



ASPECTOS ECOLÓGICOS EM SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA (ILPF)

Luanna Elis Guimarães¹; Francine Neves Calil².

¹ Bióloga, Mestra em Agronomia - Produção Vegetal (PPGA/UFG). E-mail: <luanna.ambiente@gmail.com>.

² Engenheira Florestal, Dra. Professora Titular da Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás. E-mail: fncalil@gmail.com.

Recebido em: 02/10/2017 – Aprovado em 27/11/2017 – Publicado em: 06/12/2017
DOI: 10.18677/TreeDimensional_2017B1

RESUMO

Ao longo do tempo, houve a renovação do interesse na adoção de sistemas de produção sustentáveis. Buscou-se integrar as atividades agrícolas, pecuária e florestal, com o intuito de aumentar a eficiência do uso da terra, de energia, de nutrientes e de mão de obra. Este trabalho, portanto, busca contribuir para o entendimento sobre o sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) e a sua ecofisiologia, através de uma revisão bibliográfica detalhada. Trata-se então de uma revisão bibliográfica baseada na literatura especializada através de consulta a artigos científicos selecionados. Este estudo abordou os seguintes tópicos: a) o sistema integrado; b) biomassa e nutrientes de serapilheira no sistema; c) a biomassa e produtividade da forrageira *Urochloa brizantha* (Stapf) Webster.; e d) o comportamento da radiação fotossinteticamente ativa (RFA). A avaliação da revisão mostrou que o modelo de produção em sistema ILPF, vem sendo tratado no Brasil como uma grande alternativa para os produtores rurais que buscam produção com qualidade e sustentabilidade. Sobre os aspectos ecofisiológicos sabe-se que em tese é a adaptação da fisiologia dos organismos às condições ambientais. Ainda se tratando da ecofisiologia, percebe-se que a temática ainda possui poucos estudos científicos publicados, e isto se torna uma lacuna no conhecimento.

Palavras-chave: agrossilvipastoril, ecologia florestal, fertilidade, serapilheira.

ABSTRACT

Over the time, the interest in adopting sustainable productive systems increased. The integration of forest, crops and livestock is a profitable alternative to increase the efficiency of land use, energy, nutrients and manpower. This study, allows to better understanding crop-livestock-forest integration system (CLFS) and its eco physiology, through a detailed bibliographic review. It is a literature review done through the consult in selected scientific articles. This study focused the following topics: a) the integrated system; b) biomass and litter nutrients inside the system; c) biomass and forage (*Urochloa brizantha* (Stapf) Webster.) productivity; and d) the behavior of photosynthetically active radiation (PAR). It was possible to conclude that CLFS model has been considered in Brazil as a great alternative for land owners that

need production with quality and sustainability. Considering the eco physiological aspects it is known that they are an adaptation of the physiology of the organisms to the environmental conditions. There are few studies concerning this theme, leaving a lack of knowledge.

Key-words: agroforestry, fertility, forest ecology, litter,

INTRODUÇÃO

Perante os problemas ambientais que vêm crescendo no mundo, a humanidade está frente a imensos desafios. A ampliação e a adoção de práticas agrícolas sustentáveis são vistas como um caminho certo para a sociedade conseguir erradicar a fome de uma população crescente, com o nível econômico também crescente, ao mesmo tempo em que se necessita preservar os recursos naturais (Tilman et al., 2011).

A evolução tecnológica no meio rural tornou as atividades agrícolas cada vez mais padronizadas, sempre buscando ganhos crescentes. Ao longo do tempo, tem havido a renovação do interesse e crescimento da adoção de sistemas de produção que buscam integrar as atividades agrícolas, pecuária e florestais, com o objetivo de aumentar a eficiência do uso da terra, de energia, de nutrientes e de mão de obra (Entz et al., 2005; Balbino et al., 2011).

De acordo com a Bracelpa (2015), no Brasil, o eucalipto tem sido a principal espécie arbórea utilizada nos programas de reflorestamento e, quase sempre, questiona-se sobre as mudanças que podem promover no solo. Em direção oposta, estudos atestam que o gênero *Eucalyptus* apresenta elevada eficiência nutricional em razão de sua maior capacidade de retranslocação de nutrientes em relação a outras espécies florestais, especialmente coníferas (Attiwill, 1980; Reis & Barros, 1990).

Segundo Pereira et al. (2013), a serapilheira proveniente das plantas tem o importante papel de enriquecimento do solo, além de ser o habitat para animais invertebrados que compõem a fauna do solo. Frente ao atual cenário de degradação ambiental, é importante estabelecer esses sistemas de produção com bases sustentáveis, para que a agropecuária possa ser socialmente benéfica, economicamente viável e ambientalmente adequada (Porfírio-Da-Silva, 2010).

Para alcançarmos tais conhecimentos, é necessário entendermos a nutrição florestal e seu aspecto ecológico, principalmente no que se refere ao adequado suprimento de nutrientes as plantas, como segundo os autores Silveira et al. (2003) apontam, que a deficiência ou excesso dos nutrientes provoca anormalidades nas árvores de eucalipto, diminuindo assim sua produtividade. Para tanto, é imprescindível o conhecimento sobre a biomassa e nutrientes contido na floresta, sendo possível esclarecer os processos necessários e o máximo do desenvolvimento fisiológico da planta (Viera et al., 2012).

Uma aproximação quantitativa pode ser utilizada para determinar a relação entre produção de biomassa e radiação solar interceptada. Deve-se ressaltar então, a aplicabilidade de tal conhecimento a diversos tópicos de pesquisa, como análise de crescimento de plantas, previsão de crescimento e desenvolvimento e estimativa do potencial de produção, sendo um modelo consistente e simplificado (Caron et al., 2003; Müller & Bergamaschi, 2005; Assunção & Martins, 2008).

Além de saber as características sobre o desenvolvimento da planta e a relação com o estoque nutricional. Também é necessário saber a influência da radiação que irá chegar às árvores e forrageiras do sistema de ILPF. Essa

quantidade de luz disponível para o sub-bosque determinará o potencial de produção de forragem do sistema, uma vez que as plantas transformam energia solar em compostos orgânicos, via fotossíntese. Para que isso ocorra, alguns elementos são essenciais, como a capacidade fotossintética das folhas, a umidade do solo, o CO₂ atmosférico e a luz solar (De Andrade et al., 2014).

O sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) possui poucos estudos realizados envolvendo sua dinâmica com o ambiente, tanto quando se trata dos nutrientes como da produtividade em geral. Neste sentido, esta revisão bibliográfica mostra como esse sistema pode proporcionar ganhos econômicos, sociais e ambientais, reunindo informações de interesse para comunidade acadêmica, bem como, para os produtores rurais que pretendam entender melhor sobre o assunto.

SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA (ILPF)

É através da integração lavoura-pecuária-floresta que se caracteriza a diversificação, rotação, consorciação ou sucessão das atividades agrícolas e pecuárias dentro da propriedade rural de forma equilibrada, compondo um mesmo princípio, de tal maneira que há benefícios para ambos. Permite ainda vantagens, como por exemplo, que o solo seja explorado economicamente durante todo o ano ou, pelo menos, na maior parte dele, favorecendo o aumento na oferta de grãos, fibras, carne, leite e de agroenergia a custos mais baixos devido ao sinergismo que acontece entre os componentes silviculturais e de pastagem (Alvarenga et al., 2010).

Desde a idade média na Europa foram usados diversos modelos de plantios associados entre culturas anuais e perenes, como ainda frutíferas ou florestais (Dupraz & Liagre, 2008). Estes conhecimentos foram trazidos ao Brasil pelos imigrantes europeus que adaptaram em sistemas desenvolvidos ao longo do tempo às nossas condições. Bungenstab (2012) observou que nas áreas de Cerrado, a associação de pastos e cultivos vem sendo realizada desde as décadas de 1930 e 1940, pelo plantio de forrageiras com cultivos anuais ou após estes. Esse processo foi intensificado nas décadas de 60 e 70, com a vinda da mecanização e abertura de novas áreas nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, o que refletiu no aumento substancial do rebanho bovino, e conseqüentemente, na produção nacional de carne e leite.

O marco da introdução do componente florestal em sistemas de integração agropecuária gerou o conceito mais amplo de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), os autores Balbino et al. (2012) observaram que o ILPF tem inúmeras possibilidades de combinação espaço-temporal entre os componentes agrícola, pecuária e florestal, resultando em diferentes sistemas como - silvipastoril, silviagrícola, agropastoril e agrossilvipastoril.

Segundo Balbino et al. (2011), as diferenças entre os sistemas de integração hoje utilizados, são eles definidos em quatro grandes grupos:

- a. Integração Lavoura-Pecuária (ILP) ou Agropastoril: sistema que integra os componentes agrícola e pecuária em consórcio, de forma a fazer rotação, sendo num mesmo ano, ou por vários anos seguidos.
- b. Integração Pecuária-Floresta (IPF) ou Silvipastoril: sistema que integra plantio de floresta e pecuária consorciadas, de forma a produzir pastagem e animal, madeira e/ou fibras.
- c. Integração Lavoura-Floresta (ILF) ou Silviagrícola: sistema que integra o componente florestal e agrícola consorciados, sendo que o plantio agrícola anual ou perene.

d. Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) ou Agrossilvipastoril: sistema de produção que integra os componentes agrícolas e pecuário de forma rotacional, e na mesma área o cultivo florestal.

Conjugada a essa última perspectiva Zimmer et al. (2012) expressam que cada um desses grandes sistemas pode ser subdividido em modalidades variadas de princípios de produção conforme os componentes de produção vegetal ou animal envolvidos, adequando-se as criações e cultivos mais prósperos à cada agroecossistema, bem como à realidade local dos produtores. A utilização do ILPF na atividade agropecuária certamente acarreta uma gama de benefícios, tais como: benefícios ambientais importantes do ponto de vista da sustentabilidade ambiental (ambiência animal e fixação de carbono), da sustentabilidade econômica (poupança verde) e da sustentabilidade social por promover entradas de recursos financeiros distribuídos ao longo do tempo (Balbino et al., 2013; Alvarenga et al., 2010).

Ultimamente, o Sistema ILPF vem ganhando importância dentro da propriedade rural, pois permite de forma mais eficiente a constância na produção de alimentos. Além do mais, o componente arbóreo representa uma poupança para o agropecuarista, pois os custos podem ser menores em razão das outras atividades associadas ao sistema. Alvarenga et al. (2010) ressaltaram as possibilidades de combinação entre os componentes do sistema, tornando possível ajustes que se fazem necessários, dependendo do interesse do produtor e dos aspectos edafoclimáticos e mercadológicos.

SERAPILHEIRA

A serapilheira pode ser determinada como todo tipo de material biogênico em vários estádios de decomposição, material esse que representa uma fonte potencial de energia para as espécies consumidoras (Brun et al., 2001). Os ecossistemas florestais desenvolvem um horizonte orgânico sobre o solo, que, segundo Koehler (1989) é o resultado da queda periódica de folha, galhos, frutos e às vezes árvores inteiras. Para Vibrans & Sevegnani (2000) serapilheira é todo material vegetal depositado no chão da floresta, bem como restos de animais e material fecal, excluindo troncos e ramos acima de 10 cm de diâmetro.

O material caído no solo florestal tem recebido várias denominações entre elas serapilheira, serrapilheira, sarrapilheira, sarapieira, manta florestal, folhede, folhada, liteira e folhiço (Koehler, 1989; Fernandes et al., 1993), termos esses que equivalem ao inglês "litter", ao alemão "streu" e ao francês "litière". O termo inglês "litterfall" significa, em português, produção de serapilheira, que representa o processo de transferência ou queda do material de origem biótica o qual irá formar a camada de serapilheira no piso florestal (Mello, 1995; Calil & Schumacher, 2009).

A produtividade de um ecossistema depende da quantidade de nutrientes armazenados em seus vários compartimentos, como: a vegetação, o solo, a serapilheira e a biomassa animal e, principalmente, a taxa de transferência (Silva et al., 2007). Nos sistemas agrossilvipastoris, se utilizam de culturas anuais com o objetivo de cobertura do solo e ciclagem de nutrientes, visando à diversificação da produção agrícola, sendo vista como uma produção sustentável (Chaves & Calegari, 2001), que promove a melhoria da qualidade ambiental, e diminui os efeitos nocivos dos diversos tipos de monocultivos. Nesse sentido, várias espécies de plantas de cobertura do solo podem ser utilizadas a fim de evitar seu esgotamento. Porém, para ser eficaz na ciclagem de nutrientes, deve haver sincronia entre o nutriente liberado

pelo resíduo da decomposição da planta de cobertura e a demanda da cultura de interesse (Boer et al., 2007).

A serapilheira acumulada desempenha um papel essencial, aumentando a capacidade de troca catiônica (CTC) do solo (Garay et al., 2004). Além disso, o material acumulado permite a existência de uma grande variedade de nichos para a mesofauna, microflora e microrganismos do solo, sendo ainda fonte de colóides para o solo (Santos, 1989). Geralmente a acumulação de serapilheira é variável de acordo com o ecossistema considerado e seu estágio sucessional (Brasil et al., 2013). Apesar disso, é sabido que a serapilheira contribui importantemente, com os diversos compartimentos florestais, para a interceptação das águas da chuva, por meio do amortecimento e a consequente dispersão da energia cinética das gotas, minimizando assim os efeitos erosivos (Boer et al., 2007, Salvador et al., 2016).

É extremamente significativo o fato de a serapilheira reduzir a incidência da radiação solar direta sobre o solo e, conseqüentemente, favorecer a retenção de umidade, e também favorecendo, a permeabilidade de água nesse solo e manutenção de sua microbiota (Jaramillo-Botero et al., 2008). Não obstante, Costa (1990) destaca que o sub-bosque de plantações florestais desempenha um aspecto conservacionista muito importante, sobretudo em áreas de topografia acidentada onde as árvores de eucalipto e sua vegetação de sub-bosque funciona como uma barreira física ao escoamento superficial, protegendo o solo contra a erosão.

Na mesma linha Schumacher et al. (2011) relataram, que é possível observar as fases nutricionais das árvores, ocorrendo primeiro antes do fechamento das copas, ocorrendo ainda, um período de intenso crescimento no qual a maior parte dos fotoassimilados sintetizados é canalizada para a formação do sistema radicular e da copa, resultando, portanto, na expansão da área foliar. Nessa fase, as raízes exploram parcialmente o volume de solo e as árvores não competem entre si por fatores de crescimento (luz, água, nutrientes), sendo o seu crescimento limitado pelas suas próprias condições fisiológicas. A segunda fase se dá a partir do fechamento das copas das árvores, o acúmulo de nutrientes ocorre com mais intensidade nos troncos, isso ocorre quando a formação de copas atinge uma fase de relativa estabilidade.

Todos esses fatos não seriam isentos para a ciclagem de nutrientes em povoamentos de eucalipto, ao qual é possível avaliar possíveis alterações decorrentes de técnicas de manejo aplicadas e possibilita inferir sobre a sustentabilidade das plantações (Gama-Rodrigues & Barros, 2002). Nessa mesma abordagem, os solos exercem uma apreciável influência sobre o tipo de comunidade vegetal presente numa dada localidade. Para tanto, a vegetação reciprocamente influencia as propriedades do solo, tanto de maneira direta, por meio de suprimento com matéria orgânica, quanto por um número de outras diferentes vias (Young, 1976).

BIOMASSA DE SERAPILHEIRA ACUMULADA E ESTOQUE NUTRICIONAL

Costa et al. (2010) observaram que nos sistemas florestais, a serapilheira é um importante componente, representando o material sob o solo, que inclui principalmente folhas, caules, frutos, sementes, flores e resíduos animais. Também se sabe que a produção e ciclagem de nutrientes podem variar de acordo com o grau de conservação, idade e composição do sistema florestal, além de diversos fatores bióticos e abióticos (Dickow et al., 2012; Vendrami et al., 2012).

Possibilitando o reaproveitamento pelas plantas e garantindo a sustentabilidade do ecossistema (Diniz et al., 2015).

Existem dois modelos básicos para a deposição anual de serapilheira nos ecossistemas brasileiros: um é caracterizado por apresentar maior deposição na época seca, como ocorre em ecossistemas amazônicos, nas florestas mesófilas e cerrados; o segundo versa no aumento na amplitude da deposição de serapilheira na época úmida, típico das florestas atlânticas e restingas (Cattanio et al., 2004; Cianciaruso et al., 2006; Araújo et al., 2006; Pires et al., 2006). A serapilheira exerce, também, funções de isolante térmico, que por sua vez, melhora as condições térmicas dos horizontes mais profundos, e também, a retenção de água atua ainda como amenizador de efeitos erosivos funcionando principalmente como filtro e esponja da água derivada da atmosfera que penetra no solo (Molchanov, 1963; Santos, 1989; Scoriza et al., 2017).

A biomassa de serapilheira contribui juntamente com os demais compartimentos florestais, na interceptação e retenção da água da chuva, favorecendo seu armazenamento no solo, e conseqüentemente, o crescimento das taxas de infiltração (Olson, 1963). Cabe destacar que a acumulação de biomassa é afetada principalmente por fatores ambientais, como luz, temperatura, umidade, concentração de CO₂ do ar, fertilidade do solo, doenças e, também, por fatores intrínsecos de cada planta, como idade, estrutura e disposição das folhas, distribuição e comportamento dos estômatos, teor de clorofila, entre outros (Kramer & Kozlowski, 1972; Caldeira et al., 2008; Guimarães, 2014).

Todo ecossistema florestal possui uma grande dinâmica no fluxo de biomassa, ocorrendo à medida que a floresta se desenvolve. Observa-se principalmente, em plantações florestais na fase inicial de crescimento, no qual ocorre gradual redução na biomassa da copa das árvores e, simultaneamente, aumento na proporção dos componentes madeira e casca, já os troncos das árvores representam, em média, mais de 80% da biomassa acima do solo, sendo esse trabalho avaliado em uma floresta plantada já com idade de corte (Schumacher & Hoppe, 1997, Salvador et al., 2016).

Através de diversos trabalhos sobre a biomassa de serapilheira, sabe-se que é possível determinar os nutrientes nas árvores, sendo essa uma técnica bastante utilizada, a mesma é representada pelo somatório dos nutrientes contidos nos diferentes compartimentos das árvores (folhas, ramos, casca, tronco e raízes). Cada componente possui concentração de nutrientes minerais relacionada com suas funções, geralmente é apresentada na seguinte sequência de concentração: folha> casca> ramo> tronco>cerne (Gonçalves et al., 2004). Os horizontes orgânicos cumprem importante papel ecológico na floresta. Sendo assim, possível observar a biomassa acumulada sobre o solo mineral garantindo às plantas um estoque seguro de nutrientes, os quais vão sendo liberados à medida que ocorre o processo de decomposição dos resíduos (Rocha, 2014). O trabalho de Freitas et al., (2016) com sistema agroflorestal se equiparou à área nativa no estoque de serapilheira, carbono estocado no solo e nutrientes na massa seca, entretanto, seus resíduos apresentaram tempo de meia-vida maior que os da área de mata nativa.

NUTRIENTES E RETORNO NUTRICIONAL

A quantidade e a proporcionalidade dos nutrientes absorvidos pelas plantas se dão em função de características intrínsecas da planta, como, também, dos fatores externos que influenciam o processo. A aptidão em retirar os nutrientes do solo e as

quantidades demandadas varia não só com o vegetal, mas igualmente com o nível de competição existente (Grangeiro, & Cecílio Filho, 2004). Alterações nos fatores ambientais como umidade do solo e temperatura podem afetar consideravelmente teor de nutrientes minerais. Esses diversos fatores tem o poder de influir na disponibilidade dos nutrientes e na absorção destes pelas raízes e, por conseguinte, no crescimento da parte aérea. Entretanto, o estágio de desenvolvimento é fundamental no acúmulo e a disponibilização dos nutrientes minerais na planta (Goto et al., 2001).

Os elementos minerais essenciais às plantas são geralmente classificados em macro e micronutrientes, de acordo com suas concentrações disponíveis no tecido vegetal. Existem três critérios primários pelos quais um elemento é julgado essencial para a planta: (1) se ele é necessário para a planta completar seu ciclo de vida (isto é, para produzir sementes viáveis) e/ou (2) se ele faz parte de alguma molécula ou constituinte da planta que por si mesmo é essencial, como o nitrogênio nas proteínas. O terceiro critério é considerado por vários nutricionistas de plantas é se aparecem deficiência na ausência do elemento (Taiz & Zeiger, 2007; Raven, 2007).

A serapilheira é fundamental para a autossustentabilidade dos ecossistemas florestais, representando o início do primeiro estágio de transferência de nutrientes para o sistema. É nessa fase que grande parte dos nutrientes absorvidos pela vegetação retorna ao solo através da sua deposição (Caldeira et al., 2008).

Nessas circunstâncias, o acúmulo e distribuição de nutrientes nos diversos componentes da planta e no solo podem servir de indicadores de diferenças entre os ecossistemas, e em especial, a disponibilização de nutrientes para as plantas. Sendo assim, no processo de ciclagem o retorno de nutrientes por meio da serapilheira acumulada constitui a via mais importante do ciclo biogeoquímico, e que se torna mais relevante em condições de solos de baixa fertilidade (Reis & Barros, 1990).

Segundo Gonçalves (2005) a ciclagem de nutrientes em florestas pode ser analisada através da compartimentalização da biomassa acumulada nos diferentes estratos, além da quantificação das taxas de nutrientes que se movimentam entre seus compartimentos, através da produção de serapilheira, sua decomposição, lixiviação, entre outros. Há numerosos dados sobre a produtividade e estoques de nutrientes, em diferentes ecossistemas da terra, podendo ser encontrados no trabalho de Leith & Whittaker (1975), os quais comprovam que cada biosfera armazena e recicla os nutrientes de forma específica.

Para Costa (1990), existe uma grande importância da heterogeneidade dentro da comunidade vegetal que confere a manutenção dos nutrientes no sistema solo-planta. Tudo isso em função das diferentes exigências nutricionais de cada planta. Sendo que, quanto maior a heterogeneidade da comunidade vegetal, melhor será o equilíbrio dos nutrientes no ecossistema.

Assim, para que a ciclagem de nutrientes ocorra é necessária, entretanto, a decomposição do material vegetativo depositado sobre o solo. Maiores taxas de decomposição favorecem a liberação mais rápida de nutrientes e o seu melhor reaproveitamento por parte da vegetação do sistema (Arato et al., 2003). A conversão dessa matéria orgânica para serapilheira ocorre a uma taxa de 30 a 50% ao ano (Golley, 1983). No mesmo sentido Viera & Schumacher (2010) em que evidenciam que a via de produção e decomposição da serapilheira através da ciclagem de nutrientes, é o mais importante processo de transferência de nutrientes para o solo.

Deve-se ressaltar que toda essa dinâmica da serapilheira, representada pela entrada via deposição e saída via decomposição/mineralização, sendo de suma importância para a manutenção da ciclagem de nutrientes (Balieiro et al., 2004). Em função disso, o ciclo bioquímico (circulação de nutrientes no interior da planta) permite que as árvores possam sintetizar a matéria orgânica através da fotossíntese, ocorrendo assim, a reciclagem dos nutrientes especialmente em solos altamente intemperizados onde a biomassa vegetal é o principal reservatório de nutrientes (Caldeira, 2013, 2017).

No que se refere à ciclagem de nutrientes, há fatores que afetam a forma que ocorre essa ciclagem, estando intimamente ligados às condições climáticas e fenológicas, bem como aos aspectos ambientais e a composição atmosférica, variando de espécie para espécie (Schumacher, 1992; Poggiani & Schumacher, 2005). Em geral, nota-se um acréscimo da deposição da serapilheira até a idade em que as árvores atingem a maturidade ou fecham as suas copas. Após esse ponto pode ocorrer ligeiro decréscimo ou estabilização (Bray & Ghoran, 1964).

PRODUÇÃO DE FORRAGEM EM PERÍODO SECA E CHUVA

Segundo Nabinger et al. (2000), a produção de biomassa da pastagem é resultado da variação de disponibilidade de elementos do meio como a radiação e a temperatura, que variam conforme disponibilidade de fatores manejáveis, que são basicamente os nutrientes e água. Paciullo et al. (2008) avaliaram o crescimento de capim-braquiária influenciado pelo grau de sombreamento e pela estação do ano e constataram que a espécie *U. decumbens* apresenta plasticidade fenotípica, em resposta às variações sazonais das condições climáticas e de sombreamento, que confere à essa espécie, elevado potencial para uso em sistemas agrossilvipastoris.

Em seu trabalho, Castro et al. (2010) analisaram o período de coleta seca e chuvoso e também a altura do pasto, que variou conforme a interação da porcentagem de sombreamento versus a estação do ano. Como resultado, no inverno, as alturas do pasto submetido às três condições de sombreamento foram semelhantes, já na primavera, a altura foi menor na condição a pleno sol, quando comparada aos valores obtidos sob sombreamento, e por fim, se concluiu que no verão as alturas foram diferentes conforme a porcentagem de sombreamento, sendo o menor valor observado no referente a pleno sol e o maior sob sombreamento mais intenso. Esses resultados do aumento da altura com o sombreamento estão em consonância com os resultados obtidos em outros estudos (Castro et al., 1999; Paciullo et al., 2008) e apresentam ser uma tendência geral em plantas cultivadas à sombra, pois é uma estratégia comum de se compensar a redução de luminosidade (Samarakoon et al., 1990; Castro et al., 1999).

Sabe-se, portanto, que esse padrão de resposta foi influenciado pelas condições climáticas em cada estação (Castro et al., 2010). Os mesmos autores confirmam que enquanto as elevadas precipitações pluviométricas e temperaturas incidentes no verão favoreceram o crescimento do pasto, a escassez de chuvas e a ocorrência de temperaturas inferiores a 15 °C no inverno são limitantes para a produção de forragem. Sendo ainda, que no inverno, a massa de forragem foi maior sob condições de pleno sol e de 29% de sombreamento, e menor no sombreamento mais intenso. Ocorre que em parte, tal resultado contrasta com a hipótese de que o crescimento do pasto poderia ser favorecido na época seca do ano, sob sombreamento, em função da redução mais lenta do teor de água no solo à sombra

do que em condições de sol pleno, após um período de chuvas (Wilson, 1998; Borghi et al., 2013).

Foi comprovado por Pacciulo et al. (2008) que após um período de chuva o teor de umidade do solo se reduz mais lentamente à sombra do que em condições de pleno sol. A sombra reduz a temperatura do solo entre 5 e 10 °C, a depender de seu movimento durante o dia. Numa perspectiva que revela a importância no aumento do crescimento das plantas, tanto pela redução do déficit hídrico, quanto pelo favorecimento da atividade microbiana na serapilheira e no solo.

Em função desses resultados, Castro et al. (2010) corroboram que a maior porcentagem de material morto e, conseqüentemente, menor de forragem verde durante o inverno, decorreu das condições climáticas desfavoráveis ao crescimento do pasto, favorecendo o aumento da senescência de perfilhos com o avanço da estação. Com o aumento da precipitação pluviométrica e da temperatura do ar, na primavera, houve o aparecimento de novos perfilhos, o que contribuiu para a elevada proporção de forragem verde no pasto. Os dados permitem concluir, que a flutuação das porcentagens de material morto e verde no pasto seguiu padrão já descrito por outros autores para a *U. decumbens*, manejada sob pastejo, na mesma região onde este estudo foi conduzido (Paciullo et al., 2003; Aroeira et al., 2005).

RADIAÇÃO SOLAR E RADIAÇÃO FOTOSSINTETICAMENTE ATIVA

Toda vida na Terra é mantida por um fluxo de energia proveniente do sol e que passa pela biosfera. Esta recebe a radiação solar em comprimentos de onda de 290 nm até aproximadamente 3.000 nm. Em média, 45% da radiação proveniente do sol se encontra dentro de uma faixa espectral de 380 – 710 nm, a qual é utilizada para a fotossíntese das plantas (*Radiação Fotossinteticamente Ativa – RFA, entre 400-700 nm*). O autor ainda chama a atenção para o fato das plantas também absorverem radiação térmica (comprimentos longos de radiação infravermelha, 4.000-100.000 nm) e essas também emitem comprimentos de onda semelhantes (Larcher, 2000).

O modo como a RFA é interceptada pelas plantas é fundamental para a fotossíntese e para a produção da cultura (Stewart et al., 2003). De fato, a disponibilidade de luz é um dos principais fatores que limitam o crescimento das plantas (Denslow et al., 1990; Zipperlen & Press, 1996). Dessa maneira, é revelada a eficiência do uso da radiação (ϵ_b) pela espécie a RFA interceptada, que é convertida em fitomassa (Monteith & Moss, 1977).

A luz é um fator determinante na heterogeneidade espacial e conseqüentemente na disponibilização de recursos para as espécies vegetais e nos processos em nível de comunidade (Nicotra et al. 1999). Em função disso, a heterogeneidade na distribuição da radiação solar, pode determinar pequenos sítios de recrutamento e, por conseguinte, influenciar na distribuição de espécies vegetais nos ambientes de floresta (Fetcher et al. 1994; Lüttge, 1997; Gendron et al. 2001).

Vale ressaltar que a radiação solar é um fator primordial que afeta a fotossíntese e a quantidade de luz que chega ao sub-bosque. É preciso que se diga que algumas características dependem do espaçamento e densidade arbórea, direcionamento da linha de plantio, seleção de espécies com copa pouco densa e manejo para diminuição da copa ou do número de árvores (Andrade et al., 2002). Partindo desse princípio, os sistemas de integração de lavoura-pecuária-floresta (ILPF), dão a oportunidade de manejo ideal para atender essas características.

De acordo com Soares et al. (2009), o nível de radiação que chega ao estrato inferior de um sistema silvipastoril é determinante para o crescimento e

desenvolvimento de espécies em sub-bosque. Dentro dos ambientes florestais o acesso à luz é um dos principais fatores limitantes ao crescimento de espécies (Carswell et al. 2000; Felfili et al. 2001; Montgomery & Chazdon, 2002). Em outras palavras, o crescimento das plantas depende do saldo total de matéria seca acumulada pela fotossíntese. Ocorre que em plantas saudáveis que possuem à disposição quantidades adequadas de água e nutrientes, a produção de fitomassa seca que é governada pela radiação fotossinteticamente ativa - RFA (Monteith, 1965, 1977).

A radiação fotossinteticamente ativa é interceptada em diferentes intensidades, dependendo da estrutura do dossel, e seu estudo nos permite tomar conhecimento de como a comunidade vegetal está usufruindo dos recursos abióticos, sendo eles luz, água e nutrientes (Laca & Lemaire, 2000). Forrageiras submetidas à baixa irradiância fotossintética, em contraste com aquelas em pleno sol, possuem entrenós mais longos, caules mais finos, folhas mais delgadas e sistema radicular menos desenvolvido (Castro et al., 1998), o que nos remete que plantas com deficiência luminosa poderá ter grandes prejuízos no seu desenvolvimento em geral.

No que diz respeito ao aproveitamento de luz, a relação entre a área de folhas e a superfície de solo que elas cobrem (m^2 de folha/ m^2 de solo), é denominada de índice de área foliar (IAF) (Kunz et al., 2007). Tal parâmetro permite estimar o grau de incremento da planta e o potencial de interceptação de energia radiante, pois apresenta grande relação com a produção sendo este, afetado pelas características estruturais e de crescimento (Chapman & Lemaire, 1993).

Já Lucas (2004), salienta que em sistemas silvipastoris além da redução da quantidade de radiação incidente, ocorrem mudanças nas características espectrais da luz solar, com aumento da radiação difusa, que por ser multidirecional, torna-se também eficiente, devido a melhor penetração no dossel, sendo ainda, dinâmico e mutável o grau de radiação solar que chega o estrato herbáceo ao longo da evolução do sistema silvipastoril. Percebe-se, portanto, que a adaptação das espécies forrageiras em um sistema silvipastoril depende principalmente de sua habilidade em crescer em condições edafoclimáticas alteradas pela presença de árvores no estrato vegetal superior (Soares et al, 2009).

SOMBREAMENTO

As árvores reduzem a luminosidade disponível para as plantas que crescem sob suas copas e têm influência sobre aspectos morfofisiológicos determinantes da produtividade da pastagem (Paciullo et al., 2008). Sabe-se, que em competição por luz haverá grande tolerância ao sombreamento ou maior capacidade em sombrear outras plantas vizinhas, o que pode ser bom por um lado, pois plantas daninhas heliófitas seriam prejudicadas. Para a circunstância Paciullo et al. (2007) conseguiram fazer uma observação bastante peculiar, em que há maior área foliar específica e menor índice de área foliar de um pasto de *U. decumbens*, em condições de sombreamento, quando comparado ao cultivo a pleno sol.

Alguns estudos referentes à germinação e primeiro estágio de sucessão em florestas, sendo esse estágio também podem ser favorecidos pela sombra (Collet & Chenost, 2006), mas entre os estágios mais avançados da regeneração a competição por luz é intensificada e a sombra pode impedir o desenvolvimento das plantas (Wadsworth & Zweede, 2006).

Portanto, o sombreamento imposto pelo componente arbóreo pode afetar o estabelecimento e crescimento das gramíneas, em função da maior ou menor

disponibilidade de radiação (Andrade et al., 2004; Paciullo et al., 2008; Soares et al., 2009). Em contraste, os autores Paciullo et al. (2009) defendem que o sombreamento moderado no sistema agrossilvipastoril não interfere na capacidade de suporte do pasto, no valor nutritivo, no consumo de matéria seca e no desempenho de novilhas leiteiras. E o mesmo, faz em seu trabalho, uma comparação dos valores obtidos na pastagem de *U. decumbens* em monocultivo a sol pleno, no qual apresentam resultados satisfatórios para a espécie *U. decumbens* sombreada.

Nos sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta o microclima favorece a retenção de umidade e reciclagem de nutrientes, resultando na melhor qualidade da forragem (Santos et al., 2004). De fato, a sombra permite maior retenção de água no solo resultando em maior decomposição de matéria orgânica e, conseqüentemente, a ciclagem de nitrogênio (Paciullo et al., 2011), resultando no aumento na concentração de nitrogênio na forragem.

Ao mesmo tempo, sabe-se que pastagens arborizadas contribuem ainda para a fixação do carbono no solo e na biomassa, redução da emissão de óxido nitroso e a mitigação da emissão de gás metano pelos ruminantes, contribuindo desta maneira para diminuição do aquecimento global (Rodrigues et al., 2013). Apesar dos benefícios citados, a presença das árvores reduz a luminosidade disponível para as plantas forrageiras que crescem sob suas copas. Todavia, Silva et al. (2011) registraram efeitos variáveis dessa restrição ambiental, dependendo tanto da espécie forrageira considerada como do nível de sombreamento imposto pelas espécies arbóreas associadas.

Há ainda várias interconexões que podem ser destacadas, em pesquisas, Glaser (2008) observou que bovinos usaram as sombras como primeiro recurso contra as temperaturas elevadas e a radiação solar direta. Outro autor, Titto (2006) verificou ainda, que o sombreamento da pastagem alterou positivamente o comportamento de pastejo, ruminação e ócio de touros Simental, e que a sombra natural apresentou benefícios sobre a artificial. Ainda segundo Baccari Júnior (2001), vários experimentos realizados em regiões de clima quente demonstraram que vacas que dispõem de acesso à sombra, durante as horas mais quentes dos dias de verão, podem produzir até 25% a mais de leite que aquelas expostas ao sol.

Em suma, os pecuaristas entendem e reconhecem a importância das árvores nas pastagens, especialmente no fornecimento de sombra para o gado, mas tendem que seu excesso possa prejudicar a produtividade da forrageira. Além do mais, não estão dispostos a arcar com o plantio de árvores no pasto, provavelmente por não estarem convencidos dos benefícios econômicos que podem advir dessa prática (Andrade et al., 2004). Ao contrário do que pensam os pecuaristas, a literatura apresenta diversos prós, inclusive com estudos apontando a densidade e tolerância do sombreamento das principais gramíneas e leguminosas forrageiras utilizadas na pecuária brasileira, os dados confirmaram que o crescimento dessas é pouco influenciado quando o nível de sombreamento é mantido na faixa de 30% a 40% (Andrade et al., 2004; Castro et al., 1999; Paciullo et al., 2007).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mesmo sendo observado resultados significativos em diversos estudos sobre ILPF e sobre sua eficácia e o estabelecimento do sistema, os aspectos ecofisiológicos ainda não possuem produção de conhecimento suficiente, sendo estes estudos muito isolados em regiões como sul e sudeste do Brasil.

Os sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta são considerados sistemas sustentáveis de acordo com os diversos trabalhos e estudos realizados no

Brasil. A escolha do modelo de sistema apropriado à determinada localidade está sujeita as condições edafoclimáticas e se o produtor rural possui infraestrutura para suprimento de insumos, armazenagem e escoamento de toda produção.

É visível também, nos poucos, mas bem feitos estudos socioeconômicos que a produtividade e a rentabilidade chegam de 10 a 30% das lavouras de culturas anuais e são quase três vezes maiores para a pecuária de corte em relação aos sistemas tradicionais de produção. Em se tratando de sistemas mais complexos que envolvem o uso de componente arbóreo existe o aumento do bem-estar animal e a diminuição de gases do efeito estufa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, R. C.; PORFIRIO-DA-SILVA, V.; GONTIJO NETO, M. M.; VIANA, M. C. M.; VILELA, L. Sistema Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: Acondicionamento do solo e intensificação da produção de lavouras. **Informe Agropecuário**, v. 31, n. 257, p. 59-67, 2010.

ANDRADE, C. M. S de.; VALENTIM, J. F.; DA COSTA CARNEIRO, J.; VAZ, F. A. Crescimento de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais sob sombreamento. **Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília**, v. 39, n. 3, p. 263-270, 2004.

ANDRADE, C.; CARNEIRO, J.; VALENTIM, J.; SALES, M. Efeito do sombreamento sobre as taxas de acumulação de matéria seca de quatro gramíneas forrageiras. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002.

ARATO, H.D.; MARINS, S.V.; FERRARI, S.H.S. Produção e decomposição de serapilheira em um Sistema agroflorestal implantando para recuperação de área degradada em Viçosa-MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 715-721, 2003.

ARAÚJO, R. S.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; MACHADO, M. R.; PEREIRA, M. G.; FRAZÃO, F. J. Aporte de serapilheira e nutrientes ao solo em três modelos de revegetação na Reserva Biológica de Poços das Antas, Silva Jardim, RJ. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 12, n. 2, p. 15 - 21, 2006.

AROEIRA, L. J. M.; PACIULLO, D. S. C.; LOPES, F. C. F.; MORENZ, M. J. F.; SALIBA, E. S.; SILVA, J. D.; DUCATTI, C. Disponibilidade, composição bromatológica e consumo de matéria seca em pastagem consorciada de *Brachiaria decumbens* com *Stylosanthes guianensis*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 4, p. 413-418, 2005.

ASSUNÇÃO, I. C. A.; MARTINS, D. Eficiência de uso da radiação fotossinteticamente ativa pela cultura do amendoim (*Arachis hypogaea* L.). **Energia na Agricultura**, v.23, n.4, p.34-43, 2008.

ATTIWILL, P. M. Nutrient cycling in a *Eucalyptus obliqua* (L'hérit.) forest [in Victoria]. IV. Nutrient uptake and nutrient return. **Australian journal of botany**, v. 28, n. 2, p. 199-222, 1980.ok

BACCARI JÚNIOR, F. Manejo ambiental da vaca leiteira em climas quentes. **Londrina: UEL**, p. 142, 2001.ok

BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MORAES, A. D.; MARTÍNEZ, G. B.; ALVARENGA, R. C.; GALERANI, P. R. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 0-0, 2011.ok

BALBINO, L. C.; KICHEL, A. N.; BUNGENSTAB, D. J.; ALMEIDA, R. G. de.; Sistemas de integração: o que são, suas vantagens e limitações. In: BUNGENSTAB, D. (Ed.). **Sistemas de integração a produção sustentável: integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF)**. 2 ed. Brasília: Embrapa, 2012. p. 11-18.

BALBINO, L. C.; VILELA, L.; CORDEIRO, L. A. M.; OLIVEIRA, P. de.; PULROLNIK, K.; KLUTHCOUSKI, J.; SILVA, J. L. S. da. **Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) Região Sul**. Curso de Capacitação do Programa ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono). 2013, 83p.ok

BALIEIRO, F. D. C.; DIAS, L. E.; FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F.; FARIA, S. M. D. Acúmulo de nutrientes na parte aérea, na serapilheira acumulada sobre o solo e decomposição de filódios de *Acacia mangium* Willd. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 1, p. 59-65, 2004.

BOER, C. A.; ASSIS, R. D.; SILVA, G. P.; BRAZ, A. J. B. P.; BARROSO, A. D. L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; PIRES, F. R. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 9, p. 1269-1276, 2007.

BORGHI, E.; CRUSCIOL, C.A.C.; MATEUS, G.P.; NASCENTE, A.S.; MARTINS, P.O. Intercropping time of corn and palisadegrass or guineagrass affecting grain yield and forage production. **Crop Science**, v.53, p.629-636, 2013.

BRACELPA - Associação Brasileira de Celulose e Papel, **Panorama do Setor**: março de 2014. 29 p. Disponível em: <<http://bracelpa.org.br/bra2/sites/default/files/estatisticas/booklet.pdf>>, Acesso em: 14 abr. 2015.

BRASIL, L. S.; DA SILVA GIEHL, N. F.; DOS SANTOS, J. O.; DOS SANTOS, A. O.; MARIMON, B. S.; MARIMON JUNIOR, B. H. Efeito de borda sobre a camada de serapilheira em área de cerradão no leste de Mato Grosso. **Biotemas**, v. 26, n. 3, p. 37-47, 2013.

BRAY, J. R.; GORHAM, E. Litter production in forest of the world. **Advances in Ecological Research**, v. 2, p. 101-157, 1964.

BRUN, E. J.; SCHUMACHER, M. V.; VACCARO, S.; SPATHELF, P. Relação entre a produção de serapilheira e variáveis meteorológicas em três fases sucessionais de uma floresta estacional decidual no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 9, n. 2, p. 277-285, dez., 2001.

BUNGENSTAB, D. J. (Ed.). **Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta: A produção sustentável**. 2 ed. Brasília, DF: Embrapa, 2012. 239 p.

CALDEIRA, M. V. W.; VITORINO, M. D.; SCHAADT, S. S.; MORAES, E. BALBINOT, R. Quantificação de serapilheira e de nutrientes em uma Floresta Ombrófila Densa. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 1, p. 53-68, 2008.

CALDEIRA, M. V. W., DOMINGUES DA SILVA, R., HORN KUNZ, S., FERNANDES ZORZANELLI, J. P., CHAVES CASTRO, K., & DE OLIVEIRA GODINHO, T. Biomassa e nutrientes da serapilheira em diferentes coberturas florestais. **Comunicata Scientiae**, v. 4, n. 2, 2013.

CALDEIRA, M. V. W., MARQUES, R., SOARES, R. V., & BALBINOT, R. Quantificação de serapilheira e de nutrientes—Floresta Ombrófila Mista Montana – Paraná. **Revista Acadêmica: Ciência Animal**, v. 5, n. 2, 2017.

CALIL, F. N.; SCHUMACHER, M. V. **Dicionário de termos técnicos florestais: português-inglês: inglês-português**. Santa Maria: Sociedade Vicente Palloti, 2009. 104 p.

CARON, B. O.; MEDEIROS, S. L. P.; MANFRON, P. A.; SCHMIDT, D., BIANCHI, C.; POMMER, S. F. Eficiência de conversão da radiação solar fotossinteticamente ativa interceptada em fitomassa de alface. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.11, n.2, p.261-268, 2003.

CARSWELL, F.E.; MEIER, P.; WANDELLI, E.V.; BONATES, L.C.M.; KRUIJT, B.; BARBOSA, E.M.; NOBRE, A.D.; GRACE, J. & JARVIS, P.G. 2000. Photosynthetic capacity in central Amazonian rain forest. **Tree Physiology**. 20: 179-186.

CASTRO, C. R. T.; GARCIA, R.; CARVALHO, M. M.; COUTO, L. Produção forrageira de gramíneas cultivadas sob luminosidade reduzida. **Revista brasileira de zootecnia**, v. 28, n. 5, p. 919-927, 1999.

CASTRO, C. R. T.; PACIULLO, D. S. C.; GOMIDE, C. A. M.; MÜLLER, M. D.; JÚNIOR, É. R. N. Características agrônômicas, massa de forragem e valor nutritivo de *Brachiaria decumbens* em sistema silvipastoril. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 60, p. 19, 2010.

CASTRO, E. D.; GAVILANES, M.; ALVARENGA, A. D.; CASTRO, D. D.; GAVILANES, T. Aspectos da anatomia foliar de mudas de *Guarea guidonea* (L.) Sleumer, sob diferentes níveis de sombreamento. **Daphne**, v. 8, n. 3, p. 31-35, 1998.

CATTANIO, J. H.; ANDERSON, A. B.; ROMBOLD, J. S.; NEPSTAD, D. C. Phenology, litterfall, growth, and root biomass in a tidal floodplain forest in the Amazon estuary. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 27, n. 4, p. 703 - 712, 2004.

CHAPMAN, D; LEMAIRE, G. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 17., 1993, Palmerston North. **Proceedings...** Palmerston North: New Zealand Grassland Association, 1993, p.95-104.

CHAVES, J. C. D.; CALEGARI, A. Adubação verde e rotação de culturas. **Informe Agropecuário**, v. 22, n. 212, p. 53-60, 2001.

CIANCIARUSO, M. V.; PIRES, J. S. R.; DELITTI, W. B. C.; SILVA, E. F. L. P. Produção de serapilheira e decomposição do material foliar em um cerradão na Estação Ecológica de Jataí, município de Luiz Antônio, SP, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 20, n. 1, p. 49-59, 2006.

COLLET, C.; CHENOST, C. Using competition and light estimates to predict diameter and height growth of naturally regenerated beech seedlings growing under changing canopy conditions. **Forestry**, v.79, n.5, p.489-502, 2006.

COSTA, C. C. D. A.; CAMACHO, R. G. V.; MACEDO, I. D. D.; SILVA, P. C. M. D. Análise comparativa da produção de serapilheira em fragmentos arbóreos e arbustivos em área de caatinga na FLONA de Açú-RN. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.34, n.2, p.259-265, 2010.

COSTA, L. M. Manejo de solos em áreas florestais. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. (Ed.) **Relação solo eucalipto**. Viçosa: Ed. Folha de Viçosa, 1990. cap. 6, p. 237-302.

DE ANDRADE, A. M. D.; MOURA, M. A. L.; DOS SANTOS, A. B.; CARNEIRO, R. G.; SILVA, R. S da. Radiação fotossinteticamente ativa incidente e refletida acima e abaixo do dossel de floresta de mata atlântica em Coruripe, Alagoas. **Revista brasileira de meteorologia**, v. 29, n. 1, p. 68-79, 2014.

DE FREITAS, I. C., DOS SANTOS, F. C. V., DE OLIVEIRA CUSTÓDIO FILHO, R., & CORRECHEL, V. Carbono no solo, acúmulo e qualidade da serapilheira em sistemas de produção familiar. **Floresta**, v. 46, n. 1, p. 31-38, 2016.

DENSLOW, J.S.; SCHULTZ, J.C.; VITOUSEK, P.M.; STRAIN, B.R. Growth response of tropical shrubs to treefall gap environments. **Ecology**, **71**, 165–179. 1990.

DICKOW, K. M. C.; MARQUES, R.; PINTO, C. B.; HOFER, H. Produção de serapilheira em diferentes fases sucessionais de uma floresta subtropical secundária, em Antonina, PR. **Revista Cerne**, Lavras, v. 18, n. 1, p. 75 - 86, 2012.

DINIZ, A. R., LOPES, D. M., PEREIRA, M. G., DE CARVALHO, F. B., MENEZES, C. E. G. Biomassa, estoques de carbono e de nutrientes em estádios sucessionais da Floresta Atlântica, RJ. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10, n. 3, 2015.

DUPRAZ, C.; LIAGRE, F. Agroforesterie: des arbres et des cultures. Paris: **Editions France Agricole**, 2008. 413 p.

ENTZ, M. H.; BELLOTTI, W. D.; POWELL, J. M.; ANGADI, S. V.; CHEN, W. OMINSKI, K. H.; BOELT, B. Evolution of integrated crop-livestock production systems. **Grassland: A global resource. Wageningen Academic Publ., Wageningen, the Netherlands**, p. 137-148, 2005.

FELFILI, J.M.; FRANCO, A.C.; FAGG, C.W.; SOUSA-SILVA, J.C. Desenvolvimento inicial de espécies de Mata de Galeria. Pp. 779–811. In: Ribeiro, J.F.; Fonseca, C.E.L. & Sousa-Silva, J.C (eds). **Cerrado: caracterização e recuperação de Matas de Galeria**. Planaltina, Embrapa Cerrados. 2001.

FERNANDES, F.; LUFT, C. P.; GUIMARÃES, F. M. Dicionário brasileiro da língua portuguesa. **São Paulo: Globo**, p. 80, 1993.

FETCHER, N.; OBERBAUER, S. F.; CHAZDON, R. L. Physiological ecology of forest plants. In: McDADE, L. A.; BAWA, K. J.; HESPENHEIDE, H. A.; HARTSHORN, G. (eds.) **La Selva: ecology and natural history of a Neotropical rain forest**. Chicago: The University of Chicago Press. 1994. p.128141.

GAMA-RODRIGUES, A.C.; BARROS, N.F. Ciclagem de nutrientes em floresta natural e em plantios de eucalipto e de dandá no sudeste da Bahia, Brasil. **Revista Árvore**, v. 26 n.2, p. 193-207, 2002.

GARAY, I.; PELLENS, R.; KINDEL, A.; BARROS, E.; FRANCO, A. A. Evaluation of soil conditions in fast-growing plantations of *Eucalyptus grandis* and *Acacia mangium* in Brazil: a contribution to the study of sustainable land use. **Applied Soil Ecology**, v. 27, n. 2, p. 177-187, 2004.

GENDRON, F.; MESSIER, C.; COMEAU, P.G. Temporal variations in the understorey photosynthetic photon flux density of deciduous stand: the effects of canopy development solar elevation, and sky conditions. **Agricultural and Forest Meteorology**. 106: 23-40, 2001.

GOLLEY, F. B. Ecosystems of the world. 14A. Tropical rain forest ecosystems. Structure and function. **Elsevier Scientific Publishing**, v. 14, p. 14B, 1983.

GONÇALVES, J. L de M. **Nutrição e fertilização florestal**. IPEF, 2005. 427p.

GONÇALVES, J. L. de M. de; STAPE, J. L.; LACLAU, J. P.; SMETHURST, P.; GAVA, J. L. Silvicultural effects on the productivity and wood quality of eucalypt plantations. **Forest Ecology and Management**, v. 193, n. 1, p. 45-61, 2004.

GOTO, R.; GUIMARÃES, V.F.; ECHER, M. de M. Aspectos fisiológicos e nutricionais no crescimento e desenvolvimento de plantas hortícolas. In: **FOLEGATTI, MV; CASARINI, E.; BLANCO, FF; BRASIL, RPC do**. (Coord.) Fertilização: flores, frutas e hortaliças. Guaíba: Agropecuária, p. 241-268, 2001.

GRANGEIRO, L.C.; CECÍLIO FILHO, A.B. Acúmulo e exportação de macronutrientes pelo híbrido de melancia Tide. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 93-97, 2004.

GUIMARÃES, C. **Biomassa e nutrientes em plantios de Eucaliptos no bioma pampa**. 2014. 63 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

JARAMILLO-BOTERO, C.; SANTOS, R. H. S.; FARDIM, M. P.; PONTES, T. M. SARMIENTO, F. Produção de serapilheira e aporte de nutrientes de espécies arbóreas nativas em um sistema agroflorestal na Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista Árvore**. vol.32, n.5, pp. 869-877, 2008.

KOEHLER, W.C. **Variação estacional de deposição de serapilheira e de nutrientes em povoamentos de *Pinus taeda* na região de Ponta Grossa – PR**.

138p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1989.

KRAMER, R. J.; KOSLOWSKI, T. T. **Fisiologia das árvores**. Lisboa: Fundação Kalouste Gouldbenkian, 1972. 745p.

KUNZ, J. H.; BERGONCI, J. I.; BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; HECKLER, B. M. M.; COMIRAN, F. Uso da radiação solar pelo milho sob diferentes preparos do solo, espaçamento e disponibilidade hídrica. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 42, n. 11, p. 1511-1520, 2007.

LACA, E.A.; LEMAIRE, G. Measuring sward structure. In: MANNETJE, L.; JONES, R.M. (Eds.) **Field and laboratory methods for grassland and animal production research**. Wallingford: CABI Publication, 2000. p.103-121.

LARCHER, W. Tradução Carlos Henrique BA Prado. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMa, 2000.

LEITH, H.; WHITTAKER, R. H. Primary production of the biosphere. **Ecological Studies**, Springer-Verlag, Berlin, 1975. 14 p.

LUCAS, N. M. **Desempenho animal em sistema silvipastoril com acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) e rendimento de matéria seca de cultivares de *Panicum maximum* Jacq. sob dois regimes de luz solar**. 2004. 127 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

LÜTTGE, U. **Physiological ecology of tropical plants**. SpringerVerlag: Berlin. 1997. 384p.

MELLO, R.S.P. **Produção de serapilheira e aspectos da ciclagem de nutrientes em dois tipos florestais adjacentes no Rio Grande do Sul**. 1995. 136f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1995.

MOLCHANOV, A. A. The hydrological role of forests. **The hydrological role of forests**, 1963.

MONTEITH, J. L.; MOSS, C. J. Climate and the efficiency of crop production in Britain [and discussion]. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 281, n. 980, p. 277-294, 1977.

MONTEITH, J.L. Light distribution and photosynthesis in field crops. **Annals of Botany**, v.29, p.17- 37, 1965.

MONTGOMERY, R.A.; CHAZDON, R.L. 2002. Light gradient partitioning by tropical tree seedlings in the absence of canopy gaps. **A ecologia** 131: 165-174.

MÜLLER. A. G.; BERGAMASCHI, H. Eficiências de interceptação, absorção e uso da radiação fotossinteticamente ativa pelo milho (*Zea mays* L.), em diferentes disponibilidades hídricas e verificação do modelo energético de estimativa da massa

seca acumulada. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.13, n.1, p.27-33, 2005.

NABINGER, C.; MORAES, A. de; MARASCHIN, G. E. Campos in Southern Brazil. **Grassland ecophysiology and grazing ecology**, p. 355-376, 2000.

NICOTRA, A. B.; CHAZDON, R. L.; IRIARTE, S. VB. Spatial heterogeneity of light and woody seedling regeneration in tropical wet forests. **Ecology**, v. 80, n. 6, p. 1908-1926, 1999.

OLSON, J. S. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. **Ecology**, v. 44, n. 2, p. 322-331, 1963.

PACIULLO, D. S. C.; AROEIRA, L. J. M.; ALVIM, M. J.; CARVALHO, M. M. Características produtivas e qualitativas de pastagem de braquiária em monocultivo e consorciada com estilosantes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 3, p. 421-426, 2003.

PACIULLO, D. S. C.; CARVALHO, C. D.; AROEIRA, L. J. M.; MORENZ, M. J. F.; LOPES, F. C. F.; ROSSIELLO, R. O. P. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária sob sombreamento natural e a sol pleno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 4, p. 573-579, 2007.

PACIULLO, D. S. C.; GOMIDE, C. A. M.; CASTRO, C. R. T.; FERNANDES, P. B.; MULLER, M. D.; PIRES, M. F. A.; XAVIER, D. F. Características produtivas e nutricionais do pasto em sistema agrossilvipastoril, conforme a distância das árvores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1176-1183, 2011.

PACIULLO, D.S.C.; CAMPOS, N.R.; GOMIDE, C.A.M., CASTRO, C.R; TAVELA, R.C.; ROSSIELLO, R.O.P. Crescimento de capim-braquiária influenciado pelo grau de sombreamento e pela estação do ano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.917-923, 2008.

PEREIRA, G. H. A.; PEREIRA, M. G.; DOS ANJOS, L. H. C.; DE AZEVEDO AMORIM, T.; MENEZES, C. E. G. Decomposição da serrapilheira, diversidade e funcionalidade de invertebrados do solo em um fragmento de floresta atlântica. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 5, 2013.

PERON, A. J.; EVANGELISTA, A. R. Degradação de pastagens em regiões de cerrado. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 3, p. 655-661, 2004.

PIRES, L. A.; BRITZ, R. M.; MARTEL, G.; PAGANO, S. N. Produção, acúmulo e decomposição da serrapilheira em uma restinga da Ilha do Mel, Paranaguá, PR, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, Feira de Santana, v. 20, n. 1, p. 173 - 184, 2006.

POGGIANI, F.; SCHUMACHER M. V. Ciclagem de nutrientes em Florestas Nativas. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Ed.) **Nutrição e Fertilização Florestal**. Piracicaba: IPEF/ESALQ - USP. 2005. p. 287-308.

PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MEDRADO, M. J. S.; NICODEMO, M. L. F.; DERETI, R. M. **Arborização de pastagens com espécies florestais madeireiras**: implantação e manejo. 1. ed. Colombo: Embrapa Florestas, 2010. 48 p.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia Vegetal**. 7ed. Tradução: Jane E. Kraus (coordenação geral). Rio de Janeiro, Guanabara, 2007.

REIS, M.G.F.; BARROS, N.F. Ciclagem de nutrientes em plantios de eucalipto. In: BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F. de. (eds). **Relação solo-eucalipto**. Viçosa: Folha de Viçosa, 1990. p.265-301.

ROCHA, J. H. T. **Reflexos do manejo de resíduos florestais na produtividade, nutrição e fertilidade do solo em plantações de *Eucalyptus grandis***. 2014. 124 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Programa: Recursos florestais. Opção: Silvicultura e Manejo Florestal) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.

RODRIGUES, D. M.; DA SILVA, M. M.; DE ALMEIDA, L. S.; DE SOUZA, T. R.; YARED, J. A. G.; DE SANTANA, A. C. Agrobiodiversidade e os serviços ambientais: perspectivas para o manejo ecológico dos agroecossistemas no Estado do Paraná. **Revista Agroecossistemas**, v. 4, n. 1, p. 12-32, 2013.

SALVADOR, S. M., SCHUMACHER, M. V., STAHL, J., & SANTOS, J. C. Biomassa arbórea e de sub-bosque e da serapilheira acumulada em povoamentos de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. **Revista Ecologia e Nutrição Florestal-ENFLO**, v. 3, n. 3, p. 82-93, 2016.

SAMARAKOON, S.P.; SHELTON, H.M.; WILSON, J.R. Voluntary feed intake by sheep and digestibility of shaded *Stenotaphrum secundatum* and *Pennisetum clandestinum* herbage. **J. Scientia Agricola**, 114(2):143-150, 1990.

SANTOS, E. D. G.; PAULINO, M. F.; QUEIROZ, D. S.; FONSECA, D. M.; VALADARES FILHO, S. C.; LANA, R. P. Avaliação de pastagem diferida de *Brachiaria decumbens* Stapf. 2. Disponibilidade de forragem e desempenho animal durante a seca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 1, p. 214-224, 2004.

SANTOS, V. D. **Ciclagem de nutrientes minerais em mata tropical subcaducifolia dos planaltos do Paraná (Parque Estadual Vila Rica do Espírito Santo – Fênix/PR)**. 1989. 387 f. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1989.

SCHUMACHER, M. V. **Aspectos da ciclagem de nutrientes e do microclima em talhões de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh., *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden e *Eucalyptus torelliana* F. Muell.** 1992. 87 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade de São Paulo, 1992.

SCHUMACHER, M. V.; HOPPE, J. M. A complexidade dos ecossistemas. Porto Alegre: Pallotti, 1997. 50p.

SCHUMACHER, M. V.; WITSCHORECK, R.; CALIL, F. N. Biomassa em povoamentos de *Eucalyptus* spp. de pequenas propriedades rurais em Vera Cruz, RS. **Ciência Florestal**, v. 21, n. 1, p. 17-22, 2011.

SCORIZA, R. N.; CORREIA, M. E. F.; DA SILVA, E. M. R. O estoque de serrapilheira é eficiente como indicador ambiental em fragmentos florestais de encosta?. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 12, n. 1, p. 79-85, 2017.

SILVA, C. J. D.; SANCHES, L.; BLEICH, M. E.; LOBO, F. D. A.; NOGUEIRA, J. D. S. Produção de serrapilheira no Cerrado e Floresta de transição Amazônia-Cerrado do centro-oeste brasileiro. **Acta Amazonica**, v. 37, n. 4, p. 543-548, 2007.

SILVA, R. D.; GUIMARÃES, M. D. F.; AQUINO, A. D.; MERCANTE, F. M. Análise conjunta de atributos físicos e biológicos do solo sob sistema de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1277-1283, 2011.

SILVEIRA, R. L. V. A.; HIGASHI, E. N. **Aspectos nutricionais envolvidos na ocorrência de doenças com ênfase para o eucalipto**. IPEF-ESALQ/USP, Piracicaba. 2003. p. 1-13.

SOARES, A. B.; SARTOR, L. R.; ADAMI, P. F.; VARELLA, A. C.; FONSECA, L.; MEZZALIRA, J. C. Influência da luminosidade no comportamento de onze espécies forrageiras perenes de verão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 3, p. 443-451, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. (Vol. 10) Universitat Jaume I, 2007.

TILMAN, D.; BALZER, C.; HILL, J.; BEFORT, B. L. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 108, n. 50, p. 20260-20264, 2011.

TITTO, C.G. **Comportamento de touros da raça Simental a pasto com recursos de sombra e tolerância ao calor**. 2006. 53 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) –Universidade de São Paulo (USP), Pirassununga, 2006.

VENDRAMI, J. P.; JURINITZ, C. F.; CASTANHO, C. T. Litterfall and leaf decomposition in forest fragments under different successional phases on the Atlantic Plateau of the state of Sao Paulo, Brazil. **Biota Neotropica**, v. 12, n. 3, p. 136 - 143, 2012.

VIBRANS, A. C.; SEVEGNANI, L. Produção de serapilheira em dois remanescentes de floresta ombrófila densa em Blumenau-SC. **Revista de Estudos Ambientais**, v. 1, n. 2, p. 103-116, 2000.

VIERA, M. **Dinâmica nutricional em um povoamento híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus globulus* em Eldorado do Sul-RS, Brasil**. 2012. 119f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal: Silvicultura) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

VIERA, M.; SCHUMACHER, M. V. Teores e aporte de nutrientes na serapilheira de *Pinus taeda* L., e sua relação com a temperatura do ar e pluviosidade. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 1, p. 85-94, 2010.

WADSWORTH, F. H.; ZWEEDE, J. C. Liberation: Acceptable production of tropical forest timber. **Forest Ecology and Management**, v.233, n.1, p.45-51, 2006.

WILSON, J.R. Influence of planting four tree species on the yield and soil water status of green panic pasture in subhumid south-east Queensland. **Tropical Grasslands**, v.32, p.209-220, 1998.

YOUNG, A. **Tropical soils and soil survey**. Cambridge, Cambridge University Press.; 1976. 468 p.

ZIMMER, A. H.; ALMEIDA, R. G.; BUNGENSTAB, D. J.; KICHEL, A. N. Integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil: Histórico e perspectivas para o desenvolvimento sustentável. In: **Proceedings of the 7th Congresso Latinoamericano de Sistemas Agroflorestais para a Produção Pecuária Sustentável. Universidade Federal do Pará, Belém, PA, Brazil**. 2012. p. 666-670.

ZIPPERLEN, S. W.; PRESS, M. C. Photosynthesis in relation to growth and seedling ecology of two dipterocarp rain forest tree species. **Journal of Ecology**, p. 863-876, 1996.