



Perspectivas da Pesquisa em Sistemas Integrados de Produção Agrícola e Pecuária no Brasil e os novos desafios

Anibal de Moraes¹, Paulo César de Faccio Carvalho², Raquel Santiago Barro¹,
Sebastião Brasil Lustosa³, Vanderley Porfírio-da-Silva⁴, Claudete Reisendorf-Lang¹

Introdução

Muitas regiões do mundo estão face a um cenário de insegurança alimentar no futuro. Discussões sobre sustentabilidade na agricultura, atualmente, são portanto cruciais. Há urgência em promover sistemas produtivos que melhor se adaptem as necessidades de otimização da qualidade e da quantidade da produção agrícola (Lemaire et al., 2005; Nair et al., 2011; Carvalho & Moraes, 2011), com o objetivo de alimentar 9 bilhões de pessoas em 2050. Os fatores-chaves para atingir a sustentabilidade, segundo a FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2010), estão na redução no uso de insumos, maior proteção do solo e água, sequestro de carbono atmosférico, aumento da biodiversidade e da resiliência dos agroecossistemas.

Entre os desafios atuais para agricultura estão contornar os problemas decorrentes de décadas de práticas agrícolas de elevado impacto ambiental: mitigar emissões de gases de efeito estufa; reduzir a erosão e a perda de fertilidade dos solos, bem como o assoreamento dos cursos d'água, a poluição do solo, e da água, dentre outros. Nesse sentido, os sistemas integrados de produção agrícola e pecuária são considerados como tecnologia chave e sustentável para se atingir esses objetivos. A FAO enumera, como benefícios do sistema, a melhoria dos processos de produção,

¹ Universidade Federal do Paraná, Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo – anibalm@ufpr.br

² Professor Associado Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

³ Professor Adjunto do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual do Centro-oeste - UNICENTRO.

⁴ Pesquisador, DSc., Embrapa Florestas



incluindo a mão-de-obra, a estabilidade a fatores econômicos e a diminuição de riscos. A FAO destaca ainda os benefícios sócio-culturais advindos do uso dos sistemas integrados, como: maiores chances dos produtores atingirem suas aspirações sociais e almejem dinâmica social equânime. Em acréscimo, os sistemas integrados ainda geram maior segurança alimentar enquanto se aderem as aspirações atuais dos consumidores quanto à qualidade dos produtos e dos processos de produção (FAO, 2010).

Assim, a diversificação agrícola, por meio de sistemas de integração lavoura-pecuária, ajuda a manter o elevado grau de diversidade, imprescindível para suportar sistemas agrícolas com manejo intensivo, necessários para alcançar segurança alimentar e reduzir a degradação ambiental, sendo também uma forma de adaptação da agricultura às mudanças climáticas.

Definições e contexto

Os sistemas integrados de produção agrícola e pecuária são caracterizados por sistemas planejados para explorar sinergismos e propriedades emergentes frutos de interações nos compartimentos solo-planta-animal-atmosfera de áreas que integram atividades de produção agrícola e pecuária. São interações planejadas em diferentes escalas espaço-temporais que abrangem a exploração de cultivos agrícolas e produção animal na mesma área de forma concomitante ou sequencial, entre áreas distintas ou em sucessão.

No Brasil esses sistemas são mais conhecidos sob denominação de integração lavoura-pecuária, correspondendo a associações entre pecuária de corte ou leite e cultivos como soja, milho, arroz, eucalipto, algodão, dentre outros, normalmente em



escala de fazenda (Carvalho & Moraes, 2011). Em nível global o conceito é bem mais abrangente, envolvendo todo o tipo de produção vegetal e animal (incluindo não ruminantes), e integração entre propriedades rurais e mesmo entre escalas de paisagem e microbacia hidrográfica (Keulen & Shiere, 2004).

A integração lavoura-pecuária (ILP), apesar de não ser o termo mais adequado para traduzir o amplo conceito dos sistemas integrados, é o termo técnico-coloquial consagrado em nosso país. Tal como “sistema plantio direto”, não seria a terminologia correta, mas se tornou uma “marca de referência”, cujo conceito embutido transcende o significado específico das palavras. Nesse contexto, os autores justificam o uso do acrônimo ILP para tratar de sistemas integrados de produção agrícola e pecuária, e serão considerados sinônimos ao longo deste manuscrito. Produção agrícola entendida como produção vegetal de qualquer natureza, componente florestal incluído, frutíferas, e outras. Idem para pecuária, entendida como toda e qualquer produção animal integrada a produção vegetal, integração essa planejada para explorar sinergismos e outras propriedades emergentes nesses sistemas, conforme frisado anteriormente.

A ILP não constitui tecnologia nova, pois a integração dos cultivos com a produção animal se faz desde a domesticação das plantas e dos animais. O modelo de produção integrada estabelecido na cidade de Jericho (9000 a.c.) é um dos seus exemplos mais antigos (Bruins et al., 1995). No entanto, se não recente, a associação entre cultivos e produção animal em sistemas integrados é um conceito re-emergente em nível mundial (Carvalho & Moraes, 2011). Enquanto o século anterior se caracterizou pela especialização e intensificação dos sistemas de produção, com inegáveis ganhos de produtividade, ainda no final do mesmo século se começou a provar alguns dos seus efeitos colaterais, destacando-se os problemas ambientais causados pela perda da



biodiversidade e o aumento de poluição por consequência do excesso de nutrientes nos ciclos biogeoquímicos (Lemaire et al., 2005). Neste sentido, o renovado interesse nos sistemas de produção integrados tem relação com o potencial deste conceito de produção em mudar, positivamente, a dinâmica biofísica e sócio-econômica dos sistemas de produção (Keulen & Schiere, 2004), e finalmente por prestarem numerosos serviços ecossistêmicos. Evidências científicas recentes demonstram que esses sistemas podem ser usados para a promover a conectividade de habitats e favorecer o fluxo gênico de populações naturais de plantas e animais (Harvey et al., 2004) e para a produção grãos e biomassa para conversão energética, simultaneamente, na mesma área.

O potencial de aplicação de sistemas de ILP são multifacetados e de multifinalidades (Quinkenstein et al., 2009). Em função de sua maior complexidade, os sistemas de ILP alcançam níveis mais elevados de diversidade e produtividade em comparação às pastagens, ao cultivo de grãos e ao reflorestamento e/ou florestamento em monocultivos. Conta para isso o melhor aproveitamento da radiação solar, aumento da biodiversidade, aumento na ciclagem de nutrientes, obtenção de receita adicional em curto prazo, redução dos gastos com insumos, redução da agressão ao meio ambiente e de riscos de incêndios florestais e incremento no sequestro de carbono (Nair, 1993; Ruark et al., 2003; Sharrow & Ismail, 2004; Pagiola et al., 2007). Além de atender as necessidades dos produtores rurais (grãos, madeira, lenha, forragem, fibras, etc), por sua característica multi-estrata, os sistemas integrados auxiliam na recuperação de microbacias e na recomposição ordenada de áreas florestais, dentre outros (Nicodemo et al., 2004).

As interações biológicas entre os componentes (i.e. árvores, grãos e gado) “exigem estratégias de manejo altamente desafiadoras, que não são empregadas em



sistemas baseados em monocultivos” (Lin et al., 1999). O efeito resultante dessas interações, ecológicas e econômicas, pode ser positivo (favorecimento), neutro ou negativo (competição) (Callaway & Walker, 1997). Como as interações são dinâmicas, os efeitos podem oscilar do favorecimento à competição, e vice-versa, com estágios interativos coexistindo no tempo e espaço (Anderson & Sinclair, 1993). Portanto, o manejo de sistemas complexos como os de ILP não podem ser interpretados por fatores isolados, requerendo visão sistêmica desse tipo de agroecossistema de produção (Wilson et al., 1990; Nair, 1993; Ong et al., 1999; Lin et al., 1999; Torquebiau, 2000; Saibro, 2001; Jose et al., 2004; Buerghler, 2004).

Se por um lado os sistemas integrados haviam perdido seu apelo técnico frente à intensificação e especialização dos sistemas agrícolas, por outro lado eles nunca perderam a sua contundente representatividade. Nas áreas rurais menos desenvolvidas, 2/3 das famílias têm animais em suas pequenas propriedades e 60 % desses utilizam sistemas integrados de exploração (Thomas, 2001). Segundo Keulen & Schiere (2004), os sistemas de ILP alcançam 2,5 bilhões de hectares no mundo, sendo responsáveis por mais de 50 % da carne e mais de 90 % do leite consumidos.

A integração de sistemas de produção agrícola e pecuária está em evidência no Brasil. O Plano ABC (Agricultura de Baixo Carbono), plano de governo que fomenta projetos de sistemas integrados com vistas a cumprir o compromisso firmado pelo país na COP 15 em reduzir entre 36,1% e 38,9% as emissões nacionais de CO₂-equivalente até 2020, trouxe a luz o potencial desses sistemas em produzir alimento e mitigar as emissões de gases de efeito estufa associadas ao setor agropecuário brasileiro.

Se não novo, os sistemas de ILP estão em franca evolução, onde a novidade que a ciência brasileira apresenta ao mundo é o uso desse sistema sob os pilares da



agricultura conservacionista. O plantio direto e sua exigência em cobertura do solo, aliado à diversidade de rotações mais o efeito do pastejo, interagem de forma sinérgica aportando, aos sistemas integrados, novas propriedades. O resultado no âmbito de sistema é maior que a soma das contribuições das tecnologias individuais, de onde depreende a aplicação do conceito de propriedades emergentes (Anghinoni et al., 2010). Neste sentido, a percepção vigente é a de se tratar de um sistema de produção onde o dilema produtividade versus conservação tenha solução compatível com as atuais demandas da sociedade.

ILP em perspectiva: passado, presente e futuro da pesquisa

Para podermos discutir as perspectivas e os desafios dos sistemas integrados de produção agrícola e pecuária, é necessário avaliar onde eles estão, ou não, funcionando, que modalidades vêm sendo estudadas e o que pode ser feito para aproveitar as potencialidades do sistema com base em exemplos nacionais e internacionais. Nesse intuito, será apresentado um panorama de como as pesquisas nesses sistemas vêm sendo desenvolvidas, com base em estudo de literatura.

3.1 A produção científica brasileira em sistemas de ILP e sua representatividade em nível mundial

Estudos em sistemas integrados vêm sendo conduzidos numa ampla gama de ambientes, e com diferentes configurações de lavouras de grãos, componentes florestais, tipos de animais e substratos forrageiros associados (Nair, 1993; Benavides et al., 2009). No que diz respeito ao Brasil, a pesquisa científica em sistemas de ILP começou a tomar vulto na década de 80. Desde o seu princípio tornou-se evidente a escassez de experimentos com enfoque sistêmico, quais sejam, aqueles que consideram os efeitos



das interações entre os diversos fatores bióticos e abióticos envolvidos (Saibro & Barro, 2009). Apesar disso, o país está entre os principais provedores mundiais de trabalhos científicos nessa área, de acordo com levantamento realizado na Web of Knowledge². Para tanto, considerou-se o período entre 1997 e 2012, e algumas palavras-chave como fator de busca que são usadas como sinônimas de sistemas integrados de produção agrícola e pecuária. Nesse contexto, o Brasil está em quarto lugar em publicações na área sob o tópico “agroforestry” (agroflorestal ou agrossilvicultural) (Figura 1) e em terceiro lugar no tópico “silvopastoral systems” (sistemas silvipastoris) (Figura 2).

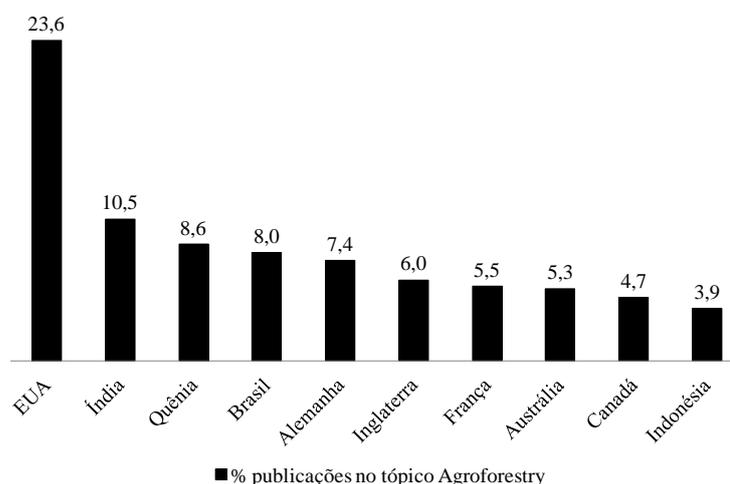


Figura 1. Participação relativa dos dez principais países nas publicações no tópico “agroforestry” (sistemas agroflorestais/agrossilvipastoris). Total relativo a **2648 publicações** no período do levantamento de 1997 a maio de 2012.

Fonte: Web of Knowledge. Acesso em 20 de maio de 2012.

² Web of Knowledge é uma plataforma de pesquisa para encontrar, analisar e compartilhar informações científicas. < <http://apps.webofknowledge.com/> >

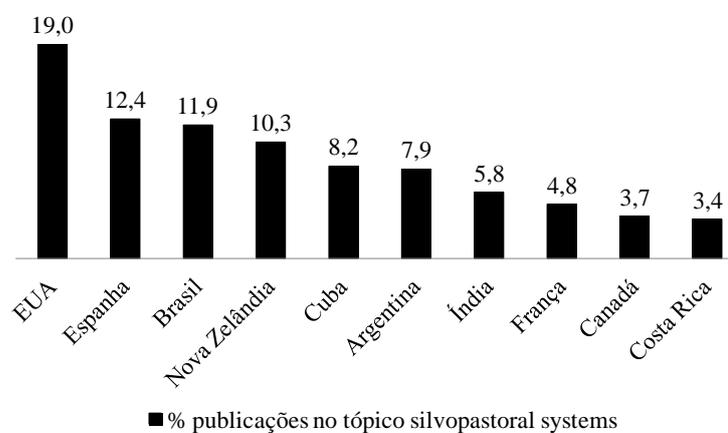


Figura 2. Participação relativa dos dez principais países nas publicações no tópico “silvopastoral systems” (sistemas silvipastoris). Total relativo a **349 publicações** no período do levantamento de 1997 a maio de 2012.

Fonte: Web of Knowledge. Acesso em 20 de maio de 2012.

Segundo esse levantamento na Web of Knowledge, foram registrados, nos últimos quinze anos, aumento representativo do interesse por sistemas integrados, o que se refletiu em incremento do número de publicações na área no país. No interstício avaliado, o número de publicações praticamente dobrou para o termo “agroflorestais” (Agroforestry) (Figura 3). Para o termo “crop-livestock systems” registrou-se aumento de 10 para 110 publicações por ano, enquanto para “sistemas silvipastoris” houve a maior variação entre anos, porém, também se observa crescente aumento do número de publicações nos últimos quinze anos. (Figura 3).

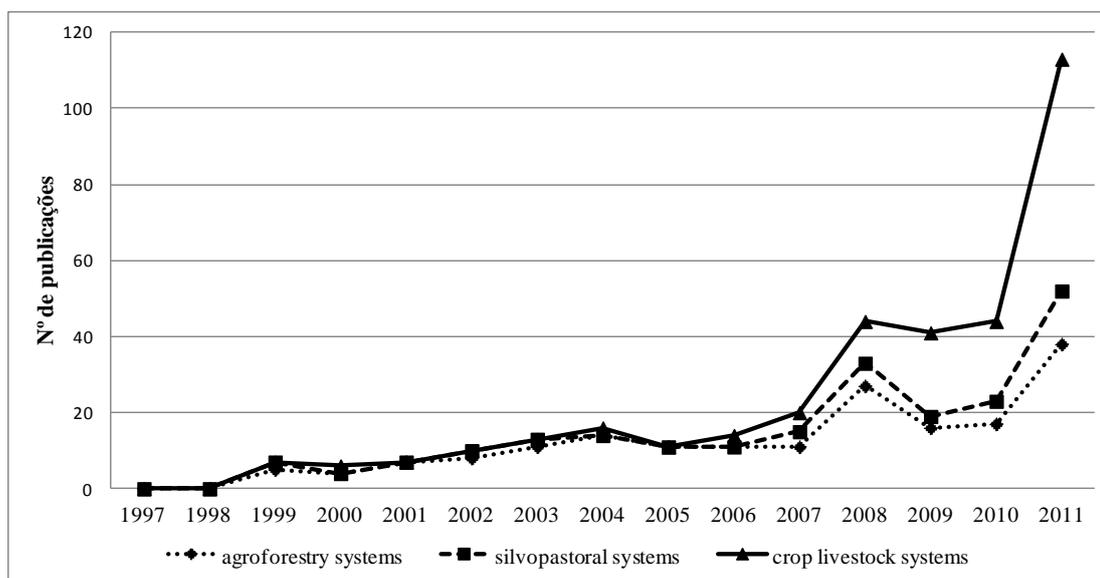


Figura 3. Número de publicações por ano, de 1997 a 2011 em áreas temáticas dentro de sistemas integrados no Brasil.

Fonte: Web of Knowledge. Acesso em 20 de maio de 2012.

Na busca realizada na Web of Knowledge, para os tópicos “agroforestry” e “ecosystems service”, foram encontrados, nos últimos quinze anos, 89 trabalhos. Destes, o Brasil representa 7,86% (ou seja, 4º lugar no ranking). Nenhum dos trabalhos realizados no Brasil tratou de serviços ambientais em sistemas integrados com animais domésticos ou com cultivos agrícolas para produção de grãos.

Diagnóstico da pesquisa brasileira em ILP

Para avaliar a produção científica brasileira em ILP foi construída uma base de dados, com abrangência de 1994 a 2012, partindo de um universo de 68 revistas nacionais. Utilizou-se as palavras chaves “integração lavoura-pecuária” e “sistemas integrados”, para que se pudesse melhor capturar o conjunto de publicações nacionais que, eventualmente, pudessem ficar fora de sistemas de busca que trabalhem apenas com revistas indexadas. Acrescentou-se a esta busca as publicações obtidas dos



últimos 15 anos na base de dados da Web of Knowledge, citada no item anterior, acrescida do termo “alley cropping”. Os artigos foram classificados em duas categorias de acordo com a região de origem: 1) região subtropical - abrangendo a região Sul do Brasil e 2) região tropical –abrangendo as regiões Sudeste, Centro-oeste, Nordeste e Norte do Brasil. Também foram categorizados quatro componentes do sistema: solo, planta, animal e outros. Dentro desses componentes foram elencados grupos de variáveis que caracterizassem diferentes linhas temáticas. Com esses critérios foram selecionados 311 artigos com foco em ILP.

O número de trabalhos encontrados nos últimos 17 anos permite inferir que as pesquisas em ILP têm experimentado significativo aumento (Figura 4). Registre-se que o maior valor encontrado no ano de 2011 se deve a um número especial da revista Pesquisa Agropecuária Brasileira – PAB (vol. 46, n. 10, 2011), onde foram publicados 39 artigos referentes a sistemas integrados de cultivos de grãos, pastagens e árvores. Nos últimos dez anos a quantidade de artigos ficou na média de 25,5 artigos por ano, sendo que, dos 68 periódicos elencados, seis concentram 61,09% das publicações com ILP. Quanto a distribuição regional, 39,23% dos trabalhos foram gerados em condições subtropicais, enquanto que na região tropical o valor atinge 60,77%. Do ponto de vista científico, poucos grupos de pesquisa geraram informações dos componentes solo/planta/animal/clima em trabalhos de longa duração. A geração de dados em sistemas integrados de grãos, pastagens e árvores, é resultado de pesquisas quase que exclusivas de instituições e universidades públicas.

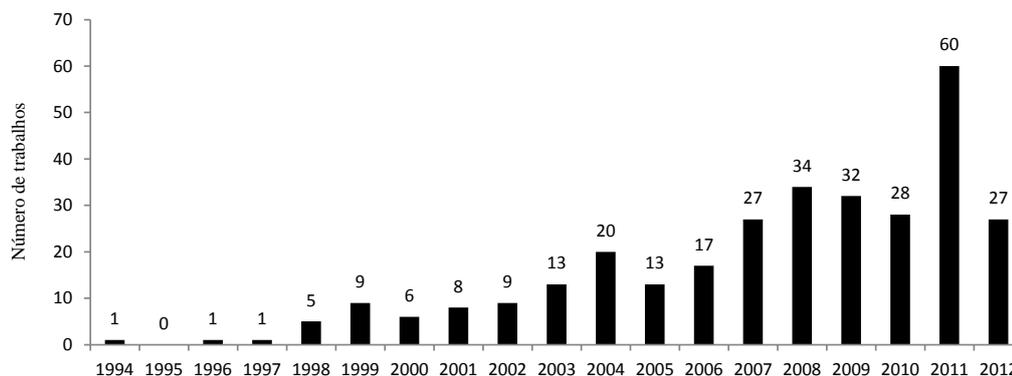


Figura 4. Número de trabalhos em ILP publicados desde o ano de 1994 a maio de 2012.

Os trabalhos em sistemas integrados de produção agrícola e pecuária inicialmente tratavam de alternativas econômicas aos cultivos de cereais de inverno e rotação de culturas sob plantio direto na região sul, mas sem a preocupação de estudar o componente animal, e poucos trabalhos contemplavam a presença das árvores na integração. Posteriormente, visto a viabilidade da pastagem hibernal nas rotações utilizadas no sul, passou-se a verificar seus efeitos nas características físicas do solo, aspecto que mais assombrava o ideário da maioria dos técnicos e produtores. Já na região centro-oeste, após verificada as vantagens econômicas da recuperação de pastagens degradadas com agricultura, e das vantagens da agricultura com pastagens para a manutenção da cobertura do solo em plantio direto, foi crescente o número de trabalhos que se ocuparam de verificar os consórcios entre forrageiras e lavouras de ciclo normal e de safrinha. Para tanto, concentraram estudos nas formas de implantação e uso de herbicidas nos consórcios.

A grande maioria dos trabalhos de pesquisa encontrados dá ênfase a produção vegetal, principalmente ao rendimento das lavouras anuais, mas pouco evoluíram nos componentes solo, animal e outros (Figura 5). A percepção é que ainda há dissociação



entre estes componentes, sendo que os pesquisadores, por motivos variados, acabam por desconsiderar suas inter-relações. Ademais, técnicos e produtores têm a pecuária e a silvicultura como componentes secundários as lavouras anuais.

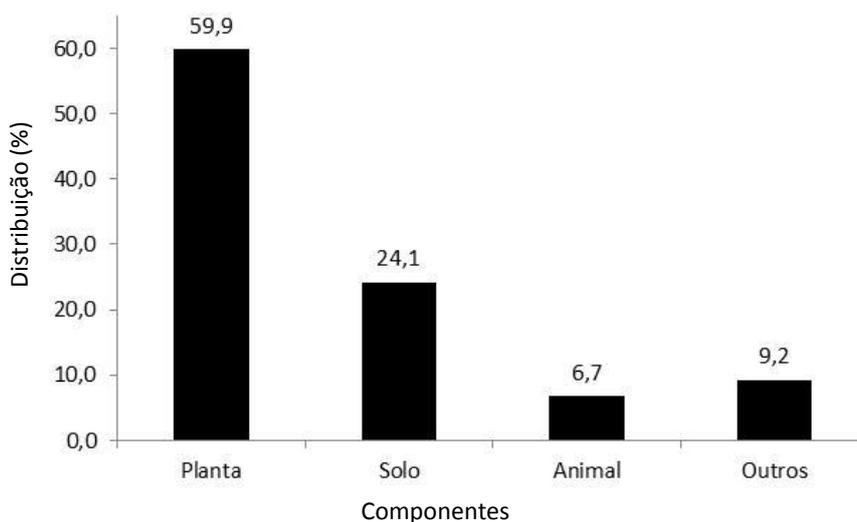


Figura 5. Distribuição (%) dos componentes planta, solo, animal e outros, entre 311 artigos científicos publicados de 1994 a maio de 2012 em ILP.

Quando analisamos o componente planta (Figura 6), verifica-se que as forrageiras de clima temperado e tropical são, em alguns casos, tratadas meramente como coberturas de solo, ou somente avaliadas em sua produção, muitas vezes sem o efeito animal, em função de tratamentos como adubação, época de implantação, formação de consórcios com plantas de lavoura, tolerância a sub-doses de herbicidas. Outra constatação é que as espécies estudadas se limitam a poucas alternativas, como por exemplo, aveia preta/azevém no subtropical e *Urochloa (Brachiaria)/Panicum* no trópico, embora existam diversas opções forrageiras para ambas regiões. Isto torna difícil a composição de sistemas mais diversificados.



São recentes os trabalhos em sistemas integrados com espécies forrageiras tolerantes a ambientes sombreados, adaptação de espécies arbóreas em ambientes pastoris, melhoramento de materiais de dupla aptidão – forrageira e grão, efeitos do ambiente com árvores na qualidade da forragem produzida, quantidade de biomassa residual nas diferentes condições brasileiras e da qualidade da biomassa produzida por diferentes combinações de espécies forrageiras e de grãos. Ou seja, existe ainda muitas linhas de pesquisa a serem exploradas pela investigação em sistemas integrados, dada a complexa natureza dos componentes envolvidos.

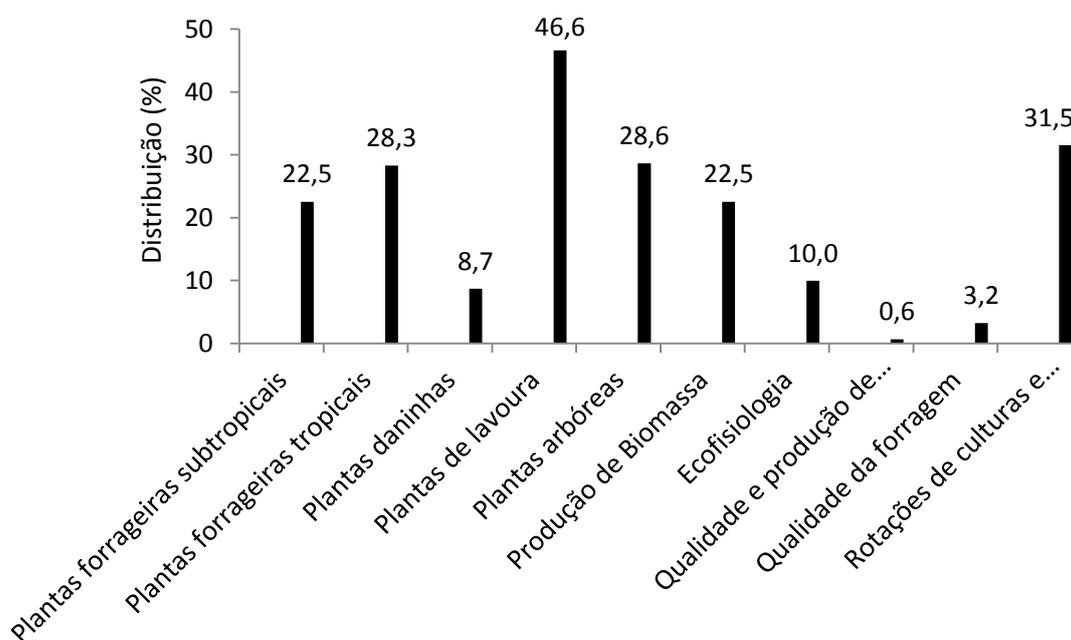


Figura 6. Distribuição (%) das variáveis selecionadas dentro do componente planta de 311 artigos científicos publicados entre 1994 a maio de 2012 em ILP

Os poucos trabalhos com plantas daninhas se concentram na aplicação de herbicidas para reduzir o ritmo de crescimento da forrageira, possibilitando o desenvolvimento da cultura agrícola e também controlar plantas daninhas já emergidas. Mas é possível constatar que não se dá a devida importância para o pastejo como forma



de controle de plantas daninhas, pois a adequada intensidade de pastejo constitui, por pressuposto, no mais importante método biológico de controle de plantas daninhas. Esta estratégia de controle, associada ao uso de diferentes mecanismos de ação, pode dificultar significativamente o surgimento de plantas resistentes a herbicidas, nas condições de ILP. Também são escassos os trabalhos com uso racional dos defensivos agrícolas. Desse modo, a maioria das pesquisas envolvendo ILP, não tem considerado aspectos dos produtos fitossanitários para que os mesmos possam ser legalmente registrados e corretamente utilizados na lavoura, reduzindo sua persistência no ambiente e seu possível efeito nos componentes animal e arbóreo.

Outra necessidade que se evidencia são estudos de planejamento de sistemas de rotações de cultivos que contemplem a produção de grãos e forrageiras, com ou sem árvores, com a finalidade da produção animal – cria, produção de carne ou leite, com pastagens perenes de verão, fazendo da pastagem perene mais um componente na rotação de cultivos em plantio direto.

Quanto ao componente arbóreo, há também pouca diversidade de espécies em estudo, a maioria das informações tendo sido produzidas com espécies exóticas. É crescente a preocupação em trabalhar com materiais nativos, mas há resistência em sua adoção, visto que as opções nativas têm crescimento mais lento que as exóticas, sem contar os entraves legais para seu cultivo e uso, o que leva ao desestímulo a condução de pesquisas. Plantas arbóreas, como o Pinheiro do Paraná (*Araucaria angustifolia*), podem ser utilizadas em sistemas integrados, pois pesquisas com esta espécie permitem que ela produza pinhões já aos dez anos de idade, sem contar a possibilidade de uso da grimpas para produção de biomassa ou de composto orgânico, sem contar com vantagem de salvar esta espécie da extinção no bioma onde ela é clímax. Outro fator a



considerar é o estabelecimento das espécies arbóreas e o convívio destas com as práticas já consagradas na agricultura e a presença dos animais.

No componente solo (Figura 7), variáveis relacionadas a atributos físicos ainda são as mais estudadas, correspondendo a 29,6% dos trabalhos. Contudo, muitos trabalhos que focam essas variáveis carecem de informações mínimas quanto a carga animal utilizada, o método de pastoreio – contínuo ou rotativo, e o manejo do pasto durante o período experimental. Porém, a maioria dos trabalhos sugere que há melhorias na qualidade física do solo com a adoção da ILP. Os trabalhos muitas vezes estão direcionados a verificar apenas o possível efeito do animal, contudo, são esquecidos outros fatores, como por exemplo o trânsito de máquinas e implementos.

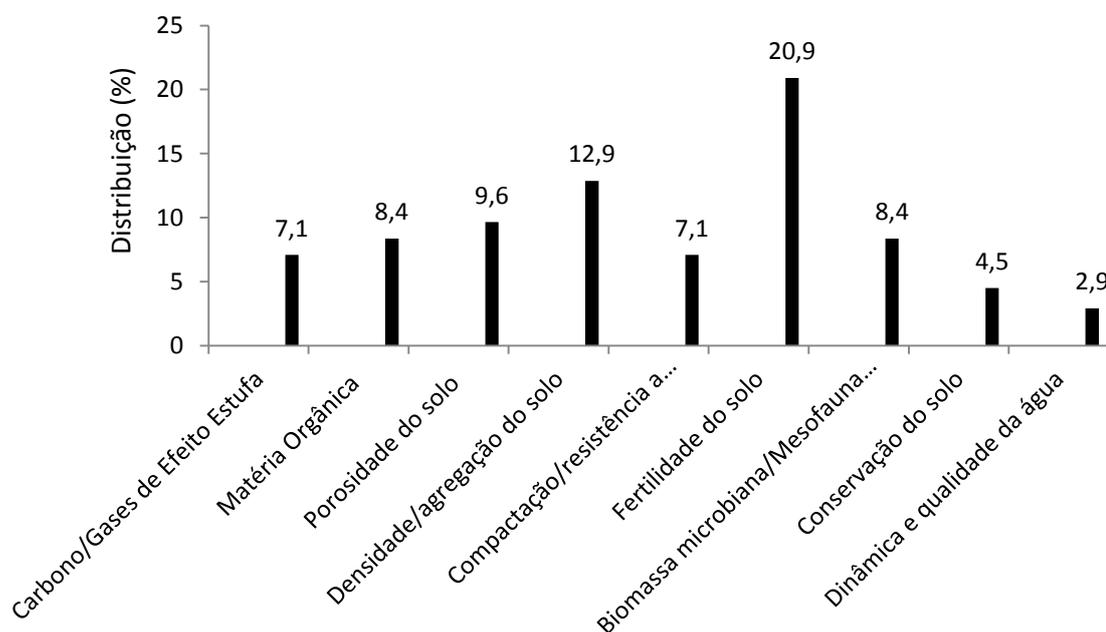


Figura 7. Distribuição (%) das variáveis selecionadas dentro do componente solo de 311 artigos científicos publicados entre 1994 a maio de 2012 em ILP.



Ademais da parte de física são inclusos muitas vezes a quantificação do carbono do solo e os efeitos da matéria orgânica neste atributo, bem como na fertilidade química e biológica do solo. São poucos os trabalhos que correlacionam o tempo de uso da área com a produção de biomassa aérea e notadamente da biomassa radicular. Em conjunto, também estão evoluindo os estudos quanto aos gases de efeito estufa, mas ainda são incipientes em nosso meio, principalmente devido a dificuldades metodológicas e também de equipamentos. Também o tempo de observações e as interações entre os componentes ainda são de difícil previsão.

A fertilidade do solo tem sido amplamente estudada quanto a ciclagem de nutrientes, mas ainda falta conhecimento quanto ao tempo de retorno dos nutrientes ciclados via esterco e urina; os efeitos das suplementações minerais em alguns microelementos; o número, volume e conteúdo das dejeções em função das espécies animais utilizadas e da dieta. Quanto a adubação ainda são escassos os trabalhos com adubação sistêmica, bem como a conceituação desta forma de adubação. De forma geral, não se conhece bem como a ciclagem de nutrientes ocorre naqueles ambientes gerados pela presença de plantas herbáceas, arbóreas e animais.

Como a base dos sistemas integrados é a semeadura direta, pouco tem se trabalhado a conservação do solo e da água (7,39% dos artigos) quanto a quantificação de perdas de solo e água; o estoque de água; a dinâmica horizontal e vertical da água; o carreamento de nutrientes e poluentes com água que afetam sua qualidade. As práticas conservacionistas nos sistemas integrados também são incipientes, como se a adoção da semeadura direta, por si só, garantisse a conservação do solo.

Diferente do componente planta, o componente animal é o que apresenta menor quantidade de informações (Figura 8). Isto reforça a constatação de que a maioria dos



trabalhos publicados dá maior atenção a produção de plantas de lavoura e aos efeitos da entrada dos animais no compartimento solo. Os poucos experimentos em pastejo em sistemas integrados de produção agrícola e pecuária registram valores de desempenho animal que chegam a ser cerca de vinte vezes maiores que a média da produção nacional. Contudo, o componente animal ainda é pouco estudado, visto a complexidade dos ambientes pastoris e do entendimento da ecologia do pastejo. A maioria dos trabalhos está concentrada nas espécies bovina e ovina, e são escassas informações quanto a bubalinos e caprinos. Estudos relacionados ao comportamento animal, a genética e a reprodução são quase que nulos nos sistemas integrados, e isto poderia ser relevante por assegurarem melhoria no bem estar animal e por desafiarem o potencial genético animal ao se ofertar dieta de elevada qualidade.

Também a qualidade dos produtos de origem animal, produzidos em sistemas integrados, tem recebido pouca atenção dos pesquisadores, muito embora seja aspecto relevante em sua comercialização.

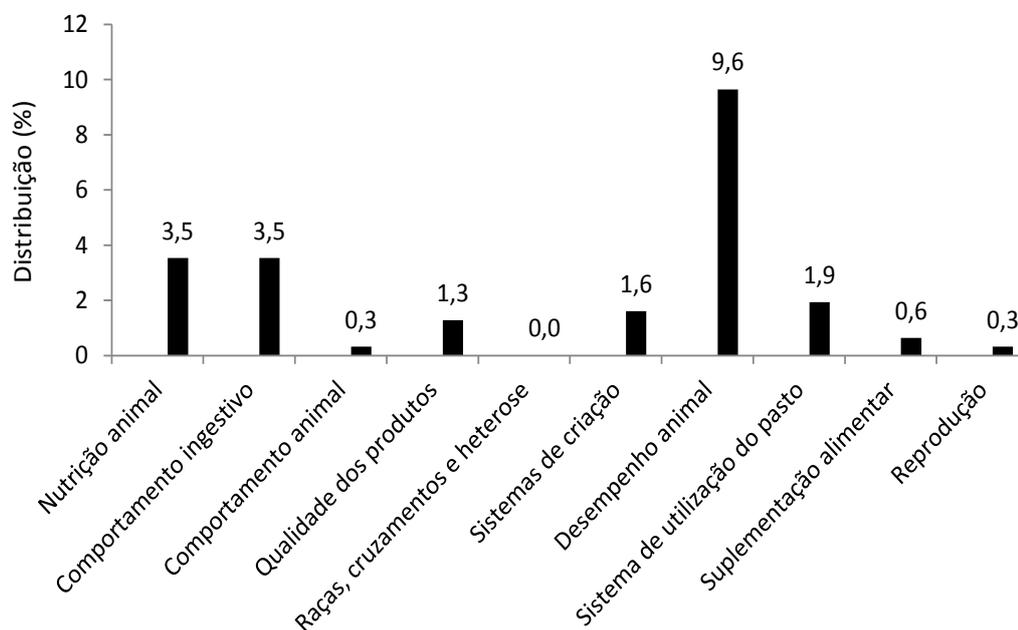


Figura 8. Distribuição (%) das variáveis selecionadas dentro do componente animal de 311 artigos científicos publicados entre 1994 a maio de 2012 em ILP

Quanto a outros fatores relacionados a sistemas integrados de produção agrícola (Figura 9), os aspectos econômicos e microclimáticos sobressaem a outros, contudo, são necessários avanços quanto a organização de conhecimentos da área das ciências sociais, capazes de alimentar a visão sistêmica principalmente no que se refere a interações para fora da fazenda. Embora muito se comente a respeito dos efeitos benéficos dos sistemas com rotações planejadas e alta diversidade sobre o controle de doenças e pragas, poucos trabalhos foram publicados com este enfoque, o que poderia levar a melhor racionalização no uso de produtos fitossanitários. Também é incipiente o número de publicações relacionadas ao tema da mecanização agrícola em sistemas integrados, bem como estudos de balanço energético nesses sistemas, comparados aos modelos tradicionais em monocultivo. Ademais, embora o tema da economia tenha



destaque, ainda representa pouco diante dos novos desafios de investimentos em projetos que contemplem os sistemas integrados na produção agrícola e pecuária.

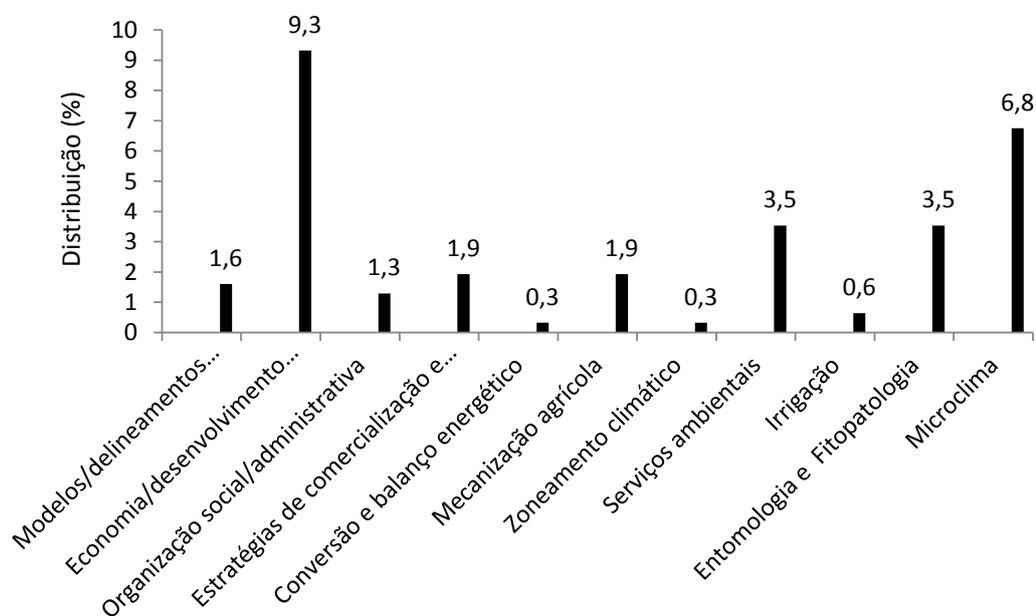


Figura 9. Distribuição (%) das variáveis selecionadas dentro outros componentes de 311 artigos científicos publicados entre 1994 a maio de 2012 em ILP

Ações futuras:

Na concepção de novos trabalhos de pesquisa relacionados a sistemas integrados de produção agrícola e pecuária, um grande desafio é manter protocolos experimentais de longo prazo, para que a amplitude de seus efeitos possam ser detectados. Vários parâmetros avaliadores do sistema necessitam prazos de acompanhamento (e.g., estoques de C no solo) que a maioria dos editais de fomento não contemplam. Outro ponto diz respeito a equipe, cuja necessidade multidisciplinar transcende a simples união de especialistas de diversas áreas. Mais do que a multidisciplinaridade e a pluridisciplinaridade, e mesmo mais do que a interdisciplinaridade, há necessidade de se alcançar o nível de transdisciplinaridade, onde o estudo de propriedades emergentes



requer estudos em nível de processos sistêmicos. Para isso, poucos pesquisadores parecem estar preparados, refletindo na limitação de desenhos experimentais que contemplem o nível de compreensão requerido. Somente o nível de transdisciplinaridade permitiria encontrar as devidas respostas para a questão fundamental: Quais são os novos processos envolvidos nas diferentes rotas dos fluxos de nutrientes e alterações na eficiência do uso destes?”. Um conhecimento fundamental para orientar a utilização mais adequada dos nutrientes, atendendo uma grande demanda da sociedade por uma renovada agricultura, que é: “Produzir mais alimentos por unidade de área com menor necessidade de reposição de nutrientes, que por sua vez passam a ter suas fontes cada vez mais reduzidas”.

Outro grande desafio refere-se aos Pagamentos por Serviços Ambientais (PSA), que podem desempenhar papel importante na redução de custos advindos da intensificação sustentável da agricultura, promovida pelos sistemas integrados. No entanto, os PSA estão sujeitos a várias limitações que podem tornar difícil a sua aplicação, e que podem representar obstáculo à ampla adoção desses programas (Montagnini & Finney, 2011).

Tentativas de quantificação dos benefícios de sistemas integrados têm sido feitas, embora revisões abrangentes ou sínteses sejam raras, e a maioria das revisões disponíveis tem sido centrada em um único serviço ambiental (José, 2009). Na última década a literatura mundial vem aumentando em dados científicos que fundamentam o potencial desses sistemas para a produção de serviços ecossistêmicos, benefícios ambientais e bens econômicos como parte da multifuncionalidade da terra (MILLENIUM..., 2005; IAASTD, 2008). Cresceu também o interesse em beneficiar agricultores e proprietários rurais para que adotem práticas de uso da terra e sistemas de



produção capazes de gerar e manter serviços ambientais de valor para a sociedade em geral (FAO, 2007; MAPA, 2011).

A integração da produção agrícola e pecuária em sistemas de produção tem seu espaço na configuração de uma nova era agrícola, pois tem o potencial de aumentar a fertilidade do solo, reduzir a erosão, melhorar a qualidade da água, aumentar a biodiversidade, incrementar o aspecto cênico/estético da paisagem, e sequestrar carbono atmosférico (Young, 1997, Williams-Guillén et al., 2008; Nair et al., 2011). Justamente os efeitos que configuram os quatro principais grupos de serviços ambientais de que tanto a sociedade necessita: sequestro de carbono; conservação da biodiversidade; proteção e enriquecimento do solo; e, qualidade da água e do ar (Jose, 2009). Além disso, a adoção de sistemas de ILP com a presença do componente arbóreo tem se mostrado eficiente para aumentar a sobrevivência de espécies silvestres, fornecendo mais recursos alimentares, substratos para oviposição e proteção contra os predadores para os pássaros da fauna silvestre, em comparação com outros agroecossistemas, além de inúmeros outros benefícios (Pagiola et al., 2007).

Uma lacuna a ser resolvida em futuro próximo se refere a falta de concepção e desenvolvimento de máquinas que atendam as especificidades dos sistemas integrados. Da mesma forma em relação a germoplasma vegetal que amplie opções em termos de épocas de desenvolvimento e que estejam orientados não para o máximo rendimento individual, mas sim rendimento combinado com outros germoplasmas em sucessão. Em outras palavras, material genético para produção sistêmica. Além disso, observa-se resistência de profissionais das Ciências Agrárias na continuada formação e atualização quando se deparam com sistemas de culturas complexas, como são os sistemas integrados, comparado aos sistemas convencionais de cultivo.



Conclusões

Embora seja crescente o número de trabalhos científicos no Brasil, que buscam melhor compreensão dos sistemas integrados de produção agrícola e pecuária, são poucos os que realmente são realizados com visão sistêmica, e prescindindo frequentemente de maior escala temporal e espacial para que se possa detectar as interações entre as diversas variáveis analisadas, e as novas propriedades que emergem destes sistemas.

Os sistemas integrados de produção agrícola e pecuária podem garantir a intensificação sustentável da agricultura, promovendo incremento da produção de alimentos, fibras e energia, de modo associado à manutenção de serviços ambientais. Por outro lado, sua adoção depende da disponibilidade de informações sobre as potencialidades agronômicas e econômicas, das demandas de mercado e de políticas de governo para o desenvolvimento sustentável. No âmbito de políticas públicas, as limitações ainda existentes na extensão rural e assistência técnica se constituem em importantes entraves à adoção dos sistemas integrados. Portanto, além da questão científica, há urgência na formação e qualificação de profissionais com visão sistêmica, assegurando que os projetos nesta área sejam economicamente viáveis, ambientalmente sustentáveis, socialmente justos, culturalmente aceitos e eticamente corretos. Assim, o alcance do objetivo principal dos sistemas integrados de produção agrícola e pecuária, atendendo os cinco pressupostos supracitados, depende da geração de conhecimento e de informações, que devem ser usadas para criar conceitos básicos com maior amplitude, fundamentais e necessários para o desenvolvimento das novas tecnologias sustentáveis a serem aplicadas pelos produtores rurais.



Referências

ANDERSON, L. S.; SINCLAIR, F. L. Ecological interactions in agroforestry systems. *Agroforestry Abstracts*, v.6 , n. 2, p. 57-91 1993.

ANGHINONI, I. et al. (2010) Benefícios da integração lavoura-pecuária sobre a fertilidade do solo em sistema plantio direto. In: Fonseca, A.F. (ed.) *Fertilidade do solo em sistema plantio direto* (in press). Disponível em: <<http://top-phos-expedition.timacagro.com.br/admin/fotos/artigo/20.pdf>> Acesso em 01 junho 2012

BENAVIDES, R. et al. Silvopastoralism in New Zealand: review of effects of evergreen and deciduous trees on pasture dynamics. *Agroforestry System*, Dordrecht, v.76, p.327–350, 2009.

BUERGLER, A. L. Forage production and nutritive value in a temperate Appalachian silvopasture. 2004. 265 f. Thesis (MSc. in Crop and Soil Environmental Sciences) - Faculty of the Virginia, Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, 2004.

BRUINS, H.J. and VAN DER PLICHT, J.. Tell es-Sultan (Jericho): Radiocarbon results of short-lived cereal and multiyear charcoal samples from the end of the Middle Bronze Age, *Radiocarbon* Vol. 37, pp. 213–220, 1995.

CALLAWAY, R. M.; WALKER, L. R. Competition and facilitation: A synthetic approach to interactions in plant communities. *Ecólogo*, v. 78, n. 7, p.1958-1965, 1997.

CARVALHO, P. C. F.& MORAES, A. Integration of Grasslands within Crop Systems in South America. *Grasslands Productivity and Ecosystems Services*. Eds. Lemaire, G.; Hodgson, J. Chabbi, A. p.219-226, 2011

CONWAY, G.R. The properties of agroecosystems. *Agricultural systems*, n. 24, p. 55-117, 1987.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. State of Food and Agriculture Report 2007: Paying farmers for environmental services. FAO Economic and Social Development Department, Corporate Document Repository. Disponível em <<http://www.fao.org/docrep/010/a1200e/a1200e00.htm>> Acesso em 29 de mar 2011.

FAO Sete Lagoas “Consensus” on Integrated Crop-Livestock Systems for Sustainable Development. Plant Production and Protection Division Consultation Documents. 2010. Disponível em <www.fao.org/agriculture/crops/corethemes/spi/iclsd/outcome> Acesso em 20 abril 2012.

HARVEY, C. A.; TUCKER, N. I. J.; ESTRADA, A. Lives fences, isolated trees, and windbreaks: tools for conserving biodiversity in fragmented tropical landscapes. In: SCHROTH, G. et al. [Ed.]. *Agroforestry and Biodiversity Conservation in Tropical Landscapes*. Washington DC: Islands Press, 2004. p.261-289.



IAASTD, International Assessment of Agricultural Science and Technology for Development. Executive summary of the synthesis report. Disponível em <http://www.agassessment.org/docs/SR_Exec_Sum_280508_English.htm> Acesso em 30 de maio 2012.

JOSE, S.; GILLESPIE, A.R.; PALLARDY, S.G. Interspecific interactions in temperate agroforestry. *Agroforestry Systems*, Dordrecht, v.61-62, p.237-255. 2004.

JOSE, S. Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. *Agroforestry Systems*, Dordrecht, v.76, p. 01-10. 2009

KEULEN, H.; SCHIERE, H. 2004. Crop-livestock systems: old wine in new bottles? In: Fischer, T. et al. (Eds.). *New directions for a diverse planet. Proceedings of the IV International Crop Science Congress, Australia, 2004. CD ROM.*

Lemaire, G., Wilkins, R., J. Hodgson, Challenges for grassland science: managing research priorities. *Agriculture, Ecosystems & Environment* vol. 108, no. 2, 15, p. 99–108, 2005

LIN, C.H. et al. Shade effects on forage crops with potential in temperate agroforestry practices. *Agroforestry Systems*, Dordrecht, v.44, p.109-119. 1999.

MAPA – Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Programa ABC. *Agricultura de Baixo Carbono*. Brasília: MAPA, 2011. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/abc>>. Acesso em: 05 set 2011.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. *Ecosystems and human well-being: biodiversity synthesis*. World Resources Institute: Washington, DC, 2005. Disponível em <<http://www.maweb.org/documents/document.354.aspx.pdf>> Acessado em 30 de maio de 2012.

MONTAGNINI, F., & FINNEY, C. 2011, "Payments for environmental services in latin America as a tool for restoration and rural development", *Ambio*, vol. 40, no. 3, pp. 285-297.

NAIR, P.K.R. *Introduction to agroforestry*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1993. 499p.

NAIR, P.K.R. Carbon sequestration studies in agroforestry systems: a reality-check *Agroforestry Systems*, Dordrecht. DOI 10.1007/s10457-011-9434-z. 2011

NICODEMO et al., *Sistemas Silvopastoris – Introdução de Árvores na Pecuária do Centro-Oeste Brasileiro Campo Grande* : Embrapa Gado de Corte, 2004. 37 p.

ONG, C.K.; LEAKEY, R.R.B. Why tree-crop interactions in agroforestry appear at odds with tree-grass interactions in tropical savannahs. *Agroforestry Systems*, Dordrecht, v.45, n.1, p.109-129, 1999.



PAGIOLA, A. S. et al. Paying for the environmental services of silvopastoral practices in Nicaragua. *Ecological Economics*, Amsterdam, v.6 n.4, p.374–385. 2007.

QUINKENSTEIN A., et al. Ecological benefits of the alley cropping agroforestry system in sensitive regions of Europe. *Environ Sci Policy* 12:1112–1121, 2009

RUARK, G. A.; SCHOENEBERGER, M. M.; NAIR, P. K. R. Agroforestry: helping to achieve sustainable forest management. In: UNITED NATIONS FORUM FOR FORESTS: Intersessional experts meeting on the role of planted forests in sustainable forest management, Wellington, 2003. Reports... Wellington: UNFF, 2003. p. 1–13.

SAIBRO J.C.; BARRO, R.S. Indicadores biofísicos e sustentabilidade em sistemas silvipastoris In: WORKSHOP INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA- FLORESTA NO BIOMA PAMPA, Pelotas, RS. Palestra...Pelotas, RS: Embrapa Clima Temperado, 2009. 1 CD-ROM

SAIBRO, J.C. Animal production from tree-pasture association systems in Brazil. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., 2001, São Pedro, SP. Palestra... São Pedro, SP: FEALQ, 2001. p.637-643.

SHARROW, S.H.; ISMAIL, S. Carbon and nitrogen storage in agroforests, tree plantations, and pastures in western Oregon, USA. *Agroforestry Systems*, Dordrecht, v.60, p.123–130, 2004.

Thomas, D. (2001) Editorial. *Agric. Syst.* 71:1–4

TORQUEBLAU, E. A renewed perspective on agroforestry concepts and classification. *Comptes Rendus de l'Academie des Sciences. Series III Sciences de la Vie*, Montrouge, v.323, n.11, p.1009-1017, 2000.

WILLIAMS-GUILLÉN, K.; PERFECTO, I.; VANDERMEER, J. Bats limit insects in a tropical agroforestry system. *Science*, v. 320, p.70. 2008

WILSON, J. R.; LUDLOW, M. M. The environment and potential growth of herbage under plantation. In: WORK SHOP, 32., 1990, Sanur Beach, Bali-Indonesia. Proceeding... Sanur Beach: Australian Center for International Agricultural Research, 1990. p.10-24.

YOUNG, A. *Agroforestry for soil management*. 2 ed. CABI Publishing, Wallingford, UK. 1997. p 320