



INICIO

CRÉDITOS

COMITÉS

CONTENIDO

SESIÓN I

SESIÓN II

SESIÓN III

SESIÓN IV

ANEXOS

Características dendométricas em sistemas silvipastoris e transmissão da radiação solar

Dendometric traits in silvopastoral systems and solar radiation transmission

J.R.M. Pezzopane^{1,*}; C. Bosi²; H.B. Brunetti¹; R.G. Almeida³; M.D. Muller⁴

¹Embrapa Pecuária Sudeste, Rodovia Washington Luiz, Km 234, Caixa postal 339, 13560-970, São Carlos, SP, Brasil.

² Universidade Federal do Paraná, Paranavaí, PR, Brasil

³ Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS, Brasil

⁴ Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG, Brasil

* Autor correspondente, e-mail: jose.pezzopane@embrapa.br

Resumo

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a relação entre características dendométricas do povoamento florestal de eucalipto em sistemas silvipastoris e a transmissão da radiação solar pelas árvores. Foram avaliados conjuntamente quatro sistemas silvipastoris nos municípios de São Carlos, SP (21°57'42" S, 47°50'28" W, 854 m.) e Campo Grande, MS (20°24'55" S, 54°42'26" W, 530 m.), Brasil, em diferentes situações de manejo e densidade de árvores. Os sistemas eram compostos de pastagens arborizadas com árvores de eucaliptos (*Eucalyptus urograndis*) ou *Corymbia* (*Corymbia citriodora*) plantadas em linhas simples em densidade que variaram de 83 a 357 árvores por hectare. Os dados de diâmetro à altura do peito, volume e área basal por hectare nos sistemas silvipastoris foram correlacionados com a transmissão da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) no período das águas, compreendido entre outubro e março, em vinte e sete avaliações, considerando os diferentes sistemas avaliados e os anos de amostragem. Os resultados obtidos mostraram que a maior correlação entre o crescimento de árvores e a transmissão da RFA foi obtida com a área basal por hectare ($r=-0,92$) seguido pelo diâmetro à altura do peito e volume das árvores. A partir disso, foi permitido estabelecer uma relação linear entre a área basal por hectare e a transmissão da RFA que poderá subsidiar o manejo de desbaste de árvores em sistemas silvipastoris para a manutenção do potencial produtivo das pastagens nesses sistemas.

Palavras-chave: *integração pecuária-floresta, desbaste, manejo florestal, Eucalipto, área basal.*



INICIO

CRÉDITOS

COMITÉS

CONTENIDO

SESIÓN I

SESIÓN II

SESIÓN III

SESIÓN IV

ANEXOS

Abstract

This study aimed to evaluate the relationship between dendrometric traits of eucalyptus trees in silvopastoral systems and the transmission of solar radiation through the trees. Four silvopastoral systems with eucalyptus were evaluated in São Carlos, SP (21°57'42" S, 47°50'28" W, 854 m.) and Campo Grande, MS (20°24'55 "S, 54°42'26" W, 530 m.), Brazil, with different tree density and management. The systems were composed of shaded pastures with eucalyptus (*Eucalyptus urograndis*) or Corymbia (*Corymbia citriodora*) trees planted in simple rows in density that varied from 83 to 357 trees per hectare. Tree growth parameters data (diameter at breast height, volume, and basal area per hectare) were measured in silvopastoral systems and correlated with the transmission of photosynthetically active radiation (PAR) in the rainy season, between October and March, in twenty-seven evaluations, considering the different systems evaluated and the years of sampling. The results obtained showed that the greatest correlation between tree growth and PAR transmission was obtained with the basal area per hectare ($r=-0.92$) followed by the diameter at breast height and volume of the trees. From this, it was possible to establish a linear relationship between the basal area per hectare and the PAR transmission that could support the management of tree thinning in silvopastoral systems for the maintenance of the pasture productive potential in these systems.

Key words: *livestock-forest integration, thinning, forest management, Eucalyptus, basal area.*

Introdução

Sistemas silvipastoris, que associam árvores às pastagens, são uma modalidade de produção pecuária constantemente relacionada a estratégias de mitigação e adaptação da pecuária às mudanças climáticas globais, além de ser caracterizada como sistemas de produção mais sustentáveis.

A presença das árvores nas pastagens promove uma série de benefícios, como o conforto térmico animal, melhorias das características químicas, físicas e biológicas do solo, além do sequestro de carbono da atmosfera pelo componente arbóreo (Magalhães *et. al.*, 2020; Pezzopane *et. al.*, 2021; Santos *et. al.*, 2022). Por esses motivos tem se ampliado o uso desses sistemas, especialmente na região tropical, como a maior parte das pastagens brasileiras.



INICIO

CRÉDITOS

COMITÉS

CONTENIDO

SESIÓN I

SESIÓN II

SESIÓN III

SESIÓN IV

ANEXOS

Por outro lado, o excesso de sombreamento promovido pela copa das árvores pode trazer prejuízos à produção das forragens nesses sistemas. As pastagens tropicais toleram níveis intermediários de sombreamento, ao redor de 35% (Paciullo *et. al.*, 2011). Nessas situações pode ocorrer ainda aumento na qualidade da forragem (Brunetti *et. al.*, 2022). Contudo, acima desses níveis de sombreamento ocorre diminuição da produção imposta pela competição por recursos ambientais, como a radiação solar.

A relação entre variáveis dendométricas e a transmissão da radiação solar pelas árvores tem sido investigada em plantios florestais (Comeau *et. al.*, 1998 e Comeau, 2001) ou em consórcio de árvores com pastagens (Wall *et. al.*, 2010) ou culturas agrícolas (Nissem e Midmore, 2002). Assim, a compreensão sobre a relação entre variáveis de povoamento que expressem o crescimento, porte e a ocupação do site pelas árvores em sistemas silvipastoris e a transmissão da radiação solar para as pastagens se constitui em uma ferramenta importante para subsidiar a definição de critérios do manejo do componente florestal nesses sistemas.

Em função disso, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a relação entre variáveis dendrométricas de árvores de eucalipto em sistemas silvipastoris e a transmissão da radiação solar pelas árvores.

Material e Métodos

O trabalho foi conduzido em quatro áreas experimentais com sistemas silvipastoris, sendo duas na Embrapa Pecuária Sudeste em São Carlos, SP, Brasil (21°57'42" S, 47°50'28" W, 854 m.) e duas na Embrapa Gado de Corte em Campo Grande, MS (20°24'55" S, 54°42'26" W, 530 m.) conforme descrição a seguir:

Sistema Silvopastoril para produção de Gado de Corte (São Carlos, SP): Experimento implantado em 2011, com pastagem de *Urochloa brizantha* cv. Piatã arborizada com *Eucalyptus urograndis* clone GG100, em fileiras simples, com orientação próxima a leste-oeste no espaçamento de 15 × 2 m (15 m entre linhas e 2 m entre árvores na linha) resultando em uma densidade populacional de 333 árvores ha⁻¹ (CPPSE_Corte_333). Em julho de 2016 foi realizado um desbaste sistemático com remoção de 50% das árvores na linha resultando em espaçamento de 15 × 4 m, com uma densidade populacional de 167 árvores ha⁻¹ (CPPSE_Corte_167). Em agosto de 2019 foi realizado novo desbaste com retirada de uma linha de árvores resultando em espaçamento de 30 × 4 m, com uma densidade populacional de 83 árvores ha⁻¹ (CPPSE_Corte_83).



INICIO

CRÉDITOS

COMITÉS

CONTENIDO

SESIÓN I

SESIÓN II

SESIÓN III

SESIÓN IV

ANEXOS

Sistema Silvopastoril para produção de Gado de Leite (São Carlos, SP): Experimento implantado em 2017, com pastagem de *Urochloa brizantha* cv. Paiaguas arborizada com *Corymbia citriodora*, em fileiras simples, com orientação próxima a leste-oeste no espaçamento de 20 × 3 m com uma densidade populacional de 167 árvores ha⁻¹ (CPPSE_Leite_167).

Sistemas Silvopastoris para produção de Gado de Corte (Campo Grande, MS): Duas áreas experimentais, implantadas em 2008, com pastagem de *Urochloa brizantha* cv. Piatã arborizada com *Eucalyptus urograndis* clone H13 em fileiras simples, com orientação próxima a leste-oeste, sendo uma no espaçamento de 22 x 2 m, com uma densidade populacional de 222 árvores ha⁻¹ (CNPGC_Corte_222) e outra no espaçamento de 14 x 2 m, com uma densidade populacional de 357 árvores ha⁻¹ (CNPGC_Corte_357).

Em todos os experimentos o crescimento das árvores foi monitorado com medições semestrais da altura total e diâmetro na altura do peito (DAP) medido a 1,3m do solo, em cerca de 10 a 20% das árvores dependendo do ano amostral. As medições de DAP foram realizadas com uma fita diamétrica e medições de altura foram realizadas com um hipsômetro Haglof. A partir das medições foram obtidas as dimensões de diâmetro (soma dos diâmetros), área basal (soma das áreas seccionais do tronco à altura do DAP) e volume (obtido a partir das equações desenvolvidas por Pezzopane et al. 2021), por unidade de área (ha).

Nos experimentos realizados em São Carlos, a radiação fotossinteticamente ativa (RFA) foi medida continuamente a 70 cm acima do solo com sensores quânticos lineares (CQ311, Apogee, Logan, Utah, EUA) nas cinco posições perpendiculares as linhas das árvores nos sistemas silvipastoris e com um sensor quântico (CS110, Apogee, Logan, Utah, EUA) na pastagem a pleno sol. Esses sensores foram conectados a um datalogger (CR1000, Campbell Scientific, Logan, Utah, EUA) programado para fazer medições a cada 10 segundos, registrando médias a cada 15 minutos e total diário valores.

Nos experimentos de Campo Grande, as leituras da RFA foram realizadas com um sensor linear portátil (LP-80 AccuPAR – Decagon) no transecto perpendicular às linhas das arvores, em episódios representativos com dias de céu limpo. As leituras também foram realizadas na pastagem a pleno sol.

Na Tabela 1 estão apresentados os períodos de medição em cada sistema, com o respectivo ano amostral e ano de implantação do sistema.



XII CONGRESO INTERNACIONAL
Sistemas Silvopastoriles

URUGUAY 2023

INICIO

CRÉDITOS

COMITÉS

CONTENIDO

SESIÓN I

SESIÓN II

SESIÓN III

SESIÓN IV

ANEXOS

Tabela 1. Descrição do período amostral e idade de implantação dos quatro sistemas silvipastoris conduzidos em São Carlos, SP (CPPSE) e Campo Grande, MS (CNPGC) utilizados no presente estudo.

CPPSE_Corte (15x2m.)		CPPSE_Leite (20x3m.)		CNPGC (22x2m.)		CNPGC (14x2m.)	
Ano Amostral	Idade	Ano Amostral	Idade	Ano Amostral	Idade	Ano Amostral	Idade
2013/2014*	3	2018/2019	2	2010/2011	3	2010/2011	3
2014/2015*	4	2019/2020	3	2011/2012	4	2011/2012	4
2015/2016*	5	2020/2021	4	2012/2013	5	2012/2013	5
2016/2017**	6	2021/2022	5	2013/2014	6	2013/2014	6
2017/2018**	7	2022/2023	6	2014/2015	7	2014/2015	7
2018/2019**	8	-	-	2015/2016	8	2015/2016	8
2019/2020***	9	-	-	-	-	-	-
2020/2021***	10	-	-	-	-	-	-
2021/2022***	11	-	-	-	-	-	-
2022/2023***	12	-	-	-	-	-	-

* Considerado para a análise experimento CPPSE_Corte_333

** Considerado para a análise experimento CPPSE_Corte_167

*** Considerado para a análise experimento CPPSE_Corte_83

Em todos os experimentos a transmissão da RFA pelas árvores foi calculada dividindo-se a incidência da RFA média nos sistemas silvipastoris pela incidência da RFA na pastagem a pleno sol, considerando as leituras no período entre os meses de outubro a março, considerado o período de maior crescimento da forragem.

Foi realizada a correlação de Pearson e a regressão linear entre as transmissões da RFA e as variáveis dendrométricas (DAP, área basal/ha e volume/ha) para o período compreendido entre outubro a março, considerado como o mais importante para a produção da pastagem baseada em forrageiras tropicais nas condições de cultivo do Brasil. Para essa análise foi considerado um conjunto com 27 amostragens abrangendo os diferentes experimentos/anos.

Resultados e Discussão

Os coeficientes de correlação entre as variáveis dendrométricas das árvores de eucalipto em sistemas silvipastoris e a transmissão da RFA, considerando a média do período de outubro a março (verão), foram de -0,92, -0,85 e -0,82 para as variáveis área basal/ha, diâmetro a altura do peito (DAP) e volume das árvores, respectivamente.



INICIO

CRÉDITOS

COMITÉS

CONTENIDO

SESIÓN I

SESIÓN II

SESIÓN III

SESIÓN IV

ANEXOS

Considerando a variável área basal, que apresentou a maior correlação com a transmissão de RFA, os valores neste trabalho variaram de $0,72 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$, obtida no sistema CPPSE_Leite em São Carlos (SP) no ano de 2018/2019 quando o sistema com $167 \text{ árvores ha}^{-1}$ estava em seu segundo ano de implantação, a $15,66 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$, obtida no sistema CNPGC_Corte_357 em Campo Grande (MS) no ano de 2015/2016 quando o sistema com $357 \text{ árvores ha}^{-1}$ estava em seu oitavo ano de implantação.

Considerando que o sistema silvipastoril para produção de gado de corte estabelecido em São Carlos (SP) passou por dois eventos de desbaste no período experimental, é apresentada a evolução da área basal/ha e transmissão da RFA (Figura 1) no período entre 2013 e 2023, para elucidar como o manejo do componente arbóreo alterou a área basal do sistema nos três estágios (populações) do sistema.

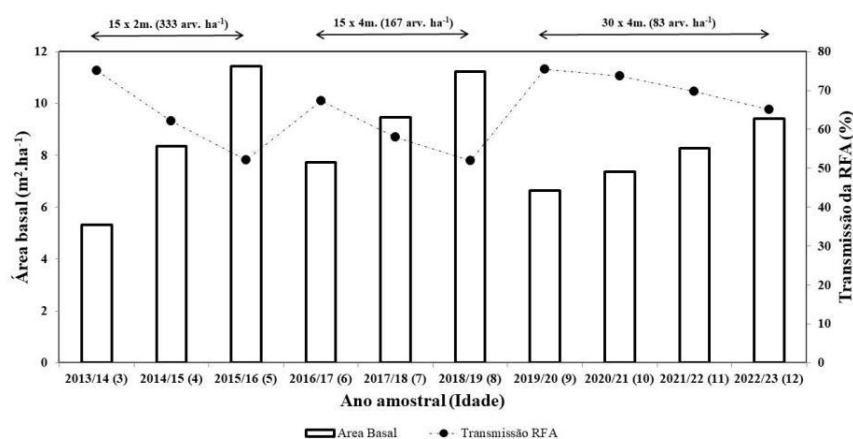


Figura 1. Evolução da área basal ($\text{m}^2 \text{ ha}^{-1}$) e transmissão da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) no período de 2013 a 2023 em um sistema silvipastoril com eucalipto em São Carlos (SP) manejado com dois desbastes no período amostral.

Nesse sistema os dois desbastes, que ocorreram nos meses de inverno de 2016 e 2019, promoveram a elevação da transmissão da RFA de 52 para 67% e de 52 para 75%, respectivamente, nos verões subsequentes ao desbaste, sendo o maior efeito verificado quando foi eliminada uma linha de árvores (2019).

Na Figura 2 é apresentada a regressão linear entre área basal ($\text{m}^2 \text{ ha}^{-1}$) e transmissão da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) no período de outubro a março para os experimentos agrupados, com coeficiente de determinação de 0,85.



INICIO

CRÉDITOS

COMITÉS

CONTENIDO

SESIÓN I

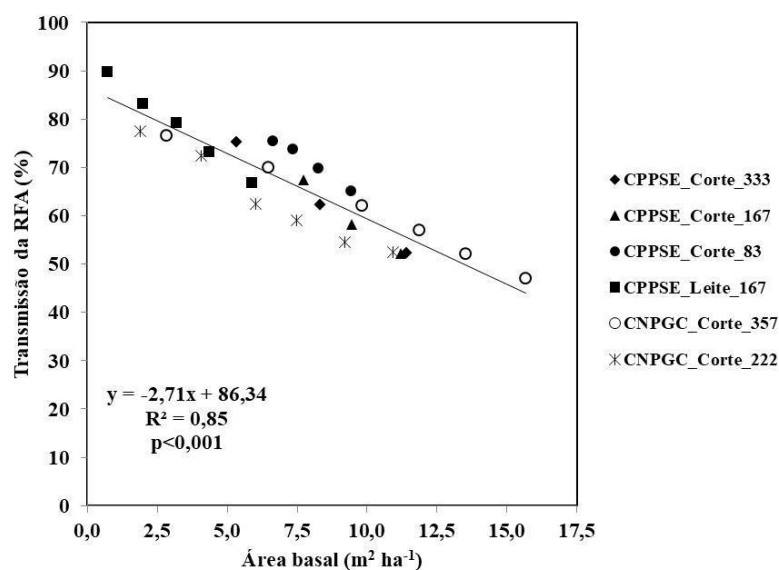
SESIÓN II

SESIÓN III

SESIÓN IV

ANEXOS

Nissem e Midmore (2002) observaram correlação negativa entre a área basal/ha e a produção vegetal no sub-bosque de sistema integrados com culturas de grãos. A relação entre parâmetros do componente arbóreo com a transmissão da radiação solar em sistemas silvipastoris também foi estabelecida por Wall *et. al.*, (2010). Assim como neste trabalho, os autores buscaram parâmetros do componente arbóreo de relativa facilidade de obtenção, baseado em altura da árvore e diâmetro do caule. A área basal também apresentou a melhor relação com transmissão de RFA dentre as variáveis dendrométricas nos trabalhos de Comeau *et. al.*, (1998) e Comeau (2001) para plantios florestais em ambientes de clima temperado.





INICIO

CRÉDITOS

COMITÉS

CONTENIDO

SESIÓN I

SESIÓN II

SESIÓN III

SESIÓN IV

ANEXOS

Conclusões

A variável dendrométrica que melhor explicou a transmissão da radiação fotossinteticamente ativa em sistemas silvipastoris foi a área basal/ha, sendo possível estabelecer uma relação linear entre esse parâmetro e a transmissão da RFA. A área basal/ha é uma variável de fácil mensuração que poderá subsidiar o manejo de desbaste de árvores em sistemas silvipastoris para a manutenção do potencial produtivo das pastagens nesses sistemas.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fapesp (Processo 2016/02959-1). Esta pesquisa é desenvolvida no âmbito do Projeto Rural Sustentável - Cerrado, fruto da parceria entre o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), o Governo do Reino Unido, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), o Instituto Brasileiro de Desenvolvimento e Sustentabilidade (IABS) e a Rede ILPF e Embrapa. J.R.M. Pezzopane recebe bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq (Processo 310536/2021-9).

Bibliografia

- Brunetti, H.B., Pezzopane, J.R.M., Bonani, W., Bosi, C., Pasquini Neto, R., Bernardi, A.C.C., Oliveira, P.P.A., 2022. Productive and nutritive traits of Piatã palisadegrass after thinning the forest component of a silvopastoral system in southeastern Brazil. *The Journal of Agricultural Science*, 160(5), 338-348. <https://doi:10.1017/S002185962200051X>
- Comeau, P.G., 2001. Relationships between stand parameters and understorey light in boreal aspen stands. *Journal Ecosystem. Management*. 1, 1–8.
- Comeau, P.G., Gendron, F., Letchford, T., 1998. A comparison of several methods for estimating light under a paper birch mixedwood stand. *Canadian Journal Forest Research*, 28, 1843–1850. <https://doi.org/10.1139/x98-159>
- Magalhaes, C.A.S., Zolin, C.A., Lulu, J., Lopes, L.B., Furtini, I.V., Vendrusculo, L.G., Zaiatz, A.P.S.R., Pedreira, B.C., Pezzopane, J.R.M., 2020. Improvement of thermal comfort indices in agroforestry systems in the southern Brazilian Amazon. *Journal of Thermal. Biology*. 91, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2020.102636>
- Nissen, T.M., Midmore, D.J. Stand basal area as an index of tree competitiveness in timber intercropping. *Agroforestry Systems* 54, 51–60 (2002). <https://doi.org/10.1023/A:1014273304438>
- Paciullo, D.S.C., Gomide, C.A.M., Castro, C.R.T.D., Fernandes, P.B., Muller, M.D., Pires M.F.A., Fernandes, E.N., Xavier, D.F., 2011. Características produtivas e nutricionais do pasto em sistema agrossilvipastoril, conforme a distância das árvores. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 46, 1176–1183.
- Pezzopane, J.R.M., Bernardi, A.C.C., Azenha, M.V., Oliveira, P.P.A., Bosi, C., Pedroso, A.F., Esteves, S.N., 2020. Production and nutritive value of pastures in integrated livestock production systems: shading and management effects. *Scientia Agricola*, 77, 1–10. <https://doi.org/10.1590/1678-992x-2018-0150>
- Pezzopane, J.R.M.; Bosi, C., Bernardi, A.C.C., Muller, M.M.D., Oliveira, P.P.A., 2021. Managing eucalyptus trees in agroforestry systems: Productivity parameters and PAR



INICIO

CRÉDITOS

COMITÉS

CONTENIDO

SESIÓN I

SESIÓN II

SESIÓN III

SESIÓN IV

ANEXOS

transmittance. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 312, p. 107350, <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107350>

Santos, J.V., Bento, L.R., Bresol, J.D., Mitsuyuki, M.C., Oliveira, P.P.A., Pezzopane, J.R.M., Bernardi, A.C.C., Mendes, I.C., Martin-Neto, L., 2022. The long-term effects of intensive grazing and silvopastoral systems on soil physicochemical properties, enzymatic activity, and microbial biomass. *Catena*, 219, p. 106619. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106619>

Wall, A.J., Kemp, P.D., Mackay, A.D., Power, I.L., 2010. Evaluation of easily measured stand inventory parameters as predictors of PAR transmittance for use in poplar silvopastoral management. *Agriculture. Ecosystems & Environment*, 139, 665–674. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2010.10.012>