



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais

**A INTERAÇÃO ENTRE A FERTILIDADE DO SOLO E A MASSA DA SEMENTE
INFLUENCIA OS ATRIBUTOS FUNCIONAIS DE ESPÉCIES ARBÓREAS
TROPICAIS?**

LISETH ANA DÉLIA GOMEZ BELTRAN

São Carlos, SP

2017



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais

LISETH ANA DÉLIA GOMEZ BELTRAN

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Andréa Lúcia Teixeira de Souza

São Carlos, SP

2017




UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

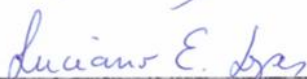
Centro de Ciências Biológicas e da Saúde
Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais

Folha de Aprovação

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado da candidata Liseth Ana Delia Gomez Beltran, realizada em 03/07/2017:



Profa. Dra. Andrea Lucia Teixeira de Souza
UFSCar



Prof. Dr. Luciano Elsinor Lopes
UFSCar



Profa. Dra. Maria Teresa Zugliani Toniato
IF

Gracias señor Jehova, por permitirme vivir esta experiencia y hacerme ver cuanto valor tiene la familia y haber cruzado a cada persona que hizo parte de este proceso.

"No fim tudo dá certo, se não deu certo é porque ainda não chegou ao fim"

Fernando Sabino

Só voce pode bater o ponto final, Obrigada Andrea

AGRADECIMENTOS

Tres años

A mi familia porque estando aqui aprendi a valorar la importancia de ustedes em mi vida. Gracias.

A mi familia aqui en Brasil: Andrea mi orientadora y mãe, um profundo agradecimiento por todo el apoyo, por cada resposta a mis “perguntas”, a Jana Jana, Gracias por todo, por cada hoja contada y por cada texto corregido, el futuro es incierto pero yo se que hay cosas muy buenas esperandote, Martha, Gracias por darme el coraje y la confianza para iniciar este proceso, y por confiar y cuidar de mi. Tres personajes totalmente diferentes, que tiene en comum um espiritu de ayuda, solo debo a ustedes admiracion y profundo respeto y sin ganas de ser tan repetitiva quiero AGRADECER POR TODO.

Al personal Del laboratório, Luciana (gracias corregir de mi portugués), Raul, Dani, Camila, Caro, Raimunda, agradezco por hacer um ambiente tan agradable y por los ratos de buena “fofoca”. Al profesor Marcel y Luciano, Fueron pocas las conversaciones pero mucho aprendizaje. Al señor Oswaldo, Raquel e Lu, gracias por lós desayunos y las sin numero de caronas y el apoyo em trabajo de viviero.

A Vinicius y al personal de la secretaria, agradezco por hacer la burocracia no tan burocrática.

Diana, Eric, Jane, Jana Jana yo se que la vida nos va a cruzar nuevamente, ustedes son esa parte de todo este proceso que me hace llorar, espero estar presente asi sea en la distancia en el proceso de alcanzar sus suenos y tambien cuando los hayan alcanzado.

Gracias a la vida por haberme puesto personas tan valiosas a cada momento, por haberme dado la posibilidad de vivir esta experiência.

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| <i>Resumo</i> | 7 |
| <i>Resumen</i> | 9 |
| <i>Abstract</i> | 11 |
| <i>Introdução</i> | 13 |
| <i>Metodologia</i> | 18 |
| Seleção de espécies | 18 |
| Delineamento experimental e coleta de dados | 20 |
| Análises estatísticas | 24 |
| <i>Resultados</i> | 25 |
| Solo | 25 |
| Sobrevivência | 26 |
| Plasticidade fenotípica | 31 |
| <i>Discussão</i> | 33 |
| Solo | 33 |
| Sobrevivência | 35 |
| Traços | 36 |
| Plasticidade fenotípica | 38 |
| <i>Considerações finais</i> | 40 |
| <i>Referências Bibliográficas</i> | 42 |
| <i>Apêndice</i> | 54 |

RESUMO

As características biológicas, físicas e químicas do solo são filtros ambientais que influenciam fortemente a composição de comunidades vegetais. O conhecimento do efeito das condições do solo na sobrevivência e no crescimento de espécies vegetais é de grande importância para atividades de recuperação de áreas degradadas. Tais aspectos do desempenho de plantas estão diretamente relacionados aos traços funcionais das espécies, conseqüentemente a compreensão das respostas dos diferentes traços a diferentes condições edáficas pode auxiliar na escolha de espécies que se adaptem melhor a cada área. Nós conduzimos um experimento em viveiro com o objetivo de avaliar a influência de diferentes tratamentos de solo na sobrevivência e nos traços funcionais; Área Foliar (AF), Área foliar específica (AFE), Conteúdo de matéria seca foliar (CMSF) Fração da massa da raiz (FMR), Comprimentos específico da raiz (CER) e Taxa de crescimento em altura (TCA) de onze espécies florestais nativas que formam um gradiente de massa de semente. Os tratamentos usados no experimento foram: solo controle – sem a adição de nenhum tipo de adubo ou fertilizante (CT); adição de fertilizante químico - NPK (QU); adição de adubo orgânico (OR) e adição fertilizante químico e de adubo orgânico (OQ). Os atributos químicos do solo nos quatro tratamentos foram avaliados após dois e sete meses da semeadura para verificar as mudanças ocorridas ao longo do tempo. Além disto, avaliamos os atributos químicos do solo de áreas naturais de ocorrência destas espécies, florestas preservadas e degradadas. O monitoramento do experimento foi conduzido por quatro meses e ao final deste período registramos a sobrevivência e as medidas dos traços funcionais de todas as espécies. Os atributos químicos dos solos usados nos tratamentos Controle e Químico foram mais semelhantes aos atributos das áreas usadas como referência, apresentando maiores valores de acidez potencial (H+Al) e Capacidade de troca catiônica (CTC), e menores valores de Nitrogênio (N) e de matéria orgânica. A massa da semente influenciou fortemente a sobrevivência nos tratamentos CT, QU e OR, e não diferiu entre os tratamentos CT e QU, por outro lado, no tratamento OR a sobrevivência foi maior em comparação com os tratamentos CT e QU. O efeito da massa da semente na sobrevivência não foi significativo no tratamento OQ. Detectamos uma alta correlação positiva entre os traços AFE, FMR e CER que foram negativamente correlacionados com AF e TCA. Os atributos funcionais das espécies diferiram entre os tratamentos, porém não foram detectadas diferenças entre os tratamentos OR e OQ. Nestes dois tratamentos as espécies alcançaram valores mais altos de AF e TCA e valores de

CER, FMR e AFE mais baixos do que nos demais tratamentos. Os atributos funcionais variaram entre e dentro de espécies. A plasticidade fenotípica foi maior com relação a AF, TCA, CER e FMR, sendo que a variação de AF, TCA e CER foram altamente correlacionadas entre si e juntas foram negativamente relacionadas com a massa da semente. Este estudo mostrou que a limitação de recursos do solo foi capaz de modificar a arquitetura das raízes, os traços foliares e a taxa de crescimento das partes aéreas, sugerindo que plantas devem investir mais em órgãos de captação de recursos para aumentar as chances de sobrevivência. A variação intraespecífica dos traços AF, TCA, AFE, CER e CMSF foram correlacionados entre si e negativamente correlacionados com a massa da semente. Espécies de sementes menores foram mais plásticas do que espécies de sementes maiores. No tratamento CT estas espécies alcançaram maiores valores de AFE e CER, enquanto que nos tratamentos que receberam adição de matéria orgânica, estas espécies alcançaram maiores valores de AF e TCR. A adição de matéria orgânica ao solo aumentou a sobrevivência e o crescimento das plantas, especialmente das espécies de sementes menores. Nesse sentido, a adição de matéria orgânica como tratamento pré-plantio mostrou ser mais eficiente para aumentar o desempenho de espécies arbóreas nativas. No entanto experimentos sob condições de campo são necessários para quantificar a eficácia do uso de esterco na reintrodução de espécies nativa em florestas desmatadas.

Palavras chave: adubação orgânica, fertilização mineral, plasticidade fenotípica, probabilidade de sobrevivência traços funcionais.

RESUMEN

Las características biológicas, físicas y químicas del suelo son filtros ambientales que influyen fuertemente en la composición de comunidades vegetales. Conocer el efecto de las condiciones del suelo sobre la supervivencia y crecimiento de especies vegetales es de gran importancia para actividades de recuperación de áreas degradadas. Los aspectos de crecimiento de las plantas están directamente relacionados con los rasgos funcionales de las especies, por ello el entendimiento de las respuestas de los diferentes rasgos a diferentes condiciones edáficas puede ayudar en la selección de especies que se adapten mejor en cada área. Hemos conducido un experimento en vivero con el objetivo de evaluar la influencia de diferentes tratamientos de suelo en la supervivencia y en los rasgos funcionales; área foliar (AF), Área foliar específica (AFE), Contenido de materia seca foliar (CMSF) Fracción de la masa de la raíz (FMR), Longitud específica de la raíz (CER) y Tasa de crecimiento en altura (TCA) de once especies forestales Nativas que forman un gradiente de masa de semilla. Los tratamientos utilizados en el experimento fueron: suelo control - sin la adición de ningún tipo de abono o fertilizante (CT); Adición de fertilizante químico - NPK (QU); La adición de abono orgánico (OR) y la adición de fertilizante químico y de abono orgánico (OQ). Los atributos químicos del suelo en los cuatro tratamientos fueron evaluados después de dos y siete meses de la siembra para verificar los cambios ocurridos a lo largo del tiempo. Además, evaluamos los atributos químicos del suelo de áreas naturales de ocurrencia de estas especies, bosques preservados y degradados. El monitoreo del experimento fue conducido por cuatro meses y al final de este período se registra la supervivencia y las medidas de los rasgos funcionales de todas las especies. Los atributos químicos de los suelos usados en los tratamientos Control y Químico fueron más similares a los atributos de las áreas usadas como referencia, presentando mayores valores de acidez potencial ($H + Al$) y Capacidad de intercambio catiónico (CIC), y menores valores de Nitrógeno (N) Y de materia orgánica. La masa de la semilla influyó fuertemente la supervivencia en los tratamientos CT, QU y OR, y no difería entre los tratamientos CT y QU, por otra parte, en el tratamiento OR la supervivencia fue mayor en comparación con los tratamientos CT y QU. El efecto de la masa de la semilla en la supervivencia no fue significativo en el tratamiento OQ. Detectamos una alta correlación positiva entre los rasgos AFE, FMR y CER que se correlacionaron negativamente con AF y TCA. Los atributos funcionales de las especies diferían entre los tratamientos, pero no se detectaron diferencias entre los tratamientos OR y OQ. En estos dos

tratamientos las especies alcanzaron valores más altos de AF y TCA y valores de CER, FMR y AFE más bajos que en los demás tratamientos. Los atributos funcionales variaron entre y dentro de las especies. La plasticidad fenotípica fue mayor con relación a AF, TCA, CER y FMR, siendo que la variación de AF, TCA y CER fueron altamente correlacionadas entre sí y juntas fueron negativamente relacionadas con la masa de la semilla. Este estudio mostró que la limitación de recursos del suelo fue capaz de modificar la arquitectura de las raíces, los rasgos foliares y la tasa de crecimiento de las partes aéreas, sugiriendo que plantas deben invertir más en órganos de captación de recursos para aumentar las posibilidades de supervivencia. La variación intraespecífica de los rasgos AF, TCA, AFE, CER y CMSF fueron correlacionados entre sí y negativamente correlacionados con la masa de la semilla. Las especies de semillas más pequeñas fueron más plásticas que las especies de semillas más grandes. En el tratamiento CT estas especies alcanzaron mayores valores de AFE y CER, mientras que en los tratamientos que recibieron adición de materia orgánica, estas especies alcanzaron mayores valores de AF y TCR. La adición de materia orgánica al suelo aumentó la supervivencia y el crecimiento de las plantas, especialmente de las especies de semillas más pequeñas. En ese sentido, la adición de materia orgánica como tratamiento pre-plantación mostró ser más eficiente para aumentar el desempeño de especies arbóreas nativas. Sin embargo, experimentos bajo condiciones de campo son necesarios para cuantificar la eficacia del uso de estiércol en la reintroducción de especies nativas en bosques deforestados.

Palabras clave: fertilización orgánica, fertilización mineral, plasticidad fenotípica, probabilidad de supervivencia rasgos funcionales.

ABSTRACT

Biological, physical and chemical characteristics of the soil are environmental filters that strongly influence the composition of the plant communities. The knowledge of the effect of soil conditions on the survival and growth of plant species is important for the recovery activities in degraded areas. These aspects of plant performance are directly related to the functional characteristics of species, so understanding the responses of the different resources to different soil conditions can help to choose species that are best suited to each area. We have carried out an experiment in nursery with the objective of evaluating the influence of different soil treatments on survival and functional characteristics; Leaf Area (LA), Specific Leaf Area (SLA), Leaf Dry Matter Content (LDMC), Root Mass Fraction (RMF), Specific Root Length (SRL) and Relative Height Increment (RHI) of eleven native forest species forming a seed mass gradient. The treatments used in the experiment were control soil - without the addition of any fertilizer (CT); addition of chemical fertilizer - NPK (QU); addition of organic fertilizer (OR) and the addition of chemical fertilizer and organic fertilizer (OQ). Soil chemical attributes in the four treatments were evaluated after two and seven months after planting to verify the changes that occurred over time. In addition, we evaluated soil chemical attributes of natural areas of occurrence of these species, preserved and degraded forests. The monitoring of the experiment was performed for four months and at the end of this period we recorded survival and measured the functional characteristics of all species. Chemical soil attributes used in the treatments CT and QU were more similar to the attributes of the areas used as reference, showing higher values of acidity potential ($H + Al$) and cation exchange capacity (CTC), and lower values of nitrogen (N) and organic matter. The seed mass heavily influenced survival in CT, QU and OR treatments and did not differ between CT and QU treatments and, furthermore, in OR treatment the survival was greater than in CT and QU treatments. The effect of seed mass on survival was not significant in OQ treatment. We detected a high positive correlation between SLA, RMF and SRL that were negatively correlated with LA and RHI. The functional properties of the species differed between treatments, but no differences were detected between treatments OR and OQ. In these two treatments, species reached higher values of LA and RHI and lower values of SRL, RMF and SLA than other treatments. Functional attributes varied between and within species.

Phenotypic plasticity was higher in LA, RHI, SRL and RMF, and the variation of LA, RHI and SRL were highly correlated with each other and together were negatively related to seed mass. This study showed that limited terrestrial resources were able to modify root

architecture, leaf traits and the rate of growth of the aerial parts, which suggests that plants should invest more in fundraising bodies to increase the chances of survival. Intra-specific variation of LA, RHI, SRL, RHI and LDMC characteristics were correlated with each other and negatively correlated with seed mass. Smaller seed species were more plastic than larger seed species. In the treatment CT, these species reached higher values of SLA and SRL, while treatments with organic matter addition, these species reach higher values of LA and RHI. The addition of organic matter in the soil increased the survival and growth of plants, in particular small seed species. Thus, the addition of organic matter as pre-planting treatment proved to be more efficient to increase the performance of native tree species. However, experiments under field conditions are necessary to quantify the efficacy of manure on the reintroduction of native species into deforested forests.

Keywords: organic fertilizer, mineral fertilization, phenotypic plasticity, probability of survival functional attributes.

INTRODUÇÃO

O desempenho dos indivíduos expresso pela sobrevivência, crescimento e sucesso reprodutivo é determinado por características morfológicas, fisiológicas e fenológicas, comumente descritas como traços funcionais que são relacionadas à sua capacidade de adquirir, utilizar e conservar recursos (Pywell et al. 2003; Reich et al. 2003; Violle et al. 2007). O tamanho de sementes é considerado como um traço funcional de história de vida (Violle, 2007) e varia muito entre as espécies de plantas (Savadoço et al. 2010), exercendo forte influência na sobrevivência, em especial nas primeiras etapas do desenvolvimento das plantas e conseqüentemente no recrutamento de uma espécie (Milberg et al. 2000; Seiwa 2000; Pearson et al. 2002; Moles e Westoby 2004; Baraloto et al. 2005; Quero et al. 2008; Pereira et al. 2013; Macera et al. *in press*). As espécies que produzem sementes maiores têm maior capacidade de sobreviver, especialmente em condições ambientais desfavoráveis como sombra (Leishman e Westoby 1994b; Turnbull et al. 2012), seca (Larson et al. 2015), herbívoros (Quero et al. 2008) e baixa disponibilidade de nutrientes no solo (Dalling et al. 2011; Sage et al. 2011; Miatto et al. 2016). Em contraste, espécies que produzem sementes menores, sob condições ambientais mais favoráveis, apresentam maior taxa de crescimento em comparação com espécies de sementes maiores (Moles e Westoby 2006; Muller-Landau 2010; Pereira et al. 2013; Larson et al. 2015)

Durante o processo de germinação há uma mudança progressiva na morfologia do indivíduo, que depende em grande parte das reservas estocadas nos cotilédones (Cao et al. 2011). As reservas de nutrientes, lipídios e carboidratos contidas nos cotilédones são convertidas em tecidos e órgãos logo nos primeiros estágios do desenvolvimento das plantas (Hanley 2007; Dalling 2011). Assim, o tamanho da plântula é positivamente relacionado com o tamanho da semente (Leishman et al. 2000; Moles et al. 2004; Seiwa et al. 2007). Órgãos maiores são mais eficientes na aquisição de novos recursos após o declínio das reservas cotiledonares, influenciando conseqüentemente, a sobrevivência das plantas nos primeiros estágios de desenvolvimento (Poorter et al. 2012; Freschet et al. 2013; Jager et al. 2015). Um exemplo disto é a formação de um sistema radicular mais desenvolvido, capaz de obter maior quantidade de água e nutrientes do solo, aumentando assim as chances de superar períodos de estresse (Grassein et al. 2010; Poorte et al. 2012). Além disto, a maior probabilidade de sobrevivência de sementes maiores em comparação a sementes menores é, em grande parte,

atribuída à capacidade de armazenamento de nutrientes, denominado efeito reserva, uma vez que as reservas contidas nos cotilédones poderiam ser usadas para substituir tecidos danificados por herbívora e por outros fatores como vento e fortes chuvas (Westoby et al. 1996; Moles et al. 2004; Green e Juniper 2004). Desta forma o tamanho de sementes produzidas por um indivíduo é um importante traço funcional que de forma direta ou indireta influencia o recrutamento e o desenvolvimento de indivíduos das espécies nos primeiros estágios de vida (Baraloto et al. 2005).

A taxa relativa de crescimento (TRC), tanto da parte aérea como do sistema radicular, representa outro traço funcional, usado frequentemente como indicador-chave para quantificar o desempenho de plantas em determinadas condições ambientais (Violle et al. 2007; Perez-Harguindeguy et al. 2013; Laughlin, 2014), uma vez que fatores ambientais como condições de luminosidade e/ou disponibilidade nutrientes no solo podem limitar o crescimento das plantas (Forde 2002; Fujita et al. 2013; Viani et al. 2014; Bergholz 2015; Miatto, 2016). Esse traço está fortemente relacionado com a capacidade de aquisição de recursos a nível foliar, que é determinada parcialmente pela área foliar específica (AFE) ou área por unidade de massa da folha (Wright et al. 2004; Grassein et al. 2010, Perez-Harguindeguy et al. 2013). Espécies que apresentam altos valores de AFE tem uma maior capacidade fotossintética, absorção de nitrogênio e carbono (Wright et al. 2004). As plantas que crescem em solos férteis, apresentam valores menores de AFE em relação as plantas em ambientes com déficit nutricional (Huante et al. 1995). As espécies com baixas AFE investem mais recursos para gerar maior massa por unidade de área foliar, produzindo folhas mais longevas (Westoby et al. 2000). A AFE normalmente é inversamente correlacionada com o conteúdo de matéria seca foliar (CMSF), - descrito como a quantidade de massa seca de uma folha em relação a sua massa fresca (Cornelissen et al. 2003; Perez-Harguindeguy et al. 2013). As folhas com valores altos de CMSF se caracterizam por ter tecidos densos, mais resistentes a danos externos produzidos pelo vento, herbívora e/ou chuvas (Grassein et al. 2010; Martínez et al. 2013; Jager et al. 2015).

O sistema radicular, considerado como a conexão entre a planta e o solo, possui traços funcionais que são fundamentais na obtenção e aproveitamento de recursos abaixo do solo (Atwater et al. 2014). Estas características são descritas como o comprimento específico da raiz (CER), determinada pela razão entre o comprimento e a massa seca da raiz e a fração da massa da raiz em relação à massa seca da parte aérea (FME) (Cornelissen et al. 2003). O desenvolvimento do sistema radicular tanto em massa como em arquitetura pode estar

fortemente relacionado com a aquisição de recursos abaixo do solo e pode variar em função da disponibilidade de nutrientes no solo (Padilla et al. 2007; Poorter et al. 2012; Loiola et al. 2015).

Os traços funcionais podem ser correlacionados entre si e variarem fortemente entre espécies ou dentro da mesma espécie, podendo explicar e mesmo prever a probabilidade de estabelecimento e crescimento em um mesmo ambiente (Huante et al. 1995; Foroughbakhch et al. 2006; Albert et al. 2011; Sandel et al. 2011; Martínez et al. 2013; Larson et al. 2015). A variação entre indivíduos da mesma espécie ou plasticidade fenotípica é definida como a mudança nos atributos fisiológicos e morfológicos manifestado por um indivíduo em resposta às variações das condições ambientais (Bradshaw 2000; Dewitt and Scheiner 2004; Violle et al. 2007; Berg et al. 2010; Vitasse 2010; Gratani 2014), aumentando as chances de sobrevivência, e conseqüentemente ampliando a sua distribuição geográfica (Price et al. 2003; Albert et al. 2011). Estas variações são normalmente documentadas como respostas entre espécies às condições ambientais limitantes (Baraloto et al. 2005; Chaturvedi et al. 2014; Jager et al. 2015). No entanto, o conhecimento da variação dos traços funcionais dentro de uma mesma espécie ainda é escasso, uma vez que a maioria dos estudos sobre traços funcionais utilizam os valores médios de diferentes espécies que crescem em diferentes condições de ambientais.

Um importante filtro ambiental representado pelas condições nutricionais do solo pode influenciar fortemente a comunidade vegetal e determinar a variação intraespecífica de traços funcionais (Silvester 2000; Cleveland et al. 2011; Fujita et al. 2013; Kichenin et al. 2013; Andrade et al. 2014; Viani et al. 2014). O solo é considerado um meio natural composto por minerais, água, ar e organismos vivos em constante interação (Miller Junior 2007). A relação entre a vegetação e a composição do solo baseia-se em uma ciclagem constante de nutrientes originados da decomposição de restos animais e vegetais que são incorporados pelas raízes e reabsorvidos pelas plantas (Amorim e Batalha 2006). Alguns autores mostraram que existe uma relação entre a disponibilidade de nutrientes do solo, o crescimento das plantas e os traços funcionais (Huante 1995; Lü et al. 2012; Liu et al. 2012). Negreiros et al. (2009) avaliaram o crescimento e a sobrevivência de quatro espécies de arbusto da família Fabaceae, durante 12 meses usando substrato com e sem adição de NPK e sugeriu que a deficiência nutricional no solo pode favorecer algumas espécies que são plásticas em relação a espécies com menor plasticidade, apesar das baixas taxas de crescimento em solos inférteis. Jager et al. (2015), avaliaram a resposta de 13 traços foliares e de arquitetura de 30 espécies arbóreas sob

diferentes gradientes de fertilidade de solo em uma floresta tropical. Seus resultados mostraram que as espécies crescendo em solos de baixa fertilidade (baixo conteúdo de Nitrogênio e Potássio) apresentaram valores mais baixos de área foliar específica (AFE) e valores mais altos de conteúdo de matéria seca foliar (CMSF). No entanto, todos estes estudos avaliam o efeito da fertilidade do solo baseando-se apenas nos níveis de macronutrientes minerais, que fazem parte da composição, mas são incorporados também pela matéria orgânica.

A matéria orgânica promove a estabilidade de agregados, aumentando a resistência à erosão, a porosidade, a capacidade de retenção e de infiltração de água, levando à diminuição da compactação e facilitando assim a penetração do sistema radicular (Paul 2014). Além disto, a matéria orgânica favorece a disponibilidade de micro e macro nutrientes no solo e sua taxa de absorção pelo sistema radicular das plantas (Kononova 2013), uma vez que aumenta a capacidade de troca catiônica e de nitrogênio além de reduzir o teor de alumínio o que influencia nos níveis de pH (Cyle et al. 2016). Em decorrência disso, as espécies com maior plasticidade fenotípica crescendo em solos de estrutura favorável e de alta disponibilidade de nutrientes no solo devem conseguir alcançar maiores taxas de crescimento (Nicotra 2010).

A introdução de novos sistemas de produção agrícola e o desenvolvimento de atividades humanas tem causado a degradação dos solos alterando suas propriedades biológicas, físicas e químicas (Hooper et al. 2002; Gunaratne et al. 2011). Os solos degradados perdem fertilidade convertendo-se em uma matriz com menor quantidade de nutrientes minerais, mas principalmente com baixos teores de matéria orgânica (Longo et al. 2011). Apesar da importância da avaliação das condições edáficas para o estabelecimento de plantas, as práticas de recuperação de áreas degradadas muitas vezes consideram de forma isolada as características da vegetação e as condições do solo, o que leva com frequência ao fracasso das práticas de reflorestamento (Khurana et al. 2001). Desta forma, a compreensão das relações entre a probabilidade de estabelecimento, traços funcionais e as condições do solo pode fornecer informações importantes para orientar a escolha de espécies que se adaptem melhor às condições ambientais de áreas degradadas e/ou tratamento de solo pré-plantio, aumentando as chances de sucesso das atividades de restauração.

No Brasil, estudos recentes vêm sendo desenvolvidos para avaliar o sucesso da restauração de florestas (por exemplo, Costa et al. 2010; Suganuma et al. 2014; Suganuma e Durigan 2015), mas não avaliam a probabilidade de estabelecimento das espécies introduzidas e principalmente as variações de traços funcionais em áreas sob diferentes tipos de manejo

prévio do solo (Nunes e Pinto 2012; Suganuma e Torezan 2013; Vilas et al. 2014). Assim, há grandes lacunas na compreensão de como o tipo de manejo do solo pode influenciar a sobrevivência das plantas e como os traços funcionais das plantas respondem a estes diferentes tipos de manejo e, portanto, a diferentes condições do solo.

Neste estudo nós exploramos experimentalmente a sobrevivência e as respostas fisiológicas e morfológicas de onze espécies tropicais de floresta ripária de diferentes massas de semente em função de diferentes condições do solo. Primeiramente nós avaliamos a hipótese de que o tipo de tratamento pré-plantio do solo, com adição de macronutrientes minerais (NPK) versus adição de matéria orgânica, altera as suas propriedades químicas. A adição de matéria orgânica ao solo conserva melhor as suas propriedades químicas ao longo do tempo, em comparação com o tratamento com adição de macronutrientes minerais (NPK). Além disto, com o objetivo de ter uma referência da qualidade do solo comparamos os atributos químicos dos tratamentos com solos de referência coletados em florestas preservadas e degradadas em locais de ocorrência das espécies usadas no experimento. Em seguida, nós relacionamos a probabilidade de sobrevivência das espécies à massa da semente sob diferentes tratamentos de solo. Nós esperávamos que as espécies com maior massa de semente teriam maiores probabilidades de sobrevivência, mas que a intensidade do efeito da massa da semente diminuísse com o aumento da fertilidade do solo. Nós avaliamos ainda a hipótese que as condições do solo influenciam os atributos de CER, FMR, AFE, AF, CMSF e TCA das espécies. Plantas em condições de baixa disponibilidade de nutrientes teriam maiores valores de FMR, CER e AFE e em condições de alta disponibilidade de nutrientes teriam maiores valores de AF, CMSF e TCA. Finalmente nós levantamos a hipótese que a plasticidade dos traços seria maior nas espécies com menor massa de semente, baseado na associação entre as reservas de nutrientes nos cotilédones e a disponibilidade de nutrientes no solo. Nós avaliamos estas hipóteses através do registro da sobrevivência e dos atributos funcionais de CER, FMR, AFE, AF, CMSF e TCA das espécies em cada um de quatro tratamentos que combinaram adição de matéria orgânica e nutriente minerais no solo.

METODOLOGIA

Seleção de espécies

Nós utilizamos onze espécies arbóreas (Tabela 1) com ampla distribuição geográfica e grande adaptação a diferentes condições ambientais, além de constarem na “Lista de espécies indicadas para restauração ecológica para diversas regiões do Estado de São Paulo” (Barbosa et al. 2015). A massa das sementes (MS), foi obtida partir da média da massa de 50 sementes escolhidas ao acaso do mesmo lote usado no experimento em balança de precisão de 0,0001g. As espécies selecionadas formaram um gradiente de massa de semente que variou entre 0,43 até 5636,48 mg (Tabela 1).

Tabela 1. Relação das espécies selecionadas, família, nome da espécie, código, Ordenação pela massa da semente, tipo de folhas, massa fresca das sementes, porcentagem de germinação detectado neste estudo, tipo de superação de dormência (quando em branco indica que não foi feito procedimentos de superação de dormência) e o habitat onde comumente ocorrem.

| Família | Espécie | Nome popular | Código | Ordenação pela massa da semente | Folhas | Massa fresca (mg) | Porcentagem de germinação | Procedimento de superação de dormência | Fitofisionomias de ocorrência |
|-----------------------------|-------------------------------|----------------|--------|---------------------------------|------------------------|-------------------|---------------------------|--|--|
| Cecropiaceae | <i>Cecropia pachystachya</i> | Embaúba-branca | Emb | 1 | Compostas, palmadas | 0,43 | 46% | - | Floresta riparia; Restinga; Floresta Ombrófila Densa; Floresta Estacional Semidecidual; Mata Paludosa; Cerrado. |
| Sterculiaceae | <i>Guazuma ulmifolia</i> | Mutambo | Mut | 2 | Simple | 7,75 | 47% | Imersão em água Temperatura ambiente -24 horas | Floresta riparia; Floresta Ombrófila Densa; Floresta Estacional Semidecidual, Cerrado |
| Rhamnaceae | <i>Colubrina glandulosa</i> | Sobrasil | Sob | 3 | Simple | 15,34 | 26% | Imersão em água - 90°C - 5min | Floresta riparia Floresta Ombrófila Densa; Floresta Estacional Semidecidual. |
| Leguminosae-Caesalpinoideae | <i>Peltophorum dubium</i> | Canafístula | Can | 4 | Compostas, bipinadas | 54,69 | 56% | Escarificação Mecânica (Alicate) | Floresta riparia; Floresta Ombrófila Densa; Floresta Estacional Semidecidual; Floresta Estacional Decidual; Cerrado |
| Leguminosae-Mimosoideae | <i>Albizia polycephala</i> | Angico-branco | Ang | 5 | Compostas, bipinadas | 100,45 | 89% | - | Floresta riparia Floresta Ombrófila Densa; Floresta Estacional Semidecidual. |
| Bombacácea | <i>Ceiba speciosa</i> | Paineira Rosa | Pai | 6 | Compostas, palmadas | 100,92 | 92% | - | Floresta riparia; Floresta Ombrófila Densa; Floresta Estacional Semidecidual; Mata Paludosa; Floresta Estacional Decidual. |
| Leguminosae-Caesalpinoideae | <i>Copaifera langsdorffii</i> | Copaíba | Cop | 7 | Compostas, paripinadas | 301,44 | 83% | Escarificação Mecânica (Esmeril) | Floresta riparia; Floresta Ombrófila Densa; Floresta Estacional Semidecidual; Floresta Paludosa; Floresta Estacional Decidual; Cerrado |
| Leguminosae-Caesalpinoideae | <i>Bauhinia variegata</i> | Pata de vaca | Pat | 8 | Simple, bifolioladas | 345,73 | 70% | Escarificação Mecânica (Alicate) | Floresta riparia; Floresta Ombrófila Densa; Floresta Estacional Semidecidual |
| Leguminosae-Mimosoideae | <i>Enterolobium timbouva</i> | Timbuava | Touva | 9 | Compostas, bipinada | 735,93 | 61% | Escarificação Mecânica (Esmeril) | Floresta riparia; Floresta Ombrófila Densa; Floresta Estacional Semidecidual. |
| Leguminosae-Caesalpinoideae | <i>Schizolobium parahyba</i> | Guapuruvu | Gua | 10 | Compostas, bipinada | 1739,35 | 60% | Escarificação Mecânica (Esmeril) | Floresta riparia; Restinga; Floresta Ombrófila Densa; Floresta Estacional Semidecidual; |
| Leguminosae-Caesalpinoideae | <i>Hymenaea courbaril</i> | Jatobá | Gua | 11 | Compostas, bifoliadas | 5636,48 | 81% | Escarificação Mecânica (Esmeril) | Floresta riparia; Floresta Ombrófila Densa; Floresta Estacional Semidecidual. |

Delimitação experimental e coleta de dados

O experimento foi conduzido no viveiro do Departamento de Ciências Ambientais da Universidade Federal de São Carlos, campus São Carlos. Para avaliar as hipóteses propostas foram utilizados quatro tratamentos (utilizando-se sacos plásticos de polietileno preto, de 35 cm de altura por 25 cm de largura e espessura de 0,015 mm com capacidade de 6 litros correspondentes a 6 kg de solo) 1) Controle (CT) = solo de aterro; 2) Químico (QU) = solo de aterro (6 kg) + Osmocote® Classic- 14- 14- 14 (0,005 kg/6 kg de solo); 3) Orgânico (OR) = solo de aterro (4l) + esterco bovino curtido (2l); 4) Orgânico-Químico (OQ) = solo de aterro (4l) + esterco bovino curtido (2l) + Osmocote® Classic- 14-14-14 (0,005 kg/6 kg de solo). Amostras compostas de solo foram retiradas de pelo menos cinco sacos para ter assim uma mistura homogênea e representativa de cada tratamento. A primeira amostragem (CT1, QU1, OR1 e OQ1) foi feita dois meses após a semeadura e uma segunda amostragem (CT2, QU2, OR2 e OQ2), usando o mesmo procedimento, foi feita sete meses após da semeadura para avaliar possíveis alterações nos parâmetros químicos do solo ao longo do tempo. A evolução dos atributos químicos do solo da primeira amostragem foi comparada com solos coletados cinco meses após a primeira coleta para avaliar se a adição de matéria orgânica diminui a perda de nutrientes minerais ao longo do tempo.

As análises químicas do solo dos quatro tratamentos e das áreas de referência foram processadas no Laboratório de Ciências do Solo da Universidade de São Paulo seguindo o protocolo estabelecido (Raij et al. 2001). Os parâmetros químicos incluíram: pH em CaCl_2 , teor de acidez potencial (H+Al), teores de matéria orgânica (M.O.), Nitrogênio (N), Fósforo assimilável (P- resina), Potássio (K), capacidade de troca catiônica (CTC)(Apêndice 1).

Com o objetivo de ter uma referência da qualidade de solo usado no experimento em relação ao solo de formações florestais em que ocorrem estas espécies, os atributos químicos foram comparados com amostras de solo de floresta ciliar preservada e degradada obtidas no campus da Universidade Federal de São Carlos, entre as coordenadas 21°58'22,0'' de latitude Sul e 47°51'47,52'' de longitude Oeste, na região central do estado de São Paulo, Brasil (duas áreas – floresta ciliar preservada e floresta ciliar degradada) e no Sítio Dois Irmãos localizada a 7.7 km de distância da primeira área (três áreas - floresta ciliar preservada, floresta ciliar degradada e uma área de pasto). Os solos destas áreas são classificados como Latossolo Vermelho-Amarelo, Terra Roxa Estruturada, Latossolo Roxo e Latossolo Vermelho-Escuro com textura média 15 a 34% de argila (Calderano-Filho *et al.*, 1998). Todas as amostras compostas do solo foram obtidas na profundidade de 0 a 20 cm.

Para a avaliação da emergência e a sobrevivência das espécies foram dispostas espaçadamente no centro de cada saco de duas a dez sementes de cada espécie conforme a sua respectiva porcentagem de germinação (Figura 1, apêndice 2), para assegurar a emergência de pelo menos um indivíduo por saco. Oito das 11 espécies tiveram a dormência de sementes superada, seguindo os procedimentos indicados na literatura (Fowler e Bianchetti 2000; Floriano et al. 2004) (Tabela 1). As plantas foram dispostas no viveiro sob as mesmas condições para todas as espécies e tratamentos a 20% de sombreamento e irrigadas por micro-aspersão por 5 minutos, quatro vezes ao dia.



Figura 1: Imagem dos sacos com os substratos utilizados em cada tratamento e distribuição das sementes.

A altura da parte aérea foi medida com uma régua, do solo até o ápice do ramo primário após a emergência de cada planta e após quatro meses (Figura 2). Uma vez que os indivíduos emergiram em diferentes momentos, as datas de registro da altura inicial e final diferiram entre indivíduos. Os demais traços funcionais foram medidos na mesma data da altura final. Para todos os traços funcionais considerou-se a média dos atributos de cinco indivíduos de cada espécie por tratamento. As plantas foram retiradas cuidadosamente dos sacos para não romper a raiz principal e não perder raízes secundárias, as quais foram separadas do solo (figura 3a), em seguida a parte radicular foi lavada para remover o excesso de solo (Figura 3b) e posteriormente, as partes aéreas foram separadas das partes radiculares e pesadas separadamente para obtenção da massa fresca e medição do comprimento da raiz principal (Tabela 2). Os atributos dos traços foliares foram obtidos através da seleção de duas folhas completamente expandidas e sem indícios de herbivoria ou patógenos. Registrou-se a

massa fresca das folhas e posteriormente as folhas foram fotografadas (Figura 4, Tabela 2) e sua área (AF) foi estimada através do software ImageJ. As partes radiculares, as folhas fotografadas e as demais partes aéreas foram embaladas separadamente em sacos de papel e secas na estufa (80°C) por três dias (tempo de estabilização da massa). Após três dias foram pesadas (massa seca) em uma balança de precisão de 0.0001 g.

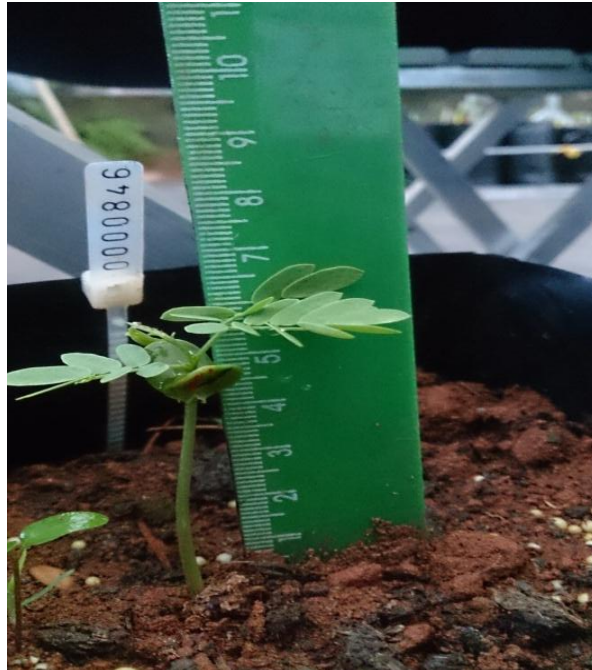


Figura 2: Medição de altura de Angico branco (*Albizia polycephala*)

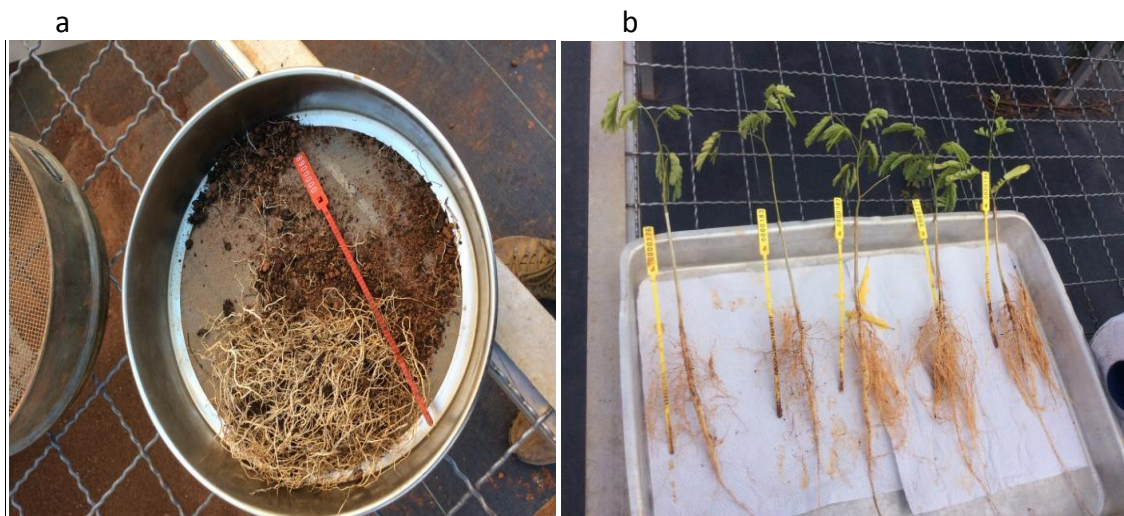


Figura 3: Processo limpeza do sistema radicular para medição e pesagem: a) separação das raízes secundária do solo. b) lavagem do sistema radicular para remover o excesso do solo.

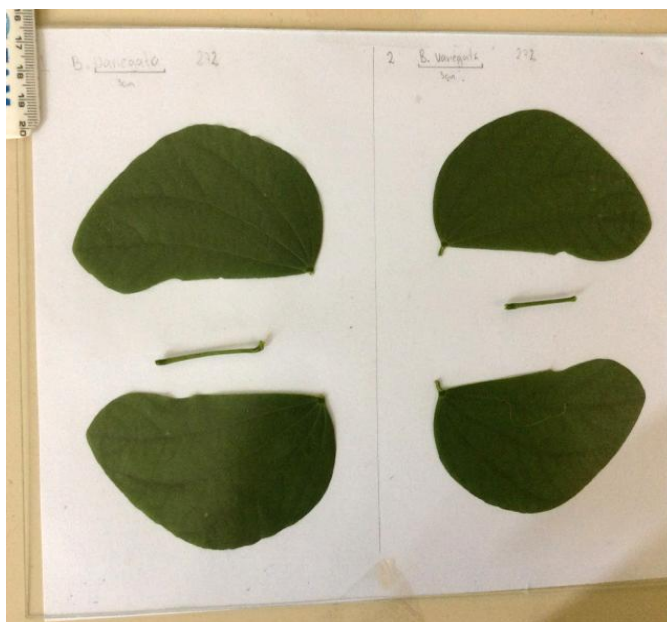


Figura 4: Medição da área da folia Pata de vaca (*Bauhinia variegata*)

Tabela 2. Traços funcionais medidas nas plantas, as siglas e as Fórmulas do cálculo dos atributos. estes traços são mensurados seguindo protocolos de Huante et al.1995; Cornelissen 2003; Baraloto et al. 2005; Poorter e Garnier 2007; Poorter et al. 2012; Jager et al. 2015 .

| Traço funcional | Sigla | Fórmula |
|--|-------|---|
| Folha | | |
| Área Foliar | AF | Medida direta |
| Área foliar específica (mm ² mg ⁻¹) | AFE | $\frac{\text{Área foliar}}{\text{Massa seca foliar}}$ |
| Conteúdo de matéria seca [Mg (seco) mg (fresco) ⁻¹] | CMSF | $\frac{\text{Massa seca foliar}}{\text{Massa fresca foliar}}$ |
| Arquitetura | | |
| Taxa de crescimento em altura | TCA | $\frac{\ln(\text{Altura final}) - \ln(\text{Altura inicial})}{\text{Intervalo de Tempo}}$ |
| Fração da massa da raiz | FMR | $\frac{\text{Massa seca da raiz}}{\text{Massa seca da parte aérea}}$ |
| Comprimento específico da raiz | CER | $\frac{\text{Comprimento da raiz}}{\text{Massa seca da raiz}}$ |

Análises estatísticas

Para avaliar a relação entre os atributos químicos dos solos e os traços funcionais utilizamos a Análises de Componente Principal (ACP) usando distância euclidiana para construção da matriz triangular. Para os atributos químicos do solo, usamos os valores médios do solo das duas áreas de referência e dos quatro tratamentos do experimento nos dois tempos. Os valores de M.O, K, H+AL, CTC, e N foram transformados em logaritmo para normalização dos dados e homogeneização das variâncias. Para avaliação dos traços funcionais utilizamos as medias de cada traço por espécie em cada tratamento. Os traços AFE, AF e CER foram transformados em logaritmo. A ACP foi conduzida no Systat 13 (Systat 2012).

A influência da massa da semente na probabilidade de sobrevivência em diferentes condições de solo (CT, QU, OR, OQ) foi avaliada através de regressão logística (Jaccard 2001), indicada para avaliar variáveis de respostas binárias (vivo ou morto). As variáveis explanatórias foram massa da semente (contínua) e os tratamentos de manipulação do solo (variáveis categóricas). A razão de chance (Odds Ratio) é um fator multiplicativo que descreve o aumento nas chances de sobrevivência (variável resposta) em função do aumento de uma unidade logarítmica da massa da semente (variável explanatória). Os valores da massa da semente foram transformados em logaritmo para normalização dos dados e homogeneização das variâncias.

Para avaliar o efeito da qualidade do solo nos atributos funcionais das plantas nós conduzimos a Análise de Variância Multivariada Permutacional (PERMANOVA), análogo ao modelo ANOVA, e como as diferenças entre os tratamentos foi significativa usamos o teste “a posteriori” de comparações múltiplas para identificar as diferenças nos quatro tratamentos de solo. O modelo PERMANOVA foi ajustado usando o software PRIMER/PERMANOVA 6.0 (Anderson et al. 2008).

Estimamos o índice de plasticidade fenotípica através do coeficiente de variação dos atributos funcionais das plantas em diferentes tratamentos de solo (Freschet et al. 2013). Para cada espécie o coeficiente de variação foi calculado a partir da média de cada traço por tratamento. Conduzimos uma ACP para reduzir as variáveis plasticidade fenotípica correspondentes aos seis traços funcionais em dois eixos. O efeito da massa da semente na plasticidade fenotípica foi avaliado através de Regressão Linear simples entre cada um dos

dois principais eixos e a massa da semente. Os resíduos foram checados graficamente para detectar possíveis tendências ao longo da estimativa.

RESULTADOS

Solo

A Análise de Componente Principal (ACP) explicou nos três primeiros eixos 84,2% da variação com relação dos atributos químicos do solo dos tratamentos e as áreas de floresta ciliar de referência, sendo que os dois primeiros eixos expressaram 64 % do total da variação. O primeiro eixo do ACP explicou 40 % da variação dos dados e foi positivamente correlacionado com os parâmetros: fósforo (P), potássio (K), e pH (Figura 5). O solo dos tratamentos com adubação orgânica (OR e OQ) nos dois tempos ficaram próximos ao eixo 1 com maiores valores de pH, e maiores quantidades de P, K e matéria orgânica (M.O). Por outro lado, o tratamento QU e CT nos dois tempos e as áreas de referência FC (UFSCar), FCD (UFSCar) FC (DI), FR (DI), e Pasto (DI) alcançaram escores mais baixos com relação a este eixo (Figura 5).

O segundo eixo explicou 24 % da variação e foi mais correlacionado com a acidez potencial (H+Al) e CTC, e negativamente com o Nitrogênio (N) (Figura 5). O teor de MO foi correlacionado com os dois primeiros eixos. As áreas de floresta ciliar preservada FC (DI), floresta restaurada FR (DI) e área de Pasto (DI) tiveram maiores quantidades de H+Al e CTC enquanto que nos tratamentos CT e QU no tempo 1 alcançaram menores escores com relação a este eixo, maiores quantidades de N e menor CTC (Figura 6).

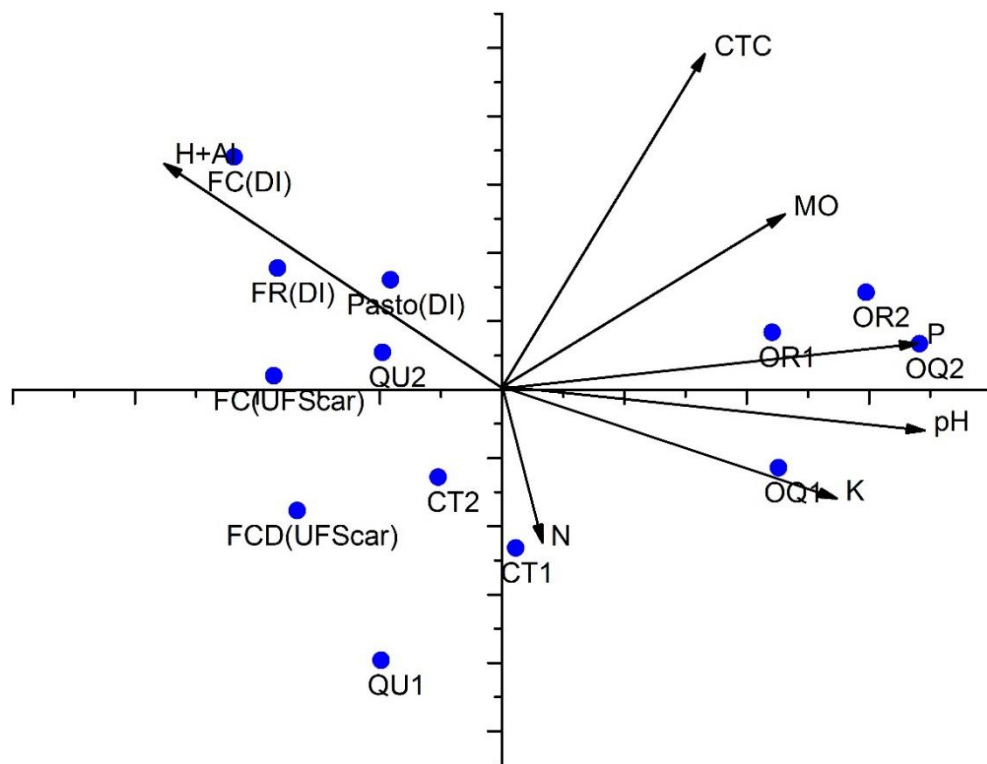


Figura 5: Resultados da Análise de Componente Principal dos atributos químicos do solo dos tratamentos e áreas de referência. As propriedades químicas dos solos, representados pelos vetores: Matéria orgânica (M.O); Fósforo (P); Potássio (K); Nitrogênio (N); Acidez Potencial (H+Al); Acidez ativa (pH); Capacidade de troca catiônica (CTC). Os tratamentos (Pontos) Controle no tempo 1 (CT1); Controle no tempo 2 (CT2); Químico no tempo 1 (QU1); Químico no tempo 2 (QU2); Orgânico no tempo 2 (OR2); Orgânico no tempo 2 (OR2); Orgânico químico no tempo 1 (OQ1); Orgânico químico no tempo 2 (OQ2); e as áreas de referência: Solos da floresta ciliar da Universidade Federal de São Carlos FC(UFSCAR), solo da floresta ciliar degradada da Universidade Federal de São Carlos profundidade 0 a 20 cm FCD(UFScar), Solos de floresta ciliar do sítio Dois Irmãos FC(DI), Solos de floresta reflorestada sítio Dois Irmãos FR(DI) e solo do pasto do Sítio Dois Irmãos Pasto (DI)

Sobrevivência

Um total de 467 indivíduos sobreviveram os primeiros quatro meses das 528 unidades experimentais (sacos). As espécies com maior massa de semente, *E. timbouva* (0,830), *H. courbaril* (0,855) e *C. langsdorffii* (0,867) foram as que alcançaram as maiores taxas de sobrevivência e as espécies *C. pachystachya* (0,336), *S. parahyba* (0,673) e *A. polycephala* (0,690) que tiveram uma menor sobrevivência. A Análise de Regressão Logística mostrou uma relação positiva entre a probabilidade de sobrevivência e a massa da semente das plantas nos tratamentos CT ($\chi^2 = 26,92$, Razão de Chance = 1,707, $p < 0,001$), indicando que as chances dos indivíduos estarem vivos aumentou em 1,707 a cada aumento de uma unidade logarítmica da massa da semente. Esta relação também foi significativa o tratamento QU ($\chi^2 = 34,91$, Razão de Chance = 1,836, $p < 0,001$) e no tratamento OR ($\chi^2 = 16,63$, Razão

de Chance = 1,575, $p < 0,001$). Nós não detectamos esta relação no tratamento OQ ($\chi^2 = 1,42$, $p = 0,233$) (Figura 6).

As relações entre sobrevivência e tamanho de semente não diferiram entre os tratamentos CT e QU (Interação entre as curvas: $E = 0,073$, $P = 0,629$ e Intercepto $E = 0,080$, $P = 0,765$), mostrando que a probabilidade de sobrevivência foi relacionada apenas com o tamanho da semente independentemente da adição de NPK. Entre os tratamentos CT e OR, a interação não foi significativa (Interação entre as curvas: $E = -0,081$, $P = 0,604$), mas a probabilidade de sobrevivência foi maior no tratamento OR em relação ao CT (Intercepto $E = 0,567$, $P = 0,038$) independentemente do tamanho da semente (figura 6). De maneira similar a relação entre a probabilidade de sobrevivência e a massa da semente não diferiu entre os tratamentos QU e OR (Interação entre as curvas: $E = -0,154$, $P = 0,327$), mas a probabilidade de sobrevivência no tratamento OR foi também maior do que no tratamento QU (Intercepto = $0,646$, $P = 0,017$) (Figura 6).

As espécies com semente de maior massa: Pata de vaca (*B. variegata*), Timbuava (*E. timbouva*), Guapuruvu (*S. parahyba*), Jatobá (*H. courbaril*) e Copaíba (*C. langsdorffii*), mostraram uma sobrevivência acima de 70% nos tratamentos CT e QU, e no tratamento OR a sobrevivência foi acima de 85 %. Por outro lado espécies com massa de semente menor como Embaúba-branca (*C. pachystachya*), Mutambo (*G. ulmifolia*), Sobrasil (*C. glandulosa*), Canafístula (*P. dubium*) e Angico-branco (*A. polycephala*) apresentaram uma sobrevivência abaixo de 60 % nos tratamentos CT e QU e no tratamento OR a sobrevivência ficou acima de 75 % (Figura 6).

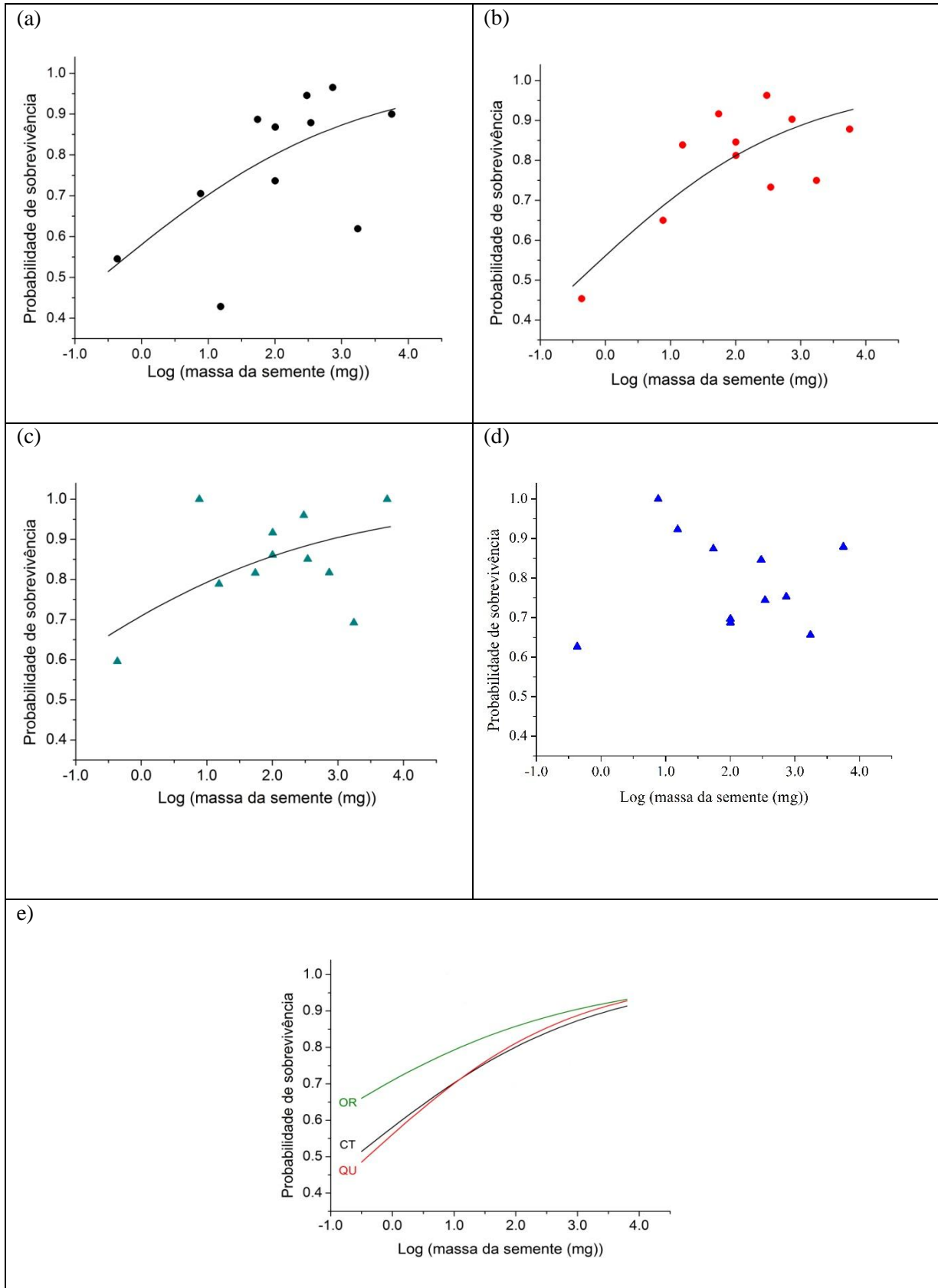


Figura 6: Relação entre a sobrevivência e a massa da semente nos tratamentos: a) CT (controle) b) QU (adição de NPK), c) OR (adição de adubo orgânico), d) OQ (adição de NPK e adubo orgânico) e e) Relação de sobrevivência e massa dasemente dos tratamentos CT, QU e OR juntos.

Traços funcionais

A Análise de Componente Principal (ACP) explicou 90.1 % da variação nos três primeiros eixos dos traços funcionais das espécies sob diferentes tratamentos de solo, sendo que os dois primeiros eixos representaram 77.4 % do total da variação. O eixo 1 explicou 52.2% e o segundo eixo explicou 25,2 % da variação total. A área foliar específica (AFE) foi altamente correlacionada com FMR e ambos juntamente com CER foram negativamente correlacionados com o primeiro eixo (Figura 7). Por outro lado, AF e TCA foram positivamente correlacionados com o eixo 1. Apenas CMSF foi positivamente correlacionado com eixo 2.

A análises par-a-par a *posteriori* (PERMANOVA) mostrou diferenças significativas entre os traços funcionais das plantas sob diferentes tratamentos de solo ($Pseudo F = 10.592$, $p < 0.001$), exceto entre os tratamentos OQ e OR que não diferiram entre si (Tabela 3). Os traços funcionais das espécies no tratamento CT apresentaram uma distribuição mais dispersa com maiores valores de AFE, FMR e CER (Figura 7a). Por outro lado, as espécies *G. ulmifolia* (2), *C. langsdorffii*, *B* (7), *B.variegata* (8) e *H.courbaril* (11) apresentaram maiores valores de CMSF que foi correlacionado com o segundo eixo. No tratamento QU, as espécies apresentaram uma distribuição intermediária em relação aos traços funcionais. As espécies *C. glandulosa* (3), *P. dubium* (4), *A. polycephala* (5), *B. variegata* (8) e *E. timbouva* (11) mostraram maiores valores de AFE FMR e CER, enquanto que as espécies *C. pachystachya* (1), *G. ulmifolia* (2), *C. speciosa* (6) e *S. parahyba* (10) foram associadas com os traços de AF e TCA. Os traços funcionais das espécies dos tratamentos OR (Figura 7c) e OQ não diferiram entre estes dois tratamentos (Figura 7d) e foram associados a maiores níveis de AF e TCA. Em todos os tratamentos *C. langsdorffii* (7) e *H. courbaril* (11) foram as espécies que alcançaram maiores valores de CMSF.

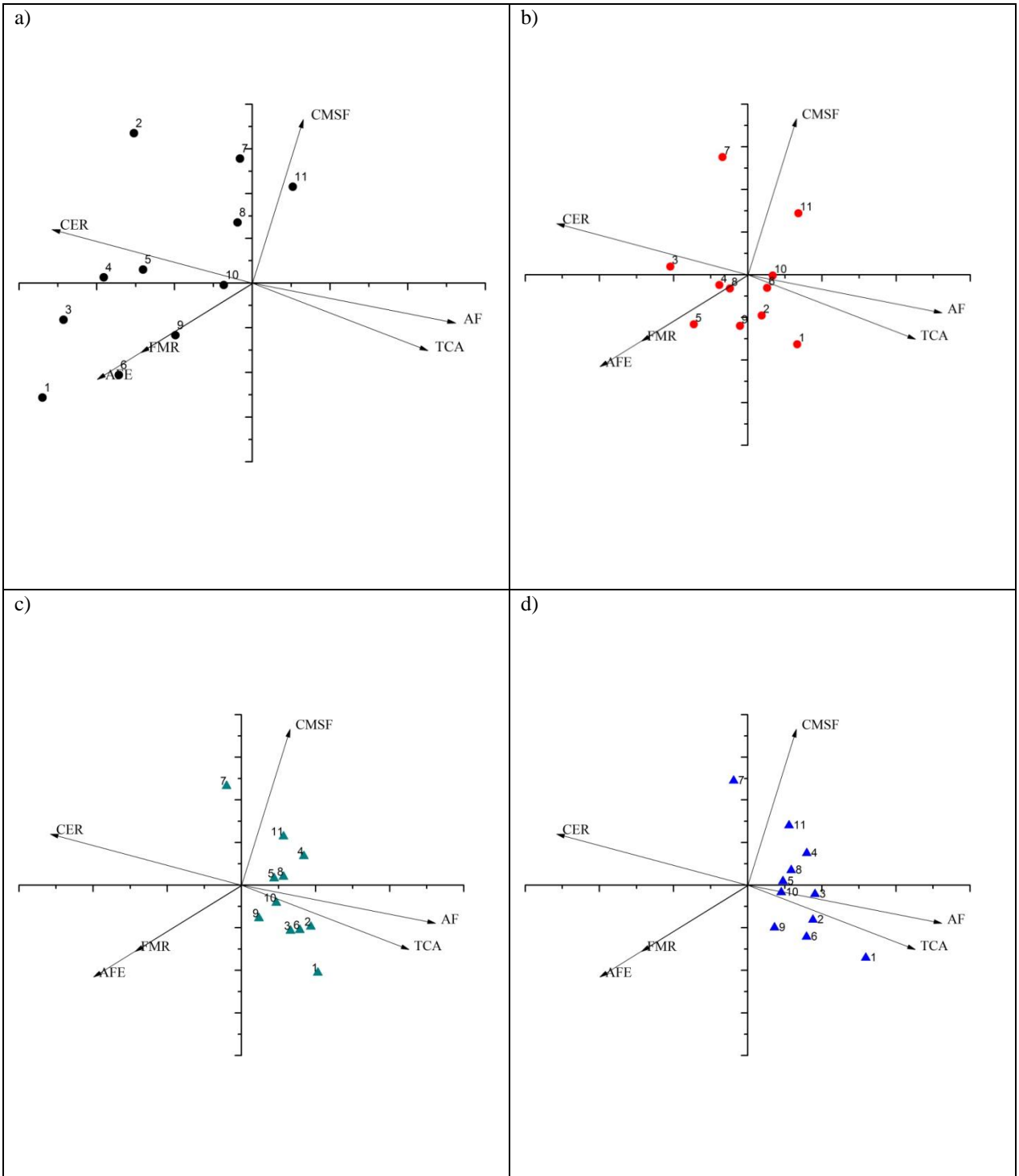


Figura7: Resultados da Análise de Correspondência. As setas representam os traços funcionais: conteúdo de matéria seca da foliar (CMSF), área da foliar (AF), taxa de crescimento em altura (TCA), fração de massa seca da raiz (FMR), área foliar específica (AFE), crescimento específico em raiz (CER), nos diferentes tratamentos de solo, (8a) Controle, (8b) Químico, (8c) Orgânica, (8d) Orgânico-Químico. As espécies estão representadas pelos números de maior a menor massa de semente como na Tabela 1.

Tabela 3. Resultados de testes de comparações múltiplas, PERMANOVA; entre os tratamentos.

| Grupo | t | P (perm) |
|----------|---------|----------|
| CT vs OQ | 4.5128 | 0.0001 |
| CT vs OR | 4.6604 | 0.0001 |
| CT vs QU | 2.5436 | 0.0036 |
| OQ vs OR | 0.13527 | 0.9958 |
| OQ vs QU | 2.4324 | 0.0048 |
| OR vs QU | 2.4799 | 0.0044 |
| CT vs OQ | 4.5128 | 0.0001 |

Plasticidade fenotípica

A Análise de Componente Principal (ACP) explicou 78,74% da variação da plasticidade fenotípica em relação à massa de semente. O primeiro eixo da ACP explicou 59,50% do total da variação tendo uma forte correlação positiva com os traços de AF, AFE, CMSF, TCA e CER (Tabela 4) sendo que os atributos de AF, TCA, FMR e CER variaram mais entre os tratamentos do que CMSF e AFE. *Cecropia pachystachya*, *G. ulmifolia*, *C. glandulosa* e *P. dubium* foram espécies de maior plasticidade fenotípica, com maiores coeficientes de variação (Tabela 4), e as espécies, *C. langsdorffii*, *B. variegata*, *E. timbouva*, *S. parahyba* e *H. courbaril* apresentaram menor variação intraespecífica em relação a estes traços. O segundo eixo explicou apenas 19,24 % da variação e foi fortemente correlacionado com FMR, as espécies mais plásticas em relação a este traço foram *C. glandulosa*, *A. polycephala*, *C. speciosa* e *S. parahyba* (Tabela 4).

Tabela 4. Índice de plasticidade fenotípica dos traços funcionais das plantas medidos após quatro meses em diferentes tratamentos do solo.

| Espécie | TCA | AF | AFE | CMSF | FMR | CER |
|-------------------------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|
| <i>C. pachystachya,</i> | 0.45 | 0.60 | 0.16 | 0.35 | 0.52 | 1.22 |
| <i>G. ulmifolia</i> | 0.59 | 0.60 | 0.01 | 0.26 | 0.25 | 1.03 |
| <i>C. glandulosa</i> | 0.73 | 0.76 | 0.08 | 0.06 | 0.65 | 0.67 |
| <i>P. dubium</i> | 0.61 | 0.65 | 0.04 | 0.30 | 0.33 | 0.60 |
| <i>A. polycephala</i> | 0.45 | 0.46 | 0.02 | 0.12 | 0.71 | 0.35 |
| <i>C. speciosa</i> | 0.45 | 0.34 | 0.06 | 0.17 | 0.80 | 0.91 |
| <i>C. langsdorffii</i> | 0.26 | 0.06 | 0.01 | 0.06 | 0.15 | 0.09 |
| <i>B. variegata</i> | 0.30 | 0.13 | 0.01 | 0.08 | 0.61 | 0.27 |
| <i>E. timbouva</i> | 0.36 | 0.19 | 0.02 | 0.04 | 0.51 | 0.32 |
| <i>S. parahyba</i> | 0.22 | 0.19 | 0.02 | 0.04 | 0.68 | 0.19 |
| <i>H.courbaril</i> | 0.07 | 0.08 | 0.03 | 0.07 | 0.47 | 0.13 |
| ACP - Eixo 1 | 0,807 | 0,912 | 0,734 | 0,83 | 0,026 | 0,927 |
| ACP – Eixo 2 | 0,000 | 0,023 | 0,286 | -0,334 | 0,98 | 0,022 |

O primeiro eixo da ACP foi fortemente relacionado com a massa da semente (Figura 8), mas a massa da semente não influenciou a variação intraespecífica com relação ao segundo eixo da ACP ($p = 0,792$, $R^2 = -0.10$).

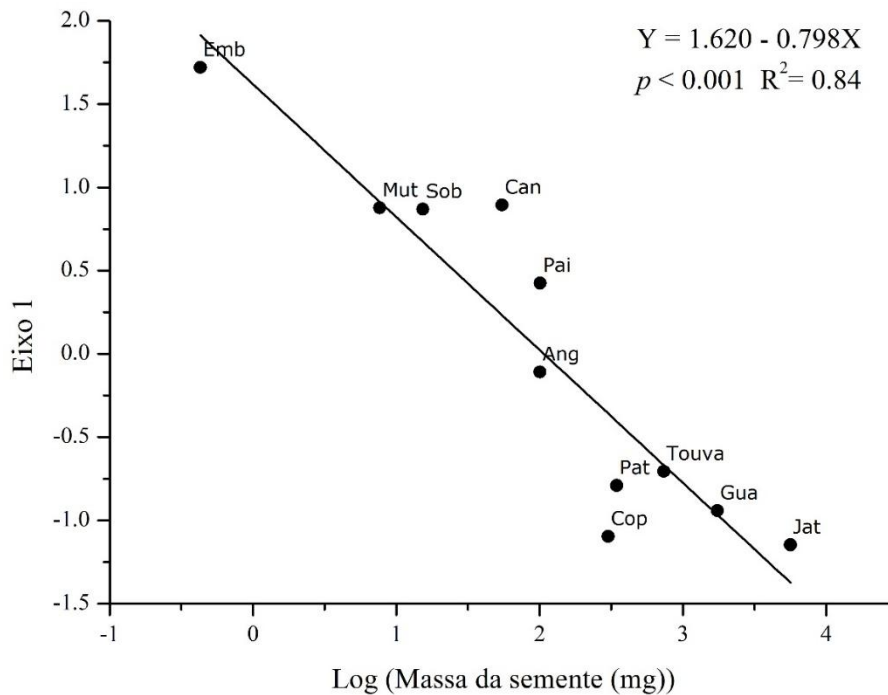


Figura 8: Relação entre o primeiro eixo da ACP e a massa da semente. As espécies estão representadas pelos códigos como na Tabela 1.

DISCUSSÃO

Solo

Os maiores níveis de capacidade de troca catiônica (CTC), pH e disponibilidade de nutrientes (N-P-K) no solo dos tratamentos que receberam adição de matéria orgânica (OR e OQ) eram esperados, uma vez que a matéria orgânica age como modificador dos atributos biológicos, físicos e químicos do solo (Schmidt et al. 2011). Os processos de decomposição da matéria orgânica e mineralização de nutrientes estão diretamente relacionados com a atividade dos micro-organismos aumentando assim a disponibilidade de recursos para as plantas (Malavolta et al. 2000; Cyle et al. 2016). Portanto a quantidade de matéria orgânica no solo está intrinsecamente relacionada com a disponibilidade de nutrientes no solo (Singh et al. 2011). O pH é normalmente considerado como um parâmetro indicador de qualidade do solo que influencia diretamente na retenção, liberação de nutrientes e na atividade microbiana (Schoenholtz et al. 2000). Estudos que avaliaram o efeito do pH na decomposição da matéria orgânica e na disponibilidade de nutrientes para as plantas mostraram que a acidez presente

no solo limita a dinâmica de microrganismos e a absorção de nutrientes pelo sistema radicular das plantas (Baath et al. 1995; Karki et al. 2011; Wang et al. 2017). Os solos dos tratamentos OR e OQ apresentaram pH que variaram entre 6,3 e 6,9, considerados níveis moderadamente ácidos a neutros sugerindo uma dinâmica microbiana mais alta que aumenta a CTC e a liberação de nutrientes.

Os tratamentos CT1, CT2, QU1 e QU2 foram caracterizados por apresentarem menores teores de matéria orgânica e conseqüentemente menores valores CTC. Como a CTC é responsável pela liberação de íons de nutrientes do solo (Aprile 2012), baixos níveis de CTC limitam a absorção de nutrientes pelo sistema radicular das plantas (Molloy 2007). Apesar de o tratamento QU ter recebido uma adição de íons de N-P-K, o solo apresentou baixos níveis de CTC e MO, assim como no tratamento CT, sugerindo que nestes dois tratamentos a perda de nutrientes foi alta, pois deve ter havido alta lixiviação destes íons, resultado da baixa presença de matéria orgânica. Desta forma, o uso apenas de fertilizante químicos pode não ser suficiente para melhorar a disponibilidade de nutrientes em solos inférteis, já que quando se adicionou adubação orgânica, os atributos químicos com NPK se mantiveram por mais tempo (Figura 6). Isto influenciou tanto a disponibilidade como a retenção de nutrientes, fornecendo melhores condições de sobrevivência e desenvolvimento das espécies usadas neste estudo.

A clara separação das áreas de referência com relação ao local onde foram amostrados o solo para montagem do experimento mostrou variação nos atributos químicos do solo, mesmo estando relativamente próximas (cerca de 7700m), e com as mesmas características de formação do solo. Dentro de cada um dos locais os atributos químicos apresentaram um padrão similar, em áreas degradadas (FCD (UFSCar)) e pasto (Pasto (DI)) registramos maiores valores de nitrogênio e menores de acidez potencial (H+AL) e CTC do que florestas mais preservadas de cada local. Os maiores valores de nitrogênio observados nas florestas degradadas provavelmente resultam da entrada deste nutriente das áreas agrícolas adjacentes que se localizam normalmente em locais mais altos. As áreas de floresta preservada são caracterizadas por ter um aporte e decomposição constante de matéria orgânica proveniente de queda e decomposição de folhas e animais mortos aumentando a CTC.

Os solo no tempo 1 dos tratamentos controle e químico (CT1 e QU1) apresentaram maiores níveis de nitrogênio quando comparados aos tratamentos OR e OQ, mas no tempo 2 os valores de nitrogênio foram menores nos tratamentos CT2 e QU2, devido aos baixos níveis

de matéria orgânica, já que principais formas de disponibilização do N são produzidas por microrganismos durante a decomposição de matéria orgânica (Figueiredo et al. 2016), além disso estes baixos conteúdos de matéria orgânica diminuem a capacidade de retenção de água e nutrientes, aumentando as taxas de lixiviação (Ryals et al. 2013)

Sobrevivência

Em áreas desmatadas, a degradação do solo consiste na perda de matéria orgânica levando a maior lixiviação de nutrientes, além de serem locais de alta radiação solar, dessecação, competição com espécies ruderais e herbívoria, configurando habitats com múltiplas condições desfavoráveis (Aide 2000; Holl 2000; Hooper et al. 2005; Peterson e Carson, 2008). Müller-Landau (2010) mostrou que as espécies de sementes maiores conseguem suportar melhor o estresse ambiental nas primeiras etapas de estabelecimento, mas em locais de menor estresse ambiental esta vantagem desaparece, favorecendo o desenvolvimento de espécies de semente com menor massa e maior taxa de crescimento inicial. No entanto, nestes ambientes estressantes, vários fatores agem simultaneamente dificultando a quantificação do efeito de cada fator separadamente na sobrevivência e performance das plantas.

Nossos resultados mostraram que a sobrevivência foi influenciada pela qualidade do solo em espécies de diversos tamanhos de sementes, especialmente pela presença de matéria orgânica, uma vez que a sobrevivência foi fortemente relacionada a massa da semente das espécies nos tratamentos CT, QU e OR, mas este efeito não foi detectável no tratamento OQ, onde os níveis de matéria orgânica, fósforo e potássio e o valor de pH eram muito altos durante todo o experimento, mesmo quando comparados com as florestas preservadas usadas como referência (Figura 5 e 6). Assim, nós mostramos pela primeira vez, pelo que sabemos, através de um experimento controlado, que o efeito da massa da semente na sobrevivência inicial das plantas está associado não só à adição de nutrientes - como acontece quando se adiciona apenas compostos químicos minerais - mas também é altamente influenciada pela adição de matéria orgânica, que além de melhorar os atributos químicos do solo, melhora também a sua estrutura, fornecendo condições favoráveis para a sobrevivência e para o desenvolvimento das plantas. Nossos resultados mostraram que a adição de matéria orgânica e de nutrientes minerais fez com que a relação massa de semente-sobrevivência desaparecesse

devido à mais alta performance de espécies de sementes menores nestas condições. Assim, a relação entre a sobrevivência e a massa da semente deve estar associada à disponibilidade de recursos do ambiente. A vantagem do maior tamanho das plântulas geradas por sementes maiores no início do desenvolvimento (Green e Juniper 2004; Baraloto et al. 2005; Hanley et al. 2007; Quero et al. 2008), deve determinar a sua sobrevivência porque plântulas maiores possuem partes aéreas e um sistema radicular mais desenvolvidos quando comparadas a plântulas menores (oriundas de sementes menores) especialmente em solos de baixa disponibilidade de nutrientes.

Florestas mais preservadas tem uma maior quantidade de matéria orgânica (Schmidt et al. 2011; Kononova 2013), e nestes habitats, o efeito do tamanho da semente na sobrevivência inicial das espécies deve estar mais condicionado a outros fatores como herbivoria e disponibilidade de luz (Holl 1999; Nicotra 2010). As espécies usadas neste experimento têm ampla distribuição (Carvalho 2003) e ocorrem em vários tipos de formação florestal (Tabela 1). Em ambientes naturais, a vantagem na sobrevivência de espécies de sementes maiores pode ser compensada pelo maior número de sementes produzidas por espécies de sementes menores. Müller-Landau (2010) propôs um modelo, tolerância-fecundidade onde propõem a existência de um balanço entre número de sementes produzidas e a tolerância ao estresse ambiental, o que permitiria a coexistência de espécies de diferentes tamanhos de sementes numa dada área. Em sítios com menor disponibilidade de nutrientes indivíduos de espécies de sementes maiores teriam mais chances de se estabelecer enquanto que o maior número de sementes produzidas por espécies de sementes menores teriam vantagens em sítios menos estressantes.

Traços

No tratamento controle, sem adição de nutrientes ou matéria orgânica, os valores de AFE foram mais altos do que nos demais tratamentos, sendo que os menores valores foram observados nos tratamentos OR e OQ, enquanto que no tratamento QU, o AFE alcançou níveis intermediários. Este padrão sugere que altos valores de AFE juntamente com maior alocação de recursos para raízes estejam associados a solos inférteis. Em solos mais férteis, nos tratamentos (OR e OQ), as espécies apresentaram folhas de maior área (AF), maiores taxas de crescimento em altura (TCA) e maior quantidade de massa seca foliar (CMSF). Quando os recursos acima do solo são escassos, folhas com maior a área favorecem a

captação de luz, mas não se detecta muita variação na sua massa, resultando em valores mais baixos de AFE (Poorter et al. 2012). Por outro lado, em condições de baixa disponibilidade de nutrientes no solo, as plantas investem mais recursos em raízes do que em folhas levando as folhas a possuírem menores áreas foliares, mas com altos valores de AFE. Isto ocorre porque, apesar da área foliar ser pequena, as folhas são extremamente leves, ou seja, os tecidos são menos densos, resultado do baixo investimento de recursos nas folhas, mas o maior investimento no sistema radicular pode aumentar a taxa de captação de recursos em condições de baixa disponibilidade de nutrientes de solo, aumentando assim as chances de sobrevivência (Huante et al. 1995; Ryser e Eek 2000, Reich 2002; Cornelissen 2003; Pérez-Ramos et al. 2010). Jager (2015) encontrou um padrão similar em 30 espécies arbóreas em um ecossistema de floresta tropical, sob diferentes gradientes de fertilidade de solo. Em locais com baixos níveis de nutrição, ele observou espécies de plantas com altos valores de área foliar específica (AFE) e maior comprimento da raiz (CER).

No tratamento CT, os valores mais altos de FMR e CER, ou seja, raízes mais finas e longas parecem favorecer a aquisição de recursos abaixo do solo, visto raízes maiores e mais alongadas deve favorecer a absorção de nutrientes em camadas mais profundas de solo. Além disto, raízes com altos valores de CER possuem também uma maior quantidade de raízes secundárias finas e superficiais (Lalibert 2015) permitindo a exploração superficial do solo, especialmente do fósforo, que se apresenta mais disponível na camada mais superficial do solo (Fernandes 2006). A tendência no incremento do conteúdo de matéria seca da raiz (FMR) em relação a parte aérea aumenta as chances de estabelecimento das espécies em condições de baixa nutrição (Chen et al. 2010), enquanto que valores mais altos de CER estão associados a maior quantidade de raízes secundárias (Björk 2007).

No extremo oposto, nos tratamentos que receberam matéria orgânica (OR e OQ) o solo tinham grandes quantidades de macronutrientes disponíveis, especialmente fósforo e potássio (Figura 6). Nestes tratamentos, as plantas apresentaram uma alta taxa de crescimento das partes aéreas e folhas maiores, com altos valores de AF e menores valores de AFE, característica associada a maior longevidade da folha, permitindo uma substituição destes órgãos mais espaçada (Huante 1995). Além disto, o maior investimento em folhas leva a formação de folhas de maior área o que é normalmente associado a maiores taxas de crescimento (Larson et al. 2015). Vários estudos têm mostrado que plantas que se desenvolvem em solos com baixa disponibilidade de nutrientes tendem a investir menos recursos nas partes aéreas e mais recursos no sistema radicular como estratégia para aumentar

as chances de sobrevivência (Ordonez et al. 2009; Valverde-Barrantes et al. 2013; Kramer et al. 2016). Prieto et al. (2015); avaliou a variação dos traços funcionais radiculares de diversas espécies presentes em diferentes comunidades ao longo de um gradiente de fertilidade de solo concluindo que os traços funcionais das raízes apresentaram maiores modificações em resposta a solos menos férteis. Essa relação também foi observada por Pérez-Ramos (2012), que mostrou que a limitação de água e nutrientes no solo levou as espécies de crescimento rápido a ter uma combinação de alto AFE e de CER. No entanto, apesar destes estudos mostrarem padrões similares entre si e com os nossos resultados, eles descrevem variações interespecíficas, confundindo os efeitos de fertilidade do solo com variação entre espécies. Neste sentido, as espécies que crescem em solos com baixo conteúdo de nutrientes se caracterizam por ter maior eficiência na absorção de nutrientes do solo (Liu et al. 2012). Nossos resultados mostraram variações interespecíficas, mas também intraespecíficas nos traços funcionais em função do solo.

Plasticidade fenotípica

Diferenças nas estruturas da parte aérea e raiz de plantas são descritas como resultados da baixa disponibilidade de recursos como água, carbono e nutrientes do solo (Reich et al. 2014). Nossos resultados mostraram que diferentes tratamentos do solo influenciaram os atributos funcionais de plantas de todas as espécies. A variação intraespecífica dos atributos funcionais das plantas crescendo sob diferentes tratamentos do solo são, provavelmente, respostas às estratégias de aquisição e de conservação de recursos das espécies vegetais (Pywell et al. 2003; Poorter et al. 2010; Freschet et al. 2013; Jager et al. 2015; Cheng et al. 2016; Kramer et al. 2016), uma vez que o alto requerimento nutricional das plantas no seu desenvolvimento inicial pode alterar atributos funcionais voltados para a aquisição de recursos (Poorter et al. 2012).

A variação intraespecífica dos atributos AF, FMR CER e TCA foi relacionada a qualidade do solo. As plantas que se desenvolveram em solos com baixa disponibilidade de recursos, especialmente no tratamento CT, investiram mais no crescimento abaixo do solo do que nas partes aéreas, apresentando maiores valores de FMR e CER quando comparadas com plantas das mesmas espécies que se desenvolveram nos tratamentos que receberam adição de matéria orgânica (Figura 8). As espécies como em *C. pachystachya*, *G. ulmifolia* e *C.*

speciosa foram capazes de variar em mais de 90% os valores de CER (Tabela 4). Maiores valores de CER indica a geração de raízes com diâmetro menor, com baixa densidade dos tecidos, o que está associado a maiores taxas de aquisição de nutrientes (Ryser e Eek 2000; Reich 2003; Cornelissen et al 2003). Andrade (2014) avaliou a plasticidade fenotípica de 14 espécies em duas áreas florestais restauradas, com práticas de remoção da camada superficial do solo e mostrou que o desempenho na aquisição de recursos dependia das variações morfológicas das raízes e do AFE. Fort et al (2013) também avaliou a relação entre os traços funcionais foliares e radiculares de 11 espécies perenes sob diferentes gradientes de fertilidade do solo, mostrando a existência de uma correlação positiva entre CER e AFE em condições de baixa fertilidade. Assim, as normas de reação destes traços neste experimento foram consistentes com a hipótese de que alocação diferencial de recursos relaciona-se com as condições limitantes de nutrientes no solo, sugerindo que as plantas investem mais em formação de órgãos de captação de nutrientes para aumentar as chances de sobrevivência.

No entanto, as normas de reação destes traços funcionais em função do solo variaram entre espécies de diferentes massas de semente. Nosso estudo quantificou, pela primeira vez até onde sabemos, a relação entre a massa da semente e a plasticidade fenotípica de traços funcionais foliares e de arquitetura, com exceção de FMR que foi altamente correlacionado com o segundo eixo. A plasticidade morfológica, tanto no sistema radicular, como na parte aérea foi maior nas espécies sementes de menor massa, o que sugeriu que os diferentes níveis de nutrição do solo estimularam uma resposta mais intensa nas espécies de menor massa de semente. Assim, as espécies de sementes menores produziram folhas menos densas, de menor área e raízes mais alongadas em condições de baixa disponibilidade de nutrientes quando comparadas com plantas das mesmas espécies que se desenvolveram em solos com alta fertilidade. No entanto, mesmo que o FMR tenha apresentado alta plasticidade não houve uma relação com a massa da semente.

O tamanho da semente está negativamente correlacionado com a taxa de crescimento das plantas e conseqüentemente com a taxa metabólica (Westoby et al.1996; Baraloto et al. 2005; Moles e Westoby 2006; Pereira et al. 2013; Macera et al. *in press*). Espécies com sementes menores apresentam uma área foliar por unidade de massa foliar mais elevada, o que estimula um rápido crescimento de seus órgãos e conseqüentemente uma maior demanda por água, luz e nutrientes do solo (Moles et al. 2004; Quero et al. 2008). Em contraste, as espécies de sementes grandes possuem taxas metabólicas mais baixas, o que diminui a demanda por recursos (Green e Juniper 2004; Baraloto et al. 2005, Moles e Westoby 2006).

Bergholz (2015) avaliou a relação do tamanho da semente e da adição de nutrientes no solo na sobrevivência e no recrutamento de 22 espécies perenes com massa de semente que variava entre 0.04–4.77 mg, e mostrou que sementes maiores possuem uma vantagem de recrutamento e sobrevivência em condições de baixa disponibilidade de nutrientes, mas que em ambientes com melhores condições edáficas esta vantagem desapareceu, favorecendo sementes menores com altas taxas de crescimento. Nosso estudo foi consistente com a hipótese de que a baixa quantidade de reservas contidas nas sementes pequenas, juntamente com as altas taxas de crescimento destas espécies, leva a uma alta dependência da disponibilidade de nutrientes do solo. A relação entre a plasticidade fenotípica dos traços associados ao aumento da captação de recursos com a massa da semente mostra que as espécies de sementes menores são capazes de se ajustar morfológica e fisiologicamente em resposta as condições de nutrição do solo o que deve aumentar as chances de sobrevivência nos primeiros estágios de desenvolvimento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A formação da matéria orgânica no solo em uma determinada área está diretamente relacionada com o tipo de vegetação, com o clima, topografia e com a idade (Fernandes 2006; Kononova 2013; Paul 2014; Lehmann e Kleber 2015). Áreas degradadas perdem matéria orgânica do solo através da atividade microbiana e como a vegetação nativa foi suprimida, a entrada de matéria orgânica no solo é inferior à sua decomposição e consequente perda de nutrientes através da lixiviação (Hooper et al. 2002; Gunaratne et al. 2011; Longo 2011). O uso de adubos orgânicos é de grande interesse durante o processo de recuperação de solo, já que pode favorecer a incorporação de matéria orgânica beneficiando diretamente a estrutura (Reicher et al. 2003), porosidade, infiltração e retenção de água (Zinn et al. 2007; Braida et al. 2011), auxiliar na formação e estabilização dos agregados do solo e no aumento da macro porosidade, reduzindo o escoamento superficial de águas de chuva, facilitando sua infiltração (Kononova 2013), além de facilitar o estabelecimento de microrganismos (Colussi et al. 2011; Paul 2014), e aumentar a disponibilidade de nutrientes minerais. Nesse sentido, o uso de adubos orgânicos pode auxiliar na melhoria dos atributos físicos e químicos do solo de áreas degradadas em projetos de reflorestamento, uma vez que nosso estudo mostrou que a adição de matéria orgânica foi mais importante para a sobrevivência e performance das plantas do

que o uso de fertilizante químico. Apesar de que aumento de apenas nutrientes minerais ao solo ter aumentado as taxas de crescimento das plantas, especialmente espécies de sementes pequenas não diferiram do solo controle na probabilidade de sobrevivência das plantas. Assim, o uso de matéria orgânica como tratamento pré-plantio de espécies arbóreas em manejo de recuperação de florestas deve ser mais eficaz no estabelecimento das espécies reintroduzidas, especialmente das espécies de sementes pequenas. No entanto, nosso experimento foi conduzido em condições controladas de viveiro com irrigação constante e alta disponibilidade de luz. Em áreas degradadas a disponibilidade de luz não deve ser um fator limitante, mas a menor disponibilidade de água pode alterar estes resultados, diminuindo ou aumentando as diferenças entre os tratamentos de adição de nutrientes minerais ou de matéria orgânica na sobrevivência e no crescimento das espécies. No entanto, como a quantidade de matéria orgânica está associada com a retenção de água no solo (Zinn et al. 2007; Braida et al. 2011), é possível que em condições de campo o efeito positivo da adição da matéria orgânica no solo seja mais intenso. Experimentos de campo avaliando estas hipóteses pode quantificar a eficácia do uso de esterco na velocidade de recuperação do solo e da vegetação nativa de florestas desmatadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aide, T. Mitchell. Clues for tropical forest restoration. *Restoration Ecology*, v. 8, n. 4, p. 327-327, 2000.
- Albert, Cécile H. et al. When and how should intraspecific variability be considered in trait-based plant ecology?. *Perspectives in plant ecology, Evolution and Systematics*, v. 13, n. 3, p. 217-225, 2011.
- Amorim, Priscilla Kobayashi; Batalha, A. Soil characteristics of a hyperseasonal cerrado compared to a seasonal cerrado and a floodplain grassland: implications for plant community structure. *Brazilian Journal of Biology*, v. 66, n. 2b, p. 661-670, 2006.
- Anderson, M. J. Gorley, R. N. e Clarke, k. R. *Permanova for primer: guide to software and statistical methods*. Plymouth: Primer–e ltd. 2008
- Andrade, Bianca O. et al. Intraspecific trait variation and allocation strategies of calcareous grassland species: results from a restoration experiment. *basic and applied Ecology*, v. 15, n. 7, p. 590-598, 2014.
- Aprile, Fabio; Lorandi, Reinaldo. Evaluation of cation exchange capacity (CEC) in tropical soils using four different analytical methods. *Journal of Agricultural science*, v. 4, n. 6, p. 278, 2012.
- Atwater, Daniel z.; James, Jeremy J.; Leger, Elizabeth a. Seedling root traits strongly influence field survival and performance of a common bunchgrass. *Basic and Applied Ecology*, v. 16, n. 2, p. 128-140, 2015.
- Bååth, Erland et al. Microbial community structure and ph response in relation to soil organic matter quality in wood-ash fertilized, clear-cut or burned coniferous forest soils. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 27, n. 2, p. 229-240, 1995
- Baraloto, Christopher; Forget, Pierre Michel; Goldberg, Deborah e. Seed mass, seedling size and Neotropical tree seedling establishment. *Journal of Ecology*, v. 93, n. 6, p. 1156-1166, 2005.

- Barbosa, L.M. et al. Lista de espécies indicadas para restauração ecológica para diversas regiões do estado de São Paulo. in: Anais do vi Simpósio de Restauração Ecológica. São Paulo - sp. 2015.
- Berg, Matty P.; Ellers, Jacintha. Trait plasticity in species interactions: a driving force of community dynamics. *Evolutionary Ecology*, v. 24, n. 3, p. 617-629, 2010
- Bergholz, Kolja et al. Fertilization affects the establishment ability of species differing in seed mass via direct nutrient addition and indirect competition effects. *Oikos*, v. 124, n. 11, p. 1547-1554, 2015
- Björk, Robert g. et al. Long-term warming effects on root morphology, root mass distribution, and microbial activity in two dry tundra plant communities in northern sweden. *New Phytologist*, v. 176, n. 4, p. 862-873, 2007.
- Bloom, Arnold J; Chapin Iii, F. Stuart; Mooney, Harold A. Resource limitation in plants-an economic analogy. *annual Review of Ecology and Systematics*, v. 16, n. 1, p. 363-392, 1985.
- Bloor, Juliette Mg; grUbb, Peter J. Growth and mortality in high and low light: trends among 15 shade-tolerant tropical rain forest tree species. *Journal of Ecology*, v. 91, n. 1, p. 77-85, 2003.
- Bradshaw, Anthony. The use of natural processes in reclamation—advantages and difficulties. *Landscape and Urban Planning*, v. 51, n. 2, p. 89-100, 2000.
- Braida, João a. et al. Matéria orgânica e seu efeito na física do solo. tópicos em ciência do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 7, p. 221-278, 2011
- Calderano Filho, B., Santos, H. D. S., da Fonseca, O. O. M., Primavesi, O., & Primavesi, A. C. Os solos da Fazenda Canchim, Centro de pesquisa de Pecuária do Sudeste, São Carlos, SP: levantamento semidetalhado, propriedade e potenciais. Embrapa-CPPSE, Boletim de Pesquisa, 2, Embrapa-CNPS. 1998.
- Cao, Lin et al. High regeneration capacity helps tropical seeds to counter rodent predation. *Oecologia*, v. 166, n. 4, p. 997-1007, 2011.
- Carvalho, P. E. R Espécies arbóreas brasileiras. Embrapa informação tecnológica coleção espécies arbóreas brasileiras, Brasília-df. v. 1, 1035 p. 2003

- Chaturvedi, Ravi K.; Raghubanshi, A. S.; Singh, J. S. Relative effects of different leaf attributes on sapling growth in tropical dry forest. *Journal of Plant Ecology*, v. 7, n. 6, p. 544-558, 2014.
- Chen, Dima et al. Effects of root diameter and root nitrogen concentration on in situ root respiration among different seasons and tree species. *Ecological Research*, v. 25, n. 5, p. 983-993, 2010.
- Cheng, Junhui et al. Functional correlations between specific leaf area and specific root length along a regional environmental gradient in inner mongolia grasslands. *Functional Ecology*, 2015.
- Cleveland, Cory C. et al. relationships among net primary productivity, nutrients and climate in tropical rain forest: a pantropical analysis. *Ecology Letters*, v. 14, n. 9, p. 939-947, 2011.
- Colussi, Giseli; Silva, Leandro Souza da; Minato, Evandro Antonio. Soil chiseling and poultry litter fertilization: effects on soil structural recovery under tifton 85 production. *Ciência Rural*, v. 44, n. 11, p. 1956-1961, 2014.
- Cornelissen, J. H. C. et al. a Handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany*, v. 51, n. 4, p. 335-380, 2003.
- Costa, Malcon do Prado et al. Avaliação do processo de reabilitação de um trecho de floresta ciliar na bacia do rio itapemirim-es. *Rev. Árvore*, vol.34, n.5, pp.834-851. 2010.
- Cyle, K. T. et al. Substrate quality influences organic matter accumulation in the soil silt and clay fraction. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 103, p. 138-148, 2016.
- Dalling, James W. et al. Seed survival in soil: interacting effects of predation, dormancy and the soil microbial community. *Journal of Ecology*, v. 99, n. 1, p. 89-95, 2011.
- Dewitt, Thomas J.; Scheiner, Samuel M. (ed.). *Phenotypic plasticity: functional and conceptual approaches*. Oxford University Press, 2004.
- Fernandes, Manlio Silvestre et al. *Nutrição mineral de plantas*. 2006.

- Figueiredo, V; Enrich Prast, Alex; Rütting, T. Soil organic matter content controls gross nitrogen dynamics and n₂o production in riparian and upland boreal soil. *European Journal of Soil Science*, v. 67, n. 6, p. 782-791, 2016.
- Floriano, Eduardo Pagel. *Germinação e dormência de sementes florestais*. Santa rosa: Anorgs, 2004.
- Forde, Brian; Lorenzo, Helena. The nutritional control of root development. in: *interactions in the root environment: an integrated approach*. Springer Netherlands, 2002. p. 51-68.
- Foroughbakhch, R. et al. Establishment, growth and biomass production of 10 tree woody species introduced for reforestation and ecological restoration in northeastern Mexico. *Forest Ecology And Management*, v. 235, n. 1, p. 194-201, 2006.
- Fort, Florian; Jouany, Claire; Cruz, Pablo. Root and leaf functional trait relations in poaceae species: implications of differing resource-acquisition strategies. *Journal of Plant Ecology*, v. 6, n. 3, p. 211-219, 2013.
- Fowler, A.J.P.; Bianchetti, A. *dormência em sementes florestais*. Colombo:embrapa florestas. Documentos, 40,27p, 2000.
- Freschet, Grégoire T. et al. Plasticity in above and belowground resource acquisition traits in response to single and multiple environmental factors in three tree species. *Ecology and Evolution*, v. 3, n. 4, p. 1065-1078, 2013.
- Freschet, Grégoire T; Swart, Elferra M.; Cornelissen, Johannes Hc. Integrated plant phenotypic responses to contrasting above and below ground resources: key roles of specific leaf area and root mass fraction. *New Phytologist*, v. 206, n. 4, p. 1247-1260, 2015.
- Fujita, Yuki; Van Bodegom, Peter M.; Witte, Jan-Philip M. Relationships between nutrient-related plant traits and combinations of soil n and p fertility measures. *Plos One*, v. 8, n. 12, p. e83735, 2013.
- García-Cebrián, Francisco; Esteso-Martínez, Jordán; Gil-Pelegrián, Eustaquio. Influence of cotyledon removal on early seedling growth in *quercus robur* L. *Annals of Forest Science*, v. 60, n. 1, p. 69-73, 2003.

- Garnier, Eric; Poorter, Hendrik. Ecological significance of inherent variation in relative growth rate and its components. in: *Functional Plant Ecology*, second edition. crc press, 2007.
- Grassein, Fabrice; Till-Bottraud, Irène; Lavorel, Sandra. Plant resource-use strategies: the importance of phenotypic plasticity in response to a productivity gradient for two subalpine species. *Annals of Botany*, v. 106, n. 4, p. 637-645, 2010.
- Gratani, Loretta. Plant phenotypic plasticity in response to environmental factors. *Advances in Botany*, v. 2014, 2014.
- Green, Peter T; Juniper, Peter A. Seed–seedling allometry in tropical rain forest trees: seed mass related patterns of resource allocation and the ‘reserve effect’. *Journal of Ecology*, v. 92, n. 3, p. 397-408, 2004.
- Garnier, Eric; Poorter, Hendrik. Ecological significance of inherent variation in relative growth rate and its components. in: *Functional Plant Ecology*, second edition. crc press, 2007.
- Grime, j. P.; Hunt, Roderick. Relative growth-rate: its range and adaptive significance in a local flora. *The Journal of Ecology*, p. 393-422, 1975.
- Gunaratne, a. M. T. A. et al. Release from root competition promotes tree seedling survival and growth following transplantation into human-induced grasslands in sri lanka. *Forest Ecology and Management*, v. 262, n. 2, p. 229-236, 2011.
- Hanley, M. E. et al. Seed size and seedling growth: differential response of australian and british fabaceae to nutrient limitation. *New Phytologist*, v. 174, n. 2, p. 381-388, 2007.
- Haridasan, M; Pinheiro, a. A. M. C.; Torres, F. R. R. Resposta de algumas espécies do estrato rasteiro de um cerrado à calagem e à adubação. contribuição ao conhecimento ecológico do cerrado. Universidade de Brasília, Brasília, Brazil, p. 87-91, 1997.
- Hodge, Angela. The plastic plant: root responses to heterogeneous supplies of nutrients. *New Phytologist*, v. 162, n. 1, p. 9-24, 2004.
- Hodgson, J. G. et al. Is leaf dry matter content a better predictor of soil fertility than specific leaf area? *Annals of Botany*, p. mcr 225, 2011.

- Holl, Karen D. Effects of above-and below-ground competition of shrubs and grass on *calophyllum brasiliense* (camb.) seedling growth in abandoned tropical pasture. *Forest Ecology and Management*, v. 109, n. 1, p. 187-195, 1998.
- Holl, Karen D. et al. Tropical montane forest restoration in costa rica: overcoming barriers to dispersal and establishment. *Restoration Ecology*, v. 8, n. 4, p. 339-349, 2000.
- Hooper, E. P. L. And R. Condit. Barriers to forest regeneration of deforested and abandoned land in panama. *Journal of Applied Ecology* 42:1165-1174. 2005
- Hooper, e. Condit, R. E Legendre, P. Responses of 20 native tree species to reforestation strategies for abandoned farmland in Panama. *Ecological Applications*, 12(6), 1626-1641. 2002
- Huante, P.; Rincón, E.; Acosta, I. Nutrient availability and growth rate of 34 woody species from a tropical deciduous forest in Mexico. *Functional Ecology*, p. 849-858, 1995.
- Jaccard, James. *Interaction effects in logistic regression*. Sage, 2001.
- Jager, Melissa M. et al. Soil fertility induces coordinated responses of multiple independent functional traits. *Journal of Ecology*, v. 103, n. 2, p. 374-385, 2015.
- Karki, U; Goodman, M. Short term soil quality response to forage species and ph. *Grass and Forage Science*, v. 66, n. 2, p. 290-299, 2011.
- Khurana, Ekta; Singh, J. S. Ecology of tree seed and seedlings: implications for tropical forest conservation and restoration. *Current Science*, v. 80, n. 6, p. 748-757, 2001.
- Kichenin, Emilie et al. Contrasting effects of plant inter and intraspecific variation on community level trait measures along an environmental gradient. *Functional Ecology*, v. 27, n. 5, p. 1254-1261, 2013.
- Kononova, Mariia Mikhaïlovna. *Soil organic matter: its nature, its role in soil formation and in soil fertility*. Elsevier, 2013.
- Kramer Walter, Kris R. et al. Root traits are multidimensional: specific root length is independent from root tissue density and the plant economic spectrum. *Journal of Ecology*, 2016.

- Laliberté, Etienne et al. Phosphorus limitation, soil borne pathogens and the coexistence of plant species in hyperdiverse forests and shrublands. *New Phytologist*, v. 206, n. 2, p. 507-521, 2015.
- Larson, Julie E. et al. Seed and seedling traits affecting critical life stage transitions and recruitment outcomes in dryland grasses. *Journal of Applied Ecology*, v. 52, n. 1, p. 199-209, 2015.
- Laughlin, Daniel C. Applying trait based models to achieve functional targets for theory driven ecological restoration. *Ecology Letters*, v. 17, n. 7, p. 771-784, 2014.
- Lehmann, Johannes; Kleber, Markus. The contentious nature of soil organic matter. *Nature*, v. 528, n. 7580, p. 60-68, 2015.
- Leishman, Michelle R.; Westoby, Mark. The role of seed size in seedling establishment in dry soil conditions--experimental evidence from semi-arid species. *Journal of Ecology*, p. 249-258, 1994.
- Leishman, Michelle R. et al. The evolutionary ecology of seed size. *seeds: the ecology of regeneration in Plant Communities*, v. 2, p. 31-57, 2000.
- Liu, Xiao Juan et al. Covariation in plant functional traits and soil fertility within two species-rich forests. *Plos One*, v. 7, n. 4, p. e34767, 2012.
- Loiola, prIsilla P; Scherer-Lorezen, Michael; Batalha, Marco Antônio. The role of environmental filters and functional traits in predicting the root biomass and productivity in savannas and tropical seasonal forests. *forest ecology and management*, v. 342, p. 49-55, 2015.
- Longo, R. M. Ribeiro, A. I. Melo, W. J. D. Recuperação de solos degradados na exploração mineral de cassiterita: biomassa microbiana e atividade da desidrogenase. *Bragantia*, 70(1), 132-138. 2011
- Lü, Xiao Tao et al. Plasticity in leaf and stem nutrient resorption proficiency potentially reinforces plant-soil feedbacks and microscale heterogeneity in a semiarid grassland. *Journal of Ecology*, v. 100, n. 1, p. 144-150, 2012.
- Macera L.G, Pereira Sr Souza Alt - Survival and growth of tree seedlings as a function of seed size in a gallery forest under restoration. *Acta Botanica Brasilica*, *in press*.

- Malavolta, E.; Vitti, G. C; Oliveira, Sa De. Avaliação do estado nutricional das plantas. rev. atual. Piracicaba: Potafos, 1997.
- Marañón, Teodoro; Grubb, Peter J. Physiological basis and ecological significance of the seed size and relative growth rate relationship in mediterranean annuals. *Functional Ecology*, p. 591-599, 1993.
- Martínez-Garza, Cristina; Bongers, Frans; Poorter, Lourens. Are functional traits good predictors of species performance in restoration plantings in tropical abandoned pastures?. *Forest Ecology and Management*, v. 303, p. 35-45, 2013.
- Miatto, Raquel C.; Wright, Ian J.; Batalha, Marco A. Relationships between soil nutrient status and nutrient-related leaf traits in Brazilian Cerrado and seasonal Forest communities. *Plant and Soil*, v. 404, n. 1-2, p. 13-33, 2016.
- Milberg, Per; Andersson, Lars; Thompson, Ken. Large-seeded spices are less dependent on light for germination than small-seeded ones. *Seed Science Research*, v. 10, n. 01, p. 99-104, 2000.
- Miller, Hugh G. Forest fertilization: some guiding concepts. *Forestry*, v. 54, n. 2, p. 157-167, 1981.
- Miller Júnior, G. Tyler. *Ciência Ambiental*. in: *ciência ambiental*. Cengage Learning, 2013.
- Moles, Angela T; Westoby, Mark. Seedling survival and seed size: a synthesis of the literature. *Journal of Ecology*, v. 92, n. 3, p. 372-383, 2004
- Moles, Angela T.; Westoby, Mark. Seed size and plant strategy across the whole life cycle. *Oikos*, v. 113, n. 1, p. 91-105, 2006.
- Molloy, I. *The Chemical nature of soils*. 2007.
- Muller-Landau, Helene C. The tolerance–fecundity trade-off and the maintenance of diversity in seed size. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 107, n. 9, p. 4242-4247, 2010.
- Negreiros, Daniel et al. Seedling growth and biomass allocation of endemic and threatened shrubs of rupestrian fields. *Acta Oecologica*, v. 35, n. 2, p. 301-310, 2009.

- Nicotra, Adrienne B. et al. Plant phenotypic plasticity in a changing climate. *Trends in Plant Science*, v. 15, n. 12, p. 684-692, 2010.
- Nunes, Flávia Peres; Pinto, Maria Tereza Cândido. Decomposição do folheto em reflorestamento ciliar na bacia hidrográfica do rio São Francisco, Minas Gerais. 2012.
- Ordoñez, Jenny C. et al. A global study of relationships between leaf traits, climate and soil measures of nutrient fertility. *Global Ecology and Biogeography*, v. 18, n. 2, p. 137-149, 2009.
- Padilla, F. M.; Pugnaire, F. I. Rooting depth and soil moisture control mediterranean woody seedling survival during drought. *Functional Ecology*, v. 21, n. 3, p. 489-495, 2007.
- Paul, Eldor A. *Soil microbiology, ecology and biochemistry*. Academic Press, 2014.
- Pearson, T. R. H. et al. germination ecology of Neotropical pioneers: interacting effects of environmental conditions and seed size. *Ecology*, v. 83, n. 10, p. 2798-2807, 2002.
- Pereira, Silvia Rahe; Laura, Valdemir Antônio; Souza, Andréa Lúcia Teixeira de. Seed dormancy overcoming as a strategy for forest restoration in tropical pasture. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 48, n. 2, p. 148-156, 2013.
- Pérez-Harguindeguy, N. et al. New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany*, v. 61, n. 3, p. 167-234, 2013.
- Pérez Ramos, Ignacio M. et al. Seedling growth and morphology of three oak species along field resource gradients and seed mass variation: a seedling age dependent response. *Journal of Vegetation Science*, v. 21, n. 3, p. 419-437, 2010.
- Pérez Ramos, Ignacio M. et al. Evidence for a 'plant community economics spectrum' driven by nutrient and water limitations in a mediterranean rangeland of southern France. *Journal of Ecology*, v. 100, n. 6, p. 1315-1327, 2012.
- Peterson, C. J.; Carson, W. P. Processes constraining woody species succession on abandoned pastures in the tropics: on the relevance of temperate models of succession. *tropical forest community ecology*. Oxford: Wiley-Blackwell, p. 367-383, 2008.

- Poorter, Hendrik; Nagel, Oscar. The role of biomass allocation in the growth response of plants to different levels of light, CO₂, nutrients and water: a quantitative review. *Functional Plant Biology*, v. 27, n. 12, p. 1191-1191, 2000.
- Poorter, Hendrik et al. Biomass allocation to leaves, stems and roots: meta-analyses of interspecific variation and environmental control. *New Phytologist*, v. 193, n. 1, p. 30-50, 2012.
- Price, Trevor D.; Qvarnström, Anna; Irwin, Darren E. The role of phenotypic plasticity in driving genetic evolution. *proceedings of the royal society of london b: Biological Sciences*, v. 270, n. 1523, p. 1433-1440, 2003.
- Pywell, Richard F. et al. Plant traits as predictors of performance in ecological restoration. *Journal of Applied Ecology*, v. 40, n. 1, p. 65-77, 2003.
- Quero, José L. et al. Relating leaf photosynthetic rate to whole-plant growth: drought and shade effects on seedlings of four quercus species. *Functional Plant Biology*, v. 35, n. 8, p. 725-737, 2008.
- Raij, B. Van; Andrade, J.C.; Cantarella, H.; Quaggio, J.A. (ed.). *Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais*. Campinas: Instituto Agronômico, 285p.2001.
- Reich, P. B. et al. The evolution of plant functional variation: traits, spectra, and strategies. *International Journal of Plant Sciences*, v. 164, n. s3, p. s143-s164, 2003.
- Reich, Peter B. The World-wide ‘fast–slow’ plant economics spectrum: a traits manifesto. *Journal of ecology*, v. 102, n. 2, p. 275-301, 2014.
- Ryals, Rebecca et al. Impacts of organic matter amendments on carbon and nitrogen dynamics in grassland soils. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 68, p. 52-61, 2014.
- Ryser, Peter; Eek, Liina. Consequences of phenotypic plasticity vs. interspecific differences in leaf and root traits for acquisition of aboveground and belowground resources. *American Journal of Botany*, v. 87, n. 3, p. 402-411, 2000.
- Sandel, B.; Corbin, J. D.; Krupa, Monica. using plant functional traits to guide restoration: a case study in california coastal grassland. *Ecosphere*, v. 2, n. 2, p. 1-16, 2011.

- Savadoço, Patrice; Tigabu, Muluaem; Odén, Per Christer. Restoration of former grazing lands in the highlands of Laos using direct seeding of four native tree species: seedling establishment and growth performance. *Mountain Research and Development*, v. 30, n. 3, p. 232-243, 2010.
- Schmidt, Michael Wi et al. Persistence of soil organic matter as an ecosystem property. *Nature*, v. 478, n. 7367, p. 49-56, 2011.
- Schoenholtz, Stephen H.; Van Miegroet, Helga; Burger, J. A. A Review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: challenges and opportunities. *Forest Ecology and Management*, v. 138, n. 1, p. 335-356, 2000.
- Seiwa, Kenji. Effects of seed size and emergence time on tree seedling establishment: importance of developmental constraints. *Oecologia*, v. 123, n. 2, p. 208-215, 2000.
- Seiwa, Kenji. Trade-offs between seedling growth and survival in deciduous broadleaved trees in a temperate forest. *Annals of Botany*, v. 99, n. 3, p. 537-544, 2007.
- Singh, Jay Shankar; Pandey, Vimal Chandra; Singh, D. P. Efficient soil microorganisms: a new dimension for sustainable agriculture and environmental development. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 140, n. 3, p. 339-353, 2011.
- Suganuma, Marcio S.; Durigan, Giselda. Indicators of restoration success in riparian tropical forests using multiple reference ecosystems. *Restoration Ecology*, v. 23, n. 3, p. 238-251, 2015.
- Suganuma, Marcio Seiji; Torezan, José Marcelo Domingues. Evolução dos processos ecossistêmicos em reflorestamentos da floresta estacional semidecídua. *Hoehnea*, v. 40, p. 557-565, 2013.
- Suganuma, M. S.; Assis, G. B.; Durigan, G. Changes in plant species composition and functional traits along the successional trajectory of a restored patch of Atlantic forest. *Community Ecology*, v. 15, n. 1, p. 27-36, 2014.
- Systat: Systat for Windows, version 13.0. Systat software inc. Richmond, California. Tangen, B. A. M. G. BU. 2012
- Turnbull, Lindsay A. et al. Plant growth rates and seed size: are evaluation. *Ecology*, v. 93, n. 6, p. 1283-1289, 2012.

- Valverde Barrantes, Oscar J. et al. The distribution of below ground traits is explained by intrinsic species differences and intraspecific plasticity in response to root neighbours. *Journal of Ecology*, v. 101, n. 4, p. 933-942, 2013.
- Viani, Ricardo Ag et al. Soil ph accounts for differences in species distribution and leaf nutrient concentrations of Brazilian woodland savannah and seasonally dry forest species. *Perspectives in plant ecology, Evolution and Systematics*, v. 16, n. 2, p. 64-74, 2014.
- Vilas Bôas, Botelho Sa, Mello, Jm de, Garcia Po. Restoration success: secondary forests at the margin of the hydroelectric reservoir (Minas Gerais state, Brazil). *Aust j Basic Appl Sci*, 8, 153-160. 2014
- Violle, Cyrille et al. let the concept of trait be functional! *Oikos*, v. 116, n. 5, p. 882-892, 2007.
- Vitasse, Yann et al. quantifying phenological plasticity to temperature in two temperate tree species. *Functional Ecology*, v. 24, n. 6, p. 1211-1218, 2010.
- Westoby, Mark et al. Comparative ecology of seed size and dispersal [and discussion. *philosophical transactions of the royal society of London b: Biological Sciences*, v. 351, n. 1345, p. 1309-1318, 1996.
- Westoby, Mark; Warton, David; Reich, Peter B. The time value of leaf area. *the American Naturalist*, v. 155, n. 5, p. 649-656, 2000.
- Westoby, Mark et al. Plant ecological strategies: some leading dimensions of variation between species. *Annual Review of Ecology and Systematics*, v. 33, n. 1, p. 125-159, 2002.
- Wright, Ian J. et al. The worldwide leaf economics spectrum. *Nature*, v. 428, n. 6985, p. 821-827, 2004.
- Zinn, Y.L.; Lal, R.; Bigham, J.M; Resck, D.V.S. 2007. Edaphic controls on soil organic carbon retention in the Brazilian Cerrado: soil texture and mineralogy. *Soil Science Society of America Journal* 71:1204-1214

APÊNDICE

Apêndice 1: Dados brutos das análises dos atributos químicos do solo dos tratamentos e áreas de referência. As propriedades químicas dos solos, representados pelos vetores: Matéria orgânica (M.O); Fósforo (P); Potássio (K); Nitrogênio (N); Acidez Potencial (H+Al); Acidez ativa (pH); Capacidade de troca catiônica (CTC). Os tratamentos (Pontos) Controle no tempo 1 (CT1); Controle no tempo 2 (CT2); Químico no tempo 1 (QU1); Químico no tempo 2 (QU2); Orgânico no tempo 2 (OR2); Orgânico no tempo 2 (OR2); Orgânico químico no tempo 1 (OQ1); Orgânico químico no tempo 2 (OQ2); e as áreas de referência: Solos da floresta ciliar da Universidade Federal de são Carlos FC(UFSCAR), solo da floresta ciliar degradada da Universidade Federal de são Carlos profundidade 0 a 20 cm FCD(UFSCar), Solos de floresta ciliar do sítio Dois Irmãos FC(DI), Solos de floresta referência sítio Dois Irmãos FR(DI) e solo do pasto do Sítio Dois Irmãos Pasto (DI)

| Amostra | P-resina mg/dm ³ | M.O. g/dm ³ | pH Ca Cl ₂ | K | H+Al mmol _c /dm ³ | CTC | N ppm |
|-------------|--------------------------------|---------------------------|--------------------------|-----|--|------|----------|
| CT1 | 37 | 15 | 4.6 | 5.4 | 16 | 24.8 | 1850 |
| CT 2 | 29 | 5 | 6 | 1.6 | 15 | 31.6 | 646 |
| QU1 | 14 | 4 | 5.7 | 2.5 | 15 | 21.5 | 2860 |
| QU2 | 30 | 8 | 5.7 | 0.6 | 16 | 43.6 | 547 |
| OR1 | 27 | 50 | 6.9 | 2.6 | 11 | 63.6 | 920 |
| OR2 | 216 | 39 | 6.6 | 2 | 14 | 91 | 2187 |
| OQ1 | 29 | 41 | 6.7 | 4.5 | 11 | 43.5 | 2080 |
| OQ 2 | 275 | 26 | 6.3 | 8 | 16 | 77 | 1491 |
| FC(UFScar) | 6 | 26 | 4.1 | 1.9 | 32 | 41.2 | 2400 |
| FCD(UFScar) | 15 | 16 | 4.2 | 1.1 | 17 | 25 | 2600 |
| FC(DI) | 11.9 | 19.4 | 4.2 | 1.2 | 67.7 | 82.7 | 1271.4 |
| FR(DI) | 14.1 | 14.1 | 4.4 | 1.5 | 43.0 | 57.6 | 1150.0 |
| Pasto(DI) | 29.7 | 15.6 | 4.9 | 1.5 | 32.9 | 55.6 | 992.9 |

Apêndice 2: Taxas de sobrevivência das espécies em todos os tratamentos após dos quatro meses

| Espécie | Nome popular | Taxas de sobrevivência |
|-------------------------------|----------------|------------------------|
| <i>Cecropia pachystachya</i> | Embaúba-branca | 34% |
| <i>Guazuma ulmifolia</i> | Mutambo | 81% |
| <i>Colubrina glandulosa</i> | Sobrasil | 73% |
| <i>Peltophorum dubium</i> | Canafístula | 81% |
| <i>Albizia polycephala</i> | Angico-branco | 69% |
| <i>Ceiba speciosa</i> | Paineira Rosa | 78% |
| <i>Copaifera langsdorffii</i> | Copaíba | 87% |
| <i>Bauhinia variegata</i> | Pata de vaca | 78% |
| <i>Enterolobium timbouva</i> | Timbuava | 83% |
| <i>Schizolobium parahyba</i> | Guapuruvu | 67% |
| <i>Hymenaea courbaril</i> | Jatobá | 85% |