

DESEMPENHO DE *Lactuca sativa* (ALFACE) DIANTE DO AUMENTO DA DENSIDADE DE CULTIVOS CONSORCIADOS EM HORTAS AGROFLORESTAIS

Lactuca sativa (ALFACE) PERFORMANCE DURING INCREASE IN THE DENSITY OF INTERCROPPED IN AGROFOREST GARDENS

RENDIMIENTO DE *Lactuca sativa* (ALFACE) DURANTE EL AUMENTO DE LA DENSIDAD DE LOS CULTIVOS INTERCALADOS EN LOS JARDINES AGROFORESTALES

Aruana Vargas Couto

Mestre em Agroecossistemas pela Universidade Federal de Santa Catarina – PGA/UFSC.
aruna_couto@hotmail.com / <http://orcid.org/0000-0002-7092-460X>

Arcângelo Loss

Doutor em Agronomia pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ. Professor do Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas da Universidade Federal de Santa Catarina – PGA/UFSC.
arcangelo.loss@ufsc.br / <http://orcid.org/0000-0002-3005-6158>

Giorgini Augusto Venturieri (*In memoriam*)

Doutor em Agricultural Botany pela University of Reading. Professor do Programa de Pós-graduação em Agroecossistemas da Universidade Federal de Santa Catarina – PGA/UFSC.
giorgini.venturieri@ufsc.br / <http://orcid.org/0000-0001-9644-4439>

Recebido para avaliação em 13/10/2019; Aprovado para publicação em 30/12/2020.

RESUMO

Foi realizado um experimento para verificar se a consorciação de um número crescente de cultivos olerícolas, escolhidos de acordo com a lógica da sucessão de espécies no espaço ao longo do tempo, afetaria a produção de matéria seca de *Lactuca sativa* (alface) em hortas agroflorestais. O delineamento experimental foi em delineamento em blocos casualizados, com um fator em três níveis, e quatro repetições. A eficiência dos consórcios foi estimada pela matéria seca de *L. sativa*. Os resultados mostraram que o aumento do número de espécies consorciadas e consequente densidade de plantio não influenciou o parâmetro avaliado. Isto evidencia uma vantagem cultural conferida pelos consórcios sucessoriais testados, uma vez que foram conduzidos sem a aplicação de insumos sintéticos e tóxicos, além de se obter uma produção de alimentos de qualidade diferenciada dos convencionais e prestar serviços ecossistêmicos de regulação. Não houve perdas produtivas para *L. sativa* decorrentes do adensamento dos cultivos.

Palavras-chave: Agrofloresta; Sucessão Ecológica; Agricultura Sintrópica.

ABSTRACT

An experiment was carried out to verify if the intercropping of a growing number of vegetables, chosen according to the logic of species succession over time, would affect the production of dry matter of *Lactuca sativa* (lettuce) in agroforestry gardens. The experimental design was a randomized complete block design with one factor at three levels and four replications. Consortium efficiency

was estimated by *L. sativa* dry matter. The results showed that the increase of the number of intercropping species and consequent planting density did not influence the evaluated parameter. This evidences a cultural advantage conferred by the successional consortiums tested, since without the application of synthetic and toxic inputs, besides obtaining a production of quality differentiated of food conventional and providing ecosystem regulation services. There were no productive losses for *L. sativa* due to the densification of crops.

Keywords: Agroforestry; Ecological Succession; Syntropic Agriculture.

RESUMEN

Se llevó a cabo un experimento para verificar si el cultivo intercalado de un número creciente de verduras, elegidos de acuerdo con la lógica de sucesión de especies a lo largo del tiempo, afectaría la producción de materia seca de *Lactuca sativa* (lechuga) en jardines agroforestales. El diseño experimental fue un diseño de bloques completos al azar con un factor en tres niveles y cuatro repeticiones. La eficiencia del consorcio fue estimada por la materia seca de *L. sativa*. Los resultados mostraron que el aumento del número de especies intercaladas y la consiguiente densidad de siembra no influyeron en el parámetro evaluado. Esto evidencia una ventaja cultural conferida por los consorcios sucesionales probados, ya que se realizaron sin la aplicación de insumos sintéticos y tóxicos, además obtener producción de alimentos de calidad diferenciada de los convencionales y la prestación de servicios de regulación del ecosistema. No hubo pérdidas productivas para *L. sativa* debido a la densificación de los cultivos.

Palabras clave: Agroforestería; Sucesión Ecológica; Agricultura sintrópica.

INTRODUÇÃO

Consortiação de culturas é a prática de plantar em mesclas tal que permita a interação entre indivíduos e que, a depender do seu desenho, pode adicionar diversidade temporal, horizontal, vertical, estrutural e funcional a uma plantação. É uma técnica ancestral, associada à ecologia, que pode aumentar a eficiência energética na agricultura (GLIESSMAN, 2009). Era amplamente adotada em sistemas tradicionais de cultivo em todo mundo antes do advento da revolução verde e geralmente está associada à produção para a subsistência, não comportando a adoção de práticas já padronizadas de produção em larga escala (VANDERMMEER, 1989). Sistemas de cultivo múltiplos utilizam interações vegetais para aumentar a produção de culturas com menores entradas forçadas de água e nutrientes, já as monoculturas se destinam a aumentar a produção de biomassa exportada em um ambiente otimizado com base no consumo de recursos externos (GABA et al., 2015).

O aumento da diversidade vegetal com o uso de consórcios não é uma panaceia para os problemas de produção e proteção das culturas, mas pode ser útil para diminuir a dependência de insumos externos, minimizar a exposição aos agroquímicos, reduzir os riscos econômicos e a vulnerabilidade nutricional, além de proteger os recursos naturais necessários para a sustentabilidade agrícola. Acumula-se um cabedal de evidências de que cultivos consorciados podem proporcionar vantagens quando comparados a monoculturas.

No entanto, é a qualidade da combinação das populações consorciadas que determina se as dinâmicas do uso de recursos, de pragas e de doenças irão favorecer ou prejudicar o desempenho geral das culturas (ALTIERI, 2012).

Existem evidências de que em situação de estresse edafoclimático, as comunidades vegetais, compostas por diversas espécies, são mais resilientes do que as homogêneas (CALLAWAY et al., 2002) e que os consórcios de plantas podem produzir mais biomassa do que as respectivas monoculturas isoladamente (CARDINALE et al., 2007). Este evento é chamado de sobrecultivo, mas dependendo da densidade de plantio, o rendimento dos consórcios pode variar (VANDERMMEER, 1989). Quando o sobrecultivo é obtido, é provável que exista uma complementariedade das características de nicho das espécies membros (GLIESSMAN, 2009).

Um consórcio tem sucesso quando ocorrem interações positivas, através da complementariedade de nichos e ou facilitação de uma espécie sobre outra(s), ou pelo menos, pela minimização das interferências competitivas entre elas. Portanto, entender os mecanismos que tornam a coexistência possível poderia ser uma base para o desenho de comunidades de culturas múltiplas (VANDERMER, 1989; GLIESSMAN, 2009). Violle et al. (2012) esperam que a partir de uma teoria baseada no nicho ecológico seja possível estabelecer uma maior complementariedade entre espécies e até mesmo entre genótipos de plantas combinadas em agroecossistemas.

Para que as plantas sejam compatíveis em um consórcio, os nichos devem ser suficientemente semelhantes, e então elas poderão sobreviver e produzir plenamente no ambiente onde se pretende instalá-lo. Por outro lado, os nichos não devem se sobrepor ao ponto em que a interferência competitiva prejudique o desempenho geral do consórcio (LITRICO; VIOLLE, 2015). Portanto, para que sejam bem-sucedidos, cada espécie deve ter um nicho levemente diferente. Na maioria deles, os nichos das espécies membros se sobrepõem, mas a interferência em nível interespecífico é menos intensa do que a interferência em nível intraespecífico. O processo de diferenciação da ocupação de nichos deve ser levado em conta ao se desenhar consórcios, e através do estudo da ecofisiologia das plantas, entender quais espécies têm potencial para competição e então evitar combiná-las (GLIESSMAN, 2009).

Existem dois tipos de consórcio de acordo com sua densidade: os consórcios de adição, onde a um dado cultivo outros são adicionados sendo preservada a densidade indicada para a monocultura de cada um deles; e os consórcios de substituição, nos quais a densidade total do consórcio é similar à da monocultura padrão do carro chefe do consórcio (GLIESSMAN, 2009). Como os consórcios de adição apresentam maiores

estandes, conseqüentemente melhoram o aproveitamento deste recurso e potencializa uma cobertura mais rápida da superfície do solo, já que quando a densidade total de um consórcio é maior do que na monocultura, as plantas podem interceptar maior quantidade de radiação no começo do período de crescimento (ALTIERI, 2012).

Chamamos de consórcios sucessionais, aqueles que são modelados sob critérios que promovem uma sucessão de espécies cultivadas no espaço ao longo do tempo. Neles, as plantas coexistem por um tempo parcial do ciclo de vida de pelo menos uma delas, ou seja, quando da retirada ou morte de uma planta, outra vem ocupar seu nicho ou se beneficia de condições ambientais formadas pela primeira (VIVAN, 1998). As interações resultantes da combinação de plantas nesse tipo de consórcio podem ter efeitos mutuamente benéficos e reduzir a necessidade de insumos externos (GLIESSMAN, 2009), já que a presença de espécies de ciclo mais curto do que as outras favorece a decomposição do material orgânico, a formação de novos nichos, maximização da ocupação dos nichos já existentes (ALTIERI, 2012), e o estabelecimento de novas relações ecológicas na área (STEENBOCK; VEZZANI, 2013). Assim sendo, o desenho de consórcios sucessionais deve passar por um planejamento do plantio de espécies úteis de forma que elas se substituam no espaço ao longo do tempo sem estagnar; interromper; ou retroceder a sucessão ecológica como é usual nos agroecossistemas convencionais, mas evitando prejudicar o desempenho agrônômico dos cultivos (PENEIREIRO, 1999). Para tanto, a partição de recursos deve ser promovida, uma vez que as espécies poderão usar o mesmo recurso, mas em diferentes momentos ou lugares (CHESSON, 2000). A característica mais desejada ao se desenhar um consórcio sucessional é o escalonamento das colheitas dos cultivos em períodos intercalados ao longo do tempo. As taxas de crescimento e de sobrevivência de cada espécie variam nos diferentes estágios de desenvolvimento, por isso as curvas de crescimento nos estágios fenológicos devem ser levadas em conta (GLIESSMAN, 2009).

Para que uma verdadeira sucessão aconteça, as plantas que permanecem após a colheita de uma cultura mais precoce têm que estar em densidade suficiente para ocupar todo espaço deixado pelo cultivo colhido, preferencialmente em um período curto. Existem diversos sistemas culturais que usam padrões de manejo espacial e temporalmente complexos (LIEBMAN; DYCK, 1993), que podem evoluir para sistemas agroflorestais. Como exemplo de consórcio sucessional, Liebman e Dyck (1993) descreveram um sistema de produção de *Phaseolus vulgaris* (feijão), *Zea mays* (milho), *Manihot esculenta* (mandioca) e *Musa sp.* (bananeira), no qual esses quatro componentes são plantados juntos, mas amadurecem sequencialmente.

O desenho de consórcios sucessionais deve ser projetado através da intersecção da qualidade da composição vegetal; da disponibilidade de recursos; e da distribuição temporal dos recursos (GABA et al., 2015). Portanto, o efeito temporal está relacionado ao uso de recursos pelas espécies (KÖRNER et al., 2008), mas a variação no funcionamento da comunidade e as interações entre as espécies são difíceis de prever quando baseadas na teoria do nicho (VANNETTE; FUKAMI, 2014).

Dessa forma, a pergunta de pesquisa é: a combinação de cultivos olerícolas de acordo com a lógica da sucessão no espaço ao longo do tempo, interfere na produtividade de *Lactuca sativa* (alface) em hortas agroflorestais?. Nesse sentido, realizou-se um experimento no qual foram testados consórcios sucessionais em hortas agroflorestais de aproximadamente um ano e meio de idade. Foram investigadas as possíveis relações interespecíficas, entre as culturas combinadas nos consórcios olerícolas, que foram planejados a partir de critérios idealizados para promover a complementariedade de nichos, potencializar interações positivas e minimizar a competição entre as espécies.

MATERIAIS E MÉTODOS

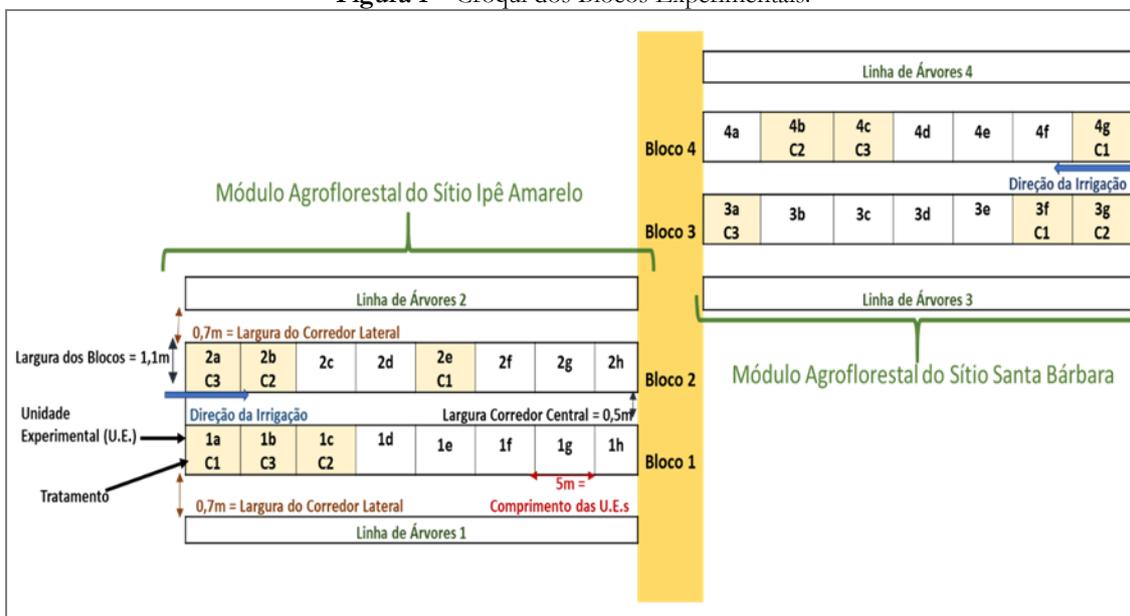
O experimento foi realizado em parceria com agricultores vinculados ao Centro de Formação Sócio Agrícola Dom Helder Câmara do assentamento Mário Lago em Ribeirão Preto (SP), de 08 de fevereiro a 1º de novembro de 2016, em duas hortas agroflorestais, sendo uma no sítio Ipê Amarelo (21°8'19.79"S e 47°42'25.03"O), onde foi conduzido de 08 de julho a 26 de agosto/2016, e a outra no sítio Santa Bárbara (21°8'17.94"S e 47°42'23.57"O), entre 15 de agosto e 30 de setembro de 2016. Ambas se localizam em relevo suavemente ondulado a 536 m acima do nível do mar (GOOGLE EARTH, 2017). Segundo a classificação de Koeppen, o clima da região corresponde ao tipo Aw, tropical chuvoso com inverno seco e mês mais frio com temperatura média superior a 18°C, sendo que o mês mais seco tem precipitação inferior a 60 mm e com período chuvoso que se atrasa para o outono. O solo do assentamento Mário Lago é um Latossolo Vermelho Distroférico, apresentando textura argilosa (OLIVEIRA; DAMASCENO; BUENO, 2013).

As hortas agroflorestais onde o experimento foi conduzido são constituídas por aleias compostas por um conjunto de 2 módulos com 50m de comprimento no Sítio Ipê Amarelo e 3 módulos com 40m de comprimento no Sítio Santa Bárbara e largura de 5,2 m em ambos os sítios. Nas entrelinhas existem dois canteiros com 1,10 m de largura cada um, separados por um corredor de 0,50 m de largura. Os dois canteiros da entrelinha ficam

localizados entre dois canteiros de árvores. Cada canteiro de entrelinha é separado de um canteiro de árvores por um corredor de 0,70 m de largura. Os canteiros de árvores são em geral constituídos pelas lenhosas: *Eucalyptus* sp. (eucalipto) e *Gliricidia sepium* (gliricídia), bem como pelas herbáceas gigantes: *Musa* sp. (bananeira) e *Carica papaya* (mamoero). Mas também há variações onde são introduzidas ou facilitadas árvores e arbustos nativos, além de frutíferas nativas e exóticas. O sistema de irrigação por aspersão passa dentro do corredor entre os canteiros de entrelinha suspenso por mourões vivos de *G. sepium*.

O delineamento experimental foi em DBC - Delineamento em Blocos Casualizados, com um fator em três níveis (tratamentos) e quatro repetições. Os blocos experimentais foram identificados pela letra B seguida por algarismo arábico de 1 a 4, representando a ordem temporal em que foram implantados: B1; B2; B3; e B4. Em cada sítio foi instalado um par de blocos experimentais, o Bloco 1 e o Bloco 2 no Sítio Ipê Amarelo; e no Sítio Santa Bárbara, foram instalados o Bloco 3 e o Bloco 4 (Figura 1), que foram conduzidos até a colheita das plantas de *Lactuca sativa* (alface), quando as amostras foram analisadas.

Figura 1 – Croqui dos Blocos Experimentais.



Fonte: Os autores.

Os blocos pareados estavam separados por corredores de 0,5 m de largura e situados entre linhas de árvores pré-existentes com idade de aproximadamente 19 meses e afastados destas por corredores de 0,70 m de largura. Em cada um, foram instaladas e monitoradas três unidades experimentais com 1,10 m de largura por 5 m de comprimento, identificadas por um número de 1 a 4 que representa o bloco ao qual faz parte, seguido por

uma letra minúscula que indica sua posição no bloco, partindo do SO para NE, como exemplo: 1a; 1b; 1c ...; 4g. Cada unidade experimental de um determinado bloco recebeu um tipo de tratamento através de sorteio e esse processo foi repetido nos demais blocos (Figura 1).

No centro de cada unidade experimental foi estabelecida a área amostral, com a mesma largura do canteiro e comprimento de 1,10 m, de onde foram coletadas as amostras. Sendo que não foram avaliadas as interações dos cultivos herbáceos com as árvores, mas tão somente as relações entre cultivos olerícolas. O conjunto de plantas da área amostral representa a proporção do número de plantas e a distribuição espacial das olerícolas do respectivo tratamento experimental.

As bordaduras das unidades experimentais foram compostas por dois compartimentos de 1,95 m de comprimento por 1,10 m de largura, um de cada lado da área amostral, que foi estabelecida para evitar que os dados amostrais expressassem influências de um tratamento sobre outros, já que não houve espaçamento entre as unidades experimentais, então bordas foram alocadas apenas no sentido transversal às linhas de árvores para permitir a expressão do efeito da sombra e do sistema radicular das árvores sobre as plantas mais próximas a elas.

A variável independente do experimento foi o “tipo de consórcio olerícola”, em cada unidade experimental dos blocos, e foi plantada uma combinação de olerícolas diferentes, ou seja, um tipo de consórcio com número progressivo de espécies. Então, foi elencado um conjunto de critérios para escolher as espécies olerícolas que constituíram os consórcios testados no experimento. A reunião de determinadas espécies com características complementares de nicho, sobretudo no aspecto da sucessionalidade deveria configurar consórcios passíveis de gerar resposta à pergunta de pesquisa. Para tanto, as espécies escolhidas atenderam aos seguintes critérios em ordem decrescente de prioridade:

- i. O ciclo de produção das espécies consorciadas deveria variar em pelo menos 20 dias.
- ii. A altura máxima atingida no ponto de colheita deveria variar em pelo menos 20 cm.
- iii. A parte aérea deveria diferir quanto ao hábito de crescimento e diâmetro.
- iv. O sistema radicular deveria ser diferente quanto à sua arquitetura e profundidade.
- v. Deveriam pertencer a famílias botânicas diferentes.
- vi. Cada espécie deveria ter o encerramento de seu ciclo produtivo em um estágio fenológico diferente (máximo crescimento das folhas; máximo crescimento da raiz; florescimento; e maturação dos frutos).

Diante das informações coletadas na bibliografia, as espécies e variedades que atenderam simultaneamente aos critérios foram *Lactuca sativa* (alface, variedade crespa), *Daucus carota* (cenoura do grupo Brasília de verão), *Ocimum basilicum* (manjeriço, cultivar basilicão) e *Solanum lycopersicum* (tomate, rasteiro, de hábito determinado, variedade Caline IPA 07) (Tabela 1).

Tabela 1 – Características das Espécies Escolhidas de Acordo com os Critérios Estabelecidos

Critérios	Nome Popular / Variedade Cultivar			
	Alface ¹ var. Crespa cv. Vanda	Cenoura ² g. Brasília cv. Carandaí	Manjeriço ³ var. Basilicão	Tomateiro ^{2*} g. Rasteiro cv. Caline 07
i. Ciclo de produção (dias até a colheita)	CURTO 60 dias	MÉDIO 80 dias	LONGO 100 + a cada 40 dias	ESTENDIDO 130 dias + 100 dias de colheita
ii. degrau e altura max. da parte aérea (cm)	1º degrau 20 a 30 cm	2º degrau 30 a 50cm	3º degrau 30 a 100 cm	4º degrau 120 cm
iii. hábito e diâmetro da parte aérea (cm)	herbácea folhuda 30 cm	herbácea ereta 15 cm	semilenhosa/ umbelífera 80 cm	determinada/ tutorada 100 cm
iv. tipo e profundidade das raízes (cm)	ramificada 20 cm	tuberosa/ pivotante 16 a 22 cm	pivotante/ ramificada 30 cm	Ramificada/ adventícia 60% a 10 cm
v. família botânica	Asterácea	Apiácea	Lamiacea	Solanacea
vi. estágio fenológico	crescimento máximo das folhas	crescimento máximo das raízes	florescimento	maturação do fruto

Fonte: Modificado de ¹Filgueira (2006); ²Filgueira (2006); ³Blank et al. (2004), Pereira e Moreira (2011), Favorito et al. (2011) e Carvalho e Campos (2012); * HortiCeres (2016).

Os tratamentos experimentais foram C1; C2 e C3 (Figura 2). Onde a letra “C” é a abreviatura da palavra “Consórcio” e os números 1; 2; e 3 indicam a quantidade de espécies que acompanha a cultura de *L. sativa* nos consórcios. Os três tipos de consórcios foram projetados para que os espaçamentos e a distribuição espacial das 4 espécies cultivadas no experimento fossem idênticos em todos os tratamentos aos quais fizeram parte.

Dentre as culturas combinadas nos consórcios experimentados, *L. sativa* é a que completa o ciclo de produção mais precocemente, por isso, no contexto deste experimento, foi classificada como de ciclo curto. Também é a espécie que apresenta menor altura, constituindo o primeiro degrau dos três consórcios testados.

D. carota, por ser, em relação às outras espécies escolhidas, a segunda cultura a ser retirada do canteiro, fica aqui classificada como de ciclo médio. Forma o segundo degrau dos consórcios, já que é mais alta que *L. sativa* (quando em ponto de colheita que ocorre antes de sua fase reprodutiva).

O. basilicum seria colhido parceladamente (já em fase reprodutiva) até meados da colheita dos frutos de *S. lycopersicum*, por isso, neste trabalho entra na classe de ciclo longo de produção. Por ter porte superior ao de *D. carota* em ponto de colheita (que ocorre antes de sua fase reprodutiva) constitui o terceiro degrau dos consórcios C2 e C3.

Dentre as quatro espécies que foram utilizadas para compor os consórcios testados, a cultura de *S. lycopersicum* foi a mais longeva, por isso classificada como de ciclo estendido. Ela é também a que pode atingir maior altura quando tutorada, e foi a que constituiu o quarto degrau do consórcio C3.

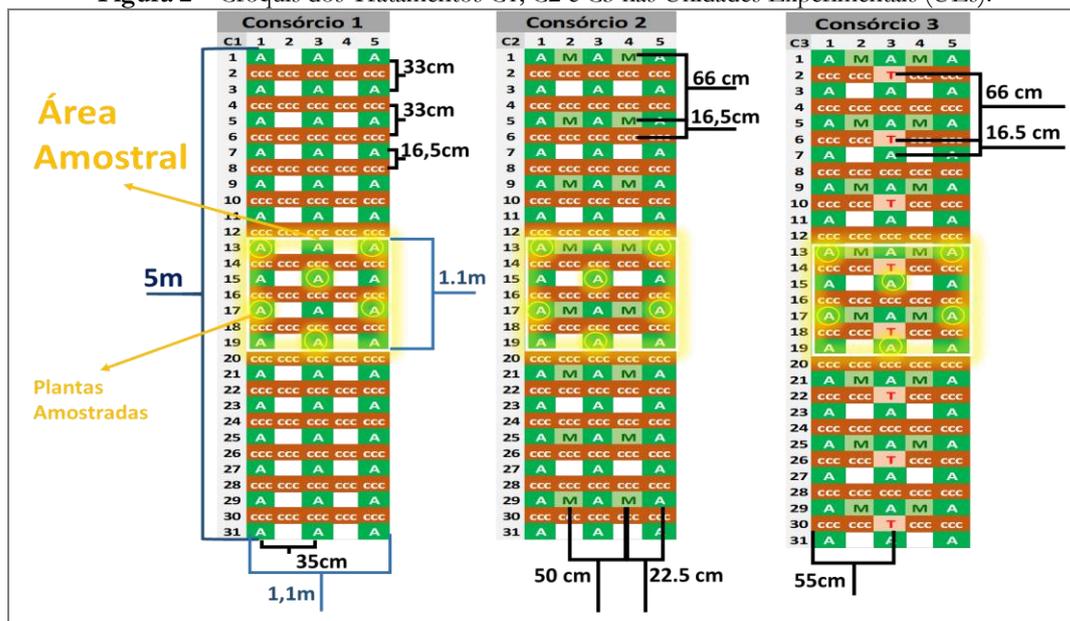
Os cultivos consorciados foram implantados simultaneamente, sendo que as mudas utilizadas foram produzidas em sistema convencional no viveiro da Chácara Morada do Sol em Ribeirão Preto (SP). As mudas de *L. sativa* cultivar Vanda (alface crespa) tiveram suas sementes procedentes da empresa Sakata em Bragança Paulista - SP, Brasil. Já as sementes de *O. basilicum* (manjeriçã) cultivar Basilicão foram produzidas pela empresa Isla em Candiota - RS, Brasil. E as mudas de *S. lycopersicum* (tomate) cultivar Kaline IPA 07, tiveram sementes provenientes da Hortivale em Pombos - PE, Brasil. *D. carota* (cenoura), do grupo Brasília, cultivar Carandaí, por sua vez, foi propagada por semeadura direta manualmente nas unidades experimentais. Tais sementes foram produzidas pela empresa Horticeres em Indaiatuba - SP, Brasil.

As plantas de *L. sativa* foram identificadas individualmente de acordo com sua posição nas linhas e nas colunas de plantio dentro de cada unidade experimental. Na Figura 2 pode ser observado, por exemplo, que no croqui do Consórcio 1 a primeira planta localiza-se na linha 1 e na coluna 1, por isso é identificada pelo código 1.1.

L. sativa e *D. carota* participaram em todos os consórcios experimentados; *O. basilicum* em C2 e C3; e *S. lycopersicum* participou apenas em C3. Sendo que no C1 *L. sativa* foi combinada com apenas uma espécie vizinha; no C2 com duas; e no C3 o cultivo de *L. sativa* foi consorciado com três espécies.

Em cada área amostral foram plantadas doze mudas de *L. sativa* (além das plantas das demais espécies que fizeram parte da composição dos tratamentos experimentais) e coletadas seis amostras em posições previamente definidas (13.1, 13.5, 15.3, 17.1, 17.5, e 19.3) (Figura 2). Os números 13, 17, e 19 referem-se às linhas transversais localizadas dentro das áreas amostrais e os números 1; 3; e 5 referem-se às colunas longitudinais traçadas nos canteiros onde foram instaladas as unidades experimentais (Figura 2).

Figura 2 – Croquis dos Tratamentos C1; C2 e C3 nas Unidades Experimentais (UEs).

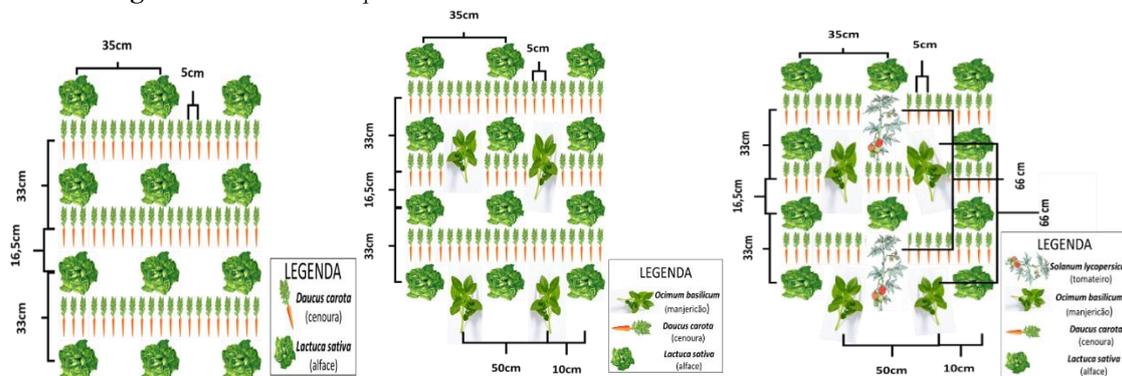


Fonte: Os autores.

O Consórcio 1 consiste na combinação da cultura de *L. sativa* com a de *D. carota*. O primeiro componente deste consórcio é o conjunto de três fileiras longitudinais de *L. sativa* distantes 35 cm entre si, com espaçamento dentro de cada fileira de 33 cm, totalizando 48 plantas de *L. sativa* por UE e 12 em cada área amostral (AA). As fileiras de *L. sativa* foram transpostas por linhas de *D. carota*, também espaçadas a cada 35 cm. As plantas de *L. sativa* ficaram distantes 16,5 cm das linhas transversais de *D. carota*. *D. carota* foi propagada por semeadura direta manual em linhas paralelas no sentido da largura do canteiro para serem posteriormente desbastadas até que cada uma ficasse 5 cm afastada das adjacentes (Figura 3). O Consórcio 1 apresenta densidade de 145% em relação às monoculturas das espécies que o compõem, e a relação entre o número de plantas de cada espécie foi de = 1 *L. sativa* : 7 *D. carota*. O Consórcio 2 foi o resultado da introdução de duas fileiras de *O. basilicum* ao Consórcio 1, alinhadas às de *L. sativa*, distantes 10 cm das fileiras externas de *L. sativa* e espaçadas 50 cm entre si. O espaçamento entre as plantas de *O. basilicum* em cada fileira foi de 66 cm. Assim como as plantas de *L. sativa* ficaram a 16,5 cm das linhas de *D. carota* (Figura 3). O Consórcio 2 apresenta densidade de 245% em relação às monoculturas das espécies que o compõem, e a relação entre o número de plantas de cada espécie foi de = 4 *L. sativa* : 20 *D. carota* : 1 *O. basilicum*. Para o desenho do Consórcio 3 foi preservada a configuração do Consórcio 2 e adicionada a ela uma fileira central com plantas tutoradas de *S. lycopersicum*, onde cada muda foi plantada dentro das linhas de *D. carota* alternadamente. O espaçamento entre as plantas de *S. lycopersicum* foi de 66 cm, ficando a 16,5 cm das de *L. sativa* também situadas na fileira central (Figura 3). O Consórcio 3 apresenta densidade de

345% em relação às monoculturas das espécies que o compõem, e a relação entre o número de plantas de cada espécie foi de = 6 *L. sativa* : 40 *D. carota* : 2 *O. basilicum* : 1 *S. lycopersicum*.

Figura 3 – Desenho Esquemático da Área Amostral dos Consórcios Olerícolas Testados.



Fonte: Os autores.

Para que o ambiente ficasse propício ao cultivo de olerícolas foi necessário manejar os módulos (Tabela 2). O manejo de reativação dos módulos se deu primeiramente pela retirada de plantas espontâneas dos canteiros de árvores, canteiros de entrelinha, corredores e adjacências, por capina com enxada e manual. Depois, foi realizada capina mecanizada, o ajuste e o nivelamento dos canteiros de entrelinha com ancinho. E as árvores foram podadas com auxílio de cordas, escada de alumínio, e de um gancho de metal soldado a um cano de ferro de aproximadamente 4 m de comprimento. Os indivíduos de *Gliricidia sepium* (gliricídias) localizados nos canteiros de árvores e nos corredores centrais tiveram aproximadamente 80% de suas copas podadas com tesourão dotado de cabo telescópico. Os ramos finos e folhas de *G. sepium* foram fragmentados com tesoura de mão e distribuídos uniformemente sobre os canteiros recém nivelados. As touceiras de *Musa sp.* (bananeira) foram desbastadas com facão, poupando-se apenas um afilho tipo chifre, e, em casos isolados, plantas com cacho em maturação. As folhas de *Musa sp.* foram colocadas nos canteiros sobre a camada de fragmentos de copa de *G. sepium* e os pseudocaulos foram rachados longitudinalmente e cortados com facão em fatias usadas para cobertura dos corredores. Em *Eucalyptus sp.* (eucalipto), primeiramente, foi realizada uma poda chamada de levantamento da saia, que consiste em cortar ou serrar rente ao fuste, os ramos baixeiros e intermediários. Esta operação se deu com tesoura de mão, tesourão munido de cabo telescópico, gancho e, por vezes, foram usadas escada de alumínio e cordas. Também foi realizada a poda denominada de “detopagem” em *Eucalyptus sp.*, quando os topos dessas árvores foram removidos com tesourão poupando de 2 a 6 ramos. Então os ramos finos e

folhas foram fragmentados com tesoura de mão e distribuídos uniformemente nos canteiros sobre as folhas de bananeira e nas laterais com a finalidade de evitar a desidratação excessiva do solo.

No sítio Ipê Amarelo uma barreira formada de *Pennisetum purpureum* cv. Napier (capim elefante cultivar Napier) de aproximadamente 60 m de comprimento, localizada no lado Noroeste a 2 m do Canteiro de Árvores 2, foi cortada com facão e triturada em triturador de forragem. O material triturado foi usado para cobrir os canteiros dos Blocos 1 e 2 após a adubação de base. Essa roçada também foi importante para o aumento da iluminação do módulo agroflorestal em questão. No sítio Santa Bárbara, 50 m² de *Megathyrsus maximus* (capim mombaça) (localizado fora da horta agroflorestal) foram cortados com facão. Os feixes secos de capim foram usados dois meses depois para cobrir os canteiros dos Blocos 3 e 4 após a adubação de base. Os canteiros foram deixados em pousio por aproximadamente 80 dias no sítio Ipê Amarelo e 60 dias no sítio Santa Bárbara, para que o plantio não coincidisse com o início da decomposição da adubação verde em cobertura. Esse período também foi estratégico para observar o aparecimento de plantas espontâneas, sobretudo de ciperáceas no sítio Ipê Amarelo, já que se esperava emergência agressiva de ervas pelo aumento da iluminação provocado pela poda.

Tabela 2 – Histórico dos Módulos dos Sítios Ipê Amarelo e Santa Bárbara

Histórico dos pares de Blocos Experimentais	Bloco 1 e Bloco 2 Sítio Ipê Amarelo	Bloco 3 e Bloco 4 Sítio Santa Bárbara
Data da implantação do módulo	Julho de 2014	Agosto de 2014
Período de manejo do módulo	12 a 21/04/2016	04/05 a 02/06/2016
Tempo de pousio dos canteiros de árvores	20 meses	19 meses
Tempo de pousio dos canteiros de entrelinha	4 meses	12 meses

Fonte: Os autores.

Após o pousio foi realizado o remanejamento dos módulos, quando foram retiradas as plantas espontâneas emergentes e alguns rebrotes de cultivos remanescentes. Foram podadas as brotações de ramos laterais nas árvores de *Eucalyptus sp.* e os brotos de *Musa sp.*, que nasceram nas touceiras desbastadas durante o manejo, foram extraídos com alavanca. Além dessas operações, foram realizadas no remanejamento algumas atividades de organização do espaço circundante aos módulos trabalhados, tais como a preparação para o início do experimento com os consórcios olerícolas.

Durante a instalação do experimento foram coletadas amostras de solo para análise laboratorial nos módulos agroflorestais ainda em pousio de 0 até 20 cm de profundidade, seguindo a metodologia de Raij et al. (1997). A adubação foi exclusivamente orgânica e

quantificada de acordo com resultados da análise de solo realizada. Vista a semelhança dos resultados das análises de solo para os dois módulos agroflorestais, a adubação adequada para cada consórcio foi replicada nos 4 blocos experimentais. O cálculo para determinação da quantidade de cada tipo de fertilizante orgânico que foi administrado nas unidades experimentais se baseou na média de dados da composição química dos ingredientes obtidos na bibliografia. A fertilização foi quantificada de modo a aplicar doses ajustadas para cada cultivo dos consórcios e dividida em 3 categorias: adubação com material arbóreo em cobertura (Tabela 3); adubação de base em cobertura (Tabela 4); e adubação parcelada em cobertura (Tabela 5). Como o experimento foi encerrado logo após o término da colheita de *L. sativa*, a adubação fornecida para os Consórcios 2 e 3 foi idêntica àquela que fora planejada para o Consórcio 1. Deste modo para C1; C2 e C3 foram fornecidas, além da adubação verde com material arbóreo, a adubação de base e uma dose de adubação parcelada 20 dias após o transplante das mudas.

Tabela 3 – Adubação com Material Arbóreo

Função	Fertilizantes	Quantidade	Data da aplicação
Fonte de Matéria Orgânica	Folhas e ramos de gliricídia	2 kg matéria fresca/m ²	Aproximadamente 110 dias antes do plantio
	Folhas de bananeira	2 kg matéria fresca/m ²	Aproximadamente 105 dias antes do plantio
	Folhas e ramos de eucalipto	2 kg matéria fresca/m ²	Aproximadamente 100 dias antes do plantio

Fonte: Os autores.

A adubação com material arbóreo foi uma consequência do manejo de reativação dos módulos agroflorestais e consistiu na adição dos ramos podados nos canteiros de entrelinha de modo a sobrepor três camadas homogêneas (Tabela 3). Foi depositada uma camada com 2 kg de matéria fresca por m² de ramos finos e folhas fragmentados de *G. sepium*; sobre ela foram distribuídos 2 kg de matéria fresca por m² de folhas de *Musa sp.*; a terceira e última camada foi de 2 kg por m² de ramos finos e folhas fragmentados de *Eucalyptus sp.*

As adubações de base (Tabela 4) e parcelada (Tabela 5) foram fornecidas uniformemente e com doses idênticas para todos os tratamentos em todas as unidades experimentais. A adubação de base foi realizada um dia antes do plantio e a parcela única aos 20 dias após o plantio. Elas foram compostas pelos mesmos tipos de fertilizantes orgânicos.

O composto orgânico foi produzido através da combinação de esterco de galinhas poedeiras e palha de *Panicum maximum* (capim coloniã). O esterco de galinhas poedeiras

foi comprado, já a palha de *P. maximum*, foi coletada na área do Centro de Formação Sócio Agrícola Dom Helder Câmara, onde também foi conduzida a compostagem.

As cinzas de fogueira aplicadas nas unidades experimentais foram coletadas no Centro de Formação Sócio Agrícola Dom Helder Câmara. Logo após a adubação de base, os canteiros dos Blocos 1 e 2 foram cobertos com palha de *P. purpureum* cv. Napier triturado. Nos Blocos 3 e 4, feixes secos de *M. maximus* foram usados para a cobertura final dos canteiros.

Tabela 4 – Composição da Adubação de Base

Função	Fertilizantes	Quantidade	Aplicação
Fonte de Nitrogênio	Composto de esterco de poedeiras	2.20 kg/m ²	1 dia antes do plantio
Fonte de Potássio	Cinzas de fogueira	0.20 kg/m ²	1 dia antes do plantio

Fonte: Os autores.

Tabela 5 – Composição da Dose Única da Adubação Parcelada

Função	Fertilizantes	Quantidade	Aplicação
Fonte de Nitrogênio	Composto de esterco de poedeiras	0.45 kg/m ²	20 dias após plantio
Fonte de Potássio	Cinzas de fogueira	0.20 kg/m ²	20 dias após plantio

Fonte: Os autores.

O plantio dos consórcios olerícolas foi realizado manualmente, nos Blocos 1 e 2 no dia 08 de julho de 2016 e nos Blocos 3 e 4, em 15 de agosto de 2016 (Tabela 6). *L. sativa*, *O. basilicum* e *S. lycopersicum* foram propagadas por mudas e *D. carota* por sementes. Na ocasião do plantio do Consórcio 3, no Bloco 3, ocorreu um acidente na tubulação do sistema de irrigação que atrasou a hidratação das mudas recém transplantadas na unidade experimental 3a, ocasionando um ressecamento excessivo das mesmas. Tal evento comprometeu drasticamente o desenvolvimento das plantas na unidade experimental 3a, de modo que esta foi considerada como parcela perdida.

Tabela 6 – Datas das Principais Operações nos Blocos Experimentais

Operação	Blocos 1 e 2	Blocos 3 e 4
Manejo e adubação com material arbóreo	13 a 17/04/2016	17 a 31/05/2016
Adubação de base	03/07/2016	04/08/2016
Plantio	08/07/2016	15/08/2016
1ª adubação parcelada	05/07/2016	15/09/2016
Colheita de alface	24/08/2016	30/09/2016

Fonte: Os autores.

As unidades experimentais (UEs) foram irrigadas de maneira uniforme duas vezes por dia, com aproximadamente 2 mm de água por volta das 8:00 horas e mais 2 mm entre 16:00 e 18:00 horas, exceto em dias chuvosos. Além da dose única de adubação parcelada em cobertura, os tratamentos culturais realizados entre o plantio e a colheita de *L. sativa*, foram: tutoramento e desrama das plantas de *S. lycopersicum* (quando necessário) nas UEs tratadas com o consórcio C3; remoção das inflorescências das plantas de *O. basilicum* nas UEs tratadas com os consórcios C2 e C3; e eliminação de todas as plantas de *L. sativa* comprometidas pela doença virótica mosaico da alface nas UEs, onde foram observadas plantas doentes. No período que antecedeu a colheita de *L. sativa* não foi realizada a remoção de plantas espontâneas.

A produção de matéria seca (MS) em gramas (g) do conjunto de plantas de *L. sativa* amostradas em cada UE é uma variável quantitativa contínua e foi escolhida para expressar se os cultivos consorciados afetariam a produtividade de *L. sativa*. As amostras da parte aérea de *L. sativa* foram coletadas aos 47 dias após o transplante das mudas, sendo que as áreas amostrais nas unidades experimentais foram demarcadas com um quadrado de madeira montável contornado por fita de sinalização zebra com 1,10 m x 1,10 m. Para obtenção dos dados, foi realizada colheita das plantas de *L. sativa* em uma área amostral de cada vez. As amostras foram cortadas com faca a 1 cm da superfície do solo e as folhas externas impróprias ao consumo foram descartadas manualmente. Logo após, as folhas de cada planta foram destacadas uma a uma e embrulhadas conjuntamente em papel absorvente onde foram submetidas a pré-secagem à sombra.

No dia seguinte, as amostras foram embaladas em sacos de papel pardo e levadas ao Laboratório de Fisiologia Vegetal da Faculdade de Agronomia da Universidade Moura Lacerda de Ribeirão Preto, onde foram submetidas à secagem em estufa com ar forçado à 75°C, até as amostras apresentarem peso estável. No mesmo laboratório, as amostras já secas foram pesadas individualmente em balança com 0,10 g de precisão, resultando na obtenção do peso da matéria seca de cada planta amostrada.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o Ambiente Estatístico R (R Core Team, 2016). Primeiramente, foi realizada análise exploratória dos dados através das estatísticas descritivas. Gráficos de caixas acinturadas mostraram a comparação do resultado para os tratamentos, sítios, blocos e unidades experimentais. Na sequência foi realizada a Análise de Variâncias (ANOVA) apropriada para DBC com $\alpha = 0,05$ de significância com uma parcela perdida, referente à unidade experimental 3a. Nos casos em que fossem detectadas diferenças significativas, empregar-se-ia o Teste Tukey a 5%, escolhido a priori, por ser considerado rigoroso, já que ele reduz o risco de se cometer Erro

do Tipo I, ou seja, aceitar que médias sejam diferentes quando na verdade elas são iguais. A normalidade foi verificada através de gráficos de dispersão dos resíduos, bem como pelo Teste de Shapiro-Wilk sobre os resíduos. Como todos os métodos empregados informaram que existe normalidade no conjunto de dados, para verificar se as variâncias são homogêneas foi realizado manualmente o Teste do F Máximo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando-se as propriedades emergentes das comunidades vegetais, conforme Odum (1988), não é necessário conhecer as partes antes que o conjunto possa ser compreendido. No entanto, de acordo com Vandermeer (1989), quando o interesse da pesquisa está direcionado para a “engenharia de consórcios”, a questão prática de como usar o conteúdo teórico no contexto do design da combinação pode seguir duas vertentes. Na abordagem fenomenológica, o problema é formulado com fito na resposta de uma espécie a diferentes quantidades de outra, para cada uma das espécies envolvidas. Nela, a preocupação é simplesmente com o efeito quantitativo, ignorando as especificidades das causas subjacentes desse efeito. Então a competição e a facilitação são pensadas como fenômenos finalísticos, independentemente dos mecanismos que as produzem, sendo favorável à generalização. Já a visão mecanicista se atenta a observar mais o funcionamento dos mecanismos do que seus efeitos, e é apresentada em duas grandes categorias, mecanismos de competição reduzida e mecanismos de facilitação. Dentro da categoria de competição reduzida estão incluídos dois tópicos: partição de nicho e recursos de partição. Similar à abordagem fenomenológica descrita por Vandermeer (1989), Odum e Barrett (1971) já haviam desenvolvido um sistema de classificação das interações entre pares de organismos de espécies diferentes que podem ser usadas para interpretar resultados de consórcios entre plantas, com foco no resultado da interação: positiva (+), negativa (-) ou neutra (0), e não no mecanismo envolvido enquanto ele ocorre (GLIESSMAN, 2009).

Visto isso, optou-se por uma avaliação fenomenológica a partir dos efeitos quantitativos das espécies consorciadas, sobre a cultura de *Lactuca sativa* (alface), resultantes das possíveis relações interespecíficas que poderiam ocorrer nas combinações testadas, e não no desempenho dos consórcios como um todo. O Consórcio 1 (C1) que consiste em uma combinação entre as culturas de *L. sativa* e *Daucus carota* (cenoura) foi a base de comparação com os outros dois tratamentos: Consórcio 2 (C2) e Consórcio 3 (C3).

Apesar da densidade dos consórcios variarem de 145% em C1; passando a 245% em C2; até 345% em C3, em relação às respectivas monoculturas, de acordo com a

ANOVA ($p < 0,05$) e com uma parcela perdida (Tabela 7), não foram detectadas diferenças significativas na produção de matéria seca de *L. sativa* entre os tratamentos C1, C2 e C3.

Tabela 7 – Resumo da ANOVA para DBC com 1 Parcela Perdida da Matéria Seca de *Lactuca sativa*

Fonte da Variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrados Médios	F calculado	P valor (>F)
Tratamento	2	12.8	6.41	1.146	0.86
Blocos	3	331.0	110.32	2.504	0.06
Resíduo	60	2643.2	44.05		

Fonte: Os autores.

Independentemente de que as interações sejam positivas ou negativas, elas podem causar substituição gradual de espécies ao longo do tempo, atuando como agentes da sucessão ecológica (CAIN; BOWMAN; HACKER, 2011), sendo que a competição tem sido considerada o motor da seleção natural. No entanto, foi observado que evitá-la pode ser vantajoso. Embora a seleção por habilidade competitiva tenha sido muito importante na evolução, a seleção para a coexistência, ou seja, “seleção de grupo” pode ser mais regra do que exceção, já que a habilidade de “evitar” a competição e poder coexistir em comunidades mistas traz vantagens para todos os seus membros (GLIESSMAN, 2009). As espécies também podem coexistir por meio de facilitação, onde uma ou várias fornecem recursos ou melhoram as condições ambientais para outras, através da modificação do ambiente e/ou a disponibilidade de recursos limitantes (CALLAWAY, 1995). Inclusive, segundo Gaba et al. (2015), há indícios de que em alguns casos, microrganismos intermedeiam interações positivas entre plantas.

Segundo Odum (1988), em ecossistemas naturais é predominante a ocorrência de interações negativas em comunidades pioneiras que evoluem para relações simbióticas positivas nos estágios mais avançados. Ao mesmo tempo, hipoteticamente, no estágio pioneiro as plantas estariam despendendo menos energia para competição do que no estágio secundário. Por outro lado, é esperado que, em estágios mais tardios da sucessão, a competição tenha um papel mais dominante que a facilitação, uma vez que na maioria das sequências sucessionais, interações de facilitação são importantes condutores da sucessão inicial, já que organismos que conseguem tolerar e modificar esses ambientes fisicamente desafiadores irão se desenvolver e facilitar outros organismos sem essas habilidades. À medida que a sucessão avança, espécies de crescimento lento e vida longa começam a dominar, tendendo a ser maiores e mais competitivamente dominantes que as espécies sucessionais iniciais, geralmente aumentando a riqueza de espécies. Portanto, há um vasto

conjunto de interações negativas operando nos estágios intermediários e avançados da sucessão (CAIN; BOWMAN; HACKER, 2011).

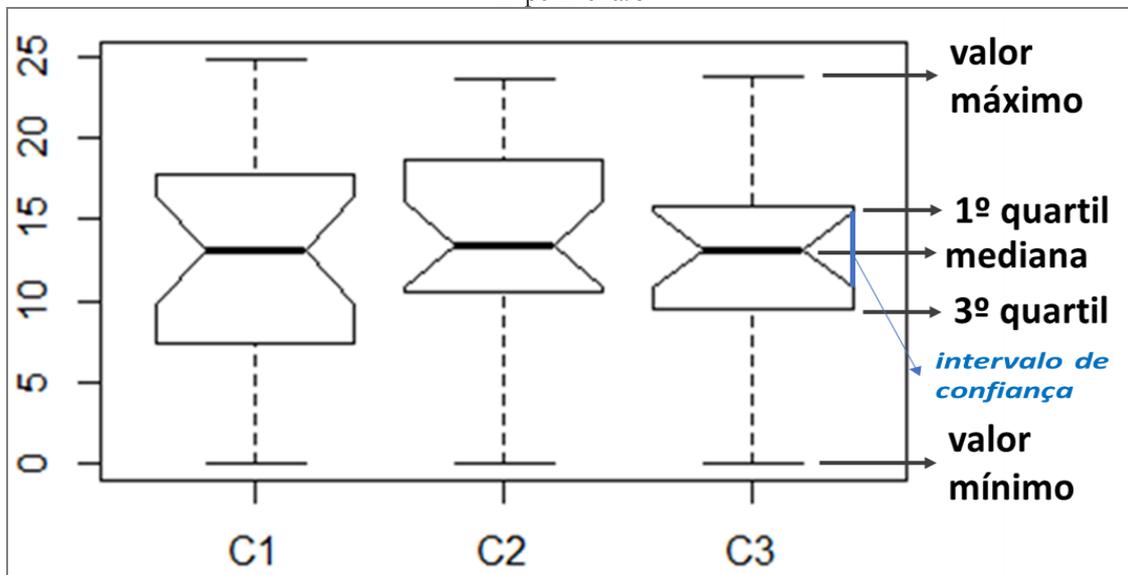
Uma maior densidade de plantas em determinada área gera competição intraespecífica e interespecífica, causando perdas no crescimento umas das outras, mas, de acordo com o “Princípio de Alle”, a agregação pode favorecer um grupo de indivíduos de uma população de plantas por facilitar a reprodução (em alguns casos), ou pela formação de um microclima mais favorável, por exemplo, na resistência à ação do vento, entre outros benefícios (ODUM, 1988).

Na agricultura convencional, a competição é o tipo de interação que recebe mais cuidado, ao ponto que nas monoculturas se tenta eliminar as relações entre espécies e minimizar a competição intraespecífica (GLIESSMAN, 2009). Existem razões teóricas convincentes para se esperar que a competição interespecífica seja importante na moldagem de comunidades mediante a determinação de quais e quantas espécies podem coexistir, mas ela pode tanto ocasionar exclusão competitiva como levar à diferenciação de nichos, e até mesmo a uma diferenciação complementar (BEGON; TOWNSEND; HARPER, 2007). Essa diferenciação envolve diversas dimensões do nicho, e as espécies podem ocupar posições similares ao longo de uma dimensão e diferir em outra dimensão (ODUM; BARRET, 2008). Quando não ocorre sobreposição de nichos entre espécies vizinhas, por exemplo, devido à morfologia, ou pelo consumo de alimentos alternativos, elas tendem a competir menos, tornando mais provável a sua coexistência (TILMAN, 1990). Essas regras de montagem acabam por impedir a exclusão competitiva (JONER, 2012; BEGON; TOWNSEND; HARPER, 2007) e ao mesmo tempo promovem o aumento da biodiversidade. Em termos ecológicos, a complementariedade minimiza a sobreposição de nichos entre as espécies associadas, minimizando assim a competição (ALTIERI, 2012). No entanto, segundo Gliessman (2009), a agricultura convencional tende a eliminar as interações benéficas e substituí-las por insumos de base cultural.

Então, o resultado expresso na Tabela 7 pode levar a duas interpretações quanto ao estabelecimento de relações ecológicas em nível de comunidade biótica: a) de que não houve interação de *L. sativa* com *O. basilicum* e *S. lycopersicum*, ou b) caso tenha ocorrido interação entre elas, o efeito foi neutro (0). No Consórcio 2, as plantas de *O. basilicum* não teriam provocado interferências positivas (por exemplo: de facilitação) ou negativas (por exemplo: competitiva) no ambiente ao ponto de provocar aumento ou redução da produção de matéria seca de *L. sativa*. Do mesmo modo que no Consórcio 3, a presença das culturas de *O. basilicum* e *S. lycopersicum* em conjunto, associadas à combinação de *L.*

sativa com *D. carota*, também não teria interferido no desempenho da cultura de *L. sativa* (Figura 4).

Figura 4 – Produção de Matéria Seca de *Lactuca sativa* nos Tratamentos Experimentais.



Fonte: Os autores.

Se nos tratamentos C2 e C3 a produção de matéria seca da cultura de *L. sativa* tivesse sido maior do que em C1, *O. basilicum* isoladamente no C2 e em conjunto com *S. lycopersicum* no C3, teriam causado efeito de facilitação na cultura de *L. sativa*. De outro modo, se a cultura de *L. sativa* tivesse sucumbido antes da colheita, provavelmente teria ocorrido uma sobreposição de nichos acentuada, em que a cultura de *L. sativa* teria sido dominada pela de *O. basilicum* em C2 e pela combinação de *O. basilicum* com *S. lycopersicum* em C3, evidenciando o fenômeno da exclusão competitiva. Portanto, a ausência de efeito significativo dos tratamentos sobre a produção de matéria seca de *L. sativa* no presente experimento provavelmente é resultado do fenômeno da produção competitiva, na qual os efeitos depressores interespecíficos de *O. basilicum* isoladamente no C2 e em conjunto com *S. lycopersicum* no C3 não teriam sido fortes o suficiente para ocasionar redução do peso seco de *L. sativa*. Contudo, a ausência de efeito da introdução de um número crescente de cultivos nestes consórcios pode estar indicando que o critério de combinar espécies que ocupem o espaço ao longo do tempo de forma complementar, não ocasionou competição entre diferentes cultivos, mesmo com o aumento da densidade de plantas. Assim sendo, entende-se que os nichos ocupados pelas espécies consorciadas nos tratamentos experimentados não se sobrepuseram a ponto de gerar interferências competitivas interespecíficas. Muito embora, aparentemente, a competição interespecífica tenha sido evitada, tampouco foram observados ganhos produtivos na cultura de *L. sativa* decorrentes

do acréscimo de mais cultivos aos consórcios. Souza (2012) também obteve resultados positivos em experimentos realizados com produção de olerícolas consorciadas em hortas agroflorestais.

Como referência de engenharia de interações vegetais, para os Kayapó, a unidade vegetal manipulada no manejo ecológico é *kotam* – a comunidade vegetal, ou seja, lançam mão do conceito de consórcio em detrimento das espécies individuais. Por exemplo *Genipa americana* (jenipapo) e *Bixa orellana* (urucum) são chamadas de “companheiras do mamão” (*Carica papaya*). Da mesma forma, tem-se a associação de plantas de “*Musa sp.* (bananeira) com dezenas de espécies tuberosas comestíveis que se desenvolvem à sua sombra, chamadas de “companheiras das bananas” - *tytyti kotam* pelos indígenas. Que nas roças Kayapó modificam as condições do solo, criando um microambiente especializado e promovendo efeito de facilitação, uma vez que formam microzonas de cultivo dentro de capoeiras em processo de amadurecimento. As companheiras das bananas, continuam a crescer junto a elas até que a floresta secundária em expansão atinja uma altura tal que deixe de favorecer essa comunidade vegetal, quando isso ocorre, brotos de velhas bananeiras são transferidos para novas roças e suas “companheiras” levadas para junto de touceiras já formadas em outras roças em processo de amadurecimento (POSEY, 1987).

É possível que muitas espécies domesticadas tenham sido submetidas à seleção dirigida para a coexistência, ao serem mais cultivadas em policulturas, durante milhares de anos, teriam coevoluído desenvolvendo adaptações à exemplo da Milpa - consórcio entre milho, feijão e abóbora (GLIESSMAN, 2009). Segundo Odum (1988), as associações recentes têm maior probabilidade de desenvolver interações extremamente negativas. Essa informação leva a pensar que as espécies, combinadas em um consórcio, tendem a se adaptar à presença umas das outras na direção do estabelecimento de relações positivas. Considerando as duas afirmativas acima, seria menos provável obter propriedades emergentes em um consórcio combinado aleatoriamente do que como resultado de modificações adaptativas provocadas por interações vegetais manipuladas ou não por agricultores durante uma sequência de cultivos, desde que as sementes fossem resgatadas e replantadas a cada ciclo, seguindo as mesmas densidades e combinação espacial entre as espécies.

Para Davis e Woolley (1993), embora a maioria dos programas de melhoramento genético tenham sido focados em cultivares que não foram desenvolvidas especificamente para serem consorciadas, é possível realizar programas de cruzamento e seleção de variedades voltadas para consórcios e que é viável a obtenção de ganho de eficiência nas progênes provenientes de sistemas consorciados, mesmo nas primeiras gerações da

seleção. Neste sentido, Zuppinge-Dingley et al. (2014) realizaram seleção genética dirigida para uma maior diferenciação de nichos, através do deslocamento de caracteres durante 8 anos em consórcio composto por 12 espécies forrageiras, o resultado foi o aumento da coexistência das espécies.

Questionamos então, se a possível ausência de interação positiva entre as culturas consorciadas possa ser devido às variedades usadas não terem sido submetidas à seleção dirigida para a coexistência, que promoveria propriedades emergentes decorrentes de interações positivas entre as espécies, conforme apontado por Gliessman (2009), em relação à Milpa. Fica também a indagação de quantas gerações seriam necessárias para o desenvolvimento de adaptações que proporcionem a complementariedade de nichos entre as culturas nos consórcios testados.

Por outro lado, divergindo do que foi exposto por Odum (1988), mesmo se tratando de associações novas, não foram obtidas evidências de que as culturas consorciadas tenham competido fortemente. Nesse contexto, aponta-se aqui que a intensificação de pesquisas em recursos genéticos dirigida para coexistência e estabelecimento de sinergias entre espécies em combinações complexas poderia vir a contribuir no desenvolvimento de consórcios sucessionais, de modo a preencher uma lacuna apontada por Jose, Gillespie e Pallardy (2004), que denunciaram a carência de programas de seleção genética de características para reduzir a competição interespecífica e maximizar os benefícios ambientais em cultivos mistos. Litrico & Violle (2015) apontaram que foram raras as tentativas de seleção de espécies para o desenvolvimento da capacidade de conviver bem com outras espécies, já que as misturas com apenas dois componentes parecem bastante ineficientes para responder às necessidades agroecológicas reais, para eles, esta é a pedra angular do desafio para o melhoramento vegetal, que deverá se concentrar em atributos de interação identificados nos estudos ecológicos, com destaque aos ritmos de crescimento das espécies (WOLKOVICH; COOK; DAVIES, 2014).

Para Gaba et al. (2015), o gerenciamento de interações bióticas como facilitação, competição e mutualismos com práticas agrícolas apropriadas fornecem uma ampla gama de oportunidades para associar recursos específicos e otimizar as funções em sistemas consorciados. No entanto, para atingir esse objetivo, é necessário ampliar o entendimento através de uma abordagem multidisciplinar que combine a genética, a ecologia e as ciências agrícolas.

No geral, em ecossistemas naturais, os organismos com parentesco próximo, com hábitos ou morfologias semelhantes, não ocorrem no mesmo local. Entretanto, se

ocorrerem no mesmo local, usarão diferentes recursos ou serão ativos em momentos diferentes (ODUM; BARRET, 2008).

De acordo com o Princípio da Exclusão Competitiva (GAUSE, 1934), ao se consorciar espécies que ocupem o mesmo nicho, a coexistência não seria possível devido a uma forte competição que se desenvolveria, causando a eliminação de uma delas (ODUM, 1988; ODUM; BARRET, 2008; TOWNSEND; BEGON; HARPER, 2010). Já o “Princípio da Produção Competitiva” elucida que uma competição fraca entre culturas pode tornar a consorciação vantajosa em relação às respectivas monoculturas. Nesse mecanismo, a vantagem decorre apenas da fraqueza da interação. Dada a semelhança formal entre os princípios da exclusão competitiva e da produção competitiva, resta a busca do entendimento dos mecanismos que levam um dado consórcio a apresentar uma ou mais propriedades emergentes (VANDERMEER, 1989). Portanto, o manejo de agroecossistemas requer uma identificação detalhada das interações competitivas entre as plantas para que não reste ao produtor apenas a opção de disponibilizar recursos em excesso. Essa afirmação ressalta a ideia de que, se os consórcios forem desenhados para evitar a competição através da escolha de plantas com padrões de usos complementares de recursos, haverá uma redução da necessidade de aplicação de insumos sem a perda de produtividade dos cultivos individualmente (GLIESSMAN, 2009).

Embora tenhamos analisado consorciações sucessionais pela ótica da produção, não está sendo considerado que ela englobe todos os outros indicadores de desempenho de consórcios. Nem mesmo que a produção isoladamente justifique a relevância ou não da associação de cultivos. Devido ao envolvimento desta pesquisa na promoção de processos biológicos, a busca não está focada apenas no aumento da produtividade das culturas, à exemplo da pesquisa agrônômica tradicional, mas sim na sustentabilidade e resiliência dos agroecossistemas em longo prazo, aliadas a uma melhor performance na prestação de serviços ecossistêmicos de regulação.

Apesar de que em muitos experimentos com populações e comunidades naturais a competição interespecífica tenha reduzido mais a produtividade do que a competição intraespecífica (BEGON; TOWNSEND; HARPER, 2007), é importante ressaltar que dentro de um consórcio, mesmo quando sucessional, as perdas e ganhos são relativas. Como exemplos, Veiga Silva (2008), ao testar o tradicional consórcio Milpa entre milho, feijão e abóbora, verificou uma perda da produtividade no feijão em detrimento de um maior rendimento de milho. Logo, a participação do feijão no consórcio teria um caráter de facilitador do milho, enquanto o próprio feijão estaria sofrendo por interferência competitiva por uma ou mais espécies associadas a ele, mesmo assim, o consórcio como

um todo apresentou um melhor desempenho do que as respectivas monoculturas separadamente. Além disso, teoricamente, cultivos consorciados podem reduzir a incidência de pragas e doenças, proporcionando maior produtividade e tornando desnecessário o uso de pesticidas. Por outro lado, em algumas associações de culturas a competição entre as plantas de espécies diferentes pode ser maior que a competição entre as plantas da mesma espécie, fazendo com que um ou mais dos cultivos consorciados produzam menos do que em monocultura (VANDERMER, 1989; GLIESSMAN, 2009; ALTIERI, 2012). No entanto, apesar do grande número de estudos que documentam menor abundância de pragas em consórcios, poucos examinaram se a redução de pragas está relacionada com a produtividade (ALTIERI, 2012). Mas, embora um consórcio realize um uso menos eficiente da terra do que as monoculturas das espécies que o compõem, essa perda de produtividade, devido a competição interespecífica, pode ser entendida como que neutralizada pelas possíveis perdas ocasionadas por pragas e doenças. Já que, como comentado por Altieri (2012), geralmente acometem mais drasticamente as monoculturas do que os cultivos consorciados. Então, haveria um equilíbrio perde – perde, entre consórcio e monoculturas, ou seja, em vez de perder produtividade pelos ataques de predadores e parasitas, se perderia produtividade pela competição interespecífica.

Outra consideração pertinente a se fazer é que nos consórcios onde a competição interespecífica prejudica a produtividade total, a dispensa da necessidade de pesticidas, promove a oferta de alimentos isentos de resíduos nocivos, fato que de determinado ponto de vista pode ser entendido como uma compensação à redução da produção. Portanto, o presente experimento traz à tona uma vantagem cultural conferida pelo sistema adotado, uma vez que nos consórcios sucessoriais testados, que foram conduzidos sem a presença de insumos sintéticos e tóxicos, além de lograr uma produção de alimentos de qualidade supostamente superior aos convencionais e prestar serviços ecossistêmicos de regulação, não houve perdas produtivas para *L. sativa*, decorrentes de uma maior densidade de cultivo característica de consórcios de adição.

CONCLUSÕES

A combinação de cultivos olerícolas de acordo com a lógica da sucessão no espaço ao longo do tempo, não aumentou nem reduziu a produtividade de *Lactuca sativa* (alface) em hortas agroflorestais.

A introdução do cultivo de *Ocimum basilicum* (manjeriço) a um consórcio de *Lactuca sativa* (alface) e *Daucus carota* (cenoura) não causou efeito sobre a produção de matéria seca de alface em hortas agroflorestais.

A introdução do cultivo de *Solanum lycopersicum* (tomate) tutorado a um consórcio de *Lactuca sativa* (alface), *Daucus carota* (cenoura) e *Ocimum basilicum* (manjeriço) não causou efeito sobre a produção de matéria seca de alface em hortas agroflorestais.

O presente experimento traz à tona uma vantagem cultural conferida pelo sistema adotado, uma vez que nos consórcios sucessoriais testados, que foram conduzidos sem a presença de insumos sintéticos e tóxicos, além de lograr uma produção de alimentos de qualidade diferenciada dos convencionais e prestar serviços ecossistêmicos de regulação, não houve perdas produtivas para *Lactuca sativa* decorrentes de um maior adensamento no plantio.

Pesquisas em recursos genéticos vegetais, dirigida para coexistência e o estabelecimento de sinergias entre plantas em combinações complexas, com base na complementariedade do ritmo de crescimento das espécies são importantes para o desenvolvimento de consórcios sucessoriais.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas da Universidade Federal de Santa Catarina (PPGA/UFSC); ao Movimento dos Trabalhadores Sem Terra (MST); e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

ALTIERI, M. A. **Agroecologia**: bases científicas para uma agricultura sustentável. 3. ed. Rio de Janeiro: Expressão Popular, 2012.

BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. **Ecologia**: de indivíduos a ecossistemas. Porto Alegre: Artmed, 2007.

BLANK, A. F.; CARVALHO FILHO, J. L. S. D.; NETO, S.; ALVES, P. B.; ARRIGONI-BLANK, M. D. F.; SILVA-MANN, R.; MENDONÇA, M. D. C. Caracterização morfológica e agrônômica de acessos de manjeriço e alfavaca. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 113-116, jan./mar. 2004.

CAIN, M. L.; BOWMAN, D. W.; HACKER, S. D. **Ecologia**. Porto Alegre: Artmed, 2011.

CALLAWAY, R. M. Positive interactions among plants. **The Botanical Review**, v. 61, n. 4, p. 306-349, 1995.

CALLAWAY, R. M.; BROOKER, R. W.; CHOLER, P.; KIKVIDZE, Z.; LORTIE, C. J.; MICHALET, R.; ARMAS, C. Positive interactions among alpine plants increase with stress. **Nature**, v. 417, n. 6891, p. 844-848, 2002.

CARDINALE, B. J.; WRIGHT, J. P.; CADOTTE, M. W.; CARROLL, I. T.; HECTOR, A.; SRIVASTAVA, D. S.; WEIS, J. J. Impacts of plant diversity on biomass production increase through time because of species complementarity. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 104, n. 46, p. 18123-18128, 2007.

CHESSON, P. Mechanisms of maintenance of species diversity. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 31, n. 1, p. 343-366, 2000.

DAVIS, J. H. C.; WOOLLEY, J. N. Genotypic requirement for intercropping. **Field Crops Research**, v. 34, n. 3-4, p. 407-430, 1993.

CARVALHO, L. M.; CAMPOS, E. D. Cultivo consorciado de manjeriço em sistema de produção orgânico. **Embrapa Tabuleiros Costeiros - Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2012.

FAVORITO, P. A.; ECHER, M. M.; OFFEMANN, L. C.; SCHLINDWEIN, M. D.; COLOMBARE, L. F.; SCHINEIDER, R. P.; HACHMANN, T. L. Características produtivas do manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) em função do espaçamento entre plantas e entre linhas. **Revista brasileira de plantas medicinais**, v. 13, p. 582-586, 2011.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2006.

GABA, S.; LESCOURRET, F.; BOUDSOCQ, S.; ENJALBERT, J.; HINSINGER, P.; JOURNET, E. P.; PELZER, E. Multiple cropping systems as drivers for providing multiple ecosystem services: from concepts to design. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 35, n. 2, p. 607-623, 2015.

GAUSE, G. F. Experimental analysis of Vito Volterra's mathematical theory of the struggle for existence. **Science**, v. 79, n. 2036, p. 16-17, 1934.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. 4. ed. Porto Alegre RS: Editora da UFRGS, 2009.

GOOGLE. Google Earth. Version 7.1.5.1557. Ano 2017. Disponível em: <<https://www.google.com.br/earth/download/ge/agree.html>>. Acesso em: 25 ago. 2017.

HORTICERES. Disponível em: <<http://www.horticeres.com.br>>. Acesso em: 20 maio 2016.

JONER, F. **Padrões de organização em comunidades de plantas herbáceas**. 2012. 146 f. Tese (Doutorado em Ecologia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

JOSE, S.; GILLESPIE, A., R.; PALLARDY, S. G. Interspecific interactions in temperate agroforestry. **Agroforestry Systems**, v. 61, n. 1-3, p. 237-255, 2004.

KÖRNER, C.; STÖCKLIN, J.; REUTHER-THIÉBAUD, L.; PELAEZ-RIEDL, S. Small differences in arrival time influence composition and productivity of plant communities. **New Phytologist**, v. 177, n. 3, p. 698-705, 2008.

LIEBMAN, M.; DYCK, E. Crop Rotation and Intercropping Strategies for Weed Management. **Ecological Applications**, v. 3, n. 1, p. 92-122, 1993.

LITRICO, I.; VIOLLE, C. Diversity in plant breeding: a new conceptual framework. **Trends in plant science**, v. 20, n. 10, p. 604-613, 2015.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988.

ODUM, E. P.; BARRETT, G. W. **Fundamentals of ecology**. Philadelphia: W.B. Saunders, 1971.

ODUM, E. P.; BARRETT, G. W. **Fundamentos de ecologia**. São Paulo: Cengage, 2008.

OLIVEIRA, M. F.; DAMASCENO, G. F.; BUENO, C. R., P. Análise temporal do uso e ocupação do solo na Bacia do Córrego das Palmeiras em Ribeirão Preto - SP. **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 9, n. 2, 2013.

PENEIREIRO, F. M. **Sistemas agroflorestais dirigidos pela sucessão natural: um estudo de caso**. 1999. 149 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.

PEREIRA, R. C. A.; MOREIRA, A. L. M. M. Manjeriçã: cultivo e utilização. **Embrapa Agroindústria Tropical - Documentos (INFOTECA-E)**, Fortaleza, 2011.

POSEY, D. A. Manejo da floresta secundária, capoeiras, campos e cerrados (Kayapó). In: RIBEIRO, D. **Suma Etnológica Brasileira**. Petrópolis: Vozes/Finep, 1987. v. 2.

RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**: Boletim técnico. Campinas: Instituto Agrônômico de Campinas, 1997. v. 100.

SOUZA, É. S. H. **Estrutura da comunidade de insetos (Arthropoda, Insecta) em sistemas de produção de hortaliças e agrofloresta no Distrito Federal**. 2012. 109 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

STEENBOCK, W.; VEZZANI, F. M. **Agrofloresta: aprendendo a produzir com a natureza**. Curitiba: Fabiane Machado Vezzani, 2013.

TILMAN, D. Mechanisms of plant competition for nutrients: the elements of a predictive theory of competition. In: GRACE, J. B.; TILMAN, D. (Ed.). **Perspectives on plant competition**. New York: Academic, 1990. p. 117-141.

VANDERMEER, J. **The ecology of intercropping**. Cambridge: Cambridge University Press, 1989.

VANNETTE, R. L.; FUKAMI, T. Historical contingency in species interactions: towards niche-based predictions. **Ecology Letters**, v. 17, n. 1, p. 115-124, 2014.

VEIGA-SILVA, K. C. B. **Avaliação do desempenho de mono e policultivos orgânicos no rendimento das culturas e nos aspectos operacional e econômico**. 2008. 99 f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

VIOLLE, C.; ENQUIST, B. J.; MCGILL, B. J.; JIANG, L. I. N.; ALBERT, C. H.; HULSHOF, C.; MESSIER, J. The return of the variance: intraspecific variability in community ecology. **Trends in ecology & evolution**, v. 27, n. 4, p. 244-252, 2012.

VIVAN, J. L. **Agricultura & florestas: princípios de uma integração vital**. Guaíba: Editora Agropecuária, 1998.

WOLKOVICH, E. M.; COOK, B. I.; DAVIES, T. J. Progress towards an interdisciplinary science of plant phenology: building predictions across space, time and species diversity. **New Phytologist**, v. 201, n. 4, p. 1156-1162, 2014.

ZUPPINGER-DINGLEY, D.; SCHMID, B.; PETERMANN, J. S.; YADAV, V.; DE DEYN, G. B.; FLYNN, D. F. Selection for niche differentiation in plant communities increases biodiversity effects. **Nature**, v. 515, n. 7525, p. 108, 2014.

Como citar este artigo:

ABNT

COUTO, A. V.; LOSS, A.; VENTURIERI, G. A. Desempenho de *Lactuca sativa* (Alface) diante do aumento da densidade de cultivos consorciados em hortas agroflorestais. **InterEspaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade**, v. 6, e202033, 2020. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.18764/2446-6549.e202033>>. Acesso em: 27 dez. 2020.

APA:

Couto, A. V., Loss, A., & Venturieri, G. A. (2020). Desempenho de *Lactuca sativa* (Alface) diante do aumento da densidade de cultivos consorciados em hortas agroflorestais. *InterEspaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade*, v. 6, e202033. Recuperado em 27 dezembro, 2020, de <http://dx.doi.org/10.18764/2446-6549.e202033>



This is an open access article under the CC BY Creative Commons 4.0 license.

Copyright © 2020, Universidade Federal do Maranhão.

