21,45	18,56	18,25	17,42	17,59	15,36	15,26	15,23	14,11	17,54	8,67
	$\pm 11,26$	$\pm 5,12$	$\pm 4,13$	$\pm 9,15$	$\pm 4,19$	$\pm 2,36$	$\pm 7,45$	$\pm 3,17$	$\pm 1,09$	$\pm 9,16$		
Al (mmol/kg)	2,31	3,11	3,19	2,16	2,19	2,49	1,11	1,06	1,45	1,1	2,02	17,12
	$\pm 1,14$	$\pm 0,54$	$\pm 0,78$	$\pm 1,24$	$\pm 0,47$	$\pm 0,23$	$\pm 0,79$	$\pm 0,19$	$\pm 0,17$	$\pm 0,66$		
Fe (mg/L)	20,01	19,45	19,01	17,46	17,23	13,22	10,64	9,45	9,48	8,63	14,46	4,59
	$\pm 3,15$	$\pm 9,15$	$\pm 1,25$	$\pm 1,29$	$\pm 2,36$	$\pm 6,45$	$\pm 1,99$	$\pm 1,45$	$\pm 3,75$	$\pm 1,19$		
Hg (μ g/L)	<0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0	0	0	0	0	<0,01	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Cu (mg/L)	0,51	0,49	0,46	0,42	0,4	0,37	0,31	0,3	0,29	0,25	0,38	0,24
	$\pm 0,05$	$\pm 0,21$	$\pm 0,07$	$\pm 0,08$	$\pm 0,11$	$\pm 0,15$	$\pm 0,01$	$\pm 0,07$	$\pm 0,10$	$\pm 0,11$		
Pb (mg/L)	0,89	0,81	0,83	0,66	0,55	0,41	0,32	0,3	0,29	0,28	0,53	0,04
	$\pm 0,27$	$\pm 0,22$	$\pm 0,33$	$\pm 0,15$	$\pm 0,09$	$\pm 0,04$	$\pm 0,05$	$\pm 0,07$	$\pm 0,11$	$\pm 0,01$		
Cd (mg/L)	0,19	0,09	0,11	0,05	0,03	0,04	0,09	0,08	0,05	0,05	0,08	0,04
	$\pm 0,03$	$\pm 0,05$	$\pm 0,02$	$\pm 0,01$	$\pm 0,01$	$\pm 0,01$	$\pm 0,04$	$\pm 0,01$	$\pm 0,03$	$\pm 0,01$		
Mn (mg/L)	7,13	6,15	6,12	6,11	6,21	6,31	5,42	5	4,99	4,86	5,83	2,57
	$\pm 4,13$	$\pm 0,85$	$\pm 2,01$	$\pm 2,15$	$\pm 3,16$	$\pm 0,89$	$\pm 2,01$	$\pm 1,99$	$\pm 0,79$	$\pm 0,47$		
Zn (mg/L)	1,01	0,99	0,1	0,86	0,52	0,51	0,21	0,21	0,18	0,18	0,48	0,24
	$\pm 0,21$	$\pm 0,55$	$\pm 0,09$	$\pm 0,11$	$\pm 0,27$	$\pm 0,07$	$\pm 0,08$	$\pm 0,11$	$\pm 0,01$	$\pm 0,01$		
Cr (mg/L)	0,78	0,21	0,22	0,2	0,15	0,19	0,17	0,15	0,16	0,16	0,24	0,07
	$\pm 0,18$	$\pm 0,51$	$\pm 0,47$	$\pm 0,26$	$\pm 0,16$	$\pm 0,14$	$\pm 0,21$	$\pm 0,19$	$\pm 0,15$	$\pm 0,01$		

As variáveis abióticas analisadas tiveram tanto para o solo, quanto para a água subterrânea, seus maiores valores médios e por subparcela nas áreas próximas aos aterros do que nas áreas controles. Exceto para o elemento químico alumínio que obteve as maiores concentrações nas subparcelas controles.

Esses acréscimos encontrados para as concentrações de nutrientes, metais e de alguns parâmetros físicos confirmaram estudos (Celere *et al.*, 2007; Segura-Muñoz *et al.*, 2004; Sisino, 2003) realizados em áreas adjacentes a depósitos de resíduos domiciliares que descreveram o processo de eutrofização do solo e da água subterrânea nestas áreas, regiões que antes da implantação do aterro eram distróficas, e mesotróficas em alguns casos.

O aumento dos nutrientes como fósforo, nitrogênio, potássio e a matéria orgânica encontrados devem ser provenientes de restos alimentares, de plantas e lixos orgânicos, que representam 51,12% dos resíduos domiciliares (Rodrigues, 2003). Para cálcio, em depósitos de lixo, sua fonte é determinada principalmente por restos de construção civil que vêm agregados dos domicílios (Rodrigues, 2003).

O acréscimo na concentração de metais podem ser de diversos tipos de fontes no lixo domiciliar: pelos próprios metais sintetizados em móveis, restos de produtos eletroeletrônicos, de peças de carros, de estruturas de construção civil, instalações elétricas, em roupas, em latas e latões de alimentos, bebidas e outros produtos. Metais representam até 15% dos resíduos domiciliares (Rodrigues, 2003).

Com o aumento de Nt como o relatado nas áreas de estudo, Oliveira *et al.* (2004) descreveram que esse elemento forma juntamente com o chorume o perclorato de amônio (NH_4ClO_4), que reage com o alumínio, produzindo óxido de alumínio (Al_2O_3). Este novo elemento é precipitado e lixiviado para regiões mais profundas do solo, causando uma diminuição de suas concentrações em regiões mais superficiais.

Essa redução do alumínio pode também se dá pela bioacumulação desse elemento químico, por algumas espécies de plantas em sua biomassa e tecido foliar, principalmente em áreas de Cerrado (Vitarello *et al.*, 2005).

O causador do aumento do valor do pH em áreas adjacentes a aterros pode ter sido pelo aumento da disponibilidade de nutrientes, principalmente nitrogênio, fósforo, cálcio (precipitado em carbonato ou bicarbonato), ferro e de magnésio, que acabou se ligando com íon H^+ disponível, conforme observado por Capelo e Castro (2005). O mesmo pode ser explicado para cobre e manganês.

A análise dos componentes principais (ACP) apresentou as variáveis (autovetores) que obtiveram os maiores autovalores (> 1) representando em média 65% da variância acumulada do modelo com todas as variáveis. Este resultado mostrou em conjunto a representatividade das variáveis para a área. Isso corrobora com Hair (2005) e Kaiser (1960) que descreveram que em um conjunto de variáveis com autovalor maior que 1, é representativo e significativo o conjunto dessas variáveis que possui variância acumulada maior que 50%.

Nas duas figuras 4.4 e 4.5, o plano de dispersão das subparcelas em todas as ACP, tanto para o solo quanto para a água subterrânea, discriminaram dois grupos: um formado principalmente pelas subparcelas estabelecidas mais próximas dos aterros, e outro formado pelas áreas controles e juntamente com subparcelas mais distantes dos aterros.

Este comportamento pode ser explicado pelas altas concentrações das variáveis abióticas analisadas (Figura 4.1 a 4.4) nas subparcelas mais próximas aos aterros (A1 a A15), separados do grupo formado por subparcelas mais distantes do aterro (A15 a A30) juntamente com as subparcelas controles (C1 a C30).

Campos *et al.* (2006), Gomes *et al.* (2004), Gomes *et al.* (2005) e Fonseca *et al.* (2004) corroboram essa situação, mostrando a segmentação de grupos na ACP como resultado de diferentes concentrações de valores das variáveis de solo e de água em gradientes nas áreas estudadas.

Os autovetores selecionados para o solo foram (Figura 4.4): manganês, zinco, MO, nitrogênio, pH, alumínio, ferro em Brasília, e alumínio, pH, manganês e ferro em Goiânia. Para as variáveis de água subterrânea foram (Figura 4.5): cobre, alumínio, cálcio, zinco, manganês e pH em Brasília, e manganês, potássio, magnésio e pH em Goiânia.

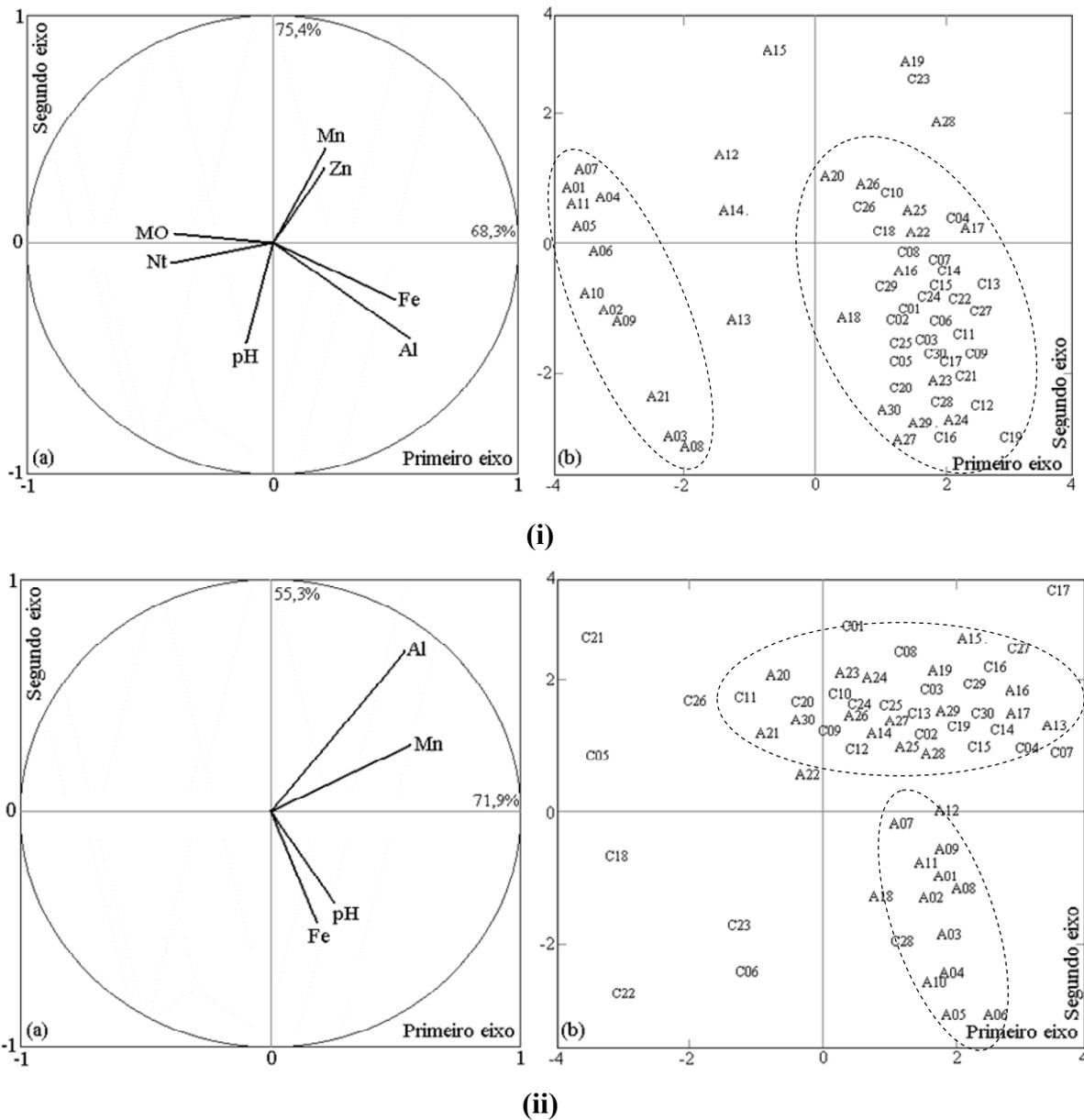


Figura 4.4 – Análise de componentes principais das variáveis abióticas significativas e representativas para as 60 subparcelas de solo avaliadas, sendo 30 em áreas próximas aos aterros (A) e 30 em áreas controles (C). (i) representa as áreas estudadas em Brasília e (ii) as áreas estudadas em Goiânia. (a) Círculo de autovetores das variáveis; (b) Plano de dispersão dos autovalores das subparcelas.

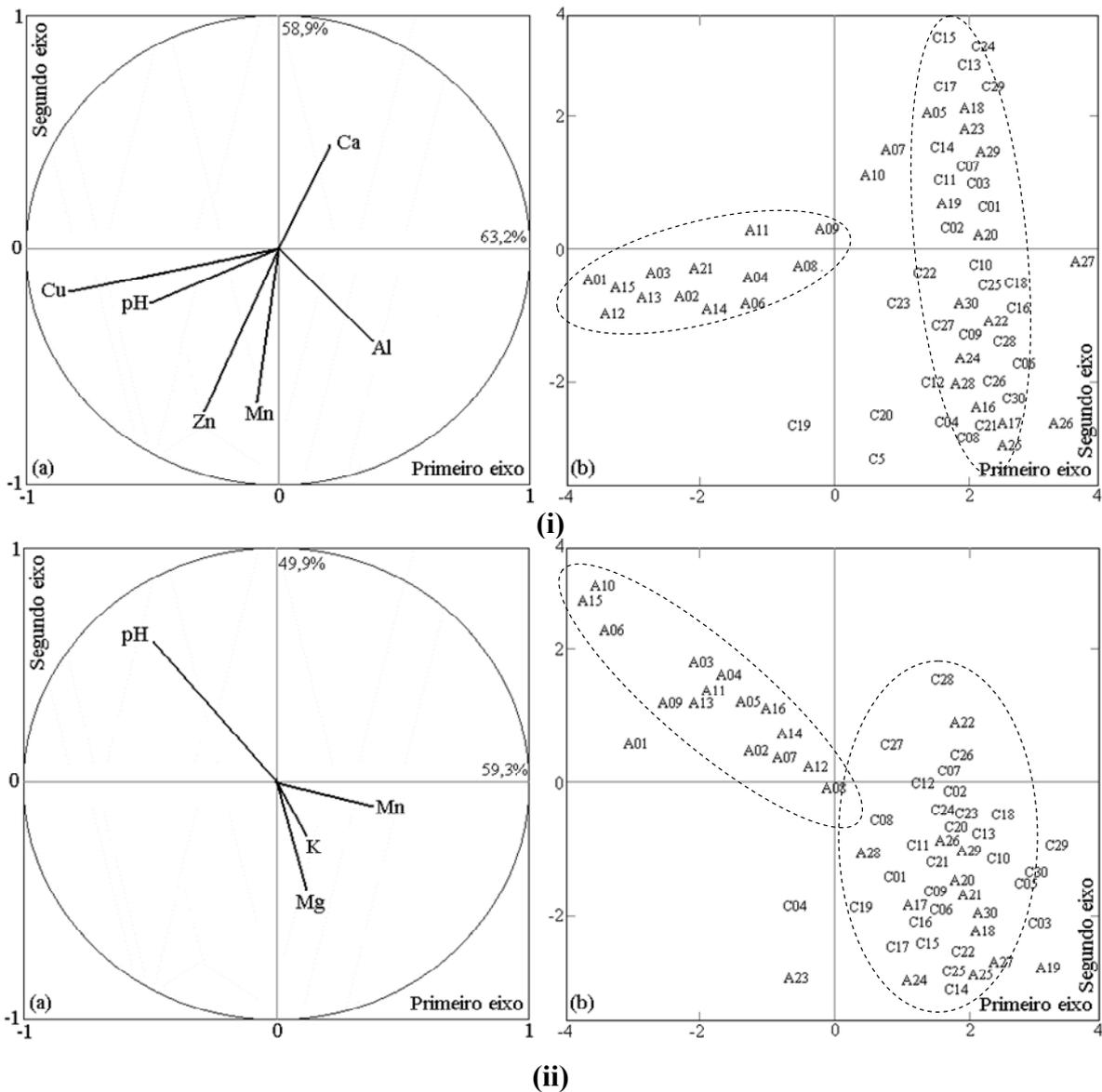


Figura 4.5 – Análise de componentes principais das variáveis abióticas significativas e representativas para as 60 subparcelas de água subterrânea avaliadas, sendo 30 em áreas próximas aos aterros (A) e 30 em áreas controles (C). (i) representa as áreas estudadas em Brasília e (ii) as áreas estudadas em Goiânia. (a) Círculo de autovetores das variáveis; (b) Plano de dispersão dos autovalores das subparcelas.

Fica evidente nas quatro ACP que as ordenações dos grupos que possuem as subparcelas mais próximas aos aterros estavam situadas próximas aos autovetores do pH, sendo assim esta variável, determinante para a distribuição das subparcelas próximas aos aterros. Isto também pode ser comprovado pela análise de redes neurais (Tabela 4.5 e 4.6) que mostrou que com a retirada da variável pH, o valor do coeficiente de determinação R_{NN}^2 chegou a alguns casos a ficar não significativo ($>0,5$).

Tabela 4.5 – Valor do coeficiente de determinação do modelo de redes neurais (R_{NN}^2) após a retirada de cada variável de solo do modelo geral.

Brasília		Goiânia	
Variável Removida	R_{NN}^2	Variável Removida	R_{NN}^2
pH	0,37	pH	0,33
Al	0,48	Al	0,49
MO	0,52	Fe	0,55
Nt	0,55	Mn	0,62
Fe	0,59		
Mn	0,60		
Zn	0,71		

Tabela 4.6 – Valor do coeficiente de determinação do modelo de redes neurais (R_{NN}^2) após a retirada de cada variável da água subterrânea do modelo geral.

Brasília		Goiânia	
Variável Removida	R_{NN}^2	Variável Removida	R_{NN}^2
Cu	0,41	pH	0,48
pH	0,42	Mn	0,53
Mn	0,57	Mg	0,55
Zn	0,51	K	0,57
Ca	0,57		
Al	0,64		

Outras variáveis obtiveram importância relativa na determinação do valor de R_{NN}^2 para o modelo de redes neurais quando foram removidos: alumínio para os solos, em Brasília e Goiânia, e cobre para a água subterrânea em Brasília. Segundo Celere *et al.*, 2007 e Barbosa *et al.* (2005) isto se deve pela alta variância da variável tanto na subparcela quanto entre subparcelas, observado neste trabalho nas tabelas 4.1 a 4.4.

Altas concentrações de alumínio são características próprias de solos distróficos de Cerrado (Furley e Ratter, 1988), e pequenas variações e desvios de seus valores são significativos estatisticamente nesse tipo de solo em análises multivariadas (Santana e Imaña-Encinas, 2004).

Separando as variáveis selecionadas (Figuras 4.6 e 4.7) em gráficos de dispersão com as distâncias das subparcelas, se observa a redução da concentração das variáveis de solo e água analisadas a partir do aterro para áreas mais distantes. Fica evidente a influencia do aterro no gradiente para as concentrações de cada variável, ou seja, quanto mais próxima ficava a subparcela do aterro, maiores concentrações eram registradas. Este

comportamento apenas não foi observado nas subparcelas das áreas controles e para o elemento químico alumínio.

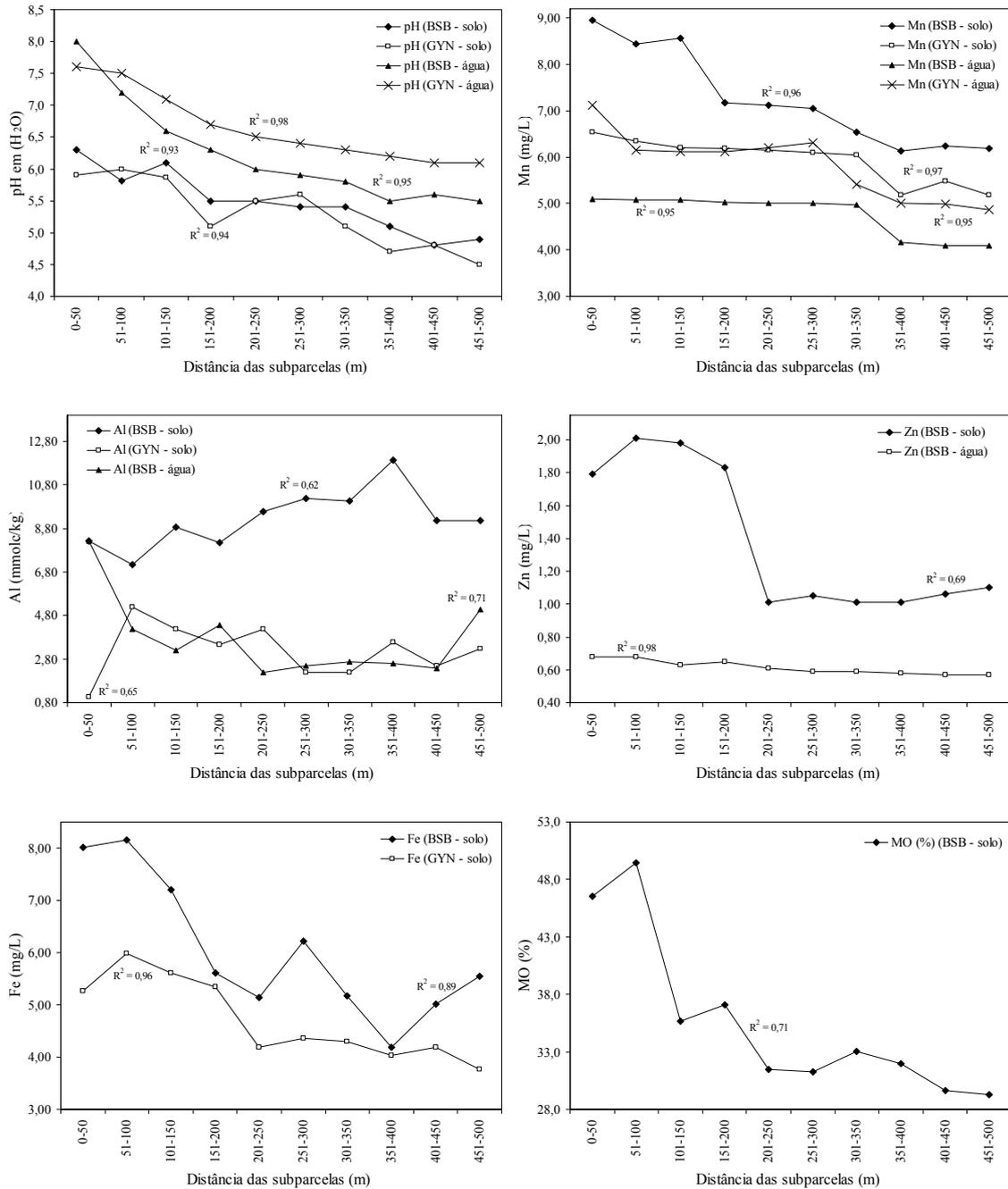


Figura 4.6 – Relação das concentrações médias dos elementos químicos selecionados (pH, manganês, alumínio, zinco, ferro e MO = matéria orgânica) na análise de componentes principais com as distâncias das subparcelas. (R² = coeficiente de ajuste dos pontos de cada variável).

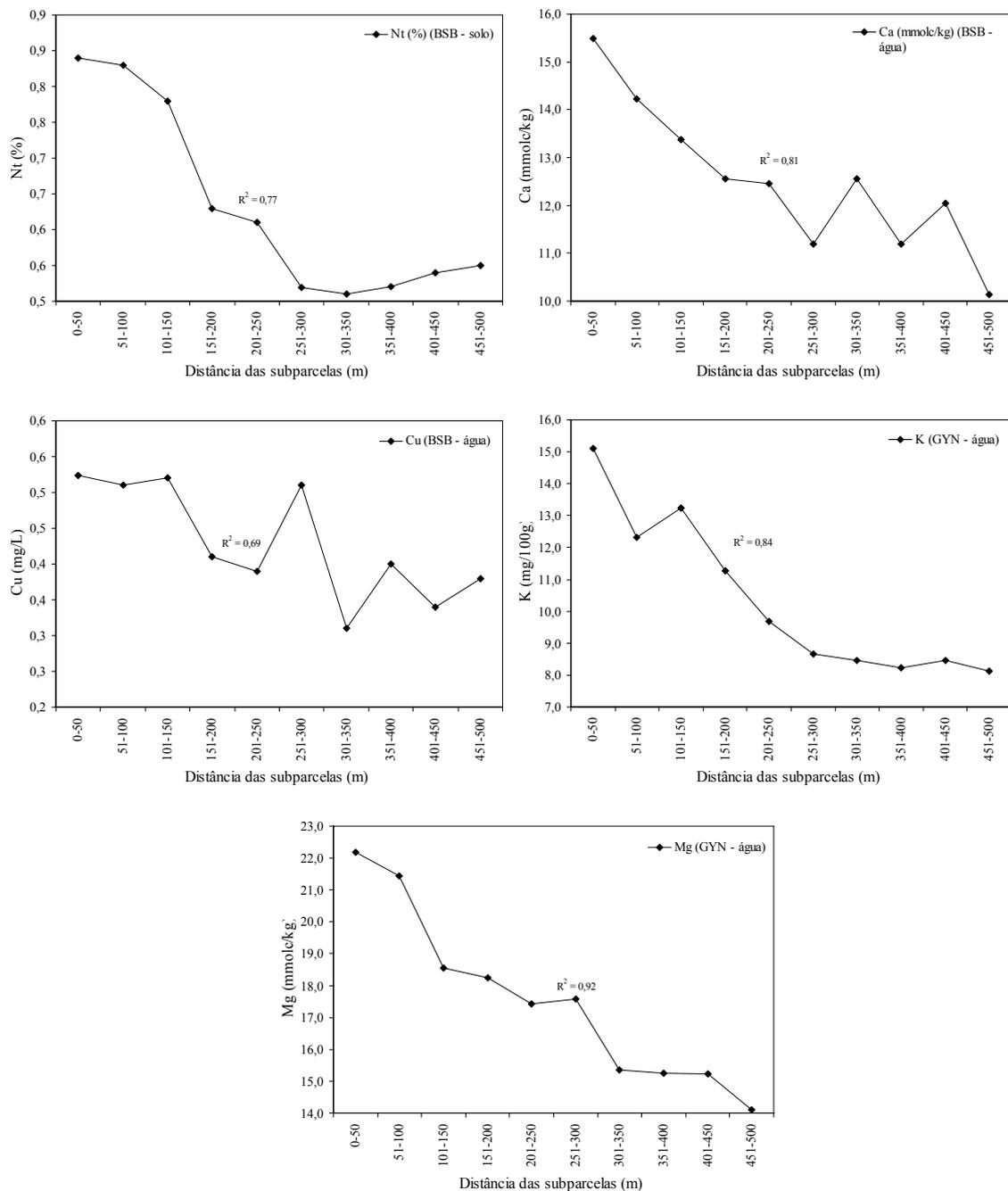


Figura 4.7 – Relação das concentrações médias dos elementos químicos selecionados (Nt = nitrogênio total, e cálcio, cobre, potássio e magnésio) na análise de componentes principais com as distâncias das subparcelas. (R^2 = coeficiente de ajuste dos pontos de cada variável).

4.4 – CONCLUSÕES

1) Altos valores das concentrações das variáveis abióticas estudadas, tanto para o solo quanto para a água subterrânea, foram encontradas nas subparcelas mais próximas dos aterros, reduzindo seus valores a partir de subparcelas mais distantes.

- 2) Valores médios das concentrações das variáveis abióticas foram maiores nas parcelas estabelecidas próximas aos aterros do que em áreas controles.
- 3) O pH foi a variável determinante para o agrupamento das subparcelas pelos autovetores.
- 4) As variáveis de maior importância relativa, na análise do modelo de redes neurais foram para o solo: alumínio e pH em Brasília; e, alumínio e pH em Goiânia. Para água subterrânea foram: cobre e pH em Brasília; e, pH e magnésio em Goiânia.

4.5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DO CAPÍTULO 4

- Adamoli, J.; Macedo, J.; Azevedo, L.G.; Madeira Neto, J. (1986) Caracterização da região dos Cerrados. In: Goedert, W.J. (ed.). *Solos dos Cerrados: tecnologia e estratégia de manejo*. São Paulo, Editora Nobel, p. 33-74.
- Bacchi, O. O. S. e Reichardt, K. (1993) On simple methods for unsaturated soil hydraulic conductivity determination. *Scientia agricola* 50(2), 326-328.
- Barbosa, A. H.; Freitas, M. S. da R. e Neves, F. de A. das. (2005) Confiabilidade estrutural utilizando o método de Monte Carlo e redes neurais. *Rem: Revista da Escola de Minas*, 58 (3), 247-255.
- Brasil (2002). *Saúde ambiental e gestão de resíduos de serviços de saúde*. Brasília: Ministério da Saude, 317 p. (Série F : comunicação e educação em saúde)
- Campos, É. P. de; Duarte, T. G.; Neri, A. V. (2006) Floristic composition of a stretch of "Cerrado" sensu stricto and "cerradão" and its relation with soil in the 'Floresta Nacional' (FLONA) of Paraopeba, MG. *Revista Árvore*. 30(3), 471-479.
- Campos, C. E. B.; Lani, J. L.; Resende, M. (2003) Indicadores de campo para solos hidromórficos na região de Viçosa (MG). *Revista Brasileira Ciências do Solo*, 27(6), 1057-1066.
- Capelo Neto, J. e Castro, M. A. H. de (2005) Simulação e avaliação do desempenho hidrológico da drenagem horizontal de percolado em aterro sanitário. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 10(3), 229-235.
- Carneiro, J. M. T.; Zagatto, E. A. G.; Mattos, I. L. (2001) Determinação indireta de N-total em plantas por espectrometria de absorção atômica com chama empregando uma mini-coluna de AgCl_(s). *Scientia agricola*, 58(1), 151-155.
- Carter, Martin R. (1993) *Soil sampling and methods of analysis*. Boca raton: Lewis 823 p.
- Castagnino, J. M. (2006) Nanomateriales y contaminación ambiental. *Acta Bioquímica*, 40(1), 1-2.

- Celere, M. S.; Oliveira, A. da S.; Trevilato, T. M. B. (2007) Metals in landfill leachate in Ribeirão Preto, São Paulo State, Brazil, and its relevance for public health. *Caderno de Saúde Pública*, 23(4), 939-947.
- Costa, M. A. G.; Costa, E. C. (2004) *Poluição ambiental: herança para gerações futuras*. Santa Maria, RS: Orium, 254 p.
- Ferreras, L. A.; De Batista, J. J.; Ausilio, A. (2001) Physical parameters of a soil under minimum tillage and non-disturbed conditions. *Pesquisa agropecuária brasileira*, 36(1), 161-170.
- Fischer, I.; Hennecke, F.; Bannes, C.; Zell, A. (2001) Java Neural Network Simulator User Manual, Version 1.1 University of Tübingen Wilhelm-Schickard-Institute for Computer Science.
- Fontaneli, R. S.; Durr, J. W.; Scheffer-Basso, S. M. et al. (2002) Validação do Método da Reflectância no Infravermelho Proximal para Análise de Silagem de Milho. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31(2), 594-598.
- Fonseca, R. C. B. e Fonseca, I. C. de B. (2004) Multivariate statistical methods for successional mosaic characterization in a semideciduous forest. *Revista Árvore*, 28 (3), 351-359.
- Furley, P.A.; Ratter, J.A. Soil resources and plant communities of the central Brazilian Cerrado and their development. *Journal of Biogeography*, v.15, p.97-108, 1988.
- Gomes, J. B. V.; CURI, N.; MOTTA, P. E. F. (2004) Principal component analysis of physical, chemical, and mineralogical attributes of the Cerrado biome soils. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, 28(1), 137-153.
- Gomes, E. P. C.; Fisch, S. T. V. e Mantovani, W. (2005) Structure of tree component in Reserva Ecológica do Trabijú, Pindamonhangaba, São Paulo State, Brazil. *Acta Botanica Brasilica*, 19 (3), 451-464.
- Hair, J. F. (2005) *Análise multivariada de dados*. 5. ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 2005. 593 p.
- Haykin, S. S. (2001) *Redes neurais: Princípios e práticas*. 2.ed. Porto alegre: Bookman. 900p.
- Isoldi, L.A.; Koetz, P. R.; Faria, O. L. V.; Isoldi, L. A. (2003) Remoção de carbono orgânico e nitrificação de águas residuárias da industrialização de arroz. *Revista brasileira de Agrociência*, 9(3), 273-277.
- Juhasz, C. E. P.; Cooper, M.; Cursi, P. R. (2007) Savanna woodland soil micromorphology related to water retention. *Scientia agricola*, 64(4), 344-354.

- Kaiser, H. F. (1960). The application of electronic computers to factor analysis. *Educational and Psychological Measurement*, 20, 141-151.
- Kent, M. e Coker, P. (1992). *Vegetation description and analysis: a practical approach*. New York, John Wiley & Sons. 256p.
- McCune, B. e Mefford, M.J. (1999) *PC-ORD. Multivariate analysis of ecological data*, Version 4. Oregon, MjM Software Design, 1999. 237p.
- Oliveira, E. M. M.; Ruiz, H. A.; Ferreira, P. A. (2004) Retardation factors and dispersion-diffusion coefficients of phosphate, potassium and ammonium in soils of Minas Gerais - Brazil. *Revista brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 8 (2-3), 196-203.
- Pavan, M. A. e Miyazawa, M. (1996) *Análises químicas de solo: Parâmetros para interpretação*. Londrina: Inst Agron Parana, 46 p.
- Prefeitura de Goiânia (2004) Disponível em: <www.goiania.go.gov.br>. Acesso em: 03 de julho de 2004.
- Reichardt, K.; Angelocci, L.R.; Bacchi, O. O. S. (1995) Daily rainfall variability at a local scale (1,000 ha), in Piracicaba, SP, Brazil, and its implications on soil water recharge. *Scientia agricola*, 52(1), 43-49.
- Rodrigues, F. L. (2003) *Lixo de onde, pra onde vai?* Ed. Moderna Ltda. 95p.
- Serviço de Limpeza Urbana (DF). (2004) Disponível em: <www.slu.df.gov.br>. Acesso em: 03 de janeiro de 2004.
- Santana, O. A. e Imaña-Encinas, J. (2004) Modelo espacial de contaminação do solo e do lençol freático do aterro do Jockey Club para o Parque Nacional de Brasília. Brasília – DF. In: Pejon, O. J. e Zuquette, L. V. *Cartografia Geotécnica e Geoambiental (Conhecimento do Meio Físico: Base para a Sustentabilidade)* p. 453-460.
- Santana, O. A. e Imaña-Encinas, J. (2005) Urban landfills and their effects on groundwater in Brazilian savanna. In: CD-ROM: *The international congress on environmental challenges of urbanization*. Brasília. 11p.
- Segura Muñoz, S. I.; Bocio, A.; Takayanagui, A. M. M. (2004) Metal concentration in soil in the vicinity of a Municipal Soil Landfill with a deactivated Medical Waste Incineration Plant, Ribierão Preto, Brazil. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 73(3), p. 575-582.

- Sisinno, C. L. S. (2003) Disposição em aterros controlados de resíduos sólidos industriais não-inertes: avaliação dos componentes tóxicos e implicações para o ambiente e para a saúde humana. *Caderno de Saúde Pública*, 19(2), 369-374.
- StatSoft (1997) *Statistic for Windows 5.1*. CD ROM. Tulsa, StatSoft Inc.
- Valentin, J. L. (2000) *Ecologia Numérica: uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos*. Rio de Janeiro: Interciência. 117p.
- Vitarello, V. A.; Capaldi, F. R. e Stefanuto, V. A. (2005) Recent advances in aluminum toxicity and resistance in higher plants. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 17(1), 129-143.
- Voegborlo, R. B.; El-Methnani, A. M.; Abedin, M. Z. (1999) Mercury, cadmium and lead content of canned tuna fish. *Food Chemistry*, 67: 341-345.
- Yen, B.C e Scanlon, B. (1975) “Sanitary Landfill Settlement Rates”. *Journal of the Geotechnical Engineering Division*, 101(5): pp.475-487.

5 – RELAÇÃO DA VEGETAÇÃO COM AS VARIÁVEIS ABIÓTICAS DO SOLO E DA ÁGUA SUBTERRÂNEA EM DUAS ÁREAS ADJACENTES A ATERROS, E SUA COMPARAÇÃO COM ÁREAS CONTROLES

5.1 – INTRODUÇÃO

A crescente produção de lixo e seus depósitos tornaram-se um problema social, de saúde pública e principalmente ambiental para as grandes cidades em todo o mundo (Park *et al.*, 2007). O seu crescimento está diretamente associado ao crescimento populacional e ao de consumo de produtos manufaturados, resultante do modelo de desenvolvimento industrial que está em curso (Longden *et al.*, 2007).

Biaowiec *et al.* (2007), Businelli *et al.* (2007), Gadepalle *et al.* (2007), Pavlíková *et al.* (2007), Segura-Muñoz *et al.* (2004) observaram que regiões adjacentes a aterros (depósitos de lixo) vêm sofrendo mudanças na estrutura física e química do solo, e que essas alterações influenciaram a vegetação nativa adjacentes a esses depósitos.

Essas mudanças sempre estiveram relacionadas com os processos de eutrofização do solo e da água subterrânea – aumento de nutrientes e microorganismos – e acúmulo de metais nesses substratos (Pavlíková *et al.*, 2007).

Os efeitos da deposição de nutrientes, particularmente do nitrogênio e fósforo, conforme observado por Coradin *et al.* (2002) e Bustamante *et al.* (2006), causaram mudanças na abundância relativa de grupos funcionais de plantas, em particular de árvores e gramíneas, conforme observações realizadas em ambientes de Cerrado.

Roon (2007) e Efroymson *et al.* (2004) observaram que algumas plantas são naturalmente bioacumuladoras e acompanham a alteração dos elementos químicos em seus substratos, acumulando nutrientes e metais em seus tecidos vegetais. Ao contrário, outras plantas diminuem sua biomassa e densidade pela toxicidade causada por esta variação.

Os objetivos deste trabalho foram: i) quantificar e comparar as concentrações de pH, N total, e P, K, Ca, Mg, Al, Fe, Hg, Cu, Pb, Cd, Mn, Zn e Cr disponíveis no tecido foliar de espécies situadas em áreas próximas aos aterros sanitários e nas respectivas áreas controles; e ii) relacionar os valores obtidos das concentrações químicas presentes nos tecidos foliares com as concentrações químicas do solo e da água subterrânea nas áreas onde foram amostradas.

5.2 – MATERIAIS E MÉTODOS

5.2.1 – Amostragem e coleta do tecido foliar

Foram escolhidas oito espécies, adjacentes aos aterros, para verificação do efeito da distância do aterro na possível contaminação nas plantas arbóreas, sendo quatro em cada aterro e oito para as áreas controles, também quatro espécies por área. O critério de seleção das espécies nas parcelas de estudo (ver Figura 2.1, item 2.2.2 do Capítulo 2) foram: i) ter freqüência em todas as subparcelas do aterro estudado, e ii) terem os maiores IVI nas áreas estudadas. Foram tomados cinco indivíduos de cada espécie (na subparcela) e retirado de cada indivíduo cinco folhas maduras para análise, segundo descrito por Silva (1999).

5.2.2 – Análises das concentrações químicas do tecido foliar

As folhas foram secas em estufa a $40\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 48 horas e, a seguir trituradas para a obtenção de fragmentos menores, os quais foram utilizados para a realização das análises químicas (Allen, 1989).

Para extração, foi pesada 1g de amostra seca em tubo de vidro Kjeldahl, adicionando-se 10ml de HNO_3 concentrado e levado a uma temperatura de 80 a 110 $^{\circ}\text{C}$. Após a completa digestão, o conteúdo fora esfriado e filtrado, utilizando papel de filtro Whatman 40, sendo posteriormente transferido quantitativamente para um frasco volumétrico de 25 ml e completado o volume com água Milli-Q (Allen, 1989).

A determinação das concentrações de pH (em H_2O), Nt (%), P (mg/100g), K (mg/100g), Ca (mmolc/kg), Mg (mmolc/kg), Al (mmolc/kg), Fe (mg/L), Hg ($\mu\text{g/L}$), Cu (mg/L), Pb (mg/L), Cd (mg/L), Mn (mg/L), Zn (mg/L) e Cr (mg/L) seguiram a metodologia descrita no Capítulo 4, item 4.2.1.

A licença para as coletas referidas foi autorizada pela licença n° 021/2005 IBAMA, Processo n° 02001.000403/05-97. Todas as análises foram feitas pelo laboratório Bioágua (Goiânia/GO) em parceria com os aterros referidos.

5.2.3 – Concentrações químicas do solo e água subterrânea

Os dados de concentrações químicas do solo e da água subterrânea foram provenientes do Capítulo 4, coletados e analisados de acordo com o item 4.2.1.

5.2.4 – Análises estatísticas

Foram efetuadas análises de regressão entre as concentrações químicas significativas encontradas no solo e na água subterrânea (Capítulo 4) com as encontradas no tecido foliar das espécies selecionadas para cada subparcela, para se obter a significância do ajuste entre as variáveis do solo (x) e do tecido foliar (y) (R^2 = coeficiente de determinação; ε = erro do ajuste; e p = nível de significância). O programa utilizado para o cálculo dos parâmetros do ajuste foi o Statistica 5.0 (StatSoft, 1997).

Para a elaboração do gráfico da análise de regressão, em cada concentração encontrada no solo e na água subterrânea na subparcela, foram plotadas as médias e os desvios padrões das concentrações de todas as espécies analisadas nesta área.

Gráficos box-wiskers foram elaborados também pelo programa Statistica 5.0 (StatSoft, 1997) para observar a diferença entre as médias e seus desvios, presentes entre os valores das parcelas próximas aos aterros estudados, das áreas controles e presentes na literatura.

O teste estatístico não-paramétrico Kruskal-Wallis foi utilizado para comparação entre as amostras próximas aos aterros com as controles e as presentes na literatura, com nível de significância de 5% (Zar, 1999).

A análise de correspondência canônica foi realizada para verificar a existência de variações entre as variáveis abióticas analisadas e a distribuição das densidades das espécies nas áreas estudadas. Segundo Ter Braak (1987), este método de ordenação consiste basicamente em sintetizar, em um gráfico como eixos perpendiculares, a variação multidimensional de um conjunto de variáveis.

A análise de correspondência canônica possibilita uma ordenação direta de gradientes, mostrando a distribuição das espécies em relação às variáveis ambientais. O autovalor é o peso relativo de cada eixo na explicação da variância total dos dados.

Os dados foram organizados em duas matrizes: a de espécies com maior índice de valor de importância (IVI), utilizando como valores de densidade absoluta de espécies e a

matriz de variáveis ambientais (concentrações químicas), conforme proposto por Ter Braak (1987). O programa utilizado foi o Canoco 4.0 (Ter Braak, 1988).

5.3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com os valores encontrados, para as concentrações dos elementos químicos estudados, nas espécies selecionadas, (Tabela 5.1) observou-se a influência dos aterros sanitários nas espécies arbóreas analisadas. As espécies em parcelas próximas aos aterros obtiveram maiores médias do que as espécies encontradas em áreas controles. Também em parcelas próximas aos aterros, maiores desvios padrão da média foram encontrados, demonstrando existir uma grande variação entre as subparcelas próximas e distantes dos aterros.

Tabela 5.1 – Concentrações das variáveis abióticas presentes nas espécies arbóreas amostradas nas áreas controles e próximas aos aterros em Brasília e em Goiânia.

			pH em H ₂ O	Nt (%)	P (mg/100g)	K (mg/100g)	Ca (mmole/kg)	Mg (mmole/kg)	Al (mmole/kg)	Fe (mg/L)	Hg (µg/L)	Cu (mg/L)	Pb (mg/L)	Cd (mg/L)	Mn (mg/L)	Zn (mg/L)	Cr (mg/L)		
Brasília	Aterro	<i>Guapira noxia</i>	média	6,1	0,18	2,39	4,03	3,41	4,83	0,97	2,19	0	0,35	0,03	<0,05	0,63	0,19	0,01	
			±	0,2	0,04	0,26	1,4	0,51	1,07	0,15	1,06		0,2	0,01		0,09	0,02	0	
		<i>Kielmeyera coriacea</i>	média	6,4	0,16	2,28	4,49	3,58	6,01	1,03	2,02	<0,01	0,31	0,03	0	0,99	0,18	0,01	
			±	0,2	0,03	0,82	1,81	0,96	0,78	0,29	1,01		0,16	0,01		0,03	0,02	0	
		<i>Miconia albicans</i>	média	6,2	0,15	2,41	3,85	3,95	4,09	0,9	1,97	<0,01	0,36	0,02	<0,05	0,81	0,18	0,01	
			±	0,5	0,05	0,78	1,27	0,34	1,06	0,1	0,8		0,14	0		0,09	0,03	0,01	
		Controle	<i>Stryphnodendron adstringens</i>	média	6,3	0,15	2,22	4,35	3,02	3,46	0,84	2,59	<0,01	0,3	0,03	<0,05	0,43	0,18	0,01
			±	0,3	0,03	0,4	1,17	1,73	0,29	0,29	1,35		0,2	0,01		0,02	0,02	0	
	<i>Alibertia macrophylla</i>		média	6	0,09	1,73	3,21	2,31	2,63	0,76	1,92	<0,01	0,3	0,02	<0,05	0,4	0,12	0,01	
			±	0,3	0,04	0,68	1,72	0,39	0,33	0,12	0,81		0,15	0		0,05	0,03	0	
	<i>Dalbergia miscolobium</i>		média	6,1	0,13	1,52	3,08	2,72	3,04	0,7	1,74	0	0,25	0,01	0	0,37	0,13	0,01	
			±	0,6	0,02	0,64	1,58	0,76	1,04	0,2	1,3		0,2	0		0,03	0,03	0	
Goiânia	Controle	<i>Miconia albicans</i>	média	5,9	0,12	2,13	2,92	2,22	3,14	0,65	1,58	<0,01	0,24	0,02	0	0,36	0,13	0,01	
			±	0,2	0,03	1,01	1,86	1,09	0,43	0,24	0,66		0,2	0,01		0,02	0,02	0	
		<i>Qualea grandiflora</i>	média	6,1	0,12	1,68	2,19	2,49	2,89	0,57	1,65	<0,01	0,24	0,02	0	0,35	0,12	0,01	
			±	0,4	0,05	0,83	1,55	1,08	1,13	0,09	0,93		0,24	0		0,03	0,02	0	
		<i>Erythroxylum suberosum</i>	média	6,3	0,14	2,36	3,57	3,45	3,99	0,88	1,77	<0,01	0,33	0,03	0	0,91	0,16	0,01	
			±	0,3	0,04	0,91	1,66	0,84	0,21	0,25	1,03		0,22	0,01		0,06	0,03	0	
Aterro	<i>Eugenia dysenterica</i>	média	6	0,16	2,14	3,47	2,88	6,24	0,97	1,63	<0,01	0,3	0,02	<0,05	0,53	0,15	0,01		
		±	0,2	0,03	0,31	1,75	0,38	0,24	0,13	1,22		0,21	0,01		0,04	0,02	0		
	<i>Pera glabrata</i>	média	6	0,14	2,32	3,83	3,77	5,87	0,92	2,23	<0,01	0,33	0,02	0	0,62	0,14	0,01		
		±	0,4	0,05	0,64	1,5	0,52	0,59	0,26	0,88		0,19	0		0,02	0,02	0		
	<i>Qualea parviflora</i>	média	5,9	0,13	2,18	4,13	2,9	5,95	0,88	2,5	0	0,32	0,02	<0,05	0,56	0,15	0,01		
		±	0,2	0,05	0,76	1,66	0,77	0,57	0,18	1,65		0,21	0,01		0,06	0,03	0		
Controle	<i>Byrsonima verbascifolia</i>	média	5,9	0,08	1,4	2,21	2,22	2,56	0,8	2,13	<0,01	0,26	0,01	0	0,21	0,12	0,01		
		±	0,2	0,04	0,43	1,43	1,13	0,23	0,32	1,14		0,16	0,01		0,03	0,02	0		
	<i>Caryocarp brasiliense</i>	média	6	0,12	1,93	2,54	2,12	2,57	0,78	1,57	<0,01	0,23	0,01	0	0,34	0,12	0,01		
		±	0,2	0,04	0,99	1,17	0,86	0,36	0,19	1,18		0,14	0		0,04	0,02	0		
	<i>Dalbergia miscolobium</i>	média	6	0,11	1,06	2,98	2,82	2,68	0,59	1,81	0	0,24	0,02	<0,05	0,21	0,14	0,01		
		±	0,2	0,04	0,81	1,38	0,91	0,41	0,24	1,58		0,23	0,01		0,08	0,02	0		
<i>Hymenaea stigonocarpa</i>	média	5,9	0,09	1,75	3,31	2,16	3,36	0,62	1,48	<0,01	0,3	0,02	<0,05	0,29	0,13	0,01			
	±	0,2	0,04	0,41	1,47	1,22	0,21	0,22	1,38		0,17	0		0,05	0,02	0			

Os valores das concentrações químicas das espécies controles apresentaram valores próximos aos encontrados na literatura, como indicado nas Figuras 5.1, 5.2, 5.3 e 5.4, porém diferente das concentrações nas parcelas próximas aos aterros que apresentaram valores maiores.

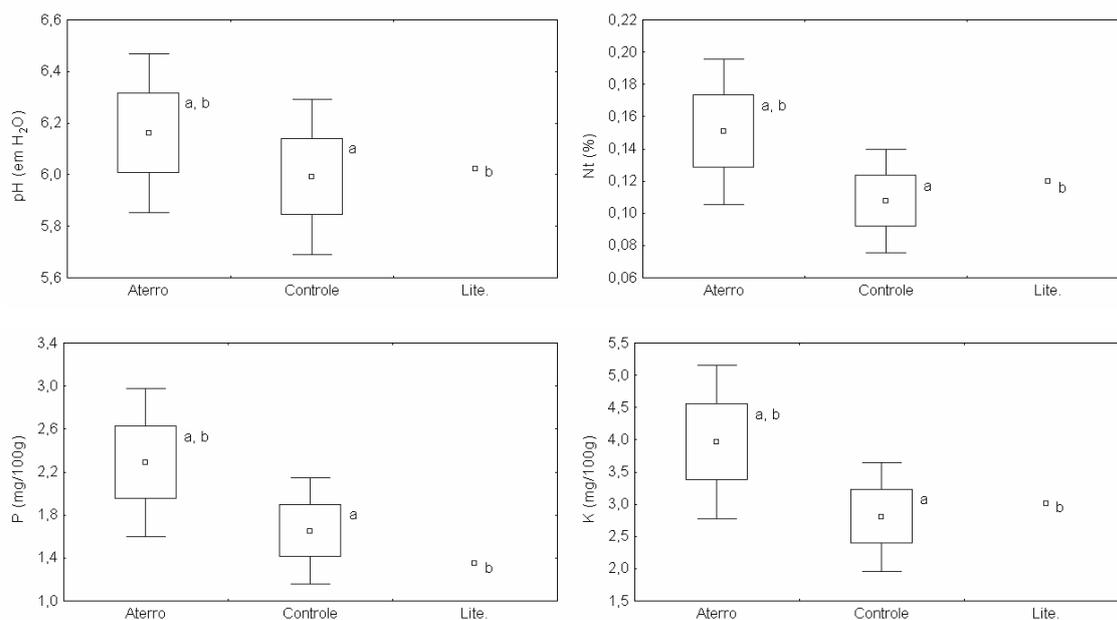


Figura 5.1 – Diagrama (Box-Wiskers) para as concentrações de pH (em H₂O), Nt (%), P (mg/100g) e K (mg/100g) no tecido foliar das espécies arbóreas de Cerrado analisadas nas parcelas próximas aos aterros (Aterro), nas áreas controles (Controle) e na Literatura (Lite.). Dados da literatura foram retirados de: Wilcke e Lilienfein (2005) para pH, Lilienfein *et al.* (2003) para Nt, Lilienfein *et al.* (2001) para P e Wilcke e Lilienfein (2005) para K. “a” e “b” representam as diferenças significativas ($p < 0,001$) entre o conjunto de dados analisados no teste estatístico não-paramétrico Kruskal-Wallis.

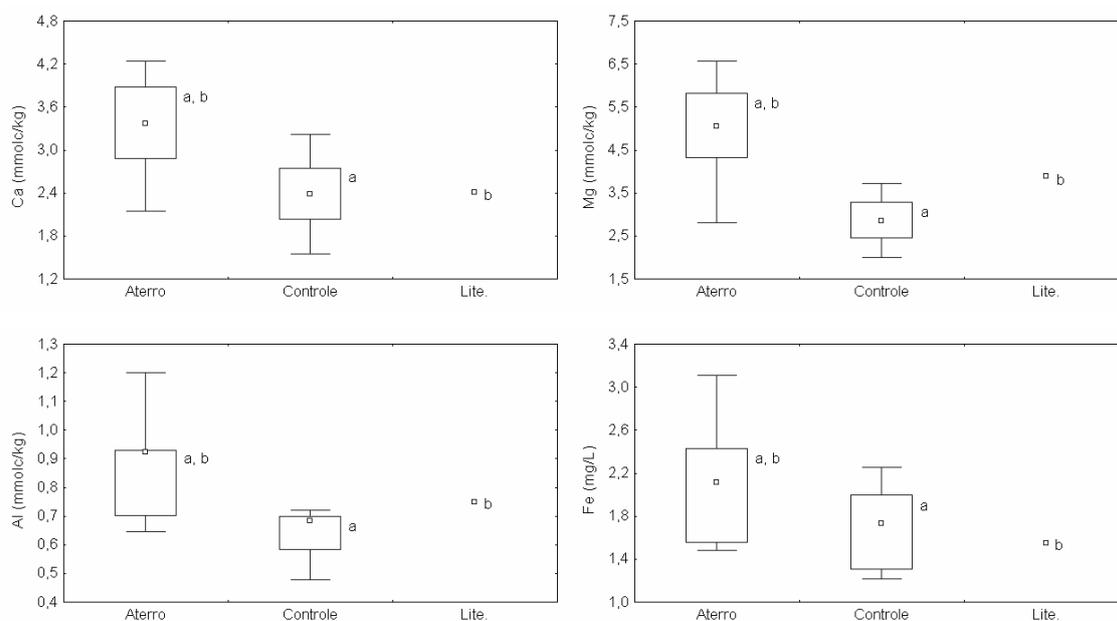


Figura 5.2 – Diagrama (Box-Wiskers) para as concentrações de Ca (mmolc/kg), Al (mmolc/kg), Mg (mmolc/kg) e Fe (mg/L) no tecido foliar das espécies arbóreas de Cerrado analisadas nas parcelas próximas aos aterros (Aterro), nas áreas controles (Controle) e na Literatura (Lite.). Dados da literatura foram retirados de: Haridasan e Araújo (2005) para Ca, Marimon Jr e Haridasan (2005) para Al, Marimon Jr e Haridasan (2005) para Mg e Wilcke e Lilienfein (2005) para Fe. “a” e “b” representam as diferenças significativas ($p < 0,001$) entre o conjunto de dados analisados no teste estatístico não-paramétrico Kruskal-Wallis.

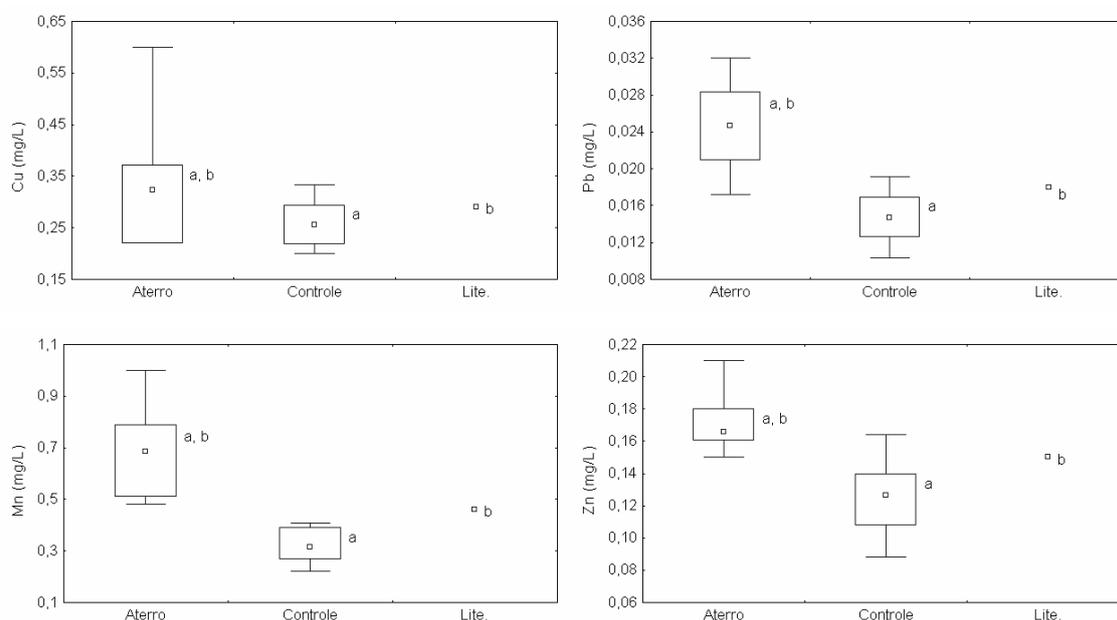


Figura 5.3 - Diagrama (Box-Wiskers) para as concentrações de Cu (mg/L), Pb (mg/L), Mn (mg/L) e Zn (mg/L) no tecido foliar das espécies arbóreas de Cerrado analisadas nas parcelas próximas aos aterros (Aterro), nas áreas controles (Controle) e na Literatura (Lite.). Dados da literatura foram retirados de: Segura-Muñoz *et al.* (2004) para Cu, Segura-Muñoz *et al.* (2004) para Pb, Santana e Imaña-Encinas (2004) para Mn e Santana e Imaña-Encinas (2004) para Zn. “a” e “b” representam as diferenças significativas ($p < 0,001$) entre o conjunto de dados analisados no teste estatístico não-paramétrico Kruskal-Wallis.

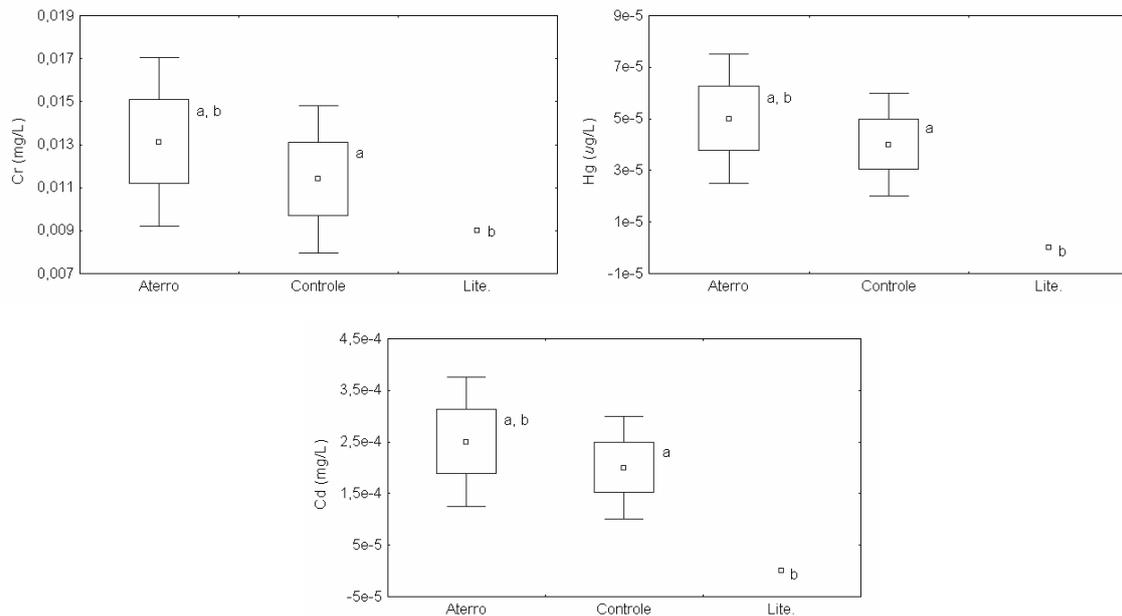


Figura 5.4 - Diagrama (Box-Wiskers) para as concentrações de Cr (mg/L), Cd (mg/L) e Hg (µg/L) no tecido foliar das espécies arbóreas de Cerrado analisadas nas parcelas próximas aos aterros (Aterro), nas áreas controles (Controle) e na Literatura (Lite.). Dados da literatura foram retirados de: Segura-Muñoz *et al.* (2004) para Cr, Bako *et al.* (2005) para Cd e Bako *et al.* (2005) para Hg. “a” e “b” representam as diferenças significativas ($p < 0,001$) entre o conjunto de dados analisados no teste estatístico não-paramétrico Kruskal-Wallis.

As relações entre as concentrações químicas encontradas no solo, na água subterrânea com as encontradas no tecido foliar das espécies arbóreas analisadas (Figura 5.15 a 5.14) foram todas significativas ($R^2 > 0,62$; Erro $< 0,05$; $p < 0,001$), observando-se a relação diretamente proporcional, ou seja, quanto maior foi a concentração no substrato (solo ou água subterrânea), maior foi no tecido foliar.

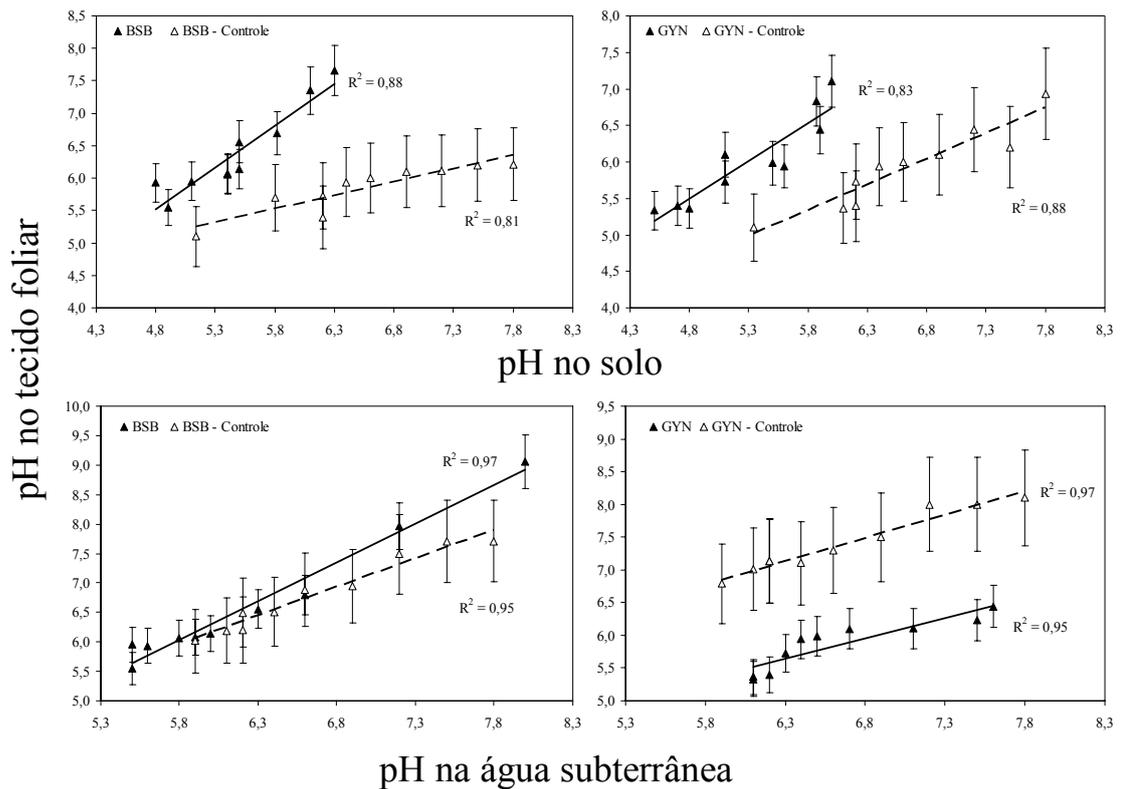


Figura 5.5 – Relação entre as concentrações de pH (em H₂O) no solo e na água subterrânea com as do tecido foliar das espécies arbóreas selecionadas em áreas próximas aos aterros (BSB = em Brasília e GYN = em Goiânia) e em áreas controles (BSB – Controle e GYN – Controle). — Ajustes para as parcelas próximas aos aterros e - - - - ajustes para áreas controles. Desvios representam os dados das 4 espécies em cada área e R² o coeficiente de determinação da análise de regressão.

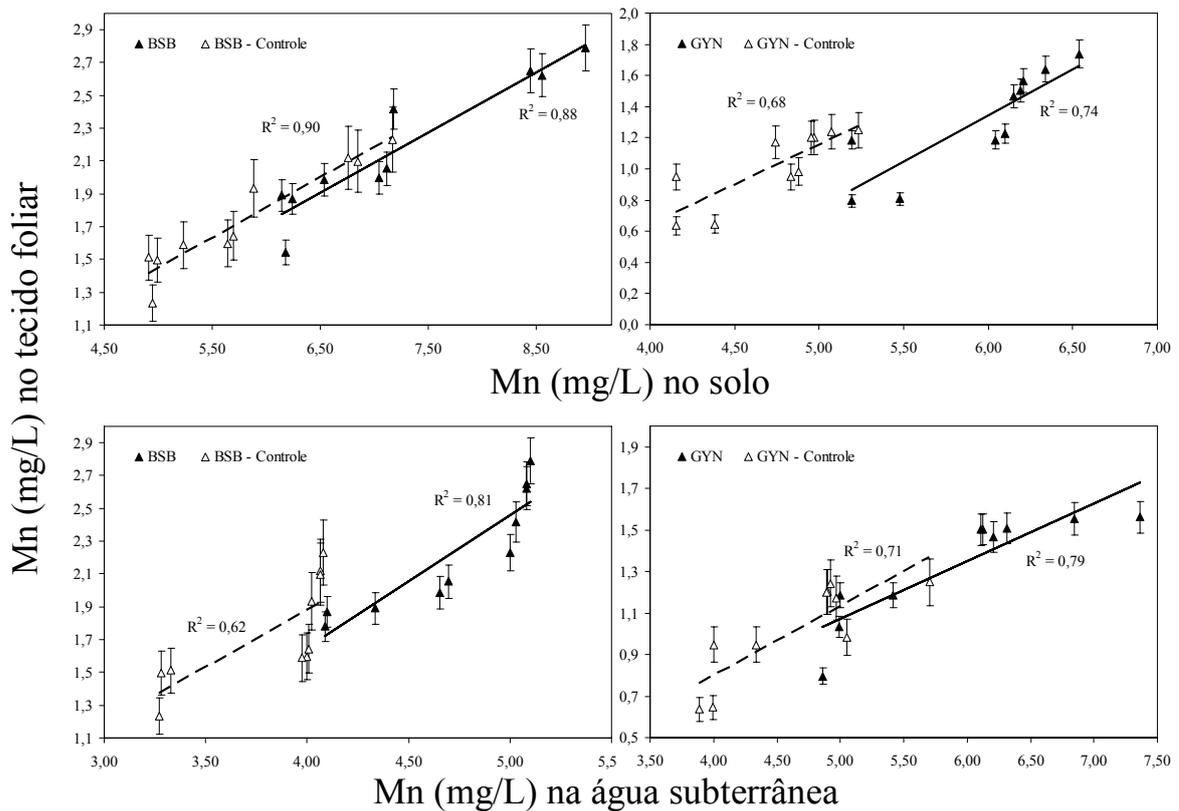


Figura 5.6 – Relação entre as concentrações de Mn (mg/L) no solo e na água subterrânea com as do tecido foliar das espécies arbóreas selecionadas em áreas próximas aos aterros (BSB = em Brasília e GYN = em Goiânia) e em áreas controles (BSB – Controle e GYN – Controle). — Ajustes para as parcelas próximas aos aterros e - - - - ajustes para áreas controles. Desvios representam os dados das 4 espécies em cada área e R^2 o coeficiente de determinação da análise de regressão.

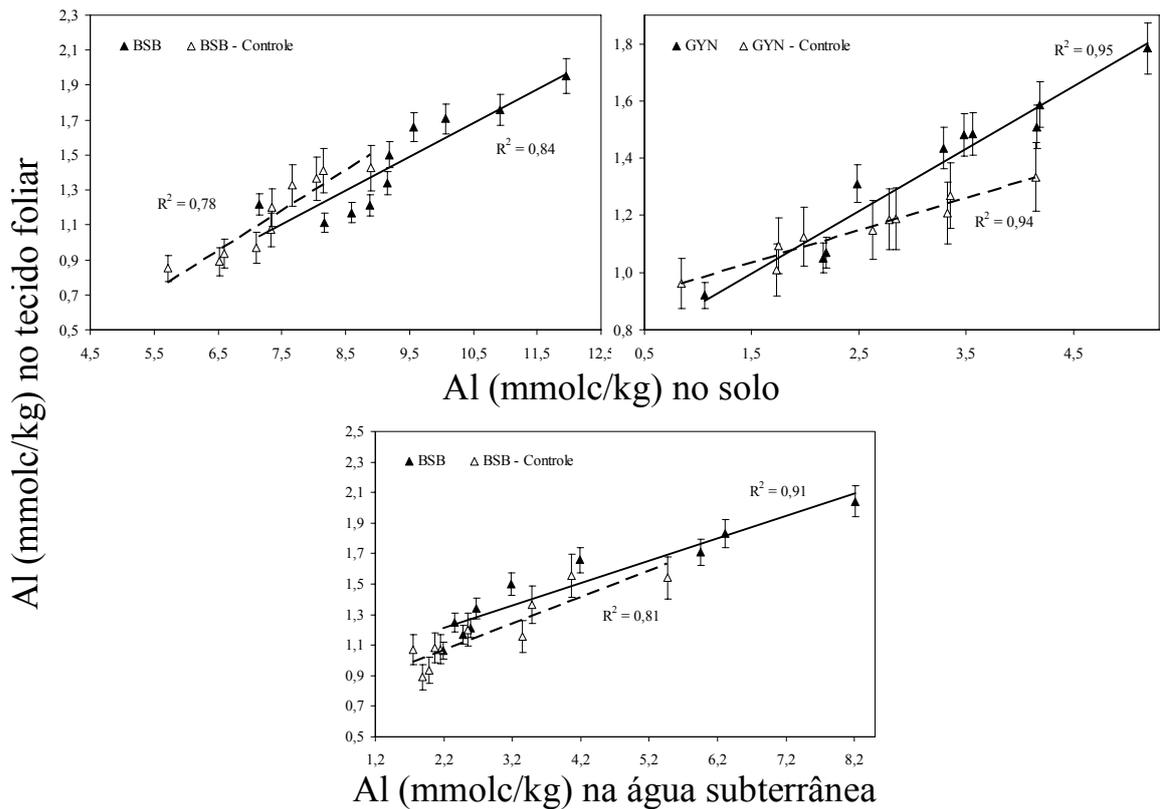


Figura 5.7 – Relação entre as concentrações de Al (mmolc/kg) no solo e na água subterrânea com as do tecido foliar das espécies arbóreas selecionadas em áreas próximas aos aterros (BSB = em Brasília e GYN = em Goiânia) e em áreas controles (BSB – Controle e GYN – Controle). — Ajustes para as parcelas próximas aos aterros e - - - - ajustes para áreas controles. Desvios representam os dados das 4 espécies em cada área e R^2 o coeficiente de determinação da análise de regressão.

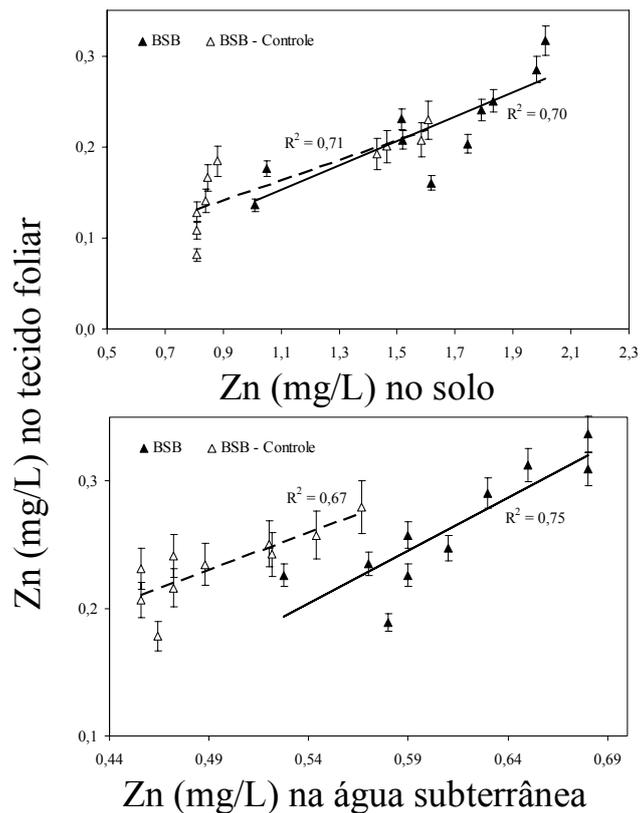


Figura 5.8 – Relação entre as concentrações de Zn (mg/L) no solo e na água subterrânea com as do tecido foliar das espécies arbóreas selecionadas em áreas próximas aos aterros (BSB = em Brasília) e em áreas controles (BSB – Controle). — Ajustes para as parcelas próximas aos aterros e - - - - ajustes para áreas controles. Desvios representam os dados das 4 espécies em cada área e R² o coeficiente de determinação da análise de regressão.

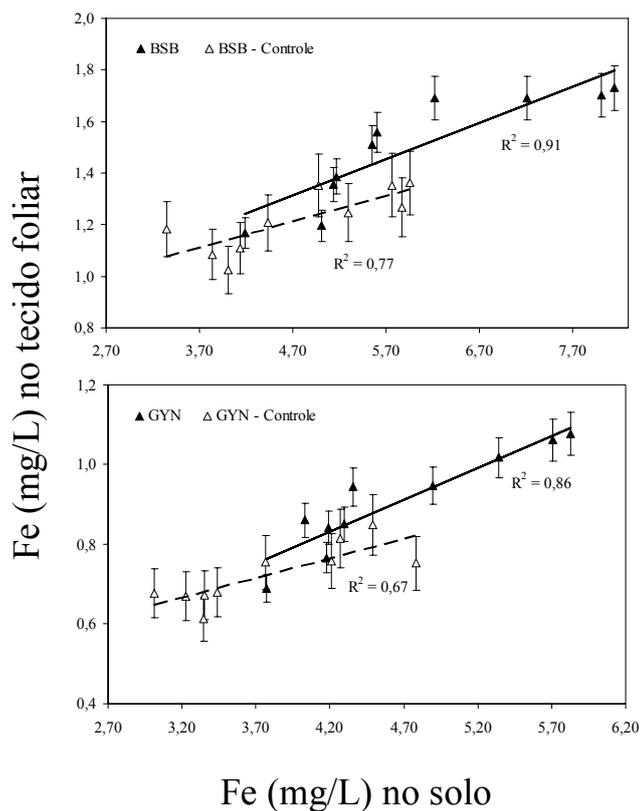


Figura 5.9 – Relação entre as concentrações de Fe (mg/L) no solo e na água subterrânea com as do tecido foliar das espécies arbóreas selecionadas em áreas próximas aos aterros (BSB = em Brasília e GYN = em Goiânia) e em áreas controles (BSB – Controle e GYN – Controle). — Ajustes para as parcelas próximas aos aterros e - - - - ajustes para áreas controles. Desvios representam os dados das 4 espécies em cada área e R^2 o coeficiente de determinação da análise de regressão.

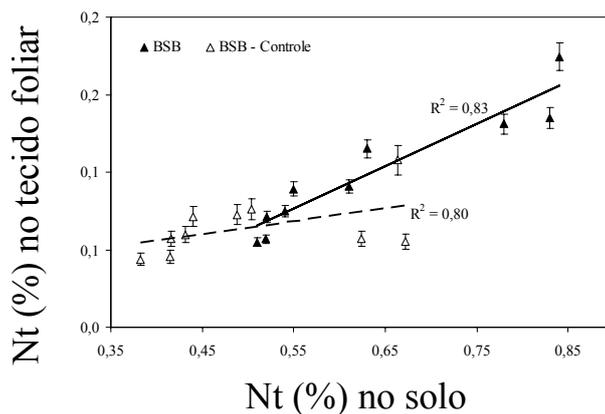


Figura 5.10 – Relação entre as concentrações de Nt (%) no solo e na água subterrânea com as do tecido foliar das espécies arbóreas selecionadas em áreas próximas ao aterro (BSB = em Brasília) e em área controle (BSB – Controle). — Ajuste para as parcelas próximas aos aterros e - - - - ajuste para área controle. Desvios representam os dados das 4 espécies em cada área e R^2 o coeficiente de determinação da análise de regressão.

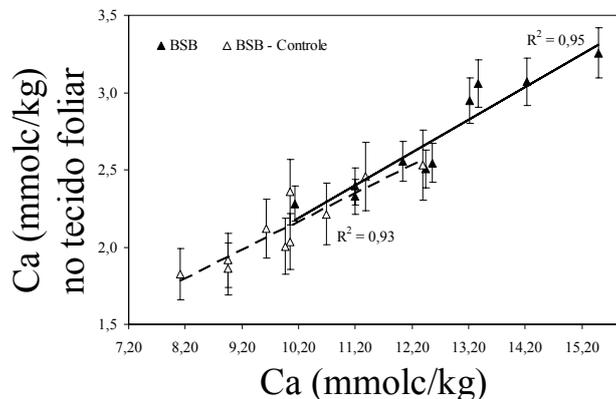


Figura 5.11 – Relação entre as concentrações de Ca (mmolc/kg) no solo e na água subterrânea com as do tecido foliar das espécies arbóreas selecionadas em áreas próximas ao aterro (BSB = em Brasília) e em área controle (BSB – Controle). — Ajuste para as parcelas próximas ao aterro e - - - - ajuste para área controle. Desvios representam os dados das 4 espécies em cada área e R^2 o coeficiente de determinação da análise de regressão.

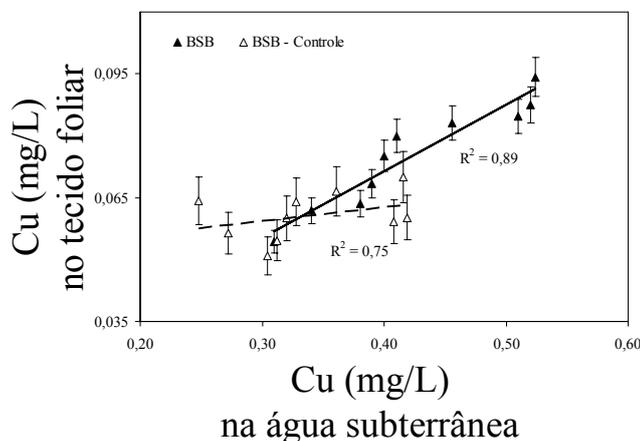


Figura 5.12 – Relação entre as concentrações de Cu (mg/L) no solo e na água subterrânea com as do tecido foliar das espécies arbóreas selecionadas em áreas próximas ao aterro (BSB = em Brasília) e em área controle (BSB – Controle). — Ajustes para as parcelas próximas ao aterro e - - - - ajuste para área controle. Desvios representam os dados das 4 espécies em cada área e R^2 o coeficiente de determinação da análise de regressão.

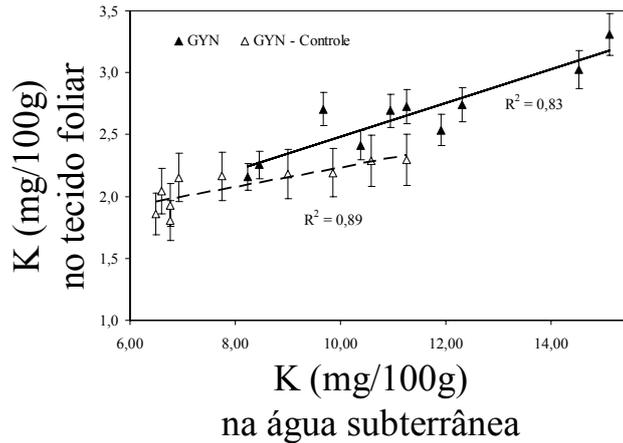


Figura 5.13 – Relação entre as concentrações de K (mg/100g) no solo e na água subterrânea com as do tecido foliar das espécies arbóreas selecionadas em áreas próximas ao aterro (GYN = em Goiânia) e em área controle (GYN – Controle). — Ajuste para as parcelas próximas ao aterro e - - - - ajuste para áreas controles. Desvios representam os dados das 4 espécies em cada área e R^2 o coeficiente de determinação da análise de regressão.

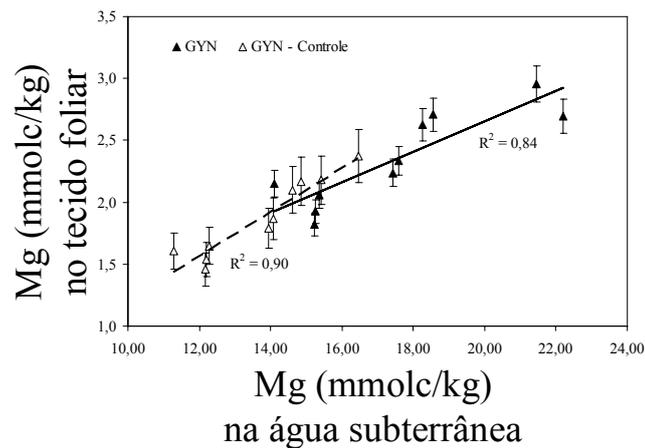


Figura 5.14 – Relação entre as concentrações de Mg (mmolc/kg) no solo e na água subterrânea com as do tecido foliar das espécies arbóreas selecionadas em áreas próximas ao aterro (GYN = em Goiânia) e em área controle (GYN – Controle). — Ajuste para as parcelas próximas ao aterro e - - - - ajuste para áreas controles. Desvios representam os dados das 4 espécies em cada área e R^2 o coeficiente de determinação da análise de regressão.

Ruggiero *et al.* (2006) e Haridasan (2000) descreveram que espécies de Cerrado se distribuem e acompanham a sua densidade e abundância segundo a concentração de alguns elementos químicos do solo. Campos *et al.* (2006) relata que o substrato em que está inserida a vegetação é determinante nos processos de dinâmica da comunidade vegetal e na sucessão das espécies.

Estudos com acréscimo de nutrientes (Coradin *et al.*, 2002; Silva, 2001; Bruford, 1993) e metais (Segura Muñoz, 2002) no solo mostraram respostas para árvores de Cerrado, tanto na sua estrutura ecofisiológica, como no aumento da área foliar e de casca, e no aumento da biomassa em algumas espécies. Pelo contrário, outras espécies podem até morrer e surgirem doenças como a clorose, quando as folhas não produzem clorofilas suficientes (Sharma e Dubey, 2005).

Esse comportamento da distribuição das espécies arbóreas pelo substrato ficou evidente também quando a partir da análise de correlação canônica se fez a ordenação entre as variáveis ambientais e as abundância das espécies (Figura 5.15, 5.16, 5.17 e 5.18).

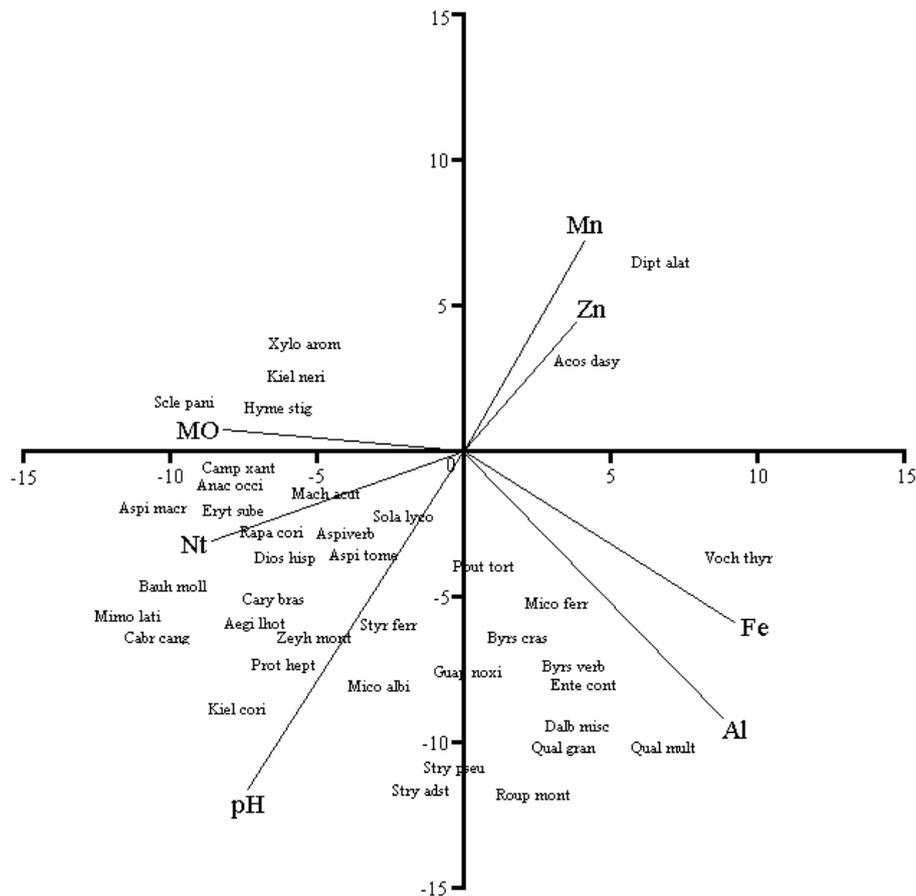


Figura 5.15 – Análise de correlação canônica: diagramas de ordenação das espécies baseadas na abundância absoluta de 40 espécies com maior IVI nas parcelas estabelecidas em área adjacente ao aterro do Jockey Club de Brasília, e sua correlação com as sete variáveis ambientais do solo analisadas.

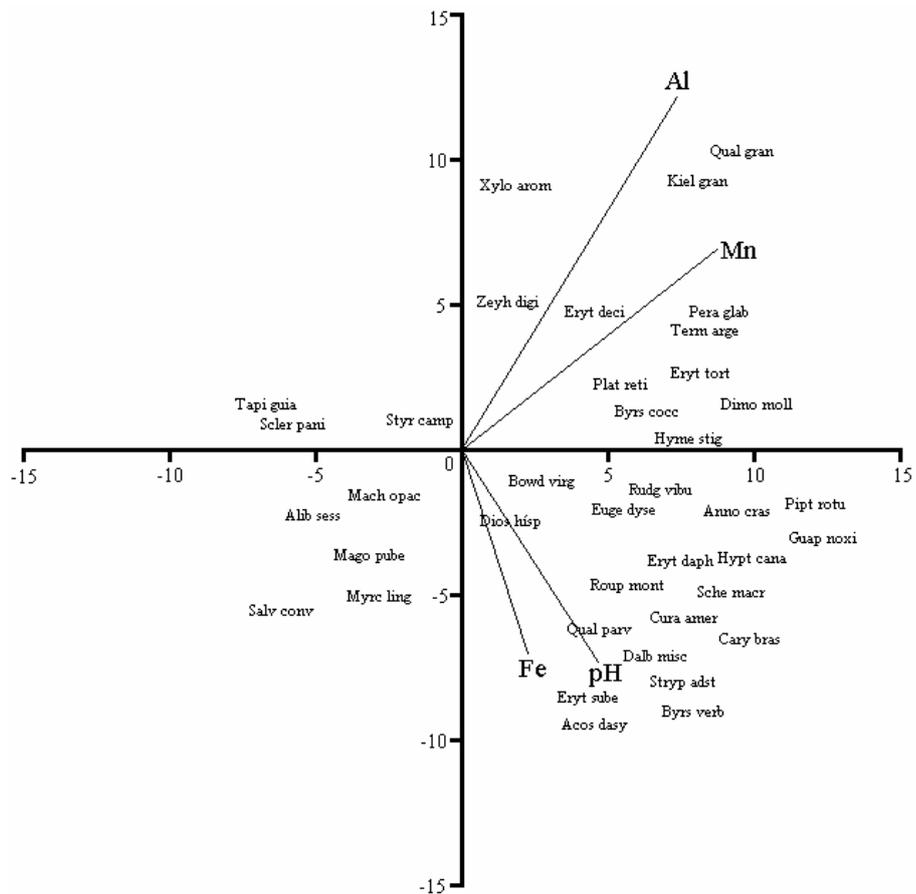


Figura 5.16 – Análise de correlação canônica: diagramas de ordenação das espécies baseadas na abundância absoluta de 40 espécies com maior IVI nas parcelas estabelecidas em área adjacente ao aterro do Sanitário de Goiânia, e sua correlação com as sete variáveis ambientais do solo analisadas.

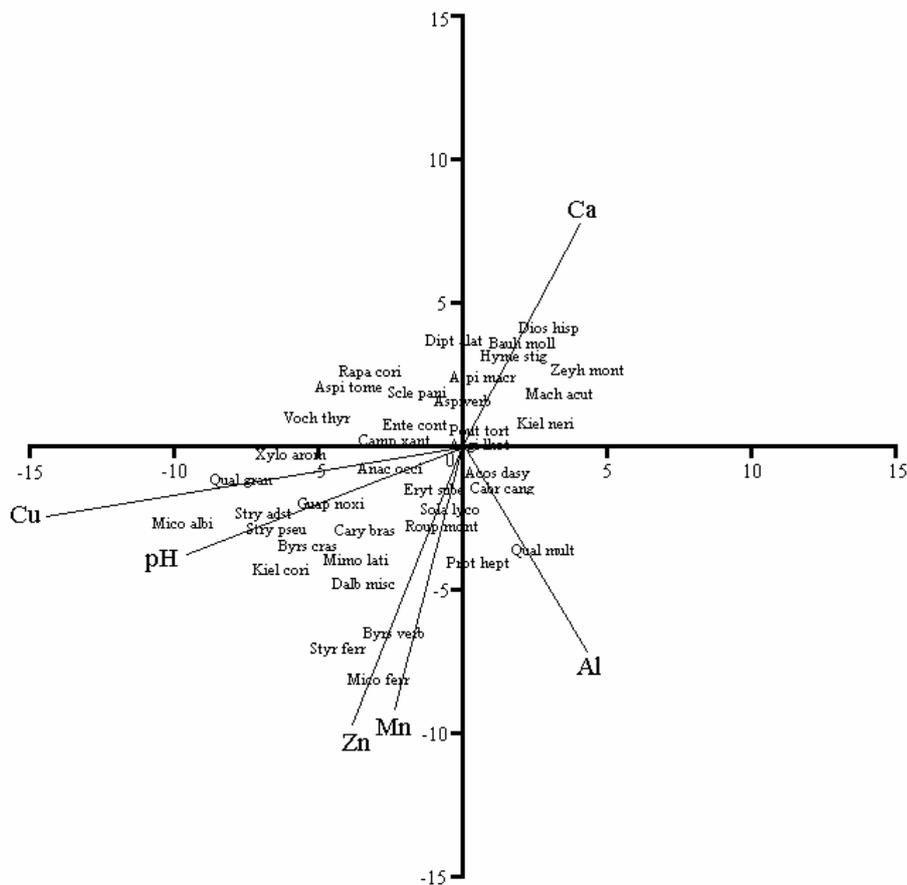


Figura 5.17 – Análise de correlação canônica: diagramas de ordenação das espécies baseadas na abundância absoluta de 40 espécies com maior IVI nas parcelas estabelecidas em área adjacente ao aterro do Jockey Club de Brasília, e sua correlação com as sete variáveis ambientais da água subterrânea analisadas.

5.5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DO CAPÍTULO 5

- Allen, S. E. (1989) *Chemical analysis of Ecological materials*. 2 ed, Blackwell Scientific Publications, Oxford. 368p.
- Bako, S. P.; Funtua, I. I.; Ijachi, M. (2005) Heavy Metal Content of Some Savanna Plant Species in Relation to Air Pollution. *Water, Air, & Soil Pollution*, 161(1-4): pp. 125-136.
- Biaowiec, A.; Wojnowska-Barya, I.; Hasso-Agopsowicz, M. (2007) The controlling of landfill leachate evapotranspiration from soil-plant systems with willow: *Salix amygdalina* L. *Waste Management & Research*, 25(1): pp. 61-67.
- Businelli, M.; Calandra, R.; Pagliai, M.; Businelli, D.; Gigliotti, G.; Grasselli, O.; Said-Pullicino, D.; Leccese, A. (2007) Transformation of a Landfill Covering Amended with Municipal Waste Compost, Perugia, Italy. *Journal of Environment Quality*, 36(1): pp.254-261.
- Bustamante, M. M. C.; Medina, E.; Asner, G. P.; Nardoto, G. B.; Garcia-Montiel, D. C. (2006) Nitrogen cycling in tropical and temperate savannas. *Biogeochemistry*, 79(1-2): pp. 209-237.
- Bruford, G.R. (1993) *The effect of fertilizer on the soil and three native species of the Cerrado in Central Brazil*. Dissertação de Mestrado, Oxford Forestry Institute, Universidade de Oxford, Inglaterra. 136p.
- Campos, É. P. de; Duarte, T. G.; Neri, A. V. (2006) Floristic composition of a stretch of "Cerrado" sensu stricto and "cerradão" and its relation with soil in the 'Floresta Nacional' (FLONA) of Paraopeba, MG. *Revista Árvore*, 30(3): pp. 471-479.
- Coradin, V. T. R.; Haridasan, M.; Souza, M. R.; Silva, M. E. F.; Pereira, M. S. (2002) Influência da calagem e da adubação no crescimento de duas espécies lenhosas do Cerrado. *Brasil Florestal*, 74: pp. 53-60.
- Efroymsen, R. A.; Sample, B. E.; Suter II, G. W. (2004) Bioaccumulation of Inorganic Chemicals from Soil by Plants: Spiked Soils vs. Field Contamination or Background. *Human and Ecological Risk Assessment*, 10(6): pp. 1117-1128.

- Gadepalle, V. P.; Ouki, S. K.; Van Herwijnen, R.; Hutchings, T. (2007) Immobilization of Heavy Metals in Soil Using Natural and Waste Materials for Vegetation Establishment on Contaminated Sites. *Journal of Soil Contamination*, 16(2): pp. 233–251.
- Haridasan, M.; Araújo, G. M. (2005) Perfil nutricional de espécies lenhosas de duas florestas semidecíduas em Uberlândia, MG. *Revista Brasileira de Botânica*, 28(2): p. 295-303.
- Haridasan, M. (2000) Nutrição mineral de plantas nativas do Cerrado. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 12(1): p.54-64.
- Lilienfein, J.; Wilcke, W.; Vilela, L.; Ayarza, M. A.; Lima, S.C.; Zech, W. (2003) Soil fertility under native Cerrado and pasture in the brazilian savanna. *Soil Science Society of America Journal*, 67: pp. 1195-1205.
- Lilienfein, J.; Wilcke, W.; Zimmermann, R.; Gerstberger, P.; Araújo, G e Zech, Wolfgang. Nutrient storage in soil and biomass of native Brazilian Cerrado. (2001) *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 164: pp. 487-495.
- Longden, D.; Brammer, J.; Bastin, L.; Cooper, N. (2007) Distributed or centralised energy-from-waste policy? Implications of technology and scale at municipal level. *Energy Policy*, v.35 (4), p. 2622-2633, 2007.
- Marimon Júnior, B. H.; Haridasan, M. (2005) A comparison of the woody vegetation and soil characteristics of a cerradão and a Cerrado sensu stricto in adjacent areas on dystrophic soils in eastern Mato Grosso State, Brazil. *Acta Botanica Brasílica*, 19(4): pp. 913-926.
- Park, H. I.; Park, B.; Lee, S. R. (2007) Analysis of Long-Term Settlement of Municipal Solid Waste Landfills as Determined by Various Settlement Estimation Methods. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 57(2): pp. 243-252.
- Pavlíková, D.; Macek, T.; Macková, M.; Pavlík, M. (2007) Monitoring Native Vegetation on a Dumpsite of PCB-Contaminated Soil International. *Journal of Phytoremediation*, 9(1): pp. 71–78p.
- Roon, M. (2007) Water localization and reclamation: Steps towards low impact urban design and development. *Journal of Environmental Management*, 83(4): pp. 437-448.
- Rugiero, P. G. C.; Pivello, V. R.; Sparovek, G. (2006) The relationship among soil, vegetation and topography in a Cerrado area (Vassununga State Park, SP): how well is it expressed in maps?. *Acta Botanica Brasílica*, 20(2): pp. 383-394.

- Sharma, Pallavi and Dubey, Rama Shanker Lead toxicity in plants. *Braz. J. Plant Physiol.*, Mar 2005, vol.17, no.1, p.35-52. ISSN 1677-0420
- Santana, O. A. e Imaña-Encinas, J. (2004) Modelo espacial de contaminação do solo e do lençol freático do aterro do Jockey Club para o Parque Nacional de Brasília. Brasília – DF. In: Pejon, O. J. e Zuquette, L. V. *Cartografia Geotécnica e Geoambiental (Conhecimento do Meio Físico: Base para a Sustentabilidade)* p. 453-460.
- Segura Muñoz, S. I.; Bocio, A.; Takayanagui, A. M. M. (2004) Metal concentration in soil in the vicinity of a Municipal Soil Landfill with a deactivated Medical Waste Incineration Plant, Ribeirão Preto, Brazil. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 73(3), p. 575-582.
- Segura Muñoz, S. I. (2002) *Impacto ambiental na área do Aterro Sanitário e Incinerador de resíduos sólidos de Ribeirão Preto, SP: avaliação dos níveis de metais pesados*. Tese de doutorado apresentado “a Escola de Enfermagem Materno Infantil e Saúde Pública, Universidade de São Paulo, 131p.
- StatSoft (1997) *Statistic for Windows 5.1*. CD ROM. Tulsa, StatSoft Inc.
- Silva, M.E. F. (2001) *Efeitos a longo prazo da calagem e adubação sobre a disponibilidade de nutrientes no solo, a concentração de nutrientes na serapilheira e a nutrição mineral de três espécies lenhosas nativas de um Cerrado sensu stricto*. Dissertação de Mestrado. Departamento de Ecologia, Universidade de Brasília, Brasília.
- Silva, F. C. da. (1999) *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. Brasília: EMBRAPA, 370p.
- Ter Braak, C.J.F. (1987) The analysis of environment relationships by canonical correspondence analysis. *Vegetatio*, 69: pp.69-77.
- Ter Braak, C.J.F. (1988) *CANOCO - a Fortran program for canonical community ordination by (partial) (detrended) (Canonical) Correspondence Analysis, principal components analysis and redundancy analysis version 2.1*. Wageningen: Institute of Applied Computer Science, 389p. (Technical Report Lwa - 88 - 02, TNO).
- Wilcke, W.; Lilienfein, J. (2005) Nutrient Leaching in Oxisols Under Native and Managed Vegetation in Brazil. *Soil Science Society of America Journal*, 69(4): pp. 1152-1162.
- Zar, J. H.(1999) *Biostatistical analysis*. 4th ed. New Jersey: Prentice Hall. 123 p.

6 – RECOMENDAÇÕES E PROPOSTA DE INTRODUÇÃO DE ESPÉCIES NATIVAS DE CERRADO E MONITORAMENTO DE ESPÉCIES EXÓTICAS PARA AMORTIZAÇÃO DOS EFEITOS PROVOCADOS PELOS ATERROS SANITÁRIOS NO SOLO

6.1 – INTRODUÇÃO

O termo “degradação” geralmente está ligado a efeitos ambientais negativos provocados pela ação do homem. Raramente este termo é utilizado para alterações ambientais decorrentes de processos naturais (Fernandes *et al.*, 2005).

Waquil *et al.* (2004) definem que este termo pode estar associado aos conceitos de distúrbio ou perturbação, definidos como alteração ambiental resultante da atividade humana e que não pode ser corrigida rapidamente, sendo o desgaste parcial ou total, reversível ou irreversível, de ecossistemas locais.

Pode-se dizer que a degradação engloba alteração paisagística (topografia, ecossistemas, impactos visuais e odores), perda de capital natural (solos, mudanças na diversidade da fauna e da flora) e riscos à saúde e à segurança (solos contaminados e resíduos tóxicos) (Williams *et al.*, 1990).

A degradação ambiental está ligada principalmente à degradação do substrato (solo e água subterrânea). Segundo a NBR 10.703 (ABNT, 1989), degradação do solo é a alteração adversa das características do solo em relação aos seus diversos usos possíveis, tanto os estabelecidos em planejamento quanto os potenciais. Degradar o substrato significa alterar suas propriedades físicas (estrutura, porosidade, compacidade), químicas (pH, N, P, K, etc.) e biológicas (microorganismos).

Nos capítulos anteriores pôde se observar a alteração do solo e da água subterrânea observando os valores comparados com as áreas controle e com informações da literatura, com o processo de eutrofização de nutrientes (Nt, P, K, Ca, Mg) em áreas próximas aos aterros e também o aumento das concentrações de metais pesados.

Para a vegetação, apesar de não ter sido verificada uma redução da diversidade próxima aos aterros, foi observada uma redução do IVI e até o não registro de algumas espécies próximas aos depósitos de lixo.

Frequentemente nas áreas limítrofes dos aterros são introduzidos indivíduos do gênero *Eucalyptus* com a intenção de serem um “quebra vento” ou “cortina vegetal”, para

evitar que os odores provocados pelos aterros não se espalhem (Trindade e Figueiredo, 1982).

Este procedimento de implantação de *Eucalyptus* em curto prazo (± 3 anos) é o indicado pelo seu rápido crescimento do volume, refletidos pelo aumento do diâmetro e da altura dessas árvores (Mora e Garcia, 2000). Porém a longo prazo esta espécie arbórea traz conseqüências para a vegetação nativa: liberando substâncias alelopáticas no solo em seus ciclos biogeoquímicos foliares, e sendo um forte competidor por nutriente, luz e espaço, alterando a diversidade e os parâmetros fitossociológicos nativos (Reis *et al.*, 2006).

Os objetivos deste capítulo foram: i) avaliar as características agronômicas dos solos, ii) propor a introdução de espécies nativas e iii) propor o monitoramento de espécies nativas e exóticas, visando a amortização dos efeitos dos aterros sanitários em suas áreas adjacentes.

6.2 – CARACTERIZAÇÃO AGRONÔMICA DOS SOLOS E RECOMENDAÇÕES

A caracterização agronômica das amostras de solo (Capítulo 4, item 4.2.1) de todas as subparcelas (Capítulo 2, item 2.21 e 2.2.2) adjacentes aos aterros sanitários estudados foi realizada visando avaliar a necessidade de adubação ou de outra interferência química.

As variáveis analisadas foram: soma de bases – SB (cmolc/dm^3), acidez potencial – $\text{H+Al} = \text{cmolc/dm}^3$, capacidade de troca catiônica efetiva – CTC (t), índice de saturação de alumínio – m (%), valor de saturação em base – V (%) e capacidade efetiva de troca de Cátions (T). As análises dos elementos químicos foram realizadas conforme descrito no Capítulo 4 (item 4.2.1), apenas pH (H+Al) foi realizado pelo método da solução de acetato de cálcio e titulação alcalimétrica do extrato (Silva 1999). Os cálculos foram realizados segundo metodologia proposta por Silva (1999), apresentados na Tabela 6.1.

Tabela 6.1 – Cálculos de caracterização dos substratos utilizados (Silva, 1999).

Variáveis	Unidade	Fórmulas utilizadas
SB	mmolc dm^{-3}	$\text{SB}=\text{Ca}+\text{H}+\text{Al}$
T	mmolc dm^{-3}	$\text{T}=\text{S}+\text{H}+\text{Al}$
t	mmolc dm^{-3}	$\text{t}=\text{Al}+\text{Ca}+\text{Mg}+\text{K}$
m	%	$\text{m}=100.\text{Al}/\text{S}+\text{Al}$
V	%	$\text{V}=100.\text{SB}/\text{T}$

As amostras analisadas nos aterros estudados apresentaram uma baixa saturação por Al em relação ao indicado por Rodrigues *et al.* (2007), sendo justificado pela sua baixa

concentração no substrato e uma alta saturação por base corroborando com as informações de Resende *et al.* (2002). Pode-se dizer que o substrato possui boas quantidades de macronutrientes, porém o grau de saturação de Al dificulta essa disponibilidade (Tabela 6.2).

Tabela 6.2 – Caracterização agrônômica dos solos (de 0 a 20 cm) em áreas adjacentes aos aterros do Jockey Club de Brasília (BSB) e do aterro Sanitário de Goiânia, e valores referência da literatura.

Variáveis	Unidade	Faixa de concentração encontrada		Valor de referência*
		BSB	GYN	
Soma de bases (SB)	mmolc dm ⁻³	23,40	31,50	10,60
Acidez potencial (H+Al)	mmolc dm ⁻³	13,10	11,14	29,20
CTC efetiva (t)	mmolc dm ⁻³	30,40	28,36	39,80
CTC pH 7 (T)	mmolc dm ⁻³	29,10	24,12	42,10
Saturação por Al (m)	%	5,30	6,12	7,50
Saturação por bases (V)	%	73,90	67,58	25,90

* Segundo Rodrigues *et al.* (2007) para 0 a 20 cm da camada superficial do solo.

A baixa saturação de Al e CTC efetiva encontrada, em relação aos valores de referências podem segundo Moreira (2004), possuir cargas ocupadas pelo H⁺ e apresentar uma dificuldade na disponibilidade principalmente dos nutrientes como Ca, Mg e K, nesta camada de solo, conforme discutido no item 4.3, Capítulo 4.

As concentrações dos solos foram baixas para H+Al (acidez potencial) e Al (saturação por alumínio), e alta para pH (H₂O), saturação e soma de bases, conferindo um caráter alcalino para substrato, conforme referenciado por Rodrigues *et al.* (2007), e possuindo assim características de solo eutrofizados (Moreira, 2004).

Adaptadas as características distróficas, espécies vegetais de Cerrado são registradas em áreas com alta e baixa saturação por Al, e até em áreas com alta e baixa saturação por bases (Haridasan e Araújo, 2005; Haridasan, 2000; Goodland, 1971).

Assim, os solos analisados para os dois aterros oferecem substratos adequados para introdução de espécies de Cerrado, aliados também pela alta porcentagem de matéria orgânica encontrados, cerca de 6,5% nas subparcelas mais próximas dos aterros, observados no Capítulo 4 (Tabelas 4.1, para Brasília e Tabela 4.2, para Goiânia), não necessitam de correção inicial e adubação do solo.

Monitoramento anual das concentrações químicas analisadas neste trabalho é recomendado para observar a evolução do processo de contaminação ou descontaminação dos aterros sanitários, conforme também recomendado por Trindade e Figueiredo (1982).

6.3 – RECOMENDAÇÕES PARA INTRODUÇÃO, SELEÇÃO E MODELO DE DAS ESPÉCIES VEGETAIS PARA AS ÁREAS ADJACENTES AOS ATERROS

A introdução de espécies vegetais em áreas com alteração no solo é um procedimento de amortização dos impactos ambientais. Com essa introdução pode-se evitar a redução na biodiversidade da flora e fauna nativa (Corrêa, 2005), reduzir a contaminação do lençol freático e das águas subterrâneas por acumularem metais pesados em seus tecidos vegetais (Santana e Imaña-Encinas, 2005), reduzir processos de lixiviação e erosão (Resck *et al.*, 2000), manter a ciclagem natural hídrica entre o solo, planta e atmosfera e aumentar a absorção de luz (Santana *et al.*, 2003).

A escolha das espécies nativas próprias do bioma em que pertence a área a ser recuperada, ou manejada, seriam as mais adequadas para introdução nessas locais, por já estarem ambientadas com todas as variáveis ambientais locais (pluviosidade, temperatura, herbivoria, substrato, luz, etc.) (Williams *et al.*, 1990).

Levando em conta esta afirmativa, e a recomendação da Resolução SMA nº 21 (2001) e Felfili *et al.* (2002) de se utilizarem pelo menos 40 espécies diferentes em projetos de restauração e manejo para o Cerrado em áreas maiores de 1 hectare até 20 hectares, foram selecionadas para cada aterro estudado, as 40 espécies com maiores IVI nas parcelas mais próximas dos dois aterros sanitários (Capítulo 2, item 2.3).

Posteriormente, estas espécies foram divididas em dois grupos segundo os critérios propostos por Tchobanoglous *et al.* (1993): o grupo 1, espécies que chegam a ultrapassar os 10 metros de altura em sua idade adulta e que possuam raízes profundas (>10m profundidade); e para o grupo 2, espécies acumuladoras de metais ou que não se enquadram no grupo 1. Esses critérios foram avaliados segundo informações retiradas da literatura (Silva Jr, 2005; Lorenzi, 2002 a e 2002b; Hoehne, 1940) e de Herbários (IBGE = Herbário do IBGE e HU = Herbário da Universidade de Brasília) para as espécies amostradas em áreas adjacentes aos aterros estudados em Goiânia e Brasília (ver Capítulo 2).

Esta divisão em grupos se dá pela futura disposição das mudas dessas espécies na sua introdução nas adjacentes aos aterros. Para o grupo 1, o modelo de distribuição seria o sugerido “quebra vento” ou “cortina vegetal”, ou seja, a área limítrofe do aterro com faixa de 50 m e as áreas mais distantes, de 50 a 500 m seria a área pertencente ao grupo 2, conforme sugerido por Tchobanoglous *et al.* (1993) e visualizado na Figura 6.1.

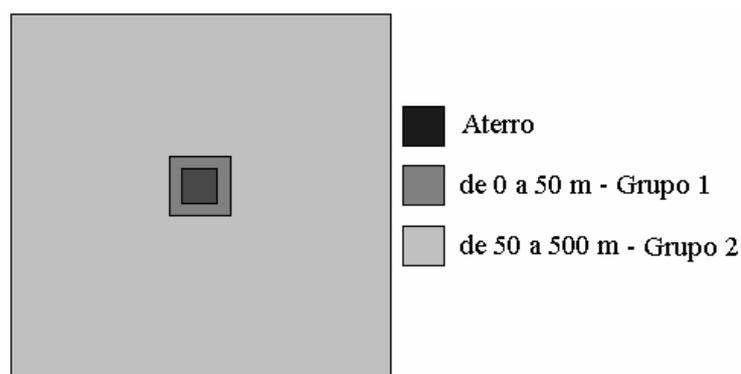


Figura 6.1 – Esquema de distribuição dos grupos para estabelecimento das espécies em áreas adjacentes aos aterros.

As espécies selecionadas para os Grupos 1 e 2 para a introdução no aterro do Jockey Club de Brasília e no aterro sanitário de Goiânia foram descritas nas Tabelas 6.3 a 6.6.

Tabela 6.3 – Espécies selecionadas para o Grupo 1 e futura introdução nas áreas limítrofes do aterro do Jockey Club de Brasília, e suas respectivas famílias botânicas.

Espécies	Famílias
<i>Acosmium dasycarpum</i> (Vog.) Yakov.	FABACEAE
<i>Aegiphila lhotzkyana</i> Cham.	VERBENACEAE
<i>Aspidosperma macrocarpon</i> Mart.	APOCYNACEAE
<i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart.	APOCYNACEAE
<i>Aspidosperma verbascifolium</i> M. Arg.	APOCYNACEAE
<i>Cabrlea cangerana</i> (Vell.) Mart.	MELIACEAE
<i>Campomanesia xanthocarpa</i> Berg	MYRTACEAE
<i>Caryocar brasiliense</i> Camb.	CARYOCARACEAE
<i>Dalbergia miscolobium</i> Benth.	FABACEAE
<i>Diospyros hispida</i> DC.	EBENACEAE
<i>Dipteryx alata</i> Vog.	FABACEAE
<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	FABACEAE
<i>Erythroxylum suberosum</i> St. Hil.	ERYTHROXYLACEAE
<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne	FABACEAE
<i>Kielmeyera neriifolia</i> Camb.	CLUSIACEAE
<i>Machaerium acutifolium</i> Vog.	FABACEAE
<i>Mimosa laticifera</i> Rizz. & Mattos Filho	FABACEAE
<i>Pouteria torta</i> (Mart.) Radlk.	SAPOTACEAE
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) March	BURSERACEAE
<i>Rapanea coriacea</i> R. Br. ex Roem. & Scult.	MYRSINACEAE
<i>Roupala montana</i> Aubl.	PROTEACEAE
<i>Sclerolobium paniculatum</i> Vog. var. <i>subvelutinum</i> Benth.	FABACEAE
<i>Strychnos pseudoquina</i> St. Hil.	LOGANIACEAE
<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	ANNONACEAE

Tabela 6.4 – Espécies selecionadas para o Grupo 2 e futura introdução nas áreas limítrofes do aterro do Jockey Club de Brasília, e suas respectivas famílias botânicas.

Espécies	Famílias
<i>Anacardium occidentale</i> L.	ANACARDIACEAE
<i>Zeyheria montana</i> Mart.	BIGNONIACEAE
<i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Coville	MIMOSACEAE
<i>Bauhinia mollis</i> (Bong.) Walp.	CAESALPINIACEAE
<i>Kielmeyera coriacea</i> (Spreng.) Mart.	GUTTIFERAE
<i>Byrsonima crassa</i> Nied.	MALPIGHIACEAE
<i>Byrsonima verbascifolia</i> (L.) DC.	MALPIGHIACEAE
<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana	MELASTOMATAACEAE
<i>Miconia ferruginata</i> DC.	MELASTOMATAACEAE
<i>Guapira noxia</i> (Netto) Lundell	NYCTAGINACEAE
<i>Solanum lycocarpum</i> St. Hil.	SOLANACEAE
<i>Styrax ferrugineus</i> Nees & Mart.	STYRACACEAE
<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	VOCHYSIACEAE
<i>Qualea multiflora</i> Mart.	VOCHYSIACEAE
<i>Vochysia thyrsoidea</i> Pohl	VOCHYSIACEAE

Tabela 6.5 – Espécies selecionadas para o Grupo 1 e futura introdução nas áreas limítrofes do aterro sanitário de Goiânia, e suas respectivas famílias botânicas.

Espécie	Família
<i>Acosmium dasycarpum</i> (Vogel) Yakovlev	FABACEAE
<i>Annona crassiflora</i> Mart.	ANNONACEAE
<i>Bowdichia virgilioides</i> H.B.K.	FABACEAE
<i>Byrsonima verbascifolia</i> (L.) Rich. Ex A. Juss.	MALPIGHIACEAE
<i>Caryocar brasiliense</i> Cambess.	CARYOCARACEAE
<i>Curatella americana</i> L.	DILLENIACEAE
<i>Dalbergia miscolobium</i> Benth.	FABACEAE
<i>Dimorphandra mollis</i> Benth.	CAESALPINIACEAE
<i>Diospyros hispida</i> A. DC.	EBENACEAE
<i>Erythroxylum daphnites</i> Mart.	ERYTHROXYLACEAE
<i>Eugenia dysenterica</i> DC.	MYRTACEAE
<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart.	CAESALPINIACEAE
<i>Magonia pubescens</i> A. St.-Hil.	SAPINDACEAE
<i>Pera glabrata</i> (Schott) Baill.	EUPHORBIACEAE
<i>Piptocarpha rotundifolia</i> (Less.) Baker	ASTERACEAE
<i>Plathymenia reticulata</i> Benth.	MIMOSACEAE
<i>Roupala montana</i> Aubl.	PROTEACEAE
<i>Rudgea viburnoides</i> (Cham.) Benth.	RUBIACEAE
<i>Salvertia convallariaeodora</i> A. St.-Hil.	VOCHYSIACEAE
<i>Schefflera macrocarpa</i> (Seem.) Frodin	ARALIACEAE
<i>Sclerolobium paniculatum</i> Vogel	CAESALPINIACEAE
<i>Styrax camporum</i> Pohl	STYRACACEAE
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	ANACARDIACEAE
<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	ANNONACEAE

Tabela 6.6 – Espécies selecionadas para o Grupo 2 e futura introdução nas áreas limítrofes do aterro sanitário de Goiânia, e suas respectivas famílias botânicas.

Espécie	Família
<i>Alibertia sessilis</i> (Vell.) K. Schum.	RUBIACEAE
<i>Byrsonima coccolobifolia</i> H. B. K.	MALPIGHIACEAE
<i>Erythroxylum deciduum</i> A. St.-Hil.	ERYTHROXYLACEAE
<i>Erythroxylum suberosum</i> A. St.-Hil.	ERYTHROXYLACEAE
<i>Erythroxylum tortuosum</i> Mart.	ERYTHROXYLACEAE
<i>Guapira noxia</i> (Netto) Lundell	NYCTAGINACEAE
<i>Hyptis cana</i> Pohl ex Benth.	LAMIACEAE
<i>Kielmeyera</i> cf. <i>grandiflora</i> (Wawra) Saddi	CLUSIACEAE
<i>Machaerium opacum</i> Vogel	FABACEAE
<i>Myrcia lingua</i> Berg	MYRTACEAE
<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	VOCHYSIACEAE
<i>Qualea parviflora</i> Mart.	VOCHYSIACEAE
<i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Coville	MIMOSACEAE
<i>Terminalia argentea</i> Mart. & Zucc.	COMBRETACEAE
<i>Zeyheria digitalis</i> (Vell.) Hoehne & Kuhlm.	BIGNONIACEAE

Depois de escolhidas as espécies, o espaçamento sugerido para a introdução das espécies vegetais seria de 2x2 m respeitando as espécies já estabelecidas nos locais a serem plantadas para o grupo 1, com isso teria-se uma densidade de 2.500 indivíduos por hectares (Corrêa, 2005). Para o grupo 2 um espaçamento de 4x4 m para o grupo 2, sendo respeitada a densidade próxima de um Cerrado *strictu* sensu, que corresponderia a 625 árvores por hectare (Salles e Schiavini, 2007; Líbano e Felfili, 2006; Corrêa, 2005).

A quantidade de indivíduos de cada espécie a ser introduzida foi calculada seguindo passos abaixo, conforme proposto por Corrêa (2005),

$$1) IVI_{rel} = \frac{IVI_{esp}}{\sum IVI};$$

Sendo: IVI_{rel} = índice de valor de importância (IVI) relativo de cada espécie para um total de 1 somando os IVIs das 40 espécies,

IVI_{esp} = IVI específico de cada espécie com todas as espécies encontradas (ver Capítulo 2 item 2.3);

$\sum IVI$ = somatório dos IVIs das 40 espécies selecionadas.

2) (Para o Grupo 1) Número de indivíduos a serem introduzidos por espécie = $IVI_{rel} \cdot (2500 - \text{Densidade de indivíduos por hectares encontrados em cada aterro})$, ou seja, $2.500 - 476 = 2024$ para Brasília e $2.500 - 449 = 2051$, para Goiânia; e

3) (Para o Grupo 2) Número de indivíduos a serem introduzidos por espécie = $IVI_{rel} \cdot (625 - \text{Densidade de indivíduos por hectares encontrados em cada aterro})$, ou seja, $625 - 476 = 149$ para Brasília e $625 - 449 = 176$, para Goiânia.

Tabela 6.7 – Número de indivíduos de cada espécie a serem introduzidas por hectare para o Grupo 1 na área adjacente do aterro do Jockey Club de Brasília.

Espécies	Nº dos indivíduos
<i>Acosmium dasycarpum</i>	62
<i>Aegiphila lhotzkyana</i>	36
<i>Aspidosperma macrocarpon</i>	172
<i>Aspidosperma tomentosum</i>	33
<i>Aspidosperma verbascifolium</i>	36
<i>Cabralea cangerana</i>	26
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	53
<i>Caryocar brasiliense</i>	148
<i>Dalbergia miscolobium</i>	25
<i>Diospyros hispida</i>	38
<i>Dipteryx alata</i>	62
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	365
<i>Erythroxylum suberosum</i>	91
<i>Hymenaea stigonocarpa</i>	120
<i>Kielmeyera neriifolia</i>	136
<i>Machaerium acutifolium</i>	62
<i>Mimosa laticifera</i>	34
<i>Pouteria torta</i>	98
<i>Protium heptaphyllum</i>	27
<i>Rapanea coriacea</i>	63
<i>Roupala montana</i>	62
<i>Sclerolobium paniculatum</i> var. <i>subvelutinum</i>	182
<i>Strychnos pseudoquina</i>	39
<i>Xylopia aromatica</i>	54

Tabela 6.8 – Número de indivíduos de cada espécie a serem introduzidas por hectare para o Grupo 2 na área adjacente do aterro do Jockey Club de Brasília.

Espécies	Nº dos indivíduos
<i>Anacardium occidentale</i>	8
<i>Zeyheria montana</i>	1
<i>Stryphnodendron adstringens</i>	19
<i>Bauhinia mollis</i>	1
<i>Kielmeyera coriacea</i>	13
<i>Byrsonima crassa</i>	12
<i>Byrsonima verbascifolia</i>	10
<i>Miconia albicans</i>	26
<i>Miconia ferruginata</i>	9
<i>Guapira noxia</i>	17
<i>Solanum lycocarpum</i>	4
<i>Styrax ferrugineus</i>	8
<i>Qualea grandiflora</i>	10
<i>Qualea multiflora</i>	7
<i>Vochysia thyrsoidea</i>	5

Tabela 6.9 – Número de indivíduos de cada espécie a serem introduzidas por hectare para o Grupo 1 na área adjacente ao aterro Sanitário de Goiânia.

Espécies	Nº dos indivíduos
<i>Acosmium dasycarpum</i>	77
<i>Annona crassiflora</i>	64
<i>Bowdichia virgilioides</i>	38
<i>Byrsonima verbascifolia</i>	79
<i>Caryocar brasiliense</i>	54
<i>Curatella americana</i>	120
<i>Dalbergia miscolobium</i>	92
<i>Dimorphandra mollis</i>	45
<i>Diospyros hispida</i>	32
<i>Erythroxylum daphnites</i>	134
<i>Eugenia dysenterica</i>	255
<i>Hymenaea stigonocarpa</i>	26
<i>Magonia pubescens</i>	60
<i>Pera glabrata</i>	226
<i>Piptocarpha rotundifolia</i>	43
<i>Plathymenia reticulata</i>	57
<i>Roupala montana</i>	173
<i>Rudgea viburnoides</i>	56
<i>Salvertia convallariaeodora</i>	93
<i>Schefflera macrocarpa</i>	118
<i>Sclerolobium paniculatum</i>	27
<i>Styrax camporum</i>	34
<i>Tapirira guianensis</i>	39
<i>Xylopia aromatica</i>	111

Tabela 6.10 – Número de indivíduos de cada espécie a serem introduzidas por hectare para o Grupo 2 na área adjacente ao aterro Sanitário de Goiânia.

Espécies	Nº dos indivíduos
<i>Alibertia sessilis</i>	5
<i>Byrsonima coccolobifolia</i>	7
<i>Erythroxylum deciduum</i>	7
<i>Erythroxylum suberosum</i>	29
<i>Erythroxylum tortuosum</i>	4
<i>Guapira noxia</i>	4
<i>Hyptis cana</i>	8
<i>Kielmeyera cf. grandiflora</i>	17
<i>Machaerium opacum</i>	14
<i>Myrcia lingua</i>	5
<i>Qualea grandiflora</i>	20
<i>Qualea parviflora</i>	40
<i>Stryphnodendron adstringens</i>	5
<i>Terminalia argentea</i>	7
<i>Zeyheria digitalis</i>	4

As espécies deverão ser plantadas com indivíduos com idade aproximadamente de 1 ano de viveiro, no início do período da chuva em covas de 30 cm de profundidades ou do tamanho de seus substratos, dependendo da muda, sendo feito uma limpeza de gramíneas

em um raio de 20 cm ao redor da cova (Felfili *et al.*, 2001). Plásticos de garrafas PET deverão ser utilizados para defender as mudas de insetos e alguns pequenos mamíferos.

6.4 – MANUTENÇÃO E MONITORAMENTO

6.4.1 – PARA PLANTAS NATIVAS

Nas áreas adjacentes aos aterros estabelecer parcelas permanentes de 20 x 50 m e a cada ano registrar: o recrutamento, mortalidade dos indivíduos, a taxa de sobrevivência e de incremento médio anual das espécies introduzidas (Felfili *et al.*, 2005), isso para poder posteriormente introduzir novos indivíduos das espécies amortizadoras dos efeitos aos aterros e verificar se o plantio está surtindo efeito para o solo.

6.4.2 – PARA PLANTAS EXÓTICAS

Segundo a PORTARIA IAP nº 192 (2005), o monitoramento das plantas exóticas para áreas naturais ou em recuperação deverá ser feito por meio do corte, eliminação e erradicação, sendo dispensado licenciamento prévio, porém deverá ser realizado com técnicas e cuidados necessários para minimizar os impactos ao ecossistema natural.

6.5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DO CAPÍTULO 6

- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (1989). *Resíduos sólidos: Classificação*. NBR 10.703. Rio de Janeiro : 63 p.
- Corrêa, R. S. (2005) *Recuperação de áreas degradadas pela mineração no Cerrado: Manual de Revegetação*. Brasília: Universa, 186 p.
- Fernandes, E. A.; Cunha, N. R. da S.; Silva, R. G. (2005) Degradação ambiental no estado de Minas Gerais. *Revista Economia e Sociologia Rural*, 43(1): p.179-198.
- Felfili, J. M.; Carvalho, F. A.; Haidar, R. F. (2005) *Manual para o monitoramento de parcelas permanentes nos biomas Cerrado e Pantanal*. Brasília: Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília, 2005. v. 01. 60 p.
- Felfili, J.M.; Fagg, C. W.; Silva, J. C.; Oliveira, E. C. L.; Pinto, J. R. R.; Silva Jr., M. C.; Ramos, K. M. (2002) *Plantas da APA Gama e Cabeça de Veado: espécies,*

- ecossistemas e recuperação*. Brasília: Departamento de Engenharia Florestal, UnB. 46 p.
- Felfili, J.M.; Franco, A. C.; Fagg, C. W.; Souza-Silva, J. C. Desenvolvimento inicial de espécies de Mata de Galeria. 2001 In: Ribeiro, J. F.; Fonseca, C. E. L.; Souza-Silva, J. C.(eds.) *Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria*. Planaltina: Embrapa-Cerrados. p. 21-35.
- Goodland, R. (1971) Oligotrofismo e alumínio no Cerrado. In: Ferri, M. G. (Ed.) *III Simpósio sobre o Cerrado*. São Paulo: EdUSP, pp. 44- 60.
- Haridasan, M.; Araújo, G. M. (2005) Perfil nutricional de espécies lenhosas de duas florestas semidecíduas em Uberlândia, MG. *Revista Brasileira de Botânica*, 28(2): p. 295-303.
- Haridasan, M. (2000) Nutrição mineral de plantas nativas do Cerrado. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 12(1): p.54-64.
- Hoehne, F. C. (1940) *Flora brasílica*. São Paulo: Instituto de Botânica, p.
- Instituto Ambiental do Paraná - IAP (2005). Normatização do processo de eliminação e controle de espécies vegetais exóticas invasoras em Unidades de Conservação de Proteção Integral sob administração do IAP. *Portaria IAP nº 192*, 3p.
- Libano, A. M.; Felfili, J. M. (2006) Mudanças temporais na composição florística e na diversidade de um Cerrado *sensu stricto* do Brasil Central em um período de 18 anos (1985-2003). *Acta Botanica Brasilica*, 20(4), 927-936.
- Lorenzi, H. (2002a) *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. 4. ed. São Paulo: Plantarum, 2002. v. 1: 375p.
- Lorenzi, H. (2002b) *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. 4. ed. São Paulo: Plantarum, 2002. v. 2: 368p.
- Mora, A. L.; Garcia, C. H. (2000) *A cultura do eucalipto no Brasil (Eucalypt cultivation in Brazil)*. São Paulo: SBS, 112 p.
- Moreira, P. R. (2004) *Manejo do solo e recomposição da vegetação com vistas a recuperação de áreas degradadas pela extração de bauxita, Poços de Caldas, MG*. Rio Claro: UNESP, 139p. Tese Doutorado
- Resck, D. V. S.; Vasconcellos, C. A.; Vilela, L.; Macedo, M. C. M (2000) Impact of conversion of Brazilian Cerrados to cropland and pastureland on soil carbon pool and dynamics. p. 169–196. In Lal, R.; Kimble, J. M.; Stewart, B.A. (ed.) *Global climate change and tropical ecosystems*. Boca Raton: CRC Press. 256p.

- Reis, G. G.; Reis, M. G. F.; Fontan, I. C. I. (2006) Crescimento de raízes e da parte aérea de clones de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* e de *Eucalyptus camaldulensis* x *Eucalyptus* spp submetidos a dois regimes de irrigação no campo. *Revista Árvore*, 30(6): pp. 921-931.
- Resende, M.; Curi, N; Rezende, S. B.; Côrrea, G. F. (2002) *Pedologia: base para distinção de ambientes*. 4.ed. Viçosa: Neput, p.237-257.
- Resende, M.; Ker, J.C.; Bahia, A.F.C. (1996) Desenvolvimento sustentável do Cerrado. In: Alvares, V.H.; Fontes, L.E.F.; Fontes, M.P.F. (eds.) *O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado*. Viçosa: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, pp.169-199.
- Rodrigues, G. B.; Maltoni, K. L.; Cassiolato, A. M. R. (2007) Dinâmica da regeneração do subsolo de áreas degradadas dentro do bioma Cerrado. *Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental*, 11(1), p.73-80.
- Salles, J. C.; Schiavini, I. (2007) Structure and composition of the regeneration layer in an urban forest fragment: implications for the dynamics and conservation of the tree community. *Acta Botanica Brasilica*, 21(1), 223-233.
- Santana, O. A.; Imaña-Encinas, J. (2005) Urban landfills and their effects on groundwater in Brazilian savanna. In: The international congress on environmental challenges of urbanization. *Anais...*, Brasília: UCB, p. 40-46.
- Santana, O. A.; Hoffmann, W. A.; Scholz, F. G.; Bucci, S. J.; Giambelluca, T.; Goldstein G.; Meinzer, F. C. (2003) Seasonal Patterns of water utilization by savanna with different proportion of herbaceous and woody plants. *Edinburgh: Tropical Savannas & Seasonally Dry Forests Conference*, 94p.
- Secretaria do Meio Ambiente – SMA (2001) Fixa orientação para o reflorestamento heterogêneo de áreas degradadas e dá providências correlatas. Resolução SMA n° 21, de 21 de novembro de 2001, São Paulo. 4p.
- Silva Júnior, M. C. (2005) 100 árvores do Cerrado - guia de campo. 1. ed. Brasília: Rede de Sementes do Cerrado, v. 1. 278 p.
- Silva, F. C. da. (1999) *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. Brasília: EMBRAPA, 370p.
- Tchobanoclouds, G; Theisen, H.; Virgil, S. (1993). *Integrated solid waste management: Engineering principles and management issues*. New york: MacGraw-Hill. 790p.
- Trindade, O. S.; Figueiredo, M. A. R. de. (1982) Aterro sanitário: Aspectos estruturais e ambientais. Porto alegre: Pallotti, 93 p.

Waquil, P. D.; Finco, M. V. A.; Mattos, E. J. (2004) Pobreza rural e degradação ambiental: uma refutação da hipótese do círculo vicioso. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 42(2), p.317-340.

Williams, D. D.; Bugin, A.; Reis, J. L. B. C. (1990) *Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração: técnicas de revegetação*. Brasília: IBAMA, 96 p.

7 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Posterior aos capítulos analisados (Capítulo de 2 a 6) fica evidente que a hipótese estabelecida no início deste trabalho foi aceita, comprovando que a presença de aterros sanitários provocou uma variação na concentração dos elementos e substâncias químicas analisadas no solo e na água subterrânea, em suas adjacências, influenciando os parâmetros fitossociológicos e a distribuição das espécies arbóreas de Cerrado, devido as significativas relações entre as variáveis ambientais e a vegetação.

