



Ministério da Educação – Brasil
 Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM
 Minas Gerais – Brasil
 Revista Vozes dos Vales: Publicações Acadêmicas
 ISSN: 2238-6424
 QUALIS/CAPES – LATINDEX
 Nº. 22 – Ano XI – 10/2022
<http://www.ufvjm.edu.br/vozes>

Manejo nutricional e capacidade produtiva do eucalipto e sua contribuição para a estocagem de carbono em sistemas integrados de produção, visando à sustentabilidade do ecossistema

Igor Costa de Freitas
 Doutorando em Produção Vegetal – ICA- Universidade Federal de Minas Gerais- UFMG
 Montes Claros- MG- Brasil
<http://lattes.cnpq.br/4360886970618103>
 Email: freitasicde@gmail.com

Cássia Michelle Cabral
 Pós Doutoranda em Produção Vegetal pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri- UFVJM
 Diamantina- MG- Brasil
<http://lattes.cnpq.br/8256971689993828>
 E-mail: michelle.cabral@ufvjm.edu.br

Prof. Dr. Evander Alves Ferreira
 Professor Visitante ICA-Universidade Federal do Minas Gerais-UFMG
 Montes Claros- MG- Brasil
<http://lattes.cnpq.br/5887024898731149>
 E-mail: evander.alves@gmail.com

Leidivan de Almeida Frazão
 Professora Adjunta IV ICA- Universidade Federal do Minas Gerais-UFMG
 Montes Claros- MG- Brasil
<http://lattes.cnpq.br/9544258230755043>
 Email: leidivan.frazao@gmail.com

Resumo: A integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) diversifica a produção e permite maior biodiversidade, gerando efeitos sinérgicos entre os diferentes componentes do agroecossistema. O eucalipto é amplamente utilizado na silvicultura e tem sido estudado como opção de componente arbóreo em sistemas de ILPF. Dessa forma, no contexto da ILPF, práticas que otimizem o manejo nutricional do eucalipto visando a sustentabilidade e a obtenção de informações acerca de sua capacidade produtiva devem ser discutidas e elucidadas. Além disso, a sustentabilidade dos diferentes sistemas de produção está relacionada a sua capacidade de estocagem de carbono, que deve proporcionar aumentos ou manutenção do conteúdo de matéria orgânica do solo e a mitigação das emissões de gases de efeito estufa (GEE). Portanto, torna-se necessário analisar a contribuição do eucalipto na estocagem de carbono em sistemas de ILPF. Para tais finalidades, diferentes estudos publicados na literatura científica internacional foram investigados objetivando coletar informações acerca do manejo nutricional e capacidade produtiva do eucalipto e sua contribuição para a estocagem de carbono em sistemas ILPF, visando à sustentabilidade do ecossistema.

Palavras- chave: Sistemas florestais, florestas plantadas, mudanças climáticas

Abstract: The Crop-Livestock-Forest (ILPF) integration diversifies production and allows for greater biodiversity, generating synergistic effects between the different components of the agroecosystem. Eucalyptus is widely used in forestry and has been studied as an option for a tree component in ILPF systems. Thus, in the context of the ILPF, practices that optimize the nutritional management of eucalyptus aiming at sustainability and obtaining information about its productive capacity must be discussed and elucidated. In addition, the sustainability of the different production systems is related to their carbon storage capacity, which should provide increases or maintenance of soil organic matter content and the mitigation of greenhouse gas (GHG) emissions. Therefore, it is necessary to analyze the contribution of eucalyptus to carbon storage in ILPF systems. For these purposes, different studies published in the international scientific literature were investigated with the aim of collecting information about the nutritional management and productive capacity of eucalyptus and its contribution to carbon storage in ILPF systems, aiming at the sustainability of the ecosystem.

Key words: Forestry systems, planted forests, climate changes

Introdução

A conversão de sistemas florestais nativos em agricultura tem resultado na degradação do solo e em altas perdas nos estoques de carbono orgânico deste compartimento. Perdas entre 20 a 70% do conteúdo de carbono do solo foram reportadas devido ao uso da terra (ABBAS et al., 2017). Alves et al. (2017)

relataram que a crescente demanda por alimentos deve ser atendida por meio da intensificação sustentável da produção, já que a expansão da agricultura dificulta a conservação dos recursos naturais. Os sistemas integrados de produção se destacam pelas altas taxas de acúmulo de carbono acima e abaixo do solo (ABBAS et al., 2017) e pelos efeitos sinérgicos existentes entre os diferentes componentes (agrícola, pecuário e florestal) do sistema, como o maior aproveitamento dos fertilizantes (ALVES et al., 2017).

Dollinger & Jose (2018) observaram que a agrossilvicultura melhora a disponibilidade de nutrientes do solo devido à presença de árvores no sistema. Segundo o estudo, as árvores favorecem a ciclagem de nutrientes, principalmente em regiões tropicais, aumentando a fertilidade do solo e consequentemente a capacidade deste em sustentar a produção. Por meio da decomposição e mineralização da serapilheira, além da liberação de compostos via exsudação por diferentes estruturas das árvores, há disponibilização de nutrientes no solo melhorando o rendimento das culturas em sistemas integrados (DOLLINGER & JOSE, 2018).

De acordo com Ehrenbergerová et al. (2016), a quantidade de carbono sequestrado no sistema depende das espécies arbóreas utilizadas. Lana et al. (2016) relataram que o eucalipto em sistema integrado é uma espécie promissora para uso e conservação da terra, pois permite aumentos no conteúdo de carbono orgânico do solo e apresenta grande potencial de produção de serapilheira. McMahon et al. (2019) concluíram que os estoques de carbono e de nutrientes presentes no solo em plantações de eucalipto tenderam a aumentar ao longo do tempo. Segundo o estudo, alterações nos estoques de nutrientes do solo podem ser atribuídas ao manejo nutricional e à produção e distribuição de biomassa.

Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo apresentar informações acerca do manejo nutricional e da capacidade produtiva do eucalipto e sua contribuição na estocagem de carbono em sistemas ILPF, visando à sustentabilidade do ecossistema.

Manejo nutricional e capacidade produtiva do eucalipto em sistemas ILPF

O desenvolvimento das plantas depende em grande parte dos nutrientes presentes no solo, contudo uma maior diversidade de microrganismos, obtida pela consorciação de diferentes espécies, pode favorecer a nutrição vegetal e deve, portanto, ser priorizada. Bini et al. (2017) constataram que em plantio consorciado de eucalipto (*Eucalyptus grandis*) com leguminosa houve maior diversidade e riqueza de fungos micorrízicos arbusculares (FMA), comparativamente ao monocultivo de eucalipto, evidenciando que a colonização de raízes de leguminosas por FMA pode estimular a colonização em eucalipto, melhorando a absorção de P via hifas micorrízicas.

Bini et al. (2017) observaram ainda que a presença de espécies leguminosas, além de promoverem maior colonização radicular e diversidade de FMA, elevam a qualidade da serapilheira e, conseqüentemente, a ciclagem de nutrientes. Os autores verificaram redução da atividade da enzima celulase (decompõe celulose recalcitrante), indicando a presença de serapilheira menos recalcitrante no sistema consorciado, ao contrário do observado em cultivo único de eucalipto, onde a serapilheira é caracterizada pela alta relação C/N. Correlações negativas entre concentrações de N e a celulase e positivas entre C/N e C/P com a enzima celulase, além de correlações negativas entre celulase e colonização por FMA, foram obtidas em todas as amostras de serapilheira no estudo em questão.

O aumento da colonização por FMA em sistemas integrados com leguminosas possibilita a ocorrência de efeitos benéficos adicionais, como uma maior atividade da fosfatase ácida e da fosfatase alcalina (mineralizam P orgânico), permitindo aumento da concentração de P nas plantas devido a maior ciclagem deste nutriente (BINI et al., 2017). Pereira et al. (2018) e Rachid et al. (2015) também verificaram aumento significativo na colonização radicular em eucalipto em decorrência do consórcio com leguminosa e destacaram o papel dos fungos na ciclagem de nutrientes do solo e, conseqüentemente, o importante papel destes microrganismos na renovação do C, N e P. Outro efeito benéfico, citado por Bini et al. (2017), seria a maior transferência de N para as plantas devido à fixação biológica de N. Vidal et al. (2019) relataram que as espécies fixadoras de N aumentam a fertilidade do solo, possibilitando melhoria do estado nutricional das árvores. Adicionalmente, Yao et al. (2019) reportaram que o aumento do uso de N atmosférico por meio da fixação biológica pode melhorar

a exploração de sistemas integrados. Pereira et al. (2019) mostraram aumento da produtividade, da sustentabilidade ambiental e otimização da fertilização mineral em plantações florestais consorciadas com espécies fixadoras de N_2 .

Pinheiro et al. (2019) investigaram o potencial de absorção de nitrato e água em função da distância do tronco de eucalipto e profundidade do íon no solo visando uma melhor compreensão das consequências de práticas de fertilização. O estudo foi realizado a partir da injeção de NO_3^{-15N} no solo em diferentes distâncias das árvores e profundidades no solo. Pinheiro et al. (2019) constataram que o eucalipto (*E. urophylla* x *E. grandis*) absorveu NO_3^{-15N} até uma profundidade de 8 m e distância horizontal de 5 m, contudo, maior absorção do nutriente estudado ocorreu até 2 m de distância.

Pinheiro et al. (2019) recomendaram, a partir de resultados experimentais, que os fertilizantes devem ser aplicados até 2 m de distância dos troncos nas plantações de eucalipto. Neste contexto, é possível inferir que, em sistemas integrados de produção, deve-se utilizar distâncias de aproximadamente 2 m entre culturas agrícolas/forrageiras e o eucalipto, visando menor competição por nutrientes entre os componentes do sistema. Mugunga et al. (2017) verificaram que a umidade do solo e os nutrientes foram reduzidos nas proximidades das árvores, contribuindo com a diminuição da produção de grãos de milho. Outros estudos constataram o elevado potencial de absorção de nutrientes e água pelo eucalipto (BORDRON et al., 2018; VIEIRA et al., 2017). Já o potencial de absorção de nutrientes em camadas profundas do solo pelo eucalipto pode favorecer a captação de elementos químicos translocados para regiões onde o sistema radicular das culturas agrícolas e forrageiras não alcançam, permitindo o aproveitamento e/ou retorno destes nutrientes ao sistema, os quais serão disponibilizados novamente com a senescência e mineralização de estruturas das árvores.

Bordron et al. (2018) observaram, mesmo em sistemas que receberam grandes aportes de fertilizantes, quantidades muito baixas de cátions perdidos por lixiviação em plantios de eucalipto cultivados em solos tropicais profundos. Vieira et al. (2017) mencionaram alto consumo de nutrientes em espécies de eucalipto aos 18 meses de idade, sendo verificado maior acúmulo de Ca na biomassa acima do solo (ramos, casca e madeira), seguido pelos nutrientes N, K, Mg, P, B e Cu, respectivamente. O alto potencial de absorção de água e

nutrientes pelo eucalipto pode estar relacionado ao seu amplo desenvolvimento radicular (PINHEIRO et al., 2016).

A produção de eucalipto em sistemas integrados de produção tem sido estudada e resultados positivos foram verificados em diferentes estudos. Magalhães et al. (2019) avaliaram o desempenho de culturas, animais e silvicultura em diferentes sistemas de produção no norte do Mato Grosso, Brasil. Os sistemas integrados de produção com eucalipto foram plantados em linhas triplas (3,5 x 3 m), espaçadas a 30 m de distância (faixa de cultivo agrícola e produção pecuária), totalizando 270 árvores ha⁻¹, enquanto o monocultivo de eucalipto foi implantado no espaçamento de 3,5 x 3 m, totalizando 952 árvores ha⁻¹. O volume de madeira não foi comparado entre os sistemas integrados e monocultivo devido à diferença de densidade de árvores existente. Porém, Magalhães et al (2019) observaram menor diâmetro a altura do peito nas árvores presentes no monocultivo aos 56 meses de idade. Segundo os autores, o volume individual de madeira foi semelhante entre os sistemas integrados e monocultivo. Os valores de volume individual variaram de 0,1781 m³ ha⁻¹ (monocultivo de eucalipto) a 0,2113 m³ ha⁻¹ (ILPF).

O desempenho produtivo de sistemas integrados de produção (ILPF) foi também estudado por Santos et al. (2019). O crescimento e desenvolvimento de Eucalipto (*Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*; híbrido 3336) integrado em sistemas de produção de milho consorciado com diferentes espécies de forrageiras foram comparados ao monocultivo. O sistema de integração foi implantado no espaçamento 12 x 2 m, enquanto o monocultivo no espaçamento de 3 x 2 m. Covas de plantio foram fertilizadas com 0,2 kg de ortofosfato e 0,125 kg de NPK (8:28:16) e, após 60 dias do plantio das mudas em campo, aplicou-se 0,125 kg de cloreto de potássio, 0,05 kg de sulfato de amônio, 0,010 kg de bórax e 0,005 kg de sulfato de Zn planta⁻¹. Aos 360 dias após o plantio, Santos et al. (2019) não observaram diferença entre os sistemas estudados. Foram observadas altura, largura de copa, diâmetro a altura do peito e volume individual de madeira de eucalipto semelhantes entre os sistemas de ILPF e monocultivo.

Potencial de estocagem de carbono em sistemas ILPF com eucalipto

Resultados positivos quanto à elevação do conteúdo de carbono orgânico total do solo (COT) foram relatados em estudos que avaliaram o potencial de estocagem de carbono em sistemas integrados de produção, os quais utilizaram o eucalipto como componente arbóreo (EHRENBERGEROVÁ et al., 2016; LANA et al., 2018; OLIVEIRA et al., 2018; TORRES et al., 2017).

Lana et al. (2018) avaliaram diferentes atributos relacionados à fertilidade do solo em sistemas silvipastoris no bioma Cerrado. Os autores estudaram o sistema *Zeyheria tuberculosa* em integração com *Brachiaria brizantha* com 30 anos de idade e o sistema *Eucalyptus grandis* integrado com *B. brizantha* após 20 anos de condução. O sistema com *Zeyheria* foi composto por 160 árvores ha⁻¹, já o sistema com *Eucalyptus* foi formado por 150 árvores ha⁻¹. Lana et al. (2018) observaram maior estoque de carbono orgânico do solo no sistema com eucalipto, o qual apresentou, considerando todas as camadas de solo estudadas, conteúdo de matéria orgânica 79% acima do verificado no sistema com *Zeyheria*. Tal resultado foi atribuído a composição da serapilheira do eucalipto, que apresenta mineralização mais lenta. Constataram-se, no estudo em questão, que o conteúdo de matéria orgânica obtido em ambos os sistemas silvipastoris estudados foi adequado e superior ao observado em diversos monocultivos agrícolas e pastagens citados na literatura, permitindo inferir que os sistemas integrados avaliados constituem uma alternativa de produção sustentável no bioma Cerrado.

Sistemas de cultivo de eucalipto (*Eucalyptus urograndis*) integrado com soja (*Glicine max*) e arroz (*Oryza sativa*) nos dois primeiros anos de implantação e, a partir deste período, integrado com capim braquiária (*Urochloa bryzantha*) foram estudados por Oliveira et al. (2018) no estado do Mato Grosso, Brasil. Os autores avaliaram os estoques de carbono orgânico do solo na camada de 0-100 cm de profundidade nos sistemas integrados aos 3 anos de idade e em área com cultivo único de capim braquiária. Os estoques de carbono orgânico do solo variaram de 114,52 a 137,72 Mg ha⁻¹ nos sistemas integrados, considerando diferentes locais no transecto entre as árvores e, no monocultivo de capim, foi obtido estoque de 110,66 Mg ha⁻¹. Constataram-se maiores estoques de carbono sob as linhas de plantio do eucalipto. De acordo com os autores, taxas de acúmulo ou a manutenção dos níveis de carbono orgânico do solo são influenciadas por diferentes fatores, como a não mobilização do solo,

manutenção do aporte de biomassa, cobertura constante do solo e reposição de nutrientes.

Torres et al. (2017) estimaram as emissões de gases de efeito estufa (GEE), a produção de biomassa e o armazenamento de carbono em sistema agrossilvipastoril e silvipastoril no sudeste do Brasil. Foram estudados dois sistemas agrossilvipastoris, sendo um composto por eucalipto (*E. saligna*) consorciado com milho (*Zea mays*) e outro formado por eucalipto urograndis (*E. urophylla* x *E. grandis*) consorciado com feijão (*Phaseolus vulgaris*), tendo o componente arbóreo espaçamento de 8 x 3 m em ambos os sistemas. As culturas agrícolas nestes sistemas foram substituídas por pastagem de capim braquiária (*Brachiaria decumbens*) no segundo ano de condução, havendo pastejo de gado. Sistemas silvipastoris também foram estudados, sendo um composto por braquiária e eucalipto urograndis no espaçamento 9 x 1 m e outro, com as mesmas espécies de plantas, no espaçamento de 12 x 3 m, ambos com pastejo de gado (1 animal ha⁻¹) no segundo ano de idade dos sistemas. Ao considerar as emissões de GEE em atividades pré-fazenda (produção armazenamento e transporte de insumos) e práticas realizadas na fazenda (fertilização e utilização de maquinários), Torres et al. (2017) obtiveram emissões de 2,81 a 7,98 t CO_{2e} de GEE nos sistemas de integração.

Torres et al. (2017) verificaram ainda armazenamento de 54,6, 11,4, 25,7 e 5,9 t ha⁻¹ de carbono acima do solo nas árvores de eucalipto, respectivamente, nos sistemas agrossilvipastoril com milho, agrossilvipastoril com feijão, silvipastoril no espaçamento 9 x 1 e silvipastoril no espaçamento 12 x 3. Nesta mesma ordem, constatou-se que um total de 17, 39, 44 e 35 árvores ha⁻¹ seriam capazes de compensar as emissões de GEE observadas nestes sistemas, quantidades que equivalem a apenas 4,0, 10,2, 3,4, e 13,1% do número total de árvores dos sistemas citados, respectivamente. Torres et al (2017) mostraram, portanto, que os sistemas de ILPF apresentam balanço positivo de carbono e podem mitigar as emissões de GEE.

Ehrenbergerová et al. (2016) constataram que sistemas agroflorestais desempenham um importante papel na fixação de carbono em locais onde a cobertura florestal nativa foi removida, sobretudo em regiões tropicais. De acordo com os autores, a quantidade de carbono sequestrado varia em função das espécies arbóreas cultivadas. Em estudo realizado no Peru, Ehrenbergerová et

al. (2016) observaram conteúdo de carbono de 387 kg árvore⁻¹ em *Pinus* spp. e de 270 kg árvore⁻¹ em *Eucalyptus* spp. enquanto em espécie nativa (*Inga* spp.) da região de estudo foram mensurados 115 kg árvore⁻¹. Considerando todos os sistemas agroflorestais avaliados, os autores verificaram que a maior parte do carbono fixado no sistema (solo-planta) se concentra no compartimento solo (57 a 99%), seguido pelo compartimento planta (biomassa das árvores acima do solo, entre 23 e 32%), acompanhado pela cultura consorciada com as árvores (café, representando de 0,2 a 2%) e, por fim, o compartimento serapilheira (1%).

Considerações Finais

A diversificação de espécies de plantas na ILPF constitui importante prática no manejo nutricional do eucalipto. A consorciação com plantas leguminosas permite a obtenção de melhorias no processo de ciclagem de nutrientes e aumento do conteúdo de nitrogênio do solo proveniente da fixação biológica de nitrogênio.

A aplicação de fertilizantes visando a nutrição do eucalipto deve ser realizada próxima às árvores e uma distância de plantio entre componente arbóreo e culturas agrícolas/forrageiras deve ser respeitada visando menor competição por água e nutrientes.

O crescimento e desenvolvimento de eucalipto, constatados pelas variáveis altura, largura de copa, diâmetro a altura do peito e volume individual de madeira assemelham-se entre os sistemas de ILPF e monocultivo.

Sistemas de ILPF apresentam potencial de estocagem de carbono no solo e na biomassa das árvores (eucalipto), gerando sequestro de CO₂ e mitigação de emissão de GEE, permitindo a sustentabilidade do ecossistema.

Referências

ABBAS, F.; HAMMAD, H.M., FAHAD, S.; CERDÀ, A.; RIZWAN, M.; FARHAD, W.; EHSAN, S.; BAKHAT, H.F. Agroforestry: a sustainable environmental practice for carbon sequestration under the climate change scenarios: a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 24:11177-11191, 2017.

ALVES, B.J.R.; MADARI, B.E.; BODDEY, R.M. Integrated crop–livestock–forestry systems: prospects for a sustainable agricultural intensification. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 108:1-4, 2017.

BINI, D.; SANTOS, C.A. D.; SILVA, M.C.P.D.; BONFIM, J.A.; CARDOSO, E.J.B.N. Intercropping *Acacia mangium* stimulates AMF colonization and soil phosphatase activity in *Eucalyptus grandis*. *Scientia Agricola*, 75:102-110, 2018.

BORDRON, B.; ROBIN, A.; OLIVEIRA, I. R.; GUILLEMOT, J.; LACLAU, J. P.; JOURDAN, C.; Nouvellona, Y.; ABREU-JUNIOR, C.H.; TRIVELINE, P.C.O.; GONÇALVES, J.L.M.; PLASSARD, C; BOUILLET, J.P. Fertilization increases the functional specialization of fine roots in deep soil layers for young *Eucalyptus grandis* trees. *Forest Ecology and Management*, 431:6-16, 2018.

DOLLINGER, J.; JOSE, S. Agroforestry for soil health. *Agroforestry systems*, 92:213-219, 2018.

EHRENBERGEROVA, L.; CIENCIALA, E.; KUČERA, A.; GUY, L.; HABROVÁ, H. Carbon stock in agroforestry coffee plantations with different shade trees in Villa Rica, Peru. *Agroforestry Systems*, 90:433-445, 2016.

LANA, Â.M.Q.; LANA, R.M.Q.; LEMES, E.M.; REIS, G.L.; MOREIRA, G.H.F.A. Influence of native or exotic trees on soil fertility in decades of silvopastoral system at the Brazilian savannah biome. *Agroforestry systems*, 92:415-424, 2018.

MAGALHÃES, C.A.S.; PEDREIRA, B.C.; TONINI, H.; NETO, A.F. Crop, livestock and forestry performance assessment under different production systems in the north of Mato Grosso, Brazil. *Agroforestry Systems*, 93:2085-2096, 2019.

MCMAHON, D.E.; JACKSON, R.B. Management intensification maintains wood production over multiple harvests in tropical *Eucalyptus* plantations. *Ecological Applications*, 29:1-15, 2019.

MUGUNGA, C.P.; GILLER, K.E.; MOHREN, G.M.J. Tree-crop interactions in maize-eucalypt woodlot systems in southern Rwanda. *European Journal of Agronomy*, 86:78-86, 2017.

OLIVEIRA, J.M.; MADARI, B.E.; CARVALHO, M.T.M.; ASSIS, P.C.R.; SILVEIRA, A.L.R.; LIMA, M.L.; WRUCK, F.J.; MEDEIROS, J.C.; MACHADO, P.L.O.A. Integrated farming systems for improving soil carbon balance in the southern Amazon of Brazil. *Regional environmental change*, 18:105-116, 2018.

PEREIRA, A.P.A.; DURRER, A.; GUMIERE, T.; GONÇALVES, J.L.; ROBIN, A.; BOUILLET, J.P.; WANG, J.; VERMA, J.P.; SINGH, B.K.; CARDOSO, E.J. Mixed *Eucalyptus* plantations induce changes in microbial communities and increase biological functions in the soil and litter layers. *Forest ecology and management*, 433:332-342, 2019.

PEREIRA, A.P.A.; SANTANA, M.C.; BONFIM, J.A.; MESCOLOTTI, D.L.; CARDOSO, E.J.B.N. Digging deeper to study the distribution of mycorrhizal arbuscular fungi along the soil profile in pure and mixed *Eucalyptus grandis* and *Acacia mangium* plantations. *Applied Soil Ecology*, 128:1-11, 2018.

PINHEIRO, R.C.; BOUILLET, J.P.; BORDRON, B.; ALÓ, L.L.; COSTA, V.E.; ALVARES, C.A.; KAREL MEERSCHKE, V.D.; STAPE, J.L.; GUERRIN, I.A.; LACLAU, J.P. Distance from the trunk and depth of uptake of labelled nitrate for dominant and suppressed trees in Brazilian *Eucalyptus* plantations: Consequences for fertilization practices. *Forest Ecology and Management*, 447:95-104, 2019.

PINHEIRO, R.C.; DEUS JR, J.C.; NOUVELLON, Y.; CAMPOE, O.C.; STAPE, J.L.; ALÓ, L.L.; GUERRINI, I.A.; JOURDAN, C.; LACLAU, J.P. A fast exploration of very deep soil layers by *Eucalyptus* seedlings and clones in Brazil. *Forest Ecology and Management*, 366:143-152, 2016.

RACHID, C.T.; BALIEIRO, F.C.; FONSECA, E.S.; PEIXOTO, R.S.; CHAER, G.M.; TIEDJE, J.M.; ROSADO, A.S. Intercropped silviculture systems, a key to achieving soil fungal community management in *Eucalyptus* plantations. *PLoS one*, 10:1-13, 2015.

SANTOS, Márcia Vitória et al. Integrated crop–forage–forestry for sustainable agricultural systems: productive performance. *Agroforestry Systems*, 1-11, 2019.

TORRES, C.M.M.E.; JACOVINE, L.A.G.; OLIVERA Neto, S.N.; FRAISSE, C.W.; SOARES, C.P.B.; CASTRO NETO, F.; FERREIRA, L.R.; ZANUNCIO, J.C.; LEMES, P.G. Greenhouse gas emissions and carbon sequestration by agroforestry systems in southeastern Brazil. *Scientific reports*, 7:1-7, 2017.

VIDAL, D.F.; TRICHET, P.; PUZOS, L.; BAKKER, M.R.; DELERUE, F.; AUGUSTO, L. Intercropping N-fixing shrubs in pine plantation forestry as an ecologically sustainable management option. *Forest ecology and management*, 437:175-187, 2019.

VIERA, M.; SCHUMACHER, M.V.; BONACINA, D.M.; RAMOS, L.O.O.; RODRÍGUEZ-SOALLEIRO, R. Biomass and nutrient allocation to aboveground components in fertilized *Eucalyptus saligna* and *E. urograndis* plantations. *New forests*, 48:445-462, 2017.

YAO, X.; LI, Y.; LIAO, L.; SUN, G.; WANG, H.; YE, S. Enhancement of nutrient absorption and interspecific nitrogen transfer in a *Eucalyptus urophylla* × *eucalyptus grandis* and *Dalbergia odorifera* mixed plantation. *Forest Ecology and Management*, 449:1-9, 2019.