



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE BOTÂNICA**

**IMPACTO DE GRAMÍNEA NATIVA E EXÓTICA NO
DESENVOLVIMENTO INICIAL DE ESPÉCIES ARBÓREAS DO
CERRADO**

BRUNO DOS SANTOS RABELO

BRASÍLIA, 31 DE JULHO DE 2013



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE BOTÂNICA**

**IMPACTO DE GRAMÍNEA NATIVA E EXÓTICA NO
DESENVOLVIMENTO INICIAL DE ESPÉCIES ARBÓREAS DO
CERRADO**

BRUNO DOS SANTOS RABELO

BRASÍLIA, 2013

**IMPACTO DE GRAMÍNEA NATIVA E EXÓTICA NO
DESENVOLVIMENTO INICIAL DE ESPÉCIES ARBÓREAS DO
CERRADO**

BRUNO DOS SANTOS RABELO

Orientador: Fabian Borghetti

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Botânica da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Botânica.

BRASÍLIA

2013

**IMPACTO DE GRAMÍNEA NATIVA E EXÓTICA NO DESENVOLVIMENTO INICIAL
DE ESPÉCIES ARBÓREAS DO CERRADO**

Bruno dos Santos Rabelo

Dissertação julgada adequada para obtenção do título de Mestre em Botânica e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Botânica da Universidade de Brasília

Prof. Dr. Fabian Borghetti
Orientador – UnB

Prof. Dr. Augusto Cesar Franco
Membro Titular – UnB

Prof. Dr. Carlos Romero Martins
Membro Titular – Ibama

Prof. Dra. Sarah Christina Caldas Oliveira
Suplente – UnB

Brasília, Julho de 2013

Dedico este trabalho aos meus pais e irmãs. Ninguém mais importante do que Ademilson, Geralda Eni, Camila e Carolina na formação de quem sou hoje.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus pela vida, pelas oportunidades que ele tem me dado, por me dar forças quando preciso e por ter me colocado junto a pessoas tão importantes no meu crescimento pessoal e profissional, pessoas estas que tentarei me lembrar e citar logo abaixo.

Agradeço aos meus pais, Ademilson e Geralda Eni por todo o apoio, por tudo que fizeram para me ajudar nas horas mais difíceis, pelos os momentos que estiveram ao meu lado quando precisei, pela educação que me deram e por acreditar em mim em qualquer desafio que encontrei. Amo vocês

Às minhas irmãs, Camila e Carolina, presentes que Deus colocou ao meu lado desde cedo e que também são peças fundamentais em minha vida. Amo vocês

Ao meu orientador Fabian Borghetti, pelos conselhos, idéias, ensinamentos, histórias, por acreditar em mim e pela amizade.

Aos professores de minha graduação e pós-graduação e aos que participaram e contribuíram para o resultado aqui apresentado.

Aos avôs, avós, tios, tias, padrinho, madrinha, primos, primas e à 'Titia Vanilda'. A convivência com vocês ao longo dos anos foi e sempre será impagável e insubstituível. Aqui preciso destacar o Rafael, primo e amigo que levo como um irmão.

Aos amigos e colegas aos quais tive o prazer de conhecer no Laboratório de Termobiologia e que tiveram, direta ou indiretamente, grande participação neste trabalho. A vocês dedico a citação de rodapé

Aos demais amigos de Unaí – MG e Brasília, não só aqueles com quem ainda divido meus bons momentos, mas todos que um dia passaram por minha vida.

“O ambiente de trabalho é bom e há muita boa vontade. Não trocaria uma oportunidade dessas pelo melhor laboratório do mundo.” Trecho da Entrevista de Luiz F. Gouvêa Labouriau concedida a Isaac Roitman (Departamento de Biologia Celular, UnB) e Luiz Martins (*Ciência Hoje*)

SUMÁRIO

| | |
|---|-----|
| Resumo..... | iii |
| Abstract..... | iv |
| Índice de Figuras..... | v |
| Índice de tabelas..... | vii |
| 1. Introdução..... | 1 |
| 1.1 O Cerrado brasileiro..... | 1 |
| 1.1.1 Fatores que interferem na expansão das invasoras..... | 4 |
| 1.1.2 Competição por nutrientes..... | 4 |
| 1.1.3 Competição por recursos hídricos..... | 5 |
| 1.1.4 Competição por luz..... | 6 |
| 2. Objetivos..... | 7 |
| 2.1 Objetivos específicos..... | 7 |
| 3. Hipóteses..... | 8 |
| 4. Metodologia..... | 8 |
| 4.1 Espécies de gramíneas selecionadas..... | 8 |
| 4.2 As espécies arbóreas selecionadas..... | 9 |
| 4.3 Teste em espécies nativas em campo:..... | 11 |
| 4.4 Cobertura graminosa..... | 14 |
| 4.5 Adição de nutrientes..... | 14 |
| 4.6 Medidas iniciais..... | 15 |
| 4.7 Plantio e medidas de crescimento..... | 15 |
| 5. Análise de dados..... | 17 |

| | | |
|-----|---|----|
| 6. | Resultados..... | 18 |
| 6.1 | Produção de biomassa aérea das plântulas das espécies arbóreas.... | 18 |
| 6.2 | Crescimento da parte aérea das plântulas das espécies arbóreas..... | 23 |
| 6.3 | Sobrevivência das plântulas seis meses após o plantio..... | 25 |
| 7. | Discussão..... | 28 |
| 8. | Conclusões e considerações finais..... | 31 |
| 9. | Referências bibliográficas..... | 32 |
| 10. | Anexos..... | 40 |

RESUMO

Apesar de ser considerado um dos biomas de grande relevância mundial devido a sua riqueza de fauna e flora, o Cerrado encontra-se entre as formações vegetais mais ameaçadas pela expansão urbana e agropecuária. A abertura de clareiras, a fragmentação das formações nativas e a introdução de espécies exóticas para pastagem, como as do gênero *Urochloa*, tem alterado a dinâmica de comunidades e reduzido sua diversidade. Este estudo buscou quantificar impactos de gramíneas exótica e nativa na sobrevivência e crescimento de plântulas de espécies do Cerrado submetidas à adição de nutrientes, irrigação e sombreamento. Para efeitos comparativos, foram utilizadas *Paspalum atratum* e *U. brizantha*, uma gramínea nativa e uma exótica, ambas C₄, de porte e padrão de crescimento similares. As arbóreas escolhidas foram: *Kielmeyera coriacea*, *Dalbergia miscolobium*, *Copaifera langsdorffii*, *Dipteryx alata*, *Dimorphandra mollis* e *Qualea grandiflora*. As gramíneas foram plantadas em parcelas, sendo estas mantidas sem cobertura, ou cobertas com plástico transparente, ou coberta com sombrite. As parcelas cobertas foram submetidas à irrigação artificial. Plantou-se 10 indivíduos por tratamento, totalizando 180 por espécie. Após seis meses foram medidas a sobrevivência, o crescimento em altura e o ganho de biomassa da parte aérea. De um modo geral, a gramínea exótica provocou impactos negativos sobre as plântulas em todos os tratamentos, quando comparada à gramínea nativa e ao controle, sem gramínea. A adição de nutrientes favoreceu as plântulas apenas no crescimento em altura, enquanto que não houve influência no ganho de biomassa ou na sobrevivência. A sobrevivência das plântulas não foi influenciada pela irrigação, exceto para *Q. grandiflora* e *D. mollis*, que apresentaram maior sobrevivência em comparação ao tratamento sem irrigação. O sombreamento não influenciou na sobrevivência, reduziu o ganho de biomassa para *D. mollis* e *D. miscolobium*, e promoveu o crescimento em altura das plântulas cultivadas na ausência de gramíneas, ou junto com *P. atratum*. Em geral, a presença de gramíneas reduz a sobrevivência e ganho de biomassa das plântulas, e este efeito é mais intenso quando na presença de gramínea exótica, em comparação com gramínea nativa.

ABSTRACT

Despite being considered one of the biomes of major importance due to its high diversity of fauna and flora, the Cerrado is among the most threatened region by urban expansion and agriculture. The opening of gaps, fragmentation of native vegetation and the introduction of exotic species for grazing, as those of the genus *Urochloa*, has changed the dynamics of communities and reduced its biodiversity. This study sought to quantify the impacts of exotic and native grasses in the survival and growth of seedlings of Cerrado species subjected to fertilization, irrigation and shade. For comparative purposes, we used the native *Paspalum atratum* and the exotic *Urochloa Brizantha*, two C₄ grasses with similar pattern of growth. The trees species selected for this study were: *Kielmeyera coriacea*, *Dalbergia miscolobium*, *Copaifera langsdorffii*, *Dipteryx alata*, *Dimorphandra mollis* and *Qualea grandiflora*. The grasses were planted in plots, and these were kept without cover, or covered with transparent plastic, or covered with a shade plastic. The plots covered were subjected to irrigation twice a day during the experimental period. Ten seedlings were planted per treatment, totaling 180 seedlings per species. After six months of growth we evaluated the percent of seedling survival, the seedling height and the shoot biomass for every seedling. In general, the exotic grass had negative effects on seedling survival and growth in all treatments, when compared to the native grass and to the control (without grass). The addition of nutrients favored seedling height growth, whereas did not affect survival and shoot biomass of the seedlings. The seedling survival was not influenced by irrigation, except for *Q. grandiflora* and *D. mollis*, which had higher survival rates when compared to treatment without irrigation. Shading had no effect on survival, but reduced the shoot biomass gain for *D. mollis* and *D. miscolobium*. Shading also promoted the growth in height of seedlings planted in the absence of grasses, or planted together with *P. atratum*. In general, grasses reduced the gain of biomass and survival of the seedlings, and this effect was intensified by the exotic grass.

Índice de figuras

- Figura 1: Posicionamento das parcelas na área experimental. Em preto estão as parcelas cobertas com sombrite, tracejado são parcelas com cobertura transparente, e em branco as parcelas sem cobertura. Medidas da área: 60x39 metros.....12
- Figura 2 Exemplo das casas de vegetação. Casa coberta por plástico (primeiro plano) e sombreada (ao fundo).....13
- Figura 3: Localização das gramíneas nas parcelas. Sub-parcelas com linhas na diagonal: *P. atratum*. Com linhas verticais: *Urochloa brizantha*. Sem linhas: sem presença de gramíneas. Os pontos mostram onde foi feita a adição de nutrientes. Medidas das parcelas: 9,20 x 6 metros.....13
- Figura 4: Parcela aberta. Representação do terceiro tipo de parcela e exemplo da disposição das gramíneas.....14
- Figura 5: Representação da sub-parcela (2x2 metros). Os quadros numerados medem 50 cm e representam o espaço na sub-parcela definido para cada espécie e os círculos o posicionamento das plântulas. (1) *Kielmeyera coriacea*, (2) *Dalbergia miscolobium*, (3) *Copaifera langsdorffii*, (4) *Dipteryx alata* (5) *Dimorphandra mollis*, (6) *Qualea grandiflora*.....15
- Figura 6: Plântulas já posicionadas em uma sub-parcela sem gramínea e o sistema de irrigação por gotejamento.....16
- Figura 7 Variação na biomassa das plântulas em função da presença e tipo de gramínea em que foram cultivadas. São mostradas médias \pm 1 erro padrão. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$19
- Figura 8 Variação na biomassa de plântulas de seis espécies em função da luminosidade em que foram cultivadas. São mostradas médias \pm 1 erro padrão e, na base das barras, tamanhos amostrais. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$. CI = *Copaifera langsdorffii*, Da = *Dipteryx alata*, Dm = *Dalbergia miscolobium*, Dmo = *Dimorphandra mollis*, Kc = *Kielmeyera coriácea*, Qg = *Qualea grandiflora*.....20
- Figura 9 Variação na altura de plântulas em função da presença/ tipo de gramínea, e suplementação com nutrientes. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$21

| | |
|---|----|
| Figura 10 Variação na altura de plântulas em função da presença/tipo de gramínea e sombreamento. * p < 0,05, ** p < 0,01, *** p < 0,001..... | 22 |
| Figura 11 Variação na altura de plântulas das seis espécies arbóreas estudadas em função do sombreamento. * p < 0,05, ** p < 0,01, *** p < 0,001. . Cl = Copaifera langsdorffii, Da = Dipteryx alata, Dm = Dalbergia miscolobium, Dmo = Dimorphandra mollis, Kc = Kielmeyera coriacea, Qg = Qualea grandiflora..... | 23 |
| Figura 12 Variação na proporção de plântulas sobreviventes em função da presença e tipo de gramínea, e suplementação com nutrientes. * p < 0,05, ** p < 0,01, *** p < 0,001. | 25 |
| Figura 13 Variação na proporção de plântulas sobreviventes em função da presença e tipo de gramínea, e luminosidade. * p < 0,05, ** p < 0,01, *** p < 0,001..... | 25 |
| Figura 14 Variação na proporção de plântulas sobreviventes de seis espécies arbóreas em função da presença/tipo de gramínea. * p < 0,05, ** p < 0,01, *** p < 0,001. | 26 |
| Figura 15 Variação na proporção de plântulas sobreviventes de seis espécies arbóreas em função da suplementação com nutrientes. * p < 0,05, ** p < 0,01, *** p < 0,001. | 27 |
| Figura 16 Variação na proporção de plântulas sobreviventes de seis espécies arbóreas em função da irrigação. * p < 0,05, ** p < 0,01, *** p < 0,001..... | 28 |

Índice de tabelas

| | |
|--|----|
| Tabela 1. Espécies selecionadas para o experimento, suas respectivas famílias e fitofisionomias em que ocorrem. (Sano <i>et al</i> , 2008; Ferri, 1969)..... | 10 |
| Tabela 2 Modelo linear final da biomassa (log) de plântulas baseado em soma dos quadrados (SS) do tipo III da ANOVA, com respectivas estimativas de tamanho de efeito das variáveis. gl = graus de liberdade. r^2 ajustado = 0,46..... | 40 |
| Tabela 3. Comparações múltiplas <i>a posteriori</i> entre médias ajustadas (<i>least square means</i>) de biomassa (log) de plântulas para níveis da variável 'gramínea' e da interação entre espécie e luminosidade de cultivo das plântulas. Os valores de 'p' são ajustados pelo método de Tukey. gl = graus de liberdade..... | 41 |
| Tabela 4. Modelo linear final da altura (log) de plântulas baseado em soma dos quadrados (SS) do tipo III da ANOVA, com respectivas estimativas de tamanho de efeito das variáveis. gl = graus de liberdade..... | 42 |
| Tabela 5. Comparações múltiplas <i>a posteriori</i> entre médias ajustadas (<i>least square means</i>) de altura (mm, log) de plântulas para níveis das interações: 'gramínea x nutriente', 'gramínea x luminosidade', e 'luminosidade x espécie'. Os valores de 'p' são ajustados pelo método de Tukey. gl = graus de liberdade..... | 43 |
| Tabela 6. Modelo binomial final da probabilidade de sobrevivência de plântulas ao final do experimento (6 meses) baseado em soma dos quadrados (SS) do tipo III, com respectivas estimativas de tamanho de efeito das variáveis. RV = teste de razão de (log) verossimilhança (distribuição aproximada à χ^2). gl = graus de liberdade..... | 44 |
| Tabela 7. Comparações múltiplas <i>a posteriori</i> entre médias ajustadas (<i>least square means</i>) de biomassa (log) de plântulas para as interações (1) entre a presença e tipo de gramínea com a suplementação de nutrientes, (2) presença/tipo de gramínea e luminosidade, (3) espécie e presença/tipo de gramínea, (4) espécie e suplementação de nutrientes, (5) e espécie e luminosidade. São mostradas as estimativas \pm EP de diferenças entre grupos na probabilidade de sobrevivência de plântulas. Os valores de p são ajustados pelo método de Tukey..... | 46 |

1. INTRODUÇÃO

1.1 O Cerrado brasileiro

Savanas são biomas que tem sua origem datada do final do Mioceno (cerca de oito milhões de anos atrás), a partir da queda dos níveis de CO₂ atmosférico, do surgimento das gramíneas C₄ e da ocorrência de queimadas características destas vegetações (Keeley & Ruddel, 2005; Beerling & Osborne, 2006). Ocorrem em regiões tropicais e sub-tropicais e têm como principais locais de ocorrência a África, Austrália, América do Sul, Índia e o sudeste da Ásia (Scholes & Archer, 1997; Myers *et al*, 2000; Bond *et al*, 2005). São caracterizadas pela predominância de gramíneas e espécies herbáceo-arbustivas, além de árvores e arbustos em menor densidade. Geralmente as savanas ocorrem em áreas com pouca disponibilidade de nutrientes e regimes de chuva e seca bem definidos (Sano *et al*, 2008), o que, juntamente com queimadas frequentes, levam à redução na taxa de sobrevivência de arbóreas e as coloca como formações intermediárias entre florestas e desertos, quando considerados fatores como densidade e porte da vegetação (Scholes & Archer, 1997) .

O Cerrado é um exemplo destas savanas. Sua área original ocupa cerca de 25% do território brasileiro, o que faz dele o segundo bioma mais extenso do país, menor apenas que a Amazônia. Ele aparece como principal vegetação da região Centro-Oeste do Brasil, ocorrendo também em fragmentos no norte e nordeste e ainda em outros países sul-americanos como Venezuela e Paraguai. Assim como nas demais savanas do planeta, a maior parte de seu território é caracterizada pela densa cobertura de gramíneas junto a árvores e arbustos de pequeno porte (formações savânicas e campestres), e que adquirem porte mais elevado nas proximidades de cursos d'água, caracterizando as formações florestais (Albuquerque & Mendonça, 1996; Goodland & Pollard, 1973; Sano *et al*, 2008). Tais fatores fazem com que seja rara a formação de dossel fechado, característico de vegetações de maior densidade arbórea como a Mata Atlântica e a Floresta Amazônica. No Distrito Federal, hoje uma das áreas com maior número de estudos sobre a composição florística do Cerrado, arbóreas e arbustos representam cerca de 38,5% da cobertura vegetal, enquanto que para gramíneas e herbáceas este valor chega a 49,5% (Proença *et al*, 2001).

A riqueza da fauna e flora pode ser explicada pelo fato do bioma fazer fronteira com outros importantes biomas de diferentes características vegetacionais (Machado *et al.*, 2004) como a Amazônia, a Caatinga e a Mata Atlântica e pela variedade de fitofisionomias descritas por toda sua extensão, que apresentam formações Campestres (Campo Limpo; Campo Sujo e Campo Rupestre), Savânicas (Cerrado Denso; Cerrado Típico; Cerrado Ralo; Parque de Cerrado e Cerrado Rupestre) e Florestais (Mata Ciliar; Mata de Galeria; Cerradão e Mata Seca), além de Veredas e Palmeirais (Eiten, 1977; Eiten, 2006; Ribeiro *et al.*, 1981). Outros autores mostram a contribuição dos demais biomas brasileiros para a diversidade florística do Cerrado, que tem as famílias Leguminosae, Malpighiaceae e Myrtaceae como as mais numerosas em termos de espécies arbóreas e a Mata Atlântica como o bioma que apresenta o maior número de espécies em comum com o Cerrado (Felfili *et al.*, 2002; Heringer *et al.*, 1977; Ratter *et al.*, 1997). Já o estrato herbáceo-arbustivo tem a família Poaceae como a mais representativa quando considerada a sua riqueza de espécies, frequência e cobertura relativas no bioma (Munhoz & Felfili, 2006; Munhoz & Felfili, 2008), sendo basicamente do tipo C₃ para espécies que ocorrem em áreas sombreadas e C₄ para as que ocorrem em áreas de intensidade luminosa alta (Twiss, 1992; Klink & Joly 1989).

Baseando-se na riqueza e abundância de espécies da fauna e flora (mais de 12.000 spp de plantas e 1270 de vertebrados terrestres), na densidade com que elas ocorrem dentro do bioma e na ameaça de extinção a qual elas estão sujeitas devido ao ritmo acelerado de ocupação do bioma, Myers (2000) classifica o Cerrado como um dos 25 *hotspots* do planeta, que são áreas com alta concentração de espécies endêmicas e que necessitam de políticas de proteção e conservação. Mas atualmente o Cerrado tem sofrido com a alta perda de território, influenciada direta ou indiretamente por fatores antrópicos caracterizados principalmente pela derrubada em grande escala de sua vegetação para a criação de gado e culturas agrícolas, fatores estes que somados, já ocupam mais da metade do seu território (Klink & Machado, 2005).

Além da abertura de grandes áreas para pastagem, a criação de gado também afeta negativamente o Cerrado ao promover, com a finalidade de alimentar rebanhos, a inserção de gramíneas exóticas que acabam se disseminando para áreas nativas e preservadas (Martins *et al.*, 2004).

Hoje, o Cerrado encontra-se entre os biomas brasileiros mais impactados pela invasão de gramíneas exóticas, entre elas *Melinis minutiflora* (P. Beauv.) Rasp.(capim gordura) e *Urochloa brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf (Braquiária). Pivello *et al* (1999) apontaram para a importância de se estudar com atenção o efeito da introdução destas espécies em ecossistemas nativos no Brasil, uma vez que elas tem gerado uma forte pressão competitiva e até extinguido espécies nativas. Observou-se, por exemplo, que em áreas invadidas por *M. minutiflora* há aumento significativo da mortalidade de plântulas de espécies arbóreas de savana (*Kielmeyera coriacea*, *Qualea grandiflora* e *Roupala montana* Aubl.) e mata (*Piptadenia gonoacantha* (Spreng.) J.F. Macbr.) em comparação com áreas com cobertura de gramínea nativa (Hoffmann & Haridasan 2008). Segundo Martins *et al* (2009) a alta produção de sementes viáveis e a facilidade para germinar ajudam a explicar a alta capacidade de expansão de gramíneas invasoras.

A interferência na produção de biomassa aérea de plântulas é um dos eventos mais observados em estudos de competição entre arbóreas e gramíneas e Cramer *et al* (2012) mostrou resultados de diferenças significativas no valor da biomassa de plântulas que cresceram junto a exóticas quando comparados a indivíduos cultivados na ausência destas. Hoffmann & Haridasan (2008) mostraram que a biomassa aérea em plântulas que se desenvolveram juntamente à gramínea exótica *M. minutiflora* é significativamente menor se comparada a áreas sem invasoras e que a sobrevivência destas plântulas é inversamente proporcional à biomassa da gramínea invasora.

Em São Paulo, foi descrita a capacidade de *U. brizantha* de suprimir inclusive o desenvolvimento de parte aérea e radicular de gramíneas e plantas daninhas através de soluções feitas do solo onde ela se encontrava (Martins *et al*, 2006). Além disso, estes autores mostraram que ela não sofre com o efeito da auto-toxicidade, sendo assim, indivíduos jovens e nem mesmo sementes recém-germinadas são afetados por solo 'contaminado' pela espécie.

Durigan *et al* (2007) fizeram um levantamento que mostrou que gramíneas exóticas são ameaças mais significativas aos fragmentos de Cerrado do estado do que a pecuária, por exemplo. Espécies do gênero *Urochloa*, que foram introduzidas

no Brasil para formação de pastagens, apresentam estratégias de dispersão e estabelecimento em novas áreas que são consideradas mais eficientes que as de espécies nativas, como por exemplo, a tolerância a diferentes condições climáticas e níveis de sombreamento, maior taxa e velocidade de germinação, a maior produção de sementes e capacidade de dispersão e absorção de nutrientes (Klink, 1996; Kambatuku *et al*, 2011).

A passagem do fogo, fato comum nas savanas em determinados períodos do ano, além de estar entre os fatores determinantes para o recrutamento de espécies arbóreas nativas, favorece a dispersão de forrageiras exóticas, uma vez que estas têm maior capacidade de regeneração pós-fogo quando comparadas às gramíneas nativas, como as do gênero *Paspalum* (Martins *et al*, 2004). Assim, o avanço de invasoras tem ameaçado a biodiversidade do Cerrado, visto que esta invasão tem se dado de forma tão extensa que atinge praticamente todos os fragmentos remanescentes do bioma, o que inclui unidades de conservação como reservas biológicas e parques (Barbosa *et al*, 2008; Pivello, 2011).

1.1.1 Fatores que interferem na expansão das invasoras

Entre os componentes que contribuem para o sucesso na expansão das populações de invasoras no Cerrado estão: condições ecológicas semelhantes às de seu local de origem (geralmente a África), a eficiência destas espécies na competição por nutrientes (Souza, 1997), recursos hídricos, possíveis efeitos fitotóxicos, intensidade luminosa e a ocorrência de queimadas (Bond, 2008; Scholes & Archer, 1997).

1.1.2 Competição por nutrientes

Os solos do Cerrado apresentam baixa disponibilidade de nutrientes, porém a maioria das espécies de plantas características da região tem capacidade de adaptação a essa condição e à alta acidez do solo (Haridasan, 2008).

Em estudo feito na savana sul-africana, Van der Waal *et al* (2009) encontraram resultados que mostraram diferentes estratégias de uso dos recursos quando comparadas espécies gramíneas e arbóreas. Enquanto as forrageiras absorveram nutrientes e os alocaram na parte aérea, visando melhores resultados

em sua atividade fotossintética, as arbóreas usavam a maior parte dos nutrientes na produção de estruturas lenhosas. De acordo com Lambers *et al* (2004), leguminosas tem acesso ao nitrogênio atmosférico, o que lhes confere vantagem em desenvolverem estruturas lenhosas e conseqüentemente, altura, evitando uma competição com gramíneas pelo nitrogênio do solo, visto que os baixos níveis deste componente na planta interferem negativamente em seu crescimento (Vitousek, 1994; Wedin&Tilman, 1996).

Além das espécies nativas, as invasoras têm conseguido se estabelecer no Cerrado, mesmo com os baixos níveis de nutrientes do solo. Embora apresentem tolerância a solos oligotróficos, Mesquita (2010) observou que *Urochloa brizantha* respondeu bem a tratamentos feitos com adição de diferentes quantidades de nitrogênio no solo, resultando em maior produção de biomassa e forragem, além de apresentar maior proporção de folhas e colmos e menor quantidade de matéria morta, o que confere à espécie uma forte característica competitiva. Cramer *et al* (2012) constataram que em áreas sem gramíneas os nutrientes surtiram pouco efeito no desenvolvimento de arbóreas, enquanto que em áreas com gramíneas eles reduziram os efeitos negativos que a presença das forrageiras causou, como a interferência na produção de biomassa. Tilman (2005) observou uma diminuição na concentração de nutrientes no solo onde havia gramíneas C₄ e chegou a resultados que mostraram maior diversidade de espécies nativas onde estas gramíneas não estavam presentes.

Estes resultados sugerem um potencial competitivo mais significativo por parte das gramíneas (principalmente exóticas) quanto à competição por recursos, o que interfere no estabelecimento e desenvolvimento das arbóreas nativas nas áreas onde espécies como *U. brizantha* ocorrem.

1.1.3 Competição por recursos hídricos

Apesar de ocupar uma área que compreende seis das oito grandes bacias hidrográficas brasileiras, o Cerrado apresenta um período de seca que pode ser decisivo no recrutamento de plântulas uma vez que o déficit hídrico é considerado um fator ainda mais determinante para a composição florística do bioma do que o ciclo de queimadas (Bond *et al*, 2005). Bond (2008) mostrou resultados que colocam

a média anual de chuvas e a cobertura arbórea do solo como grandezas diretamente proporcionais para duas regiões de savana no planeta, África e Austrália. Estudos que focam no desenvolvimento inicial de plantas, mostram a disponibilidade de água como um dos fatores mais importantes a ser considerado, isso porque indivíduos jovens não têm estruturas radiculares devidamente desenvolvidas, o que, entre outros fatores, compromete o recrutamento de plântulas (Labouriau *et al*, 1963). Algumas estratégias como diminuição no número de folhas ou folíolos, a produção inicial de biomassa voltada para a estrutura radicular e a interrupção do crescimento da parte aérea durante a seca são utilizadas com a finalidade de amenizar o impacto sofrido pela plântula durante o período seco (Kanegae *et al*, 2000).

Baseado em tais estudos (Kanegae *et al*, 2000; Van der Waal *et al*, 2009) esperou-se neste experimento que a adição de nutrientes e a ocorrência diária de irrigação para as plântulas diminuísse a competição e os possíveis efeitos negativos sofridos por estas devido à presença das gramíneas, amenizando a interferência que ocorreria em decorrência da competição por recursos.

1.1.4 Competição por luz

Sabe-se que intensidade luminosa e temperatura são fatores determinantes na germinação de sementes de certas espécies (Labouriau, 1983; Ferreira e Borghetti, 2004) e que, quando estas atingem o estágio de plântula a ausência de luminosidade, bem como alterações na temperatura do ambiente, podem interferir diretamente no sucesso do estabelecimento do indivíduo. Uma das formas de suprir uma possível ausência ou baixa disponibilidade de luz no ambiente é a alteração no padrão de desenvolvimento da plântula, evento que caracteriza o estiolamento, quando ocorrem principalmente a redução da razão raiz/parte aérea e alongamento de entre - nós. Porém, mesmo com estas compensações, a baixa incidência de luz se mostra um fator negativo para a sobrevivência e desenvolvimento inicial de indivíduos arbóreos, visto que as adaptações resultantes do estiolamento geram uma menor produção de biomassa por parte da planta (Barros *et al*, 2011; Ferreira & Borghetti, 2004; Kanegae *et al*, 2000; Nardoto *et al*, 1998).

Dutra *et al* (2012) observaram redução na massa seca do caule acompanhada do aumento da massa seca de folhas na medida em que se aumentou o nível de sombreamento sobre plântulas de *C. langsdorffii*, o que mostra indivíduos respondendo ao sombreamento com maior investimento em quantidade de folhas do que em crescimento em altura visando um melhor aproveitamento fotossintético.

Gramíneas também respondem a diferentes gradientes de luminosidade e sua ocorrência está relacionada, entre outros fatores, à via fotossintética. O próprio surgimento das savanas está ligado à adaptações como a via C₄. Observou-se, por exemplo, que áreas de Cerrado com maior intensidade luminosa (formações campestres e savânicas) são ocupadas em maior parte por gramíneas do tipo C₄ – o que, entre outros fatores, é apontado como responsável pela expansão das savanas - enquanto que em ambientes com maiores níveis de sombreamento, como Matas de Galeria, as espécies C₃ ocorrem com maior frequência (Klink & Joly, 1989).

2. OBJETIVOS

- Comparar efeitos da cobertura gramínea gerado por espécie nativa e exótica no desenvolvimento inicial de seis espécies arbóreas representativas do Cerrado submetidas a diferentes tratamentos de adição de nutrientes, irrigação e sombreamento.

2.1 Objetivos específicos

- Comparar os impactos causados pela gramínea nativa e exótica no desenvolvimento inicial das espécies arbóreas.
- Verificar se a adição de nutrientes reduz o impacto causado pela presença das gramíneas no desenvolvimento inicial das espécies arbóreas;
- Verificar se a irrigação interfere no impacto causado pelas gramíneas no desenvolvimento inicial das espécies arbóreas;
- Verificar se o sombreamento interfere no impacto causado pelas gramíneas no desenvolvimento inicial das espécies arbóreas;

3. HIPÓTESES

- Pelo fato de se apresentarem eficientes na competição por recursos disponíveis no ambiente, as gramíneas afetariam negativamente o desenvolvimento das plântulas e este impacto seria mais visível no tratamento com *U. brizantha*, a espécie invasora, quando comparado com *P. atratum* e com o controle.
- A adição de nutrientes às parcelas diminuiria a competição entre gramíneas e plântulas, amenizando a interferência que ocorreria em decorrência da competição por recursos.
- A irrigação amenizaria a interferência de gramíneas sobre o crescimento das plântulas.
- Nas parcelas sombreadas as plântulas teriam um desenvolvimento mais significativo, uma vez que as gramíneas, por serem C₄, teriam seu potencial competitivo reduzido devido ao sombreamento.

4. METODOLOGIA

4.1 Espécies de gramíneas selecionadas

As seguintes espécies de gramíneas foram selecionadas por serem de origem diferente - uma delas é exótica (*Urochloa brizantha*) e de origem africana e outra nativa (*Paspalum atratum*), ocorrendo principalmente em áreas de Cerrado e do Pantanal - mas que têm características semelhantes como o fato de ser usadas como forrageiras, a alta produção de sementes viáveis, semelhanças em suas características de formas de vida, crescimento, produção de biomassa (tanto aérea quanto radicular) e via fotossintética.

Urochloa brizantha (Hochst. ex A. Rich.) Stapf. (Braquiária)

É uma gramínea C₄ de origem na África, onde ocorre de forma bastante dispersa, principalmente nas regiões Centro-Oeste e Sul do continente. É uma espécie perene e de boa capacidade de produção de biomassa tanto a pleno sol

quanto em alguns níveis de sombreamento (Andrade *et al*, 2004). Não apresenta resistência a queimadas freqüentes (Williams & Baruch, 2000), mas quando sofre danos em sua parte aérea, como corte ou predação, se mostra eficiente no processo de rebrota, tendo inclusive níveis maiores de produção de folhas e forragem quando esses cortes são mais freqüentes (Marcelino *et al*, 2004). Outro fator que aumenta o sucesso de expansão é a atividade alelopática já comprovada em espécies deste gênero (*U. decumbens* e *U. brizantha*). Barbosa *et al* (2008) mostraram que extratos de diferentes partes de indivíduos de *Brachiaria* inibiram a germinação de sementes de espécies de diferentes famílias. Vários trabalhos evidenciaram o potencial competitivo da espécie mostrando que até mesmo espécies da mesma família (Poaceae) são afetadas pela invasão destas gramíneas (Pivello *et al*, 1999; Martins *et al*, 2009), Rout *et al*. (2013) encontraram resultados mostrando que plântulas que cresceram em solos afetados pela presença de invasoras tiveram menores valores de crescimento e produção de biomassa do que quando comparadas a um tratamento com gramíneas nativa.

Paspalum atratum Swallen

Espécie pertencente a um dos gêneros mais diversos e dispersos da família Poaceae. O gênero *Paspalum* ocorre em todas as regiões do país e é composto por 206 espécies, sendo que destas, 76 são endêmicas do Brasil (Valls & Oliveira, 2013). Também conhecida como Capim pojuca, *P. atratum* é uma gramínea C₄, que ocorre no Brasil em boimas como Cerrado, Amazônia, Caatinga e Pantanal, mas que também é encontrada na Venezuela, Paraguai e Bolívia (Maciel *et al*, 2009). Apresenta porte semelhante ao de *U. brizantha* por também crescer em forma de touceiras, além de produzir bastante biomassa foliar, ser perene e resistente a solos com baixa fertilidade, apresentar capacidade de produção de forragem e alta velocidade de estabelecimento, o que a torna uma opção bastante viável como opção para pastagens (Valentim *et al*, 2000).

4.2 As espécies arbóreas selecionadas

As espécies foram escolhidas com base na sua ocorrência no Cerrado e no sucesso da produção das plântulas até a data definida para o início do experimento

(novembro de 2011). Considerando-se estes dois fatores, chegou-se à seguinte relação de espécies:

Tabela 1 Espécies selecionadas para o experimento, suas respectivas famílias e fitofisionomias em que ocorrem. (Sano *et al*, 2008; Ferri, 1969)

| Espécie | Família | Fitofisionomia de ocorrência |
|-------------------------------------|----------------|--|
| <i>Kielmeyera coriacea</i> | Clusiaceae | Cerrado <i>stricto sensu</i> e Campo Sujo |
| <i>Dalbergia miscolobium</i> Benth | Fabaceae | Cerradão, borda da Mata de Galeria, Cerrado <i>stricto sensu</i> , Campo Rupestre e Carrasco |
| <i>Copaifera langsdorffii</i> Desf. | Fabaceae | Principalmente em fitofisionomias de caráter florestal (Mata Ciliar, Mata de Galeria, Cerradão) |
| <i>Dipteryx alata</i> Vogel | Fabaceae | Mata de Galeria, Mata Seca, Cerradao, Cerrado <i>stricto sensu</i> . |
| <i>Dimorphandra mollis</i> Benth | Fabaceae | Borda de Mata Ciliar, Borda de Mata de Galeria, Cerradão e Cerrado <i>stricto sensu</i> . |
| <i>Qualea grandiflora</i> Mart. | Vochysiaceae | Borda de Mata Ciliar, Mata de Galeria, Cerradão, Cerrado <i>stricto sensu</i> , Campo Sujo, Savanas Amazônicas |

Todas são espécies típicas do Cerrado, de porte arbóreo, decíduas e que em sua maioria ocorrem principalmente em áreas de vegetação aberta onde não há formação de dossel e se encontram também gramíneas nativas e/ou exóticas, além de espécies herbáceo-arbustivas (Mendonça *et al*, 1998; Sano *et al*, 2008). Os frutos de *K. coriacea*, *Q. grandiflora* e *D. miscolobium* são secos e seus diásporos são dispersos pelo vento, enquanto que *C. langsdorffii*, *D. alata* e *D. mollis*, também com frutos secos, têm suas sementes dispersas principalmente por aves e mamíferos (Ferri, 1969; Silva Júnior, 2005).

As sementes usadas no experimento foram resultado de coletas feitas durante o ano de 2011 (de Julho a Outubro) na área urbana de Brasília e na Fazenda Água Limpa (FAL), Jardim Botânico de Brasília (JBB), Ermida Dom Bosco. Estas foram levadas ao Laboratório de Termobiologia – UnB para beneficiamento e

as sementes de *C. langsdorffi* e *D. mollis* necessitaram de esscarificação em lixa após o beneficiamento. Posteriormente preparou-se placas de germinação de 15 cm de diâmetro com papel filtro que ficaram em câmaras de germinação a 30°C sob fotoperíodo de 12 horas e eram umedecidas diariamente com água destilada.

Após a germinação (aqui considerou-se germinadas aquelas sementes que, após a embebição, apresentaram emissão e curvatura da radícula conforme proposto por Labouriau, 1963), as sementes foram transferidas para sacos plásticos com perfurações laterais para a drenagem do excesso de água e com substrato do tipo Cerrado (Terra, Areia, Adubo orgânico, Calcário, NPK 10:10:10), onde permaneceram sob irrigação diária até a data definida para o plantio (novembro/2011).

4.3 Teste em espécies nativas em campo:

O experimento foi desenvolvido na área externa do Laboratório de Termobiologia L.G. Labouriau da Universidade de Brasília (S 15°46'12,0" - W 47°52'06,1") em local originalmente composto por Cerrado do tipo Campo Sujo onde foi feita a limpeza da área, revolvimento do solo e a demarcação previamente definida de blocos, parcelas e sub-parcelas (Figura 1). A área foi dividida em cinco blocos (Figura 1), cada qual formado por três parcelas, sendo duas casas de vegetação e uma parcela sem cobertura. Uma das parcelas cobertas tinha telas de polipropileno preto, que restringia a passagem de 50% da luz e outra foi coberta com plástico que não impedia a passagem de luz (Figura 2). Ambas foram irrigadas por gotejamento (Figura 6), duas vezes por dia, sempre no início da manhã e ao fim da tarde, durante o período da estação chuvosa na região, que vai de outubro a março. O volume de água foi de 37,5 L/m² por semana, o que correspondeu a 37,5 mm de chuva por semana. O terceiro modelo não dispunha de cobertura nem irrigação, neste caso, gramíneas e plântulas ficaram sob sol pleno e toda a água que receberam foi proveniente da chuva. Os dados de precipitação no período do experimento foram obtidos no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e indicaram que, de dezembro/2011 a junho/2012, registrou-se 1071 mm (média de

41,2 mm por semana) de precipitação, valor bastante aproximado daquele adotado para as parcelas irrigadas.

Em cada uma das parcelas havia um termômetro *Incoterm* com medição de máxima e mínima que auxiliou no monitoramento de possíveis alterações de temperatura causadas pelas diferentes coberturas. Nestas áreas, dois anos antes do plantio das plantas foram preparadas áreas experimentais com plantio de *U. brizantha* e *P. atratum* (Figuras 3 e 4).

O local do estudo é caracterizado por clima classificado como Aw de Koppen (1948) (tropical chuvoso), tendo duas estações bem definidas: inverno seco (de abril a setembro) e verão chuvoso (de outubro a março), com precipitação variando entre 800 e 1600 mm, enquanto que a temperatura anual varia entre 18 e 28° C.

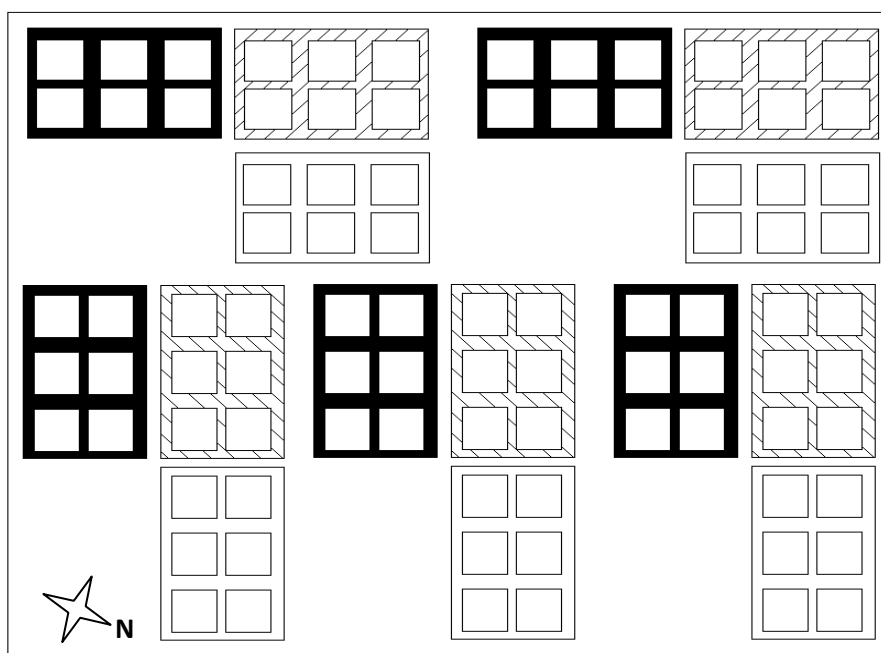


Figura1: Posicionamento das parcelas na área experimental. Em preto estão as parcelas cobertas com sombrite, tracejado são parcelas com cobertura transparente, e em branco as parcelas sem cobertura. Medidas da área: 60x39 metros



Figura 2 Vista das casas de vegetação. Casa coberta por plástico (primeiro plano) e sombreada (ao fundo)

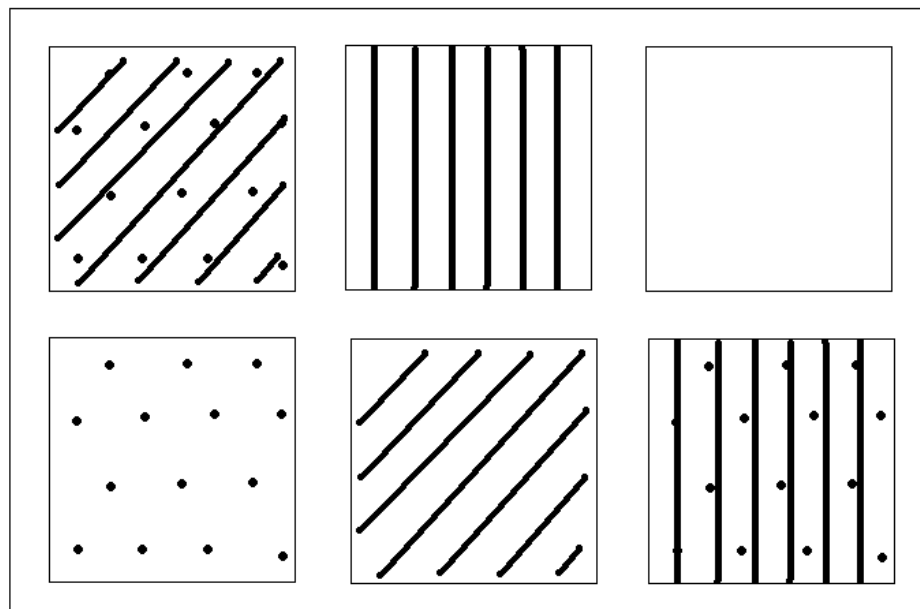


Figura3: Localização das gramíneas nas parcelas. Sub-parcelas com linhas na diagonal: *P. atratum*. Com linhas verticais: *Urochloa brizantha*. Sem linhas: sem presença de gramíneas. Os pontos mostram onde foi feita a adição de nutrientes. Medidas das parcelas: 9,20 x 6 metros



Figura 4: Parcela aberta. Representação do terceiro tipo de parcela e exemplo da disposição das gramíneas.

4.4 Cobertura graminosa

Cada uma das parcelas tinha seu espaço dividido em seis sub-parcelas de 2 x 2 metros (Figura 5 e 6), sendo duas sub-parcelas para cada tratamento: *Paspalum atratum* (nativa); *Urochloa brizantha* (exótica) e sem cobertura de gramínea (controle). O objetivo era observar a resposta das plântulas à competição com as duas forrageiras em comparação ao controle (sem gramíneas) e a hipótese era de que a gramínea exótica causaria maior impacto negativo às plântulas das espécies arbóreas quando comparada à gramínea nativa e ao controle.

4.5 Adição de nutrientes

A fim de se testar a resposta das plântulas à adição de nutrientes no solo, três parcelas de cada casa (Figura 3) receberam aplicação de fertilizante de liberação lenta, que foi feita de forma uniforme em toda a parcela, não se restringindo apenas aos pontos em que as plântulas foram introduzidas. O fertilizante escolhido foi o Osmocote®, com concentrações de NPK na proporção 15:9:12 do qual foram aplicados 106 gramas por parcela (Kraaij & Ward, 2006). Foram feitas quatro aplicações mensais, sendo a última feita no início do plantio das arbóreas.

4.6 Medidas iniciais

Para se definir o tamanho inicial das plântulas que foram plantadas nas parcelas experimentais, um mês após a germinação escolhemos dez indivíduos que foram levados para o laboratório onde foram feitas as medidas iniciais de tamanho da parte aérea; quantidade de folhas; presença ou não de cotilédones; pesagem do material fresco e seco e a massa seca. Para a pesagem da massa seca as amostras foram colocadas em estufa de secagem por cinco dias a 70° C e posteriormente pesadas em balança de precisão de quatro casas decimais.

4.7 Plantio e medidas de crescimento

Um mês após a transferência das sementes germinadas (novembro/2011) para os saquinhos onde as plântulas cresceram, foram plantados em cada sub-parcela dois indivíduos de cada uma das seguintes espécies alvo: *Kielmeyera coriacea* Mart, *Dalbergia miscolobium* Benth, *Copaifera langsdorffii* Desf, *Dipteryx alata* Vog, *Dimorphandra mollis* Benth e *Qualea grandiflora* Mart.

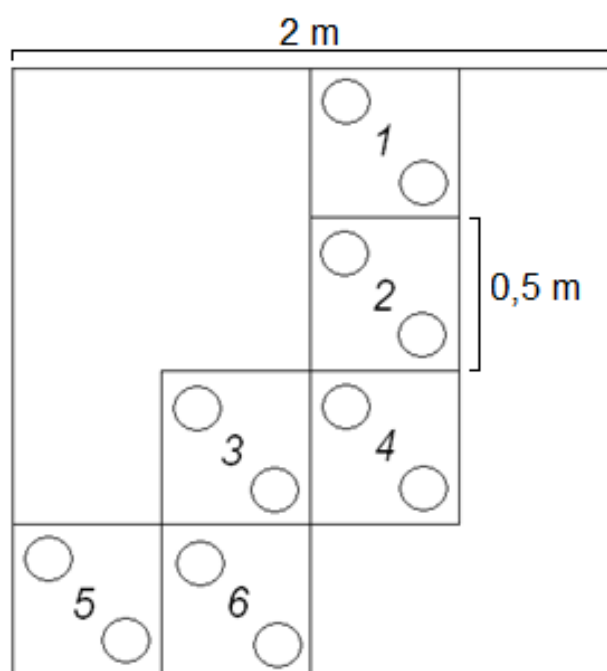


Figura 5: Representação da sub-parcela (2x2 metros). Os quadros numerados medem 50 cm e representam o espaço na sub-parcela definido para cada espécie e os círculos o posicionamento das plântulas. (1) *Kielmeyera coriacea*, (2) *Dalbergia miscolobium*, (3) *Copaifera langsdorffii*, (4) *Dipteryx alata* (5) *Dimorphandra mollis*, (6) *Qualea grandiflora*

Não houve coroamento das áreas com *U. brizantha* ou *P. atratum* com o objetivo de simular o desenvolvimento das plântulas em locais com gramíneas já estabelecidas. Considerando-se as replicatas e os tratamentos, cada espécie teve um valor inicial de 10 indivíduos e sua disposição em cada tratamento seguiu o padrão da Figura 5.



Figura 6: Plântulas já posicionadas em uma sub-parcela sem gramínea e o sistema de irrigação por gotejamento

O experimento foi realizado entre novembro de 2011 e abril de 2012 e consistiu em três medições que aconteceram ao final de dezembro, fevereiro e abril. O desenvolvimento das plântulas foi acompanhado tanto na ausência (controle) quanto na presença da cobertura graminosa (nativa e exótica).

Foram medidos:

- Sobrevivência das plântulas das arbóreas – contagem de indivíduos.
- Biomassa seca - feita após o corte da parte aérea das plântulas ao final do experimento, em junho de 2012.
- Crescimento da parte aérea (do nível do solo até a gema apical) – medidas feitas com paquímetro digital Mitutoyo®.

5. ANÁLISE DE DADOS

Foram realizados modelos lineares gerais para se testar o efeito da irrigação, luz, gramínea e nutriente sobre biomassa, altura e sobrevivência de plântulas das seis espécies arbóreas. Foram incluídas, em todos os modelos, as interações de dois níveis entre os tratamentos acima mencionados (irrigação, luz, gramínea e nutriente) e entre esses tratamentos e espécie. O bloco foi incluído como efeito fixo em todos os modelos. Todas as análises foram realizadas no programa R (R Core Team 2013).

Foi utilizada a seleção de modelos regressiva passo a passo, começando com o modelo mais complexo com todas as interações de dois níveis possíveis. A partir do modelo mais complexo, foram removidas as interações significativamente menos explicativas ao modelo. O modelo foi retido quando nenhuma interação ou variável isolada, com exceção da variável bloco, poderia ser retirada sem perda significativa de explicação. A significância de cada variável para o modelo foi estabelecida no momento de retirada daquela variável durante o processo de seleção de modelos ou em relação ao modelo final, quando a variável permaneceu presente no modelo final (Zuur *et al.* 2009). A significância dos níveis de cada variável *dummy* foi aferida com testes *t* com correção de valor de *p* pelo método de Tukey para médias baseadas no método dos mínimos quadrados em modelos lineares (comando *lsmeans* Lenth 2013). Para comparações múltiplas entre níveis de interações, foram comparadas apenas níveis de uma variável aninhada à outra, que tinha hipóteses biológicas claras subjacentes. Por exemplo, a biomassa de plântulas no tratamento 'controle' da variável 'nutriente' e espécie '*Qualea grandiflora*' não foi comparada à biomassa de plântulas do tratamento 'sem nutriente' (ou 'nutriente') e espécie '*Kielmeyera coriacea*'.

Ao total, foram realizados três processos de seleção de modelos, um para cada variável resposta (biomassa, crescimento e sobrevivência). Todas as premissas de cada análise foram verificadas no modelo inicial e no modelo final (Quinn e Keough 2002, Zuur *et al.* 2009). O efeito dos tratamentos sobre a biomassa e altura das plântulas foi analisado com modelos lineares gerais (comando *lm*). Para ambos os casos, foi utilizado o contraste para soma dos quadrados do tipo III. Os

logaritmos da biomassa (log) e altura das plântulas foram utilizados em seus respectivos modelos como variáveis-resposta, para se atender à premissa de normalidade. Para as modelagens de altura das plântulas, foram apenas consideradas plântulas sobreviventes que tinham alturas maiores que zero ao final do experimento. Por fim, o efeito dos tratamentos sobre a sobrevivência das plântulas foi analisado com modelos lineares generalizados (comando *glm*), com distribuição binomial do erro e tipo de ligação *logit*.

6. RESULTADOS

6.1 Sobrevivência das plântulas das lenhosas, seis meses após o plantio

De maneira geral a sobrevivência das plântulas sofreu interferência negativa por parte das gramíneas, principalmente *U. brizantha*. Foi também positivamente influenciada apenas pela irrigação, enquanto que a adição de nutrientes e o sombreamento fizeram com que fosse maior a mortalidade das arbóreas.

De maneira geral, a probabilidade de sobrevivência das plântulas foi influenciada pelas interações entre a presença/tipo de gramínea e a suplementação com nutrientes (RV, razão de verossimilhança = 6,66, gl = 2, p = 0,04), e entre a presença/tipo de gramínea e a luminosidade (RV = 15,71, gl = 2, p < 0,001; Tabelas 6 e 7). A probabilidade de sobrevivência de plântulas cultivadas com gramínea exótica foi menor do que a de plântulas cultivadas sem gramíneas, mas apenas quando existiu suplementação com nutrientes (razão de $z = -2,69$, p = 0,02). Além disso, das plântulas cultivadas com gramíneas, aquelas que receberam adição de nutrientes tiveram menores probabilidades de sobrevivência em relação às que não receberam essa adição (gramínea nativa, razão de $z = -3,02$, p = 0,003; gramínea exótica, razão de $z = -3,08$, p = 0,002, Fig. 12).

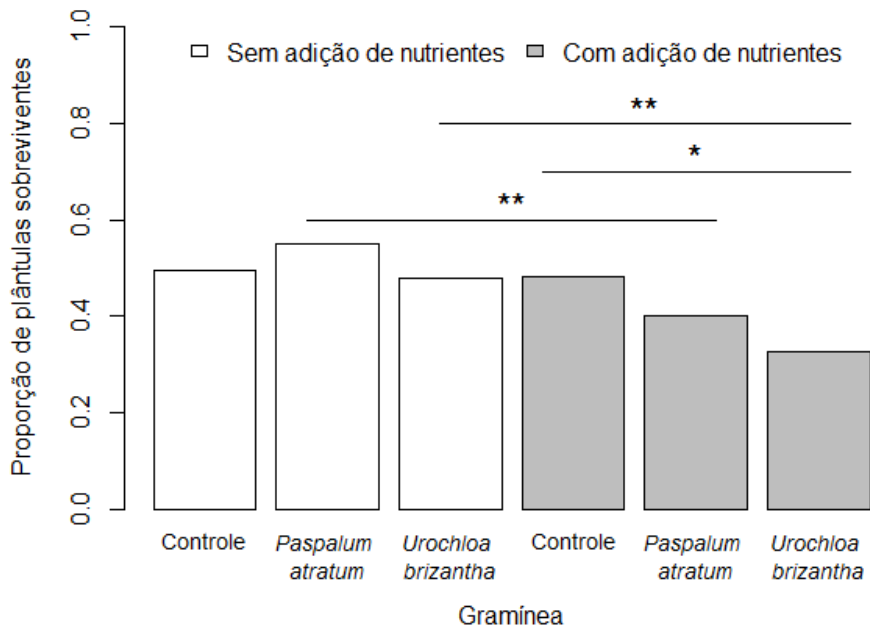


Figura 12 Variação na proporção de plântulas sobreviventes em função da presença e tipo de gramínea, e suplementação com nutrientes. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$.

Além da adição de nutrientes, o efeito da presença/tipo de gramínea sobre a probabilidade sobrevivência das plântulas também foi dependente da luminosidade. Das plântulas cultivadas em sombreamento, as que foram cultivadas com gramíneas nativas sobreviveram mais do que as cultivadas sem gramíneas (razão de $z = 2,37$, $p = 0,046$). Diferentemente, nas plântulas cultivadas em ambiente aberto, indivíduos cultivados com gramínea exótica sobreviveram menos do que os cultivados sem gramíneas (razão de $z = -4,27$, $p < 0,001$) ou com gramínea nativa (razão de $z = -2,35$, $p = 0,049$).

Plântulas cultivadas com gramínea exótica em ambiente aberto sobreviveram menos do que plântulas cultivadas com gramínea exótica em ambiente sombreado (razão de $z = 1,99$, $p = 0,047$). Pelo contrário, na ausência de gramíneas, as plântulas cultivadas em ambiente aberto sobreviveram mais do que as cultivadas em ambiente sombreado (razão de $z = -2,90$, $p = 0,004$, Fig. 13).

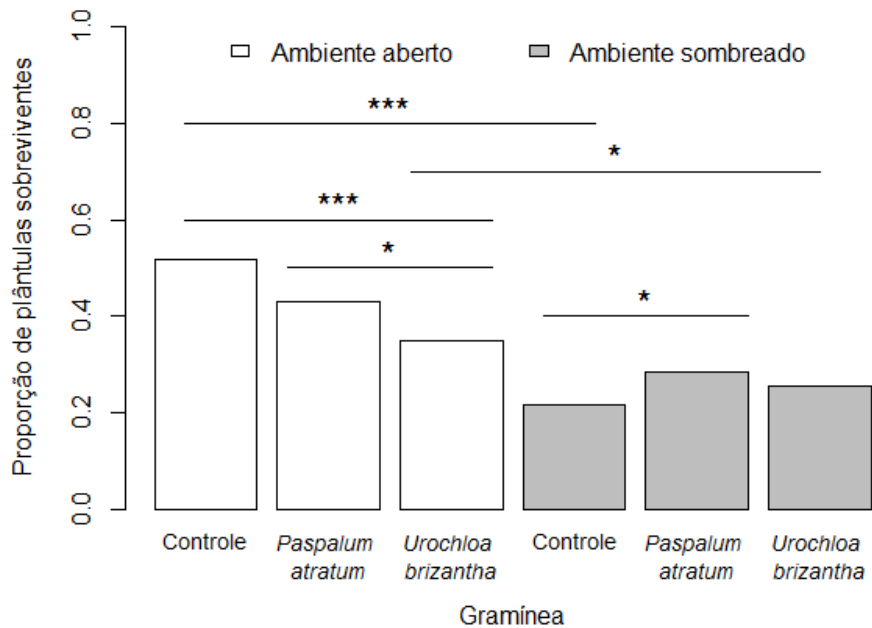


Figura 13 Variação na proporção de plântulas sobreviventes em função da presença e tipo de gramínea, e luminosidade. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$.

Os efeitos da presença/tipo de gramínea, da suplementação com nutrientes, e da irrigação sobre a probabilidade de sobrevivência diferiram entre espécies. Das seis espécies, apenas *C. langsdorffii* foi influenciada pela variável presença/tipo de gramínea quando analisada isoladamente. Plântulas de *C. langsdorffii* sobreviveram menos quando cultivadas sem gramíneas do que com gramíneas nativa (razão de $z = 3,24$, $p = 0,003$) ou exótica (razão de $z = 2,56$, $p = 0,028$, Fig. 14).

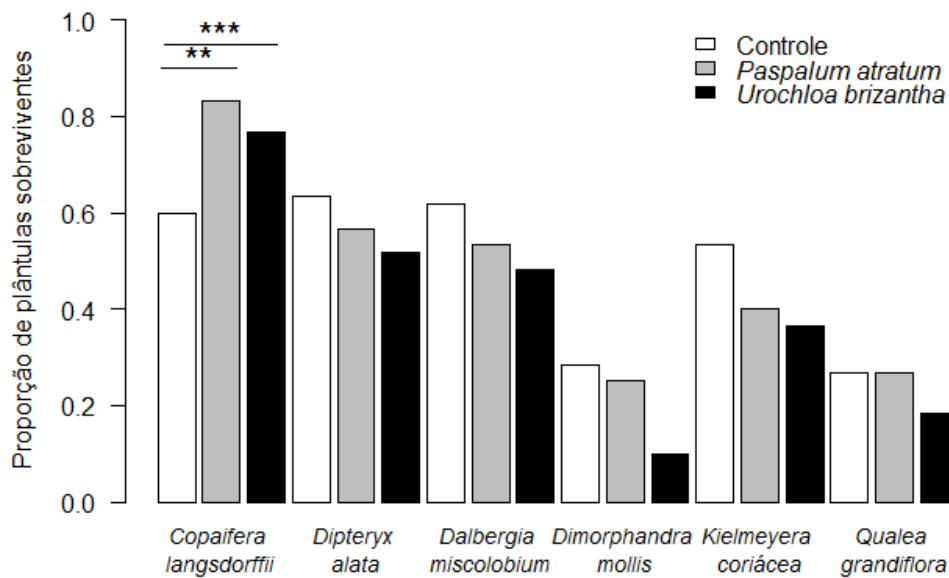


Figura 14 Variação na proporção de plântulas sobreviventes de seis espécies arbóreas em função da presença/tipo de gramínea. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$.

As plântulas de *Kielmeyera coriácea* e *Dalbergia miscolobium* cultivadas com nutrientes sobreviveram menos do que as plântulas cultivadas sem nutrientes (*Kielmeyera coriácea*: razão de $z = -4,27$, $p < 0,001$; *Dalbergia miscolobium*: razão de $z = -2,79$, $p = 0,005$, Fig. 15), o que indica que gramíneas podem ter como característica competitiva o aumento da capacidade de absorção de nutrientes de acordo com a disponibilidade destes no ambiente.

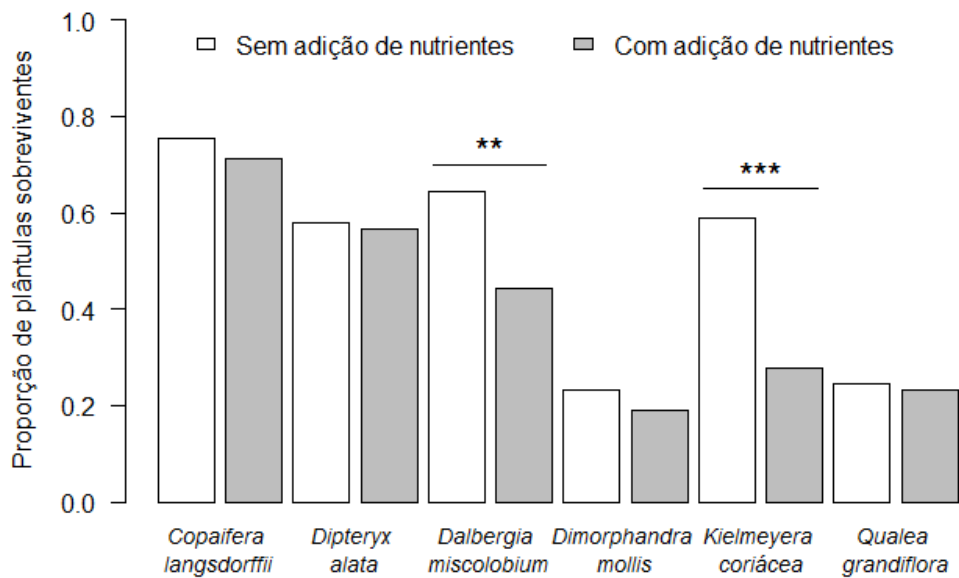


Figura 15 Variação na proporção de plântulas sobreviventes de seis espécies arbóreas em função da suplementação com nutrientes. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$.

Por fim, a irrigação teve um efeito positivo sobre a sobrevivência das plântulas de *Q. grandiflora* (razão de $z = 3,64$, $p < 0,001$), *D. miscolobium* (razão de $z = 2,70$, $p = 0,007$) e *C. langsdorffii* (razão de $z = 1,89$, $p = 0,06$, Fig. 16).

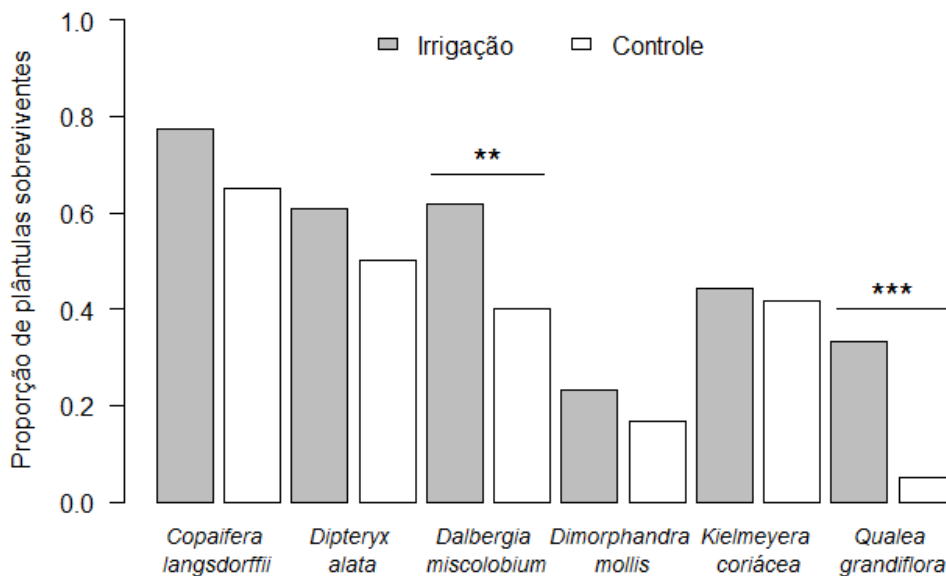


Figura 16 Variação na proporção de plântulas sobreviventes de seis espécies arbóreas em função da irrigação. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$.

6.2 Produção de biomassa aérea das plântulas das espécies arbóreas

As espécies apresentaram diferenças na biomassa da parte aérea relacionada ao tipo de gramínea cultivada junto a elas. A biomassa (log) das plântulas foi influenciada pela presença/tipo de gramínea ($F_{2,435} = 64,50$, $p < 0,0001$) e, dependendo da espécie, pela luminosidade em que foram cultivadas ($F_{2,435} = 3,85$, $p = 0,002$, Tabelas 2 e 3).

A biomassa das plântulas foi maior quando estas se desenvolveram sem a presença de gramíneas do que quando cultivadas com gramíneas (razões de t , Tukey, $p < 0,05$). Além disso, *U. brizantha* teve um efeito mais supressor sobre a biomassa das plântulas do que *P. atratum* (razão de $t_{435} = - 4,40$, $p < 0,0001$, Figura 7).

O efeito da manipulação da presença e tipo de gramínea sobre a biomassa das plântulas não variou entre espécies ($F_{2,407} = 0,98$, $p = 0,46$), e não foi dependente da luminosidade ($F_{2,425} = 1,78$, $p = 0,17$), disponibilidade de nutrientes

($F_{2,427} = 2,07$, $p = 0,13$) ou irrigação ($F_{2,422} = 1,05$, $p = 0,35$) durante o cultivo dessas plântulas.

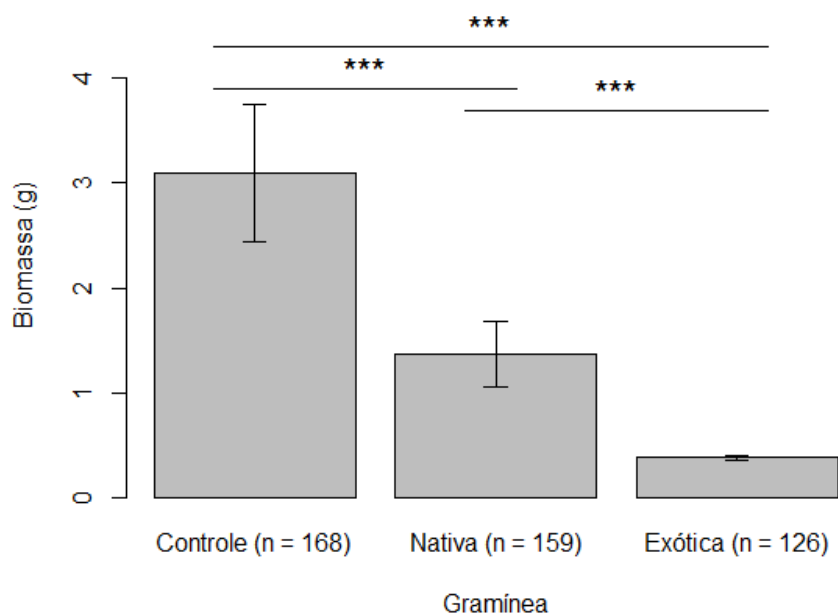


Figura 7 Variação na biomassa das plântulas em função da presença e tipo de gramínea em que foram cultivadas. São mostradas médias ± 1 erro padrão. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$.

Das seis espécies, apenas as plântulas de *Dimorphandra mollis* (razão de $t_{435} = -3,15$, $p = 0,002$) e *Dalbergia miscolobium* (razão de $t_{435} = -2,30$, $p = 0,022$) tiveram biomassas influenciadas pela luminosidade em que foram cultivadas. Em ambas as espécies, as plântulas cultivadas em áreas abertas tiveram biomassa aérea maior do que plântulas cultivadas sob sombreamento (Figura 8).

Por fim, considerando-se o ganho de biomassa, o objetivo da adição de nutrientes, irrigação e sombreamento com a finalidade de amenizar o impacto das gramíneas não foi alcançado, uma vez que a produção de biomassa aérea das plântulas não foi influenciada pela suplementação com nutrientes ($F_{1,434} = 1,84$, $p = 0,28$) ou irrigação ($F_{2,424} = 0,88$, $p = 0,35$) durante o desenvolvimento, e o sombreamento chegou a ser fator negativo para duas espécies e neutro para as demais.

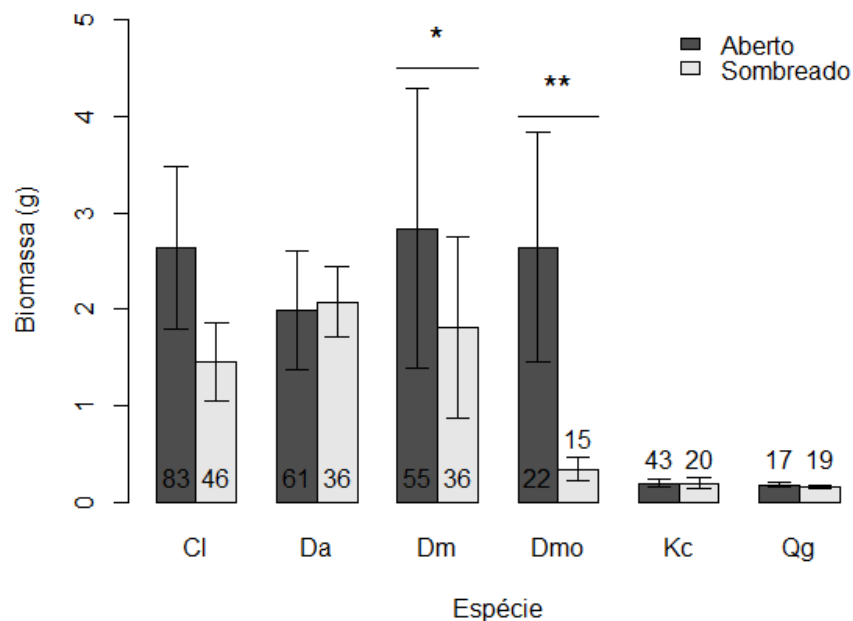


Figura 8 Variação na biomassa de plântulas de seis espécies em função da luminosidade em que foram cultivadas. São mostradas médias \pm 1 erro padrão e, na base das barras, tamanhos amostrais. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$. Cl = *Copaifera langsdorffii*, Da = *Dipteryx alata*, Dm = *Dalbergia miscolobium*, Dmo = *Dimorphandra mollis*, Kc = *Kielmeyera coriácea*, Qg = *Qualea grandiflora*

6.3 Crescimento da parte aérea das plântulas das espécies arbóreas

A presença de *U. brizantha* também levou a uma maior supressão no crescimento em altura das plântulas, quando comparada a *P. atratum* e à ausência de gramíneas. Assim como na produção de biomassa aérea, a adição de nutrientes e irrigação não afetaram o crescimento da parte aérea das plântulas (Tab. 4). O sombreamento foi benéfico apenas para plântulas cultivadas junto a *P. atratum* e na ausência de gramíneas e não favoreceu aquelas que cresceram junto a *U. brizantha*. A altura final (log) das plântulas foi influenciada por três interações entre variáveis preditoras: gramínea x nutriente, gramínea x luminosidade, luminosidade x espécie (Tabelas 4 e 5). Primeiro, a altura das plântulas foi influenciada pela presença e tipo

de gramínea interagindo com a suplementação com nutrientes ($F_{2,447} = 3,17$, $p = 0,043$). A altura das plântulas cultivadas sem gramíneas foi maior do que a altura daquelas cultivadas com gramínea exótica, independentemente da suplementação com nutrientes (razões de t , Tukey, $p < 0,05$). O mesmo ocorreu em relação à gramínea nativa, mas apenas no tratamento de suplementação com nutrientes (razão de $t_{447} = -3,14$, $p = 0,005$). Comparando-se com a gramínea nativa, a gramínea exótica teve um efeito mais supressor sobre a altura das plântulas nas duas condições nutricionais (razões de t , Tukey, $p < 0,05$).

A altura das plântulas cultivadas com suplementação de nutrientes foi maior do que plântulas cultivadas sem a suplementação, mas apenas na ausência de gramíneas (razão de $t_{447} = 2,84$, $p = 0,005$, Fig. 9).

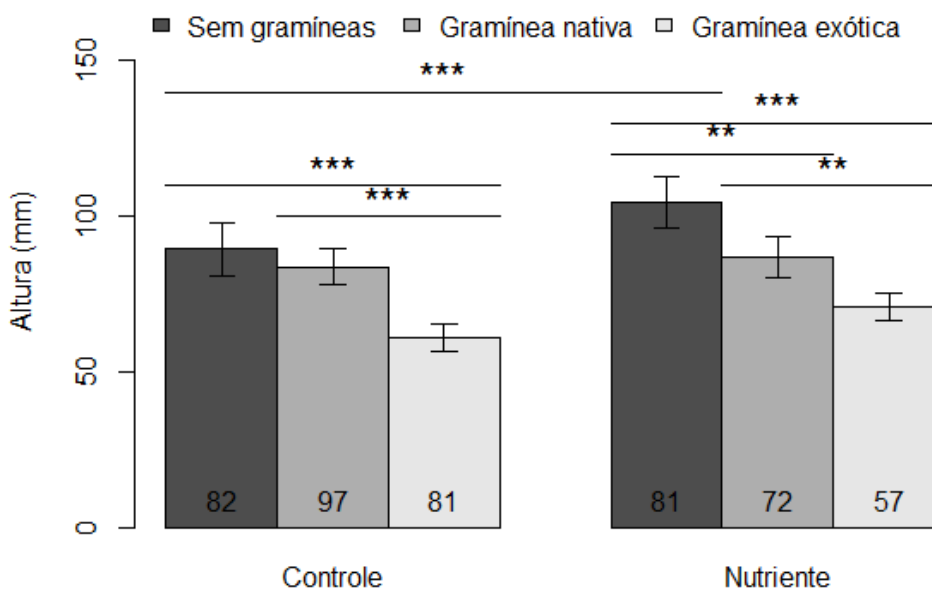


Figura 9 Variação na altura de plântulas em função da presença/ tipo de gramínea, e suplementação com nutrientes. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$.

A altura das plântulas também foi influenciada pela interação entre presença/tipo de gramínea e condição de luminosidade ($F_{2,447} = 8,97$, $p < 0,001$). A altura das plântulas cultivadas sem gramíneas foi maior que das plântulas cultivadas

com gramínea exótica em ambos os ambientes, aberto (razão de $t_{447} = - 2,44$, $p = 0,04$) e sombreado (razão de $t_{447} = - 7,19$, $p < 0,0001$), ou nativa, apenas em ambiente sombreado (razão de $t_{447} = - 2,50$, $p = 0,03$). A gramínea exótica teve um efeito mais supressor sobre a altura das plântulas cultivadas em ambiente sombreado do que a gramínea nativa (razão de $t_{447} = 5,16$, $p < 0,001$). As plântulas cultivadas em ambiente aberto tiveram alturas maiores do que aquelas cultivadas em ambiente sombreado (razões de t , Tukey, $p < 0,05$), exceto na presença de gramínea exótica (razão de $t_{447} = - 0,40$, $p = 0,69$, Fig. 10), efeito este que foi contrário ao esperado, uma vez que a hipótese era de que *U. brizantha*, por ser uma espécie C_4 , seria prejudicada pelo sombreamento, o que favoreceria o desenvolvimento das plântulas.

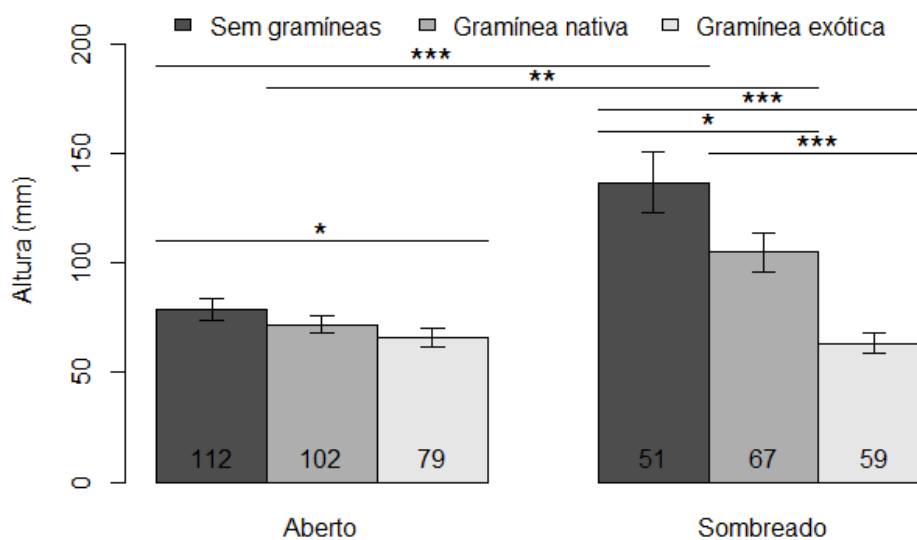


Figura 10 Variação na altura de plântulas em função da presença/tipo de gramínea e sombreamento. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$.

No entanto, o sombreamento influenciou a altura das plântulas de somente duas espécies, se mostrando benéfico ao crescimento de *Dipteryx alata* (razão de $t_{447} = 3,83$, $p = 0,0001$) e *Copaifera langsdorffii* (razão de $t_{447} = 5,32$, $p < 0,001$), e de *Dalbergia miscolobium* (razão de $t_{447} = 1,87$, $p = 0,06$) e *Qualea grandiflora* (razão

de $t_{447} = 1,78$, $p = 0,08$, Fig. 11). Por fim, a altura das plântulas não foi influenciada pela irrigação ($F_{2,446} = 0,74$, $p = 0,39$).

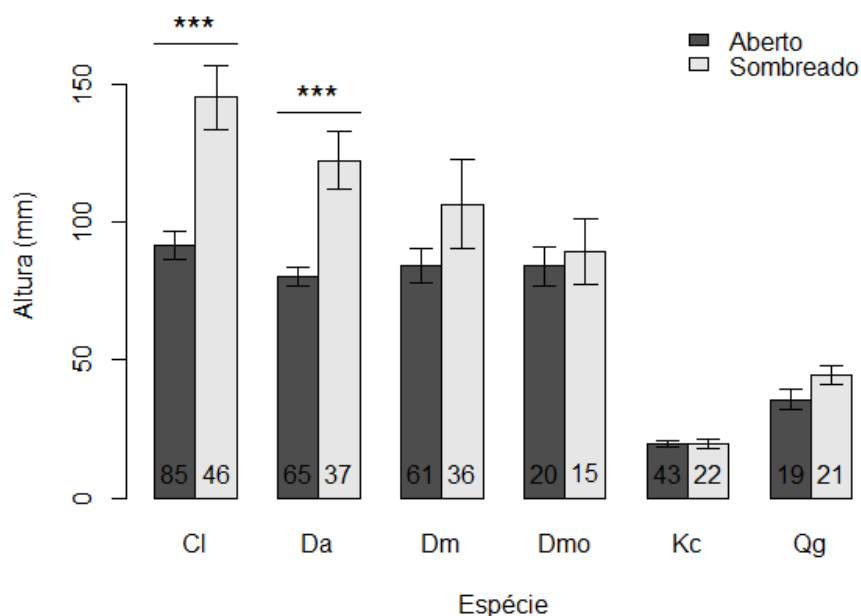


Figura 11 Variação na altura de plântulas das seis espécies arbóreas estudadas em função do sombreamento. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$. . Cl = *Copaifera langsdorffii*, Da = *Dipteryx alata*, Dm = *Dalbergia miscolobium*, Dmo = *Dimorphandra mollis*, Kc = *Kielmeyera coriacea*, Qg = *Qualea grandiflora*

7. DISCUSSÃO

A hipótese principal era de que as plântulas cultivadas nas sub-parcelas com gramíneas teriam seu desenvolvimento afetado negativamente principalmente pela espécie exótica (*U. brizantha*), quando comparada à nativa (*P. Atratum*) e ao controle. Tal hipótese foi confirmada pelos resultados para todos os parâmetros analisados (sobrevivência, ganho de biomassa e crescimento em altura da parte aérea). Os resultados corroboram Cramer e colaboradores (2012) que observaram uma considerável interferência negativa provocada por gramínea africana na produção de biomassa e na razão raiz/parte aérea de plântulas de espécies

arbóreas de savana. Hoffman e Haridasan (2008) também apontaram para uma menor porcentagem de sobrevivência de espécies de Cerrado quando submetidas à competição com uma espécie invasora (*M. minutiflora*). Outros autores mostraram que espécies exóticas causam significativos impactos negativos sobre nativas e sustenta afirmações da necessidade de se buscar meios de controle da disseminação destas espécies em áreas preservadas (Myers *et al*, 2000; Martins *et al* 2004; Pivello *et al*, 1999; Pivello, 2011).

A irrigação frequente sobre as plântulas favoreceu apenas a sobrevivência das plântulas e, ainda assim, apenas de duas espécies. Ela também não se mostrou eficaz em melhorar a capacidade dos indivíduos de incorporar biomassa nem de crescer em parte aérea. Assim, não foi aceita a hipótese de que tal tratamento seria benéfico para as plântulas das arbóreas quando comparado ao tratamento controle. Estes resultados indicam que a ocorrência de chuvas mais frequentes durante tal período pode favorecer a sobrevivência de indivíduos jovens mas que estes se mantem suscetíveis à competição com as gramíneas durante seu crescimento.

Nardoto *et al* (1998), em estudo feito com *K. coriacea*, mostraram que pode haver uma redução no recrutamento de plântulas arbóreas se estas encontrarem condições de stress hídrico durante o estágio inicial de desenvolvimento, uma vez que a causa da mortalidade de indivíduos em tal experimento foi atribuída a um veranico (fenômeno caracterizado pela ocorrência de calor em meio à estação chuvosa) durante o período em que este foi realizado.

Nos tratamentos de adição de nutrientes os valores de sobrevivência e ganho de biomassa das plântulas foram semelhantes e até inferiores aos do controle, o que aponta para uma provável maior capacidade de competição por recursos por parte da gramínea. Devido a isso não foi aceita a hipótese de que a presença de nutrientes adicionais seria benéfica às plântulas.

Cramer *et al* (2012) também mostraram que a adição de nutrientes não favoreceu o desenvolvimento de plântulas quando estas foram cultivadas em contato com gramíneas exóticas. Sharma e colaboradores (2005) relataram alterações na disponibilidade de nitrogênio em áreas com alta ocorrência de espécies exóticas em locais como Havaí, Nova Zelândia e Costa Rica, o que leva a crer que o Cerrado também esteja sujeito aos efeitos nocivos da competição com exóticas.

Quanto ao crescimento em altura, observou-se também que, em situação de competição com gramíneas as plântulas não foram capazes de responder positivamente à adição de nutrientes e só se desenvolveram de forma significativamente maior no tratamento sem *U. brizantha* ou *P. atratum*.

Por fim, esperava-se que o sombreamento favorecesse o desenvolvimento das arbóreas devido à resposta negativa que a via fotossintética das gramíneas (C₄) apresenta a condições de baixa intensidade luminosa, mas a hipótese foi negada já que houve maior perda de plântulas em ambiente sombreado, e dentre as que sobreviveram, o ganho de biomassa foi semelhante ou inferior neste ambiente, quando comparado às parcelas sem cobertura.

Contrariando a hipótese estabelecida para o tratamento de sombreamento, este se mostrou prejudicial às plântulas do ponto de vista da sobrevivência. Restringir a passagem de luz não interferiu no desenvolvimento das gramíneas, e observa-se ainda que aparentemente o sombreamento se somou à competição com gramíneas, havendo então dois fatores considerados aqui como limitantes ao recrutamento de espécies que aumentaram a pressão competitiva sobre as arbóreas. Em estudo publicado em 2010, Brooks e colaboradores consideraram o sombreamento de plântulas nativas por gramíneas exóticas como uma das fases iniciais de um processo de degradação de savanas tropicais, o que, segundo o trabalho, leva à diminuição da germinação e crescimento de plântulas e conseqüentemente à redução da diversidade e abundância de espécies.

A biomassa aérea foi bastante reduzida em *K. coriacea* e *Q. grandiflora* e não diferiu entre os tratamentos com e sem sombreamento, possivelmente porque, para estas que são espécies de ambientes abertos como Cerrado *stricto sensu*, tenha havido maior produção de biomassa radicular, e espécies de formações savânicas têm como característica de desenvolvimento inicial a maior produção de biomassa radicular, quando comparada à biomassa aérea. Esta foi descrita por Labouriau *et al* (1963) como uma importante estratégia de estabelecimento de plântulas do Cerrado.

Hoffman & Haridasan (2008) encontraram maiores médias de crescimento em altura em plântulas que se desenvolveram junto à gramínea exótica (*M. minutiflora*), quando comparada a uma área sem gramínea. Mas segundo os autores o resultado

descrito foi devido a um possível estiolamento gerado em resposta ao sombreamento da cobertura da gramínea. A observação em campo nos levou a considerar que este comportamento pode não ser favorável às plântulas, uma vez que o estiolamento leva a um menor ganho de biomassa, o que pode comprometer seu desenvolvimento e deixá-las mais suscetíveis a agentes externos como predação e/ou passagem de fogo.

8. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presença de gramínea exótica afeta diretamente em características primordiais ao desenvolvimento inicial de espécies nativas como produção de biomassa e desenvolvimento aéreo quando comparadas com *P. atratum*, o que aponta para uma maior pressão competitiva sobre indivíduos arbóreos jovens.

A adição de nutrientes e a irrigação, feitas na tentativa de se amenizar os danos causados pelas gramíneas às plântulas, não atenderam à expectativa, uma vez que as respostas das plântulas foram semelhantes ou até inferiores às dos indivíduos que cresceram em áreas que não tiveram tais tratamentos.

A irrigação constante, o sombreamento e nutrientes adicionais não favorecem o desenvolvimento de plântulas arbóreas quando estas crescem em contato com as gramíneas porque possivelmente grande parte destes recursos adicionais são aproveitados pela gramínea.

Este trabalho vem reforçar a afirmação de inúmeros outros autores de que é necessário bastante cuidado na inserção e manejo de espécies exóticas no bioma Cerrado, visto que a invasão de ambientes nativos por tais espécies acarreta uma maior taxa de mortalidade de espécies nativas e conseqüentemente podem levar a alteração da dinâmica de comunidades nativas e da biodiversidade do Cerrado.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Albuquerque PMC, Mendonça, JA, (1996) Anthophoridae (Hymenoptera; Apoidea) e Flora Associada em Uma formação de Cerrado no Município de Barreirinhas, MA, Brasil. *Acta Amazônica* 26:45-54

Andrade CMS, Valentim JF, Carneiro P, Vaz FA (2004) Crescimento de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais sob sombreamento. *Pesq. agropec. Bras* 39(3):263-270

Barbosa EG, Pivello VR, Meirelles ST (2008) Allelopathic Evidence in *Brachiaria decumbens* and its Potential to Invade the Brazilian Cerrados. *Brazilian archives of biology and technology* 51(4):825-831

Barros FdV, Goulart MF, Sá Telles SB, Lovato MB, Valladares F, Llemos-Filho JPD (2011) Phenotypic plasticity to light of two congeneric trees from contrasting habitats: Brazilian Atlantic Forest *versus* cerrado (savanna). *Plant Biology* 14: 208–215. doi:10.1111/j.1438-8677.2011.00474.x

Beerling DJ, Osborne CP (2006) The origin of the savanna biome. *Global Change Biology* 12:2023-2031. doi: 10.1111/j.1365-2486.2006.01239.x

Bond WJ, Woodward FI, Midgley GF (2005) The global distribution of ecosystems in a world without fire. *New Phytologist*. 165:525-538. doi: 10.1111/j.1469-8137.2004.01252.x

Bond WJ (2008) What Limits Trees in C₄ Grasslands and Savannas? *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 39:641-659. doi: 10.1146/annurev.ecolsys.39.110707.173411

Brooks KJ, Setterfield SA, Douglas MM (2010) Exotic grass invasions: applying a conceptual framework to the dynamics of degradation and restoration in Australia's tropical savannas. *Restoration Ecology* 18(2):188-197

Cramer MD, Wakeling JL, Bond WJ (2012) Belowground competitive suppression of seedling growth by grass in an African savanna. *Plant Ecology* 213:1655-1666. Dói 10.1007/s11258-012-0120-7

Durigan G, Siqueira MFDe, Franco GADC (2007) Threats to the Cerrado remnants of the state of São Paulo, Brazil. *Sci. agric. (Piracicaba, Braz.)* 64(4):355-363.

Dutra TR, Graziotti PH, Santana RC, Massad MD (2012) Desenvolvimento inicial de mudas de copaíba sob diferentes níveis de sombreamento e substratos. *Revista Ciência Agronômica*. 43(2):321-329.

Felfili JM, Hilgbert LF, Franco AC, Sousa-Silva JC, Resende AV, Nogueira MVP (1999) Comportamento de plântulas de *Sclerolobium paniculatum* Vog. var. *rubiginosum* (Tul.) Benth. sob diferentes níveis de sombreamento, em viveiro. *Rev bras de Bot* 22:297-301.

Eiten G (1977) Delimitação do conceito de Cerrado. *Arquivos Do Jardim Botânico* 21: 125-134.

EITEN, G. (2006) Delimitation of the Cerrado concept. *Plant Ecology*. Vol 36: Springer Netherlands.

Felfili JM, Nogueira PE, Silva Júnior MC, Marimon BS, Delitti WBC (2002) Composição florística e fitossociologia do cerrado sentido restrito no Município de Água Boa – MT. *Acta Botanica Brasilica* 16:103-112.

Ferreira AG, Borghetti F (2004) *Germinação: Do Básico Ao Aplicado*. Artmed, Porto Alegre.

Ferri MG (1969) *Plantas do Brasil – Espécies do Cerrado*. Editora Edgard Blucher Ltda, São Paulo.

Goodland R, Pollard P (1973) The Brazilian Cerrado Vegetation: A Fertility Gradient. *Journal of Ecology* 61:219-224.

Haridasan M (2008) Nutritional adaptations of native plants of the cerrado biome in acid soils. *Braz. J. Plant Physiol* 20(3):183-195

Heringer EP, Barroso GM, Rizzo JÁ, Rizzini CT (1977) A Flora do Cerrado. In: Ferri MG, ed. *IV Simpósio sobre o Cerrado*. Editora Universidade de São Paulo: 211-232. São Paulo.

Hoffmann W, Haridasan M (2008) The invasive grass, *Melinis minutiflora*, inhibits tree regeneration in a Neotropical savanna. *Austral Ecology* 33:29-36. doi:10.1111/j.1442-9993.2007.01787.x

Jensen AM, Löf M, Witzell J (2012) Effects of competition and indirect facilitation by shrubs on *Quercus robur* saplings. *Plant Ecol* 213:535–543. doi 10.1007/s11258-012-0019-3

Kambatuku JR, Cramer MD, Ward D (2011) Savanna tree–grass competition is modified by substrate type and herbivory. *Journal of Veget Sci* 22: 225–237.

Kanegae MF, Braz VDaS, Franco AC (2000) Efeitos da seca sazonal e disponibilidade de luz na sobrevivência e crescimento de *Bowdichia virgilioides* em duas fitofisionomias típicas dos cerrados do Brasil Central. *Rev. bras. Bot* 23(4): 459-468.

Keeley JE, Rundel PW (2005) Fire and the Miocene expansion of C₄ grasslands. *Ecology letters* 8:683-690.

Klink CA, Machado RB (2005) Conservation of the Brazilian Cerrado. *Conservation Biology* 19:707-713

Klink CA (2006) Germination and seedling establishment of two native and one invading African grass species in the Brazilian cerrado. *Journal of Tropical Ecology* 12:139-147.

Klink CA, Joly CA (1989) Identification and Distribution of C₃ and C₄ Grasses in Open and Shaded Habitats in Sao Paulo State, Brazil. *Biotropica* 21:30-34.

Koppen W (1948) *Climatologia: Con Un Estudio de Los Climas de La Tierra*. Fondo de Cultura Econômica, México.

Kraaij J, Ward D (2006) Effects of rain, nitrogen, fire and grazing on tree recruitment and early survival in bush-encroached savanna, South Africa. *Plant Ecology* 186: 235-246.

Labouriau LG, Válio IFM, Salgado-Labouriau ML, Handro W (1963) Notas sobre a germinação de sementes de plantas de Cerrados em condições naturais. *Revista Brasileira de Biologia*. 23(3):227-237.

Labouriau LG (1983) *A germinação das sementes*. Secretaria da OEA, Washington.

Lambers JHR, Harpole WS, Tilman D, Knops J, Reich (2004) Mechanisms responsible for the positive diversity–productivity relationship in Minnesota grasslands. *Ecology Letters* 7:661-668

Lenth RV (2013) *lsmeans: Least-squares means*. R package version 1.06-05. <http://CRAN.R-project.org/package=lsmeans>

Machado RB, Ramos Neto MB, Pereira PGP, Caldas EF, Gonçalves DA, Santos NS, Tabor K, Steininger M (2004) Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro. Relatório técnico não publicado. Conservação Internacional, Brasília, DF.

Maciel JR, Oliveira RC, Alves M (2009) *Paspalum L.* (Poaceae: Panicoideae: Paniceae) no estado de Pernambuco, Brasil. *Acta Bot. Bras.* 23(4):1145-1161.

Marcelino KRA, Nascimento Júnior D, Silva SC, Euclides VPB, Fonseca DM (2006) Características morfogênicas e estruturais e produção de forragem do capim-marandu submetido a intensidades e freqüências de desfolhação. *R. Bras. Zootec* 35(6):243-252

Martins CR, Leite LL, Haridasan M (2004) Capim - gordura (*Melinis minutiflora* P. Beauv.), uma gramínea exótica que compromete a recuperação de áreas degradadas em unidades de conservação. *Rev. Árvore* 28(5): 739-747.

Martins D, Martins CC, Costa NV (2006) Potencial alelopático de soluções de solo cultivado com *Brachiaria brizantha*: Efeitos sobre a germinação de gramíneas forrageiras e plantas daninhas de pastagens. *Planta Daninha* 24(1):61-70.

Martins CR, Hay JDuVall, Carmona R (2009) Potencial invasor de duas cultivares de *Melinis minutiflora* no cerrado brasileiro - características de sementes e estabelecimento de plântulas. *Rev. Árvore* 33:(4)713-722.

Mendonça RC, Felfili JM, Walter BMT, Silva Júnior MC, Rezende AV, Figueiras TS, Nogueira PE (1998) Flora vascular do Cerrado. Capítulo XII Em: Sano SM, Almeida SP (1998) Cerrado: ambiente e flora. EMBRAPA – CPAC Planaltina

Mesquita P (2010) Structural characteristics of marandu palisadegrass swards subjected to continuous stocking and contrasting rhythms of growth. *Sci. agric.* 67(1):23-30.

Moreira AG, Klink CA (2000) Biomass allocation and growth of tree seedlings from two contrasting brazilian savannas. *Ecotropicos* 13(1):43-51.

Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, Fonseca GAB, Kent J (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-858.

Nardoto GB, Souza MP, Franco AC (1998) Estabelecimento e padrões sazonais de produtividade de *Kielmeyera coriacea* (Spr) Mart. nos cerrados do Planalto Central: efeitos do estresse hídrico e sombreamento. *Revista brasileira de Botânica* 21(3)

Pivello VR, Shida CN, Meirelles ST (1999) Alien grasses in Brazilian savannas: a threat to the biodiversity. *Biodiversity and Conservation* 8:1281-1294.

Pivello VR (2011) Invasões biológicas no Cerrado brasileiro: efeitos da introdução de espécies exóticas sobre a biodiversidade. *Ecologia Info* 33.

Proença CEB, Munhoz CBR, Jorge CL, Nóbrega MGG (2001) Listagem e nível de proteção das espécies de Fanerógamas do Distrito Federal, Brasil. In: Cavalcanti TB, Ramos AE (2001) FLORA DO DISTRITO FEDERAL. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília.

Quinn GP, Keough MJ (2002) Experimental design and data analysis for biologists. Cambridge University Press, UK.

R CORE TEAM (2013). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.

Ramos KMO, Felfili JM, Sousa-Silva JC, Fagg CW, Franco AC (2003) Initial Development of Seedlings of *Hymenaea Stigonocarpa* Mart. Ex. Hayne, Under Different Shading Conditions. *Brasil Florestal* 22(77):37-42.

Ratter JA, Ribeiro JF, Bridgewater S (1997) The Brazilian Cerrado Vegetation and Threats to its Biodiversity. *Annals of Botany* 80:223-230.

Ribeiro JF, Sano SM, Silva JA da. (1981) Chave preliminar de identificação dos tipos fisionômicos da vegetação do Cerrado. pp. 124-133 In: Anais do XXXII Congresso Nacional de Botânica. Sociedade Botânica do Brasil, Teresina, Brasil.

Rout ME, Chrzanowski TH, Smith WK, Gough L (2013) Ecological impacts of the invasive grass *Sorghum halepense* on native tallgrass prairie. *Biological Invasions* 15:327–339. doi 10.1007/s10530-012-0289-7

Saboya P, Borghetti F (2012) Germination, initial growth, and biomass allocation in three native *Cerrado* species. *Brazilian Journal of Botany* 35(2):129-135.

Sano SM, Almeida SP, Ribeiro JF (2008) Cerrado: Ecologia e Flora Volumes 1 e 2. Embrapa Cerrados, Brasília.

Scholes RJ, Archer SR (1997) Tree-grass interactions in savannas. *Annual Review of Ecology and Systematics* 28: 517-544

Sharma GP, Singh JS, Raghubanshi AS (2005) Plant invasions: Emerging trends and future implications. *Current Sci* 88(5):726-734

Silva Júnior MC (2005) 100 árvores do cerrado: guia de campo. Ed. Rede de Sementes do Cerrado. Brasília

Silva LMM, Aguiar IBDe, Rodrigues TDeJD (2001) Seed germination of *Bowdichia virgilioides* Kunth, under water stress. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 5(1):115-118

Souza Filho APS, Alves SM (2002) Alelopatia: princípios básicos e aspectos gerais. Embrapa Amazônia Oriental 1ª Edição. Belém.

Souza Filho APS (2006) Interferência potencialmente alelopática do capim-gengibre (*Paspalum maritimum*) em áreas de pastagens cultivadas. *Planta daninha* 24(3):451-456.

Souza LS (1997) Possíveis efeitos alelopáticos de *Brachiaria decumbens* sobre o crescimento inicial de limão cravo (*Citrus limonia*). *Planta daninha* 15(2):122-129.

Svriz M, Damascos MA, Zimmermman H, Hensen I (2013) The exotic shrub *Rosa rubiginosa* as a nurse plant. Implications for the restoration of disturbed temperate forests in Patagonia, Argentina. *Forest Ecology and Management* 289:234-242.

Tilman D (2005) Diversity decreases invasion via both sampling and complementarity effects. *Ecology Letters* 8(6):604–611

Twiss PC (1992) Predicted world distribution of C₃ and C₄ grass phytoliths. *Phytolith Systematics, Emerging Issues, Advances in Archaeological and Museum Science* 1: 113-128.

Van Der Waal C, De Kroon H, De Boer WF, Heitkonig IMA, Skidmore AK, De Knecht HJ, Van Langevelde F, Van Wieren SE, Grant RC, Page BR, Slotow R, Kohi EM, Mwakiwa E, Prins HHT (2009) Water and nutrients alter herbaceous competitive effects on tree seedlings in a semi-arid savanna. *Journal of Ecology* 97:430-439.

Valentim JF, Carneiro JC, Moreira P, Vaz FA (2000) Capim pojuca: uma opção forrageira para os solos de baixa permeabilidade do Acre. Comunicado Técnico da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Acre) 11:1-4.

Valls JFM, Oliveira RCde (2013) *Paspalum* in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. (<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB13432>)

Vitousek PM (1994) Beyond global warming: ecology and global change. Ecology 75:1861–1876.

Wedin DA, Tilman D (1996) Influence of nitrogen loading and species composition on the carbon balance of grasslands. Science 274:1720-1723.

Williams DG, Baruch Z (2000) African grass invasion in the Americas: ecosystem consequences and the role of ecophysiology. Biological Invasions 2: 123–140.

Wink M, Twardowski T (2002) Allelchemical properties of alkaloids. Effects on plants, bacteria and biosynthesis. Em: Souza Filho APS, Alves S M. Alelopatia: princípios básicos e aspectos gerais. (2002) Embrapa Amazônia Oriental. 1ª Edição. Cap 2:25. Belém.

Zuur AF, Ieno EN, Walker NJ, Saveliev AA, Smith GM (2009) Mixed effects models and extensions in ecology with R. Springer-Verlag, New York, NY.

10. ANEXOS

Tabela 2 Modelo linear final da biomassa (log) de plântulas baseado em soma dos quadrados (SS) do tipo III da ANOVA, com respectivas estimativas de tamanho de efeito das variáveis. gl = graus de liberdade. r^2 ajustado = 0,46.

| | SS | gl | F | p |
|------------------------|--------|-----|--------|---------|
| Intercepto | 427,51 | 1 | 372,48 | < 0,001 |
| Gramínea | 148,05 | 2 | 64,50 | < 0,001 |
| Espécie | 294,48 | 5 | 51,31 | < 0,001 |
| Luminosidade | 1,31 | 1 | 1,14 | 0,286 |
| Bloco | 3,39 | 4 | 0,74 | 0,567 |
| Luminosidade x espécie | 22,10 | 5 | 3,85 | 0,002 |
| Resíduos | 499,26 | 435 | | |

| | Estimativa | Erro padrão | t | p |
|---|------------|-------------|--------|-------|
| Intercepto | -1,13 | 0,06 | -19,30 | 0,000 |
| Gramínea nativa | -0,10 | 0,07 | -1,42 | 0,157 |
| Gramínea exótica | -0,67 | 0,08 | -8,75 | 0,000 |
| <i>Qualea grandiflora</i> | -0,97 | 0,16 | -6,15 | 0,000 |
| <i>Kielmeyera coriacea</i> | -1,19 | 0,13 | -8,97 | 0,000 |
| <i>Dimorphandra mollis</i> | -0,05 | 0,16 | -0,30 | 0,762 |
| <i>Dalbergia miscolobium</i> | 0,13 | 0,11 | 1,19 | 0,234 |
| <i>Dipteryx alata</i> | 1,12 | 0,11 | 10,30 | 0,000 |
| Luminosidade (sombreado) | -0,06 | 0,06 | -1,07 | 0,286 |
| Bloco E | -0,06 | 0,10 | -0,58 | 0,563 |
| Bloco D | 0,09 | 0,11 | 0,86 | 0,390 |
| Bloco C | -0,07 | 0,10 | -0,76 | 0,446 |
| Bloco B | -0,09 | 0,10 | -0,83 | 0,407 |
| <i>Qualea grandiflora</i> x luminosidade (sombreado) | 0,17 | 0,16 | 1,06 | 0,292 |
| <i>Kielmeyera coriacea</i> x luminosidade (sombreado) | 0,19 | 0,13 | 1,45 | 0,147 |
| <i>Dimorphandra mollis</i> x luminosidade (sombreado) | -0,51 | 0,16 | -3,21 | 0,001 |
| <i>Dalbergia miscolobium</i> x luminosidade (sombreado) | -0,20 | 0,11 | -1,84 | 0,067 |
| <i>Dipteryx alata</i> x luminosidade (sombreado) | 0,26 | 0,11 | 2,36 | 0,019 |

Tabela 3. Comparações múltiplas *a posteriori* entre médias ajustadas (*least square means*) de biomassa (log) de plântulas para níveis da variável 'gramínea' e da interação entre espécie e luminosidade de cultivo das plântulas. Os valores de 'p' são ajustados pelo método de Tukey. gl = graus de liberdade.

| | Estimativa | Erro padrão | gl | Razão de <i>t</i> | p |
|------------------------------------|------------|-------------|-----|-------------------|---------|
| Gramínea | | | | | |
| G1 x G2 | 0,57 | 0,13 | 435 | 4,40 | < 0,001 |
| G1 x G0 | -0,87 | 0,12 | 435 | -7,26 | < 0,001 |
| G2 x G0 | -1,45 | 0,13 | 435 | -11,11 | < 0,001 |
| Luminosidade x Espécie | | | | | |
| L1 x L0 (<i>Q. grandiflora</i>) | 0,21 | 0,36 | 435 | 0,58 | 0,565 |
| L1 x L0 (<i>K. coriacea</i>) | 0,26 | 0,29 | 435 | 0,89 | 0,376 |
| L1 x L0 (<i>D. mollis</i>) | -1,14 | 0,36 | 435 | -3,16 | 0,002 |
| L1 x L0 (<i>D. miscolobium</i>) | -0,53 | 0,23 | 435 | -2,30 | 0,022 |
| L1 x L0 (<i>D. alata</i>) | 0,39 | 0,23 | 435 | 1,72 | 0,086 |
| L1 x L0 (<i>C. langsdorffii</i>) | 0,06 | 0,20 | 435 | 0,32 | 0,750 |

G0 – sem gramíneas, G1 – gramínea nativa, G2 – gramínea exótica, L0 – ambiente aberto, L1 – sombreamento.

Tabela 4. Modelo linear final da altura (log) de plântulas baseado em soma dos quadrados (SS) do tipo III da ANOVA, com respectivas estimativas de tamanho de efeito das variáveis. gl = graus de liberdade.

| | SS | gl | F | p |
|-------------------------|---------|-----|----------|---------|
| Intercepto | 5480,60 | 1 | 25999,40 | < 0,001 |
| Gramínea | 11,30 | 2 | 26,80 | < 0,001 |
| Nutriente | 0,40 | 1 | 1,71 | 0,191 |
| Espécie | 140,10 | 5 | 132,93 | < 0,001 |
| Luminosidade | 4,20 | 1 | 19,81 | < 0,001 |
| Bloco | 2,80 | 4 | 3,29 | 0,011 |
| Gramínea x nutriente | 1,30 | 2 | 3,17 | 0,043 |
| Gramínea x luminosidade | 3,80 | 2 | 8,97 | < 0,001 |
| Luminosidade x espécie | 2,60 | 5 | 2,45 | 0,033 |
| Resíduos | 94,20 | 447 | | |

| | Estimativa | Erro padrão | t | p |
|---|------------|-------------|--------|---------|
| Intercepto | 4,04 | 0,03 | 161,24 | < 0,001 |
| Gramínea nativa | 0,05 | 0,03 | 1,66 | 0,099 |
| Gramínea exótica | -0,23 | 0,03 | -7,02 | < 0,001 |
| Nutriente adicionado | 0,03 | 0,02 | 1,31 | 0,191 |
| <i>Qualea grandiflora</i> | -0,49 | 0,06 | -7,59 | < 0,001 |
| <i>Kielmeyera coriacea</i> | -1,11 | 0,06 | -19,97 | < 0,001 |
| <i>Dimorphandra mollis</i> | 0,26 | 0,07 | 3,69 | < 0,001 |
| <i>Dalbergia miscolobium</i> | 0,31 | 0,05 | 6,65 | < 0,001 |
| <i>Dipteryx alata</i> | 0,44 | 0,05 | 9,63 | < 0,001 |
| Luminosidade (sombreado) | 0,11 | 0,03 | 4,45 | < 0,001 |
| Bloco E | -0,08 | 0,04 | -1,83 | 0,069 |
| Bloco D | 0,01 | 0,05 | 0,31 | 0,759 |
| Bloco C | 0,03 | 0,04 | 0,83 | 0,408 |
| Bloco B | 0,12 | 0,04 | 2,83 | 0,005 |
| Gramínea nativa com nutriente | -0,04 | 0,03 | -1,40 | 0,162 |
| Gramínea exótica com nutriente | -0,03 | 0,03 | -1,07 | 0,287 |
| Gramínea nativa, luminosidade (sombreado) | 0,02 | 0,03 | 0,64 | 0,520 |
| Gramínea exótica, luminosidade (sombreado) | -0,13 | 0,03 | -3,98 | < 0,001 |
| <i>Qualea grandiflora</i> , luminosidade (sombreado) | 0,02 | 0,06 | 0,30 | 0,762 |
| <i>Kielmeyera coriacea</i> , luminosidade (sombreado) | -0,10 | 0,06 | -1,79 | 0,074 |
| <i>Dimorphandra mollis</i> , luminosidade (sombreado) | -0,08 | 0,07 | -1,21 | 0,229 |
| <i>Dalbergia miscolobium</i> , luminosidade (sombreado) | -0,02 | 0,05 | -0,44 | 0,658 |
| <i>Dipteryx alata</i> , luminosidade (sombreado) | 0,07 | 0,05 | 1,52 | 0,130 |

Tabela 5. Comparações múltiplas *a posteriori* entre médias ajustadas (*least square means*) de altura (mm, log) de plântulas para níveis das interações: 'gramínea x nutriente', 'gramínea x luminosidade', e 'luminosidade x espécie'. Os valores de 'p' são ajustados pelo método de Tukey. gl = graus de liberdade.

| | Estimativa | Erro padrão | gl | Razão de <i>t</i> | p |
|------------------------------------|------------|-------------|-----|-------------------|---------|
| Gramínea x nutriente | | | | | |
| G1 x G2 (N1) | 0,27 | 0,08 | 447 | 3,29 | 0,0031 |
| G1 x G0 (N1) | -0,25 | 0,08 | 447 | -3,14 | 0,0051 |
| G2 x G0 (N1) | -0,52 | 0,08 | 447 | -6,20 | < 0,001 |
| G1 x G2 (N0) | 0,29 | 0,07 | 447 | 4,06 | < 0,001 |
| G1 x G0 (N0) | -0,01 | 0,07 | 447 | -0,12 | 0,9923 |
| G2 x G0 (N0) | -0,30 | 0,07 | 447 | -4,04 | < 0,001 |
| N1 x N0 (G1) | -0,03 | 0,07 | 447 | -0,38 | 0,701 |
| N1 x N0 (G2) | -0,01 | 0,08 | 447 | -0,13 | 0,898 |
| N1 x N0 (G0) | 0,21 | 0,07 | 447 | 2,84 | 0,005 |
| Gramínea x luminosidade | | | | | |
| G1 x G2 (L1) | 0,43 | 0,08 | 447 | 5,16 | < 0,001 |
| G1 x G0 (L1) | -0,22 | 0,09 | 447 | -2,50 | 0,034 |
| G2 x G0 (L1) | -0,64 | 0,09 | 447 | -7,19 | < 0,001 |
| G1 x G2 (L0) | 0,13 | 0,07 | 447 | 1,86 | 0,151 |
| G1 x G0 (L0) | -0,04 | 0,06 | 447 | -0,60 | 0,822 |
| G2 x G0 (L0) | -0,17 | 0,07 | 447 | -2,44 | 0,040 |
| L1 x L0 (G1) | 0,26 | 0,08 | 447 | 3,46 | 0,001 |
| | - | | | | 0,689 |
| L1 x L0 (G2) | 0,03 | 0,08 | 447 | -0,40 | |
| L1 x L0 (G0) | 0,44 | 0,08 | 447 | 5,40 | 40,001 |
| Luminosidade x espécie | | | | | |
| L1 x L0 (<i>Q. grandiflora</i>) | 0,26 | 0,15 | 447 | 1,78 | 0,076 |
| L1 x L0 (<i>K. coriacea</i>) | 0,03 | 0,12 | 447 | 0,21 | 0,833 |
| L1 x L0 (<i>D. mollis</i>) | 0,06 | 0,16 | 447 | 0,35 | 0,727 |
| L1 x L0 (<i>D. miscolobium</i>) | 0,18 | 0,10 | 447 | 1,87 | 0,062 |
| L1 x L0 (<i>D. alata</i>) | 0,36 | 0,09 | 447 | 3,83 | < 0,001 |
| L1 x L0 (<i>C. langsdorffii</i>) | 0,45 | 0,08 | 447 | 5,32 | < 0,001 |

G0 – sem gramíneas, G1 – gramínea nativa, G2 – gramínea exótica, L0 – ambiente aberto, L1 – sombreamento, N0 – sem adição de nutrientes, N1 – com adição de nutrientes.

Tabela 6. Modelo binomial final da probabilidade de sobrevivência de plântulas ao final do experimento (6 meses) baseado em soma dos quadrados (SS) do tipo III, com respectivas estimativas de tamanho de efeito das variáveis. RV = teste de razão de (log) verossimilhança (distribuição aproximada à χ^2). gl = graus de liberdade.

| | RV | gl | p | |
|-------------------------|--------|----|---------|--|
| Irrigação | 20,75 | 1 | < 0,001 | |
| Gramínea | 5,46 | 2 | 0,065 | |
| Nutriente | 13,56 | 1 | < 0,001 | |
| Espécie | 163,18 | 5 | < 0,001 | |
| Luminosidade | 0,12 | 1 | 0,733 | |
| Bloco | 16,08 | 4 | 0,003 | |
| Irrigação x espécie | 13,71 | 5 | 0,018 | |
| Gramínea x nutriente | 6,66 | 2 | 0,036 | |
| Gramínea x luminosidade | 15,71 | 2 | < 0,001 | |
| Gramínea x espécie | 20,59 | 10 | 0,024 | |
| Nutriente x espécie | 13,14 | 5 | 0,022 | |

| | Estimativa | Erro padrão | t | p |
|---|------------|-------------|-------|---------|
| Intercepto | -0,41 | 0,10 | -4,25 | < 0,001 |
| Irrigado | 0,42 | 0,10 | 4,36 | < 0,001 |
| Gramínea nativa | 0,19 | 0,11 | 1,78 | 0,076 |
| Gramínea exótica | -0,24 | 0,11 | -2,22 | 0,027 |
| Nutriente adicionado | -0,26 | 0,07 | -3,66 | < 0,001 |
| <i>Qualea grandiflora</i> | -1,49 | 0,27 | -5,42 | < 0,001 |
| <i>Kielmeyera coriacea</i> | 0,07 | 0,17 | 0,41 | 0,681 |
| <i>Dimorphandra mollis</i> | -1,15 | 0,21 | -5,59 | < 0,001 |
| <i>Dalbergia miscolobium</i> | 0,45 | 0,16 | 2,77 | 0,006 |
| <i>Dipteryx alata</i> | 0,66 | 0,16 | 4,12 | < 0,001 |
| Luminosidade (sombreado) | 0,03 | 0,08 | 0,34 | 0,733 |
| Bloco E | -0,01 | 0,14 | -0,07 | 0,945 |
| Bloco D | -0,30 | 0,14 | -2,15 | 0,032 |
| Bloco C | 0,52 | 0,14 | 3,71 | < 0,001 |
| Bloco B | -0,15 | 0,14 | -1,11 | 0,267 |
| <i>Qualea grandiflora</i> , luminosidade (sombreado) | 0,75 | 0,27 | 2,74 | 0,006 |
| <i>Kielmeyera coriacea</i> , luminosidade (sombreado) | -0,36 | 0,17 | -2,17 | 0,030 |
| <i>Dimorphandra mollis</i> , luminosidade (sombreado) | -0,18 | 0,19 | -0,92 | 0,359 |
| <i>Dalbergia miscolobium</i> , luminosidade (sombreado) | 0,06 | 0,16 | 0,36 | 0,716 |
| <i>Dipteryx alata</i> , luminosidade | -0,20 | 0,16 | -1,27 | 0,205 |

| | | | | |
|---|-------|------|-------|-------|
| (sombreado) | | | | |
| Gramínea nativa com nutriente | -0,11 | 0,10 | -1,09 | 0,277 |
| Gramínea exótica com nutriente | -0,14 | 0,10 | -1,37 | 0,171 |
| Gramínea nativa, luminosidade (sombreado) | 0,15 | 0,11 | 1,41 | 0,159 |
| Gramínea exótica, luminosidade (sombreado) | 0,25 | 0,11 | 2,33 | 0,020 |
| <i>Qualea grandiflora</i> , gramínea (nativa) | 0,02 | 0,24 | 0,09 | 0,925 |
| <i>Qualea grandiflora</i> , gramínea (exótica) | -0,10 | 0,25 | -0,40 | 0,691 |
| <i>Kielmeyera coriacea</i> , gramínea (nativa) | -0,29 | 0,22 | -1,34 | 0,181 |
| <i>Kielmeyera coriacea</i> , gramínea (exótica) | 0,00 | 0,22 | 0,00 | 0,999 |
| <i>Dimorphandra mollis</i> , gramínea (nativa) | 0,19 | 0,24 | 0,76 | 0,445 |
| <i>Dimorphandra mollis</i> , gramínea (exótica) | -0,52 | 0,29 | -1,81 | 0,070 |
| <i>Dalbergia miscolobium</i> , gramínea (nativa) | -0,18 | 0,21 | -0,86 | 0,391 |
| <i>Dalbergia miscolobium</i> , gramínea (exótica) | 0,05 | 0,22 | 0,25 | 0,807 |
| <i>Dipteryx alata</i> , gramínea (nativa) | -0,17 | 0,21 | -0,82 | 0,414 |
| <i>Dipteryx alata</i> , gramínea (exótica) | 0,09 | 0,21 | 0,44 | 0,663 |
| <i>Qualea grandiflora</i> , nutriente adicionado | 0,22 | 0,17 | 1,27 | 0,206 |
| <i>Kielmeyera coriacea</i> , nutriente adicionado | -0,45 | 0,15 | -2,93 | 0,003 |
| <i>Dimorphandra mollis</i> , nutriente adicionado | 0,08 | 0,17 | 0,46 | 0,646 |
| <i>Dalbergia miscolobium</i> , nutriente adicionado | -0,19 | 0,15 | -1,26 | 0,208 |
| <i>Dipteryx alata</i> , nutriente adicionado | 0,24 | 0,15 | 1,66 | 0,096 |

Tabela 7. Comparações múltiplas *a posteriori* entre médias ajustadas (*least square means*) de biomassa (log) de plântulas para as interações (1) entre a presença e tipo de gramínea com a suplementação de nutrientes, (2) presença/tipo de gramínea e luminosidade, (3) espécie e presença/tipo de gramínea, (4) espécie e suplementação de nutrientes, (5) e espécie e luminosidade. São mostradas as estimativas \pm EP de diferenças entre grupos na probabilidade de sobrevivência de plântulas. Os valores de p são ajustados pelo método de Tukey.

| | Estimativa | Erro padrão | Razão de z | p |
|---|------------|-------------|------------|-------|
| Gramínea x nutriente | | | | |
| G1 x G2 (N1) | 0,47 | 0,27 | 1,75 | 0,185 |
| G1 x G0 (N1) | -0,23 | 0,24 | -0,93 | 0,624 |
| G2 x G0 (N1) | -0,69 | 0,26 | -2,69 | 0,020 |
| G1 x G2 (N0) | 0,40 | 0,26 | 1,56 | 0,263 |
| G1 x G0 (N0) | 0,49 | 0,25 | 2,00 | 0,111 |
| G2 x G0 (N0) | 0,09 | 0,25 | 0,37 | 0,929 |
| N1 x N0 (G1) | -0,74 | 0,25 | -3,02 | 0,003 |
| N1 x N0 (G2) | -0,81 | 0,26 | -3,08 | 0,002 |
| N1 x N0 (G0) | -0,02 | 0,23 | -0,10 | 0,919 |
| Gramínea x luminosidade | | | | |
| G1 x G2 (L1) | 0,33 | 0,30 | 1,09 | 0,517 |
| G1 x G0 (L1) | 0,68 | 0,29 | 2,37 | 0,046 |
| G2 x G0 (L1) | 0,35 | 0,29 | 1,20 | 0,453 |
| G1 x G2 (L0) | 0,54 | 0,23 | 2,35 | 0,049 |
| G1 x G0 (L0) | -0,42 | 0,21 | -1,98 | 0,117 |
| G2 x G0 (L0) | -0,95 | 0,22 | -4,27 | 0,000 |
| L1 x L0 (G1) | 0,35 | 0,27 | 1,31 | 0,189 |
| L1 x L0 (G2) | 0,56 | 0,28 | 1,99 | 0,047 |
| L1 x L0 (G0) | -0,74 | 0,26 | -2,90 | 0,004 |
| Gramínea x espécie | | | | |
| G1 x G2 (<i>Qualea grandiflora</i>) | 0,56 | 0,48 | 1,17 | 0,471 |
| G1 x G0 (<i>Qualea grandiflora</i>) | 0,08 | 0,45 | 0,17 | 0,984 |
| G2 x G0 (<i>Qualea grandiflora</i>) | -0,48 | 0,48 | -1,00 | 0,574 |
| G1 x G2 (<i>Kielmeyera coriacea</i>) | 0,14 | 0,42 | 0,35 | 0,936 |
| G1 x G0 (<i>Kielmeyera coriacea</i>) | -0,45 | 0,40 | -1,11 | 0,505 |
| G2 x G0 (<i>Kielmeyera coriacea</i>) | -0,59 | 0,41 | -1,45 | 0,314 |
| G1 x G2 (<i>Dimorphandra mollis</i>) | 1,14 | 0,54 | 2,12 | 0,085 |
| G1 x G0 (<i>Dimorphandra mollis</i>) | -0,02 | 0,43 | -0,04 | 0,999 |
| G2 x G0 (<i>Dimorphandra mollis</i>) | -1,16 | 0,53 | -2,17 | 0,077 |
| G1 x G2 (<i>Dalbergia miscolobium</i>) | 0,20 | 0,40 | 0,50 | 0,873 |
| G1 x G0 (<i>Dalbergia miscolobium</i>) | -0,18 | 0,40 | -0,45 | 0,894 |
| G2 x G0 (<i>Dalbergia miscolobium</i>) | -0,38 | 0,40 | -0,95 | 0,610 |
| G1 x G2 (<i>Dipteryx alata</i>) | 0,17 | 0,38 | 0,46 | 0,892 |
| G1 x G0 (<i>Dipteryx alata</i>) | -0,11 | 0,39 | -0,29 | 0,955 |
| G2 x G0 (<i>Dipteryx alata</i>) | -0,29 | 0,39 | -0,74 | 0,740 |
| G1 x G2 (<i>Copaifera langsdorffii</i>) | 0,39 | 0,49 | 0,79 | 0,709 |
| G1 x G0 (<i>Copaifera langsdorffii</i>) | 1,48 | 0,46 | 3,24 | 0,003 |
| G2 x G0 (<i>Copaifera langsdorffii</i>) | 1,09 | 0,43 | 2,56 | 0,028 |

| Nutriente x espécie | | | | |
|---|-------|------|-------|-------|
| N1 x N0 (<i>Qualea grandiflora</i>) | -0,09 | 0,38 | -0,25 | 0,804 |
| N1 x N0 (<i>Kielmeyera coriacea</i>) | -1,42 | 0,33 | -4,27 | 0,000 |
| N1 x N0 (<i>Dimorphandra mollis</i>) | -0,37 | 0,39 | -0,94 | 0,345 |
| N1 x N0 (<i>Dalbergia miscolobium</i>) | -0,90 | 0,32 | -2,79 | 0,005 |
| N1 x N0 (<i>Dipteryx alata</i>) | -0,04 | 0,31 | -0,13 | 0,900 |
| N1 x N0 (<i>Copaifera langsdorffii</i>) | -0,33 | 0,36 | -0,91 | 0,364 |
| Irrigação x nutriente | | | | |
| I0 x I1 (<i>Qualea grandiflora</i>) | 2,33 | 0,64 | 3,64 | 0,000 |
| I0 x I1 (<i>Kielmeyera coriacea</i>) | 0,11 | 0,36 | 0,31 | 0,756 |
| I0 x I1 (<i>Dimorphandra mollis</i>) | 0,48 | 0,43 | 1,10 | 0,270 |
| I0 x I1 (<i>Dalbergia miscolobium</i>) | 0,95 | 0,35 | 2,70 | 0,007 |
| I0 x I1 (<i>Dipteryx alata</i>) | 0,43 | 0,34 | 1,27 | 0,204 |
| I0 x I1 (<i>Copaifera langsdorffii</i>) | 0,70 | 0,37 | 1,89 | 0,059 |

G0 – sem gramíneas, G1 – gramínea nativa, G2 – gramínea exótica, N0 – sem adição de nutriente, N1 – adição de nutriente, I0 – sem irrigação, I1 – irrigação, L0 – ambiente aberto, L1 – sombreado.