

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

**RELAÇÃO ENTRE PARÂMETROS DE RADIAÇÃO SOLAR E
ESPÉCIES HERBÁCEO-SUBARBUSTIVAS DE CERRADO
SENTIDO RESTRITO NO JARDIM BOTÂNICO DE BRASÍLIA**

Aluna: Emilia Pinto Braga

Orientador: John Du Vall Hay

Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação em Ecologia como parte dos requisitos para a obtenção do título de mestre em Ecologia da Universidade de Brasília (UnB).

Brasília, DF

Ago/2010

EMILIA PINTO BRAGA

**RELAÇÃO ENTRE PARÂMETROS DE RADIAÇÃO SOLAR E
ESPÉCIES HERBÁCEO-SUBARBUSTIVAS DE CERRADO
SENTIDO RESTRITO NO JARDIM BOTÂNICO DE BRASÍLIA**

Banca Examinadora:

Professor Dr. John Du Vall Hay
Departamento de Ecologia/UnB
Orientador

Professora Dra. Beatriz Schwantes Marimon
Universidade do Estado de Mato Grosso/UNEMAT
Examinador Externo

Professor Dr. Raimundo Paulo Barros Henriques
Departamento de Ecologia/UnB
Examinador Interno

“Ao infinito e além!”

(Buzz Lightyear)

Aos meus irmãos Michele e Júlio,
com muito amor,
dedico.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por mostrar-me o caminho da ciência da vida, manter-me firme nos propósitos que traçamos juntos e por resguardar minha integridade física e mental (ou o que restou delas), e aos meus mentores que sempre me acompanham e me desviam dos maus caminhos.

Agradeço ao professor John Du Vall Hay, pela confiança, apoio e orientação no meu ímpeto de encarar sem medo (ou com um pouquinho, sim) as temidas herbáceas do Cerrado. Não foi fácil, mas ninguém disse que seria. Muito obrigada, e que agora venham os maléficis pinheiros invasores!

Ao CNPq, pela bolsa concedida; à Universidade de Brasília, pelo apoio financeiro e pela concessão da moradia; ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia, pela oportunidade do curso; pelos grandes e queridos professores que, dentro e fora de sala, me ensinaram a observar, pensar e questionar como gente grande.

Aos membros da banca, professora Bia Marimon, que conheci em uma ocasião especial de muita vivência e aprendizado, e professor Raimundinho, que assistiu de camarote muitos dos momentos sofridos de campo e percebeu o quanto (em kg) essa pesquisa me consumiu. Muito obrigada pelas suas contribuições.

Agradeço também aos funcionários do Jardim Botânico de Brasília que me ajudaram sobremaneira na realização dessa pesquisa, seja “dando um bonde” (Junior e Eliel), seja “olhando pras caras” das amostras coletadas e determinando (Mariana, Dina, Nuno e João). Foram dias muito felizes enquanto estive no Herbário, culpa de vocês.

Aos que caminharam ao meu lado por esses dois anos, convivendo, compartilhando e ensinando que amigos estão aqui para todas as horas, para sorrir e para discutir listas de exercícios de estatística nas madrugadas e finais de semana: Babi, Ísis, Fabricius, trio ternura (Mariiiiiiiiiina, Cecília e Camila), Xexa (Xuxu), Clarisse, Samuel Seriemmo, Raymundo (jerimunzinho-de-leite), Angel e especialmente ao tio Fred, pelas boas conversas sobre delineamento experimental e análises. Com vocês aprendi que, quando a coisa apertar, é só chamar o John e pedir o “número mágico”.

Aos amigos que estiveram sempre presentes, Morgana, Sérgio, e agora Bruno.

Um agradecimento especial ao meu braço-de-ferro, ombro amigo, conselheiro, estagiário, consultor, revisor, tradutor, técnico, e, principalmente, amigo Adriano. Só o mí!

Ao meu amigo e amor, Vinícius, que me acompanha há mais de um ano na minha peleja; por me compreender na maioria das vezes, por me ouvir, por me falar, por querer aprender sobre os bichinhos e sobre as plantinhas, por me ensinar a ser mais leve, por rir de minhas bobagens, por me fazer rir também. E por me ensinar que duas pessoas podem estar unidas sem, obrigatoriamente, estarem juntas. Vida longa e próspera para nosso amor, nhóm!

Aos colegas virtuais (do Twitter, principalmente) que, por tantas vezes, fizeram companhia nas madrugadas, contribuindo para a procrastinação do mundo, à perda coletiva de tempo e ao compartilhamento de links inúteis. Obrigada, SEUS LINDOS!

Agradeço especialmente aos meus tios Sérgio e Lígia, e ao meu avô Ralph e sua esposa, D. Ritinha, por auxiliarem minha permanência nessa cidade fantástica e onerosa.

E por último, e muito mais importante, agradeço ao apoio dos meus pais, dos meus irmãos, o amor dos meus sobrinhos e a saudade de todos da minha família.

A todos, meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

RESUMO	ii
ABSTRACT	iii
LISTA DE FIGURAS	iv
LISTA DE TABELAS	vi
1 INTRODUÇÃO	7
2 JUSTIFICATIVA	13
3 HIPÓTESE	14
4 MATERIAL E MÉTODOS	14
4.1 Área de estudo	14
4.2 Amostragem da vegetação	16
4.3 Análise fitossociológica	18
4.4 Fotografias hemisféricas	20
4.5 Análises dos dados	21
4.5.1 Diversidade	21
4.5.2 Classificação por agrupamentos	22
4.5.3 Correlação entre espécies e parâmetros ambientais	23
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
5.1 Composição florística e análise fitossociológica	24
5.2 Classificação por agrupamentos	38
5.3 Variação biótica pela incidência de luz	43
6 CONCLUSÃO	56
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58

RESUMO

As savanas ocorrem na faixa tropical entre 20° de latitude norte e sul, cobrindo cerca de 20% da superfície terrestre. Consistem de um ambiente onde há co-dominância entre cobertura herbácea e lenhosa, onde a proporção entre esses componentes pode variar grandemente. Os determinantes primários das fisionomias são a umidade e os nutrientes disponíveis para as plantas, e atuam como determinantes secundários o fogo, a herbivoria e o manejo da paisagem. A radiação solar é um fator secundário na determinação de espécies herbáceo-subarbustivas, e são escassos os estudos que a contemplam como fator regulador na ocorrência e dominância de espécies. É sabido que a presença de arbustos e arvoretas pode alterar a fenologia, composição, distribuição espacial, alocação de biomassa e a produtividade do componente herbáceo. O objetivo desta pesquisa foi verificar se há diferença na estrutura e composição do estrato herbáceo-subarbustivo de Cerrado sentido restrito entre dois períodos distintos de regime hídrico, e se a radiação direta e indireta contribui para essa variação. A pesquisa foi realizada em cerrado sentido restrito de interflúvio na Estação Ecológica do Jardim Botânico de Brasília. Foram instaladas 25 linhas de 5 metros de comprimento, e o método de inclusão foi o de interceptação na linha. As análises fitossociológicas foram realizadas com as frequências e coberturas lineares de cada espécie em junho e novembro de 2009. As variáveis de radiação (radiação direta - DSF, indireta - ISF, global - GSF e índice de área foliar - LAI) foram obtidas através de fotografias hemisféricas. Com as variáveis, foi realizada uma análise de componentes principais (PCA) e, com os coeficientes do eixo 1, realizadas regressões com as dominâncias de cada espécie por linha e por período. Foram registradas 82 espécies, pertencentes a 31 famílias. O hábito mais frequente foi o herbáceo (58%), seguido de subarbusto (37%) e lianas (5%). As famílias dominantes foram Poaceae, Myrtaceae, Fabaceae, Rutaceae e Burseraceae. A diversidade registrada foi de $H' = 3,04$ e equabilidade $J = 0,70$ nos dois períodos. Apesar da retração, expansão e substituição de espécies entre os períodos de observação, não houve diferença significativa entre os períodos. Já as variáveis de radiação apresentaram diferença significativa entre os períodos, com aumento do LAI e diminuição de DSF, ISF e GSF. Os maiores valores, em módulo, da PCA foram de LAI e DSF. As regressões entre o eixo 1 da PCA e as dominâncias das espécies mostraram que 28 espécies estiveram de alguma forma relacionadas às variáveis de radiação estudadas. A radiação solar atua, em cerrado sentido restrito, como um determinante secundário na ocorrência e dominância de algumas espécies de herbáceas e subarbustos, porém com poder de explicação geralmente baixo, evidenciando haverem, conjuntamente, outras variáveis ambientais influenciando.

Palavras-chave: Jardim Botânico de Brasília; savana; determinantes secundários; camada rasteira; ecofisiologia; correlação.

ABSTRACT

Savannas are terrestrial tropical ecosystems that occur between latitudes 20 North and South, covering approximately 20% of the land area. They consist of a co-dominance of woody and herbaceous cover and the proportion of these components can vary over a large scale. The primary determinants of the physiognomies are humidity and available nutrients for the plants while fire, herbivory and management of the landscape act as secondary determinants. Solar radiation is a secondary factor in the determination of the herbaceous-subshrub species component and there are few studies that contemplate this factor in the regulation of the occurrence and dominance of species. It is well known that the presence of shrubs and small trees may alter the phenology, composition, spatial distribution, biomass allocation and productivity of the herbaceous layer. The objective of this study was to verify if there was a difference in the structure and composition of the herbaceous-subshrub component in a cerrado sensu stricto in two distinct hydrological periods and if direct and indirect solar radiation contributed to this difference. This study was done in a Cerrado sensu stricto in the interfluvial region of the Ecological Station of the Botanic Garden of Brasilia. Twenty-five lines, each five meters long, were established and data were collected using the line intercept method in June and November 2009. Phytosociology analyses were done using data on frequency and linear coverage of each species encountered at each sampling date. The solar radiation variables (direct site factor – DSF, indirect site factor – ISF, global site factor – GSF and leaf area index – LAI) were obtained with hemispherical photographs. A principal component analysis (PCA) was done using these variables and a regression analysis was done for each sampling period using the coefficients from axis 1 as the independent variable and the dominance of each species as the dependent variable. A total of 82 species in 31 families were recorded along the lines. The most frequent habit was herbaceous (58%) followed by subshrub (37%) and lianas (5%). The dominant families were Poaceae, Myrtaceae, Fabaceae, Rutaceae and Burseraceae. The diversity ($H' = 3.05$) and equitability ($J = 0.70$) were constant for both collection dates. In spite of the retraction, expansion and substitution of species between the periods, no significant difference was observed. However, the variables associated with solar radiation did have significant differences, with an increase in LAI and decrease in DSF, ISF and GSF in November. The highest values in the PCA were for LAI and DSF. The regressions indicated that 28 species had a significant relationship with the measured variables. Solar radiation acts, in cerrado sensu stricto, as a secondary determinant in the occurrence and dominance of some herbaceous and subshrub species, however with a low predictive value, suggesting the concurrent influence of other variables.

Key-words: Brasilia Botanical Garden, savanna, secondary determinants, herbaceous layer, solar radiation.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Classificação das savanas de acordo com a relação de umidade (PAM) e de nutrientes (PAN) disponíveis para as plantas. O Cerrado é caracterizado como uma savana úmida, com poucos nutrientes no solo (Fonte: Frost *et al.*, 1986). 8
- Figura 2.** Distribuição do bioma Cerrado no Brasil. A maior área hachurada representa a área *core*, e as pequenas manchas são disjunções e encraves (Fonte: Mistry, J. 2000). 8
- Figura 3.** Desenho esquemático da Reserva da Biosfera do Cerrado, que inclui o Jardim Botânico de Brasília como zona núcleo. Foi o primeiro Ato de reconhecimento internacional da importância do Cerrado Brasileiro, reforçado pela Lei Distrital nº 742 de 28/07/94 (Fonte: Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SEMARH/DF). 15
- Figura 4.** Distribuição espacial das linhas no Cerrado sentido restrito de interflúvio da Estação Ecológica do Jardim Botânico de Brasília, DF (Fonte: Google Maps, modificado). 17
- Figura 5.** Representação da amostragem na linha: (UA) unidade de área de 1 m; (a) comprimento da porção da linha interceptada pela projeção perpendicular da folhagem de um indivíduo herbáceo. (Adaptado de Meirelles *et al.*, 2002, p.63). 18
- Figura 6.** Valores de cobertura relativa de ervas, subarbustos e lianas de cerrado sentido restrito nos meses de junho e novembro do ano de 2009, na Estação Ecológica do Jardim Botânico de Brasília. 32
- Figura 7.** Valores de cobertura e frequência relativas médias (%) obtidas no ano de 2009, para as oito famílias mais abundantes da flora herbáceo-subarbusativa do cerrado sentido restrito da Estação Ecológica do Jardim Botânico de Brasília, DF. 33
- Figura 8.** Cobertura Relativa das cinco famílias mais representativas da flora herbáceo-subarbusativa do cerrado sentido restrito da Estação Ecológica do Jardim Botânico de Brasília, DF, nos períodos de junho e novembro de 2009. 33
- Figura 9.** Frequência Relativa das cinco famílias mais representativas da flora herbáceo-subarbusativa do cerrado sentido restrito da Estação Ecológica do Jardim Botânico de Brasília, DF, nos períodos de junho e novembro de 2009. 34
- Figura 10.** Valores de cobertura e frequência relativas médias (%) obtidas no ano de 2009, para as dez espécies mais abundantes da flora herbáceo-subarbusativa do cerrado sentido restrito da Estação Ecológica do Jardim Botânico de Brasília, DF. Nomes completos das espécies estão listados na Tabela 1. 35
- Figura 11.** Curva espécie-área das espécies herbáceo-subarbusativas inventariadas em cerrado sentido-restrito no Jardim Botânico de Brasília, DF. A área hachurada representa o erro padrão da média dos valores observados, calculados por aleatorização dos dados originais. 37

- Figura 12.** Dendrograma de similaridade das 25 linhas de amostragem de vegetação herbáceo-subarbusciva de cerrado sentido restrito na Estação Ecológica do Jardim Botânico de Brasília. A linha pontilhada equivale a 50% das informações de riqueza e abundância, e forma três grupos-comunidades, circulos diferentes. 38
- Figura 13.** Representação dos três grupos-comunidades formados a partir da análise aglomerativa de similaridade florística das 25 linhas instaladas em cerrado sentido restrito no Jardim Botânico de Brasília, no ano de 2009. 39
- Figura 14.** Dendrograma gerado por TWINSpan mostrando a classificação hierárquica das 25 linhas de amostragem depois de dois níveis de divisão. Em cima das caixas está o número de linhas classificadas em cada grupo, e cada divisão realizada está com seu valor latente (*eigenvalue*) relativo. 40
- Figura 15.** Representação dos grupos gerados por TWINSpan. Os grupos resultantes mostram um gradiente de vegetação que vai do circulado em linha contínua para o pontilhado. Os grupos resultantes estão no dendrograma de TWINSpan na figura 14. 41
- Figura 16.** Dendrograma de similaridade baseado na presença ou ausência de espécies relacionadas nos inventários realizados em três fitofisionomias (Campo Limpo – CL; Campo Sujo – CS e Cerrado sentido restrito – CE). As espécies das três fitofisionomias encontram-se na mesma Área de Preservação Ambiental. Os dados dos anos de 2000 são referentes à Munhoz & Felfili (2006), de 2007 são referentes à Amaral (2008), e 2009 é referente ao presente estudo. 42
- Figura 17.** Representação gráfica dos dois primeiros eixos da Análise de Componentes Principais (PCA) e as 25 linhas de amostragem de cerrado sentido restrito da Estação Ecológica do Jardim Botânico de Brasília, DF para o período de junho/2009. Valores altos de coeficientes do eixo 1 indicam sítios com maiores índices de área foliar (LAI) e menores valores de radiação solar direta (DSF). 47
- Figura 18.** Representação gráfica dos dois primeiros eixos da Análise de Componentes Principais (PCA) e as 25 linhas de amostragem de cerrado sentido restrito da Estação Ecológica do Jardim Botânico de Brasília, DF para o período de novembro/2009. Valores altos de coeficientes do eixo 1 indicam sítios com maiores índices de área foliar (LAI) e menores valores de radiação solar direta (DSF). 48
- Figura 19.** Correlação entre os coeficientes do eixo 1 da Análise de Componentes Principais (PCA) e a dominância de três espécies ocorrentes no cerrado sentido restrito da Estação Ecológica do Jardim Botânico de Brasília, no período de junho de 2009. Cada gráfico tem discriminado a espécie referente, seu coeficiente de determinação (r^2) e o valor de p . 54
- Figura 20.** Correlação entre os coeficientes do eixo 1 da Análise de Componentes Principais (PCA) e a dominância de três espécies ocorrentes no cerrado sentido restrito da Estação Ecológica do Jardim Botânico de Brasília, no período de novembro de 2009. Cada gráfico tem discriminado a espécie referente, seu coeficiente de determinação (r^2) e o valor de p . 54

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Frequência relativa (FR) e cobertura relativa (CR) (%) das espécies da flora herbáceo-subarbusativa do cerrado sentido restrito da Estação Ecológica do Jardim Botânico de Brasília, DF, em dois diferentes períodos de regimes pluviais no ano de 2009. Para o hábito das espécies, S = subarbusto, E = erva e L = liana. Foram destacados em negrito os dez maiores valores de frequência relativa e cobertura relativa em ambos os períodos. 25
- Tabela 2.** Média e desvio padrão de radiação luminosa indireta (ISF - *Indirect Site Factor*), radiação direta (DSF - *Direct Site Factor*), radiação global (GSF - *Global Site Factor*) e índice de área foliar (LAI - *Leaf Area Index*) de cada linha instalada no cerrado sentido restrito da Estação Ecológica do Jardim Botânico de Brasília no mês de junho de 2009. 44
- Tabela 3.** Média e desvio padrão de radiação luminosa indireta (ISF - *Indirect Site Factor*), radiação direta (DSF - *Direct Site Factor*), radiação global (GSF - *Global Site Factor*) e índice de área foliar (LAI - *Leaf Area Index*) de cada linha instalada no cerrado sentido restrito da Estação Ecológica do Jardim Botânico de Brasília no mês de novembro de 2009. 45
- Tabela 4.** Coeficientes de correlação (Tau), coeficientes de determinação (r^2) e valores p encontrados para cada correlação entre dominância de uma espécie e os coeficientes do eixo 1 da PCA realizada com os parâmetros de radiação. De acordo com o coeficiente de correlação, as espécies foram classificadas como plantas de sol (“sol”) ou plantas tolerantes à sombra (“sombra”). As espécies listadas apresentam hábito herbáceo-subarbusativo e ocorreram na Estação Ecológica do Jardim Botânico de Brasília, DF, em junho e novembro de 2009. *= $p < 0,10$ e **= $p < 0,05$. 49

1 INTRODUÇÃO

As savanas ocorrem na faixa tropical entre 20° de latitude norte e sul, cobrindo cerca de 20% da superfície terrestre, compreendendo porções dos continentes africano e asiático, parte da Austrália, América do Sul e América Central (Cole, 1986).

Ecologicamente, o termo é utilizado para descrever um *continuum* de tipos de vegetação tropical e subtropical em que há co-dominância entre uma cobertura de gramíneas e uma variedade de arbustos e pequenas árvores (Eiten, 1972; Frost *et al.*, 1986). No entanto, a proporção entre árvores e gramíneas pode variar grandemente entre os tipos de savana. No Brasil, Ribeiro & Walter (1998) descrevem as paisagens do Cerrado como campestres, savânicas e florestais, dependendo da ocorrência e densidade do estrato arbóreo.

Estas savanas compartilham características estruturais e funcionais comuns que as distinguem como um tipo peculiar de vegetação. As características edáficas são importantes, principalmente a disponibilidade de umidade (PAM – *Plant Available Moisture*) e de nutrientes no solo (PAN – *Plant Available Nutrients*) (Frost *et al.*, 1986) (Fig. 1). Fogo, herbivoria e o manejo da paisagem atuam em diferentes papéis em cada região e são, por conseguinte, considerados como determinantes secundários (Medina, 1987). As diferenças entre estrutura da vegetação e a composição florística variam de acordo com os continentes onde estas são encontradas (Eiten, 1972).

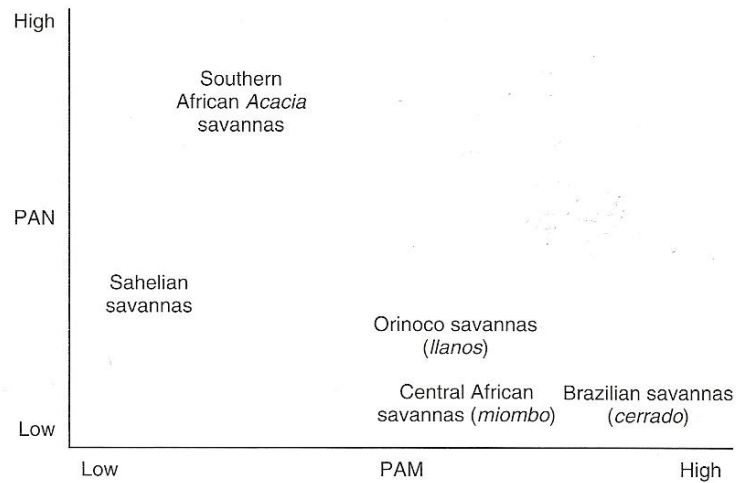


Figura 1. Classificação das savanas de acordo com a relação de umidade (PAM) e de nutrientes (PAN) disponíveis para as plantas. O Cerrado é caracterizado como uma savana úmida, com poucos nutrientes no solo (Fonte: Frost *et al.*, 1986).

O Cerrado é uma formação savânica, e é a segunda maior formação vegetacional do Brasil, cobrindo originalmente cerca de 23% do território nacional (Furley & Ratter, 1988), com área núcleo (*core*) que cobre o Planalto Central, estendendo-se até o Piauí e Maranhão. Também ocorre em forma de disjunções nas regiões Norte e Nordeste e nos estados de São Paulo e Paraná (Eiten, 1972) (Fig. 2).

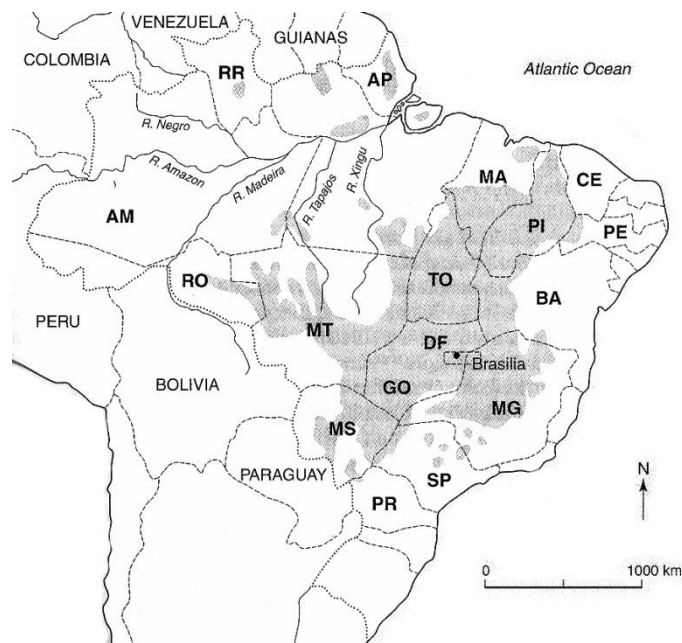


Figura 2. Distribuição do bioma Cerrado no Brasil. A maior área hachurada representa a área *core*, e as pequenas manchas são disjunções e encaves (Fonte: Mistry, J. 2000).

Devido à grande extensão territorial, o Cerrado está exposto a variações climáticas diversas, desde precipitação média anual de menos de 800 mm, no Nordeste do Brasil, a mais de 2.000 mm no extremo Noroeste do Brasil, e temperaturas médias anuais entre 20° e 25° C (Coutinho, 1978; Furley & Ratter, 1988). Essas variações climáticas associadas aos fatores edáficos e à ação do fogo (Eiten, 1972; Coutinho, 1978), topografia e drenagem (Furley & Ratter, 1988) são refletidas na grande variação fisionômica do Cerrado.

Essa variação ambiental resulta em fisionomias denominadas de campo limpo, campo sujo, cerrado sentido restrito (cerrado *stricto sensu*) até cerradão, além da ocorrência de veredas e matas de galeria nas áreas mais úmidas (Eiten, 1972; 1978). Dentre essas fitofisionomias, o cerrado sentido restrito ocupa cerca de 50% do bioma, sendo composto por um estrato herbáceo dominante e um estrato de árvores e arbustos (lenhoso) que variam de 10 a 60% de cobertura (Eiten, 1978; Dias, 1994).

Alguns estudos acerca do balanço entre os estratos herbáceo e lenhoso em diferentes savanas no mundo consideram um desequilíbrio entre eles, e que estes coexistem mantidos por distúrbios ocasionais (Scholes & Walker, 1993; Skarpe, 1991; 1992). Dessa forma, se estivesse livre de distúrbios, o estrato lenhoso tornar-se-ia dominante (Moreira, 1992). No entanto, a dominância do estrato lenhoso está limitada pela capacidade de recursos-suporte do local (Archer *et al.*, 1988; San Jose *et al.*, 1991).

A relação entre o componente arbustivo-herbáceo e o componente arbóreo do Cerrado brasileiro é de 3:1 (Mendonça *et al.*, 1998), podendo variar ainda de 4:1 nas formações savânicas até 1:1 nas formações florestais (Felfili *et al.*, 2001), denotando a importância do estrato herbáceo na formação vegetal predominante no Centro-Oeste (Felfili, 2002).

As fitofisionomias dos campos, cerrados e matas coincidem com as diferenças na umidade dos solos (Cole, 1986; Eiten, 1991; Haridasan, 1991; Ribeiro & Walter, 1998). Onde há grande disponibilidade de água superficial, a predominância é de espécies herbáceas com raízes superficiais, formando os campos limpos úmidos; quando o lençol freático é mais profundo, o estrato arbóreo compensa o déficit hídrico com raízes mais profundas (Goldstein & Sarmiento, 1987). Assim, o equilíbrio dinâmico entre os estratos lenhoso e herbáceo é apontado como consequência das diferentes camadas subterrâneas do solo em que cada um acessa a água (Skarpe, 1991).

Já existem catalogadas mais de 12 mil espécies vegetais do Cerrado (Mendonça *et al.*, 2008). Os fatores bióticos e abióticos que atuam direta ou indiretamente na chegada, estabelecimento e proliferação das espécies proporcionam um alto valor de riqueza e, importante ressaltar, uma alta proporção de endemismos, podendo chegar a mais de 40% da flora (Klink & Machado, 2005). Para o estrato herbáceo-subarbusivo, estimativas sugerem um número de espécies entre 4700 e 7000 (Ratter *et al.*, 1997; Mendonça *et al.*, 1998, 2008; Castro *et al.*, 1999; Walter, 2006).

Se por um lado a flora arbustivo-arbórea do Cerrado é relativamente bem estudada, por outro, o reduzido número de levantamentos da flora herbáceo-subarbusiva restringe seu conhecimento a poucas localidades (Ratter *et al.*, 1997; Castro *et al.*, 1999; Munhoz & Felfili, 2006, 2008). Diante da escassez de estudos para esse componente florístico, os dados são pouco conclusivos (Ratter *et al.*, 1997; Castro *et al.*, 1999; Filgueiras, 2002). Adicionalmente, estudos sobre o componente herbáceo-subarbusivo indicam a ocorrência de grandes mudanças na sua composição entre diferentes regiões, demonstrando tratar-se de uma flora sensível a variações de clima, solo, e intensidade de queimadas, entre outros fatores (Mantovani & Martins, 1993; Filgueiras, 2002; Rebellato & Cunha, 2005).

Em áreas de campo limpo úmido no Distrito Federal e em Goiás, Munhoz & Felfili (2008) encontraram grande heterogeneidade florística, determinada especialmente pelas variações de umidade do solo expressas pelas variações nas condições físicas e texturais. A flutuação da umidade, dos teores de matéria orgânica, e das porcentagens de argila e areia foram preponderantes na distribuição das espécies. Nas duas áreas de campo limpo úmido a riqueza de espécies foi maior na comunidade melhor drenada indicando a existência de uma flora composta por um menor número de espécies com adaptações as condições extremas nos ambientes úmidos.

Já em campo sujo, Munhoz & Felfili (2006) encontraram uma grande riqueza florística e perceberam uma grande similaridade florística entre as linhas, resultante, segundo as autoras, à homogeneidade do solo, onde esta similaridade variou pouco no período de um ano, e o período de estiagem não restringiu o aumento de cobertura de algumas espécies e o aparecimento de outras. Porém a composição florística entre o campo sujo do referido estudo é bastante diferente quando comparada aos estudos de Mantovani & Martins (1993) em São Paulo e de Meirelles *et al.* (2002) no Maranhão com cerrado sentido restrito e de Tannus & Assis (2004) em campo sujo, provavelmente devido às diferenças ambientais e também a fatores bióticos que determinam a distribuição das espécies.

Um dos fatores abióticos que não recebe atenção por ser um fator secundário na ocorrência e distribuição das espécies herbáceo-subarbustivas em savanas é a radiação solar. A presença dos arbustos e arvoretas na paisagem pode alterar a fenologia, composição, distribuição espacial, alocação de biomassa e a produtividade do componente herbáceo (Scholes & Archer, 1997). O estabelecimento, aumento da cobertura e densidade dos arbustos causam alterações no solo e o sombreamento das ervas, resultando no declínio da produtividade das mesmas (Scholes & Archer, 1997).

Lenhosas e herbáceas competem por luz, nutrientes e água, mas árvores podem também incrementar a fertilidade no solo e a disponibilidade de água (Ludwig *et al.*, 2001). Em áreas de Cerrado, não há, entre árvores, a competição por luz, porém ainda não se sabe se, como e quanto a dominância de uma espécie de herbácea ou subarbusto está relacionada à radiação solar.

A flora nativa do Cerrado está sendo destruída muito rapidamente desde que a região central do Brasil foi alvo da expansão econômica nos anos 70, sendo que mais de 40% da região do Cerrado já foi substituída principalmente por pastagens e monoculturas de soja, arroz, milho e eucalipto, além da grande produção de carvão vegetal para fins diversos, sem qualquer cuidado que assegure a sustentabilidade da produção (Dias, 1990).

A despeito de uma larga extensão da região e riqueza da biota, apenas uma pequena percentagem do bioma é preservado, sendo que muitas destas poucas áreas de preservação são mal-localizadas ou possuem um tamanho insuficiente para proteger a biodiversidade (Dias, 1990). Para tanto, faz-se necessário o conhecimento da dinâmica e da relação entre os diferentes estratos vegetais e suas relações com os fatores ambientais nas diferentes fitofisionomias ocorrentes no Cerrado brasileiro, pois somente um sistema bem planejado de unidades de conservação poderá proteger a variedade de paisagens e a herança genética do Cerrado brasileiro (Felfili & Silva Júnior, 1993).

2 JUSTIFICATIVA

A partir do conhecimento científico gerado sobre uma paisagem poderão ser desenvolvidos procedimentos adequados para a preservação e uso sustentável de seus recursos biológicos, pois, com os resultados obtidos em diferentes escalas espaciais, podem-se detectar padrões e compreender fatores determinantes da composição, estrutura e funcionamento dos diversos ecossistemas da Terra.

Raros são os estudos acerca da relação dos componentes herbáceo e lenhoso nas savanas, e, particularmente no Cerrado, esses estudos e suas relações com fatores ambientais praticamente inexistem. Estudos por longo prazo podem fornecer, com mais acerto, os ciclos da dinâmica populacional e da comunidade, tendo potencialmente grande valor, pois estes podem proporcionar comparações interessantes em uma mesma área, sob diversas situações e distúrbios, assim como em áreas similares, sob condições diferentes (Townsend *et al.*, 2006).

Além da necessidade primária do conhecimento científico acerca da vegetação nativa do Centro-Oeste, a compreensão da dinâmica do estrato herbáceo-subarbutivo e sua interação com o estrato arbustivo-arbóreo facilitarão o entendimento da sucessão ecológica do cerrado sentido restrito, podendo, então, servir como instrumento para recuperação de áreas degradadas.

O objetivo desta pesquisa foi verificar as diferenças na estrutura e composição do estrato herbáceo-subarbutivo de Cerrado sentido restrito em dois períodos distintos de regime hídrico, e se a radiação direta e indireta contribui para essa variação.

3 HIPÓTESE

A hipótese global dessa pesquisa é que a sazonalidade, a incidência direta e indireta dos raios solares e o índice de área foliar atuam diretamente na variação da estrutura da comunidade herbáceo-subarbusciva de cerrado sentido restrito.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

O Jardim Botânico de Brasília (JBB), juntamente com a Reserva Ecológica (RECOR) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e a Fazenda Água Limpa (FAL) somam área de aproximadamente 10 mil hectares (ha) na porção sudeste de Brasília, e fazem parte da Área de Proteção Ambiental (APA) do Gama-Cabeça-de-Veado. A APA Gama-Cabeça-de-Veado juntamente com o Parque Nacional de Brasília (PNB) e a Estação Ecológica de Águas Emendadas (EEAA) compõem a área núcleo da Reserva da Biosfera do Cerrado (Fig. 3), protegendo cerca de 46% de vegetação nativa remanescente do Distrito Federal (DF) (UNESCO, 1998).

O JBB situa-se nas coordenadas 15°52'21" S e 47°50'50" W, com 1056 m de altitude, sendo importante área de preservação no DF, pois abriga extensões consideráveis de muitas das fitofisionomias do Cerrado. Possui área de aproximadamente 5000 ha, onde destes, 526 ha são destinados à visitação, e já tiveram parte da sua composição florística e estrutural estudadas (Azevedo *et al.*, 1990) e os outros quase 4500 ha formam a Estação Ecológica do Jardim Botânico de Brasília (EEJBB), área de estudo da presente pesquisa.

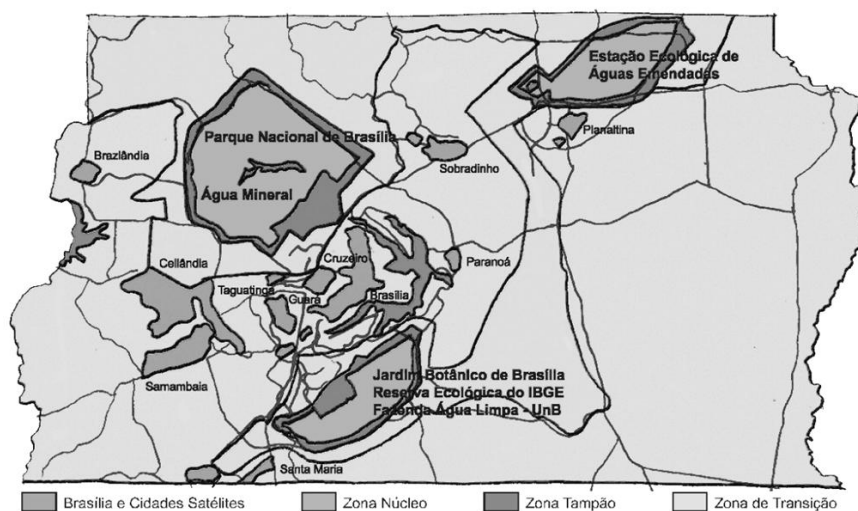


Figura 3. Desenho esquemático da Reserva da Biosfera do Cerrado, que inclui o Jardim Botânico de Brasília como zona núcleo. Foi o primeiro Ato de reconhecimento internacional da importância do Cerrado Brasileiro, reforçado pela Lei Distrital nº 742 de 28/07/94 (Fonte: Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SEMARH/DF).

O cerrado sentido restrito no JBB ocorre em sua área central, onde a declividade do terreno não ultrapassa os 5% e a vertente está na direção do córrego Cabeça-de-Veados (Azevedo *et al.*, 1990). O solo predominante é Latossolo Vermelho-Escuro, um tipo de solo profundo, bem drenado, constituído de horizonte A moderado e proeminente, horizonte B latossólico, com textura de média a muito argilosa, apresentando baixa fertilidade, baixa percentagem de saturação de bases e baixa capacidade de troca catiônica, conferindo-lhe caráter distrófico fortemente ácido, com alta concentração de alumínio nos horizontes superficiais (Embrapa, 1999). O relevo varia de plano a suave ondulado, com declives predominantes variando de 1 a 4% (Cavedon & Sommer, 1990).

De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Aw ou tropical chuvoso, com invernos secos e verões chuvosos (Bucci, 1997). Segundo o

autor, a precipitação média anual no JBB e EEJBB é de $1526 \text{ mm} \cdot \text{ano}^{-1}$, onde a estação seca ocorre no período de maio a setembro e a chuvosa no período de outubro a abril, época que ocorre 80 a 90% da precipitação anual.

A temperatura média varia de 18° a 20°C , sendo os meses de setembro e outubro os mais quentes, com variações de 20° a 22°C , onde, julho é o mês mais frio, com temperatura média entre 16° e 18°C e em setembro registram-se as mais baixas taxas de umidade com valores próximos a 20%, enquanto que na estação chuvosa a umidade do ar é mais alta, entre 70-85% (Adámoli *et al.*, 1985). Essas condições atmosféricas resultam em potencial de evapotranspiração elevado ($1700\text{-}1800 \text{ mm} \cdot \text{ano}^{-1}$), o que acarreta em déficit hídrico (Eiten, 1984).

4.2 Amostragem da vegetação

Foram instaladas 25 linhas de 5m de comprimento cada, totalizando 125 m de área amostrada (Fig. 4). Cada linha foi definida e subdividida metro a metro com varetas de ferro de 40 centímetros (cm) de altura, totalizando cinco unidades amostrais (UA) por linha. As linhas 1 a 10 foram instaladas dentro de parcelas permanentes de $20 \times 50\text{m}$, e as restantes foram posicionadas aleatoriamente, distando entre si em pelo menos 30m. Estas linhas tiveram direções aleatórias, foram piqueteadas e georreferenciadas com Sistema de Posicionamento Global (GPS – *Global Positioning System*), marcadas permanentemente de modo a serem localizadas para futuros estudos de dinâmica.

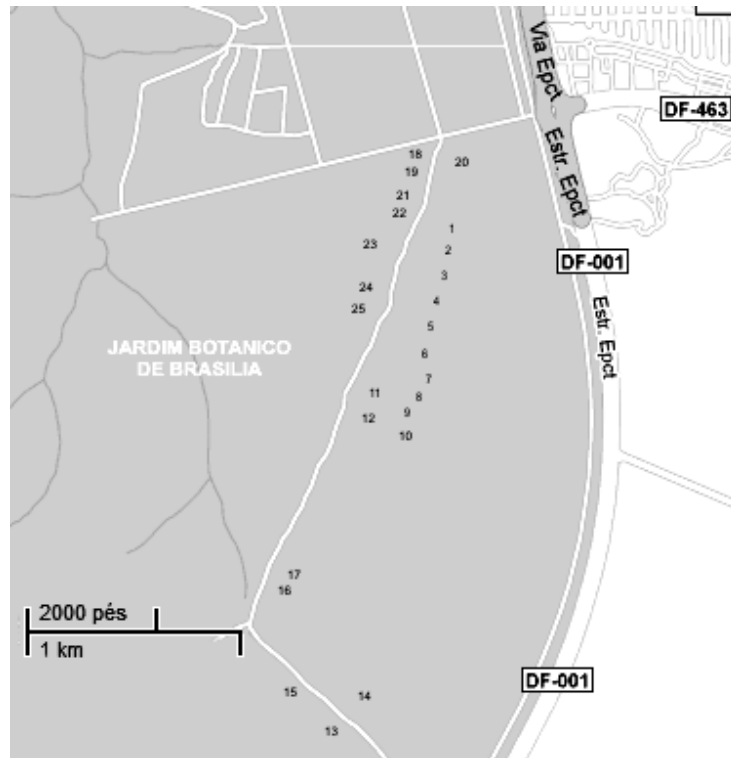


Figura 4. Distribuição espacial das linhas no Cerrado sentido restrito de interflúvio da Estação Ecológica do Jardim Botânico de Brasília, DF (Fonte: Google Maps, modificado).

O método adotado foi o de interceptação na linha (Canfield, 1941; 1950) como utilizado por Munhoz & Felfili (2006). O método consiste em traçar linhas sobre a vegetação a ser amostrada e anotar o comprimento que a linha é interceptada por uma espécie, que, dividido pelo comprimento total das espécies inventariadas sob a linha, estima a proporção da área coberta por aquela espécie. A metodologia de interceptação na linha foi adotada, pois, dentre os métodos mais utilizados para análises fitossociológicas das sinúsias herbácea e subarbustiva, esta se apresenta como uma opção viável na obtenção da diversidade, frequência e cobertura das espécies do estrato herbáceo de cerrado em diferentes fitofisionomias (Meirelles *et al.*, 2002; Munhoz & Felfili, 2006).

Com o auxílio de uma vareta de um metro, demarcada com uma fita métrica, colocada sobre cada UA, foi feita a visualização da projeção horizontal da linha na qual foram considerados todos os indivíduos com hábito herbáceo ou subarbustivo (Fig. 5).

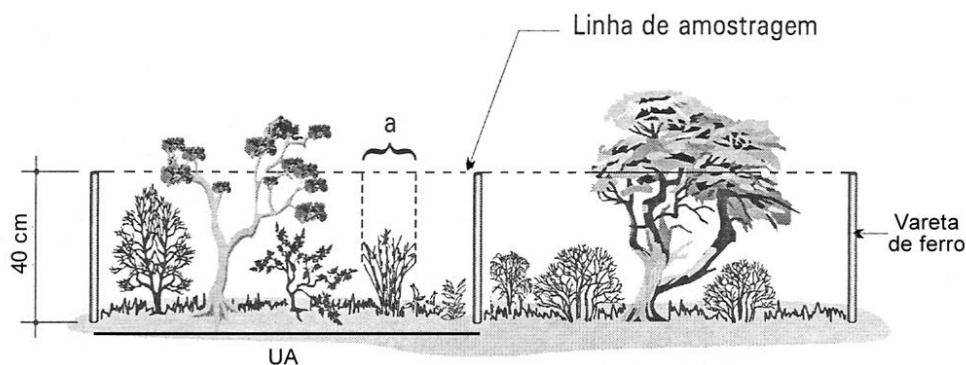


Figura 5. Representação da amostragem na linha: (UA) unidade de área de 1 m; (a) comprimento da porção da linha interceptada pela projeção perpendicular da folhagem de um indivíduo herbáceo. (Adaptado de Meirelles *et al.*, 2002, p.63).

Consideraram-se herbáceas as plantas não-lenhosas, prostradas ou eretas, e subarbustivas as plantas eretas, cujos ramos são parcialmente lignificados (Guedes-Bruni *et al.*, 2002). Ao longo das linhas, espécimes foram coletados e prensados para identificação.

4.3 Análise fitossociológica

Foram registradas a ocorrência e a projeção horizontal de cada espécie, isto é, o comprimento que cada espécie ocupou por UA ao longo das linhas amostradas. A soma da projeção horizontal de cada espécie em todas as UA corresponde ao valor de cobertura absoluta da mesma. A cobertura relativa foi determinada dividindo a cobertura absoluta de cada espécie pela soma da cobertura absoluta de todas multiplicadas por 100, demonstrada abaixo:

$$CRI = \frac{CA_i}{\sum CA} * 100$$

CRi – cobertura linear relativa da espécie i

CAi – cobertura linear absoluta da espécie i

CA – cobertura absoluta de todas as espécies

O registro de ocorrência de cada espécie nas UA foi utilizado para calcular a frequência das mesmas na área. A frequência de uma espécie é a probabilidade de encontrarem-se indivíduos dessa espécie na UA (Kershaw, 1973):

$$FAi = \frac{Ji}{N} * 100$$

FAi – frequência absoluta da espécie i

Ji – nº de UA em que aparece a espécie i

N – nº total de UA

$$FRi = \frac{FAi}{\sum FA} * 100$$

FRi – frequência relativa da espécie i

FA – frequência absoluta de todas as espécies

Os inventários foram realizados no início do período de estiagem, entre os meses de junho e julho e no início do período chuvoso, entre os meses de novembro e dezembro de 2009. As espécies foram identificadas por meio de literatura, consulta a especialistas e comparação com exsicatas do Herbário Ezequias Paulo Heringer (HEPH) e Herbário da Universidade de Brasília (UB). Os indivíduos tiveram coletadas partes reprodutivas ou, na ausência destas, partes vegetativas para identificação. As espécies

foram classificadas em famílias de acordo com o sistema do Angiosperm Phylogeny Group III (APG III, 2009). A partir de todo o material identificado, foi então elaborada uma listagem de todas as famílias, gêneros e espécies inventariadas. Os nomes dos autores das famílias e espécies foram consultados e conferidos no “W³Tropicos” (<http://www.tropicos.org>).

4.4 Fotografias hemisféricas

Em cada linha foram tomadas duas fotografias hemisféricas em cada período de amostragem, a 2 e 4 metros do ponto inicial e a 50 cm do solo. As fotografias foram obtidas por câmera fotográfica digital Nikon, modelo CoolPix 5400, acoplada a uma lente olho de peixe FCE9. A lente foi nivelada com nível de bolha e a câmera foi posicionada com um marco de referência voltado para o norte, detectado através de bússola acoplada à lente.

Para analisar as fotos utilizou-se o HemiView Canopy Analysis Software, versão 2.1, calibrado para a altitude e as coordenadas UTM da Estação Ecológica.

Dos parâmetros calculados pelo software, foram analisados os seguintes: radiação luminosa global transmitida através do dossel (*Global Site Factor*), radiação indireta ou difusa (*Indirect Site Factor*), radiação direta (*Direct Site Factor*) e índice de área foliar (*Leaf Area Index*).

4.5 Análises dos dados

4.5.1 Diversidade

Para o estrato herbáceo-subarbustivo foi realizada uma adaptação do índice de diversidade de espécies de Shannon & Wiener, utilizando-se, ao invés do número de indivíduos, os valores de cobertura dos períodos de amostragem.

$$H' = -\sum(\text{CobRi} * \ln\text{CobRi})$$

H' – índice de diversidade de Shannon-Wiener

ln – logaritmo neperiano (base e)

CobRi – cobertura linear relativa de cada uma das espécies (i) presentes na linha/100

Esse índice é baseado na teoria de informação, onde se assume que a diversidade ou informação em um sistema natural pode ser medida de um modo similar à informação contida em um código ou mensagem. O índice de Shannon-Wiener considera a abundância proporcional de espécies em uma amostra e, para o seu cálculo em geral, utiliza-se a proporção de indivíduos por espécie (Magurran, 1988). A abundância pode ser avaliada pelo número de indivíduos e por outras medidas de ocupação do espaço pelas plantas como a frequência e a cobertura (Kent & Coker, 1992). Neste caso, onde a definição de indivíduo é difícil para o estrato herbáceo subarbustivo, pois rebrotos radiculares (rametes) de um mesmo indivíduo são comuns, será usada a proporção de cobertura de espécie como uma medida de abundância.

Para verificar a suficiência da amostragem em relação à riqueza de espécies foi construída uma curva espécie-área através da permutação dos dados originais. A

estimativa da riqueza de espécies foi feita por permutação dos dados com estimador não-paramétrico Jackknife.

4.5.2 Classificação por agrupamentos

A similaridade entre linhas de amostragens para o estrato herbáceo-subarbustivo foi avaliada através da classificação aglomerativa pelo método da variância mínima (Método de Ward). O método de Ward tem por objetivo minimizar o quadrado da distância euclidiana às médias dos conglomerados. A distância euclidiana é a raiz quadrada da soma dos quadrados das diferenças de valores para cada variável. Os grupos formados em cada passo são resultantes de grupo solução com a menor soma de quadrados (Everitt & Dunn, 1991 *apud* Fechine & Galvíncio, 2008). Essa técnica inclui as parcelas ou linhas de amostragem mais semelhantes em subgrupos, com base na distância euclidiana de cada observação.

Também foi realizada uma classificação pelo método TWINSpan (*Two-Way Indicator Species Analysis*) (Hill, 1979). Esse método constrói uma tabela dicotômica de espécies preferenciais, classificando os dados e colocando pontos de amostragem mais similares juntos. Esse método pode ajudar a compreender padrões de distribuição das espécies que possam estar associados a fatores ambientais (Kent & Coker, 1992).

As interpretações das análises de agrupamento se baseiam na ideia de que a similaridade florística entre duas áreas deve expressar a sua afinidade ecológica (Jongman *et al.*, 1987).

4.5.3 Correlação entre espécies e parâmetros ambientais

Os parâmetros luminosos obtidos com o processamento das fotografias hemisféricas foram utilizados para separar as linhas através de uma Análise de Componentes Principais (PCA – *Principal Component Analysis*). A PCA constrói, com base na matriz de covariância dos dados originais, eixos de ordenação otimizados de forma a maximizar a variação dos dados no mínimo de eixos possível, onde o 1º eixo abrangerá a maior variação dos dados, e os eixos subsequentes explicarão a variação residual. O resultado da PCA é uma sequência de eixos diminuindo em importância (Gauch Jr, 1982). Após separar os sítios de acordo com os autovalores obtidos na PCA, foram feitas regressões lineares entre a dominância de cada espécie e o 1º eixo de ordenação da PCA, que é o eixo que explica a maior parte da variação dos dados. Essa regressão teve a finalidade de verificar a existência de espécies preferenciais de sombra ou sol, e espécies não-preferenciais.

Todas as análises foram feitas utilizando os softwares PC-ORD versão 4.14 e R, versão 2.10.1 (The R Project [<http://www.r-project.org/>]).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Composição florística e análise fitossociológica

Em área de cerrado sentido restrito foram coletadas 82 espécies de ervas e subarbustos. Destas, 76 foram identificadas até espécie, quatro até gênero e duas até família (Tab. 1). Foram listados 69 gêneros, 58 deles (84%) com apenas uma espécie e 31 famílias, 15 (48,4%) com apenas uma espécie representante. Outros levantamentos florísticos realizados no Planalto Central encontraram valores de riqueza de herbáceas e subarbustos variando entre 197 e 265 (Munhoz & Felfili, 2006; 2008; Amaral, 2008). Em São Paulo, Batalha & Mantovani (2001) obtiveram valores entre 66 e 194 em diferentes fisionomias de cerrado, e Rossato *et al.* (2008) registraram 301 espécies de fanerógamas não-arbóreas em diferentes fisionomias, onde, destas, 100 eram ervas, subarbustos ou lianas de cerrado.

A riqueza de espécies observada no presente estudo é relativamente baixa quando comparada a outros estudos florísticos envolvendo herbáceas e subarbustos de Cerrado. Isso aconteceu devido às diferentes metodologias aplicadas, onde um inventário abrangerá o máximo de espécies presentes em uma área, enquanto o estudo fitossociológico está restrito apenas aos pontos de coleta de dados.

O hábito mais freqüente entre as espécies coletadas foi o herbáceo, com 45 espécies (58% do total de espécies), seguido de subarbusto com 30 espécies (37%). Também foram inventariadas quatro espécies de lianas (5%). Entre os períodos, houve diminuição da cobertura relativa de ervas e lianas, e aumento da CR de subarbustos (Fig. 6), o que pode ser explicado com o fenecimento de partes aéreas de herbáceas com a estiagem.

Tabela 1. Frequência relativa (FR) e cobertura relativa (CR) (%) das espécies da flora herbáceo-subarbustiva do cerrado sentido restrito da Estação Ecológica do Jardim Botânico de Brasília, DF, em dois diferentes períodos de regimes pluviais no ano de 2009. Para o hábito das espécies, S = subarbusto, E = erva e L = liana. Foram destacados em negrito os dez maiores valores de frequência relativa e cobertura relativa em ambos os períodos.

Família	Espécie	Hábito	junho		novembro	
			CR	FR	CR	FR
Acanthaceae Juss.	<i>Justicia sarothroides</i> Lindau	S	0,089	0,394	0,055	0,628
	<i>Ruellia incompta</i> Lindau	E	0,806	1,183	1,260	1,464
Amaranthaceae Juss.	<i>Pfaffia lanata</i> Gibert	E	0,378	2,367	0,302	2,510
Alstroemeriaceae Dumort.	<i>Alstroemeria gardneri</i> Baker	E	-	-	0,082	0,209
Apocynaceae Juss.	<i>Barjonia erecta</i> (Vell.) K. Schum.	E	0,161	0,394	0,018	0,209
	<i>Ditassa obcordata</i> Mart.	L	0,021	0,197	-	-
Arecaceae Bercht. & J. Presl	<i>Syagrus petraea</i> (Mart.) Becc.	S	0,711	0,394	0,574	0,418
Asteraceae Bercht. & J. Presl	<i>Aspilia foliacea</i> Baker	E	0,170	0,592	0,024	0,209
	<i>Baccharis salzmannii</i> DC.	E	0,057	0,197	0,207	0,628
	<i>Chaptalia integerrima</i> (Vell.) Burkart	E	-	-	0,058	0,209

	<i>Vernonia bardanoides</i> Less.	S	0,054	0,394	0,159	0,628
	<i>Vernonia holosericea</i> Mart.	S	0,027	0,197	0,076	0,209
Bignoniaceae Juss.	<i>Anemopaegma arvense</i> (Vell.) Stellfeld & J.F. Souza	S	0,220	0,986	0,320	0,837
	<i>Jacaranda ulei</i> Bureau & K. Schum.	S	0,265	0,789	0,351	1,046
Bromeliaceae Juss.	<i>Dyckia brasiliana</i> L.B. Sm.	E	0,440	0,197	0,363	0,209
Bursraceae Kunth	<i>Protium ovatum</i> Engl.	S	4,131	3,945	4,207	3,975
Convolvulaceae Juss.	<i>Ipomoea coccinea</i> L.	L	0,054	0,197	-	-
Cyperaceae Juss.	<i>Bulbostylis junciformis</i> (Kunth) C.B. Clarke	E	0,235	0,789	0,143	0,628
	<i>Rhynchospora consanguinea</i> (Kunth) Boeck.	E	1,109	2,367	1,775	2,929
Euphorbiaceae Juss.	<i>Chamaesyce caecorum</i> (Mart. ex Boiss.) Croizat	E	0,045	0,394	0,140	1,464
	<i>Croton antisyphiliticus</i> Mart.	S	1,074	3,748	1,980	4,393
	<i>Croton goyazensis</i> Müll. Arg.	S	1,445	3,353	1,235	2,929
	<i>Dalechampia caperonioides</i> Baill.	E	0,732	1,775	0,403	1,464
	<i>Manihot gracilis</i> Pohl	E	-	-	0,241	0,628

Fabaceae Lindl.	<i>Calliandra dysantha</i> Benth.	S	1,517	2,170	1,281	2,301
	<i>Centrosema bracteosum</i> Benth.	E	-	-	0,418	0,628
	<i>Chamaecrista desvauxii</i> (Collad.) Killip	E	2,311	1,972	3,047	2,092
	<i>Chamaecrista lundii</i> (Benth.) H.S. Irwin & Barneby	E	0,161	0,394	0,314	0,628
	<i>Crotalaria flavicoma</i> Benth.	E	0,024	0,197	0,061	0,209
	<i>Desmodium platycarpum</i> Benth.	E	0,030	0,197	0,058	0,209
	<i>Eriosema rigidum</i> Benth.	E	0,577	2,367	0,458	2,092
	<i>Galactia heringeri</i> Burkart	E	0,181	0,592	0,268	0,837
	<i>Lupinus velutinus</i> Benth.	E	0,131	0,197	-	-
	<i>Mimosa nuda</i> Benth.	S	-	-	0,119	0,209
	<i>Mimosa pseudoradula</i> Glaz. ex Barneby	S	0,196	1,183	0,259	0,628
	<i>Periandra mediterranea</i> (Vell.) Taub.	S	-	-	0,116	0,209
	<i>Senna rugosa</i> (G. Don) H.S. Irwin & Barneby	S	1,112	1,381	0,711	0,628
	<i>Stylosanthes guianensis</i> (Aubl.) Sw.	E	0,265	0,197	0,302	0,209
Iridaceae Juss.	<i>Sisyrinchium vaginatum</i> Spreng.	E	0,190	0,789	0,235	0,837
Lamiaceae Martinov	<i>Hypenia macrantha</i> (A. St.-Hil. ex Benth.) Harley	E	0,071	0,197	0,189	0,628

	<i>Hyptis lythroides</i> Pohl ex Benth.	E	1,469	1,972	1,443	1,255
	<i>Hyptis saxatilis</i> A. St.-Hil. ex Benth.	E	1,502	1,578	1,797	1,674
Lauraceae Juss.	<i>Cassytha filiformis</i> L.	L	1,487	1,775	0,348	0,628
Lythraceae J. St.-Hil.	<i>Diplusodon oblongus</i> Pohl	S	1,112	2,367	1,138	2,092
Malpighiaceae Juss.	<i>Byrsonima rigida</i> A. Juss.	S	1,023	3,550	1,046	2,929
	<i>Peixotoa goiana</i> C.E. Anderson	S	2,132	1,972	2,035	1,883
Malvaceae Juss.	<i>Pavonia rosa-campestris</i> A. St.-Hil.	E	0,854	2,959	0,641	2,929
	<i>Byttneria scalpellata</i> Pohl	E	0,149	0,592	0,189	0,418
Menispermaceae Juss.	<i>Cissampelos ovalifolia</i> DC.	E	0,006	0,197	-	-
Myrtaceae Juss.	<i>Psidium</i> sp. L.	S	0,071	0,197	-	-
	<i>Campomanesia pubescens</i> (DC.) O. Berg	S	2,626	2,959	3,639	3,347
	<i>Eugenia calycina</i> Cambess.	S	1,077	1,183	1,132	1,674
	<i>Eugenia puniceifolia</i> (Kunth) DC.	S	0,107	0,394	0,064	0,418
	<i>Myrcia linearifolia</i> Cambess.	S	3,295	4,339	3,447	4,812

	<i>Myrcia</i> sp. DC. ex Guill.	S	0,048	0,197	0,034	0,209
	<i>Myrciaria</i> sp. O. Berg		0,975	2,564	1,300	2,929
Oxalidaceae R. Br.	<i>Oxalis cordata</i> A. St.-Hil.	E	0,030	0,394	0,021	0,209
	<i>Oxalis suborbiculata</i> Lourteig	S	0,187	0,986	0,262	1,464
Poaceae Barnhart	<i>Agenium villosum</i> (Nees) Pilg.	E	1,734	0,394	1,501	0,418
	<i>Aristida recurvata</i> Kunth	E	0,714	0,394	0,207	0,209
	<i>Aristida setifolia</i> Kunth	E	2,427	3,156	1,327	1,464
	<i>Axonopus barbiger</i> (Kunth) Hitchc.	E	1,389	1,381	1,351	1,464
	<i>Echinolaena inflexa</i> (Poir.) Chase	E	24,166	4,931	23,401	5,230
	<i>Ichnanthus camporum</i> Swallen	E	0,913	1,381	1,504	1,464
	<i>Ichnanthus inconstans</i> (Trin. ex Nees) Döll	E	0,030	0,197	-	-
	indet 1	E	2,584	1,183	2,090	1,046
	indet 2	E	0,393	0,789	0,244	0,418
	<i>Mesosetum loliiforme</i> (Hochst. ex Steud.) Chase	E	0,636	0,592	0,464	0,209
	<i>Paspalum</i> sp L.	E	0,937	0,986	0,031	0,209
	<i>Schizachyrium sanguineum</i> (Retz.) Alston	E	0,512	0,789	0,305	0,209

	<i>Trachypogon spicatus</i> (L. f.) Kuntze	E	19,675	4,734	20,067	5,230
Rubiaceae Juss.	<i>Borreria capitata</i> (Ruiz & Pav.) DC.	E	0,080	0,592	0,116	0,628
	<i>Borreria lutescens</i> DC.	E	0,506	1,381	0,256	1,674
	<i>Sabicea brasiliensis</i> Wernham	S	0,036	0,197	0,034	0,209
Rutaceae Juss.	<i>Esenbeckia pumila</i> Pohl	S	4,812	4,536	5,082	4,812
	<i>Spiranthera odoratissima</i> A. St.-Hil.	S	0,470	1,381	0,705	1,674
Salicaceae Mirb.	<i>Casearia altiplanensis</i> Sleumer	S	0,297	1,183	0,220	1,255
Sapindaceae Juss.	<i>Serjania mansiana</i> Mart.	L	-	-	0,082	0,209
Smilacaceae Vent.	<i>Smilax goyazana</i> A. DC.	S	0,167	1,183	0,287	1,255
Turneraceae Kunth ex DC.	<i>Piriqueta sidifolia</i> (A. St.-Hil. & A. Juss. & Cambess.) Urb.	E	0,158	0,986	0,140	0,837
Verbenaceae J. St.-Hil.	<i>Stachytarpheta chamissonis</i> Walp.	E	0,051	0,197	0,031	0,209
31 famílias	82 espécies					

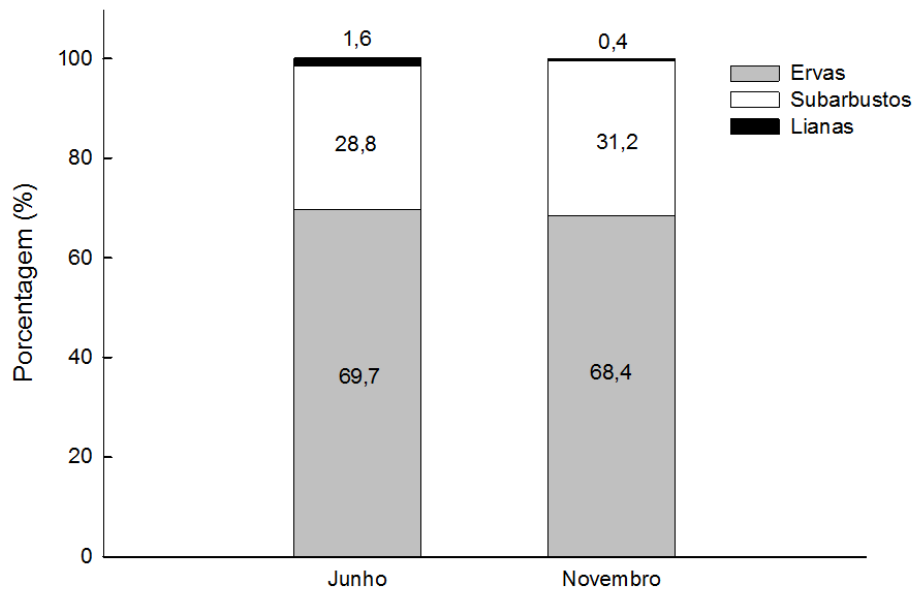


Figura 6. Valores de cobertura relativa de ervas, subarbustos e lianas de cerrado sentido restrito nos meses de junho e novembro do ano de 2009, na Estação Ecológica do Jardim Botânico de Brasília.

As famílias com maior número de espécies foram Fabaceae (14), Poaceae (13), Myrtaceae (7), Asteraceae (5) Euphorbiaceae (5). Juntas, essas famílias englobam 53,6% do total de espécies coletadas. Fabaceae, Asteraceae, Poaceae e Myrtaceae também foram as famílias mais numerosas em levantamentos florísticos feitos em outras fisionomias de cerrado (Batalha & Mantovani, 2001; Munhoz & Felfili, 2006, Munhoz & Felfili, 2008; Amaral, 2008; Rossato *et al.* 2008). Estas família são, juntamente com Orchidaceae, Rubiaceae, Melastomataceae e Lythraceae, as mais representadas no Cerrado (Mendonça *et al.*, 1998).

Em relação à cobertura relativa, as maiores porcentagens foram Poaceae, Myrtaceae, Fabaceae, Rutaceae e Burseraceae (Fig. 7). A família Poaceae apresentou cobertura relativa (CR) maior que sua frequência relativa (FR); isso acontece por causa da forma em que os indivíduos se apresentam entouceirados, ocupando áreas bem maiores que outras herbáceas. As famílias Convolvulaceae e Menispermaceae estiveram

presentes somente no inventário de junho; já Alstroemeriaceae e Sapindaceae somente foram registradas em novembro. Essas quatro famílias tiveram apenas uma espécie representante cada.

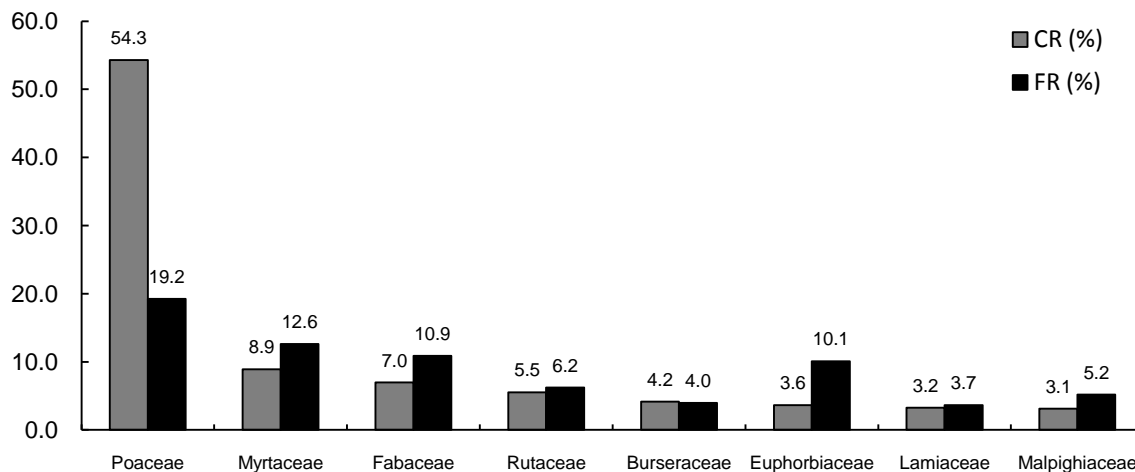


Figura 7. Valores de cobertura e frequência relativas médias (%) obtidas no ano de 2009, para as oito famílias mais abundantes da flora herbáceo-subarbutiva do cerrado sentido restrito da Estação Ecológica do Jardim Botânico de Brasília, DF.

Das cinco famílias mais representativas em cobertura relativa (CR) e em frequência relativa (FR), somente Poaceae diminuiu de valores em novembro, enquanto Myrtaceae, Fabaceae, Rutaceae, Euphorbiaceae e Burseraceae aumentaram seus valores de CR e FR (Fig. 8 e 9).

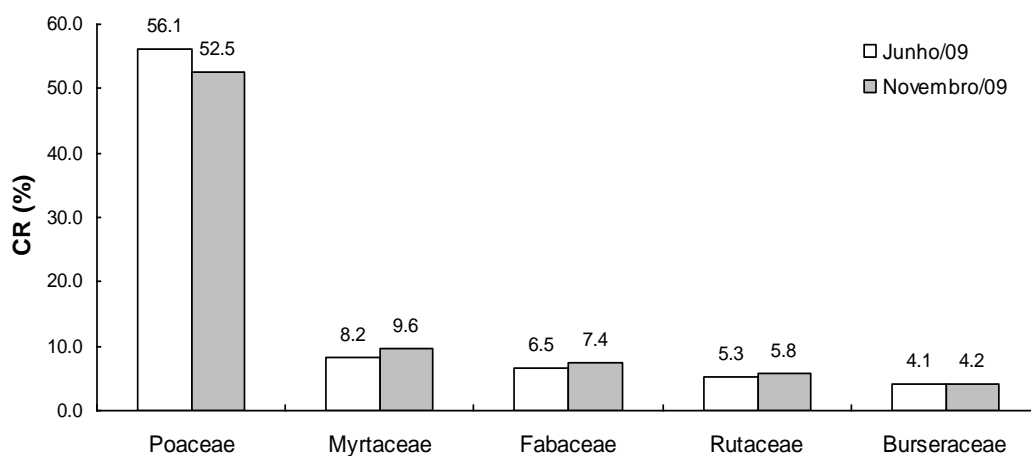


Figura 8. Cobertura Relativa das cinco famílias mais representativas da flora herbáceo-subarbutiva do cerrado sentido restrito da Estação Ecológica do Jardim Botânico de Brasília, DF, nos períodos de junho e novembro de 2009.

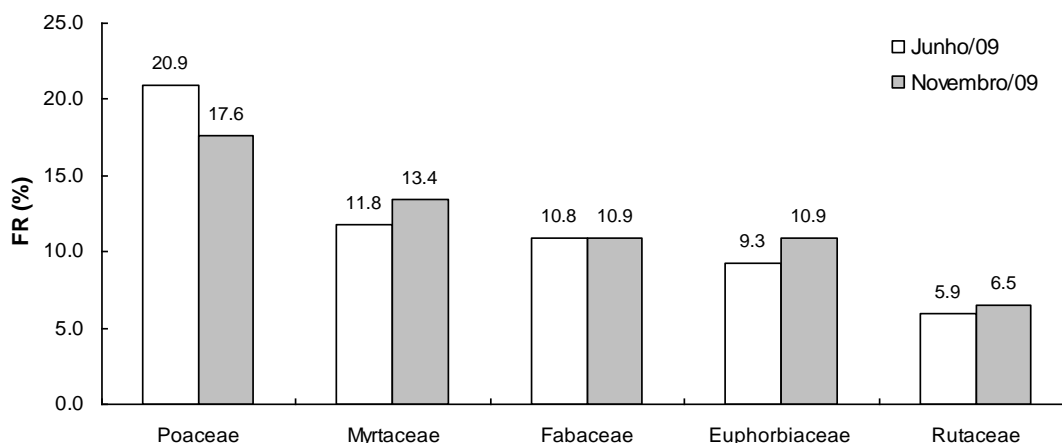


Figura 9. Frequência Relativa das cinco famílias mais representativas da flora herbáceo-subarbutiva do cerrado sentido restrito da Estação Ecológica do Jardim Botânico de Brasília, DF, nos períodos de junho e novembro de 2009.

Nenhum gênero participou com mais que duas espécies no inventário: 11 apresentaram duas espécies cada e 58 apresentaram somente uma espécie. Os gêneros que possuíram duas espécies na listagem final foram *Aristida*, *Borreria*, *Chamaecrista*, *Croton*, *Eugenia*, *Hyptis*, *Ichnanthus*, *Mimosa*, *Myrcia*, *Oxalis* e *Vernonia*. Em campo sujo protegido do fogo, esses gêneros também apresentaram-se numerosos. Isso reflete a heterogeneidade de espécies existentes na camada rasteira e, a despeito de tão poucas pesquisas, ressalta a necessidade desta ser mais estudada.

As dez espécies com maior cobertura relativa (CR) representaram 68,2% da cobertura total; quatro destas espécies (*Aristita setifolia*, Poaceae-indet.1, *Trachypogon spicatus* e *Echinolaena inflexa*) pertencem à família Poaceae, e juntas representaram 47,9% da CR total, destacando-se *E. inflexa* e *T. spicatus* como as espécies mais representativas. As dez espécies com maior frequência relativa (FR) compreenderam 39,2% da frequência relativa total nos dois períodos (Fig.10).

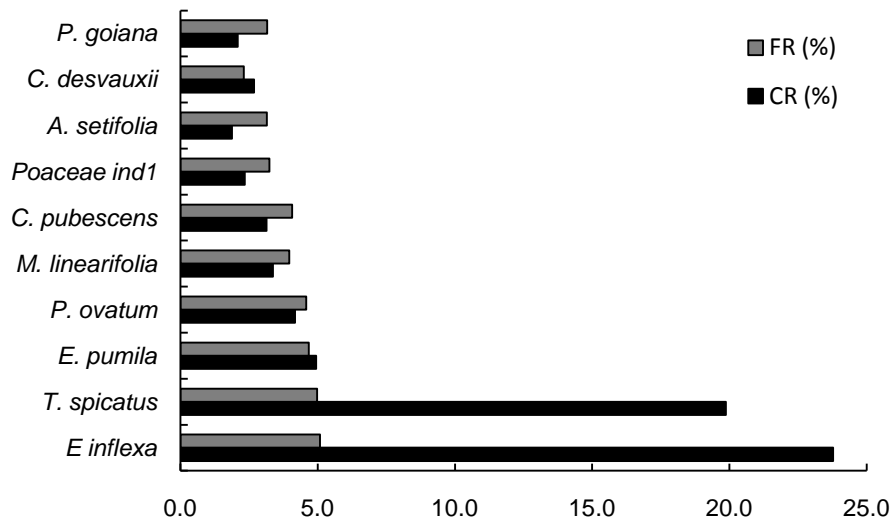


Figura 10. Valores de cobertura e frequência relativas médias (%) obtidas no ano de 2009, para as dez espécies mais abundantes da flora herbáceo-subarbustiva do cerrado sentido restrito da Estação Ecológica do Jardim Botânico de Brasília, DF. Nomes completos das espécies estão listados na Tabela 1.

Algumas espécies registradas no presente estudo também ocorrem em outras áreas na região Centro-Oeste e são consideradas de ampla distribuição geográfica, são elas: *Axonopus barbiger*, *Croton antisiphiliticus*, *Croton goyazensis*, *Echinolaena inflexa*, *Ichnanthus camporum*, *Myrcia linearifolia* e *Oxalis suborbiculata* (Munhoz & Proença, 1998; Batalha, 2001; Filgueiras, 2002; Munhoz & Felfili, 2006; Amaral, 2008). O fato de menos de 10% das espécies inventariadas serem de ampla distribuição no Cerrado mais uma vez ressalta a necessidade de aumentarem os esforços para ampliar o conhecimento acerca do estrato herbáceo e subarbustivo.

Na presente pesquisa, algumas espécies fizeram-se presentes em apenas um dos dois períodos de amostragem. Em junho foram seis as espécies: *Ditassa obcordata*, *Ipomoea coccinea*, *Lupinus velutinus*, *Cissampelos ovalifolia*, *Psidium* sp. e *Ichnanthus inconstans*; em novembro, sete: *Alstroemeria gardneri*, *Chaptalia integerrima*, *Manihot gracilis*, *Centrosema bracteosum*, *Mimosa nuda*, *Periandra mediterranea* e *Serjania mansiana*.

Munhoz & Felfili (2006), pesquisando em campo sujo, observaram que algumas espécies de ervas e subarbustos foram registradas apenas no período de julho, e também outras espécies apresentavam aumento nas taxas de cobertura e concluíram que, apesar da severidade do período, seco e frio, o brotamento, estabelecimento e crescimento vegetal podem acontecer. Extrapolando para o cerrado sentido restrito, a presença de algumas espécies nesse período e não ocorrência em novembro ou ocorrência em novembro e não ocorrência em junho pode, então, ser resultado de seu ciclo reprodutivo, onde estas espécies alternam entre dispersão de diásporos e estabelecimento de indivíduos.

Estudos florísticos que contemplam o estrato herbáceo-subarbusivo de Cerrado comumente indicam variações florísticas ao longo do ano, por influência de intensidade e frequência de distúrbios, sazonalidade climática e, principalmente, fatores intrínsecos às espécies (Mantovani & Martins, 1993; Batalha & Mantovani, 2001; Guimarães *et al.*, 2002; Munhoz & Felfili, 2006; Amaral, 2008).

Mesmo com a substituição de algumas espécies, os índices de diversidade de Shannon-Wiener ($H' = 3,04 \text{ nats} \cdot \text{cobertura}^{-1}$) e a equabilidade de Piellou ($J=0,70$) foram iguais para ambos os períodos. Outros estudos com esforços amostrais diferentes obtiveram valores diferentes de H' . Uma área de campo sujo pós-queima, onde há um incremento na concentração dos nutrientes superficiais (Miranda *et al.* 2002), apresentou valores de H' entre 3 e 3,2 (Munhoz & Felfili, 2006). Essa mesma área de campo sujo, após sete anos sem queima, teve os valores do índice de diversidade diminuídos, encontrando-se entre 2,47 e 2,75 (Amaral, 2008). Meirelles *et al.* (2002) obtiveram índices entre 2,78 e 3,01 em áreas de cerrado no sul do Maranhão.

No presente levantamento, não houve diferença significativa entre as coberturas das espécies nos dois períodos ($t_{81}=0.0026$, $p=0,99$). Provavelmente, assim

como em áreas mais abertas, o cerrado sentido restrito apresenta uma variação significativa se observado em um intervalo maior de tempo (Amaral, 2008), devido à dinâmica natural de ocupação e extinção local de espécies de uma comunidade.

A curva espécie-área das 82 espécies coletadas nas 25 linhas foi construída pela permutação dos dados originais, obtendo-se então uma curva média de espécies, e seu respectivo erro padrão. O número de 25 linhas não foi suficiente para atingir o platô, onde seria alcançado o número máximo de espécies, mas a curva se apresenta de tal forma que a adição de novas espécies já se faz pequena (Fig. 11).

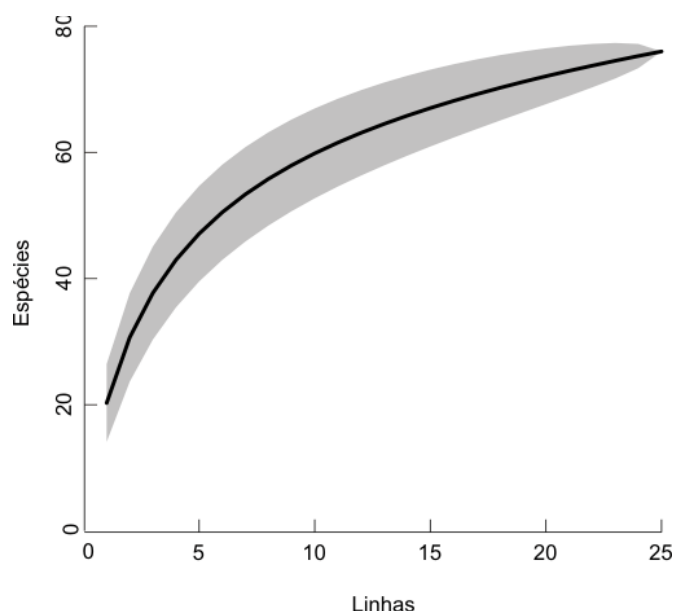


Figura 11. Curva espécie-área das espécies herbáceo-subarbustivas inventariadas em cerrado sentido-restrito no Jardim Botânico de Brasília, DF. A área hachurada representa o erro padrão da média dos valores observados, calculados por aleatorização dos dados originais.

As riquezas estimadas por aleatorização foram de 100 espécies com Jackknife 1 e 112 espécies com Jackknife 2. Logo, comparado aos estimadores Jack1 e Jack2, foram inventariados 82% e 73,2% das espécies esperadas, respectivamente. O número de espécies com apenas uma ocorrência foi igual a 19, e seis com apenas duas ocorrências em 25 unidades de área.

5.2 Classificação por agrupamentos

A análise de agrupamento resultou no dendrograma da Figura 12. Como não houve diferença significativa entre as coberturas das espécies entre os períodos, a análise de agrupamento foi feita com as médias das coberturas relativas dos dois períodos; espécies com frequência menor que quatro foram excluídas desta análise. O grau de encadeamento foi de 4,4%, ou seja, a adição para formação de cada grupo maior é quase de 5% do grupo menor.

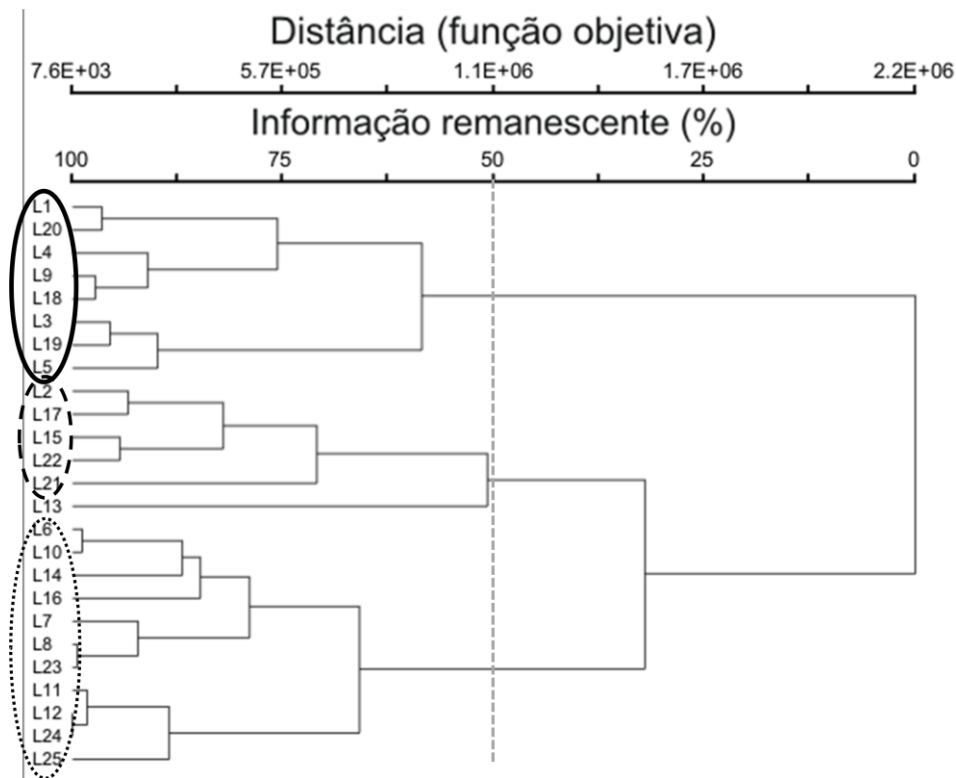


Figura 12. Dendrograma de similaridade das 25 linhas de amostragem de vegetação herbáceo-subarbustiva de cerrado sentido restrito na Estação Ecológica do Jardim Botânico de Brasília. A linha pontilhada equivale a 50% das informações de riqueza e abundância, e forma três grupos-comunidades, circulosados em cores diferentes.

Os valores de similaridade, por vezes alto entre sítios não-vizinhos e baixo entre sítios mais próximos, mostram nessa classificação uma variação tal qual uma colcha de retalhos da sinúcia herbáceo-subarbustiva de cerrado (Fig. 13). Comunidades

vegetais tendem a ser mais semelhantes entre si conforme estejam mais próximas e o método de agrupamento de Ward resultou em comunidades aleatórias, sem nenhum padrão, o que não acontece em um ambiente natural.

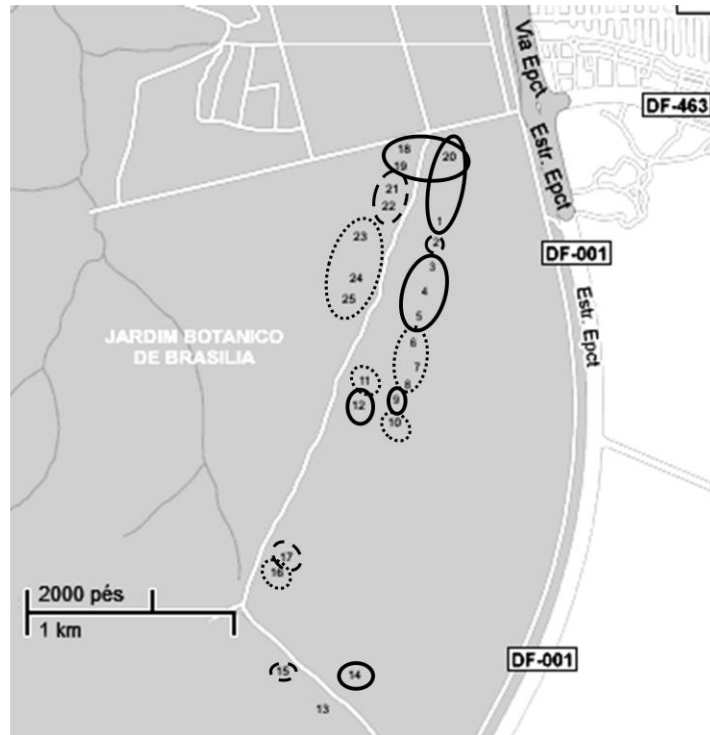


Figura 13. Representação dos três grupos-comunidades formados a partir da análise aglomerativa de similaridade florística das 25 linhas instaladas em cerrado sentido restrito no Jardim Botânico de Brasília, no ano de 2009.

Um agrupamento por TWINSpan (*Two-Way Indicator Species Analysis*) foi realizado para encontrar grupos de amostra semelhantes e espécies indicadoras destas comunidades. Como não houve diferença entre as coberturas das espécies entre os períodos de levantamento, esse agrupamento foi realizado com os valores médios de coberturas. Espécies com frequências inferiores a quatro foram retiradas da análise. O agrupamento está apresentado em forma de dendrograma (Fig. 14).

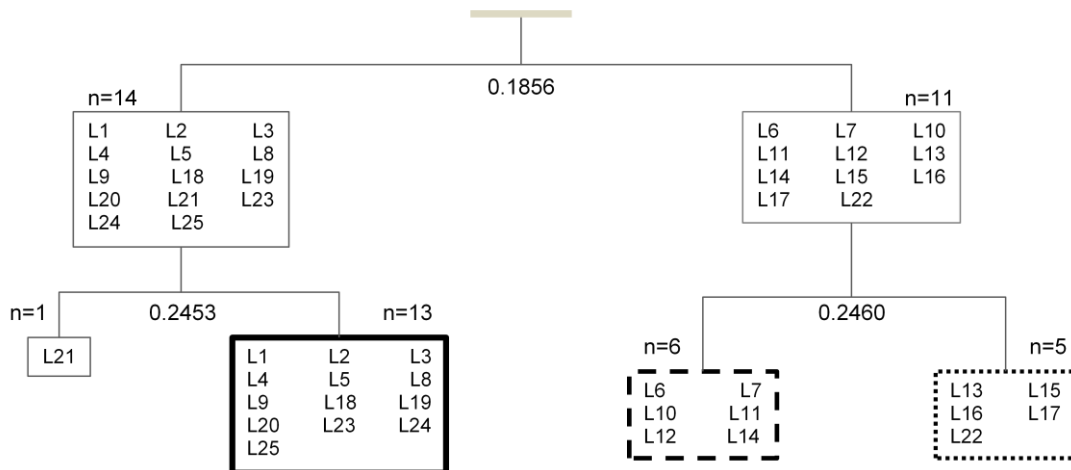


Figura 14. Dendrograma gerado por TWINSpan mostrando a classificação hierárquica das 25 linhas de amostragem depois de dois níveis de divisão. Em cima das caixas está o número de linhas classificadas em cada grupo, e cada divisão realizada está com seu valor latente (*eigenvalue*) relativo.

A primeira divisão no dendrograma separou grupos de sítios que se encontravam mais distantes da cabeceira de um riacho (grupo 2, à esquerda) dos outros sítios (grupo 3, à direita). O grupo 2 apresentou duas espécies indicadoras: *Calliandra dysantha* e *Protium ovatum*; já o grupo 3 apresentou *Chamaecrista desvauxii* e *Oxalis suborbiculata* como indicadoras. A divisão do grupo 2 separou apenas a Linha 21 das demais, apresentando *Borreria lutescens* como espécie indicadora desta linha. A divisão do grupo 3 resultou em dois grupos que estão separados também no espaço, de forma que um grupo encontra-se na transição entre o mais distante do rio e o mais próximo. Houve uma espécie preferencial (Poaceae, indet.1), que encontra-se presente no grupo de transição. Os agrupamentos resultantes da análise foram percebidos como um gradiente de espécies ao longo do espaço (Fig. 15).

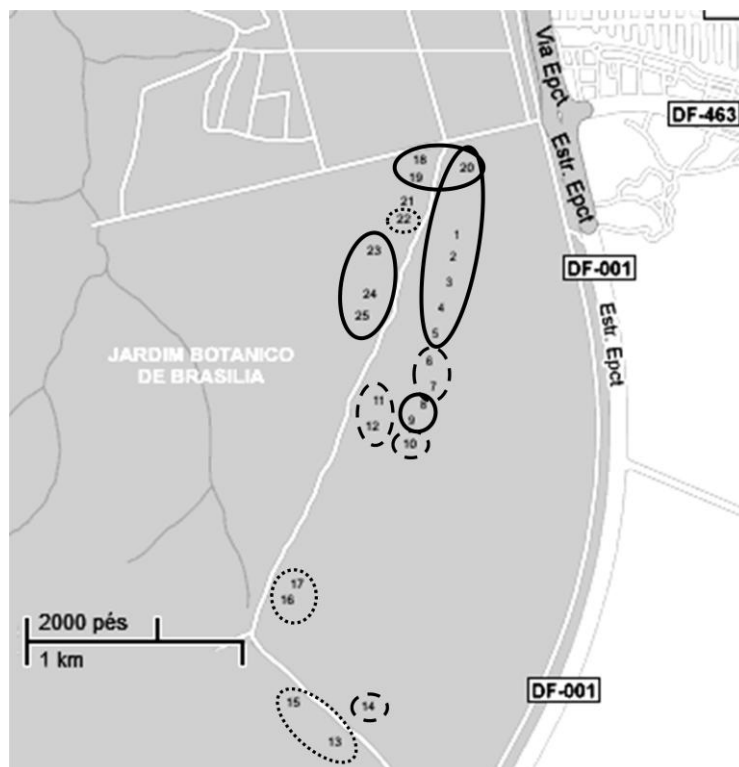


Figura 15. Representação dos grupos gerados por TWINSpan. Os grupos resultantes mostram um gradiente de vegetação que vai do circulado em linha contínua para o pontilhado. Os grupos resultantes estão no dendrograma de TWINSpan na figura 14.

As espécies indicadoras do grupo 2 estiveram ausentes em levantamentos feitos em área de campo sujo, e as do grupo 3, *Chamaecrista desvauxii* esteve ausente e *Oxalis suborbiculata* presente (Munhoz & Felfili, 2006; Amaral, 2008). A análise de agrupamento por TWINSpan classificou melhor os grupos-comunidades, de forma a facilitar a busca das variáveis ambientais que possam estar influenciando a distribuição das espécies. As áreas mais próximas ao rio, circuladas com pontilhado na Figura 16 (exceto a L22), possuem mais espécies em comum com campo sujo do que as áreas mais distantes, circuladas com linha contínua, o que pode indicar um gradiente cerrado sentido restrito-campo sujo com a proximidade do lençol freático.

Considerando-se a vegetação herbácea-subarbustiva de um cerrado sentido restrito, diagramas de similaridade entre áreas, quando se consideram somente os dados qualitativos e quantitativos, podem resultar em uma visão confusa da realidade de uma

área natural. Análises de agrupamento que identificam comunidades por presença, ausência, dominância e frequência resultam em um diagrama mais fiel à realidade dos ambientes naturais.

Compilando a lista de espécies do presente estudo com outros realizados na mesma Área de Proteção Ambiental (Munhoz & Felfili, 2006; Amaral, 2008), observou-se que há ocorrência de espécies preferenciais nos sítios e que, de modo geral, podem caracterizá-lo (Fig. 16). A área de campo sujo, amostrada em 2000 por Munhoz & Felfili (2006) e reamostrada por Amaral (2008), mesmo com grande variação florística por influência do fogo ocorrido em 1999, apresentou, consigo mesma, maior similaridade do que com qualquer outra área, e apresentou cerca de 55% de similaridade florística com o cerrado sentido restrito da presente pesquisa (Fig. 16).

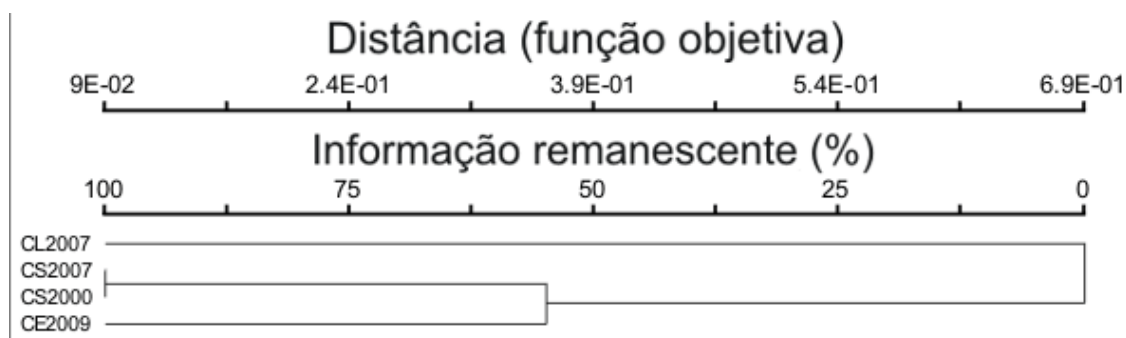


Figura 16. Dendrograma de similaridade baseado na presença ou ausência de espécies relacionadas nos inventários realizados em três fitofisionomias (Campo Limpo – CL; Campo Sujo – CS e Cerrado sentido restrito – CE). As espécies das três fitofisionomias encontram-se na mesma Área de Preservação Ambiental. Os dados dos anos de 2000 são referentes à Munhoz & Felfili (2006), de 2007 são referentes à Amaral (2008), e 2009 é referente ao presente estudo.

Essa compilação de espécies identificadas nas pesquisas em campo limpo úmido, campo sujo e cerrado sentido restrito resultou em uma lista de 254 espécies, onde 31 tiveram ocorrência apenas em campo limpo, 53 em campo sujo e 45 foram exclusivas em cerrado sentido restrito. Apenas quatro espécies foram comuns a todos os

levantamentos, são elas: *Aristida setifolia*, *Aspilia foliacea*, *Croton antisiphiliticus* e *Echinolaena inflexa*.

Felfili *et al.* (1998) declaram que vegetações de cerrado apresentam elevada similaridade florística, se estiverem sob mesmas condições de solos, umidade e relevo. A área pesquisada possui as mesmas condições de relevo e precipitação, porém não foram feitas análises edáficas. Algumas linhas que eram próximas entre si apresentaram comunidades diferenciadas, portanto devem existir pequenas diferenças nas variáveis do solo que interferem na ocorrência e ocupação de espécies herbáceas e subarbustivas na área.

5.3 Variação biótica pela incidência de luz

As análises feitas a partir das fotografias hemisféricas resultaram em duas tabelas com os valores de média e desvio padrão dos parâmetros analisados: radiação luminosa indireta (ISF - *Indirect Site Factor*); radiação direta (DSF - *Direct Site Factor*); radiação global (GSF - *Global Site Factor*) e índice de área foliar (LAI - *Leaf Area Index*) (Tab. 2 e 3).

Houve diferença significativa entre os quatro parâmetros analisados entre os períodos: ISF ($t_{24}=7,5177$, $p=9,32*10^{-8}$), DSF ($t_{24}=4,1042$, $p=4,05*10^{-5}$), GSF ($t_{24}=4,3681$, $p=2,07*10^{-4}$) e LAI ($t_{24}=-6,982$, $p=3,21*10^{-7}$) ($\alpha=5\%$).

Tabela 2. Média e desvio padrão de radiação luminosa indireta (ISF - *Indirect Site Factor*), radiação direta (DSF - *Direct Site Factor*), radiação global (GSF - *Global Site Factor*) e índice de área foliar (LAI - *Leaf Area Index*) de cada linha instalada no cerrado sentido restrito da Estação Ecológica do Jardim Botânico de Brasília no mês de junho de 2009.

Linha	ISF	DSF	GSF	LAI
1	0,758 ±0,077	0,790 ±0,173	0,787 ±0,163	0,329 ±0,091
2	0,814 ±0,057	0,925 ±0,050	0,914 ±0,039	0,269 ±0,040
3	0,701 ±0,136	0,810 ±0,179	0,799 ±0,175	0,440 ±0,170
4	0,589 ±0,062	0,689 ±0,112	0,679 ±0,107	0,688 ±0,151
5	0,734 ±0,061	0,920 ±0,022	0,901 ±0,026	0,405 ±0,037
6	0,575 ±0,006	0,638 ±0,029	0,631 ±0,025	0,574 ±0,001
7	0,540 ±0,046	0,572 ±0,047	0,569 ±0,047	0,670 ±0,048
8	0,551 ±0,004	0,638 ±0,035	0,629 ±0,031	0,633 ±0,016
9	0,564 ±0,037	0,552 ±0,015	0,553 ±0,018	0,689 ±0,088
10	0,546 ±0,057	0,607 ±0,219	0,601 ±0,202	0,691 ±0,001
11	0,708 ±0,018	0,745 ±0,060	0,741 ±0,056	0,405 ±0,022
12	0,718 ±0,076	0,833 ±0,132	0,821 ±0,126	0,423 ±0,073
13	0,851 ±0,010	0,886 ±0,020	0,883 ±0,019	0,268 ±0,005
14	0,767 ±0,131	0,788 ±0,241	0,786 ±0,230	0,334 ±0,110
15	0,709 ±0,040	0,767 ±0,001	0,761 ±0,004	0,417 ±0,050
16	0,932 ±0,016	0,975 ±0,001	0,971 ±0,002	0,177 ±0,016
17	0,915 ±0,030	0,952 ±0,023	0,949 ±0,023	0,173 ±0,018
18	0,701 ±0,187	0,702 ±0,275	0,701 ±0,266	0,448 ±0,239
19	0,862 ±0,006	0,921 ±0,001	0,914 ±0,000	0,252 ±0,023
20	0,678 ±0,141	0,730 ±0,250	0,724 ±0,238	0,502 ±0,185
21	0,771 ±0,011	0,856 ±0,008	0,847 ±0,006	0,375 ±0,014
22	0,562 ±0,101	0,652 ±0,074	0,643 ±0,077	0,647 ±0,166
23	0,511 ±0,080	0,544 ±0,151	0,541 ±0,144	0,708 ±0,101
24	0,698 ±0,086	0,839 ±0,069	0,824 ±0,070	0,461 ±0,149
25	0,752 ±0,008	0,749 ±0,002	0,749 ±0,003	0,354 ±0,013

Tabela 3. Média e desvio padrão de radiação luminosa indireta (ISF - *Indirect Site Factor*), radiação direta (DSF - *Direct Site Factor*), radiação global (GSF - *Global Site Factor*) e índice de área foliar (LAI - *Leaf Area Index*) de cada linha instalada no cerrado sentido restrito da Estação Ecológica do Jardim Botânico de Brasília no mês de novembro de 2009.

Linha	ISF	DSF	GSF	LAI
1	0,656 ±0,110	0,652 ±0,180	0,653 ±0,173	0,535 ±0,116
2	0,784 ±0,051	0,891 ±0,016	0,880 ±0,021	0,374 ±0,062
3	0,631 ±0,139	0,758 ±0,202	0,744 ±0,195	0,628 ±0,221
4	0,461 ±0,147	0,558 ±0,234	0,547 ±0,225	1,211 ±0,501
5	0,645 ±0,008	0,807 ±0,011	0,791 ±0,009	0,604 ±0,035
6	0,463 ±0,053	0,489 ±0,080	0,487 ±0,077	0,811 ±0,127
7	0,512 ±0,023	0,525 ±0,049	0,524 ±0,047	0,784 ±0,037
8	0,463 ±0,006	0,560 ±0,034	0,550 ±0,030	1,155 ±0,233
9	0,483 ±0,091	0,432 ±0,076	0,437 ±0,077	0,942 ±0,169
10	0,339 ±0,001	0,381 ±0,121	0,376 ±0,108	1,417 ±0,466
11	0,599 ±0,003	0,666 ±0,052	0,659 ±0,047	0,628 ±0,015
12	0,649 ±0,086	0,705 ±0,107	0,699 ±0,105	0,594 ±0,100
13	0,798 ±0,008	0,868 ±0,026	0,860 ±0,024	0,390 ±0,004
14	0,686 ±0,013	0,710 ±0,024	0,708 ±0,021	0,518 ±0,026
15	0,609 ±0,066	0,731 ±0,046	0,718 ±0,035	0,629 ±0,105
16	0,900 ±0,037	0,959 ±0,028	0,953 ±0,028	0,227 ±0,036
17	0,878 ±0,040	0,936 ±0,037	0,930 ±0,038	0,261 ±0,051
18	0,723 ±0,112	0,886 ±0,046	0,869 ±0,052	0,522 ±0,193
19	0,816 ±0,030	0,893 ±0,016	0,885 ±0,018	0,350 ±0,069
20	0,657 ±0,095	0,737 ±0,156	0,729 ±0,150	0,620 ±0,190
21	0,642 ±0,114	0,696 ±0,185	0,690 ±0,178	0,651 ±0,163
22	0,522 ±0,127	0,627 ±0,120	0,616 ±0,120	0,842 ±0,276
23	0,474 ±0,054	0,543 ±0,067	0,536 ±0,066	0,904 ±0,018
24	0,673 ±0,041	0,795 ±0,037	0,783 ±0,037	0,600 ±0,071
25	0,631 ±0,019	0,677 ±0,042	0,672 ±0,035	0,579 ±0,029

Os parâmetros radiação direta (DSF), radiação global (GSF) e de radiação luminosa indireta (ISF) apresentaram valores menores em novembro quando comparados aos valores de junho. O índice de área foliar (LAI) apresentou aumento dos valores em todos os 25 sítios entre junho e novembro. O aumento do LAI pode ser justificado com o brotamento de folhas novas de espécies arbustivo-arbóreas de cerrado, que ocorrem mais intensamente em setembro e outubro (Lenza & Klink, 2006), refletindo no aumento das copas em novembro. Com o aumento do índice de área foliar, a passagem da radiação diminuiu, o que refletiu na diminuição dos três parâmetros de radiação solar.

Com as variáveis de radiação luminosa, foi realizada uma Análise de Componentes Principais (PCA – *Principal Component Analysis*) unindo todas as variáveis obtidas para todos os sítios, separadamente por período.

A primeira análise PCA, relativa ao período de junho de 2009, explicou 96,1% da variação dos dados no eixo 1 (vetor latente: 0,6111 LAI - 0,4656 DSF - 0,4632 GSF - 0,4419 ISF). Isso significa que coeficientes de valores maiores classificam áreas com maiores valores de LAI e menores valores de DSF, GSF e ISF, e o oposto é verdadeiro; já o eixo 2 explicou 3,5% (vetor latente: - 0,6076 LAI - 0,5702 DSF - 0,4838 GSF + 0,2677 ISF). Juntos, os dois eixos explicaram 99,6% da variação total. Como os coeficientes com maiores valores em módulo foram LAI e DSF, estes foram representados na figura para caracterizar a classificação (Fig. 17).

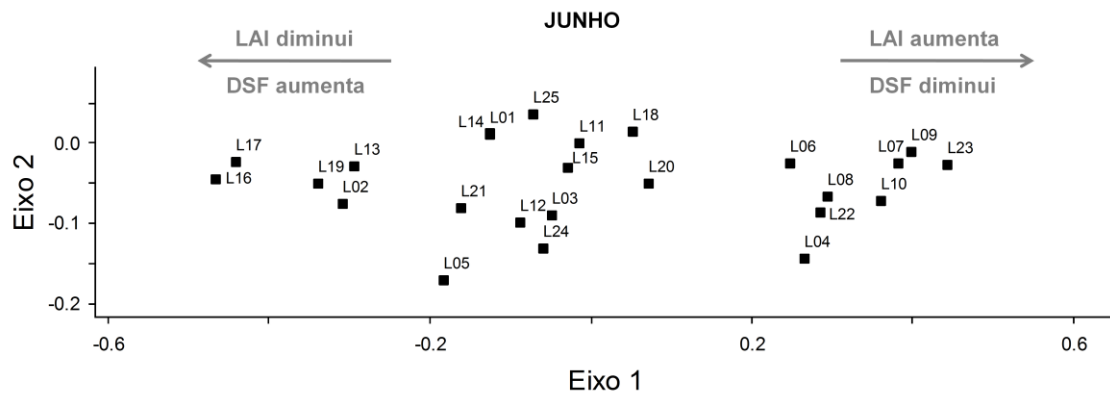


Figura 17. Representação gráfica dos dois primeiros eixos da Análise de Componentes Principais (PCA) e as 25 linhas de amostragem de cerrado sentido restrito da Estação Ecológica do Jardim Botânico de Brasília, DF para o período de junho/2009. Valores altos de coeficientes do eixo 1 indicam sítios com maiores índices de área foliar (LAI) e menores valores de radiação solar direta (DSF).

A segunda análise, do período de novembro de 2009, teve explicada 94,8% da variação dos dados no eixo 1 (vetor latente: 0,7441 LAI - 0,3977 DSF - 0,3946 GSF - 0,3639 ISF). Assim como na primeira PCA, os coeficientes de valores maiores classificam áreas com maiores valores de LAI e menores valores de DSF, GSF e ISF; o eixo 2 explicou 4,8% da variação total dos dados (vetor latente: - 0,6375 LAI - 0,5578 DSF - 0,5134 GSF - 0,1372 ISF). Juntos, os dois eixos explicaram 99,6% da variação total. Como os coeficientes com maiores valores em módulo foram LAI e DSF, estes foram representados na figura para caracterizar a classificação (Fig. 18).

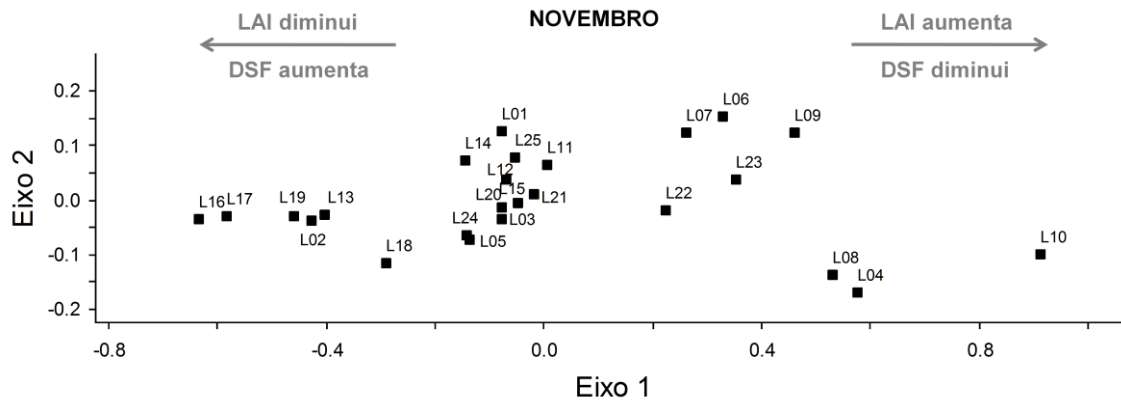


Figura 18. Representação gráfica dos dois primeiros eixos da Análise de Componentes Principais (PCA) e as 25 linhas de amostragem de cerrado sentido restrito da Estação Ecológica do Jardim Botânico de Brasília, DF para o período de novembro/2009. Valores altos de coeficientes do eixo 1 indicam sítios com maiores índices de área foliar (LAI) e menores valores de radiação solar direta (DSF).

O primeiro eixo da PCA explicou a maior parte da variação dos dados, logo teve seus coeficientes tomados para a construção de regressões com cada espécie, por período, de modo a constatar se houve ou não correlação entre o eixo 1 e a dominância daquela espécie. Foi realizada uma regressão não-paramétrica para cada espécie em cada período, e os valores dos coeficientes de correlação (Tau), coeficientes de determinação (r^2) e valores p estão relacionados na Tabela 4.

A maioria das espécies não apresentou correlação com o eixo 1 da PCA, mas 28 espécies (34%) apresentaram correlação positiva ou negativa com os coeficientes da PCA em um ou nos dois períodos de mensuração. As espécies com correlação positiva foram entendidas como tolerantes ao sombreamento, e foram classificadas na Tabela 4 como “sombra”, e as espécies que tiveram correlação negativa com o eixo 1 da PCA foram denominadas plantas de “sol”.

Algumas das espécies que tiveram maiores frequências de ocorrência e que estiveram correlacionadas com o eixo 1 da PCA foram *Chamaecrista desvauxii*, *Echinolaena inflexa*, *Hyptis saxatilis*, *Rhynchospora consanguinea* e *Ruellia incompta* (Fig. 19 e 20).

Tabela 4. Coeficientes de correlação (Tau), coeficientes de determinação (r^2) e valores p encontrados para cada correlação entre dominância de uma espécie e os coeficientes do eixo 1 da PCA realizada com os parâmetros de radiação. De acordo com o coeficiente de correlação, as espécies foram classificadas como plantas de sol (“sol”) ou plantas tolerantes à sombra (“sombra”). As espécies listadas apresentam hábito herbáceo-subarbuscivo e ocorreram na Estação Ecológica do Jardim Botânico de Brasília, DF, em junho e novembro de 2009. *= $p < 0,10$ e **= $p < 0,05$.

Família	Espécie	Ambiente	Junho			Novembro		
			Tau	p	r^2	Tau	p	r^2
Acanthaceae Juss.	<i>Justicia sarothroides</i> Lindau	-	-0,126	0,376	0,009	0,035	0,808	0,000
	<i>Ruellia incompta</i> Lindau	Sol	-0,235	0,100*	0,228	-0,195	0,171	0,147
Amaranthaceae Juss.	<i>Pfaffia lanata</i> Gibert	Sombra	0,059	0,679	0,004	0,328	0,021**	0,066
Alstroemeriaceae Dumort.	<i>Alstroemeria gardneri</i> Baker	-	-	-	-	0,165	0,248	0,032
Apocynaceae Juss.	<i>Barjonia erecta</i> (Vell.) K. Schum.	-	0,227	0,111	0,060	0,165	0,248	0,032
	<i>Ditassa obcordata</i> Mart.	-	0,118	0,409	0,036	-	-	-
Arecaceae Bercht. & J. Presl	<i>Syagrus petraea</i> (Mart.) Becc.	-	0,042	0,768	0,007	0,143	0,316	0,016
Asteraceae Bercht. & J. Presl	<i>Aspilia foliacea</i> Baker	Sol	0,243	0,088*	0,121	-0,141	0,322	0,006
	<i>Baccharis salzmännii</i> DC.	-	0,071	0,620	0,002	0,049	0,733	0,005
	<i>Chaptalia integerrima</i> (Vell.) Burkart	-	-	-	-	0,047	0,741	0,001
	<i>Vernonia bardanoides</i> Less.	Sombra	0,194	0,175	0,022	0,299	0,036**	0,018
	<i>Vernonia holosericea</i> Mart.	Sombra	0,259	0,069*	0,093	0,212	0,137	0,064

Bignoniaceae Juss.	<i>Anemopaegma arvense</i> (Vell.) Stellfeld & J.F. Souza	-	0,094	0,510	0,000	0,049	0,733	0,001
	<i>Jacaranda ulei</i> Bureau & K. Schum.	-	-0,061	0,670	0,009	0,028	0,846	0,082
Bromeliaceae Juss.	<i>Dyckia brasiliana</i> L.B. Sm.	Sombra	0,141	0,322	0,041	0,259	0,069*	0,099
Burseraceae Kunth	<i>Protium ovatum</i> Engl.	-	-0,231	0,105	0,048	-0,219	0,124	0,040
Convolvulaceae Juss.	<i>Ipomoea coccinea</i> L.	-	0,024	0,869	0,001	-	-	-
Cyperaceae Juss.	<i>Bulbostylis junciformis</i> (Kunth) C.B. Clarke	-	0,219	0,125	0,068	0,229	0,108	0,096
	<i>Rhynchospora consanguinea</i> (Kunth) Boeck.	Sombra	-0,015	0,914	0,018	0,307	0,031**	0,009
Euphorbiaceae Juss.	<i>Chamaesyce caecorum</i> (Mart. ex Boiss.) Croizat	Sol	-0,216	0,131	0,040	-0,385	0,007**	0,048
	<i>Croton antisyphiliticus</i> Mart.	-	0,059	0,681	0,024	0,193	0,176	0,031
	<i>Croton goyazensis</i> Müll. Arg.	-	-0,074	0,606	0,012	-0,226	0,113	0,114
	<i>Dalechampia caperonioides</i> Baill.	-	-0,034	0,809	0,014	-0,081	0,571	0,013
	<i>Manihot gracilis</i> Pohl	-	-	-	-	0,215	0,131	0,053
Fabaceae Lindl.	<i>Calliandra dysantha</i> Benth.	-	-0,056	0,695	0,012	0,020	0,889	0,000
	<i>Centrosema bracteosum</i> Benth.	-	-	-	-	-0,132	0,355	0,017
	<i>Chamaecrista desvauxii</i> (Collad.) Killip	Sol	-0,216	0,131	0,195	-0,385	0,007**	0,235
	<i>Chamaecrista lundii</i> (Benth.) H.S. Irwin & Barneby	Sol	-0,244	0,087*	0,026	-0,188	0,189	0,518
	<i>Crotalaria flavicoma</i> Benth.	-	-0,094	0,509	0,010	-0,141	0,322	0,006
	<i>Desmodium platycarpum</i> Benth.	-	0,118	0,409	0,036	0,165	0,248	0,032
	<i>Eriosema rigidum</i> Benth.	-	-0,211	0,139	0,000	0,054	0,705	0,037
	<i>Galactia heringeri</i> Burkart	Sombra	0,322	0,024**	0,120	0,049	0,733	0,014

	<i>Lupinus velutinus</i> Benth.	-	0,071	0,620	0,002	-	-	-
	<i>Mimosa nuda</i> Benth.	-	-	-	-	0,047	0,741	0,001
	<i>Mimosa pseudoradula</i> Glaz. ex Barneby	-	-0,210	0,141	0,039	-0,063	0,661	0,032
	<i>Periandra mediterranea</i> (Vell.) Taub.	-	-	-	-	-0,141	0,322	0,006
	<i>Senna rugosa</i> (G. Don) H.S. Irwin & Barneby	Sombra	0,376	0,008**	0,189	0,257	0,072*	0,058
	<i>Stylosanthes guianensis</i> (Aubl.) Sw.	-	0,024	0,869	0,001	0,047	0,741	0,001
Iridaceae Juss.	<i>Sisyrinchium vaginatum</i> Spreng.	-	-0,055	0,700	0,000	-0,067	0,637	0,001
Lamiaceae Martinov	<i>Hypenia macrantha</i> (A. St.-Hil. ex Benth.) Harley	Sol	-0,259	0,069*	0,116	-0,243	0,088*	0,080
	<i>Hyptis lythroides</i> Pohl ex Benth.	-	0,008	0,954	0,029	-0,107	0,454	0,022
	<i>Hyptis saxatilis</i> A. St.-Hil. ex Benth.	Sol	-0,430	0,003**	0,208	-0,388	0,007**	0,151
Lauraceae Juss.	<i>Cassytha filiformis</i> L.	Sol	-0,052	0,717	0,023	-0,257	0,072*	0,074
Lythraceae J. St.-Hil.	<i>Diplusodon oblongus</i> Pohl	Sol	-0,208	0,146	0,116	-0,244	0,087*	0,080
Malpighiaceae Juss.	<i>Byrsonima rigida</i> A. Juss.	-	0,232	0,103	0,132	0,152	0,285	0,022
	<i>Peixotoa goiana</i> C.E. Anderson	-	0,070	0,622	0,001	0,189	0,185	0,012
Malvaceae Juss.	<i>Pavonia rosa-campestris</i> A. St.-Hil.	-	0,156	0,274	0,056	0,115	0,421	0,105
	<i>Byttneria scalpellata</i> Pohl	-	-0,035	0,808	0,008	0,042	0,768	0,020
Menispermaceae Juss.	<i>Cissampelos ovalifolia</i> DC.	-	0,118	0,409	0,036	-	-	-
Myrtaceae Juss.	<i>Psidium</i> sp. L.	-	-0,118	0,409	0,010	-	-	-

	<i>Campomanesia pubescens</i> (DC.) O. Berg	-	-0,087	0,542	0,138	-0,068	0,636	0,117
	<i>Eugenia calycina</i> Cambess.	Sol	-0,092	0,520	0,064	-0,249	0,081*	0,109
	<i>Eugenia puniceifolia</i> (Kunth) DC.	-	-0,025	0,859	0,005	-0,076	0,595	0,003
	<i>Myrcia linearifolia</i> Cambess.	-	-0,041	0,776	0,007	-0,087	0,541	0,015
	<i>Myrcia</i> sp. DC. ex Guill.	-	-0,141	0,322	0,016	0,071	0,620	0,000
	<i>Myrciaria</i> sp. O. Berg	-	-0,042	0,770	0,001	0,085	0,551	0,001
Oxalidaceae R. Br.	<i>Oxalis cordata</i> A. St.-Hil.	Sombra	0,211	0,140	0,077	0,259	0,069*	0,099
	<i>Oxalis suborbiculata</i> Lourteig	-	-0,033	0,817	0,057	-0,010	0,946	0,008
Poaceae Barnhart	<i>Agenium villosum</i> (Nees) Pilg.	-	-0,177	0,215	0,037	-0,160	0,262	0,022
	<i>Aristida recurvata</i> Kunth	Sombra	0,008	0,953	0,000	0,259	0,069*	0,099
	<i>Aristida setifolia</i> Kunth	Sol	0,004	0,980	0,001	-0,239	0,094*	0,048
	<i>Axonopus barbiger</i> (Kunth) Hitchc.	-	0,115	0,422	0,023	0,120	0,401	0,007
	<i>Echinolaena inflexa</i> (Poir.) Chase	Sombra	0,258	0,071*	0,116	0,027	0,851	0,015
	<i>Ichnanthus camporum</i> Swallen	Sol	-0,248	0,082*	0,057	-0,119	0,404	0,000
	<i>Ichnanthus inconstans</i> (Trin. ex Nees) Döll	-	-0,071	0,620	0,005	-	-	-
	indet 1	-	0,127	0,373	0,000	0,198	0,165	0,102
	indet 2	-	-0,134	0,348	0,061	-0,093	0,516	0,009
	<i>Mesosetum loliiforme</i> (Hochst. ex Steud.) Chase	Sombra	0,243	0,088*	0,036	-0,071	0,620	0,002
	<i>Paspalum</i> sp L.	-	-0,022	0,877	0,010	-0,189	0,186	0,049
	<i>Schizachyrium sanguineum</i> (Retz.) Alston	-	0,085	0,551	0,023	0,094	0,509	0,000
	<i>Trachypogon spicatus</i> (L. f.) Kuntze	-	0,121	0,397	0,033	-0,118	0,410	0,004
Rubiaceae Juss.	<i>Borreria capitata</i> (Ruiz & Pav.) DC.	Sol	-0,410	0,004**	0,249	-0,243	0,088*	0,027
	<i>Borreria lutescens</i> DC.	-	0,014	0,920	0,001	-0,203	0,154	0,106

	<i>Sabicea brasiliensis</i> Wernham	-	0,118	0,409	0,036	0,165	0,248	0,032
Rutaceae Juss.	<i>Esenbeckia pumila</i> Pohl	-	-0,227	0,111	0,022	-0,218	0,127	0,085
	<i>Spiranthera odoratissima</i> A. St.-Hil.	-	0,096	0,503	0,021	0,045	0,752	0,000
Salicaceae Mirb.	<i>Casearia altiplanensis</i> Sleumer	Sombra	-0,041	0,775	0,012	0,276	0,054*	0,025
Sapindaceae Juss.	<i>Serjania mansiana</i> Mart.	Sol	-	-	-	-0,283	0,048**	0,121
Smilacaceae Vent.	<i>Smilax goyazana</i> A. DC.	Sol	0,071	0,617	0,007	-0,300	0,036**	0,058
Turneraceae Kunth ex DC.	<i>Piriqueta sidifolia</i> (A. St.-Hil. & A. Juss. & Cambess.) Urb.	-	-0,055	0,700	0,002	0,049	0,733	0,001
Verbenaceae J. St.-Hil.	<i>Stachytarpheta chamissonis</i> Walp.	Sombra	0,236	0,099*	0,085	0,141	0,322	0,020

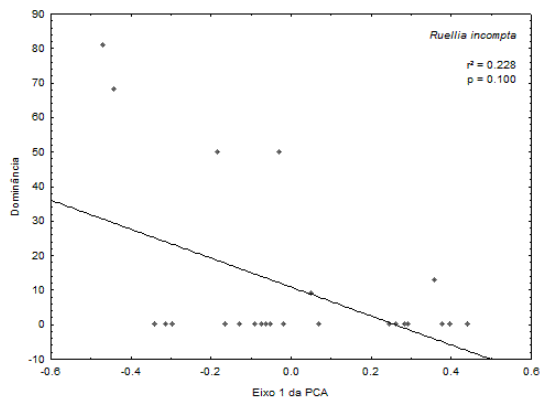
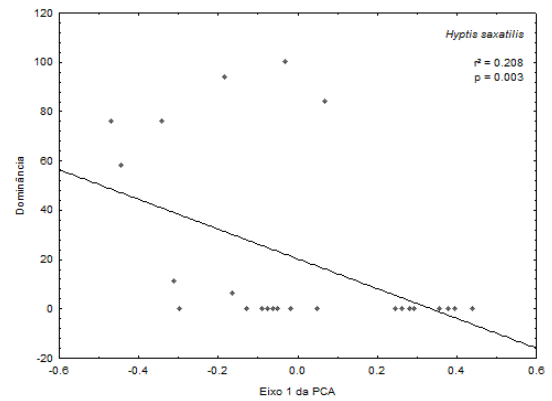
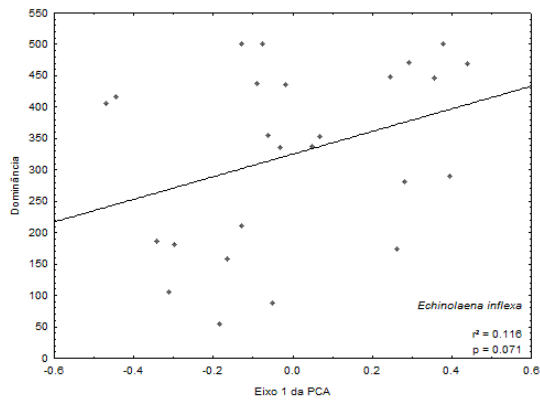


Figura 19. Correlação entre os coeficientes do eixo 1 da Análise de Componentes Principais (PCA) e a dominância de três espécies ocorrentes no cerrado sentido restrito da Estação Ecológica do Jardim Botânico de Brasília, no período de junho de 2009. Cada gráfico tem discriminado a espécie referente, seu coeficiente de determinação (r^2) e o valor de p .

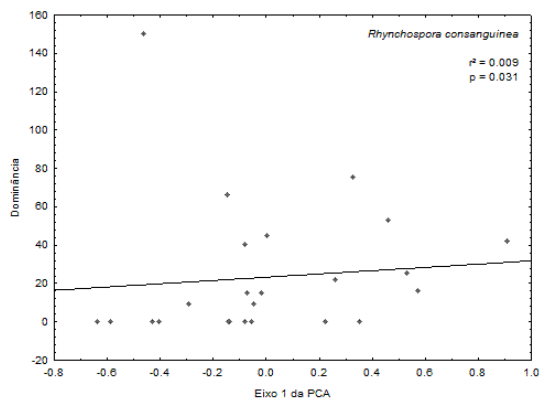
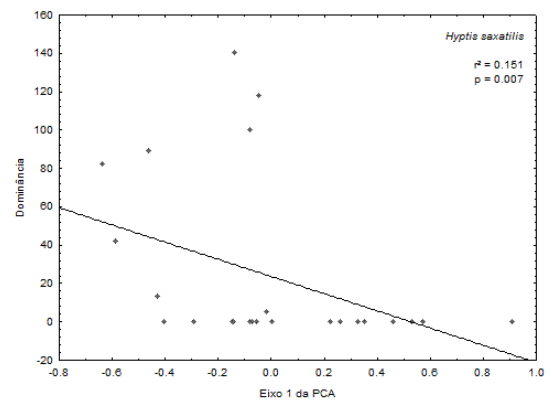
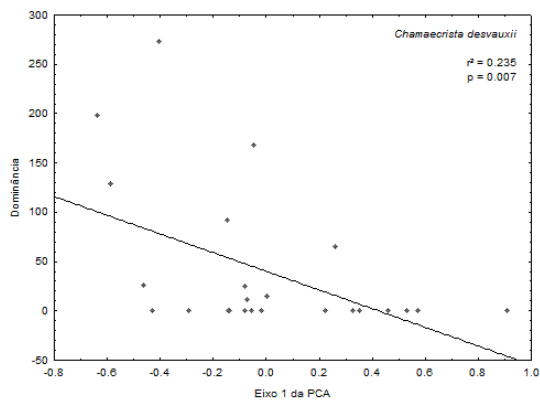


Figura 20. Correlação entre os coeficientes do eixo 1 da Análise de Componentes Principais (PCA) e a dominância de três espécies ocorrentes no cerrado sentido restrito da Estação Ecológica do Jardim Botânico de Brasília, no período de novembro de 2009. Cada gráfico tem discriminado a espécie referente, seu coeficiente de determinação (r^2) e o valor de p .

Rhynchospora consanguinea apresentou uma correlação positiva, porém baixa, com os coeficientes da PCA. Essa espécie também esteve presente em área de campo sujo perturbado (Munhoz & Felfili, 2006) e protegido (Amaral, 2008), o que leva a crer que outros fatores ambientais, não somente o sombreamento, possam influenciar a ocorrência dessa espécie em áreas mais abertas. O contrário acontece com *Ruellia incompta*, que apresentou correlação negativa com o eixo 1 da PCA, comportando-se como espécie preferencial de áreas mais abertas, sendo corroborada pela ocorrência nas áreas de campo sujo (Munhoz & Felfili, 2006; Amaral, 2008).

Echinolaena inflexa é uma espécie de Poaceae de ampla distribuição geográfica, que está presente em diferentes fisionomias de cerrado no Planalto Central (Munhoz & Felfili, 2006; Amaral, 2008) e em São Paulo (Tannus & Assis, 2004). Mesmo essa espécie tendo ocorrido abundantemente em todas as linhas avaliadas no presente estudo, existe uma tendência por áreas com menor incidência solar (Fig. 21, no alto à esquerda). Isso é justificado pela fisiologia da espécie que, apesar de ser uma gramínea, possui rota fotossintética C3, sendo classificada por Klink & Joly (1989) como uma espécie preferencial de ambientes sombreados.

Infelizmente faltam estudos ecofisiológicos de espécies herbáceas e subarbustivas do Cerrado que permitam uma discussão mais aprofundada sobre a sua relação com as variáveis medidas nesta pesquisa.

Um experimento de sombreamento em uma savana no leste da África indicou que a luz pode ser um fator limitante durante a estação chuvosa, quando água e nutrientes são disponíveis. Já no período seco, quando a água é escassa, o efeito do sombreamento sobre a produção de plantas foi positivo. Ludwig *et al.* (2001), então, concluíram que o aumento ou diminuição da produção herbácea presente embaixo de copas depende de como os efeitos positivos (aumento de fertilidade do solo) e negativos

(sombreamento e menor disponibilidade de água no solo) interagem, e como essas interações podem alterar significativamente entre as estações seca e úmida.

6 CONCLUSÃO

Foram observadas expansão, retração e substituição de espécies da flora herbáceo-subarbusciva de cerrado sentido restrito, mas esta variação, de modo geral, não foi significativa dentro do período de sete meses. Porém, neste mesmo período, houve aumento significativo do índice de área foliar (LAI) que, por sua vez, influenciou na diminuição significativa dos índices de radiação direta (DSF), radiação indireta (ISF) e radiação global (GSF).

Apesar de não ser uma variável primária para determinação de uma vegetação, a radiação solar atua, nas camadas rasteiras, como determinante secundário da ocorrência e dominância de algumas espécies, tendo correlações positivas ou negativas. Algumas espécies desenvolvem-se melhor em áreas com maior incidência solar, enquanto outras ocupam preferencialmente ambientes sombreados. Mesmo estando significativamente correlacionados, o poder de explicação da ocorrência da espécie sendo determinado pela radiação de modo geral é baixo, evidenciando haverem, conjuntamente, outras variáveis influenciando.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Acredita-se que a composição do solo mais superficial possua variáveis que possam ajudar a complementar a compreensão da ocupação das espécies de Cerrado sentido restrito em áreas mais sombreadas ou mais abertas.

Como as linhas instaladas foram instaladas e georreferenciadas, propõe-se que sejam feitos, também, monitoramentos periódicos a fim de compreender a dinâmica das espécies herbáceo-subarbusivas em cerrado sentido restrito.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adámoli, J.; Macedo, J.; Azevedo, L. G. & Madeira Neto, J. 1985. Caracterização da região dos Cerrados. Pp. 33-73. In: W. J. Goedert (ed). **Solos dos cerrados**. EMBRAPA/Nobel, Brasília.

Amaral, A. G. 2008. **Mudanças estruturais e florísticas do estrato herbáceo-arbustivo em campo sujo e campo limpo úmido na Fazenda Água Limpa – DF após um período de sete anos**. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade de Brasília, Brasília, DF.

APG III – Angiosperm Phylogeny Group III. 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society** **161**: 105-121.

Archer, S.; Safres, C. J.; Bassham, C. R. & Maggio, R. 1988. Autogenic in a subtropical savanna: conversion of grassland to thorn woodland. **Ecological Monographs** **58**: 111-127.

Azevedo, L. G.; Ribeiro, J. R.; Schiavini, I. & Oliveira, P. E. A. M. 1990. **Levantamento da vegetação do Jardim Botânico de Brasília, DF**. Fundação Zoobotânica do Distrito Federal, Brasília.

Batalha, M. A. & Mantovani, W. 2001. Floristic composition of the cerrado in the Pé-de-Gigante Reserve (Santa Rita do Passa Quatro, Southeastern Brazil). **Acta Botanica Brasilica** **15**(3): 289-304.

Bucci, F. F. B. 1997. **Floração de algumas espécies de Melastomataceae do Distrito Federal: uso de dados de herbário para obter padrões sazonais**. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade de Brasília, Brasília, DF.

Canfield, R. 1941. Application of line interception in sampling range vegetation. **Journal of Forestry** **39**(5): 388-394.

Canfield, R. 1950. **Sampling range by the line interception method**. Southwestern Forest and Range Experiment Station.

- 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**: 192-224.
- Cavedon, D. S. & Sommer, S. 1990. **Levantamento semidetalhado dos solos do Jardim Botânico de Brasília**. Fundação Zoobotânica do Distrito Federal, Brasília.
- Cole, M. M. 1986. **The savannas: biogeography and geobotany**. Academic press, London.
- Coutinho, L. M. 1978. O conceito de cerrado. **Revista Brasileira de Botânica** **1**: 17-23.
- Dias, B. F. de S. 1990. A conservação da natureza. Pp. 583-440. In: M. Novaes Pinto (ed.). **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. Editora Universidade de Brasilia. Brasilia, DF.
- Eiten, G. 1972. The cerrado vegetation of Brazil. **Botanical review** **38**(2): 201-341.
- Eiten, G. 1978. Delimitation of the cerrado concept. **Vegetatio** **36**(3): 169-178.
- Eiten, G. 1984. Vegetation of Brasilia. **Phytocoenologia** **12**: 271-292.
- Eiten, G. 1994. Vegetação do Cerrado. Pp. 9-65. In: M. N. Pinto (ed.). **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. Editora Universidade de Brasília, Brasília, DF.
- Fechine, J. A. L. & Galvíncio, J. D. 2008. Análise das precipitações mensais da Bacia Hidrográfica do Rio Brígida no semi-árido pernambucano, usando o Método de Wards. **Boletim Goiano de Geografia** **28**(2): 75-88.
- Felfili, J. M.; Silva Júnior, M. C. 1993. A comparative study of cerrado (sensu stricto) vegetation in Central Brazil. **Journal of Tropical Ecology** **9**: 277-289.
- Felfili, J. M.; Silva Júnior, M. C. & Nogueira, P. E. 1998. Levantamento da vegetação arbórea na região de Nova Xavantina, MT. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer** **3**: 63-81.
- Felfili, J. M.; Sevilha, A. C. & Silva Júnior, M. C. 2001. Comparação entre as unidades fisiográficas Chapada Pratinha, Veadeiros e Espigão Mestre. Pp.80-102. In: J. M. Felfili & M. C. Silva Júnior (eds.). **Projeto biogeografia do bioma cerrado: estudo fitofisionômico na Chapada do Espigão Mestre do São Francisco**. Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília.

- Filgueiras, T. S. 2002. Herbaceous plant communities. Pp. 91-120. In: P. S. Oliveira & J. R. Marquis (eds.). **The Cerrados of Brazil: Ecology and natural history of a neotropical savanna**. Columbia University Press, New York,
- Fonseca, M. & Silva Júnior, M. C. 2004. Fitossociologia e similaridade florística entre trechos de Cerrado sentido restrito em interflúvio e em vale no Jardim Botânico de Brasília, DF. **Acta Botanica Brasilica** **18**(1): 19-29.
- Frost, P. G. H.; Medina, E.; Menaut, J. C.; Solbrig, O. T.; Swift, M. & Walker, B. H. 1986. **Responses of savannas to stress and disturbance**. Biological International Special Issue 10. The International Union of Biological Sciences, Paris.
- 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.
- Gauch, H. G., Jr. 1982. **Multivariate Analysis in Community Structure**. Cambridge University Press, Cambridge.
- Goldstein, G. & Sarmiento, G. 1987. Water Relations of Trees and Grasses and their Consequences for the Structure of Savanna vegetation. In: B. H. Walker (ed.). **Determinants of Tropical Savannas**. IRL Press, Oxford.
- Guedes-Bruni, R. R.; Morim, M. P. M.; Lima, H. C. de & Sylvestre, L. S. 2002. Inventário florístico. In: L. S. Sylvestre & M. M. T. Rosa (orgs). **Manual Metodológico para estudos botânicos na Mata Atlântica**. Rio de Janeiro, EDUR.
- Guimarães, A. J. M.; Araújo, G. M. & Corrêa, G. F. 2002. Estrutura fitossociológica em área natural e antropizada de uma vereda em Uberlândia, MG. **Acta Botanica Brasilica** **16**: 317-330.
- Haridasan, M. 1991. Solos do Distrito Federal. Pp. 309-330. In: M. N. Pinto (ed.). **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. Editora Universidade de Brasília, Brasília.
- Hill, M. O. 1979. **TWINSPAN: a FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes**. New York: Cornell University, Ithaca.
- Jongman, R. H. G.; Ter Braak, C. J. F. & Van Tongeren, O. F. R. 1987. **Data analysis in community and landscape ecology**. Pudoc. Wageningen.

- Kent, M. & Coker, P. 1992. **Vegetation description and analysis, a practical approach**. Belhaven Press, London.
- Kershaw, K. A. 1973. **Quantitative and dynamic plant ecology**. Edward Arnold, London, UK.
- Klink, C. A. & Joly, C. A. 1989. Identification and distribution of C3 and C4 grasses in open and shaded habitats in São Paulo State, Brazil. **Biotropica** **21**: 30-34.
- Klink, C. A. & Machado, R. B. 2005. A conservação do Cerrado brasileiro. Belo Horizonte, **Megadiversidade** **1**: 148-155.
- Lenza, E. & Klink, C. A. 2006. Comportamento fenológico de espécies lenhosas em um cerrado sentido restrito de Brasília, DF. **Revista Brasileira de Botânica** **29**: 627-638.
- Ludwig, F.; De Kroon, H.; Prins, H. H. T. & Berendse, F. 2001. Effects of nutrients and shade on tree-grass interactions in an East African savanna. **Journal of Vegetation Science** **12**: 579-588.
- Magurran, A. E. 1988. **Ecological diversity and its measurements**. Croom Helm, London.
- Mantovani, W. & Martins, F. R. 1993. Florística do cerrado na Reserva Biológica de Moji Guaçu, SP. **Acta Botanica Brasilica** **7**: 33-60.
- Medina, E. 1987. Nutrients: requirements, conservation and cycles in the herbaceous layer. Pp. 39-67. In: B. W. Walker (ed.). **Determinants of savannas**. IUBS monographs series no. 3. IRL Press, Oxford.
- Meirelles, M. L.; Oliveira, M. R. de; Ribeiro, J. F.; Vivaldi, L. J.; Rodrigues, L. A. & Silva, G. P. 2002. Utilização do método de interseção na linha em levantamento quantitativo do estrato herbáceo do cerrado. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer** **9**: 60-68.
- Mendonça, R. C.; Felfili, J. M.; Walter, B. M. T.; Silva Júnior, M. C.; Rezende, A. V.; Filgueiras, T. S. & Nogueira, P. E. 2008. Flora vascular do cerrado. Pp. 287- 556. In: S. M. Sano & S. P. Almeida (eds.). **Cerrado: ambiente e flora**. Embrapa CPAC. Planaltina, DF.

- Miranda, H. S.; Bustamante, M. M. C. & Miranda, A. C. 2002. The Fire Factor. In: P. S. Oliveira & R. J. Marquis (eds). **The Cerrados of Brazil: Ecology and natural history of a neotropical savanna**. New York: Columbia University Press.
- Moreira, A. G. 1992. **Fire protection and dynamics in the Brazilian Cerrado**. Ph.D. Thesis, Harvard University, Cambridge, USA.
- Munhoz, C. B. R. & Felfili, J. M. 2006. Fitossociologia do estrato herbáceo-subarbustivo de uma área de campo sujo no Distrito Federal, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** **20**(3): 671-685.
- Munhoz, C. B. R. & Felfili, J. M. 2008. Fitossociologia do estrato herbáceo-subarbustivo em campo limpo úmido no Distrito Federal, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** **22**(4): 905-913.
- Oliveira-Filho, A. T.; Shepherd, G. J.; Martins, F. R. & Stubbeline, W. H. 1989. Environmental factors affecting physiognomic and floristic variation in an area of Cerrado in central Brazil. **Journal of Tropical Ecology** **54**: 413-431.
- Ribeiro, J. F. & Walter, B. M. T. 1998. Fitofisionomias do Bioma Cerrado. Pp. 89-169. In: S. Sano & S. P. Almeida (eds.). **Cerrado: ambiente e flora**. EMBRAPA CPAC, Planaltina.
- Ratter, J. A.; Ribeiro, J. F. & Bridgewater, S. 1997. The brazilian cerrado vegetation and threats to its biodiversity. **Annals of Botany** **80**: 223-230.
- Rebellato, L. & Cunha, C. N. 2005. Efeito do fluxo sazonal mínimo da inundação sobre a composição e estrutura de um campo inundável no pantanal de Poconé, MT, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** **19**: 789-799.
- Rossato, D. R.; Toniato, M. T. Z. & Durigan. 2008. Flora fanerogâmica não-arbórea do cerrado na Estação Ecológica de Assis, estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Botânica** **31**: 409-424.
- San Jose, J. J.; Farinas, M. R. & Rosales, J. 1991. Spatial patterns of tree and structuring factors in a Trachypogon savanna of the Orinoco Llanos. **Biotropica** **233**: 114-123.
- Scholes, R. J. & Archer, S. R. 1997. Tree-grass interactions in savannas. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics** **28**: 517-544.

Scholes, R. J. & Walker, B. H. 1993. **An African savanna, synthesis of the Nylsley study**. Cambridge University Press, Cambridge. 306 p.

Skarpe, C. 1991. Impact of grazing in savanna ecosystems. **Ambio** 20(8): 351-356.

Skarpe, C. 1992. Dynamics of savanna ecosystems. **Journal of Vegetation Science** 3: 293-300.

Townsend, C.R.; Begon, M. & Harper, J. L. 2006. **Fundamentos em ecologia**. Artmed, Porto Alegre, RS.

UNESCO. 1998. **Vegetação no Distrito Federal: tempo e espaço**. UNESCO, Brasília.

Walter, B. M. T. 2006. **Fitofisionomias do bioma Cerrado: síntese terminológica e relações florísticas**. Tese de doutorado, Universidade de Brasília, Brasília.