

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA

FACILITAÇÃO POR *Solanum lycocarpum* A. ST-HIL. (SOLANACEAE) EM ÁREA
PERTURBADA DE CERRADO SENTIDO RESTRITO EM BRASÍLIA, DF

CAMILA DE MESQUITA LOPES

BRASÍLIA-DF

2010

CAMILA DE MESQUITA LOPES

FACILITAÇÃO POR *Solanum lycocarpum* A. ST-HIL. (SOLANACEAE) EM ÁREA
PERTURBADA DE CERRADO SENTIDO RESTRITO EM BRASÍLIA, DF

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-
graduação em Ecologia da Universidade de Brasília,
como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do
título de Mestre em Ecologia.

Orientador: Prof. Dr. José Felipe Ribeiro

BRASÍLIA-DF

2010

CAMILA DE MESQUITA LOPES

**FACILITAÇÃO POR *Solanum lycocarpum* A. ST-HIL. (SOLANACEAE) EM
ÁREA PERTURBADA DE CERRADO SENTIDO RESTRITO EM BRASÍLIA,
DF.**

Dissertação aprovada junto ao Programa de Pós Graduação em Ecologia da Universidade de
Brasília como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ecologia.

Banca Examinadora:

Prof^o Dr. José Felipe Ribeiro
Universidade de Brasília/ Embrapa Sede
Orientador

Prof. Dr. José Carlos Sousa Silva
Membro Titular

Prof. Dr. Christopher William Fagg
Membro Titular

Dra. Fabiana de Gois Aquino
Suplente

Brasília, 30 de julho de 2010.



BY JAMES

O LOBO E A LOBEIRA

Por Damião Lopes

Dedico este trabalho aos meus pais, família e todos aqueles que me acompanharam ao longo dessa trajetória e acreditaram em mim.

AGRADECIMENTOS

A Deus, meu Criador, Salvador e Consolador.

A Nossa Senhora, Mãe que sempre esteve comigo nos momentos mais difíceis.

Aos meus pais que me criaram e formaram, me fazendo chegar onde estou.

À tia Fatima, por ter me abrigado e Brasília e pelos ensinamentos no dia-a-dia.

Ao Prof. Dr. José Felipe Ribeiro, pela orientação.

Aos membros da banca Prof. Dr. José Carlos Sousa Silva, Prof. Dr. Christopher William Fagg e à Dra. Fabiana de Gois Aquino pelas sugestões e paciência.

À Embrapa Cerrados, no nome da Dra. Fabiana de Gois Aquino, pelo apoio na utilização dos laboratórios para as análises de solo.

Ao Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, por permitir o acesso às suas dependências para a realização da pesquisa e pelo apoio fornecido no período, e aos seus funcionários, pela cortesia e amizade.

Ao Prof. Dr. John Hay, pelo empréstimo do medidor de serapilheira e pela tolerância com os prazos.

Ao colega Denilson, pela imensa ajuda na coleta de solos.

Ao colega Fábio, por fornecer os dados do seu trabalho, pelas discussões no início do curso a respeito da pesquisa, pela amizade e convivência, mesmo em meio a conflitos.

Ao Dr. Gustavo Rodrigues, pelo empréstimo do ceptômetro e pelas instruções de uso.

Ao Dr. Marcos Aurélio Carolino de Sá, pelo empréstimo do penetrômetro e instruções.

Às minhas irmãs Carol e Manu, minha avós Odete e Ismaura (in memoriam), minhas tias Benedita e Tekila e toda a família que de longe torciam por mim.

Ao trio ternura, Marina e Cecília pela amizade, convivência e ajudas de múltiplas maneiras.

À Comunidade Católica Shalom, que me deu apoio espiritual desde que cheguei a Brasília, e aos meus formadores Luana, Karine, Kaline, Adílio; aos amigos Luciana, Lúcio, Camilo, Marília, Juliana, Rafael, Dinho, Carol, Ivo, Patrícia e muitos e muitos outros que não caberiam aqui!

À Luciana e ao Kilson, pela revisão gramatical de partes do trabalho, além da amizade sem precedentes.

Ao coordenador de meio ambiente da Infraero, Fernando Siracusa, pela compreensão e incentivo para a escrita da dissertação, e aos colegas de trabalho Luiz, Rachel, Silvio, Reginaldo, Derlayne e Jailde, e a equipe de fauna, Marina, Rebecca, Tarcísio e os estagiários, pela convivência e amizade diárias.

Aos antigos colegas de apartamento, Karina, Plauto e Sabrina, e às atuais, Eva, Simone e Rafaela, pela companhia e amizade.

Aos meus colegas de turma e curso de campo, Raymundo, Fred, Xexa, Emília, Adriano, Ísis, Fabricius, Priscila, Isabella, Luíza, Rodrigo, Tamiel, Vanessa, Henrique, Simone, e tantos outros que fizeram parte desta jornada, pela amizade e a convivência.

À amiga Morgana Bruno, por ter dividido as dificuldades de vir morar em Brasília.

Aos meus professores, pelas aulas e aprendizado adquirido.

Ao colega Fred, prof. Dr. Guarino Colli, Juliana e Babi pela ajuda nas estatísticas.

À colega Simone Rodrigues e demais pessoas da Embrapa Cerrados pela amizade e convivência durante as análises de laboratório na Embrapa.

Aos queridos amigos de Fortaleza, Denise Rocha, Juliana, Ivana, Denise Hissa, Lara, Mariana, Raquel, Carol, Luciana, João Paulo, Geórgia por torcerem por mim à distância e nunca me deixarem desistir.

Aos amigos de Brasília, Marcella, Carol, Raquel, Nirvana, Alex, Michelle, Cid, Guilherme, pela convivência e amizade.

Aos colegas da Comunidade Católica da UnB pela amizade, companhia e principalmente por realizarem um brilhante trabalho de manterem missas diárias no meio do minhocão.

A todos os que acreditaram e rezaram para que eu conseguisse, e fizeram parte desses três anos e meio de Brasília,

Muito Obrigada!

“Se estivermos em relação com Aquele que não morre, que é a própria Vida e o próprio Amor, então estamos na vida. Então vivemos.”

Bento XVI

“Saiu o semeador a semear. Enquanto lançava a semente, uma parte caiu à beira do caminho, e vieram as aves e a comeram. Outra parte caiu no pedregulho, onde não havia muita terra; o grão germinou logo, porque a terra não era profunda; mas, assim que o sol despontou, queimou-se e, como não tivesse raiz, secou. Outra parte caiu entre os espinhos; estes cresceram, sufocaram-na e o grão não deu fruto. Outra caiu em terra boa e deu fruto, cresceu e desenvolveu-se; um grão rendeu trinta, outro sessenta e outro cem.”

São Marcos 4, 3-9

FACILITAÇÃO POR *Solanum lycocarpum* A. ST-HIL. (SOLANACEAE) EM ÁREA PERTURBADA DE CERRADO SENTIDO RESTRITO EM BRASÍLIA, DF

CAMILA DE MESQUITA LOPES

RESUMO: Com o crescente desmatamento sofrido pelo Cerrado, a restauração de áreas perturbadas deste bioma torna-se assunto de relevante interesse na atualidade. Espécie facilitadora (*nurse plant*) é aquela que propicia significativa melhoria nas qualidades ambientais, de modo a aumentar a probabilidade de ocupação deste ambiente por outras espécies. Se por um lado estudos anteriores em laboratório demonstraram caráter alelopático das folhas da espécie *Solanum lycocarpum* A. St-Hil. (Solanaceae), a lobeira, na germinação e estabelecimento de espécies agrícolas, outros estudos indicaram maior diversidade de espécies vegetais nativas e exóticas ocorrendo embaixo da sua copa em relação a áreas abertas. No presente estudo buscou-se ampliar as informações sobre esse papel facilitador de indivíduos plantados em 2005 da espécie *S. lycocarpum*, analisando modificações nas condições ambientais sob a sua copa e sua influência na ocupação deste ambiente por outras espécies vegetais, em uma área desmatada de Cerrado Típico na área do INMET em Brasília, Distrito Federal (DF). Assim, o microambiente sob e fora da copa dos dez indivíduos plantados de *S. lycocarpum* considerados no estudo anterior, foram analisados, assim como áreas controle (sem qualquer influência de copa de árvores), para diferentes variáveis ambientais: nos primeiros 05 cm da superfície do solo – resistência à penetração, umidade, textura, densidade aparente, condutividade hidráulica saturada (Ks médio) e conteúdo de nutrientes (Ca, Mg, Al, H+Al, pH, matéria orgânica, K e P); ao nível do solo - interceptação de luz e espessura da camada de serapilheira. Além disso, para comparação com área nativa, também foram selecionados dez pontos aleatórios no fragmento do Cerrado adjacente, analisando-se a textura, densidade aparente, Ks médio e conteúdo de nutrientes do solo. Nas áreas embaixo e fora da copa dos indivíduos de *S. lycocarpum* foi também avaliada a distribuição da cobertura de estratos vegetais, através do método da interceptação de linha. Para tal, foi mensurada a porcentagem de cobertura da biomassa dos estratos vegetais (invasora/ruderal, gramínea nativa, herbáceo/arbustivo e lenhoso) e de cobertura de solo (solo exposto e serapilheira). Ao todo, em cada uma de oito linhas partindo do tronco de cada indivíduo de *S. lycocarpum* em direção à área externa e foram separadas em quatro seções: SI 1 – porção mais próxima ao tronco; SI 2 – porção adjacente à SI 1, ainda sob a copa; SE 1 – primeira porção fora da copa de *S. lycocarpum*; SE 2 – porção mais externa a linha. Com o auxílio de uma fita métrica, foi

mensurada, em centímetro, a interceptação dos seis estratos nas oito linhas de cada indivíduo para o cálculo da porcentagem de cobertura dos estratos em cada seção. Os resultados mostraram que a área embaixo da copa de *S. lycocarpum* apresentou alteração em diversos parâmetros ambientais, tais como maior interceptação de luz, maior umidade, menor resistência à penetração, maior conteúdo de Ca, Mg e K, maior pH e menor conteúdo de Al e H+Al do que a área externa à copa e o controle. Em relação à área do Cerrado Típico adjacente, o solo embaixo da copa de *S. lycocarpum* apresentou menor condutividade hidráulica saturada, maior densidade aparente, maior pH, conteúdo de alumínio quatro vezes menor, maior conteúdo de nutrientes (K, Ca e Mg), menor conteúdo de H+Al e de matéria orgânica. Em relação à cobertura, os estratos herbáceo/arbustivos apresentaram diferenças entre a SI 1 e a SE 2 e o lenhoso, entre a SI 2 e a SE 1, com maior cobertura nas porções fora da copa do que embaixo desta para ambos os estratos. Pela análise de correlação entre variáveis ambientais e os estratos vegetais, observou-se que a serapilheira (estrato) se relacionou negativamente com a resistência à penetração e, positivamente, com umidade, interceptação de luz, potássio, magnésio e densidade de indivíduos; o solo exposto se relacionou positivamente com a resistência à penetração e, negativamente com umidade, serapilheira (espessura), interceptação de luz, potássio e densidade de indivíduos. Os demais estratos não apresentaram correlação tão elevada com as variáveis ambientais, sugerindo que ainda não houve tempo suficiente para que essas variáveis pudessem influenciar na distribuição de estratos embaixo da copa de *S. lycocarpum* e fora dela. Entretanto, a modificação do ambiente sob a copa *S. lycocarpum* através de um possível enriquecimento do solo com nutrientes, diminuição da compactação e da acidez do solo e produção de sombra e serapilheira, deve contribuir para facilitar o futuro estabelecimento de espécies do estrato lenhoso nesse local. A maior diversidade de espécies encontrada embaixo da copa de *S. lycocarpum* observada em estudo anterior e a modificação do ambiente observada neste estudo conferem à espécie as características de facilitadora ou *nurse plant*. Tal *status* contrasta com o caráter alelopático observado em laboratório com espécies cultivadas e demonstra que tal característica não se aplica em ambiente natural e com espécies nativas. Assim, a espécie *S. lycocarpum* pode ser fortemente recomendada para a restauração de áreas perturbadas de Cerrado considerando não apenas o benefício ambiental, mas o baixo custo desta utilização.

Palavras-chave: sucessão, parâmetros ambientais, planta facilitadora, lobeira.

FACILITATION BY *Solanum lycocarpum* A. ST-HIL. (SOLANACEAE) IN A DISTURBED AREA OF CERRADO SENSU STRICTO IN BRASÍLIA, DF.

CAMILA DE MESQUITA LOPES

ABSTRACT: The restoration of disturbed areas of Cerrado is a subject of considerable interest nowadays due to increasing deforestation or loss of this biome. Facilitation is understood as the ability of a species in providing a significant improvement in environmental conditions allowing increased probability of occupation of this environment by other species. Previous studies in laboratory showed an allelopathic character of the leaves of *Solanum lycocarpum* A. St-Hil. (Solanaceae), popularly known as wolf apple, on germination and establishment of agricultural species. In a study conducted in 2008, however, there was greater diversity of native and exotic plant species occurring under the canopy of individuals of *S. lycocarpum*, grown from seed in November 2005, than outside the canopy and control (area without the influence of individual trees). This study sought to evaluate the role of facilitator (nurse plant) of the same individuals of the species *S. lycocarpum* studied in 2008, by changing the environment conditions under its canopy, so as to allow occupation of other plant species and influencing the distribution of plant strata, in a disturbed area of Cerrado sensu stricto in Brasília, Distrito Federal (DF). The ten individuals of *S. lycocarpum* analyzed in that previous study were studied in this work to achieve the intended goals. Some environmental factors were compared between the area beneath and outside canopy of the planted individuals of *S. lycocarpum* and between the control (area with no effect of canopy trees) and the adjacent Cerrado fragment. The following environmental variables were analyzed: in the first 05 cm of the soil surface – penetration resistance, moisture, texture, bulk density, saturated hydraulic conductivity (average ks) and nutrient contents (Ca, Mg, Al, H Al, pH, organic matter, K and P); at ground level – light interception, thickness of the litter. The distribution of plant cover strata was evaluated in the areas under and outside canopy of the planted individuals of *S. lycocarpum*. To this end, the percentage of coverage of the strata biomass plant (weed / ruderal, native grass, herbaceous / shrub and woody) and ground cover (bare soil and litter) was measured through the method of trapping line. Eight lines from the trunk of each individual of *S. lycocarpum* toward the outer area and were separated into four sections, namely: SI 1 - closest to the trunk portion; SI 2 - SI portion adjacent to one, still under the canopy , SE 1 - first outside portion of the crown of *S. lycocarpum*; SE 2 - outer

portion the line. The interception of the six strata in the eight lines of each individual of *S. lycocarpum* was measured in centimeter, using a tape measure and then calculated the percentage of coverage for each section of the strata. The results showed that the canopy of *S. lycocarpum* changed several environmental variables, such as increased light interception, increased humidity, lower resistance to penetration, increased content of Ca, Mg and K, higher pH and lower Al contents of Al and H than the area outside the canopy and control. Compared to typical Cerrado area, the soil beneath the canopy of *S. lycocarpum* had lower hydraulic conductivity, higher density, higher pH, four times lower aluminum content, higher nutrient content (K, Ca and Mg), and lower content of H+Al and organic matter. Regarding coverage, the herbaceous / shrubs strata showed differences between SI 1 and SE 2 and the woody one, between SE 1 and SI 2, with greater coverage in portions outside the canopy than below for both strata. For the correlation analysis between environmental variables and plant strata, it was observed that the litter (coverage) correlated negatively with the penetration resistance and positively with humidity, light interception, potassium, magnesium and density of individuals; the exposed soil is positively correlated with penetration resistance and negatively with moisture, litter (thickness), light interception, potassium and plant abundance. The other layers were not as high a correlation with environmental variables and may indicate that there wasn't enough time for these variables influenced the distribution of strata beneath the canopy of *S. lycocarpum* and beyond. However, modifying the environment under the canopy *S. lycocarpum* by enriching the soil with nutrients, reduced soil compaction and soil acidity and the production of shade and litter, should contribute to facilitate the establishment of woody strata in the future. The greatest diversity of species found underneath the canopy of *S. lycocarpum* observed in a previous study and modification of the environment showed in this study reinforce that this is a facilitator species or a nurse plant. This status contrasts with the allelopathic character reported in laboratory with cultivated species, and demonstrates that this feature does not apply in natural environment and with native species. Thus, the species *S. lycocarpum* can be strongly recommended for the restoration of disturbed areas of Cerrado at low cost.

Keywords: succession, environmental parameters, nurse plant, Wolf's Plant.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Localização do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET – em Brasília, Distrito Federal (DF), Brasil.....43
- Figura 2. Localização das áreas de estudo de Oliveira (2006) no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Brasília, DF. A1 = área com plantio e A2 = área sem plantio. Imagem do satélite IKONOS em abril de 2004, cedida por SPACE IMAGE. (Fonte: Oliveira 2006).....44
- Figura 3. Indivíduo de *Solanum lycocarpum* adulto, de quatro anos de idade, em área perturbada de Cerrado nas dependências do INMET, em Brasília, DF. Foto: Camila Lopes..46
- Figura 4. (a) Imagem aérea do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, com a área estudada delimitada. (b) Áreas de estudo no INMET (linhas), com os tratamentos utilizados (cores) nas respectivas unidades amostrais (números). A1 = área com os indivíduos de *S. lycocarpum*, SL, em amarelo; A2 = área sem plantio, com as áreas controle, CO, em vermelho); A3 = área de Cerrado Típico, com os pontos estudados, CE, em verde). Imagens obtidas no *software* GoogleEarth em junho de 2010.....48
- Figura 5. Perfil esquemático com os tratamentos utilizados neste estudo. SLC – área embaixo da copa de *S. lycocarpum*; SLFC – área fora da copa de *S. lycocarpum*; CO – área controle; CE – área de Cerrado Típico.49
- Figura 6. Instrumento medidor da espessura (em cm) da camada de serapilheira.51
- Figura 7. Penetrômetro dinamométrico de bolso, instrumento para mensuração da resistência à penetração na camada superficial do solo.....52
- Figura 8. Método de interceptação de linha. A – Representação esquemática das seções internas (SI 1 e SI 2) e externas (SE 1 e SE 2) em relação à copa da *S. lycocarpum* para estimativa da cobertura dos estratos vegetais. B – Imagem da fita métrica esticada ligada ao tronco de indivíduo de *S. lycocarpum*, para a medição da cobertura dos estratos vegetais.54
- Figura 9. Representação esquemática das transecções partindo do tronco de *S. lycocarpum* na direção dos pontos cardeais e colaterais até a área externa à copa, para a mensuração da cobertura dos estratos vegetais pelo método de interceptação de linha.55
- Figura 10. Parâmetros ambientais analisados a 05 cm do solo (a e b) e na altura do solo (c – f) nas áreas sob a copa de *S. lycocarpum* (SLC) (n=10), fora da copa (SLFC) (n=10) e no Controle (CO) (n=10) em área perturbada de Cerrado Típico no DF. O n° de indivíduos e o de espécies (e, f) foram extraídos do estudo de Passos (2009).59
- Figura 11. Parâmetros ambientais analisados a 05 cm do solo nas áreas sob a copa de *S. lycocarpum* (SLC) (n=10), fora da copa (SLFC) (n=10), no controle (CO) (n=10) e no Cerrado Típico (CE) em área perturbada de Cerrado no INMET, DF. Ks médio = Condutividade hidráulica saturada do solo; Al = Alumínio; P = Fósforo; K = Potássio; Ca = Cálcio; Mg = Magnésio; H+Al = Acidez potencial.....61

Figura 12. Valores médios da porcentagem de cobertura dos parâmetros bióticos e abióticos (n=10) avaliados para diferentes situações proporcionadas pela presença dos indivíduos de <i>Solanum lycocarpum</i> na área do estudo. SI 1: Seção Interna 1, porção sob a copa de <i>S. lycocarpum</i> mais próxima do caule; SI 2: Seção Interna 2, porção adjacente à SI 1; SE 1: Seção Externa 1, porção adjacente à SI 2, fora da copa de <i>S. lycocarpum</i> ; SE 2: Seção Externa 2, porção adjacente à SE 1, mais distante da copa de <i>S. lycocarpum</i> . Letras diferentes indicam diferença estatística significativa entre as porções do mesmo parâmetro ($p \leq 0,05$).	63
Figura 13. Correlação entre a porcentagem de cobertura de serapilheira e de solo exposto ao longo da transecção que parte do tronco da <i>S. lycocarpum</i> para a área fora de sua copa.	64
Figura 14. Correlação entre a porcentagem de cobertura vegetal do estrato de gramínea nativa com o de invasora ruderal (a) e com o estrato herbáceo/arbustivo (b).	64
Figura 15. Representação Gráfica da Análise de Variância Multivariada (MANOVA). Vetores numerados constituem os componentes principais utilizados na MANOVA. CE: Cerrado; SLD: área sob a copa da <i>S. lycocarpum</i> ; SLF: área fora da copa da <i>S. lycocarpum</i> ; CO: controle.	66
Figura 16. Representação Gráfica da Análise de Correspondência Canônica (CCA) entre as áreas embaixo da copa de <i>S. lycocarpum</i> (SLD), fora da copa (SLF), os parâmetros abióticos (vetores) e a porcentagem de cobertura dos estratos vegetais e abióticos (+). MO = matéria orgânica; K = potássio; Mg = magnésio; Ca = cálcio; Al = alumínio; HAl = acidez potencial.	67
Figura 17. Cobertura (%) dos estratos vegetais sob a copa de <i>S. lycocarpum</i> (SLC) e na porção externa à copa (SLFC) analisada através do método visual – M1 – em estudo anterior (Passos 2009) e do método de interceptação de linha – M2 – no estudo atual. S.E.: Solo Exposto. I.R.: Invasora/Ruderais. G./N.: Gramíneas Nativas. H./A.: Herbáceo/Arbustivo. L: Lenhoso.	70

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Parâmetros ambientais analisados acima do solo e a 05 cm de profundidade, nas áreas sob a copa de *S. lycocarpum* (SLC), fora da copa (SLFC) e no controle (CO). Valores correspondem à média \pm desvio padrão. Letras diferentes na mesma linha junto à média e números em negrito indicam que houve diferença significativa entre os ambientes ($p \leq 0,05$). 58
- Tabela 2. Parâmetros avaliados a 5 cm de profundidade do solo sob a copa de *S. lycocarpum* (SLC) e no Cerrado Típico adjacente (CE). Valores correspondem à média \pm desvio padrão dos. Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa entre os tratamentos ($p \leq 0,05$). 60
- Tabela 3. Correlação Linear de Pearson entre as variáveis ambientais analisadas para áreas sob a copa de *S. lycocarpum*, fora da copa, no controle e no Cerrado, quando coletado, em ordem decrescente do valor de r. r=coeficiente de correlação linear de Pearson; p=probabilidade. 62
- Tabela 4. Correlação Linear de Pearson entre a porcentagem de cobertura de serapilheira e solo exposto e as variáveis ambientais analisadas para áreas sob a copa de *S. lycocarpum* e fora da copa. r = coeficiente de correlação de Pearson; p = probabilidade. 65
- Tabela 5. Correlação Linear de Pearson entre o número de espécies e de indivíduos por metro quadrado (Passos 2009) e a cobertura dos estratos e os fatores ambientais analisados neste trabalho para áreas embaixo e fora da copa de *S. lycocarpum*. r = coeficiente de correlação de Pearson; p = probabilidade. 65
- Tabela 6. Valores de pH obtidos de diversos autores em solos de Cerrado sentido restrito, comparando-se com as áreas sob a copa de *S. lycocarpum* (SLC), fora da copa (SLFC), no controle (CO) e no Cerrado Típico adjacente (CE). 74

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	21
2.1. O Bioma Cerrado	21
2.2. Restauração Ecológica.....	23
2.3. Sucessão no Cerrado.....	25
2.4. Plantas Facilitadoras – <i>Nurse Plants</i>	28
2.4.1. Luz.....	32
2.1.1. Umidade	32
2.1.2. Serapilheira.....	33
2.1.3. Nutrientes	34
2.1.4. Matéria orgânica.....	36
2.1.5. pH.....	37
2.1.6. Densidade aparente, Resistência à penetração e Condutividade hidráulica saturada do solo.....	37
2.1.7. Textura do solo.....	39
3. JUSTIFICATIVA.....	41
4. OBJETIVOS.....	42
4.1. Geral	42
4.2. Específicos.....	42
5. MATERIAL E MÉTODOS	43
5.1. Área de estudo	43
5.2. A espécie estudada.....	46
5.3. Parâmetros ambientais.....	47
5.4. Cobertura de estratos	53
5.5. Análise dos dados	55
6. RESULTADOS.....	57

6.1. Parâmetros ambientais	57
6.2. Cobertura dos estratos	62
7. DISCUSSÃO.....	68
8. CONCLUSÕES.....	79
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	80

1. INTRODUÇÃO

O bioma Cerrado é considerado a savana tropical mais diversificada do mundo, em razão do elevado número de espécies nativas presentes (Klink & Machado 2005). É o segundo maior bioma do país (Ribeiro & Walter 1998), com área original de dois milhões de km² – 23% do território brasileiro. Do ponto de vista hidrológico, por conter zonas de planalto, a região de Cerrado possui diversas nascentes de rios e, conseqüentemente, importantes áreas de recarga hídrica, que contribuem para grande parte das bacias hidrográficas brasileiras, das quais seis têm nascentes na região do Cerrado (Lima & Silva 2005). O Cerrado fornece ainda diversos outros serviços ambientais por causa da sua biodiversidade, tais como: polinização, dispersão de sementes, água de qualidade no subsolo, proteção do solo, ciclagem de nutrientes, etc. (Constanza *et al.* 1997).

Tal bioma, contudo, vem sendo submetido a altas taxas de desmatamento e de conversão do uso da terra em função da ocupação antrópica (Klink & Moreira 2002; Klink & Machado 2005), com perda atual de até 55% dessa vegetação original (Machado *et al.* 2004). Além disso, o bioma Cerrado é pobremente representado no sistema de áreas protegidas implantadas no Brasil (Mittermeier *et al.* 2004). Avanços atuais na conservação deste bioma têm sido alcançados como a aprovação da Proposta de Emenda à Constituição – PEC – Nº 51 de 2003, no dia 14 de julho de 2010, a qual inclui o Cerrado e a Caatinga como patrimônios nacionais (Brasil 2010), embora haja também retrocessos como as sugestões propostas para o Código Florestal, que sugere ser desnecessária a recuperação da biodiversidade já perdida em módulos do INCRA menores que quatro hectares.

O processo de restauração de áreas perturbadas de Cerrado torna-se, então, parte fundamental para a reversão desse quadro. Entretanto, ao longo dos anos, este processo tem se baseado em técnicas não muito baratas e não tão eficientes em restaurar ecossistemas, inviabilizando pequenos projetos que possam efetivamente restaurar a biodiversidade através de processos naturais de sucessão (Rodrigues & Gandolfi 2000; Reis *et al.* 2003a). De forma geral, esses programas de restauração vêm sendo executados com alguns vícios que comprometem o modelo de conservação *in situ*: visão fortemente dendrológica, com uso quase que exclusivo de espécies arbóreas; utilização de espécies exóticas, as quais propiciam a contaminação biológica local e potencializam a degradação, visando apenas à recomposição rápida da cobertura da vegetação do local; não utilização dos princípios básicos da sucessão primária e secundária (Rodrigues & Gandolfi 2000; Reis *et al.* 2003b).

Considera-se, atualmente, como proposta para a restauração de áreas, a reativação das complexas interações da comunidade e dos processos biológicos da sucessão, bem como a aceleração da dinâmica sucessional (Palmer *et al.* 1997; Rodrigues & Gandolfi 2000). A sucessão parte do pressuposto que a comunidade evolui como resultado de interações entre as espécies, envolvendo os processos de facilitação, inibição e tolerância, além da modificação do ambiente, resultando assim em um ambiente mais próximo do ecossistema natural (Connell & Slatyer 1977). Como a sucessão ocorre de forma lenta e, visto que muitos ambientes após perturbação não possuem uma condição adequada para se recuperarem sem intervenção, faz-se necessário o incremento de espécies, seja pelo plantio de mudas nativas, com o uso direto de sementes (Corrêa 1998), ou por técnicas criadas visando acelerar os processos sucessionais, como, por exemplo, a nucleação (Reis *et al.* 2003a).

A nucleação é entendida como a capacidade de uma espécie em propiciar significativa melhoria nas qualidades ambientais, permitindo aumento da probabilidade de ocupação deste ambiente por outras espécies (Yarranton & Morrison, 1974), conceito este que se mescla com o de facilitação (Connell e Slatyer 1977). As técnicas de nucleação ou facilitação consistem no uso de poleiros naturais, tais como árvores, arbustos ou trepadeiras, ou artificiais, como galharias, poleiros secos, transposição de solo, etc, com o intuito de atrair propágulos e assim 'nuclear' indivíduos de outras espécies para a área a ser restaurada (Reis *et al.* 2003a). À medida que progride a sucessão, esses núcleos tendem a se expandir até se encontrar e formar então área de vegetação contínua (Reis *et al.* 2003a).

Esse padrão foi observado pela primeira vez pelos pesquisadores Yarranton e Morrison (1974), referindo-se ao processo de sucessão vegetacional em restinga. Essas técnicas vêm sendo aplicadas no Brasil em restingas (Barbosa *et al.* 2002), na Mata Atlântica (Oliveira *et al.* 2004b), em floresta tropical montana (Cole *et al.* 2010), na floresta de Araucária (Zanini & Ganade 2005) e em Matas Ciliares da região sul do país (Basso *et al.* 2007).

No entanto, para o bioma Cerrado estudos dessa natureza são escassos, como aqueles realizados por Bechara (2006), que aplicou técnicas nucleadoras em áreas desmatadas de Cerrado para pastagem; Arasato & Moura (2005), que estudaram ilhas de facilitação formadas por espécies arbóreas e arbustivas do Cerrado, em fisionomia de transição de Cerrado *sensu stricto*, campo cerrado e campo sujo; Feistler & Moura (2008), que estudou o banco de sementes e condição micro-climática sob a copa da espécie *Hancornia speciosa* comparando com o entorno em área de campo cerrado; e Passos (2009), que estudou a ocorrência de

espécies lenhosas sob a copa de indivíduos plantados de *Solanum lycocarpum* em área perturbada de Cerrado na zona urbana.

Para que a vegetação original se recupere em áreas perturbadas, tais como pastos abandonados de áreas de Cerrado, vários processos devem ocorrer, incluindo dispersão, eliminação da predação, e germinação de sementes, bem como sobrevivência e crescimento de plântulas (Holl *et al.* 2000). A ausência da dispersão tem sido mostrada como o fator limitante na recuperação de florestas tropicais em pastos abandonados (Holl 1999). Porém uma vez superada a barreira da dispersão, com a germinação de sementes e estabelecimento de plântulas, um grupo de fatores abióticos e bióticos também podem, subsequentemente, reduzir sua sobrevivência e crescimento (Holl *et al.* 2000).

As plantas facilitadoras ou nucleadoras (*nurse plants*) são de extrema importância para o sucesso de um ecossistema, podendo ser vitais em ambientes muito degradados (Padilla & Pugnaire 2006), pois possuem o papel de proporcionar locais para animais pousarem e forragearem suas presas, tais como aves e morcegos (Reis *et al.* 2003a), atraindo assim propágulos para a área. Além disso, essas espécies podem contribuir para o crescimento de outros indivíduos embaixo de suas copas (interações positivas), proporcionando sombra, temperaturas mais amenas, umidade, produção de serapilheira, atração de mais insetos e microorganismos que irão auxiliar na decomposição e ciclagem de nutrientes, enriquecimento do solo e preparação do terreno para a chegada dos propágulos, facilitando assim a sua germinação e estabelecimento (Holl *et al.* 2000; Padilla & Pugnaire 2006).

O Cerrado sentido restrito caracteriza-se pela presença de árvores baixas, inclinadas, tortuosas, com ramificações irregulares e retorcidas, e geralmente com evidência de queimadas (Ribeiro & Walter 2008). Os arbustos e subarbustos encontram-se espalhados, com algumas espécies apresentando órgãos subterrâneos perenes (xilopódios), que permitem a rebrota após queima ou corte (Ribeiro & Walter 2008). Estudos apontam que essa capacidade de rebrota das espécies vegetais do Cerrado acaba moldando as comunidades vegetais e a sucessão em áreas degradadas (Corrêa 2007). Entretanto tais estudos mostraram baixa diversidade de espécies na regeneração dessas áreas degradadas (Corrêa 2007), o que indica que estruturas para atrair propágulos para a área seriam necessárias para incrementar o número de espécies vegetais.

No Cerrado, o estabelecimento das espécies pode acontecer a partir de diásporos advindos de vegetação natural vizinha da área perturbada, do banco de sementes ou da brotação de órgãos subterrâneos gemíferos (Aubert & Oliveira Filho 1994). Com isso, nesse bioma, as plantas facilitadoras poderiam proporcionar não só a chegada de propágulos, mas

também estimular a germinação do banco de sementes e a rebrota de indivíduos dormentes sob a sua copa por proporcionar um ambiente mais favorável, como já destacado por Holl *et al.* (2000). Nesse contexto verifica-se que a espécie lenhosa arbustiva *Solanum lycocarpum* A. St.-Hil., de ocorrência rara na vegetação nativa dos cerrados da região central do Brasil (Felfili *et al.* 1992), é bastante freqüente em áreas perturbadas desse bioma (Oliveira-Filho & Oliveira 1988; Lombardi & Motta Junior 1993). Ela possui características de pioneira como rápido crescimento, grande produção de sementes e tolerância ao sol (Silva *et al.* 1994; Vidal *et al.* 1999; Oliveira-Júnior *et al.* 2003).

Estudos recentes, por outro lado, mostram que folhas recém-colhidas da espécie possuem efeitos alelopáticos no tempo de germinação e no crescimento de espécies cultivadas (Oliveira *et al.* 2004a; Aires *et al.* 2005). Oliveira *et al.* (2004a) sugeriram que as folhas secas, embora apresentem menor quantidade de substâncias alelopáticas, poderiam se acumular e assim impedir o estabelecimento de outras espécies. Entretanto o estudo de Passos (2009), conduzido em ambiente natural, revelou maior número de espécies e de indivíduos vegetais sob a copa de *S. lycocarpum* do que fora.

Com isso, acredita-se que essa espécie possa agir como facilitadora na regeneração natural da área, pois a decomposição de suas folhas possibilitaria o acúmulo de nutrientes no solo, proporcionando melhores condições ambientais para o estabelecimento de outras espécies vegetais embaixo de sua copa. Assim, este estudo espera reforçar o papel facilitador da espécie *S. lycocarpum* na recuperação do solo e reativação do funcionamento do ecossistema, favorecendo o desenvolvimento inicial para a recuperação da vegetação nativa do Cerrado sentido restrito.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. O Bioma Cerrado

O bioma Cerrado é considerado a savana¹ tropical mais diversificada do mundo, em razão do número de espécies nativas presentes (Klink & Machado 2005). Esse bioma consiste em um mosaico de fitofisionomias, variando de campos abertos, passando por savanas, até formações florestais densas (Ribeiro & Walter 2008; Castro *et al.* 1999).

Na formação florestal predominam as espécies arbóreas, com formação de dossel e estão incluídas as fitofisionomias Mata Ciliar, Mata de Galeria, Mata Seca e Cerradão (Ribeiro & Walter 2008). Este estudo destaca ainda a formação savânica, onde há ocorrência do estrato arbóreo e do herbáceo-arbustivo, os quais variam em densidade, não apresenta formação de dossel e abrange o Cerrado sentido restrito, o Parque de Cerrado, o Palmeiral e as Veredas. Por fim, na formação campestre, caracterizada pela predominância de espécies do estrato herbáceo e algumas arbustivas, as árvores são quase inexistentes e, quando ocorrem, é de forma bastante espaçada na paisagem (campo sujo, campo limpo e campo rupestre) (Ribeiro & Walter 2008).

O clima nesta região é classificado por Köppen (1948) como Aw (tropical chuvoso), com invernos comumente secos e verões chuvosos. Possui precipitação média anual na ordem de 1500 mm, variando de 750 a 2000 mm, sendo que o *deficit* hídrico concentra-se no período de cinco a seis meses (Adámoli *et al.* 1987), entre maio e outubro (Eiten 1990), e as chuvas são intensas e de curta duração (França 1977). Os valores de temperatura média anual situam-se entre 22° e 27°C (Adámoli *et al.* 1987; Eiten 1990) e a umidade média relativa do ar varia de 30% a 90% (Ab'Saber 1983).

Os solos da maior parte do bioma são formados por Latossolos² (Reatto *et al.* 1998). Os Latossolos são muito profundos e bem drenados (Haridasan 1993), fortes ou moderadamente ácidos (pH 4,5 a 5,0), com carência generalizada dos nutrientes essenciais e com alto teor de alumínio (Ribeiro & Walter 1998). Um número significativo de outras classes de solos em associação com as condições de clima permite o estabelecimento de

1 As savanas são comunidades vegetais caracterizadas por uma camada herbácea contínua, dominada por gramíneas, onde árvores e arbustos podem crescer em diferentes quantidades e alturas, sem a formação de dossel contínuo (Cole 1986; Ribeiro & Walter 1998)

2 Latossolo: São solos em mais avançado estado de intemperismo nas superfícies mais antigas e estáveis. Desenvolvem-se em superfícies de relevo plano ou suave ondulado com mantos de muitos metros de espessura (Haridassan 1994)

grande diversidade de espécies vegetais, seja no estrato graminoso, arbustivo ou arbóreo (Reatto *et al.* 1998).

Outro fator que ajuda a caracterizar o Cerrado em um mosaico de diferentes fisionomias é o fogo periódico, provocado pelo homem ou por causas naturais, como os raios no período chuvoso, que torna mais baixa e menos densa a camada lenhosa (Eiten 1994). Além de ser importante na floração, na germinação e na dispersão de sementes em plantas do Cerrado, o fogo também possui efeito sobre a ciclagem de nutrientes nas savanas e é importante pela rápida mineralização da matéria orgânica (Miranda *et al.* 2002; Pereira & Ribeiro 2007).

O bioma Cerrado está localizado em sua grande parte no Planalto Central do Brasil, no Distrito Federal, em Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás e Tocantins (Ribeiro & Walter 1998). Algumas áreas disjuntas também podem ocorrer nos estados do Amazonas, Amapá, Roraima, Alagoas, Bahia, Paraíba e Pernambuco, São Paulo e Paraná (Eiten 1994; Ribeiro & Walter 2008). Originalmente, esse bioma apresentava dois milhões de km² – 23% do território brasileiro – sendo o segundo maior bioma do país, superado apenas pela Floresta Amazônica (Ribeiro & Walter 2008), correspondendo a uma área aproximadamente igual ao oeste europeu (Oliveira-Filho & Ratter 2002).

A partir dos anos 70, com a criação de incentivos para ocupação agropecuária do Cerrado, este bioma tem sido alvo de um acelerado processo de modificação de sua paisagem (Alho & Martins 1995). Estudos indicam que já foram perdidos 13% (Ratter *et al.* 1997), 40% (Joly *et al.* 1999), 50% (Alho & Martins 1995), ou ainda, por meio de técnicas de sensoriamento remoto, 55% (Machado *et al.* 2004) da vegetação original e, mais recentemente, 48,46% (Brasil 2009). Para o Distrito Federal (DF), 44 anos após o início da sua ocupação, houve perda 74% de Cerrado, o que significa que atualmente remanescem pouco mais de 25% deste tipo de vegetação (Unesco 2002). Estima-se que o bioma perca anualmente 1,1% (2,2 milhões de hectares) de áreas nativas (Machado *et al.* 2004).

O bioma Cerrado é também pobremente representado no sistema de áreas protegidas implementadas no Brasil (Mittermeier *et al.* 2004). Rylands *et al.* (2004) citaram que o Brasil possuía 62 áreas de proteção integral (Parques Federais e Estaduais, Reservas Biológicas e Estações Ecológicas) cobrindo 42.676 km², equivalente a apenas 2,1% da área original da extensão total do bioma. Se nesta estimativa forem incluídas as áreas protegidas de uso sustentável (principalmente Áreas de Proteção Ambiental), esse número aumenta para 102 áreas, cobrindo 83.520 km² ou 4,2% do bioma. Esses fatores, somados ao registro de mais de

12.000 espécies vasculares vegetais (Mendonça *et al.* 2008), colocam o bioma Cerrado como um dos “hotspots” mundiais de biodiversidade (Mittermeier *et al.* 2004).

Dentre os diferentes distúrbios antrópicos possíveis causadores da perda de cobertura vegetal do Cerrado, os mais frequentes são: conversão de áreas em agricultura em larga escala, pastagem seletiva de gado introduzido em áreas nativas, retirada de estacas e lenha, extração de madeiras comerciais, utilização da flora lenhosa como matéria-prima para a fabricação de carvão vegetal e urbanização (Felfili *et al.* 1994; Klink & Moreira 2002). Essas transformações ocorridas no bioma trouxeram grandes danos ambientais – fragmentação de habitats, extinção da biodiversidade, invasão de espécies exóticas, erosão dos solos, poluição de aquíferos, degradação de ecossistemas, alterações nos regimes de queimadas, desequilíbrios no ciclo do carbono com possíveis implicações nas modificações climáticas regionais (Klink & Machado 2005).

A resiliência deste bioma, embora relativamente alta (Jepson 2005), assim como a das demais savanas (Walker & Noy-Meier 1982), não é infinita e dependerá da intensidade das perturbações causadas. Dessa forma, é possível que mesmo adaptado ao fogo (Pivello & Coutinho 1996), distúrbio inicialmente natural, o Cerrado sofra reduções da diversidade de seu estrato arbóreo (Durigan *et al.* 1994), além de alterações na estrutura de suas comunidades, quando submetido a queimadas frequentes fora da época.

Diante desse acelerado processo de destruição, Fonseca *et al.* (2000) e Myers *et al.* (2000) incluíram o Cerrado entre as zonas prioritárias para conservação no mundo, uma vez que o mesmo possui alta riqueza (Mendonça *et al.* 2008; Castro *et al.* 1999) e alto grau de endemismo de espécies (Lenthall *et al.* 1999). Assim, desenvolver técnicas de restauração de áreas perturbadas e/ou degradadas deste bioma é fundamental para seu manejo sustentável e consequente conservação.

2.2. Restauração Ecológica

Todos os ecossistemas estão sujeitos a distúrbios naturais ou antrópicos. O distúrbio pode ser descrito como um evento relativamente discreto no tempo que pode tanto alterar a estrutura de um ecossistema, comunidade ou população, como provocar mudanças na disponibilidade de recursos ou no meio físico (White & Pickett 1985). A resposta de um ecossistema frente a essas perturbações é dependente da escala (tamanho da área afetada), duração (tempo de permanência do distúrbio), frequência (número médio de eventos por unidade de tempo) e intensidade dos distúrbios (White & Pickett 1985).

Se, após perturbação, uma área teve seus meios bióticos de regeneração, tais como banco e chuva de sementes, banco de plântulas e rebrota eliminados juntamente com sua vegetação, a mesma é considerada degradada (Aronson *et al.* 1995). Por outro lado, se mesmo depois de houver sofrido distúrbio a área mantiver seus meios para a regeneração, é dita perturbada (Aronson *et al.* 1995).

Para que ocorra a restituição ambiental e as áreas perturbadas ou degradadas retornem a função que possuíam anteriormente, a Academia Nacional de Ciências dos Estados Unidos definiram, em 1974, um conjunto de três termos parecidos, mas diferenciando-se quanto ao produto a ser obtido. Como destacado em Corrêa (1998), o primeiro termo, *restauração*, seria a reposição de exatas condições ecológicas da área com determinado tipo de distúrbio, enquanto que *recuperação* seria a recomposição da área com distúrbio para o estabelecimento de organismos originalmente presentes, sem o estreito compromisso ecológico, apenas com o ambiental e, a *reabilitação*, seria o retorno da função produtiva da terra, não do ecossistema, por meio da revegetação.

Essas definições foram acatadas e instituídas na legislação brasileira com o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) pela Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000. Segundo o Art. 2º, entende-se por:

XIII - recuperação: restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada a uma condição não degradada, que pode ser diferente de sua condição original;

XIV - restauração: restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada o mais próximo possível da sua condição original.

No passado, a restauração de áreas degradadas e/ou perturbadas no Brasil objetivava desenvolver uma vegetação no local que fosse a mais próxima possível daquela originalmente existente (Bradshaw 1987; Brown & Lugo 1994; Rodrigues & Gandolfi 1996; Kageyama & Gandara 2000). Contudo, o histórico dos trabalhos sobre este tema mostrou mudança substancial no conceito de restauração desde os anos 80. O surgimento de novos tipos de degradação introduziu a idéia de que não havia um só caminho a ser seguido, mas um conjunto de medidas poderia ser prescrito e aplicado conforme as características inerentes à alteração (Rodrigues & Gandolfi 1996).

A incorporação da abordagem científica às práticas de restauração representou para muitos autores como Bell *et al.* (1997), Montalvo *et al.* (1997), Palmer *et al.* (1997) e Rodrigues & Gandolfi (2000) não apenas a busca de soluções mais eficientes para o recompor uma dada degradação ambiental, mas também uma ferramenta para trabalhos de ecologia experimental. Com isso, hipóteses são testadas e teorias elaboradas a partir de observações

realizadas em ecossistemas naturais não degradados, cujos resultados obtidos contribuem para o aperfeiçoamento das próprias práticas e para o sucesso no estabelecimento e manutenção da vegetação nestas áreas ao longo do tempo.

A partir daí, a restauração deixou de ser apenas uma aplicação de plantios de mudas sem vínculos com concepções teóricas (Rodrigues & Gandolfi 1996; Kageyama & Gandara 2000), para se tornar uma área do conhecimento. A Restauração Ecológica, ou seja, o desenvolvimento de corpo teórico com o objetivo de reparar ecossistemas danificados considera que restaurar ecossistema não é reproduzir exatamente suas características originais, mas recuperar sua estabilidade e integridade biológica (Palmer *et al.* 1997). Isso inclui nível mínimo de biodiversidade e de variabilidade na estrutura e no funcionamento dos processos ecológicos, considerando não apenas valores ecológicos, como também econômicos e sociais (Higgs 1997; Young 2000; Kageyama *et al.* 2003).

A restauração visa a criação de comunidades ecologicamente viáveis, que protejam e fomentem a capacidade natural de mudança dos ecossistemas e resgatem a relação saudável entre o homem e a natureza (Engel & Parrota 2003). Neste sentido, qualquer trabalho de reparação ambiental que tenha como meta recriar um ecossistema estável e resiliente ao longo do tempo, com estrutura próxima das comunidades naturais, deve ser interpretado como sendo de restauração ecológica (Engel & Parrota, 2003).

2.3. Sucessão no Cerrado

Atualmente, as técnicas de restauração e/ou de recuperação se baseiam em princípios de sucessão natural (Young 2000), os quais são utilizados para desenvolver delineamentos experimentais de plantios (Reis *et al.* 1999). A sucessão ecológica vegetal se refere a mudanças observadas em uma comunidade após uma perturbação (Connell & Slatyer 1977), as quais são sequências graduais nos padrões de colonização e extinção de espécies em uma comunidade e ocorrem de forma direcional, contínua e não-sazonal (Begon *et al.* 1996).

Tais sequências podem ocorrer em local recentemente exposto – a sucessão primária – ou em área na qual a comunidade existente sofreu algum distúrbio ou foi removida (Ricklefs 2003), com a reestruturação gradual do ecossistema (Müller-Dombois & Ellenberg 1974) – a sucessão secundária. Sucessões primárias se desenvolvem em sucessões secundárias por causa dos distúrbios. Como existem diferentes tipos de distúrbio que afetam a sequência da vegetação, sucessões secundárias podem ocorrer mais de uma vez. Seu estágio inicial é diferente das primárias, com o início de suas mudanças dinâmicas a partir de substrato já estabelecido e de banco de sementes existente (Schulze *et al.* 2005). Desde o início, há

competição por espaço e recursos e somente espécies aptas a competir são capazes de recolonizar este ambiente (Schulze *et al.* 2005).

Em florestas úmidas, a formação de clareiras causada pelo corte ou queima de árvores provoca o decréscimo da umidade relativa, o aumento da disponibilidade de nutrientes, da quantidade de luz e das temperaturas do solo e do ar (Bazzaz & Pickett 1980). Esses locais são, então, reocupados progressivamente por diferentes grupos ecológicos de espécies, identificados por Budowski (1965) como pioneiras, secundárias iniciais, secundárias tardias e climáticas, as quais são adaptadas às novas condições ambientais criadas (Whitmore 1989). Assim, a sucessão começa pela chegada das pioneiras, que são substituídas por uma série de comunidades de maior maturidade, as secundárias iniciais, até que se desenvolva uma comunidade mais estável e em equilíbrio com as condições locais, que são as climáticas (Begon *et al.* 1996).

Essa visão *clementsiana* clássica de sucessão como processo determinístico, com a comunidade se movendo para condição clímax depois de passar por uma série de estágios serais distintos, não é, entretanto, aplicada universalmente (Connell & Slatyer 1977). Distúrbios e eventos estocásticos podem introduzir imprevisibilidade substancial para os padrões de comunidade ao longo do tempo (Palmer *et al.* 1997; Parker 1997).

No Cerrado, ao invés de clareiras, as restrições edáficas e hídricas determinam a sucessão, limitando seu avanço ao longo do gradiente de fitofisionomias mais abertas em direção às mais densas (Goodland & Ferri 1979; Coutinho 1982, 1990; Haridasan 1987). Observa-se também que existem no Cerrado vários estágios finais de sucessão para a mesma condição climática, dependendo da ocorrência de distúrbios. Esta ideia é consistente com o conceito de clímax-gradiente de Whittaker (1953), onde ocorre uma continuidade espacial dos diferentes tipos de comunidades clímax (gradiente fisionômico), variando paralelamente com o gradiente ambiental, e não necessariamente diferentes comunidades clímax discretas separadas, como no conceito de policlímax (Henriques 2005). Assim cada um dos tipos fisionômicos é considerado aqui como um tipo de clímax. Pode-se então observar que na ausência ou baixa frequência do fogo ou outros distúrbios, os diferentes tipos de vegetação no gradiente fisionômico podem ser resultantes de condições edáficas (Henriques 2005).

Modelos sugerem que as formações abertas (campo limpo, campo sujo, etc.) são consideradas formas derivadas do Cerradão e das Florestas Estacionais, pela ação do homem (ex. fogo, pastoreio), para onde a vegetação invariavelmente converge na ausência de perturbações humanas (Pivello & Coutinho 1996). Como exemplo, temos a substituição de

áreas de formações abertas por áreas de Cerradão e de Cerrado após a retirada do pastoreio, em um ecótono Cerrado/Floresta Atlântica (Durigan & Ratter 2006).

Quanto menor o intervalo na frequência do fogo, mais aberta será a estrutura da vegetação resultante, pois o curto tempo entre uma perturbação e outra não é suficiente para que as plântulas de espécies arbóreas se desenvolvam (Pivello & Coutinho 1996). As plântulas de espécies lenhosas arbóreas de ambientes florestais de Cerrado não possuem adaptações ao fogo e, assim, não conseguem sobreviver após uma queimada, ao contrário das plântulas de espécies vegetais de Cerrado Típico, que possuem a capacidade de rebrotar após o fogo (Hoffmann 2000). Assim, se o fogo for menos freqüente, mais espécies arbóreas se estabelecerão (Pivello & Coutinho 1996).

O Cerrado sentido restrito caracteriza-se pela presença de arbustos e subarbustos espalhados e, dentre eles, algumas espécies apresentam órgãos subterrâneos perenes (xilopódios), que permitem a rebrota após queima ou corte (Ribeiro & Walter 2008). Com isso, o estabelecimento das espécies pode acontecer a partir de diásporos advindos de vegetação vizinha dos plantios, do banco de sementes ou da brotação de órgãos subterrâneos gemíferos (Aubert & Oliveira Filho 1994).

Em área de Cerradão, após o distúrbio do fogo, ocorreu rápido estabelecimento de indivíduos sucessivamente, com espécies herbáceas, arbustivas, lianas e arbóreas, uma grande riqueza em espécies e, depois de determinado tempo, uma regressão em densidade na mesma ordem de estabelecimento (Soares *et al.* 2006). O banco de sementes do solo e o rebrotamento subterrâneo desempenharam importante papel na recuperação dessa vegetação (Soares *et al.* 2006). Este autor observou que no processo sucessional desses ambientes ocorreram três fases: estabelecimento de plantas; competição intra-específica devido ao reajuste no número de indivíduos por espécies e competição interespecífica com a eliminação de algumas espécies das parcelas.

Em se tratando de distúrbio por exploração mineral em áreas de Cerrado, um estudo de sucessão em quinze jazidas de 20 a 47 anos de abandono apontou que as comunidades vegetais foram moldadas pela capacidade de rebrota das espécies vegetais deste bioma (Corrêa 2007). Este estudo demonstrou ainda baixa diversidade de espécies na regeneração dessas áreas degradadas (Corrêa 2007).

De forma geral, a competição com gramíneas exóticas é o fator primário que impede a sobrevivência de plântulas após distúrbio em área de Cerrado, embora outros fatores também limitem o seu crescimento, mas em menor extensão (Holl *et al.* 2000). Ikeda *et al.* (2008) observaram a presença de maior número de espécies invasoras no banco de sementes após

queimada em relação a áreas livres desse distúrbio. Com isso, as espécies invasoras, em especial gramíneas exóticas, tornam-se um dos principais obstáculos para a sucessão de áreas de Cerrado, por serem bem adaptadas ao clima e não possuem inimigos naturais, competindo com sucesso contra as gramíneas nativas (Pivello 2008).

Assim, na sucessão em sistemas biologicamente menos previsíveis, como o Cerrado, os quais apresentam elementos estocásticos de recrutamento, a comunidade pode se formar em função dos processos dinâmicos de dispersão e das interações locais entre espécies recrutadas posteriormente (Moral 1999; Sale 1977).

2.4. Plantas Facilitadoras – *Nurse Plants*

Após o distúrbio, as mudanças no ambiente podem ser resumidas em três modelos de mecanismos, os quais relacionam as conseqüências do desenvolvimento das primeiras à última fase da sucessão: a tolerância, a inibição e a facilitação (Connell & Slatyer 1977).

No modelo de tolerância, modificações feitas no ambiente pelas colonizadoras iniciais nem aumentam ou reduzem a taxa de recrutamento e crescimento de colonizadoras tardias. A sucessão conduz a comunidades compostas por aquelas espécies mais eficientes na exploração de recursos. O conceito de tolerância realça as habilidades de diferentes espécies em tolerar as condições do ambiente conforme as mudanças sucessionais e minimizar a influência de outras espécies sobre o seu desenvolvimento. Assim, a sequência de espécies é determinada somente pelas suas características de história de vida e as espécies tolerantes podem excluir outras adequadas às condições do meio por competição (Connell & Slatyer 1977).

Na inibição, os ocupantes iniciais modificam o ambiente para que se torne menos adequado para o subsequente recrutamento de espécies tanto de sucessão inicial quanto de tardia. À medida que os colonizadores iniciais persistem sem dano e/ou continuam a regenerar vegetativamente, eles excluem ou suprimem colonizadores subsequentes de todas as espécies. A composição de espécies dessa comunidade continua a mudar, de acordo com as condições existentes nesse local e das características das espécies disponíveis como substituições (Connell & Slatyer 1977).

Por fim, na facilitação, após a ocorrência de distúrbio, somente certas espécies de sucessão inicial podem se estabelecer, modificando o ambiente para que ele se torne menos adequado para o subsequente recrutamento de espécies de “sucessão inicial”, porém mais adequado para recrutamento de espécies de “sucessão tardia”. O estabelecimento de juvenis de espécies de sucessão tardia é facilitado por modificações ambientais produzidas pelas espécies de sucessão inicial (Callaway 1997). Em tempo, espécies iniciais são eliminadas,

com a continuação da sequência até que as espécies residentes não mais facilitem a invasão e crescimento de outras espécies (Connell & Slatyer 1977).

Em todos os modelos, os ocupantes iniciais, ou espécies pioneiras, modificam o ambiente para que este seja inadequado para futuros recrutamentos dessas espécies de sucessão inicial (Connell & Slatyer 1977). Tais espécies pioneiras apresentam características colonizadoras, tais como a capacidade de produzir grandes números de propágulos, com bons poderes dispersores, para sobreviver em um estado dormente por um longo período após a sua chegada (Marks 1974), para germinar e se estabelecer em locais não ocupados, e crescer rapidamente até a maturidade. Estas espécies não são bem-adaptadas a germinarem, crescerem e sobreviverem em locais já ocupados, onde há sombra intensa, serapilheira profunda, etc., para que a prole raramente sobreviva na presença de seus pais ou outros adultos (Connell & Slatyer 1977).

Resumidamente, ocorrem diferentes graus de inibição e facilitação. Num extremo temos, por exemplo, plantas exóticas invasoras que inibem totalmente o crescimento de outras plantas, por terem maior competitividade devido a vários fatores, tais como ausência de predadores (Espíndola *et al.* 2005). No outro extremo, há plantas que se destacam nas comunidades por serem altamente facilitadoras, sendo enfatizadas por diversos autores com diferentes termos, por exemplo: as chamadas ‘espécies-chaves’ (Smythe 1986), ‘mutualistas-chave’ (Terborgh 1986), ‘plantas focais’ (Scarano 2000), ‘bagueiras’ (Reis *et al.* 1999) ou ‘*nurse plants*’ (Castro *et al.* 2004).

A facilitação tem sido mais observada em ecossistemas onde plantas são expostas a estresse severo, por exemplo, como resultado de calor e condições de dessecação (Holmgren *et al.* 1997). Nessas situações, o estabelecimento de novas plantas é muitas vezes restrito a lugares sombreados sob a copa dessas colonizadoras iniciais facilitadoras, ou *nurse plants* (Holmgren *et al.* 1997). Elas podem exercer diferentes efeitos positivos em outras plantas, através da alteração favorável de luz, da temperatura, da umidade, dos nutrientes e da oxigenação do solo ou substrato, além de proteção contra herbívoros, atração de polinizadores compartilhados e mudanças benéficas em comunidades de micorrizas ou microbianas no solo (Callaway 1995).

As novas espécies que se estabelecem sob a copa dessas plantas pode formar pequenos agregados (núcleos), os quais, ao se expandirem, se conectam entre si, de forma a proporcionar rápida cobertura do solo e acelerar a sucessão (Yarranton & Morrison 1974). As *nurse plants* formam microambientes em núcleos propícios para a chegada de uma série de espécies animais e vegetais, onde são oferecidas, para as diferentes formas de vida e nichos

ecológicos, condições de abrigo, alimentação e reprodução, que num processo de aceleração sucessional irradiam diversidade por toda a área, possibilitando a conectividade entre os distintos níveis das cadeias tróficas e acelerando a resiliência ambiental (Bechara 2003; Reis *et al.* 2003a).

Os fatores abióticos possuem influência direta em todos os estágios da história de vida de plantas colonizadoras. Interações bióticas, por sua vez, têm também uma forte influência no estabelecimento da vegetação sucessional, pois a vegetação pioneira pode exercer um papel chave no processo sucessional via competição por luz e nutrientes ou amenização do microclima (Connel & Slatyer 1977). Pesquisas em regiões neotropicais demonstram que muitos fatores podem impedir a sucessão em áreas de pasto, incluindo falta de nutrientes e compactação do solo, competição com gramíneas exóticas, seca sazonal, baixas taxas de colonização de sementes, alta predação de semente e plântulas, condições microclimáticas de estresse e inóculo reduzido de micorriza (Holl *et al.* 2000). A importância relativa desses fatores muitas vezes varia grandemente entre pequenas escalas espaciais e temporais. Poucos estudos avaliaram vários fatores em único local, o que renderia a possibilidade de priorizar os fatores mais importantes em limitar a recuperação (Holl *et al.* 2000).

Em ambiente savânico semiárido no Quênia, Belsky *et al.* (1989) analisaram os efeitos de duas espécies de savana *Acacia tortilis* subsp. *spirocarpa* ([Hochst. ex] A. Rich.) Brenan e *Adansonia digitata* L. na composição da camada herbácea, produtividade, microclima local e fertilidade do solo embaixo de suas copas e nas zonas das suas raízes e em locais próximos abertos. Ambas as espécies reduziram a irradiância solar por 45 a 65%, a temperatura do solo por 5 a 11°C e a chuva de 0 a 50%. A produtividade primária líquida acima do solo e a composição da camada herbácea foram maiores em suas zonas de copa do que na raiz e locais abertos. O nitrogênio mineralizável e a biomassa microbiana foram significativamente maiores em solos sob a copa do que outras áreas, e a matéria orgânica, P, K e Ca diminuíram da copa para a área externa. O aumento da produtividade da camada herbácea foi associado com as temperaturas do solo mais baixa e maior fertilidade do solo embaixo da copa de árvores. Em ambiente de deserto, Franco & Nobel (1989) constataram que *nurse plants* facilitaram o estabelecimento de plântulas por reduzir altas temperaturas próximas à superfície do solo e forneceram um microhabitat com maior nível de nitrogênio do solo. Porém, o sombreamento e a competição por água com a *nurse plant* reduziram marcadamente o crescimento das plântulas (Franco & Nobel 1989).

No Brasil, Scarano (2002) estudando a estrutura, função e relações florísticas de comunidades de plantas em habitats estressantes marginais à Floresta Atlântica, constatou que

interações positivas entre plantas exerciam importante papel na estruturação e funcionamento de floresta pantanosa, vegetação costeira arenosa e vegetação de clima frio e grandes altitudes no estado do Rio de Janeiro. Somente poucas espécies de plantas pareciam exercer esse papel positivo e, por isso, o funcionamento desses sistemas dependia dessas *nurse plants* (Scarano 2002). Em área degradada de floresta de Araucária, a presença de vegetação pioneira proporcionou maior abundância de sementes e riqueza de espécies de plântulas em sua área de influência do que em locais sem vegetação (Zanini & Ganade 2005). Em outras áreas degradadas, mas pela mineração de carvão, em Floresta Ombrófila Densa em Santa Catarina, a espécie *Mimosa bimucrinata* mostrou-se ser ótima espécie nucleadora, por fornecer abrigo à fauna, funcionar como poleiro para avifauna, além de proteger as plântulas de diversas espécies do pisoteio do gado bovino (Bitencourt *et al.* 2007).

No Cerrado as plantas facilitadoras poderiam proporcionar não só a chegada de propágulos, mas também estimular a germinação do banco de sementes e a rebrota de indivíduos dormentes sob a sua copa, ao proporcionar ambiente mais favorável (Holl *et al.* 2000). Nesse bioma, a área sob a copa da espécie *Hancornia speciosa* Gomes apresentou maior riqueza e diversidade de espécies do que na região do entorno, com microclima mais ameno para manutenção da viabilidade das sementes, permitindo o posterior estabelecimento das espécies (Feistler & Moura 2008). As espécies de Cerrado *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth e *Miconia albicans* (Sw.) Triana apresentaram maior enriquecimento do solo na área embaixo de suas copas do que em áreas sem cobertura de vegetação e em áreas de floresta, sugerindo que a criação de tais microsítios enriquecidos podem fornecer núcleo para a invasão de savanas inférteis por árvores de floresta pluvial na América Central (Kellman 1979). Posteriormente no mesmo local, o cultivo da espécie de Cerrado *Xylopia frutescens* Aubl. embaixo da copa de *B. crassifolia* e *M. albicans*, e o da espécie *Callophyllum brasiliense* Camb. var. *Rekoi* Stand., apenas sob *B. crassifolia*, resultou em maior sobrevivência e crescimento de plântulas embaixo das coberturas de árvores do que nas áreas abertas (Kellman 1985).

A seguir, encontram-se alguns fatores que podem ser modificados por espécies pioneiras, de forma influenciar positivamente o processo de germinação e estabelecimento de plântulas.

2.4.1. Luz

A situação em que se encontra o solo, se protegido por vegetação ou cobertura protetora ou desnudo, é fator importante e que exerce influência sobre o montante de radiação solar que o atinge. Essa influência da luminosidade em florestas densas é universalmente reconhecida. Mesmo culturas normais de campo, como o capim-azul (*Poa pratensis*), influi de modo apreciável na luminosidade ao nível do solo, especialmente por ocasionar variações de temperatura. Solos desnudos se aquecem e se esfriam com maior rapidez do que outros mantidos com vegetação ou cobertura protetora artificial (Brady 1989).

O sombreamento pode reduzir os efeitos da dessecação, embora reduza também o crescimento de plântulas (Vieira 2006). Para Holl *et al.* (2000), o sombreamento proporcionado pelas espécies pioneiras sem dúvida ameniza condições de estresse microclimático característico de áreas perturbadas, produzindo aumento do estabelecimento de plântulas. Carnevale & Montagnini (2002) constataram que o grau de sombreamento da copa e a profundidade da serapilheira foram fatores influenciando números de indivíduos e riqueza de espécies no sub-bosque de plantação mista. Tecco *et al.* (2006) acredita que maior estabelecimento de espécies sob um arbusto invasor foi devido, dentre outros fatores, à maior cobertura de copa.

2.1.1. Umidade

É grande a “avidez” dos sólidos do solo pela água disponível no solo, podendo competir com sucesso com os vegetais superiores pela posse desta água. Por conseguinte, nem todo montante de água retido pelo solo é utilizável pelas plantas. Grande parte dessa água permanece no solo após as plantas terem murchado ou morrido, por insuficiência de água (Brady 1989). A água é retida nos poros do solo em graus variáveis de persistência, dependendo da quantidade existente desse líquido e do tamanho dos poros. Juntamente com os sais em solução, a água do solo forma a solução do solo, que é de sobremodo importante como veículo para fornecer nutrientes aos vegetais em crescimento (Brady 1989).

A persistência com que a água é retida pelos sólidos do solo determina, em grau marcante, a sua movimentação no solo e sua utilização pelos vegetais. Por exemplo, quando o teor de umidade de um solo é ótimo para o crescimento vegetal as plantas podem assimilar prontamente a água do solo porque grande quantidade dela se encontra nos poros de tamanho intermediário. À medida que parcela dessa umidade é removida pelas plantas em crescimento, a remanescente é encontrada apenas nos poros minúsculos e como película delgada so redor das partículas do solo (Brady 1989).

A baixa disponibilidade de água no solo se destaca entre os fatores abióticos que limitam a produtividade das plantas (Lemos-Filho 2000). Este autor constatou que a estação seca reduziu as trocas gasosas as quais foram acompanhadas por decréscimos na atividade fotossintética, com aumento da fotoinibição das espécies de Cerrado *Annona crassifolia*, *Eugenia dysenterica* e *Campomanesia adamantium* (Lemos-Filho 2000). Entretanto, segundo Franco (2006), a seca sazonal não exerce efeito marcado na sobrevivência para plântulas de espécies lenhosas do cerrado. Em experimento, por exemplo, a grande maioria das plantas de *Kielmeyera coriacea* sobreviventes conseguiu atravessar sua primeira estação seca, mostrando que o período de estiagem não influenciou na sobrevivência das mesmas (Nardoto *et al.* 1998).

2.1.2. Serapilheira

Vários processos ou fatores atuam em sementes e plântulas, tais como a serapilheira, a qual pode estar envolvida no impedimento físico do estabelecimento da plântula ou na repelência química por meio de compostos químicos ou alelopatia (Keever 1950). A serapilheira pode, assim, alterar o ambiente físico e químico diretamente e indiretamente, pois sua decomposição libera nutrientes e substâncias fitotóxicas dentro do solo e as mudanças físicas alteram a atividade de decompositores, resultando em um efeito indireto do ambiente químico (Keever 1950).

Xiong & Nilsson (1999) observaram que os efeitos de curto prazo da serapilheira na vegetação foram em grande parte negativos. A riqueza de espécies foi mais afetada do que a biomassa aérea pela serapilheira, sugerindo que ela pode exercer um papel direto na estrutura de comunidades vegetais (Xiong & Nilsson 1999). Ela teve também efeito mais forte na germinação de plantas do que no estabelecimento, sugerindo que distúrbio reduzindo a serapilheira terá mais efeito inicialmente na estação de crescimento (Xiong & Nilsson 1999).

Ao interceptar luz, a serrapilheira acumulada sombreia sementes e plântulas e reduz a amplitude térmica no solo, criando, assim, uma barreira à difusão do vapor de água, com conseqüente redução da evaporação do solo (Facelli & Pickett 1991). Porém, ela também pode diminuir a disponibilidade de água quando retém uma grande proporção de chuva, além de criar uma barreira física para plântulas e emergência de brotos, assim como para sementes alcançando o solo (Facelli & Pickett 1991).

A heterogeneidade introduzida dentro do ambiente abiótico pela acumulação de manchas de serrapilheira pode afetar a estrutura da comunidade direta, quando a serrapilheira de uma espécie afeta o desempenho de uma segunda espécie, e indiretamente, quando a

serrapilheira produzida por uma espécie altera o resultado da interação entre uma segunda e uma terceira espécie (Facelli & Pickett 1991).

Ganade e Brown (2002) testaram como a serapilheira influencia interações entre a vegetação adjacente e as espécies colonizadoras. Para isso, os autores monitoraram o estabelecimento e crescimento de plântulas de quatro espécies arbóreas, tanto em área de pasto como em área florestal, manipulando-se a fertilidade do solo e a serapilheira. A remoção da serapilheira diminuiu significativamente o estabelecimento das plântulas de espécies cultivadas no pasto e de duas espécies na floresta. A significativa interação entre a serapilheira e a remoção da vegetação para duas espécies vegetais no pasto mostrou que a serapilheira pode também contribuir para facilitação (Ganade & Brown 2002).

A serapilheira atua como um sistema de entrada e saída, recebendo entradas via vegetação e, por sua vez, decompondo-se e suprindo o solo e as raízes com nutrientes e com matéria orgânica (Martins 2001). Este processo é particularmente importante na restauração da fertilidade do solo nas áreas em início de sucessão ecológica.

2.1.3. Nutrientes

Cerca de dezessete elementos são considerados universalmente essenciais para o crescimento vegetal. Três deles se originam do ar e da água e quatorze dos sólidos do solo. Seis dos quatorze são denominados macronutrientes, por serem utilizados em montantes reativamente grandes, enquanto os oito restantes são denominados micronutrientes, por serem necessários apenas em quantidades diminutas (Brady 1989).

Os macronutrientes nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre são absorvidos em tamanhas quantidades que oneram a capacidade da maioria dos solos para atender aos requisitos de crescimento vegetal. Os macronutrientes provêm das rochas e dos minerais que formam os solos (Brady 1989).

As características químicas estão relacionadas com a fertilidade do solo isto é, se alta ou baixa. A fertilidade é inferida principalmente da saturação por bases (V%)² da capacidade total de troca de cátions (T³ ou CTC) da saturação por alumínio (m%)⁴ e do grau de acidez (pH) (Reatto *et al.* 2008). A saturação por bases constitui a riqueza do solo, em bases trocáveis, principalmente Ca²⁺, Mg²⁺ e K⁺. A capacidade de troca de cátions representa a capacidade de a superfície das partículas do solo trocar bases com a solução do solo. A depender desses valores, tem-se: solos eutróficos, solos distróficos, solos álicos e solos ácidos (Reatto *et al.* 2008).

Os solos eutróficos diferenciam-se dos distróficos por apresentarem saturação por bases superior a 50%, sendo um referencial técnico para separar solo de alta fertilidade dos de baixa fertilidade (Reatto *et al.* 2008). Em ambos os solos o alumínio é nulo ou reduzido. Nos solos álicos, a saturação por alumínio é superior a 50%, sendo solos de baixa fertilidade e de alto teor de alumínio. Nos solos ácidos, há predominância de cargas elétricas positivas, normalmente apresentando fixação de ânions (fosfatos, nitratos, sulfatos e cloretos), e de fertilidade baixa, com teores reduzidos de alumínio (Reatto *et al.* 2008). De maneira geral, os solos das diferentes fisionomias do Cerrado são álicos. A soma de bases trocáveis (K, Ca e Mg) é baixa, a acidez é alta, resultando em altos índices de saturação por alumínio (Batmanian & Haridasan 1985).

A maioria dos cátions básicos (Ca, Mg, Na e K) são lixiviados do solo se eles não são mantidos por cargas negativas em minerais argilosos (Motta *et al.* 2002). Em suma, a mobilidade dos elementos no solo segue a sequência, Ca>Na>Mg>K>>Si>>Fe>Al. Os elementos do começo da sequência são os principais nutrientes vegetais e são sujeitos a lixiviação (Motta *et al.* 2002). Porque eles são tão altamente lixiviados, latossolos tendem a ser inférteis e ricos em Al e Fe. Por este processo, óxidos de ferro acumulam nesses solos porque outros materiais são perdidos, chamados assim de acumulação passiva de Fe (Motta *et al.* 2002).

Latossolos apresentam baixo conteúdo de nutrientes para plantas, especialmente P e Ca, e de micronutrientes, com elevado conteúdo de Al que pode chegar a níveis tóxicos para raízes de plantas cultivadas (Motta *et al.* 2002). Grandes aplicações de cálcio e fertilizante de fósforo são necessárias para fazer esses solos produtivos para cultivos agrícolas, pois o cálcio neutraliza um pouco da acidez, diminuindo os níveis de Al disponíveis, e aumentando a quantidade de Ca²⁺ nos locais de troca, que assim fica disponível para plantas (Motta *et al.* 2002). Grandes aplicações de P são requeridas em plantio porque muitos dos P fertilizante são ligados por óxidos de Fe e Al. A matéria orgânica ajuda a manter o escasso suprimento de nutrientes de planta em latossolos (Motta *et al.* 2002).

No Cerrado existem muitas espécies acumuladoras de alumínio, as quais podem ocorrer em solos fortemente ácidos e distróficos, podendo ainda serem indiferentes à acidez e fertilidade, ou crescerem somente em solos ricos em cálcio (Haridasan 1987). A acumulação de alumínio nessas plantas não interfere na absorção e utilização de outros nutrientes essenciais, pois ele é transportado livremente sem qualquer efeito danoso dentro da planta (Haridasan 1987). Assim, o papel do metabolismo do alumínio não é claro.

Em área degradada de floresta de Araucária a fertilidade do solo não influenciou o estabelecimento de plântulas (Zanini & Ganade 2005). Já em pastagem abandonada, a barreira mais importante para a regeneração da floresta foi a degradação do solo, causada pela perda dos horizontes A e B (Aide & Cavelier 1994). Nesse estudo, o lento crescimento das espécies em solos de campo degradado comparado aos de floresta foi associado aos baixos níveis de capacidade de troca catiônica, cálcio, magnésio e potássio do solo (Aide & Cavelier 1994).

2.1.4. Matéria orgânica

A matéria orgânica do solo resulta da decomposição biológica de microorganismos, animais e, principalmente, vegetais. Ela fornece mais de 95% do nitrogênio total, 05 a 60% do fósforo e 10 a 20% do enxofre total do solo (Brady 1989; Bonato *et al.* 1998), sendo, portanto, um componente do solo sobremodo transitório e que deverá ser constantemente renovado pela adição de resíduos vegetais (Brady 1989).

A matéria orgânica funciona como ‘granulador’ das partículas minerais; assim é a principal responsável pelo aspecto frouxo e pelo fácil manuseio dos solos produtivos, sendo uma das principais fontes de fósforo e enxofre e a única fonte de nitrogênio (Brady 1989). Mediante sua influência nas condições físicas do solo, a matéria orgânica aumenta o volume de água que um solo poderá absorver e a proporção dessa água assimilável para o crescimento vegetal, além de ser a principal fonte de energia para os microorganismos do solo (Brady 1989).

Aproximadamente 80% do carbono total dos ecossistemas de savana encontram-se no solo (Scurlock & Hall 1998). Segundo os mesmos autores, a retirada do componente arbóreo em ecossistemas de savana poderia levar ao declínio no teor de carbono dessas áreas em poucos anos, enquanto o enriquecimento arbóreo poderia elevar os estoques de carbono no solo de teores típicos de savana para valores mais próximos de florestas tropicais (Scurlock & Hall 1998).

O carbono proveniente da vegetação entra no solo pela queda do folheto, do turnover das raízes e micorrizas e da exsudação de carbono pelas raízes finas (Aduan *et al.* 2003). Uma fração do folheto em decomposição é transformada em complexos orgânicos estáveis ou húmus (Murty *et al.* 2002). Este material, geralmente de cor preta ou marrom, é de natureza coloidal, cuja capacidade de reter água e íons nutrientes excede consideravelmente àquela da argila, sua contrapartida inorgânica (Brady 1989).

Durante processos degradativos, o solo sofre profundas modificações quanto às suas composições química, biológica e estrutural, sendo a perda de matéria orgânica a principal

conseqüência da degradação, retardando o processo sucessional (Reis *et al.* 2003b). A falta de matéria orgânica e do recobrimento vegetal parece estar associada à compactação em solos do bioma Cerrado (Pereira 1990), pois ela é o principal fator de degradação da estrutura do solo e de sua fertilidade natural sendo fundamental na manutenção de condições físicas favoráveis (Dedecek *et al.* 1986)

A matéria orgânica é atributo importante como fonte de nutrientes e no aumento da capacidade de reter e trocar cátions (que serão eventualmente colocados à disposição para as plantas). Seu poder de tamponamento permite manter em equilíbrio as cargas do solo (Reatto *et al.* 2008).

2.1.5. pH

O pH influencia a solubilidade, a concentração em solução e a forma iônica dos nutrientes no solo e, conseqüentemente, a absorção e utilização deles pela planta (McBride & Blasiak, 1979; Fageria *et al.*, 1997). A concentração relativa dos íons H⁺ e OH⁻ exerce influência drástica sobre a disponibilidade de nutrientes e sobre o crescimento vegetal. Com valores extremos de pH, os íons hidrogênio e hidroxila poderão exercer algumas influências prejudiciais diretas sobre o crescimento vegetal.

O pH exerce influência sobre a concentração de íons inorgânicos na solução do solo ocasionando quer deficiências, quer a toxidez desses íons. Na medida em que o pH de solos ácidos é elevado de 5 para 7 ou 8, nutrientes como ferro, manganês e zinco tornam-se indisponíveis ao passo que aumenta a disponibilidade do molibdênio (Brady 1989). O fósforo nunca se encontra prontamente disponível, mas sua disponibilidade é, via de regra, bem mais elevada na faixa em torno do pH 6,5. Com valores de pH abaixo de 5, alumínio, ferro e manganês são com frequência solúveis em quantidades suficientes para atuarem como tóxicos no crescimento vegetal. O pH do solo determina também a presença do tipo aniônico específico nos casos de alguns elementos como fósforo e enxofre (Brady 1989).

2.1.6. Densidade aparente, Resistência à penetração e Condutividade hidráulica saturada do solo

Dentre os fatores que diretamente afetam o crescimento vegetal estão conteúdo de água, taxa de difusão de oxigênio, temperatura e resistência mecânica que o solo oferece à emergência de plântulas e ao crescimento radicular, este último, diretamente relacionado com o grau de compactação do solo (Sá & Santos Junior 2005). A compactação do solo parece ser o principal fator de impedimento, direto ou indireto, para o estabelecimento da vegetação por processos naturais em áreas antropizadas, implicando na alteração da estrutura do solo (Taylor

& Brar 1991) por meio da redução da infiltração da água e da porosidade total, macroporosidade e microporosidade (Pereira 1990).

Na maioria dos solos, pelo menos parte dos seus poros contém certa quantidade de ar e também de água, sendo, por isso, não-saturados. Entretanto, sob várias condições, ao menos parte do perfil do solo pode achar-se completamente saturada; isto é, todos os poros, grandes e pequenos, estão cheios de água. Os horizontes mais baixos dos solos insuficientemente drenados estão, em geral, saturados com água; mesmo algumas porções de solos com boa drenagem encontram-se por vezes saturados. Por exemplo, acima de camadas estratificadas de argila, todos os poros do solo podem estar por vezes saturados (Brady 1989).

Qualquer fator que exerça influência sobre o tamanho e a configuração dos poros do solo exercerá também influência sobre a condutibilidade hidráulica. A textura e a estrutura dos solos são propriedades a que a condutibilidade se acha mais diretamente ligada. Em geral, solos arenosos possuem condutibilidade saturada mais elevada do que solos de textura mais fina. Do mesmo modo, solos com textura granular estável conduzem com maior rapidez do que aqueles formados de unidades estruturais instáveis, que se dissociam quando molhados (Brady 1989).

O aumento da densidade do solo, a partir de $1,2 \text{ g/m}^3$, acarreta em dificuldades de penetração e de desenvolvimento da raiz das plantas (Primavesi 1981). Os valores de densidade global que impedem o desenvolvimento das raízes estão entre $1,6$ e $1,8 \text{ g/m}^3$ (Primavesi 1981; Cintra & Mielniczuk 1983; Nogueira & Manfredini 1983). Assim, a compactação do solo pode ser estimada pela medição da condutividade hidráulica e da densidade aparente do solo, pois com ela ocorrem reduções significativas, principalmente no volume de macroporos; já os microporos permanecem praticamente inalterados com aumento da densidade e resistência mecânica à penetração (Hillel 1982).

A compactação pode ser também medida através da resistência mecânica que o solo oferece à penetração, expressada pelo índice de cone (Sá *et al.* 2007a). Segundo os autores, essa resistência mecânica é utilizada na caracterização de atributos físicos e mecânicos relacionados à trafegabilidade, compactação e manejo. A caracterização da compactação do solo e sua relação com o crescimento das raízes apresentam limitações, pois a resistência à penetração expressa pelo índice de cone (IC) varia em função do teor de água (θ), densidade do solo (D_s), textura e teor de matéria orgânica (Busscher *et al.* 1997; Imhoff *et al.* 2000). O aumento de θ diminui o IC, devido ao efeito lubrificante da água ao redor das partículas de solo (Pedrotti *et al.* 2001), enquanto o aumento da densidade, em decorrência da composição e degradação da estrutura, aumenta o IC. Quanto à textura, solos muito argilosos apresentam

IC mais elevado, em virtude da maior coesão entre as partículas, e a matéria orgânica está relacionada com a agregação e a estrutura do solo, o que também afeta o IC (Busscher *et al.* 1997).

Considera-se o solo como compactado quando o IC apresenta valor limitante num teor de água próximo à capacidade de campo. Muitas vezes, o solo apresenta valores altos de resistência à penetração com raízes crescendo ao longo de bioporos, formados pela meso e macrofauna e por raízes mortas (Williams & Weil 2004). A verificação da resistência à penetração funciona como um meio auxiliar na identificação de camadas compactadas de solo, e é um bom indicador das condições que a raiz encontrará ao explorar os nutrientes e a água dos solos (Pereira 1990).

Assim, a compactação do solo prejudica o desenvolvimento do sistema radicular e diminui a drenagem dos solos, o que aumenta o escoamento superficial e conseqüentemente o carreamento de sedimentos pela erosão pluvial (Zachar 1982).

2.1.7. Textura do solo

A textura do solo refere-se, especificamente, às proporções relativas das partículas ou frações de areia, silte e argila na terra fina seca ao ar (TFSA). É a propriedade física do solo que menos sofre alteração ao longo do tempo, possuindo influência direta na taxa de infiltração de água, na aeração, na capacidade de retenção de água, na nutrição, como também na aderência ou força de coesão nas partículas do solo (Brady 1989). O movimento e a disponibilidade de água para as sementes são de grande importância para a germinação, crescimento inicial do sistema radicular e emergência das plântulas. Esses fatores são influenciados pelas características do complexo coloidal do substrato, quais sejam potencial mátrico e osmótico e textura do solo, bem como pelo tamanho e forma da semente (área de contato solo-semente) (Ávila *et al.* 2007). A textura influencia tanto o grau de contato semente-solo, como a condutividade da água (Ávila *et al.* 2007).

Há quatro classes teturais: textura arenosa, média, argilosa e muito argilosa:

- Solos de Textura Arenosa – possuem teores de argila + silte < 15%; são permeáveis, leves, de baixa capacidade de retenção de água e de baixo teor de matéria orgânica. Altamente susceptíveis à erosão, necessitando de cuidados especiais na reposição de matéria orgânica, no preparo do solo e nas práticas conservacionistas.
- Solos de Textura Média – apresentam teor de argila + silte > 15% e < 35%, boa drenagem, boa capacidade de retenção de água e índice médio de erodibilidade.

- Solos de Textura Argilosa – solos com teor de argila > 35%. Possuem baixa permeabilidade e alta capacidade de retenção de água. Esses solos apresentam maior força de coesão entre as partículas, o que dificulta a penetração.

Em muitos solos, o conteúdo de argila atua como importante determinante na estabilização da matéria orgânica (MO), havendo, geralmente, correlação entre o conteúdo de carbono no solo e o conteúdo de argila (Aduan *et al.* 2003). A incorporação física da matéria orgânica dentro dos agregados de argila resulta na proteção dos polímeros orgânicos do ataque enzimático (Anderson 1992). Além da estabilização física, as argilas também promovem estabilização química da matéria orgânica, que se dá pela formação de pontes químicas que ligam a matéria orgânica coloidal à porção mineral do solo (Aduan *et al.* 2003). Como ambas possuem carga, cátion com mais de uma valência podem promover ligações eletrostáticas relativamente estáveis entre a matéria orgânica e a porção mineral do solo (Anderson 1992).

3. JUSTIFICATIVA

A crescente ocupação do bioma Cerrado muitas vezes acaba suprimindo áreas protegidas por lei, como as de Reserva Legal e as de Preservação Permanente. A atual conscientização quanto à importância da conservação do ambiente natural implica no aumento da demanda por técnicas mais eficientes e mais baratas na restauração dessas áreas perturbadas e ou degradadas no bioma Cerrado.

Entretanto o Cerrado ainda é pouco estudado quanto à recuperação de suas áreas perturbadas e ou degradadas, sendo estes estudos mais frequentes em outros biomas nacionais. Nesse aspecto, este estudo surge como oportunidade de ampliar informações para a recuperação de áreas perturbadas para o bioma Cerrado.

A espécie *Solanum lycocarpum* é apontada como colonizadora de áreas degradadas de Cerrado, estando presente em levantamentos florísticos realizados nessas áreas (Corrêa 2007; Felfili *et al.* 1992). Sabe-se que espécies pioneiras podem criar uma série de condições para facilitar a ocorrência de outras espécies mais tardias na sucessão como sombreamento, fertilização do solo e funcionar como poleiros naturais, atraindo animais que trazem propágulos de outras áreas para o local, enriquecendo assim o banco de sementes zoocóricas na área sob a copa da árvore e aumentando a probabilidade do estabelecimento de plântulas.

Em estudo anterior, Passos (2009) observou que a espécie favorece o estabelecimento de plântulas de outras espécies sob a sua copa. Com isso, o presente trabalho buscou verificar, na mesma área de estudo de Passos (2009), se a espécie *S. lycocarpum* estaria atuando como *nurse plant*, por meio da modificação do micro-ambiente sob a sua copa, de forma a facilitar a colonização por outras espécies nesse local, com o fim de subsidiar futuros projetos de restauração ecológica em áreas perturbadas de Cerrado sentido restrito, tais como em Áreas de Reserva Legal e de Preservação Permanente como definidas no Código Florestal Brasileiro.

4. OBJETIVOS

4.1. Geral

O objetivo geral do trabalho foi avaliar o papel facilitador (*nurse plant*) de indivíduos de *Solanum lycocarpum*, plantados há quatro anos a partir de sementes, em modificar o ambiente sob a sua copa, de forma a propiciar melhoria na qualidade ambiental, possibilitando assim a ocupação deste ambiente por outras espécies em uma área perturbada de Cerrado Típico em Brasília, DF.

4.2. Específicos

Os objetivos específicos foram:

- i. Analisar parâmetros micro-ambientais nas áreas embaixo e fora da copa dos indivíduos plantados de *S. lycocarpum*, no controle (área sem influência de copa de árvores) e no fragmento de Cerrado Típico adjacente ao plantio;
- ii. Avaliar a distribuição da cobertura de estratos vegetais na área de influência sob a copa e fora da copa dos indivíduos plantados de *S. lycocarpum*;
- iii. Relacionar os parâmetros ambientais analisados com a distribuição da cobertura de estratos e com a ocorrência de espécies vegetais sob a sua copa a partir do estudo de Passos (2009).

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1. Área de estudo

O estudo foi realizado nos limites do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Brasília-DF ($15^{\circ}46'56,5''S$ e $47^{\circ}55'38,6''W$, altitude de 1.159,5 m), localizado na porção sudoeste da cidade (Figura 1). O clima da região é estacional, classificado como Cwa (Köppen, 1948). O solo original do local é do tipo Latossolo-Vermelho, caracterizado por ser profundo, poroso, bem drenado e com altos níveis de ferro e alumínio, que lhe conferem acidez e baixa fertilidade (Haridasan 2000).

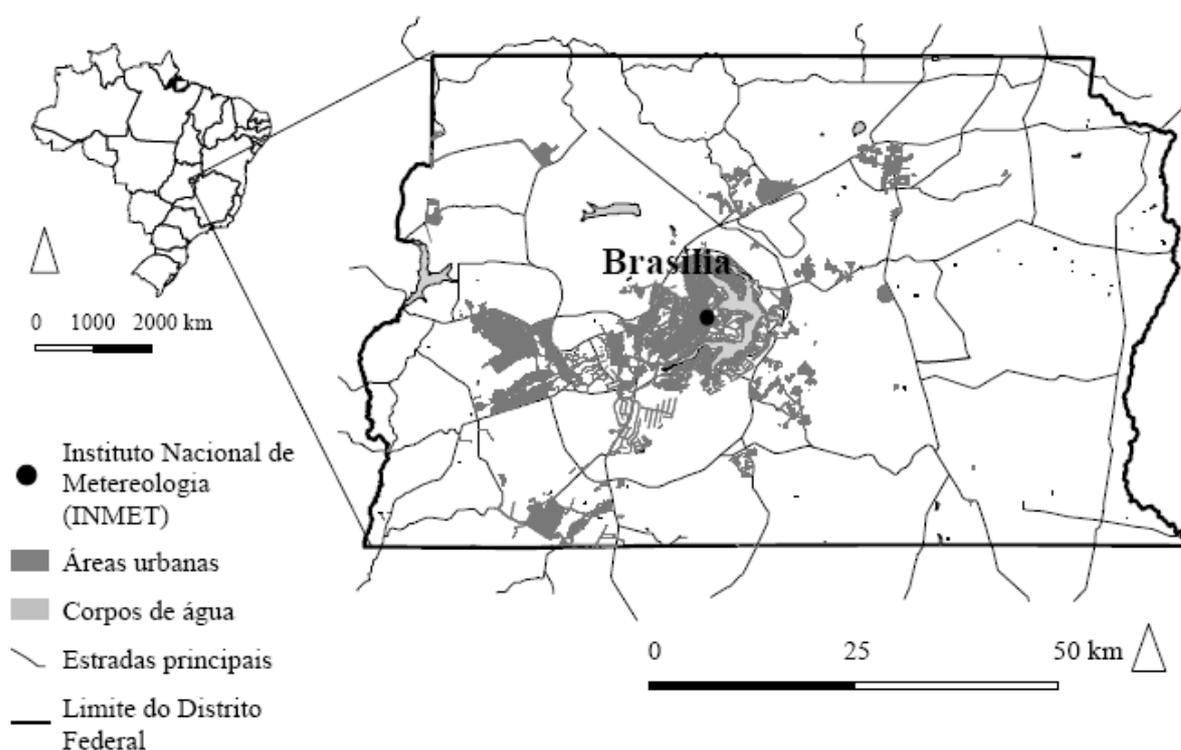


Figura 1. Localização do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET – em Brasília, Distrito Federal (DF), Brasil.

A área delimitada pelo INMET possui formato circular com 500 m de raio, totalizando 78,5 ha (Figura 2). Em meados dos anos 1970, a vegetação de Cerrado Típico que originalmente recobria a área foi removida durante a construção do Instituto, dando lugar à sua urbanização. Entretanto, apesar da previsão de deixar vegetação nativa remanescente, boa parte foi retirada além do necessário, resultando em locais abertos ao centro e um fragmento de Cerrado Típico em quase toda a borda da área. Tais locais abertos foram recobertos por gramínea exótica conhecida como braquiária (*Urochloa* sp.), a qual era mantida constantemente aparada.

Em novembro de 2004, com a expectativa de recuperação de parte da vegetação lenhosa desta área aberta sem necessidade de urbanização, iniciou-se um experimento de restauração do Cerrado nativo, utilizando-se aproximadamente 01 hectare da área desmatada. O experimento consistiu em plantio de enriquecimento composto por 19 espécies nativas do bioma Cerrado, em uma parte da área (Figura 2 – A1), e na instalação de 20 poleiros artificiais, para atrair fauna dispersora de propágulos, espalhados em toda a área (Figura 2 – A1 e A2).



Figura 2. Localização das áreas de estudo de Oliveira (2006) no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Brasília, DF. A1 = área com plantio e A2 = área sem plantio. Imagem do satélite IKONOS em abril de 2004, cedida por SPACE IMAGE. (Fonte: Oliveira 2006).

Tal experimento incluiu espécies de formações florestais (Mata Ciliar, Mata de Galeria, Mata Seca e Cerradão) e savânicas (Cerrado sentido restrito e Parque Cerrado) do Cerrado (Ribeiro & Walter 1998), num total de 885 indivíduos plantados, espaçados em 03 x 03 m e dispostos de acordo com o modelo de anéis hexagonais, que visa minimizar a competição entre os indivíduos e uniformizar a distribuição das espécies ao longo da área experimental (Oliveira 2006). Ao solo de cada cova, foram adicionados 0,1 Kg de calcário, 1 Kg de esterco e 0,15 Kg de adubo químico (NPK 4-14-8) e, para minimizar a possível compactação provocada pela atividade do trator na área, revolveu-se a superficial do solo. O

objetivo do trabalho era acompanhar o crescimento dessas espécies plantadas e verificar a chegada de propágulos e o estabelecimento de plântulas na área de influência dos poleiros e das mudas.

Um dos resultados desse trabalho foi constatar considerável crescimento e sobrevivência para a espécie *Solanum lycocarpum* A. St-Hil., em relação às outras espécies, sendo esta a principal justificativa da sua escolha para o presente estudo. Oliveira (2006) também concluiu que o plantio de mudas nativas e o uso de poleiros artificiais contribuíram na aceleração da restauração de áreas perturbadas de Cerrado sentido restrito, podendo ser aplicadas em condições semelhantes.

Na sequência, Passos (2009) buscou avaliar se tais indivíduos da espécie *S. lycocarpum* e os poleiros artificiais instalados por Oliveira (2006) estariam facilitando a ocorrência de novas espécies vegetais em sua área de influência. Tal autor selecionou dez indivíduos de *S. lycocarpum* (SL), de diâmetro maior que 05 cm, a 30 cm do nível do solo, com evidências de boa reprodução e isolados de outros indivíduos de porte semelhante tanto da mesma espécie quanto de outras (Figura 4). Foram também selecionados para comparação os dez poleiros artificiais instalados na área sem plantio (Figura 2 – A2) e delimitadas dez áreas controles (CO) em locais sem plantio, sem poleiros e longe da influência de indivíduos arbóreos (Passos 2009) (Figura 5).

A área de influência de indivíduos de *S. lycocarpum* foi dividida da seguinte forma, para comparação: área interna, correspondente à área de projeção no solo da copa da *S. lycocarpum*, e área externa, área circular torno da copa (Figura 5). A área do poleiro foi também dividida em interna e externa, com tamanho equivalente à média das áreas internas – 50 m² – e externas – 150 m² – de cada *S. lycocarpum*. As áreas controle (CO) foram estabelecidas pela área sem influência de poleiros ou de árvores de qualquer espécie, com tamanho de 200 m², para comparação com as áreas externas de *S. lycocarpum* e dos poleiros (Passos 2009) (Figura 4 e Figura 5).

Os resultados constataram efeito nucleador de *S. lycocarpum*, que apresentou maior abundância e número de espécies por m² embaixo da sua copa do que na área externa (Passos 2009). As áreas internas e externas dos poleiros artificiais, embora não tenham se diferenciado quanto à abundância, diferenciaram-se em termos de riqueza de espécies, com maior riqueza na área interna (Passos 2009). Entretanto, o estudo de Passos (2009) não avaliou os parâmetros ambientais que poderiam estar implicados nesta facilitação para a ocorrência de outras espécies. Assim, com base nesses resultados, procurou-se investigar, no presente estudo, se além dos efeitos na ocorrência de maior riqueza e abundância de outras espécies

embaixo de sua copa, os indivíduos de *S. lycocarpum* também produziram efeitos na cobertura dos diferentes estratos das espécies colonizadoras e na modificação do microambiente desse local.

5.2. A espécie estudada

A espécie lenhosa arbustiva *Solanum lycocarpum* A. St.-Hil., da família Solanaceae, ocorre nos cerrados da região central do Brasil, sendo, porém, rara na vegetação nativa não alterada (Felfili *et al.* 1992), mas bastante freqüente em áreas perturbadas (Oliveira-Filho & Oliveira 1988; Lombardi & Motta Junior 1993) (Figura 3). É conhecida como lobeira, ou fruta-do-lobo, por ser o principal alimento do lobo-guará, sendo este o principal dispersor das sementes do seu fruto (Rodrigues 2002). Além disso, acredita-se que a fruta-do-lobo possui efeitos terapêuticos nesse animal, ajudando-o a se proteger do parasita renal *Dioctophyma renale* (Langguth 1975).



Figura 3. Indivíduo de *Solanum lycocarpum* adulto, de quatro anos de idade, em área perturbada de Cerrado nas dependências do INMET, em Brasília, DF. Foto: Camila Lopes.

Esta espécie pode ser útil na recuperação de áreas degradadas, pois a produção de mudas pode ser facilmente conseguida de maneira contínua considerando que os frutos, com grandes quantidades de sementes (Silva *et al.* 1994) estão disponíveis ao longo de todo o ano

(Dalponte & Lima 1999), sendo sua germinação rápida, com elevada taxa de emergência de plântulas (Vidal *et al.* 1999).

A espécie cresce e se desenvolve em condições ambientais desfavoráveis, tais como terras ácidas e pobres em nutrientes (Oliveira-Júnior *et al.* 2003), e é capaz de suportar clima árido e períodos de seca prolongados, resistindo ainda a ciclos anuais de queimadas feitas pelo homem (Campos 1994). Para tal, ela possui adaptações às condições de estresse hídrico nos estágios iniciais de desenvolvimento, tais como maior desenvolvimento do sistema radicular em condição de baixa disponibilidade de água (Vidal *et al.* 1999) e ajustamento osmótico, devido ao acúmulo de carboidratos solúveis, em folhas e raízes (Chaves Filho & Stacciarini-Seraphin 2001), o que a permitem sobreviver nas condições estressantes como as que ocorrem em ambientes degradados.

Muitas vezes estas plantas são observadas servindo de poleiros para aves, o que incrementa fortemente a chegada de sementes na área exposta e, conseqüentemente, aperfeiçoa o processo de colonização (Santos *et al.* 2002). Assim, de acordo com Oliveira-Filho & Oliveira (1988), trata-se de uma espécie invasora de áreas devastadas pelo homem e em pastagens, com alta capacidade de ocupar áreas descobertas, podendo, com isso, ser indicada para utilização em projetos de restauração de áreas desmatadas de Cerrado.

5.3. Parâmetros ambientais

Para análise dos parâmetros ambientais, os dez indivíduos de *S. lycocarpum*, analisados no estudo de Passos (2009) (Figura 4 - pinos amarelos), foram delimitados em duas áreas: embaixo da copa – SLC – e fora da copa – SLFC (Figura 3), consideradas aqui como ‘tratamentos’. As dez repetições das áreas SLC e SLFC foram definidas como as unidades amostrais de *S. lycocarpum*, totalizando assim, dez unidades amostrais SLC e dez unidades amostrais SLFC.

Foram também estudadas as dez áreas controle (CO) analisadas no trabalho de Passos (2009), o qual as definiu como locais abertos, ou seja, livres da influência da copa de árvores, e com 200 m² de área, baseado na área externa + interna de *S. lycocarpum* (Figura 4 – pinos vermelhos – e Figura 3). Assim as áreas CO consistiram nas unidades amostrais do controle totalizando dez unidades amostrais CO. Dez pontos foram escolhidos aleatoriamente no interior do fragmento do Cerrado Típico, localizado adjacente à área estudada – CE (Figura 4 – pinos verdes e Figura 3), para comparação dos parâmetros de solo com o tratamento SLC (área embaixo da copa de *S. lycocarpum*). Os pontos CE ficaram definidos como as unidades amostrais CE, com dez no total.

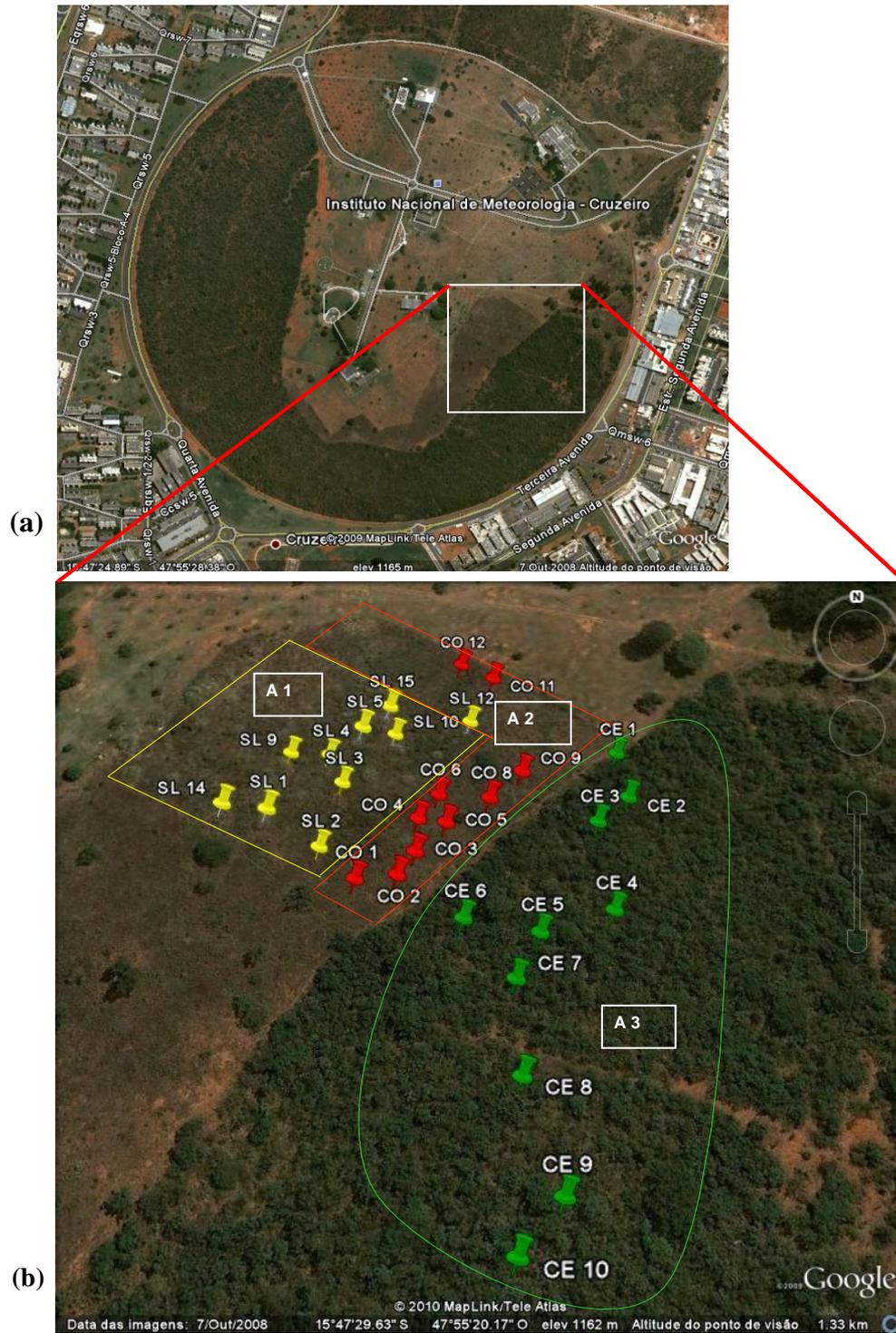


Figura 4. (a) Imagem aérea do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, com a área estudada delimitada. (b) Áreas de estudo no INMET (linhas), com os tratamentos utilizados (cores) nas respectivas unidades amostrais (números). A1 = área com os indivíduos de *S. lycocarpum*, SL, em amarelo; A2 = área sem plantio, com as áreas controle, CO, em vermelho); A3 = área de Cerrado Típico, com os pontos estudados, CE, em verde). Imagens obtidas no software GoogleEarth em junho de 2010.

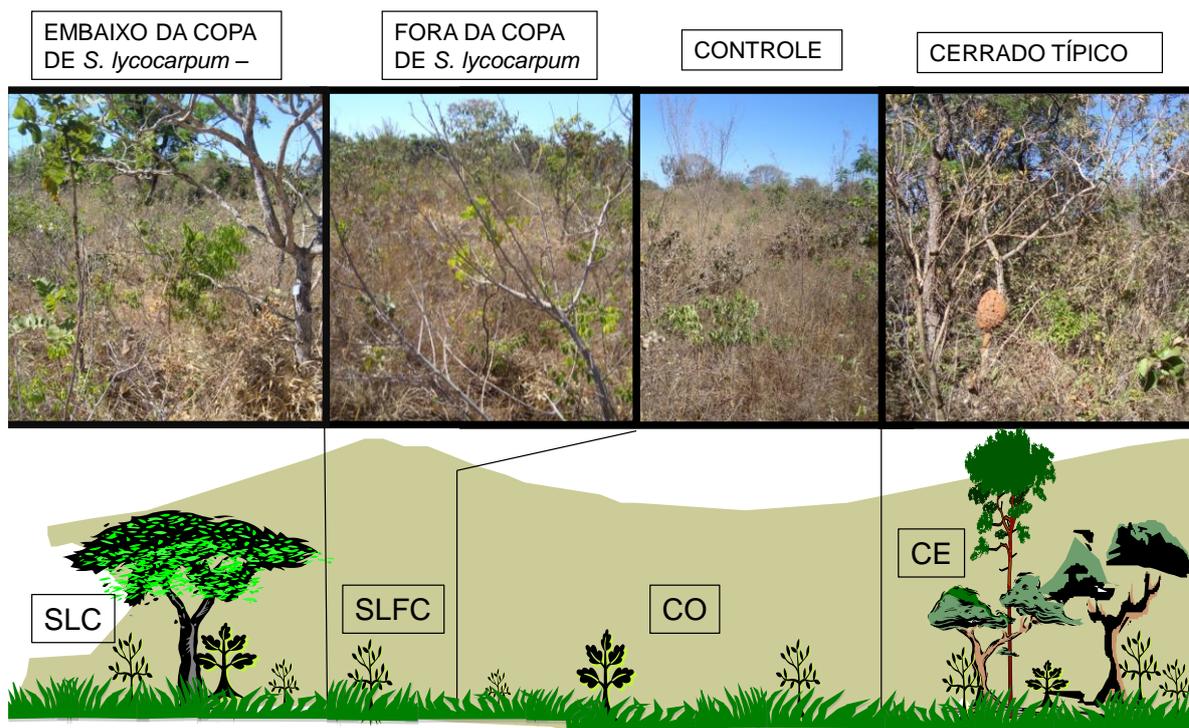


Figura 5. Perfil esquemático com os tratamentos utilizados neste estudo. SLC – área embaixo da copa de *S. lycocarpum*; SLFC – área fora da copa de *S. lycocarpum*; CO – área controle; CE – área de Cerrado Típico.

Para comparar os efeitos no ambiente embaixo e fora da copa dos indivíduos plantados de *S. lycocarpum* e no controle (área sem influência de copa de árvores), foram analisadas as seguintes variáveis: condutividade hidráulica saturada do solo (K_s médio), densidade aparente, composição de nutrientes do solo e matéria orgânica, pH, textura do solo, espessura da serapilheira, interceptação de luz, compactação do solo e umidade do solo. Para a comparação com o fragmento de Cerrado Típico adjacente, foram analisadas apenas a condutividade hidráulica saturada do solo (K_s médio), a densidade aparente, a composição de nutrientes do solo e a textura do solo. Os dados dos parâmetros ambientais condutividade hidráulica saturada do solo (K_s médio), densidade aparente, composição de nutrientes do solo, textura do solo, espessura da serapilheira, foram coletados entre fevereiro e abril de 2009 e, os das variáveis: interceptação de luz e compactação do solo, em julho de 2009.

A condutividade hidráulica saturada do solo (K_s médio) e a densidade aparente foram mensuradas por meio da amostragem do solo de forma vertical ao plano do terreno, com o auxílio do extrator de solo tipo Uhland e cilindros metálicos (altura = 5,1 cm; diâmetro = 5,0 cm; volume=100 cm³), nos primeiros 05 cm na superfície do solo. Foram coletadas quatro

amostras em cada unidade amostral de *S. lycocarpum*, no controle e também no Cerrado, num total de 160 amostras de solos. Uma vez retiradas, as amostras foram acondicionadas em recipientes próprios e transportadas para o Laboratório de Física de Solos da Embrapa Cerrados para análise, seguindo protocolo da Embrapa para análise física de solos (Embrapa 1997).

Para a avaliação da K_s médio (método de laboratório) as amostras indeformadas foram colocadas em bandeja com água a 2/3 da altura do cilindro durante 24 horas para saturação. Em seguida foram colocadas em um permeâmetro de carga constante, onde foram submetidas a uma carga hidráulica da ordem de 6,8 cm. A condutividade hidráulica saturada foi obtida por meio da equação de Darcy. O volume de água percolado foi calculado utilizando-se valores da última leitura do volume drenado, quando não há variação entre os valores anteriores ou as médias das leituras quando existe alguma variação (Embrapa 1997). O valor correspondente de cada unidade amostral foi obtido pela média das medições das quatro amostras coletadas de cada unidade, para as análises estatísticas, totalizando 40 médias.

Após a obtenção do K_s médio, as mesmas amostras indeformadas foram utilizadas para a medição da densidade aparente. As amostras foram postas em estufa por 24h e, em seguida, pesadas, sendo calculada a densidade de acordo com o volume do anel (100 cm³).

A composição de nutrientes e textura do solo foi avaliação por meio da coleta de amostras deformadas da camada superficial do solo em cada tratamento – SLC, SLFC, CO e CE – com auxílio de trado para amostras deformadas, procurando-se coletar em vários pontos do local para melhor amostragem de cada área. No total foram obtidas 40 amostras, sendo 20 nas *S. lycocarpum* (dez SLC e dez SLFC), dez no controle e dez no Cerrado. As amostras foram levadas ao laboratório de Química dos Solos na Embrapa Cerrados, onde seguiu protocolo de análise da Embrapa (1997) para a composição dos seguintes nutrientes: Al, P, K, Ca, Mg e H+Al, o pH em H₂O e a porcentagem de matéria orgânica no solo. Outra parte dessas amostras foi destinada para o laboratório de física dos solos da Embrapa Cerrados, onde foi analisada a textura do solo.

A espessura da camada de serapilheira foi quantificada pelo aparelho coletor-medidor de camada de serapilheira M-H (Patente INPM nº PI-0505830-9) (Figura 6). Para melhor representação da área, foram tomados quatro pontos embaixo da copa de cada indivíduo de *S. lycocarpum* e oito pontos na área externa e nas áreas controle, em razão de os dois últimos possuírem área maior que a área embaixo de *S. lycocarpum*, estabelecendo-se uma média das medições em cada unidade amostral.



Figura 6. Instrumento medidor da espessura (em cm) da camada de serapilheira.

Para a coleta de dados de interceptação de luz, é necessário que o céu esteja sem nuvens. Por essa razão, a medição da radiação fotossinteticamente ativa foi realizada no mês de julho, época do período seco na região Centro-Oeste do país e, portanto, sem nuvens.

A porcentagem de luz interceptada foi calculada para os tratamentos SLC, SLFC e CO. O cálculo da interceptação de luz de cada ambiente foi realizado com o auxílio de um ceptômetro (Accupar LP-80 Ceptometer, Decagon Devices, USA), com o qual foram feitas leituras da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) tanto acima do dossel (uma leitura), quanto ao nível do solo (oito leituras). O percentual de interceptação luminosa foi calculado como média das oito medidas de RFA ao nível do solo $\times 100 /$ RFA acima do dossel. As leituras foram realizadas em dias não-nublados, uma vez que os sensores quânticos que compõem o aparelho são mais indicados para uso sob luz direta e no intervalo de 10 às 15 h, horário em que o sol se encontra em altura mais elevada.

A verificação da resistência à penetração no solo funciona como um meio auxiliar na identificação de camadas compactadas e é boa indicadora das condições que a raiz encontrará ao explorar os nutrientes e a água dos solos (Pereira 1990). A resistência à penetração (índice de cone) foi obtida com o auxílio de um penetrômetro dinamométrico de bolso (Kiya Seisakusho ltd, Yamanaka). Os penetrômetros avaliam a resistência média que o solo oferece à introdução do equipamento (Figura 7). Oito pontos aleatórios foram tomados sob a copa da *S. lycocarpum*, fora desta e no controle, obtendo-se a média em Mpa.



Figura 7. Penetrômetro dinamométrico de bolso, instrumento para mensuração da resistência à penetração na camada superficial do solo.

A capacidade da raiz em penetrar no solo não depende só da resistência oferecida pelo substrato, mas também do seu teor de umidade e de estado nutricional (Mendes 1989). Por isso, paralelamente à compactação, foi mensurada também a umidade do solo, por serem variáveis dependentes. Para medir o conteúdo gravimétrico de água no solo, uma amostra foi tomada em cada unidade amostral e estocada em cilindros de metal tampados e lacrados até medição. Após a medição do peso fresco do solo (FW), as amostras foram para o forno a 70°C por 48 h para medição de peso seco (DW). A porcentagem do conteúdo gravimétrico de água no solo foi calculada como $[(FW - DW)/DW] \times 100$ (Embrapa 1997).

5.4. Cobertura de estratos

Para avaliar a distribuição da cobertura de estratos vegetais na área de influência sob a copa e fora da copa dos indivíduos plantados de *S. lycocarpum*, a fim de verificar se a presença dessa espécie favorecia determinados tipos de estratos a outros, foram utilizados os dez indivíduos de *S. lycocarpum* estudados no trabalho de Passos (2009), oriundos do estudo de Oliveira (2006).

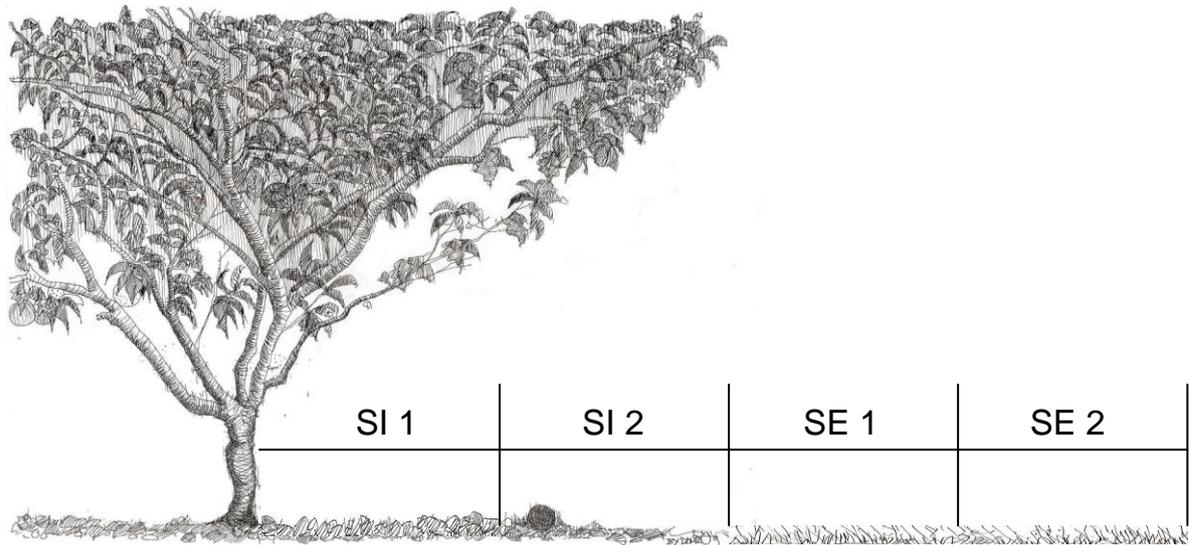
Os estratos foram classificados em: herbáceo/arbustivo, gramíneas nativas, invasora/ruderal, e lenhoso. Além dos estratos mencionados, foi registrado o comprimento interceptado pela serapilheira e do solo exposto. Por solo exposto entende-se o solo sem cobertura vegetal e/ou de serapilheira.

Para comparação da porcentagem de cobertura de cada estrato embaixo e fora da copa de *S. lycocarpum*, utilizou-se o método de interceptação de linha, que consistiu na medição do comprimento da interceptação de cada estrato em uma fita métrica esticada a partir do tronco em direção à área externa à copa (Brower *et al.* 1990) (

Figura 8). Foram feitas oito transecções em cada indivíduo de *S. lycocarpum*, seguindo os quatro pontos cardeais, N, S, L e O e os quatro colaterais, NE, SE, SO e NO (Figura 9). O comprimento de cada transecção embaixo da copa correspondia ao tamanho do raio da copa naquela direção, sempre com a transecção na área externa à copa do mesmo tamanho que embaixo da copa. Por exemplo, se o raio da copa de *S. lycocarpum* naquela transecção fosse de 2 m, então a parte interna seria de 2 m e a parte externa de 2 m, totalizando 4 m. Por seu lado, as transecções internas e externas foram também subdivididas em duas seções de igual comprimento, sendo denominados os seguintes tratamentos: seção interna 1 – SI 1; seção interna 2 –SI 2; seção externa 1 – SE 1; e seção externa 2 – SE 2 (

Figura 8).

A unidade amostral consistiu na média das oito transecções em cada tratamento (seção) nos dez indivíduos de *S. lycocarpum*, totalizando assim dez unidades amostrais para cada tratamento. Assim, foi determinada, primeiramente, a média da porcentagem para cada estrato nos quatro tratamentos entre as oito transecções de cada indivíduo de *S. lycocarpum* e, em seguida, a média de cada tratamento entre os dez indivíduos de *S. lycocarpum*. As coletas de dados ocorreram de setembro a outubro de 2009. Os dados de porcentagem foram transformados para arco-seno, para depois serem submetidos às análises estatísticas.



A.



B.

Figura 8. Método de interceptação de linha. A – Representação esquemática das seções internas (SI 1 e SI 2) e externas (SE 1 e SE 2) em relação à copa da *S. lycocarpum* para estimativa da cobertura dos estratos vegetais. B – Imagem da fita métrica esticada ligada ao tronco de indivíduo de *S. lycocarpum*, para a medição da cobertura dos estratos vegetais.

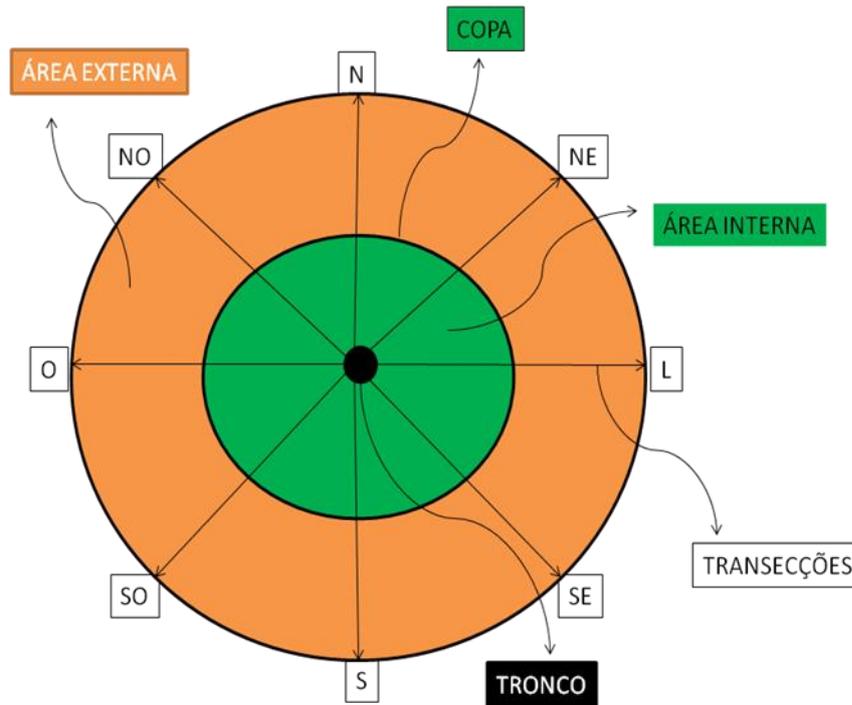


Figura 9. Representação esquemática das transecções partindo do tronco de *S. lycocarpum* na direção dos pontos cardeais e colaterais até a área externa à copa, para a mensuração da cobertura dos estratos vegetais pelo método de interceptação de linha.

5.5. Análise dos dados

Os dados expressos em porcentagem tanto de cobertura da biomassa dos estratos, quanto de variáveis ambientais foram transformados para arcoseno, para atingir a normalidade (Quinn & Keough 2002). Em seguida, todos os dados foram submetidos à análise de normalidade de Shapiro-Wilk. Os dados não normais foram transformados para log, potência ou raiz quadrada, e os que continuaram não normais, foram submetidos a testes não-paramétricos.

Para a comparação dos parâmetros de cobertura dos estratos vegetais e abióticos, e de variáveis ambientais entre as áreas ou seções embaixo e fora da copa de *S. lycocarpum*, o controle e o Cerrado, utilizou-se o teste t pareado, para dados paramétricos, e o teste de Wilcoxon, para dados não-paramétricos. Foi avaliada ainda a correlação entre as porcentagens de cobertura vegetal e entre os parâmetros ambientais pela análise de correlação de Pearson.

A Análise de Correspondência Canônica foi utilizada (CCA) buscando relacionar os dados de cobertura de estratos nas transecções em *S. lycocarpum* com os parâmetros ambientais. Na CCA a entrada dos dados é composta por duas matrizes, uma de variáveis ambientais e outra de espécies. Pelo fato de a entrada de dados ser composta dessas duas matrizes, e da análise ser baseada em análises de correspondência juntamente com regressões

múltiplas, uma ordenação de espécies associadas a variáveis ambientais é obtida, o que leva a CCA a ser considerada como uma técnica de análise de gradientes (Felfili *et al.* 2007).

Neste caso, a CCA tem um benefício adicional, ou seja, as variáveis ambientais podem ser representadas por setas junto com os valores (escores) das espécies e das unidades amostrais, em um tipo de diagrama conhecido como *triplot*. Se a forma apropriada de escalonar os eixos é usada, a) o comprimento de uma seta indicará a importância da variável ambiental; b) a direção indicará o quanto o ambiente está correlacionado com os eixos de composição de espécies; c) o ângulo entre setas indicará as correlações entre as variáveis; d) a localização dos scores das parcelas relativos às setas indicará as características ambientais das parcelas; e e) a localização dos escores das espécies relativos aos setores indicará as preferências ambientais de cada espécie (Ter Braak 1986). Quanto mais próxima uma parcela ou espécie estiver da ponta da seta mais correlacionada ela é com a variável ambiental representada pela seta (Felfili *et al.* 2007).

A análise de componentes principais (PCA) foi utilizada para verificar o padrão de diferenças ambientais entre as áreas estudadas e diminuir as variáveis ambientais para posterior análise por MANOVA entre as áreas. Para as análises de teste t e de PCA, utilizou-se o programa PAST (Hammer *et al.* 2001). Para análise de CCA, utilizou-se o programa Pcord. Quando presente, adotou-se o nível de 5% de probabilidade para a rejeição da hipótese nula.

6. RESULTADOS

6.1. Parâmetros ambientais

Os dados obtidos revelam que, em relação aos parâmetros abióticos, a copa de *S. lycocarpum* proporcionou aumento significativo no sombreamento do solo ($t = 5,321$; $p < 0,001$) e na produção da camada de serapilheira em espessura em relação à área externa de *S. lycocarpum* ($t = 9,105$; $p < 0,00001$) (Tabela 1; Figura 10c e d). Além disso, embaixo da copa de *S. lycocarpum* (SLC) foi encontrada no solo maior umidade do que na área externa (SLFC) e no controle (CO) ($t = 5,065$; $p < 0,001$), menor resistência à penetração ($t = -4,444$; $p = 0,002$) e pH mais elevado ($t = 2,79$; $p = 0,02$) (Tabela 1; Figura 10a e b; Figura 11c).

A área SLC também apresentou mudanças na composição de nutrientes do solo em relação à SLFC e ao CO, com diminuição do conteúdo de alumínio ($t = -4,338$; $p = 0,002$) e de H+Al ($t = -2,881$; $p = 0,02$) e incremento nos níveis de cálcio ($t = 3,736$; $p = 0,005$), potássio ($t = 5,734$; $p = 0,0003$) e magnésio ($t = 4,955$; $p < 0,001$) (Tabela 1; Figura 11). O número de indivíduos e de espécies por metro quadrado foi significativamente maior na SLC do que na SLFC e CO (Passos 2009) (Tabela 1; Figura 10e).

O sombreamento provocado apenas pela copa de *S. lycocarpum*, tomado acima do estrato herbáceo e abaixo da copa (mais ou menos a 1 m de altura do solo) teve média de $25\% \pm 4\%$ de sombra. Nas demais áreas, como eram abertas, a interceptação de luz a mais ou menos 1 m do solo era de 0%, e por isso não foram tomadas medidas.

Por outro lado, as outras variáveis abióticas mensuradas não sofreram alteração com a presença de *S. lycocarpum*. Dos nutrientes do solo analisados, o conteúdo de fósforo (P) ($t = 1,591$; $p = 0,146$), a porcentagem de matéria orgânica ($t = 1,664$; $p = 0,1304$), as médias de condutividade hidráulica saturada do solo (Ks médio) ($t = -0,5828$; $p = 0,5744$), assim como nas médias de densidade aparente a 5 cm de profundidade, pelo teste de Wilcoxon ($z = 0,1529$; $p = 0,87848$) (Tabela 1) não sofreram alteração significativa entre os limites internos e externos da *S. lycocarpum*.

A textura do solo se manteve constante ao longo dos ambientes SLC e SLFC, com a porcentagem de argila no solo permanecendo constante ($t = -1,517$; $p = 0,1635$). Da mesma forma, o silte e a areia grossa foram semelhantes entre os limites, com $t = -1$; $p = 0,3$ e $z = 0,6309$; $p = 0,52811$, respectivamente. A porcentagem de areia fina também não diferenciou entre os limites ($t = 1,355$; $p = 0,2$), nem a proporção de silte/argila ($z = 0,14$; $p = 0,9$) (Tabela 1). A textura do solo no ambiente como um todo foi classificada como média.

Da mesma forma que o ambiente SLC diferiu do ambiente SLFC, o tratamento SLC também se diferenciou do controle, apresentando menor resistência à penetração ($t = -4,303$; $p = 0,002$), maior umidade ($t = 3,862$; $p = 0,004$), maior espessura da camada de serapilheira ($t = 8,277$; $p < 0,0001$), maior interceptação de luz ($t = 4,61$; $p = 0,001$) e nível mais elevado de potássio ($t = 6,284$; $p = 0,0001$), cálcio ($t = 4,046$; $p = 0,003$) e magnésio ($t = 4,498$; $p = 0,001$) do que no controle (Tabela 1; Figura 11).

Tabela 1. Parâmetros ambientais analisados acima do solo e na camada de 0 a 05 cm de profundidade, nas áreas sob a copa de *S. lycocarpum* (SLC), fora da copa (SLFC) e no controle (CO). Valores correspondem à média \pm desvio padrão. Letras diferentes na mesma linha junto à média e números em negrito indicam que houve diferença significativa entre os ambientes ($p \leq 0,05$).

	Ambientes		
	SLC (n=10)	SLFC (n=10)	CO (n=10)
Acima do solo			
Serapilheira (cm)	2,19 ^a \pm 0,71	0,44 ^b \pm 0,23	0,36 ^b \pm 0,18
Inteceptação de Luz (%)	75,30 ^a \pm 4,30	67,00 ^b \pm 5,98	66,00 ^b \pm 0,10
Nº ind./m ² (Passos 2009)	1,56 ^a \pm 0,29	0,86 ^b \pm 0,24	0,98 ^b \pm 0,42
Nº spp./m ² (Passos 2009)	0,50 ^a \pm 0,07	0,23 ^b \pm 0,05	0,24 ^b \pm 0,04
Solo a 05 cm de profundidade			
Resistência à Penetração (MPa)	0,59 ^b \pm 0,21	0,85 ^a \pm 0,16	1,00 ^a \pm 0,20
Umidade (g/g)	0,08 ^a \pm 0,03	0,04 ^b \pm 0,01	0,04 ^b \pm 0,01
KS médio (cm/seg)	0,018 \pm 0,004	0,019 \pm 0,003	0,020 \pm 0,004
Densidade Aparente (g/cm ³)	1,20 \pm 0,004	1,20 \pm 0,03	1,21 \pm 0,02
Argila (%)	26,50 \pm 8,24	28,60 \pm 11,06	36,20 \pm 13,73
Silte (%)	1,90 \pm 1,52	2,50 \pm 1,90	4,00 \pm 4,99
Areia Grossa (%)	31,60 \pm 7,79	32,70 \pm 7,06	27,20 \pm 9,45
Areia Fina (%)	40,00 \pm 12,13	36,2 \pm 8,70	32,60 \pm 9,94
Silte/Argila (%)	0,08 \pm 0,06	0,09 \pm 0,07	0,09 \pm 0,06
pH	4,99 ^a \pm 0,23	4,80 ^b \pm 0,12	4,86 ^{ab} \pm 0,13
Al (me/100cc)	0,30 ^b \pm 0,12	0,46 ^a \pm 0,10	0,44 ^b \pm 0,22
P (mg/l)	0,81 \pm 0,13	0,76 \pm 0,09	0,73 \pm 0,27
K (mg/l)	54,40 ^a \pm 12,36	29,80 ^b \pm 4,76	26,00 ^b \pm 4,52
Ca (me/100cc)	0,99 ^a \pm 0,52	0,46 ^b \pm 0,19	0,26 ^c \pm 0,12
Mg (me/100cc)	0,37 ^a \pm 0,12	0,20 ^b \pm 0,06	0,17 ^b \pm 0,05
H+Al (me/100cc)	4,45 ^c \pm 0,38	5,10 ^b \pm 0,57	5,99 ^a \pm 1,56
Matéria Orgânica (%)	2,30 \pm 0,59	1,93 \pm 0,62	2,47 \pm 0,51

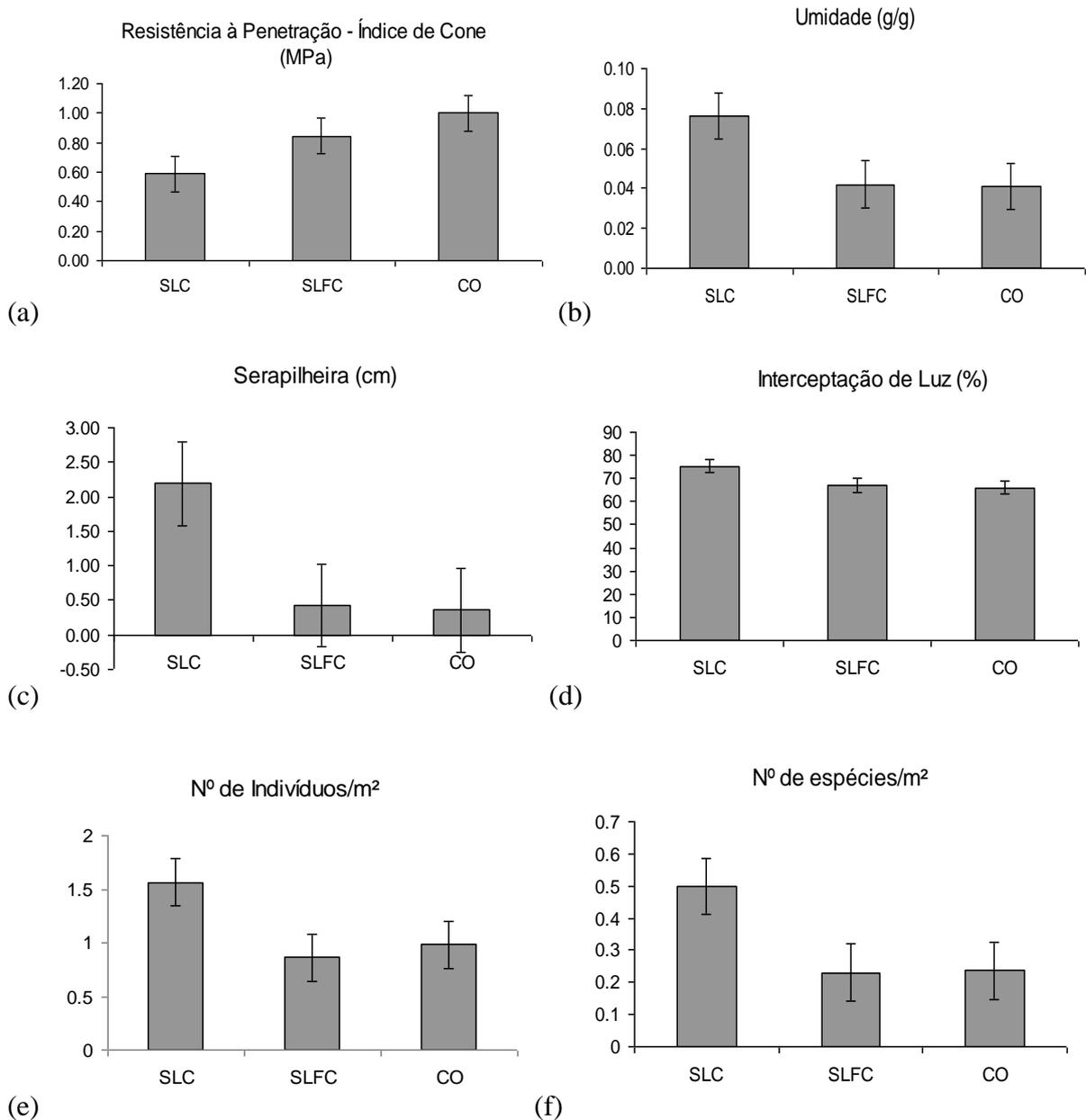


Figura 10. Parâmetros ambientais analisados a 05 cm do solo (a e b) e na altura do solo (c – f) nas áreas sob a copa de *S. lycocarpum* (SLC) (n=10), fora da copa (SLFC) (n=10) e no Controle (CO) (n=10) em área perturbada de Cerrado Típico no DF. O n° de indivíduos e o de espécies (e, f) foram extraídos do estudo de Passos (2009).

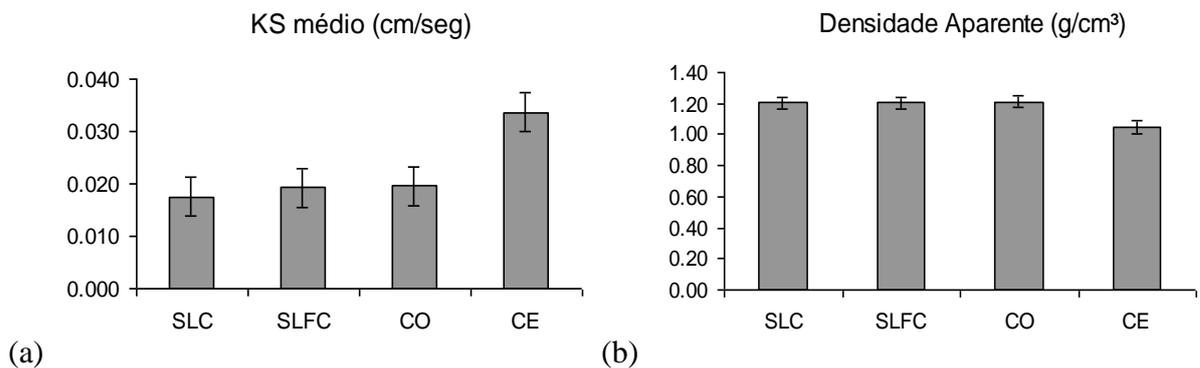
Alguns parâmetros abióticos que não apresentaram diferenças entre os tratamentos SLC e SLFC diferiram, contudo, entre o Cerrado e área embaixo da copa de *S. lycocarpum* (Tabela 2). Assim a área natural de Cerrado remanescente nas proximidades do experimento apresentou maior velocidade de infiltração da água, representada pelo K_s médio ($t = -4,03$; $p = 0,003$) pelo teste t pareado, e menor de densidade aparente ($z: 2,803$; $p = 0,005$), pelo teste de Wilcoxon (Figura 11a e b). Em relação à textura, a porcentagem de areia grossa foi menor

para o Cerrado ($z = 2,803$; $p = 0,005$), pelo teste de Wilcoxon, classificando-o como solo de textura argilosa.

Quanto ao conteúdo de nutrientes, o Cerrado apresentou nível mais elevado de alumínio ($t = -9,048$; $p < 0,00001$), assim como de H + Al ($t = -5,756$; $p = 0,0002$) e matéria orgânica ($z = 2,191$; $p = 0,03$) (Tabela 2; Figura 11). A área sob a copa da *S. lycocarpum* apresentou níveis significativamente mais altos no conteúdo de potássio ($t = 5,047$; $p < 0,001$), de magnésio ($t = 5,447$; $p < 0,001$) e de cálcio ($t = 5,119$; $p < 0,001$) do que o Cerrado sentido restrito adjacente, além de pH mais básico ($t = 4,705$; $p = 0,001$) (Tabela 2; Figura 11).

Tabela 2. Parâmetros avaliados a 5 cm de profundidade do solo sob a copa de *S. lycocarpum* (SLC) e no Cerrado Típico adjacente (CE). Valores correspondem à média \pm desvio padrão dos. Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa entre os tratamentos ($p \leq 0,05$).

	Ambientes	
	SLC (n=10)	CE (n=10)
KS médio (cm/seg)	0,018 ^b \pm 0,004	0,034 ^a \pm 0,012
Densidade Aparente (g/cm ³)	1,20 ^a \pm 0,04	1,05 ^b \pm 0,05
Argila (%)	26,50 ^b \pm 8,24	37,80 ^a \pm 5,77
Silte (%)	1,90 \pm 1,52	3,20 \pm 1,55
Areia Grossa (%)	31,60 ^a \pm 7,79	19,80 ^b \pm 9,32
Areia Fina (%)	40,00 \pm 12,13	39,20 \pm 10,42
Silte/Argila (%)	0,08 \pm 0,06	0,09 \pm 0,04
pH	4,99 ^a \pm 0,23	4,53 ^b \pm 0,19
Al (me/100cc)	0,30 ^b \pm 0,12	1,25 ^a \pm 0,28
P (mg/l)	0,81 \pm 0,13	0,82 \pm 0,13
K (mg/l)	54,40 ^a \pm 12,36	34,00 ^b \pm 4,81
Ca (me/100cc)	0,99 ^a \pm 0,52	0,07 ^b \pm 0,11
Mg (me/100cc)	0,37 ^a \pm 0,12	0,13 ^b \pm 0,04
H+Al (me/100cc)	4,45 ^b \pm 0,38	7,77 ^a \pm 1,75
Matéria Orgânica (%)	2,3 ^b \pm 0,59	3,38 ^a \pm 0,65



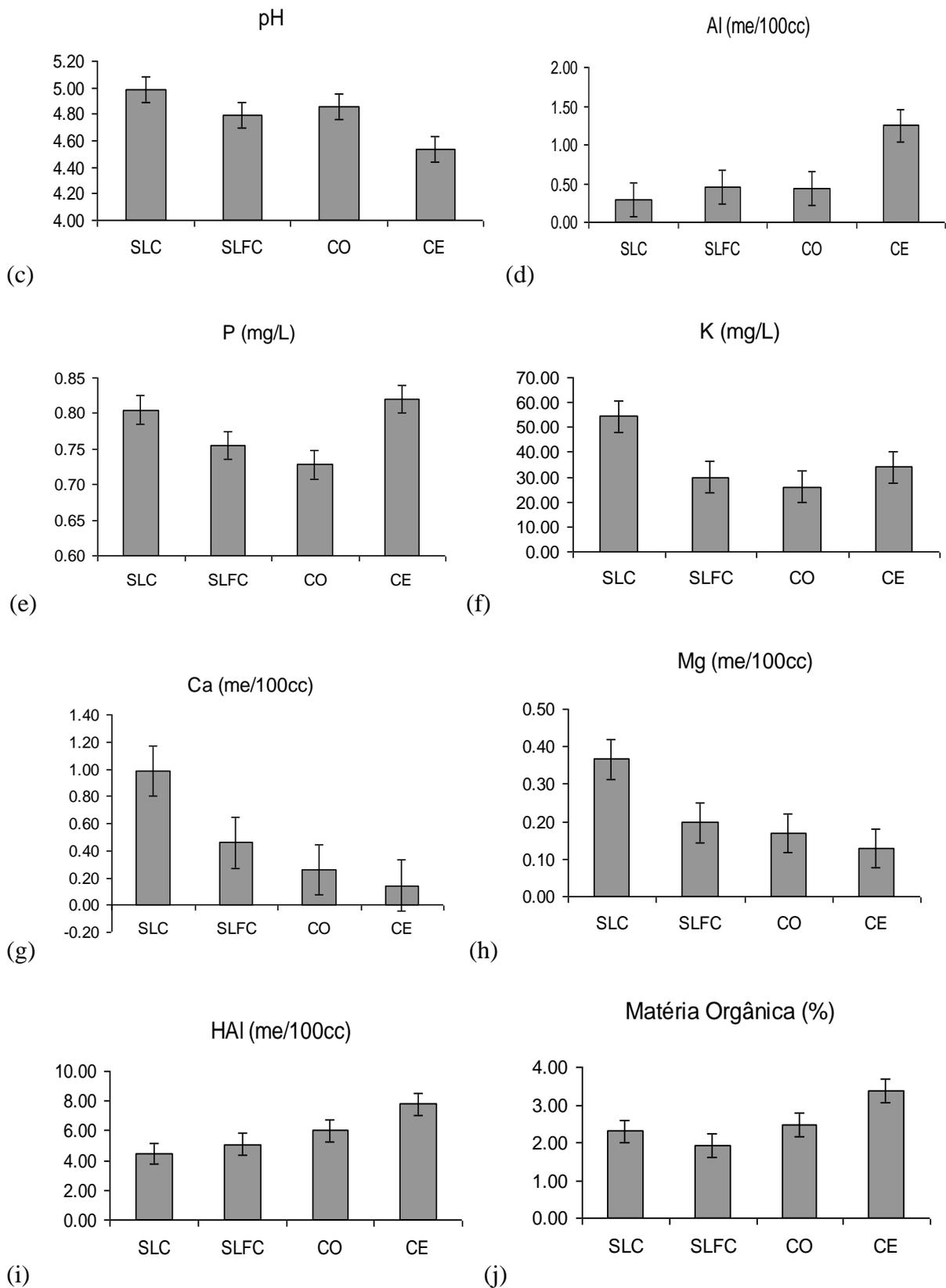


Figura 11. Parâmetros ambientais analisados a 05 cm do solo nas áreas sob a copa de *S. lycocarpum* (SLC) (n=10), fora da copa (SLFC) (n=10), no controle (CO) (n=10) e no Cerrado Típico (CE) em área perturbada de Cerrado no INMET, DF. Ks médio = Condutividade hidráulica saturada do solo; Al = Alumínio; P = Fósforo; K = Potássio; Ca = Cálcio; Mg = Magnésio; H+Al = Acidez potencial.

Observou-se correlação significativa entre vários parâmetros ambientais. Foram consideradas como significativas as correlações com $r > 0,6$ (Tabela 3). Assim, o aumento no conteúdo de cálcio implicou no aumento do de magnésio, potássio e na elevação do pH, a qual, por sua vez, se relacionou com o decréscimo do conteúdo de alumínio. O Ks médio diminuiu com o aumento da densidade aparente, mas se relacionou positivamente com o conteúdo de alumínio.

Tabela 3. Correlação Linear de Pearson entre as variáveis ambientais analisadas para áreas sob a copa de *S. lycocarpum*, fora da copa, no controle e no Cerrado, quando coletado, em ordem decrescente do valor de r. r=coeficiente de correlação linear de Pearson; p=probabilidade.

Variáveis			r	p
Mg	x	Ca	0,96981	<0,000000001
Densidade aparente	x	Al	-0,83277	<0,000001
Densidade aparente	x	Ks médio	-0,8204	<0,000001
Silte/Argila	x	Silte	0,81307	<0,00001
Mg	x	pH	0,79398	<0,00001
Ca	x	pH	0,7762	<0,0001
Mg	x	K	0,77591	<0,0001
Al	x	Ks médio	0,75787	<0,001
Al	x	pH	-0,71613	<0,01
Ca	x	K	0,70233	<0,01

6.2. Cobertura dos estratos

Nos parâmetros bióticos avaliados, os resultados mostraram que não houve diferença estatística na porcentagem de cobertura na maioria dos estratos vegetativos para a presença dos indivíduos de *S. lycocarpum* na área, pelo teste t pareado (Figura 12). A porcentagem de cobertura das espécies invasora-ruderais praticamente não diferiu ao se distanciar da área de influência da copa da *S. lycocarpum*, assim como o estrato gramíneo nativo (Figura 12). Por outro lado, houve gradativa diminuição da cobertura de serapilheira na medida em que se avança para fora da área da copa de *S. lycocarpum*, em oposição ao solo exposto (Figura 12).

A porcentagem de cobertura do estrato herbáceo e o arbustivo nativo apresentou diferença significativa entre a área mais próxima do tronco (SI 1) e a mais distante (SE 2), com maior cobertura de biomassa na parte mais distante ($t = -2,543$; $p = 0,03$) (Figura 12). Já a porcentagem de cobertura de espécies lenhosas foi diferente na interface embaixo e fora da copa de *S. lycocarpum* (SI 2 e SE 1), com maior cobertura na parte de fora ($t = -4,5$; $p = 0,001$) (Figura 12).

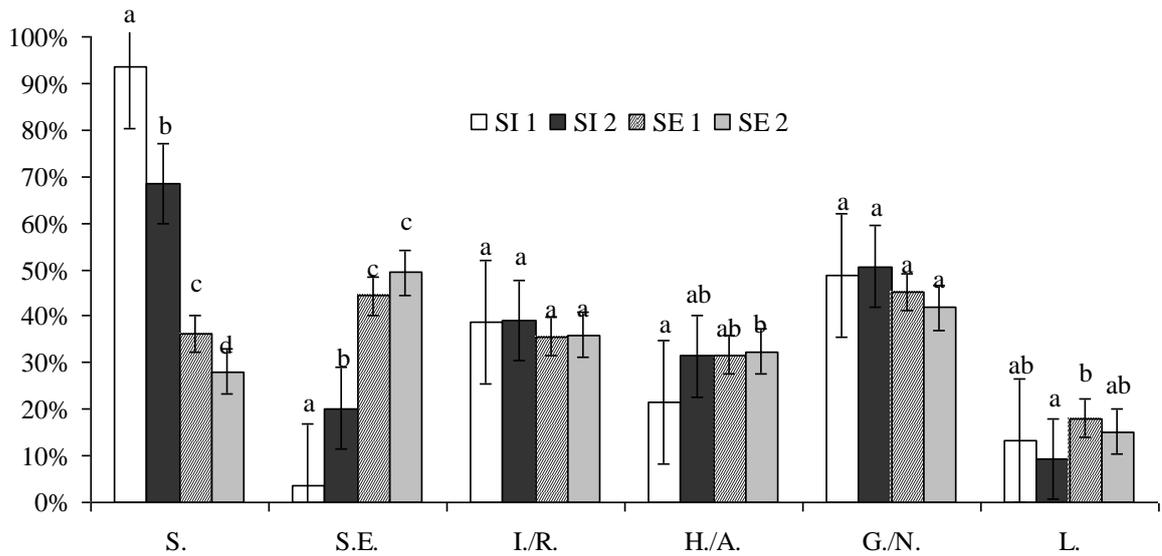


Figura 12. Valores médios da porcentagem de cobertura dos parâmetros bióticos e abióticos (n=10) avaliados para diferentes situações proporcionadas pela presença dos indivíduos de *Solanum lycocarpum* na área do estudo. SI 1: Seção Interna 1, porção sob a copa de *S. lycocarpum* mais próxima do caule; SI 2: Seção Interna 2, porção adjacente à SI 1; SE 1: Seção Externa 1, porção adjacente à SI 2, fora da copa de *S. lycocarpum*; SE 2: Seção Externa 2, porção adjacente à SE 1, mais distante da copa de *S. lycocarpum*. Letras diferentes indicam diferença estatística significativa entre as porções do mesmo parâmetro ($p \leq 0,05$).

A análise de correlação entre as porcentagens de cobertura revelou forte correlação negativa entre serapilheira e solo exposto ($r = 0,962$; $p < 0,001$) (Figura 13), além de moderada correlação negativa entre gramíneas nativas e invasora/ruderais ($r = -0,454$; $p < 0,001$) e entre gramíneas nativas e o estrato herbáceo/arbustivo ($r = -0,326$; $p = 0,04$) (Figura 14). Já a análise de correlação linear de Pearson entre as porcentagens de cobertura dos estratos vegetais e os parâmetros ambientais revelou forte correlação positiva entre a cobertura de serapilheira e a interceptação de luz e o conteúdo de potássio (Tabela 4). O solo exposto se correlacionou fortemente com esses mesmos parâmetros, porém, negativamente (Tabela 4). Os demais estratos não tiveram fortes correlações ($r < 0,7$) e, por isso, elas não foram consideradas.

Por fim, na análise de correlação entre os dados obtidos no estudo anterior, o número de indivíduos e de espécies por metro quadrado mostrou correlação positiva com a cobertura de serapilheira e de solo exposto, dentre os estratos, e com a espessura da camada de serapilheira e o conteúdo de potássio, dentre as variáveis ambientais (Tabela 5).

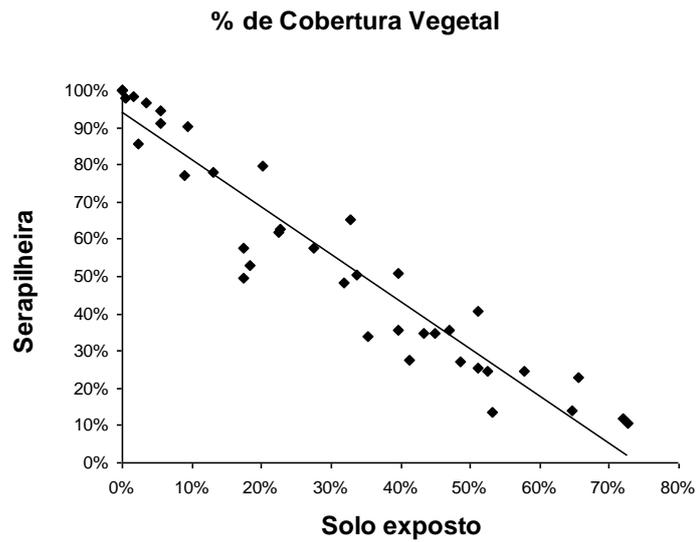


Figura 13. Correlação entre a porcentagem de cobertura de serapilheira e de solo exposto ao longo da transecção que parte do tronco da *S. lycocarpum* para a área fora de sua copa.

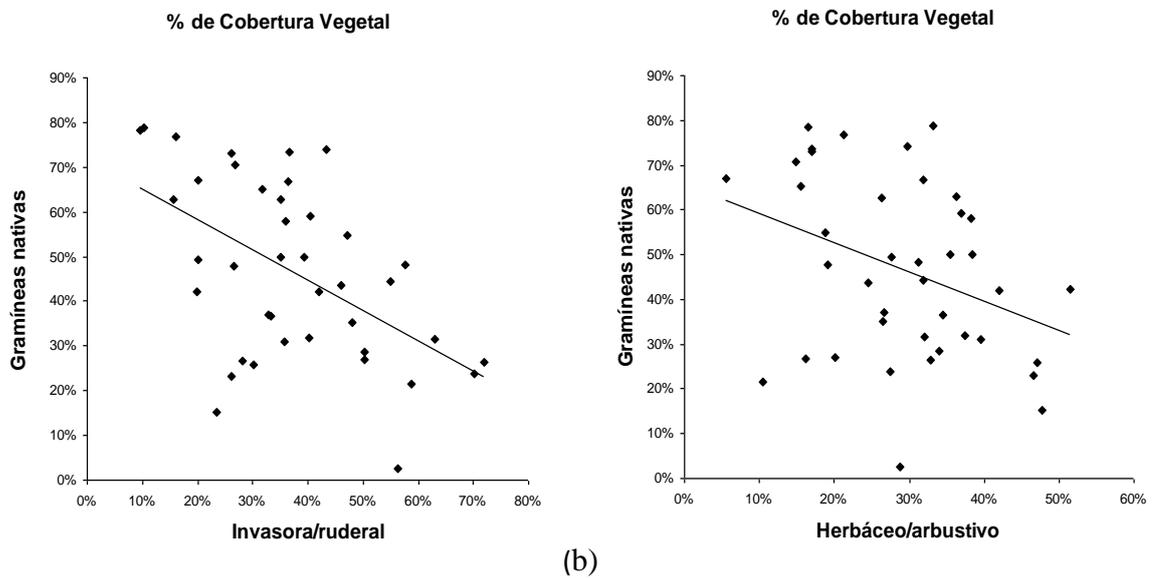


Figura 14. Correlação entre a porcentagem de cobertura vegetal do estrato de gramínea nativa com o de invasora ruderal (a) e com o estrato herbáceo/arbustivo (b).

Tabela 4. Correlação Linear de Pearson entre a porcentagem de cobertura de serapilheira e solo exposto e as variáveis ambientais analisadas para áreas sob a copa de *S. lycocarpum* e fora da copa. r = coeficiente de correlação de Pearson; p = probabilidade.

		Serapilheira %		Solo exposto%	
		R	p	r	p
Variáveis ambientais	Interceptação de luz	0,7562	<0,001	-0,72409	<0,001
	Serapilheira (espessura)	0,92294	< 0,00000001	-0,91761	<0,0000001
	Potássio (K)	0,78657	<0,0001	-0,73597	<0,001

Tabela 5. Correlação Linear de Pearson entre o número de espécies e de indivíduos por metro quadrado (Passos 2009) e a cobertura dos estratos e os fatores ambientais analisados neste trabalho para áreas embaixo e fora da copa de *S. lycocarpum*. r = coeficiente de correlação de Pearson; p = probabilidade.

		Dados Passos (2009)			
		Nº de espécies/m ²		Nº de indivíduos/m ²	
		r	p	r	p
% Cobertura	Serapilheira (cobertura)	0,83582	0,0000044629	0,72772	0,00027606
	Solo exposto	-0,85504	0,0000015664	-0,71207	0,00042838
Fatores Ambientais	Serapilheira (espessura)	0,86988	0,00000062752	0,68398	0,000882
	K	0,70759	0,00048339	0,62144	0,003447

Inicialmente, os dados foram comparados por meio do teste t pareado, o qual se mostrou inadequado para o caso, pois as variáveis são dependentes. Entretanto ali ele nos mostrou as diferenças existentes entre as amostras. Foi, então, realizada Análise de Componentes Principais (PCA), para a redução de variáveis, com posterior MANOVA.

A PCA dos parâmetros estudados foi realizada para compor com os resultados apresentados anteriormente. Com os componentes principais obtidos, realizou-se análise de variância multivariada (MANOVA), na qual a área interna da copa de *S. lycocarpum* foi significativamente diferente da área externa ($p < 0,000001$), do controle ($p < 0,000001$) e do Cerrado ($p < 0,000001$). O componente principal 01 (PC1) explicou 41,9% da variância dos dados, o PC2 explicou 16,5 % e o PC3 explicou 12, 4% da variância dos dados. Nessa análise observa-se a clara separação dos quatro tratamentos analisados (Figura 15). Os parâmetros mais associadas ao PC1 foram interceptação de luz (autovalor = 0,309); o PC2 foi mais explicado por argila (autovalor = 0,423), silte (autovetor = 0,460), areia fina (autovalor = -0,389); e o PC3, foi mais explicado por resistência à penetração (autovalor = -0,3848), potássio (autovalor = 0,4576) e magnésio (autovalor = 0,3444), considerando como significativo ecologicamente o autovalor superior a 0,3 (Felfili *et al.* 2007).

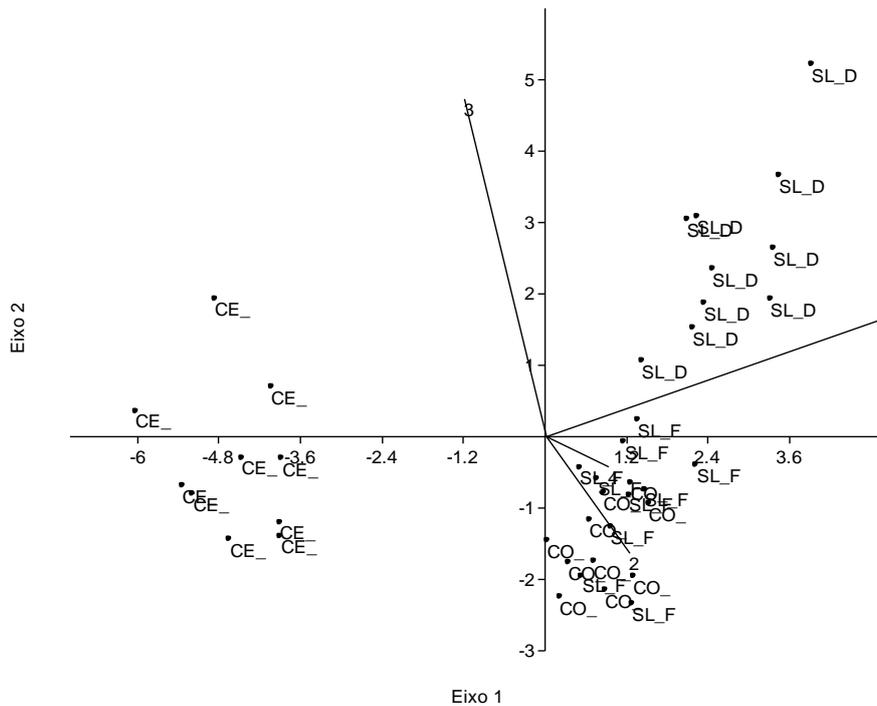


Figura 15. Representação Gráfica da Análise de Variância Multivariada (MANOVA). Vetores numerados constituem os componentes principais utilizados na MANOVA. CE: Cerrado; SLD: área sob a copa da *S. lycocarpum*; SLF: área fora da copa da *S. lycocarpum*; CO: controle.

Os resultados da Análise de Correspondência Canônica (CCA) para mostrar a relação entre a cobertura de *S. lycocarpum* e os parâmetros ambientais reforçaram os padrões apresentados anteriormente (Figura 16). O eixo 01 (autovalor = 0,074) explicou 68,3% da variância e teve correlação significativa dos dados, com $p = 0,02$. As variáveis que mais se correlacionaram ao eixo 01 foram: resistência à penetração (0,575); umidade (-0,627); espessura da serapilheira (-0,926); interceptação de luz (-0,752); pH (-0,394); alumínio (0,476); potássio (-0,766); cálcio (-0,452); magnésio (-0,592); H+Al (0,459); matéria orgânica (0,592); e n° de indivíduos/m² (-0,707). Já o eixo 02 apresentou autovalor de 0,013, e explicou apenas 12,5% da variância, com $p=0,72$, não sendo portanto, significativo estatisticamente. Os parâmetros que melhor explicaram esse eixo foram: resistência à penetração (-0,372); ph (0,493); alumínio (-0,448); cálcio (0,423); magnésio (0,344) e número de indivíduos/m² (0,348). Os elevados níveis de alumínio, de acidez potencial (H+Al) e de resistência à penetração no solo refletiram melhor as condições encontradas na parte

externa da copa de *S. lycocarpum*, enquanto que os demais parâmetros caracterizaram a área interna da copa.

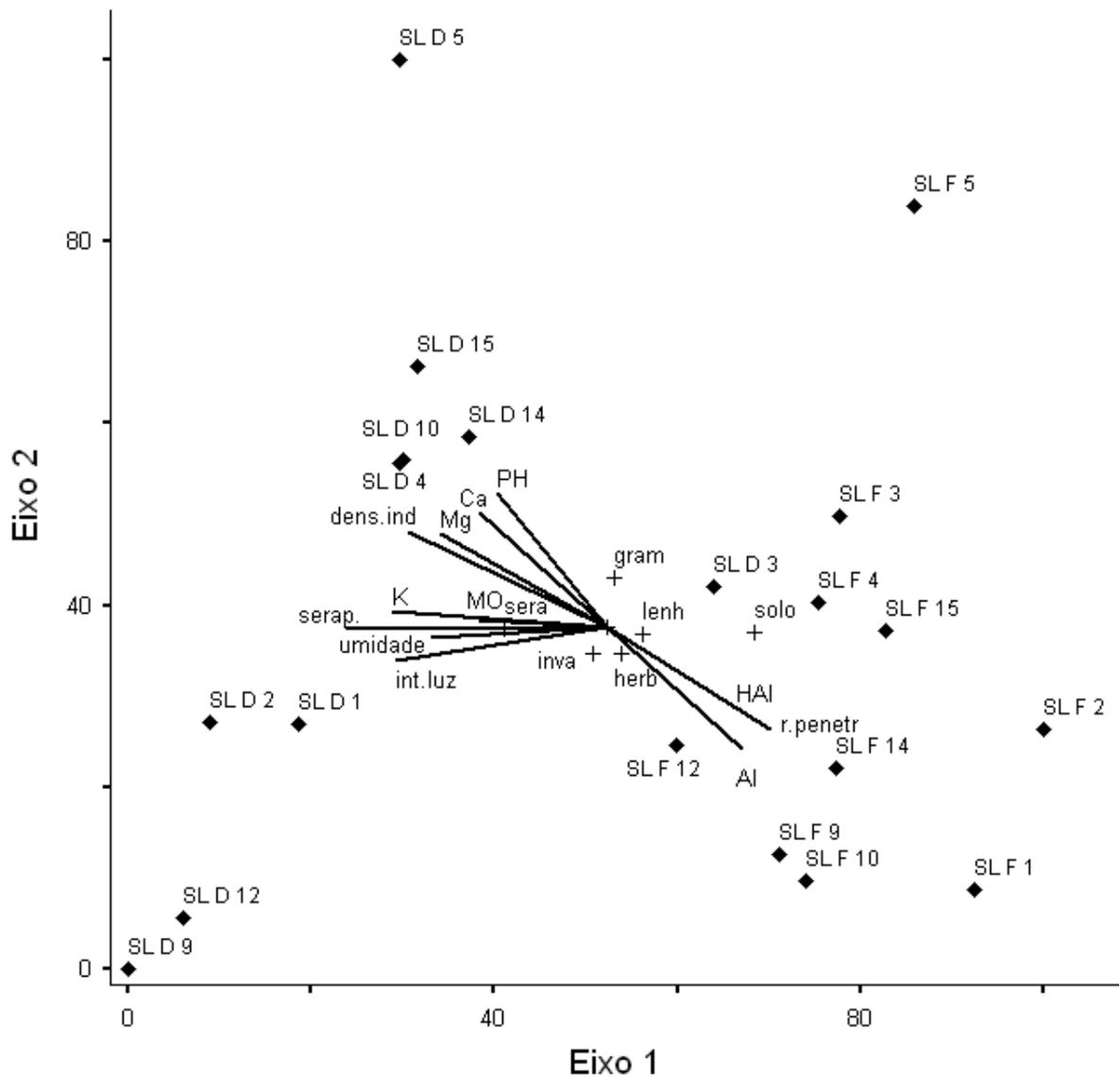


Figura 16. Representação Gráfica da Análise de Correspondência Canônica (CCA) entre as áreas embaixo da copa de *S. lycocarpum* (SLD), fora da copa (SLF), os parâmetros abióticos (vetores) e a porcentagem de cobertura dos estratos vegetais e abióticos (+). MO = matéria orgânica; K = potássio; Mg = magnésio; Ca = cálcio; Al = alumínio; HAI = acidez potencial.

7. DISCUSSÃO

Os resultados mostram que a presença dos indivíduos de 4-5 anos de *Solanum lycocarpum* plantados parece facilitar a ocorrência de outras espécies no local. Muitas das variáveis analisadas se apresentaram diferentes entre o microambiente embaixo da copa de *S. lycocarpum* e à área externa e controle. Dentre as mudanças ocorridas, a presença desta espécie no plantio proporcionou acima do solo o aumento da deposição de serapilheira e do sombreamento e, na camada superficial do solo, a diminuição da resistência à penetração, o incremento na umidade, no pH e nos níveis de Al, K, Ca e Mg na área embaixo da sua copa em relação às outras áreas estudadas.

De acordo com modelos de sucessão, o primeiro passo após a chegada da espécie pioneira é a modificação das condições ambientais, as quais propiciarão a chegada de novas espécies no local (Connel & Slatyer 1977). No Cerrado degradado, os fatores que poderiam impedir a colonização de espécies são a compactação do solo, o déficit hídrico e a quantidade reduzida de matéria orgânica e de nutrientes.

Se uma planta pioneira modifica esses fatores e proporciona ambientes mais adequados para o estabelecimento de espécies vegetais, então, os propágulos que chegarem posteriormente encontrarão condições para germinar e se estabelecer. Isso leva a crer que essas modificações estariam relacionadas com o maior estabelecimento de espécies e de indivíduos vegetais sob a copa de *S. lycocarpum* do que na área externa observado em estudo anterior, no INMET, em Brasília-DF (Passos 2009).

A área embaixo da copa de *S. lycocarpum* apresentou menor cobertura dos estratos herbáceo/arbustivos e, ao mesmo tempo, segundo o estudo de Passos (2009), maior diversidade de espécies do que a área externa à copa (Figura 12). Embora isso pareça contrastante, Passos (2009) encontrou embaixo da copa ocorrência de indivíduos com altura mais elevada do que na área externa e controle, com 88,2% dos indivíduos com altura de 0 a 150 cm embaixo da copa contra apenas 69,1% com altura até 100 cm fora da copa. No controle, 78,6% tiveram altura até 1 m, ou seja, os indivíduos foram mais baixos (Passos 2009).

A interceptação de luz provocada pela copa pode ter estimulado a competição por luz pelos indivíduos estabelecidos e, assim, eles cresceram mais em altura do que os demais estabelecidos fora da copa. Em contraste, fora da copa, os fatores limitantes, ao invés da luz, seriam os nutrientes e a água, os quais podem ter estimulado a competição por espaço para maior aquisição desses recursos, provocando maior crescimento em cobertura do que em

altura. Muitos estudos apontam a redução da incidência solar como principal fator facilitando o estabelecimento de espécies e indivíduos sob a copa de espécies facilitadoras, especialmente em ambientes com condições mais severas, como os de clima semiárido, restingas e áreas degradadas (Carnevale & Montagnini 2002; Callaway 1992; Scarano 2002).

Se por um lado o sombreamento proporcionado pela copa de *S. lycocarpum* pode ser considerado positivo, por prevenir o ressecamento de sementes e plântulas (Vieira 2006) e a fotoinibição (Lemos-Filho 2000), por outro, pode indicar uma barreira à germinação e ao estabelecimento de gramíneas nativas do Cerrado, que de forma geral, são heliófilas (Carmona *et al.* 1998; Zaidan & Carreira 2008). Várias das sementes das espécies arbustivas de Melastomataceae apresentam também fotoblastismo positivo (Zaidan & Carreira 2008), o que pode explicar a ocorrência da espécie *Miconia albicans* (Sw.) Triana, espécie arbustiva nativa do Cerrado, em maior abundância nas áreas abertas, com somente dois indivíduos nas áreas embaixo da copa na área do presente estudo (Passos 2009). Outra espécie nativa, a *Kielmeyera coriacea* (Spr) Mart., árvore caducifólia, típica dos cerrados do Planalto Central, teve a produtividade primária restrita pelo sombreamento causado pelo estrato herbáceo na época chuvosa (Nardoto *et al.* 1998). O sombreamento também restringiu a produtividade da espécie arbórea de Cerrado *Bowdichia virgilioides* Kunth (Kanegae *et al.* 2000).

Há evidências experimentais, entretanto, de que grande parte das espécies do Cerrado é indiferente à luz durante o processo germinativo (Felippe & Silva 1984). Uma revisão acerca da germinação e crescimento de espécies lenhosas do Cerrado identificou 11 espécies fotoblásticas positivas, seis espécies indiferentes na germinação e uma que precisou do escuro para germinar (Salomão *et al.* 2003). Esse estudo também mostrou que 19 espécies cresceram melhor no sol, e sete precisaram de sombra intensa ou sombra parcial para crescer bem (Salomão *et al.* 2003). Outros estudos constataram ainda resposta favorável de algumas espécies arbóreas e arbustivas do Cerrado ao sombreamento no estabelecimento de plântulas (Hoffmann 1996) e que a maioria das sementes de espécies arbóreas não requer luz para germinar (Zaidan & Carreira 2008).

Esses dados indicam que a presença de *S. lycocarpum*, ao conferir maior heterogeneidade ambiental através de ambientes com sombreamento de 25% em média, pode estimular a ocorrência de espécies com diversos requerimentos de luz, o que aumenta a diversidade de espécies e abre espaço para espécies de sucessão mais avançada.

Em estudo anterior na mesma área, foi também analisada a porcentagem de cobertura dos mesmos elementos de estratos, mas através do método visual (Passos 2009). Os resultados apresentaram proporções similares entre a cobertura embaixo e fora da copa, com

valores quantitativamente distintos (Figura 17). Desse estudo anterior para o atual, houve aumento apenas na cobertura do estrato lenhoso fora da copa em relação à área embaixo da copa. A hipótese é que fora da copa há menos competição por espaço, o que faz com que espécies arbóreas possam crescer mais livremente. A cobertura de solo exposto na área externa também aumentou de um estudo para outro, sendo que, no estudo anterior, não se analisou a cobertura de serapilheira como realizado no presente estudo.

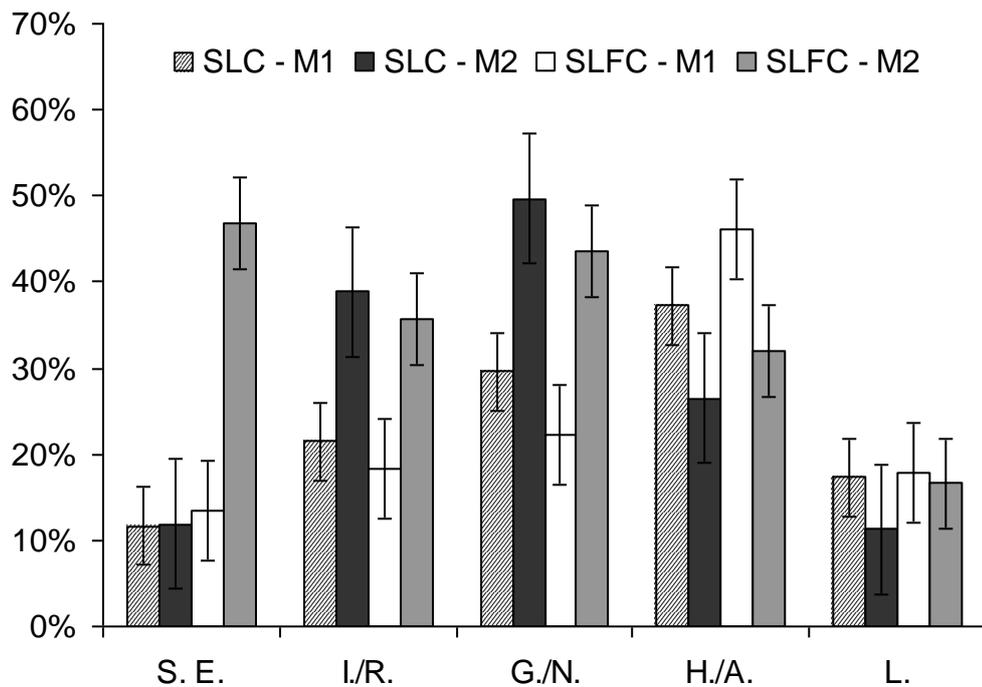


Figura 17. Cobertura (%) dos estratos vegetais sob a copa de *S. lycocarpum* (SLC) e na porção externa à copa (SLFC) analisada através do método visual – M1 – em estudo anterior (Passos 2009) e do método de interceptação de linha – M2 – no estudo atual. S.E.: Solo Exposto. I.R.: Invasora/Ruderais. G./N.: Gramíneas Nativas. H./A.: Herbáceo/Arbustivo. L.: Lenhoso.

As coberturas de invasora-ruderais e de gramíneas nativas no presente estudo foram relativamente homogêneas ao longo do gradiente partindo do tronco de *S. lycocarpum* para a área externa à copa. Como muitas vezes o processo de sucessão da vegetação ocorre de forma lenta, provavelmente o tempo decorrido desde a formação da copa de *S. lycocarpum* até a época do presente estudo não foi ainda suficiente para realizar modificações na distribuição desses estratos. Ambos os estratos parecem se adaptar bem às duas condições dentro e fora da copa igualmente, o que denota ainda característica de colonizadores e aumenta a competição por espaço e recursos nutricionais. O sombreamento, por exemplo, pode impedir a floração do

capim braquiária *U. decumbens* (Castro & Carvalho 2000), mas não a sua reprodução vegetativa ou a chegada de propágulos de outras áreas e o estabelecimento. Já as gramíneas nativas são em geral fotoblásticas positivas (Carmona *et al.* 1998; Zaidan & Carreira 2008), mas a sombra provocada pela copa de *S. lycocarpum* não impediu a sua propagação.

A correlação negativa entre a cobertura de gramíneas nativas e invasoras pode indicar que esteja havendo competição entre ambas, proporcionando exclusão mútua (Figura 14). É possível que o efeito alelopático da espécie *U. decumbens* sobre sete espécies de plantas cultivadas, constatado por Sousa *et al.* (2006), esteja também ocorrendo sobre as gramíneas nativas. Pelo gráfico da CCA (Figura 16), o qual associa a cobertura dos estratos vegetais com as variáveis ambientais analisadas nas áreas embaixo e fora da copa de *S. lycocarpum*, percebe-se que a variação entre os estratos invasora/ruderal e gramíneas nativas é melhor explicada pelo segundo eixo, no qual estão associadas positivamente as variáveis pH, cálcio, magnésio e densidade de indivíduos vegetais. Isso indica que os locais com maior concentração em cálcio e magnésio e com pH mais básico podem favorecer a ocorrência de gramíneas nativas em detrimento das exóticas na área estudada. Entretanto, como não houve correlação significativa estatisticamente entre os dois estratos e as variáveis ambientais analisadas, a ocorrência alternada desses estratos pode ser mais explicada pela competição por espaço ou até mesmo alelopatia.

As gramíneas africanas, ao chegarem ao Cerrado, encontraram condições ecológicas semelhantes às de seus habitats de origem, o que facilitou a sua disseminação (Pivello 2008). Além da semelhança climática (especialmente os regimes de chuvas e temperatura), fatores de sua própria biologia também contribuíram para seu sucesso como invasoras do cerrado, pois: são heliófilas e possuem metabolismo C4, características que permitem a sua colonização em áreas abertas e ensolaradas, como as paisagens campestres e savânicas encontradas no Cerrado brasileiro; possuem alta eficiência fotossintética e na utilização dos nutrientes, sobrevivendo em solos menos férteis; apresentam altas taxas de crescimento, rebrotamento e regeneração, além de alta tolerância ao desfolhamento e à herbivoria; sua eficiência reprodutiva se deve ao ciclo reprodutivo rápido, à intensa produção de sementes com alta viabilidade, que formam um banco de sementes denso, à alta capacidade de dispersão por sementes anemocóricas e por reprodução vegetativa, à alta capacidade de germinação (Pivello 2008). Todos esses fatores caracterizam um comportamento oportunista, que permite rápida re-colonização de áreas queimadas e/ou perturbadas, fazendo com que essas gramíneas africanas possam competir com vantagem e deslocar espécies nativas do Cerrado (Coutinho 1982; Baruch *et al.* 1985; D'Antonio & Vitousek 1992; Pivello *et al.* 1999).

A correlação positiva entre a porcentagem de cobertura de serapilheira e a densidade de indivíduos parece contrariar o efeito alelopático descrito na literatura para extratos de folha de *S. lycocarpum* no desenvolvimento de plântulas de gergelim (*Sesamum indicum* L.) em laboratório (Oliveira *et al.* 2004a; Aires *et al.* 2005). Aparentemente a presença de *S. lycocarpum* não aumentou apenas a presença de espécies, mas também a sua densidade (Passos 2009). Muitos estudos apontam efeitos negativos da serapilheira no estabelecimento de plantas, como o de Hoffmann (1996), que observou que para a espécie *M. albicans*, a serapilheira teve efeito negativo sobre o estabelecimento de plântulas em locais densamente arborizados e efeitos positivos em campos abertos, provavelmente pelo seu caráter heliófilo.

Outros estudos também mostraram os efeitos positivos da serapilheira na densidade e riqueza de espécies (Carnevale & Montagnini 2002). Esses autores observaram que a alta produção e acumulação de serapilheira contribuíram para inibir o crescimento de espécies herbáceas, favorecendo assim o estabelecimento das espécies arbóreas (Carnevale & Montagnini 2002). Tal padrão, no entanto, não foi observado no presente estudo, pois as espécies herbáceas tanto nativas quanto invasoras foram indiferentes à serapilheira. Os autores acima concluem que, aparentemente, nesse local, a supressão de espécies herbáceas foi mais importante em favorecer a regeneração natural do que os nutrientes que foram liberados da serapilheira em decomposição (Carnevale & Montagnini 2002).

No caso do presente trabalho, a espessura da camada de serapilheira, a qual foi cinco vezes maior embaixo da copa do que fora desta e no controle, pode estar contribuindo para o maior aparecimento de espécies e indivíduos na área por causa da liberação de potássio. Este elemento se correlacionou positivamente tanto com a espessura de serapilheira (Tabela 4), quanto com o número de espécies (Tabela 5). O conteúdo de nutrientes liberado pela serapilheira, portanto, poderia estar sendo o responsável pelo início da sucessão na área.

As concentrações foliares de nutrientes de 15 espécies lenhosas do Cerrado sentido restrito pertencentes a diferentes grupos fenológicos foram analisadas para determinar a influência da deciduidade na nutrição mineral (Araújo & Haridasan 2007). A concentração de N, P, K, Ca e Mg foram menores nas espécies sempre-verdes do que nas decíduas. Espécies brevidecíduas tiveram menores concentrações de N e P que espécies decíduas e maiores concentrações de N, P, Ca e Mg que as sempre-verdes (Araújo & Haridasan 2007). A espécie *S. lycocarpum* é considerada sempre verde, com folhas em constante queda e substituição (Oliveira *et al.* 2004a), o que indicaria menor concentração de nutrientes foliares, segundo Araújo & Haridasan (2007). Entretanto, talvez o acúmulo das folhas pela sua constante queda possa ter proporcionado essa grande quantidade de nutrientes encontrada sob a copa de *S.*

lyocarpum, compensando a suposta baixa concentração de nutrientes nas folhas e conseqüentemente no solo.

O enriquecimento do solo pela presença de árvores do Cerrado foi documentado em outro estudo, realizado em Belize, no qual os solos da superfície embaixo de árvores de cinco espécies nativas de savanas neotropicais: *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth, *Clethra hondurensis* Britton, *Quercus schippii* Standl., *Q. oleoides* Cham. & Schlecht. e *M. albicans*, foram analisados para cálcio trocável, magnésio, potássio, sódio, fósforo disponível e nitrogênio total (Kellman 1979). Dessas espécies, a primeira e a última ocorrem também no Cerrado brasileiro (Mendonça *et al.* 2008). Todas as árvores mostraram enriquecimento do solo embaixo de sua copa e, em alguns casos, a níveis que se aproximavam ou até excediam àqueles do solo próximo à floresta pluvial. (Kellman 1979).

Embaixo da copa dessas espécies, o conteúdo de cálcio foi aumentado de duas a nove vezes, o de magnésio de três a seis vezes, o de potássio de duas a cinco vezes e o de fósforo de duas vezes em relação à área aberta (Kellman 1979). No presente estudo, o conteúdo de potássio quase dobrou, o de cálcio aumentou de duas a três vezes e o de magnésio dobrou na área embaixo da copa em relação às áreas abertas fora da copa e controle. Esses dados indicam que espécies como *S. lycocarpum* podem de fato enriquecer o solo embaixo de sua copa de forma a propiciar um núcleo de estabelecimento de outras espécies e até de outras fisionomias, como as de floresta (Kellman 1985).

O enriquecimento do solo por plantas facilitadoras já foi abordado na literatura para outros ambientes savânicos (Belsky *et al.* 1989, 1993; Weltzin & McPherson 1999), embora nem todos o apresentem como fator limitante ao estabelecimento de plântulas (Weltzin & McPherson 1999). A falta de nutrientes essenciais foi a barreira mais importante para a regeneração de uma floresta de planície úmida em campos altamente degradados (Aide & Cavalier 1994). Os autores associaram o lento crescimento das plantas cultivadas em solos do campo degradado comparado aos solos da floresta, com os baixos níveis de cálcio, magnésio e potássio (Aide & Cavalier 1994).

Quando se compara as características analisadas no local sob a copa da espécie *S. lycocarpum* com as do Cerrado Típico adjacente, verifica-se que o alumínio sob a copa diminuiu quatro vezes, o cálcio aumentou mais de 14 vezes, o magnésio quase três vezes, o potássio 1,6 vezes e a matéria orgânica reduziu quase à metade (Tabela 2). Esse decréscimo no conteúdo de alumínio pode ser decorrente da maior disponibilidade de cálcio, o qual, em geral, neutraliza a acidez, diminuindo os níveis de Al disponíveis, e aumentando a quantidade de Ca^{2+} nos locais de troca e assim disponibilizando-os para plantas (Motta *et al.* 2002).

Observando as variáveis analisadas como sequência de acontecimentos, verifica-se que a perturbação sofrida pela área perturbada aumentou os valores de pH, tornando-os menos ácidos, como se observa com relação ao controle, e a presença de *S. lycocarpum* parece tê-los tornado ainda menos ácidos. Entretanto, esses valores encontrados ainda estão na faixa de variação dos valores normalmente encontrados em solos de Cerrado sentido restrito (Tabela 6).

Tabela 6. Valores de pH obtidos de diversos autores em solos de Cerrado sentido restrito, comparando-os com as áreas sob a copa de *S. lycocarpum* (SLC), fora da copa (SLFC), no controle (CO) e no Cerrado Típico adjacente (CE).

		pH	Matéria orgânica (%)
Ambientes	SLC	5.0	2.30
	SLFC	4.8	1.93
	CO	4.9	2.47
	CE	4.5	3.38
Cerrado sentido restrito	Ranzani (1971)	4.0 a 5.0	-
	Furley & Ratter 1988	5.0	2.2
	Abdala 1998	4.9	2.15
	Haridasan 2000	4.9	3.33

Estudos apontam que muitas espécies nativas do Cerrado são capazes de responder a calagem e adubação (Haridasan *et al.* 1997; Haridasan 2000). Estas podem aumentar as concentrações de nutrientes na biomassa da camada rasteira e aumentar a produtividade, embora haja diferenças entre as espécies nativas nas respostas aos nutrientes individuais, de acordo com Haridasan *et al.* (1997). Isso é especialmente benéfico e desejável para uma área onde se quer acelerar a restauração da cobertura vegetal. No caso da área sob a copa de *S. lycocarpum*, está havendo um aumento no conteúdo de nutrientes e, com a gradativa decomposição da serapilheira, poderá haver também aumento no conteúdo de matéria orgânica.

Para Haridasan (2000) o que se espera com a calagem e a adubação de áreas de Cerrado é que haja: 1 – maior crescimento das espécies arbóreas provocando maior sombreamento e conseqüente diminuição de biomassa da camada rasteira, alguns anos após a calagem e adubação; 2 – aumento na população de cipós e sua biomassa; 3 – invasão e estabelecimento de espécies arbóreas não nativas do Cerrado original, com taxa de

crescimento bem maior do que as do Cerrado; 4 - diferenças na taxa de crescimento das árvores e arbustos nativos - aparente aumento na produção de serapilheira.

O maior conteúdo de potássio, magnésio e cálcio sob a copa de *S. lycocarpum* que nos demais tratamentos, inclusive o Cerrado, indicam que a espécie pode estar conduzindo a uma nova realidade do ambiente abiótico no local onde ela se estabelece. A consequência desta influência seria a criação de condições para as novas espécies que aí vão se estabelecer. De acordo com Haridasan (2000), “*Onde ocorre maior fertilidade, as consequências são diferenças na composição florística, densidade e dominância relativa das espécies e maior concentrações de nutrientes nas folhas*”.

Aliado aos nutrientes, a presença da serapilheira também proporciona umidade e solo com estrutura mais adequada à germinação de sementes. No presente estudo a umidade aumentou duas vezes embaixo da copa de *S. lycocarpum* em relação à área aberta, fato também observado para a espécie *M. albicans*, mas não para a *B. crassifolia* no estudo de Kellman (1979). Em experimento de irrigação com duas espécies de Cerrado foi constatado que períodos sem chuva provocaram efeitos negativos no estabelecimento das plântulas, o que mostrou que a umidade pode favorecer o estabelecimento dessas espécies do Cerrado (Hoffmann 1996). A produtividade primária da espécie *K. coriacea* também foi restrita pela indisponibilidade de água na seca (Nardoto *et al.* 1998). Sob drásticas condições de estresse hídrico não houve germinação das sementes de *B. virgiloides*, a qual foi restabelecida com o aumento da disponibilidade de água (Silva *et al.* 2001). O estabelecimento dessa espécie, entretanto, não foi prejudicado pela estação seca (Kanegae *et al.* 2000).

A estrutura do solo amenizada pela decomposição da serapilheira determina a menor resistência à penetração (Índice de Cone – IC), da qual depende o crescimento radicular (Sá *et al.* 2007b). A resistência à penetração embaixo da copa de *S. lycocarpum* reduzida a quase a metade dos valores na área fora da copa e controle estaria, portanto, proporcionando maior desenvolvimento de raízes e conseqüentemente, maior estabelecimento de indivíduos.

Todos esses fatores em conjunto são responsáveis pelo sucesso da espécie *S. lycocarpum* em facilitar o estabelecimento de outras espécies vegetais sob sua copa. Separadamente, tais fatores não produziram tal efeito, como constatado por Leite *et al.* (1994), que realizaram descompactação do solo de uma área de cascalheira no DF, visando a revegetação com espécies nativas, mas a adubação proporcionou a colonização de mais de 70 espécies vegetais na área adubada, e quase nenhuma colonização na área não adubada. O adubo adicionado, propiciou o aumento do pH e uma maior disponibilidade de P, K, Ca e Mg no solo. A combinação de práticas mecânicas, para eliminar as restrições físicas associadas

com o aumento da disponibilidade de nutrientes, através da adição de matéria orgânica, propiciou condições para o estabelecimento de plantas nas parcelas experimentais (Leite *et al.* 1994).

As variáveis, conteúdo de fósforo, matéria orgânica, Ks médio e densidade aparente do solo não sofreram modificações, pois o tempo decorrido desde o plantio de *S. lycocarpum* pode não ter sido suficiente para influenciá-las. Portanto a diminuição de solo exposto decorrente do incremento da serapilheira (Figura 12) sugere o favorecimento do início da sucessão na área. No processo de sucessão ainda não houve tempo suficiente para que todas as modificações pudessem ocorrer por completo.

A serapilheira estaria implicando na futura presença de matéria orgânica no solo e no aumento do sombreamento e da umidade do solo, condições aparentemente mais satisfatórias para a germinação e o estabelecimento de várias espécies. Ao ser decomposta, a serapilheira deverá implicar no futuro no aumento dos índices de matéria orgânica na área de influência da copa e ainda aumentar sensivelmente os níveis de fósforo, um dos principais elementos limitantes para o crescimento vegetal, uma vez que grande proporção do fósforo do solo é mantida em combinações orgânicas (Brady 1989).

Quando se compara as características analisadas no local sob a copa da espécie *S. lycocarpum* com as do Cerrado Típico adjacente, observa-se que as modificações na estrutura física do solo provocadas pelo desmatamento e posterior plantio de gramíneas africanas ainda não foram totalmente recuperadas pelo plantio de recuperação. Esses valores de compactação se encontram no limite para o crescimento de raízes, segundo Primavesi (1981). A velocidade de infiltração da água no solo continua inferior em relação ao Cerrado, o que torna o solo menos drenado e mais sujeito ao escoamento superficial (Tabela 2; Figura 11). Se por um lado a presença dos indivíduos de *S. lycocarpum* proporcionou alguma melhora no solo o tempo decorrido do plantio de até o presente ainda não foi suficiente para retornar essas características semelhantes às encontradas no estado original.

Em outros biomas, como a Caatinga no semiárido, essa modificação foi constatada, com alteração das propriedades físicas e melhora das relações hídricas do solo decorrentes da deposição de matéria orgânica do solo por arbustos (Pugnaire *et al.* 2004). Isso provocou o aumento da biomassa de espécies anuais sob os arbustos em relação a áreas abertas (Pugnaire *et al.* 2004).

Em relação à textura, observou-se que o Cerrado apresenta textura argilosa e a área sob a lobeira, textura média. Esta pode ter sido modificada no momento do desmatamento da área e posterior plantio, pois a argila pode ser facilmente carreada.

A análise de CCA mostrou nitidamente a separação entre as duas áreas embaixo e fora da copa de *S. lycocarpum*, com os parâmetros ambientais responsáveis por essa separação. Os estratos vegetais se posicionaram mais ao centro do gráfico, indicando que nenhum parâmetro ambiental específico pôde explicar a sua ocorrência, com exceção da cobertura de serapilheira e de solo exposto. A localização dos estratos vegetais no centro do gráfico, não mostrando sua propensão a nenhum dos dois lados, coincide com os dados de comparação da porcentagem de cobertura entre as seções embaixo e fora da copa de *S. lycocarpum*, nos quais não houve diferença significativa entre elas.

Isso pode ser explicado pelo pouco tempo que se passou desde o plantio, podendo indicar que ainda não houve tempo suficiente para diferenciação. Deste modo, como os resultados para variáveis ambientais foram diferentes estatisticamente entre uma área e outra, tudo indica que em longo prazo essa cobertura irá mudar, pois embora não tenha havido diferença na cobertura, houve diferença entre densidade de indivíduos e também no número de espécies dentro e fora, com mais indivíduos e espécies dentro do que fora.

No contexto dos estudos iniciais sobre sucessão, Tansley (1935) destacou não somente a mudança gradual do ambiente, mas também a identificação da seqüência de fases em uma determinada paisagem. Neste mesmo assunto, Egler (1954) adicionou neste paradigma o papel das espécies iniciais ou tardias onde a sucessão seria então a seqüência fisionômica determinada pela oportunidade de ocupação por espécies com diferentes histórias de vida, taxas de crescimento e tamanhos na maturidade.

A literatura tem mostrado que o papel das espécies iniciais como facilitadoras para a reconstrução de ambientes naturais é muito importante pelas suas características de criar condições para a ocorrência das espécies nativas clímax. Haggard *et al.* (1997) observaram que árvores de estabelecimento rápido, com altas taxas de crescimento, no geral estimulam níveis mais altos de regeneração em seu sub-bosque. Campello (1999), realizando levantamento florístico da regeneração natural sob plantios monoespecíficos de leguminosas, nativas e exóticas, e não-leguminosas, também nativas e exóticas, concluiu que a regeneração natural das espécies nativas foi beneficiada pelos plantios de leguminosas arbóreas, independentemente da origem das espécies plantadas. Chada e colaboradores (2004) constataram que o reflorestamento com leguminosas arbóreas mostrou-se eficaz na ativação dos mecanismos de sucessão natural, pois, após sete anos, 50 espécies de 25 famílias botânicas colonizaram o sub-bosque dessa área, com a ressalva de que algumas espécies plantadas já começavam a entrar em senescência, tendendo a saírem paulatinamente do sistema.

Neste estudo ficou claro o papel ecológico da espécie *S. lycocarpum* como catalizadora nos passos iniciais do processo de sucessão na recuperação de áreas perturbadas de Cerrado sentido restrito. A percepção da importância da regeneração natural na recomposição de áreas nativas tem conduzido a um novo paradigma: a restauração de áreas degradadas sem o plantio de mudas, introduzindo nessas áreas apenas sementes ou serapilheira tirada das florestas nativas, ou mesmo instalando artefatos que atraiam animais dispersores de sementes (Reis 2003).

Considerando o plantio executado por Oliveira (2006) na área, a espécie *S. lycocarpum* se destacou na germinação e desenvolvimento inicial dentre as demais espécies plantadas, e com sua copa evidente, passou a servir como local de pouso para aves de forma geral. Pelas suas propriedades de pioneira, a espécie passou então a produzir sombra, serapilheira, aumentando assim a umidade do solo, que influencia na resistência à penetração, importante propriedade que influencia da geminação de sementes e emissão de raízes. Essas características parecem ter proporcionado um ambiente mais favorável para a germinação e estabelecimento de plantas.

Com a decomposição da serapilheira, nutrientes como Ca, Mg e K foram incorporados ao solo, deixando o pH menos ácido. Essas modificações proporcionadas pela copa de *S. lycocarpum* acabaram diferenciando os ambientes sob a copa e ao seu redor, sugerindo que a área sob a copa estivesse favorecendo o estabelecimento de mais plântulas do que na área em volta da copa.

De fato, o trabalho de Passos (2009) já havia constatado maior densidade de plântulas sob a sua copa que fora, além de maior riqueza de espécies. Apenas a cobertura de biomassa vegetal não sofreu modificação com a presença da copa. Provavelmente, o tempo sucessional decorrido ainda não foi suficiente para diferenciar completamente as duas áreas neste componente.

8. CONCLUSÕES

- A presença dos indivíduos plantados de *Solanum lycocarpum* modificou o ambiente sob a sua copa por meio da produção de sombra e serapilheira, com aumento consequente da umidade e nutrientes e diminuição da resistência à penetração no solo. Tais parâmetros micro-ambientais seriam responsáveis pelo maior número de espécies e de indivíduos sob a sua copa e sugerem que a área estudada se encontra em restauração da sua vegetação natural, por meio do processo de sucessão por facilitação ecológica e nucleação.
- Contudo, não foi observada diferença significativa da cobertura dos estratos vegetais analisados embaixo e fora da copa de *S. lycocarpum*. Provavelmente, os quatro anos passados após o plantio não foram ainda suficientes para que todas as modificações ambientais proporcionadas pela presença dessa espécie facilitassem o processo completo da sucessão.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdala, G. C.; Caldas, L. S.; Haridasan, M.; Eiten, G. 1998. Above and belowground organic matter and root:shoot ratio in a Cerrado in Central Brazil. *Brazilian Journal of Ecology*, **2** (1):11-23.
- Ab'Saber, A.N. 1983. O domínio dos cerrados: introdução ao conhecimento. *Revista do Servidor Público* **3**: 41-55.
- Adámoli, J.; Macêdo, J.; Azevedo, L.G.; Netto, J.M. 1987. Caracterização da região dos Cerrados: tecnologias e estratégias de manejo. In: Goedert, W.J. (ed) *Solos dos Cerrados*, pp. 33-98. Livraria Nobel, São Paulo.
- Aduan, R. E.; Vilela, M. F.; Klink, C. A. 2003. Ciclagem de carbono em ecossistemas terrestres – o caso do Cerrado brasileiro. Documentos 105. Embrapa Cerrados, Planaltina, DF.
- Aide, M. T.; Cavelier, J. 1994. Barriers to lowland Tropical Forest restoration in the Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Restoration Ecology* **2** (4):219-229.
- Aires, S. S.; Ferreira, A. G.; Borghetti, F. 2005. Efeito alelopático de folhas e frutos de *Solanum lycocarpum* A.St.-Hil. (Solanaceae) na germinação e crescimento de *Sesamun indicum* L. (Pedaliaceae) em solo sob três temperaturas. *Acta bot. Bras.* **19** (2):339-344.
- Alho, C.J.R. & Martins, E.S. 1995. De grão em grão o Cerrado perde espaço. World Wildlife Fund (WWF)/ Sociedade de Pesquisas Ecológicas do Cerrado (PRÓCER), Brasília.
- Anderson, J. M. 1992. Responses of soils to climate change. *Advances in Ecological Research*, San Diego **22**:63-91.
- Arasato, L. S. & Moura, L. C. 2005. Regeneração em ilhas de facilitação no Cerrado da estação ecológica de Itirapina, SP. Anais do VII Congresso de Ecologia do Brasil. Caxambú, MG.
- Araújo, J. F. & Haridasan, M. 2007. Relação entre deciduidade e concentrações foliares de nutrientes em espécies lenhosas do cerrado. *Revista Brasil. Bot.* **30** (3): 533-542.
- Aronson, J. ; Floret, C. ; Le Floch 'h, E., Ovalle, C., & Pontanier, R. 1993. Restoration and Rehabilitation of Degraded Ecosystems in Arid and Semi-Arid Lands. I. A View from the South. *Restoration Ecology* **1**: 8–17.
- Aubert, E.; Oliveira-Filho, A. T. 1994. Análise multivariada da estrutura fitossociológica do sub-bosque de plantios experimentais de *Eucalyptus* spp. e *Pinus* spp. em Lavras. *Rev. Árv.* **18** (3): 194-214.
- Ávila, M. R.; Braccini, A. L. E.; Scapim, C. A.; Fagliari, J. R.; Santos, J. L. 2007. Influência do estresse hídrico simulado com manitol na germinação de sementes e crescimento de plântulas de canola. *Revista Brasileira de Sementes* **29** (1):98-106.
- Barbosa, J. M.; Barreto, R. A. A.; Santos-Junior, N. A.; Barbosa, L. M.; Prudente, C. M. & Spinola, L. A. F. 2002. Estudo da recuperação vegetal de duas áreas de restinga degradadas pela exploração mineral. Anais do 53o Congresso Nacional de Botânica. Recife – PE.
- Basso, S.; Langa, R.; Ribas Jr., U.; Tres, D. R.; Scariot, E. C.; Reis, A. 2007. Introdução de *Mimosa scabrella* Bentham em Áreas Ciliares através da Transposição de Amostras de Solo. *Revista Brasileira de Biociências* **5** (1): 684-686.

- Batmanian, G.J. & Haridasan, M. 1985. Primary production and accumulation of nutrients by the ground layer community of a cerrado vegetation of central Brazil. *Plant and Soil* **88**:437-440.
- Bazzaz, F.A. & Pickett, S.T.A. 1980. Physiological ecology of tropical succession: a comparative review. *Annual Review of Ecology Systematics* **11**: 287-310.
- Bechara, F. C. 2003. Restauração ecológica de restingas contaminadas por *Pinus* no Parque Florestal do Rio Vermelho, Florianópolis, SC. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.
- Bechara, F. C. 2006. Unidades demonstrativas de restauração ecológica através de técnicas nucleadoras: Floresta Estacional Semidecidual, Cerrado e Restinga. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- Bechara, F. C.; Campos Filho, E. M.; Barretto, K. D.; Antunes, A. Z.; Reis, A. 2005. Nucleação de diversidade ou cultivo de árvores nativas? Qual paradigma de restauração? Anais do VI Simpósio nacional e congresso latino-americano de recuperação de áreas degradadas. Sobrade, Curitiba, Paraná.
- Begon, M.; Harper, J.L.; Townsend, C.L. 1996. *Ecology: individuals, populations and communities*. Blackwell, Oxford.
- Bell, S.S.; Fonseca, M.S.; Moten, L.B. 1997. Linking restoration and landscape ecology. *Restoration Ecology* **5**:318-323.
- Belsky, A. J.; Amundson, R. G.; Duxbury, J. M.; Riha, S. J.; Ali, A. R.; Mwonga, S. M. 1989. The Effects of Trees on Their Physical, Chemical and Biological Environments in a Semi-Arid Savanna in Kenya. *The Journal of Applied Ecology* **26** (3): 1005-1024.
- Belsky, A. J.; Mwonga, S. M.; Amundson, R. G.; Duxbury, J. M.; Ali, A. R. 1993. Comparative Effects of Isolated Trees on Their Undercanopy Environments in High- and Low-Rainfall Savannas. *The Journal of Applied Ecology* **30** (1):143-155.
- Bitencourt, F. ; Zocche, J. J. ; Costa, S.; Souza, P. Z.; Mendes, A. R. 2007. Nucleação por *Mimosa bimucronata* (DC.) O. Kuntze em Áreas Degradadas pela Mineração de Carvão. *Revista Brasileira de Biociências* **5** (1): 750-752.
- Bonato, C. M.; Rubin Filho, C. J.; Melges, E.; Santos, V. D. 1998. Nutrição mineral de plantas. UEM - Universidade Estadual de Maringá. Maringá (PR).102 pp.
- Bradshaw, A.D. 1987. *Reclamation of lands and ecology of ecosystems*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Brady, N.C. 1989. *Natureza e propriedades dos solos. "The nature and properties of soils"*. Trad. Figueiredo, A.B.N. 7ª ed. Rio de Janeiro, Freitas Bastos. 898 p. il.
- Brasil. 2009. Ministério do Meio Ambiente. Relatório técnico de monitoramento do desmatamento no bioma Cerrado, 2002 a 2008: dados revisados. Brasília: MMA. 67p. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf_chm_rbbio/_arquivos/relatorio_tecnico_monitoramento_desmate_bioma_cerrado_csr_ibama_2002_2008_rev_72.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2010.
- Brasil. 2010. PEC - Proposta de Emenda à Constituição nº 51, de 25 de março de 2003. Dá nova redação ao § 4º do artigo 225 da Constituição Federal, para incluir o Cerrado e a Caatinga entre os biomas considerados patrimônio nacional.

- Brower, J. E.; Zar, J. H.; Ende, C. N. 1990. Field and Laboratory Methods para General Ecology. 237 p. C Brown, Dubuque.
- Brown, S. & Lugo, A.E. 1994. Rehabilitation of tropical lands: a key to sustaining evelopment. Restoration Ecology **2**: 97-111.
- Budowski, G. 1965. Distribution of tropical american rain forest species in the light of succession processes. Turrialba **15**: 40-42.
- Busscher, W. J.; Bauer, P. J.; Camp, C. R.; Sojka, R. E. 1997. Correction of cone index for soil water content differences in a coastal plain soil. Soil and Tillage Research **43**:2205-217.
- Callaway, R. M. 1995. Positive interaction among plants. Botanical Review **61**:306-349.
- Callaway, R. M. 1997. Positive interactions in plant communities and the individualistic-continuum concept. Oecologia **112**:143-149.
- Campello, E. F.C. 1999. A Influência de leguminosas arbóreas fixadoras de nitrogênio na sucessão vegetal em áreas degradadas na Amazônia. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 121 f.
- Campos, J. M. 1994. O eterno plantio: um reencontro com a natureza. São Paulo: Pensamento, 250 p.
- Carmona, R.; Martins, C. R.; Fávero, A. P. 1998. Fatores que afetam a germinação de sementes de gramíneas nativas do cerrado. Revista Brasileira de Sementes **20** (1):16-22.
- Carnevale, N. J.; Montagnini, F. 2002. Facilitating regeneration of secondary forests with the use of mixed and pure plantations of indigenous tree species. Forest Ecology and Management **163**:217-227.
- Castro, A. A. J. F.; Martins, F.R.; Tamashiro, J.Y.; Shepherd, G.J. 1999. How rich is the flora of brazilian Cerrados? Annals of the Missouri Botanical Garden **86** (2):192-224.
- Castro, C. R. T. & Carvalho, M. M. 2000. Florescimento de gramíneas forrageiras cultivadas sob luminosidade reduzida. Ciência Rural **30** (1):163-166.
- Castro, J.; Zamora, R.; Hódar, J. A.; Gómez, J. M.; Gómez-Aparicio, L. 2004. Benefits of using shrubs as nurse plants for reforestation in Mediterranean mountains: a 4-year study. Restoration Ecology **12**: 352-358.
- Chada, S. S.; Campello, E. F. C.; Faria, S. M. 2004. Sucessão vegetal em uma encosta reflorestada com leguminosas arbóreas em Angra dos Reis, RJ. R. Árvore **28** (6): 801-809.
- Chaves Filho, J.T. & Stacciarini-Seraphin, E. 2001. Alteração no potencial osmótico e teor de carboidratos solúveis em plantas jovens de lobeira (*Solanum lycocarpum* St.-Hil.) em resposta ao estresse hídrico. Revista brasileira de Botânica **24** (2):199-204.
- Cintra, F. L. D. & Mielniczuk, J. 1983. Potencial de algumas espécies vegetais para recuperação de solos com propriedades físicas degradadas. Revista Brasileira de Ciência do Solo **7**:323-327.
- Cole, R. J.; Holl, K. D.; Zahawi, R. A. 2010. Seed rain under tree islands planted to restore degraded lands in a tropical agricultural landscape. Ecological Applications, **20**(5), pp. 1255–1269.

- Connell, J. H., & Slatyer, R. 1977. Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. *The American Naturalist* **111**:1119-1144.
- Corrêa, R. S. 1998. Degradação e recuperação de áreas no Distrito Federal. In: R.S. Corrêa & B. Melo Filho (Eds) *Ecologia e recuperação de áreas degradadas no cerrado*, pp. 13-19. Paralelo 15, Brasília.
- Corrêa, R. S.; Melo Filho, B.; Baptista, G. M. M. 2007. Avaliação fitossociológica da sucessão autogênica em áreas mineradas no Distrito Federal. *Cerne* **13** (04).
- Costanza, R.; d'Arge, R.; Groot, R.; Farberk, S.; Grasso, M.; Hannon, B.; Limburg, K.; Naeem, S.; O'Neill, R.; Paruelo, J.; Raskin, R.; Suttonk, P.; van den Belt, M. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* **387**.
- Coutinho, L. M. 1982. Ecological effects off fire in Brazilian Cerrado. Pp. 273-291. In: B. J. Huntley & B. H. Walker (Eds.). *Ecology of Tropical Savannas*. Springer-Verlag, Berlin.
- Coutinho, L.M. 1990. Fire in the ecology of the Brazilian cerrado. In: *Fire in the tropical biota*. Ed. J.G. Goldammer. New York: Springer-Verlag. cap. 6, p. 82-105.
- Dalponete, J. C. & Lima, E. S. 1999. Disponibilidade de frutos e a dieta de *Lycalopex vetulus* (Carnivora) em um cerrado do Mato Grosso, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* **22**:325-332.
- D'Antonio, C. M. & Vitousek, P. M. 1992. Biological invasions by exotic grasses, the grass/fire cycle, and global change. *Annu. Rev. Ecof. Syst.* **23**:63-87.
- Dedecek, R.A; Resck, D.V.S; Freitas Júnior, E. 1986. Perdas de solo, água e nutrientes por erosão em latossolo vermelho escuro dos cerrados e de manejo da palhada do milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* **10**:265-272.
- Durigan, G.; Leitão-Filho, H.F.; Rodrigues, R.R. 1994. Phytosociology and structure of a frequently burnt cerrado vegetation in SE-Brazil. *Flora* **189**.
- Durigan, G. & Ratter, J. A. 2006. Successional changes in Cerrado and Cerrado/Forest Ecotonal vegetation in western São Paulo state, Brazil, 1962–2000. *Edinburgh Journal of Botany* **63** (1): 119–130.
- Egler, F.E. 1954. Vegetation science concepts. I. Initial floristic composition, a factor in old-field development. *Plant Ecology* **4**:412-417.
- Eiten, G. 1990. Vegetação do Cerrado. In *Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas*. (ed M. Novaes-Pinto), pp. 9-65. Editora Universidade de Brasília, Brasília.
- Eiten, G. 1994. Vegetação do cerrado. In Pinto, M.N. (ed) *Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas*. pp. 9-65. Editora da Universidade de Brasília, Brasília.
- Embrapa. 1997. *Manual de Métodos de análise de solo*. 2a ed. Rio de Janeiro, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Solos.
- Engel, V.L. & Parrota, J.A. 2003. Definindo a restauração ecológica: tendências e perspectivas mundiais. In P.Y. Kageyama, R.E. Oliveira, L.F.D. Moraes, V.L. Engel & F.B. Gandara. *Restauração ecológica de ecossistemas naturais*. (eds), pp. 1-26. Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais - FEPAF, Botucatu.
- Espíndola, M. B.; Bechara, F. C.; Bazzo, M. S.; Reis, A. 2005. Recuperação ambiental e contaminação biológica: aspectos ecológicos e legais. *Biotemas* **18**:27 - 38.

- Facelli, J.M. & Pickett, S.T.A. 1991. Plant litter: its dynamics and effects on plant community structure. *The Botanical Review* **57**:1-32.
- Fageria, N.K.; Baligar, V.C.; Jones, C.A. 1997. Growth and mineral nutrition of field crops. 2.ed.rev.aum. New York: Marcel Dekker, 656p.
- Feistler, A. M. & Moura, L. C. 2008. O banco de sementes sob a copa e na região de entorno de *Hancornia speciosa* Gomes (Apocynaceae). Anais do IX Simpósio Nacional do Cerrado e II Simpósio Internacional de Sanavas Tropicais. Brasília, DF.
- Felfili, J.M.; Carvalho, F. A.; Libano, A. M.; Venturoli, F.; Pereira, B. A. S. 2007. Análise multivariada em estudos de vegetação. *Comunicações Técnicas Florestais* **9** (1). Universidade de Brasília, Brasília. 60 pp.
- Felfili, J.M.; Filgueiras, T.S.; Haridasan, M.; Silva-Júnior, M.C.; Mendonça, R.C.; Rezende, A.V. 1994. Projeto Biogeografia do Bioma Cerrado: vegetação e solos. *Cadernos de Geociências do IBGE* **12**: 75-166.
- Felfili, J.M.; Silva-Jr, M.C.; Rezende, A.V.; Machado, J.W.B.; Walter, B.M.T.; Silva P.; Hay, J.D. 1992. Análise comparativa da florística e fitossociologia da vegetação arbórea do cerrado sensu stricto na Chapada Pratinha, DF, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* **6**: 27-46.
- Felippe, G.M. & Silva, J. C. S. 1984. Estudos de germinação em espécies do cerrado. *Revista Brasileira de Botânica* **6** (2): 157-163.
- Fonseca, C.E.L.; Mittermeier, R.A.; Cavalcanti, R.B.; Mittermeier, C.G. 2000. Brazilian Cerrado. In Mittermeier, R.A.; Myers, N.; Gil, P.R.; Mittermeier, C.G. (eds) Hotspots, Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions. pp. 148-159. Conservation International, Chicago.
- França, G.V. 1977. Estudo agrotécnico das terras do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados – EMBRAPA: interpretação dos solos, capacidade de uso e conservação. ESALQ, Piracicaba.
- Franco, A. C. 2008. Relações hídricas em plantas do cerrado: As plantas lenhosas do cerrado transpiram livremente? In: Prado, C. H. B. A.; Casali, C. A. *Fisiologia Vegetal: práticas em relações hídricas, fotossíntese e nutrição mineral*. Barueri, editora Manole, 2006. Disponível em <http://fisiologiavegetal.manole.com.br/textos%20corrigidos/rhcerrado.pdf>.
- Franco, A. C. & Nobel, P. S. 1989. Effect of Nurse Plants on the Microhabitat and Growth of Cacti. *Journal of Ecology* **77** (3): 870-886.
- Furley, P.A. & Ratter, J.A. 1988. Soil resources and plant communities of central Brazilian cerrado and their development. *Journal of Biogeography* **15**: 97-108.
- Ganade, G. & Brown, V. 2002. Succession in Old Pastures of Central Amazonia: Role of Soil Fertility and Plant Litter. *Ecology* **83**:743 - 754.
- Goodland, R. & Ferri, M. G. 1979. *Ecologia do Cerrado*. Itatiaia, Belo Horizonte; EDUSP, São Paulo.
- Haggar, J.; Wightman, K.; Fisher, R. 1997. The potential of plantations to foster woody regeneration within a deforested landscape in lowland Costa Rica. *Forest Ecology and Management* **99**:55-64.
- Hammer, Ø.; Harper, D.A.T.; Ryan, P. D. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* **4**(1): 9pp. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm.

- Haridasan, M. 1987. Distribution and mineral nutrition of aluminium accumulating species in different plant communities of the cerrado region of central Brazil. In: San Jos, J.J. & Montes, R. (eds.) *La Capacidad Bioproductiva de Sabanas*. I.V.I.C., Caracas, Venezuela. pp. 309 -348. 545p.
- Haridasan, M. 1993. Solos do Distrito Federal. Pages 321-344, 681p in Pinto, M. N., editor. *Cerrado: Caracterização, ocupação e perspectivas*. Universidade de Brasília, Brasília.
- Haridasan, M. 2000. Nutrição mineral de plantas nativas do cerrado. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal* 12:54-64.
- Haridasan, M., Pinheiro A. A. M. C.; Torres, F. R. R. 1997. Resposta de algumas espécies do estrato rasteiro de um cerrado à calagem e à adubação. Pages 87-91. in Leite, L. L., and C. H. Saito, editors. *Contribuição ao conhecimento ecológico do cerrado*. Universidade de Brasília, Brasília, Brazil.
- Henriques, R. P. B. 2005. Influência da história, solo e fogo na distribuição e dinâmica das fitofisionomias no bioma Cerrado. In: A. Scariot; J. C. Sousa-Silva; J. M. Felfili (Orgs). *Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 439 p:II.
- Higgs, E. S. 1997. What is good ecological restoration? *Conservation Biology* 8 (2): 338-348.
- Hillel, D. 1982. *Introduction to soil physics*. Academic Press San Diego.
- Hoffmann, W. A. 1996. The effects of fire and cover on seedling establishment in a neotropical savanna. *Journal of Ecology* 84:383-393.
- Hoffmann, W. A. 2000. Post-Establishment Seedling Success in the Brazilian Cerrado: A Comparison of Savanna and Forest Species. *Biotropica* 32 (1):62-69.
- Holl, K. D. 1999. Factors limiting tropical rain forest regeneration in abandoned pasture: seed rain, seed germination, microclimate, and soil. *Biotropica* 31 (2):229-242.
- Holl, K. D.; Loik, M. E.; Lin, E. H. V.; Samuels, I. A. 2000. Tropical montane forest restoration in Costa Rica: Overcoming barriers to dispersal and establishment. *Restoration Ecology* 8:339-349.
- Holmgren, M.; Scheffer. M.; Huston, M. A. 1997. The interplay of facilitation and competition in plant communities. *Ecology*, 78 (7):1966–1975.
- Ikeda, F. S.; Mitja, D.; Vilela, L.; Silva, J. C. S. 2008. Banco de sementes em Cerrado sensu stricto sob queimada e sistemas de cultivo. *Pesq. agropec. bras.* 43 (6): 667-673.
- Imhoff, S.; Silva, A. P.; Tormena, C. A. 2000. Aplicações da curva de resistência no controle da qualidade física de um solo sob pastagem. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 35 (7): 1493-1500.
- Jepson, W. 2005. A disappearing biome? Reconsidering land-cover change in the Brazilian savanna. *The Geographical Journal* 171: 99-11.
- Joly, C.A., Aidar, M.P., Klink, C.A., McGrath, D.G., Moreira, A.G., Moutinho, P., Nepstad, D.C., Oliveira, A.A., Pott, A., Rodal, M.J.N., & Sampaio, E.V.S.B. 1999. Evolution of the Brazilian phytogeography classification systems: implications for diversity conservation. *Ciência e Cultura* 51.
- Kageyama, P.Y. & Gandara, F.B. 2000. Recuperação de áreas ciliares. In Rodrigues, R.R. & Leitão-Filho, H.F. (eds). *Matas ciliares: conservação e recuperação*. Editora Universidade de São Paulo, São Paulo.

- Kageyama, P.Y., Oliveira, R.E., Moraes, L.F.D., Engel, V.L., & Gandara, F.B. 2003. Restauração ecológica de ecossistemas naturais. Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais - FEPAF, Botucatu.
- Kanegae, M. F.; Braz, V. S.; Franco, A. C. 2000. Efeitos da seca sazonal e disponibilidade de luz na sobrevivência e crescimento de *Bowdichia virgilioides* em duas fitofisionomias típicas dos cerrados do Brasil Central. *Revta brasil. Bot.* 23 (4): 59-468.
- Keever, C. 1950. Causes of succession on old fields of the Piedmont, North Carolina. *Ecol. Monogr.* 20:229-250.
- Kellman, M. 1979. Soil Enrichment by Neotropical Savanna Trees. *Journal of Ecology* 67 (2): 565-577.
- Kellman, M. 1985. Forest Seedling Establishment in Neotropical Savannas: Transplant Experiments with *Xylopia frutescens* and *Calophyllum brasiliense*. *Journal of Biogeography* 12 (4): 373-379.
- Klink, C.A. & Machado, R.B. 2005. A conservação do Cerrado brasileiro. *Megadiversidade* 1(1):147-155.
- Klink, C.A. & Moreira, A.G. 2002. Past and current human occupation, and land use. In Oliveira, P.S. & Marquis, R.J. (eds). *The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of Neotropical Savanna*. Columbia University Press, New York.
- Köppen, W. 1948. *Climatología*. Fondo de Cultura Económica, México.
- Langguth A. 1975. Ecology and evolution in the South American canids. In: Fox M.W. (editor). *The wild canids: their systematic behavioral ecology and evolution*. Van Nostrand Reinhold Co., New York. pp. 196-206.
- Leite, L. L., Martins; C. R.; Haridasan, M. 1994. Efeito da descompactação e adubação do solo na revegetação espontânea de uma cascalheira no Parque Nacional de Brasília. p. 527-534. In: *Anais do I Simpósio Sul-americano e II Simpósio Nacional sobre Recuperação de Áreas Degradadas*. Novembro de 1994, Foz de Iguaçu, PR.
- Lemos-Filho, J. P. 2000. Fotoinibição em três espécies do cerrado (*Annona crassifolia*, *Eugenia dysenterica* e *Campomanesia adamantium*) na estação seca e na chuvosa. *Rev. bras. Bot.* 23 (1).
- Lenthall, J.C.; Bridgewater, S.; Furley, P.A. 1999. A phytogeographic analysis of the woody elements of the New World savannas. *Edinburgh Journal of Botany* 56: 293-305.
- Lima, J. E. F. W. & Silva, E. M. 2005. Estimativa da produção hídrica superficial do Cerrado brasileiro. In: Scariot, A.; Sousa-Silva, J. C.; Felfili, J. M. (Organizadores). *CERRADO: Ecologia, Biodiversidade e Conservação*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 439 p:il.
- Lombardi, J. A. & Motta Junior, J.C. 1993. Seed Dispersal of *Solanum lycocarpum* St. Hil. (Solanaceae) by the maned wolf, *Chrysocyon brachyurus* Illiger (Mammalia, Canidae). *Ciência e Cultura* 45 (2): 126-127.
- Machado, R.B.; Ramos Neto, M.B.; Pereira, P.G.P.; Caldas, E.F.; Gonçalves, D.A.; Santos, N.S.; Tambor, K.; Steininger, M. 2004. Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro. *Conservação Internacional*, Brasília, DF.
- Marks, P. L. 1974. The role of pin cherry (*Prunus pensylvanica* L.) in the maintenance of stability in northern hardwood ecosystems. *Ecol. Monogr.* 44: 73-85.

- Martins, S. V. 2001. Recuperação de matas ciliares. Editora Aprenda Fácil. Viçosa – MG.
- Mcbride, M. B.; Blasiak, J. J. 1979. Zinc and copper solubility as a function of pH in an acid soil. *Soil Science Society of America. Journal* **43**: 866-870.
- Mendes, R.C.A. 1989. Restrições físicas ao crescimento radicular num Latossolo muito argiloso. Dissertação de Mestrado. Universidade Nacional de Brasília, Brasília, DF. 81f.
- Mendonça, R. C.; Fefili, J. M.; Walter, B. M. T.; Silva Junior, M. C.; Rezende, A. V.; Filgueiras, T. S.; Nogueira, P. E.; Fagg, C. W. 2008. Flora vascular do Bioma Cerrado: checklist com 12.356 espécies. In: Sano, S. M.; Almeida, S. P.; Ribeiro, J. F. Cerrado: ecologia e flora. Embrapa Cerrados, Planaltina-DF. V2. 1279p.
- Miranda, H.S.; Bustamante, M.; Miranda, A.C. 2002. The fire factor. Pp. 51-68. In: Oliveira, P.S. & Marquis, R.J. (eds.). *The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of Neotropical Savanna*. New York, Columbia University Press.
- Mittermeier, R.A.; Gil, P.R.; Hoffmann, M.; Pilgrim, J.; Brooks, T.; Mittermeier, C. G.; Lamoreux, J.; Fonseca, G.A.B. 2004. Hotspots Revised: Earth's biologically and most endangered terrestrial ecoregions. Cidade do México, CEMEX.
- Montalvo, A.M.; Williams, S.L.; Rice, K.J.; Buchmann, S.L.; Cory, C.; Handel, S.N.; Nabhan, G.P.; Primack, R.; Robichaux, R.H. 1997. Restoration Biology: A population biology perspective. *Restoration Ecology* **5**: 277-290.
- Moral, R. O. G. E. R. 1999. Plant Succession on Pumice at Mount St. Helens, Washington. *The American Midland Naturalist* **141**(1): 101-114.
- Motta, P. E. F.; Curi, N.; Franzmeier, D. P. 2002. Relation of Soils and Geomorphic Surfaces in the Brazilian Cerrado. In: Oliveira, P. S.; Marquis, R. J. (Eds). *The Cerrados of Brazil Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna*. Columbia University Press. New York. 368pp.
- Müller-Dombois, D. & Ellenberg, H. 1974. *Aims and methods in vegetation ecology*. New York, John Wiley and Sons.
- Murty, D.; Kirschbaum, M. U. F.; McMurtrie, R. E.; McGilvrey, H. 2002. Does conversion of forest agricultural land change soil carbon and nitrogen? A review of the literature. *Global Change Biology* **8** (2): 105-123.
- Myers, N.; Mittermeier, R. A.; Mittermeier, C.G.; Fonseca, G.A.B.; Kent, J. 2000. Biodiversity hotspots for consevation priorities. *Nature* **403**: 853-858.
- Nardoto, G. B.; Souza, M. P.; Franco, A. C. 1998. Estabelecimento e padrões sazonais de produtividade de *Kielmeyera coriacea* (Spr) Mart. nos cerrados do Planalto Central: efeitos do estresse hídrico e sombreamento. *Revta. brasil. Bot.* **21**(3).
- Nogueira, S. S. S. & Manfredini, S. 1983. Influência da compactação do solo no desenvolvimento da soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* **18** (9):973-976.
- Oliveira-Júnior, E. N.; Santos, C. D.; Abreu, C. M. P.; Corrêa, A. D.; Santos, J. Z. L. 2003. Análise nutricional da fruta-de-lobo (*Solanum lycocarpum* St. Hil.) durante o amadurecimento. *Ciênc. agrotec.* **27** (4):846-851.
- Oliveira, F. F. 2006. Plantio de espécies nativas e uso de poleiros artificiais na restauração de uma área perturbada de cerrado sentido restrito em ambiente urbano no Distrito Federal, Brasil. Universidade de Brasília, Brasília. 155 pp.

- Oliveira, S.C.C.; Ferreira, A. G.; Borghetti, F. 2004a. Efeito alelopático de folhas de *Solanum lycocarpum* A. St.-Hil. (Solanaceae) na germinação e crescimento de *Sesamum indicum* L. (Pedaliaceae) sob diferentes temperaturas. *Acta bot. bras.* **18**(3): 401-406.
- Oliveira, T. D.; Ribeiro, M. C.; Costa, I. L. L.; Faria, F. S.; Figueira, J. E. 2004b. Estabelecimento de espécies vegetais em um inselberg granítico de mata atlântica. *Revista Estudos de Biologia* **26** (57):17-24.
- Oliveira-Filho, A. T. & Oliveira, L.C.A. 1988. Biologia floral de uma população de *Solanum lycocarpum* A. St. Hil. (Solanaceae) em Lavras, MG. *Revista Brasileira de Botânica* **11**:23-32.
- Oliveira-Filho, A. T. & Ratter, J. A. 2002. Vegetation physiognomies and woody flora of the Cerrado Biome. Pp. 91-120. In: Oliveira, P. S. & Marquis, R. J. (eds.) *The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of neotropical savanna*. New York, Columbia University Press.
- Padilla, F. M.; Pugnaire, F. I. 2006. The role of nurse plants in the restoration of degraded environments. *Front Ecol Environ* **4**(4): 196–202.
- Palmer, M.A.; Ambrose, R.F.; Poff, N.L. 1997. Ecological theory and community restoration. *Restoration Ecology* **5**: 291-300.
- Parker, V. T. 1997. The scale of successional models and restoration objectives. *Restoration Ecology* **5**(4): 301-306.
- Passos, F. B. 2009. *Solanum lycocarpum* A. St.-Hil. e poleiros artificiais na restauração de área perturbada de Cerrado sentido restrito. Universidade de Brasília, Brasília. 88 pp.
- Pedrotti, A.; Pauletto, E. A.; Crestana, S.; Ferreira, M. M.; Dias Júnior, M. S.; Gomes, A. S.; Turatti, A. L. 2001. Resistência mecânica à penetração de um planossolo submetido a diferentes sistemas de cultivo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* **25**:521-529.
- Pereira, A.M.S. & Ribeiro, J.F. 2007. Cerrado: reserva genética ameaçada. Pp. 13-36. In: Pereira, A.M.S. (ed.). *Recursos Genéticos e Conservação de Plantas Medicinais do Cerrado*. 1 ed. Ribeirão Preto, Legis Summa Ltda. v.1.
- Pereira, R. A. 1990. Influencia de Fatores Edáficos Sobre a Revegetação Natural de Áreas de Empréstimo em Latossolos sob Cerrado. Dissertação de Mestrado em Ecologia, Universidade de Brasília, 133 p.
- Pivello, V. R. 2008. Invasões biológicas no Cerrado brasileiro: efeitos da introdução de espécies exóticas sobre a biodiversidade. *Ecologia.Info* 33. As invasões Biológicas no Cerrado Brasileiro. Disponível em <<http://www.ecologia.info/cerrado.htm>>.
- Pivello, V.R. & Coutinho, L.M. 1996. A qualitative successional model to assist in the management of Brazilian cerrados. *Forest Ecology and Management* **87**: 127-138.
- Pivello, V. R.; Shida, C. N.; Meirelles, S. T. 1999. Alien grasses in Brazilian savannas: a threat to biodiversity. *Biodiversity & Conservation* **8**:1281-1294.
- Primavesi, A. 1981. A agricultura em regiões tropicais. *Manejo Ecológico do Solo*. Livraria Nobel AS. 541 p. 3ª edição, RJ.
- Pugnaire, F. I.; Armas, C.; Valadares, F. 2004. Soil as a mediator in plant-plant interactions in a semi-arid community. *Journal of Vegetation Science* **15**: 85-92.
- Quinn, G. & Keough, M. 2002. *Experimental Design and Data Analysis for Biologists*. Cambridge University Press. New York.

- Ranzani, G. 1971. Solos do Cerrado do Brasil. In: Simpósio sobre o Cerrado, 3, São Paulo, São Paulo, USP .pp.26-43.
- Ratter, J. A.; Ribeiro, J. F.; Bridgewater, S. 1997. The Brazilian Cerrado Vegetation and Threats to its Biodiversity. *Annals of Botany* **80**: 223-230.
- Reatto, A.; Correia, J. R.; Spera, S. T. 1998. Solos do bioma Cerado: aspectos pedológicos. In Sano, S.M. & Almeida, S.P. (eds) *Cerrado: ambiente e flora*, pp. 47-86. Embrapa-CPAC, Planaltina.
- Reatto, A.; Correia, J. R.; Spera, S. T.; Martins, E. S. 2008. Solos do Bioma Cerrado: aspectos pedológicos. In: *Cerrado: Ecologia e flora* (eds. Sano, S. M.; Almeida, S. P.; Ribeiro, J. F.). v.1.il. pp. 106-149. Embrapa Cerrados - Brasília, DF.
- Reis, A.; Bechara, F.C.; Espíndola, M.B.; Vieira, N.K.; Souza, L.L. 2003a. Restauração de áreas degradadas: a nucleação como base para incrementar os processos sucessionais. *Natureza & Conservação* **1**: 28-36.
- Reis, A.; Rogalski, J.; Berkenbrock, I.S.; Bourscheid, K. 2003b. A Nucleação Aplicada à Restauração Ambiental. *Anais Seminário Nacional degradação e recuperação ambiental*. Sobrade, Foz do Iguaçu.
- Reis, A.; Zambonin, R. M.; Nakazono, E. M. 1999. Recuperação de áreas florestais degradadas utilizando a sucessão e as interações planta-animal. *Série Cadernos da Biosfera 14*. Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica. Governo do Estado de São Paulo. São Paulo, 42 p.
- Ribeiro, J.F. & Walter, B.M.T. 1998. Fitofisionomias do bioma Cerrado. Pp. 87-166. In: S.M. Sano & S.P. Almeida (ed.). *Cerrado: ambiente e flora*. Planaltina, Embrapa-CPAC.
- Ribeiro, J.F. & Walter, B.M.T. 2008. As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: Sano, S.M.; Almeida, S.P.; Ribeiro, J.F. (eds.) *Cerrado: Ecologia e Flora*. Pp. 151-212. Embrapa Cerrados, Brasília-DF.
- Ricklefs, R.E. 2003. *A economia da natureza*. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro.
- Rodrigues, F. H. G. 2002. *Biologia e conservação do lobo-guará na estação ecológica de águas emendadas*, DF. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas. 105 pp.
- Rodrigues, R.R. & Gandolfi, S. 1996. Recomposição de florestas nativas: princípios gerais e subsídios para uma definição metodológica. *Revista Brasileira de Horticultura Ornamental* **2**: 4-15.
- Rodrigues, R.R. & Gandolfi, S. 2000. Conceitos, tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares. Pp. 235-247. In: R.R. Rodrigues & H.F. Leitão-Filho (eds.). *Matas ciliares: conservação e recuperação*. São Paulo, Universidade de São Paulo.
- Rylands, A.B.; Fonseca, M.T.; Machado, R.B.; Cavalcanti, R.B. 2004. Brazil. In: Spalding, M.; Chape, S.; Jenkins, M. (eds.). *The State of the World's Protected Areas*. Cambridge, United Nations Environment Programme and World Conservation Monitoring Centre In press.
- Sale, P. F. 1977. Maintenance of a high diversity in coral reef fish communities. *Am. Nat* **111**:337-359.
- Salomão, A.N.; Sousa-Silva, J.C.; Davide, A.C.; Gonzáles, S.; Torres, R.A.A.; Wetzel, M.M.V.S.; Firetti, F. & Caldas, L.S. 2003. *Germinação de Sementes e Produção de Mudanças de Plantas do Cerrado*. Rede de Sementes do Cerrado. Brsília. 96 p.

- Sá, M. A. C. & Santos Junior, J. D. G. 2005. Compactação do solo: consequências para o crescimento vegetal. Documentos 136. Embrapa Cerrados, Planaltina, DF. 26 p.
- Sá, M. A. C.; Santos-Junior, J. D. G.; Miranda, L. N. 2007a. Avaliação do intervalo hídrico ótimo e sua relação com a produtividade e a massa de raízes de feijoeiro em sistema de plantio direto e preparo convencional do solo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 194. Embrapa Cerrados. Planaltina-DF.
- Sá, M. A. C.; Santos Júnior, J. D. G.; Resck, D. V. S.; Ferreira, E. A. B.; Franz, C. A. B. 2007b. Minipenetrômetro dinâmico para determinação da resistência à penetração em amostras de solo indeformadas. Pesq. agropec. bras. **42**:1659-1662.
- Santos, M. O.; Coelho, A. D. F.; Montanari, R. M.; Pinto, E. S.; Viccini, L. F. 2002. Variabilidade genética entre populações de lobeira (*Solanum lycocarpum* St. HIL.). Floresta e Ambiente **9** (1): 158–164.
- Scarano, F. R. 2000. Marginal plants: functional ecology at the Atlantic Forest periphery. In: Cavalcanti, T. B. & Walter, B. M. T. (Ed.). Tópicos atuais em botânica. Brasília: Embrapa. Sociedade Botânica do Brasil, p.176-182.
- Scarano, F. R. 2002. Structure, Function and Floristic Relationships of Plant Communities in Stressful Habitats Marginal to the Brazilian Atlantic Rainforest. Annals of Botany **90**: 517-524.
- Schulze, E.D.; Beck, E.; Müller-Hohenstein, K. 2005. Plant Ecology. Spring-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- Scurlock, J. M.; Hall, D. O. 1998. The global carbon cycle: a grassland erspective. Global Change Biology **4**: 229-233.
- Silva, J.A.; Silva, D.B.; Junqueira, N.T.V.; Andrade, L.R.M. 1994. Frutas nativas do Cerrado. Embrapa, Planaltina.
- Silva, L. M. M.; Aguiar, I. B.; Rodrigues, T. J. D. 2001. Seed germination of *Bowdichia virgilioides* Kunth, under water stress. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental **5** (1): 115-118.
- Smythe, N. 1986. The importance of mamals in neotropical Forest management. In: Cólón, J. C. (Ed.). Management of the forests of Tropical America: prospects and technologies. Puerto Rico: USDA Forest Service, p. 79-98.
- Soares, J. J.; Souza, M. H. A. O.; Lima, M. I. S. 2006. Twenty years of post-fire plant succession in a “Cerrado”, São Carlos, SP, Brazil. Braz. J. Biol., **66**(2B): 587-602.
- Souza, L.S.; Velini, E.D.; Martins, D.; Rosolem, C.A. 2006. Efeito alelopático de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) sobre o crescimento inicial de sete espécies de plantas cultivadas. Planta Daninha **24** (4):657-668.
- Tansley, A. G. 1935. The use and abuse of vegetational concepts and terms. Ecology **16**: 284-307.
- Taylor, H. M. & Brar, G. S. 1991. Effect of soil compaction on root development. Soil and Tillage Research **19**:111 -119.
- Tecco, P. A.; Gurvich, D. E.; Díaz, S.; Pérez-Harguindeguy, N.; Cabido, M. 2006. Positive interaction between invasive plants: The influence of *Pyracantha angustifolia* on the recruitment of native and exotic woody species. Austral Ecology **31**:293–300.

- Terborgh, J. 1986. Keystone plant resources in the Tropical Forest. In: Soulé, M. E. (Ed.). Conservation biology: the science of scarcity and diversity. Sunderland: Sinauer Associations, p. 330-344.
- Ter Braak, C. J. F. 1986. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analyses. *Ecology* **67**: 1169-1179.
- Unesco. 2002. Vegetação do Distrito Federal: tempo e espaço. Uma avaliação multitemporal da perda de cobertura vegetal no DF e da diversidade florística da Reserva da Biosfera do Cerrado - Fase I. UNESCO, Brasília.
- Vidal, M. C.; Stacciarini-Seraphin, E.; Câmara, H. H. L. L. 1999. Crescimento de plântulas de *Solanum lycocarpum* St. Hil. (lobeira) em casa de vegetação. *Acta Botanica Brasilica* **13**:271-275.
- Vieira, D. L. M. 2006. Regeneração natural de florestas secas: implicações para a restauração. Tese de doutorado. Universidade de Brasília. Brasília, DF. 114 pp.
- Walker, B.H. & Noy-Meier, I. 1982. Aspects of the stability and resilience of savanna ecosystems. In *Ecology of tropical savannas* (eds B.J. Huntley & B.H. Walker), pp. 556-590. Springer-Verlag, Berlin.
- Weltzin, J.F. & McPherson, G.R. 1999. Facilitation of conspecific seedling recruitment and shifts in temperate savanna ecotones. *Ecol. Monogr.* **64**: 513-534.
- White, P.S. & Pickett, T.A. 1985. Natural disturbances and patch dynamics: an introduction. In *The ecology of natural disturbance and patch dynamics*. (eds T.A. Pickett & P.S. White), pp. 3-13. Academic Press, New York.
- Whitmore, T.C. 1989. Canopy gaps and the two major groups of forest trees. *Ecology* **70**: 536-538.
- Whittaker, R. H. 1953. A consideration of climax theory: the climax as a population and pattern. *Ecol. Monog.* **23**: 41-78.
- Williams, S. M & Weil, R. R. 2004. Crop cover root channels may alleviate soil compaction effects on soybean crop. *Soil Science Society of America Journal* **68** (4):1403-1409.
- Xiong, S. & Nilsson, C. 1999. The Effects of Plant Litter on Vegetation: A Meta-Analysis. *Journal of Ecology* **87** (6): 984-994.
- Yarranton, G. A., & Morrison, R. G. 1974. Spatial dynamics of a primary succession: nucleation. *Journal of Ecology* **62**:417-428.
- Young, T. P. 2000. Restoration ecology and conservation biology. *Biological Conservation*, **92**, 73-83.
- Zachar, D. 1982. Soil erosion: developments in soil science. New York: Elsevier Scientific, 547p.
- Zaidan, L. B. P. & Carreira, R. C. 2008. Seed germination in Cerrado species. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, **20**(3):167-181.
- Zanini, L. & Ganade, G. 2005. Restoration of Araucaria Forest: The Role of Perches, Pioneer Vegetation, and Soil Fertility. *Restoration Ecology* **13** (3): 507-514.