



INICIO

CRÉDITOS

COMITÉS

CONTENIDO

SESIÓN I

SESIÓN II

SESIÓN III

SESIÓN IV

ANEXOS

Modelo agrometeorológico para estimar a temperatura de superfície em sistemas silvipastoris

Agrometeorological model for estimating surface temperature in silvopastoral systems

J. R. M. Pezzopane^{1*}; J. E. M. Pezzopane²; S. L. Almeida³, I. P. Maiello⁴,
A. C. C. Bernardi¹, S. A. Santos⁵, A. R. Garcia¹

¹Embrapa Pecuária Sudeste, Rodovia Washington Luiz, km 234, PO Box: 339, 13563-776, São Carlos, SP, Brasil.

²Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES, Brasil

³Universidade Estadual Paulista, Campus de Jaboticabal, SP, Brasil

⁴Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, Brasil

⁵Embrapa Pantanal, Corumbá, MS, Brasil

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

Resumo

Este trabalho teve como objetivo caracterizar a temperatura superficial, a partir de imagens de satélite, de sistemas pastoris a pleno sol ou arborizados e propor sua estimativa a partir de um modelo agrometeorológico baseado em energia e teor de água no solo. Durante o período de 2013 a 2023, foram obtidas as temperaturas de superfície a partir de imagens LANDSAT. Foram analisadas imagens de pastagens a pleno sol e em dois sistemas silvipastoris, um com eucalipto e outro com espécies arbóreas nativas, na Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, SP, Brasil (21°57'42" S, 47°50'28" W, 854 a.s.l.). Foram desenvolvidas equações de regressão linear entre variáveis agrometeorológicas (variáveis independentes) que expressam a disponibilidade energética (saldo de radiação) e disponibilidade hídrica (armazenamento de água no solo) e a temperatura de superfície dos sistemas de produção (variável dependente). Os resultados mostraram que as temperaturas de superfície dos sistemas silvipastoris, obtidas a partir das imagens de satélite, foram semelhantes entre si e inferiores em relação as da pastagem a pleno sol. As variáveis agrometeorológicas foram capazes de prever as temperaturas de superfície dos sistemas pastoris. O uso do fator hídrico (armazenamento de água no solo) aumentou o coeficiente de determinação das regressões e a capacidade preditiva dos modelos. A aplicação do modelo agrometeorológico em uma série temporal permitiu estimar uma redução da temperatura anual da superfície nos sistemas silvipastoris em média de até 1,9°C em comparação a pastagem a pleno sol.

Palavras-chave: *conforto animal, sensoriamento remoto, sistemas integrados, arborização, água no solo.*



INICIO

CRÉDITOS

COMITÉS

CONTENIDO

SESIÓN I

SESIÓN II

SESIÓN III

SESIÓN IV

ANEXOS

Abstract

This work aimed to characterize the surface temperature of full sun and afforested pasture systems using satellite imagery and propose an estimate based on an agrometeorological model that considers sun energy and soil water content. From 2013 to 2023, surface temperatures were obtained from LANDSAT images from full pastures and two silvopastoral systems, one with eucalyptus and another with native tree species, at Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, SP, Brazil (21°57'42" S, 47°50'28" W, 854 a.s.l.). Linear regression equations were established between agrometeorological variables (independent variables), expressing energy availability (radiation balance) and water availability (soil water storage), and the surface temperature of production systems (dependent variable). The results show that the surface temperatures of silvopastoral systems, determined from satellite imagery, are similar and lower compared to those of full sun pastures. Agrometeorological variables were able to predict the surface temperatures of the pasture systems. The use of the water factor (soil water storage) increased the coefficient of determination of the regressions and the predictive power of the models. Application of the agrometeorological model over a time series allowed the estimation of an average reduction in annual surface temperature in the silvopastoral systems of up to 1.9°C compared to the sun-exposed pasture.

Keywords: *animal welfare, remote sensing, integrated systems, afforestation, soil water.*

Introdução e Objetivos

A temperatura da superfície terrestre é uma importante variável associada a modelagem climática e monitoramento ambiental e é influenciada por fatores meteorológicos, como radiação solar, temperatura do ar, umidade da superfície e velocidade do vento, além das propriedades da superfície como albedo e emissividade (Sahile *et. al.*, 2023). Alterações no uso da terra podem resultar em mudanças no regime hídrico da superfície, com alterações na evapotranspiração e sua temperatura em função da diminuição da cobertura vegetal e exposição do solo (Pramova *et. al.*, 2012).

Sistemas silvipastoris, que associam árvores e pastagens, são citados como uma das estratégias de adaptação e mitigação da pecuária às mudanças climáticas (Balbino *et. al.*, 2011, Sahile *et. al.*, 2023). Nesses sistemas, a presença das árvores aumenta a cobertura vegetal, podendo impactar na umidade do solo e na temperatura da superfície. (Bosi *et. al.*, 2020).

Nesse sentido, é importante caracterizar o potencial desses sistemas em promover a redução da temperatura dos ambientes nessa modalidade de



INICIO

CRÉDITOS

COMITÉS

CONTENIDO

SESIÓN I

SESIÓN II

SESIÓN III

SESIÓN IV

ANEXOS

produção. O trabalho teve por objetivos caracterizar a temperatura de superfície de sistemas pastoris a pleno sol ou arborizados usando imagens de satélite e propor sua estimativa a partir de um modelo agrometeorológico baseado na disponibilidade energética e hídrica.

Material e Métodos

O estudo foi conduzido em área experimental da Embrapa Pecuária Sudeste, em São Carlos, Brasil (21°57'42" S, 47°50'28" W, 854 m.), com a obtenção da temperatura da superfície a partir de imagens de satélite no período de 2013 e 2023 em pastagens conduzidas a pleno sol e sistemas silvipastoris.

A pastagem a pleno sol (PS) era composta por áreas contíguas de piquetes de *Urochloa brizantha* cv. Piatã (12 ha) e de piquetes de *Urochloa decumbens* cv. Basilisk (6 ha) num total de 18 ha. O primeiro sistema silvipastoril (SSP_Nat) era composto por pastagem de *U. decumbens* cv. Basilisk, e renques mistos de árvores nativas do bioma Mata Atlântica, espaçados em 17 m entre si, implantados com orientação noroeste-sudeste em 2008, com manejo de desbaste de 50% das árvores da linha lateral dos renques em 2016, num total de 8 ha. O segundo sistema silvipastoril (SSP_Euc) era composto de pastagem de capim Piatã arborizada com *Eucalyptus urograndis* (GG100) em fileiras simples no espaçamento de 15x2m., na orientação Leste-Oeste em 2011, com manejos de desbaste de 50% das árvores em 2016, que passaram a espaçamento de 15 x 4m. e 50% novamente em 2019 que passaram ao espaçamento de 30 x 4m, num total de 12 ha.

As temperaturas de superfície foram obtidas a partir de imagens LANDSAT 8 e 9, que compreendem os comprimentos de onda do infravermelho termal. Durante o período experimental foram selecionadas 112 imagens na condição de céu sem a presença de nuvens. Foi aplicada uma equação para obtenção da temperatura da superfície e foram extraídos os valores médios em cada um dos sistemas de produção.

Os dados meteorológicos utilizados no trabalho foram obtidos em uma estação meteorológica situada a aproximadamente 500 metros dos sistemas de produção, permitindo a realização de um balanço hídrico climatológico em base diária.

As médias das temperaturas de superfície dos sistemas pastoris obtidas a partir das imagens de satélite foram comparadas pelo teste t de Student ($p < 0.05$). Foram desenvolvidas equações de regressão linear entre variáveis agrometeorológicas (variáveis independentes) que expressam a disponibilidade energética (saldo de radiação - SR) e disponibilidade hídrica



INICIO

CRÉDITOS

COMITÉS

CONTENIDO

SESIÓN I

SESIÓN II

SESIÓN III

SESIÓN IV

ANEXOS

(armazenamento de água no solo - ARM) e a temperatura da superfície dos sistemas de produção (variável dependente).

Resultados e Discussão

Os resultados obtidos mostraram que as temperaturas de superfície dos sistemas silvipastoris, obtidas a partir das imagens de satélite, foram semelhantes entre si ($p=0,249$), com média de 28,9 °C no sistema com eucalipto e 29,4 °C no sistema com árvores nativas e inferiores em relação a temperatura médias da pastagem a pleno sol, que foi de 30,8°C, com valor de $p<0,01$ para a comparação entre PS e SSP_Euc e $p=0,02$ para a comparação entre PS e SSP_Nat.

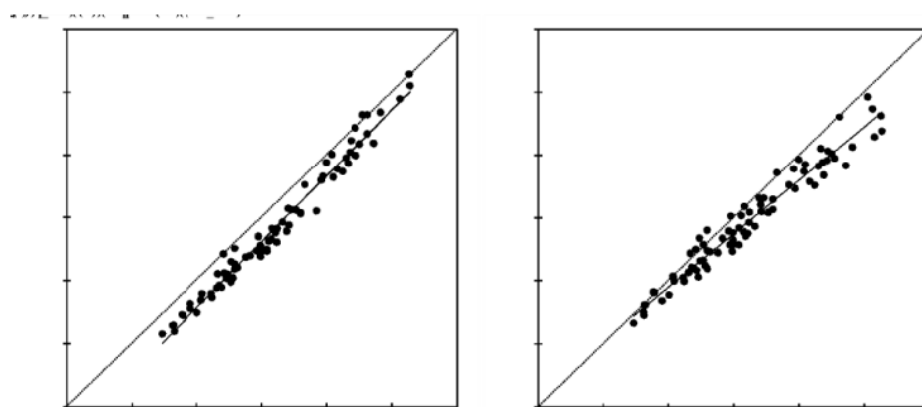


Figura 1. Relação entre a temperatura de superfície, obtida a partir de imagens Landsat, entre uma pastagem a pleno sol e um sistema silvipastoril arborizado com eucalipto (SSP_Euc) (A) e sistema silvipastoril arborizado com árvores nativas (SSP_Nat) (B).

Esses resultados evidenciam que os sistemas silvipastoris podem contribuir para mitigação dos efeitos das mudanças no uso da terra (Sahile *et. al.*, 2023). A redução no sistema silvipastoril com eucalipto foi constante nas diferentes faixas de temperatura amostradas, enquanto que no sistema silvipastoril com árvores nativas as reduções foram mais significativas para os episódios com maior temperatura, principalmente no período de verão, corroborando os achados de Karvatte *et. al.*, (2020).

Usadas em conjunto, as variáveis agrometeorológicas foram capazes de prever as temperaturas de superfície dos sistemas pastoris. A incorporação do fator hídrico (armazenamento de água no solo) aumentou o coeficiente de determinação das regressões e a capacidade preditiva dos modelos. Para a pastagem a pleno sol, a temperatura de superfície (T_{sup_PS}) pode ser estimada a partir da equação " $T_{sup_PS} = 19,62 - 0,067*SR + 1,33*ARM$ " ($p<0,001$) com $R^2=0,77$. Para o sistema silvipastoril



INICIO

CRÉDITOS

COMITÉS

CONTENIDO

SESIÓN I

SESIÓN II

SESIÓN III

SESIÓN IV

ANEXOS

com eucalipto (SSP_Euc), a temperatura de superfície (Tsup_SSP_Euc) pode ser estimada a partir da equação “ $Tsup_SSP_Euc = 17,18 - 0,067 * SR + 1,39 * ARM$ ” ($p < 0,001$) com $R^2 = 0,77$. Para o sistema silvipastoril com árvores nativas (SSP_Nat), a temperatura de superfície (Tsup_SSP_Nat) pode ser estimada a partir da equação “ $Tsup_SSP_Nat = 20,18 - 0,052 * SR + 1,10 * ARM$ ” ($p < 0,001$) com $R^2 = 0,71$.

A aplicação do modelo agrometeorológico em uma série temporal no período de 2013 a 2022 permitiu estimar uma redução da temperatura anual da superfície nos sistemas silvipastoris em média de até 1,8°C em comparação a pastagem a pleno sol.

Conclusões

A temperatura de superfície de sistemas silvipastoril foi menor que as estimadas em pastagens a pleno sol. Um modelo agrometeorológico, baseado no saldo de radiação e no armazenamento de água no solo, foi capaz de prever a temperatura da superfície dos sistemas silvipastoris.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fapesp (Processos 2016/02959-1 e 2019/04528-6). 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

- Balbino, L.C., Barcellos, A.O., Stone, L.F., 2011. Marco Referencial: Integração Lavoura-Pecuária-Floresta, Primeira edição. Embrapa, Brasília, DF.
- Bosi, C., Pezzopane, J.R.M., Sentelhas, P.C., 2020. Silvopastoral system with Eucalyptus as a strategy for mitigating the effects of climate change on Brazilian pasturelands. Anais da Academia Brasileira de Ciências, v. 92, p. 1 (suppl 1).
- Karvatté Jr., N, Miyagi, E. S., Oliveira, C.C., Barreto, C.D., Mastelaro, A. P., Bungenstab, D.J., Alves, F.V. 2020. Infrared thermography for microclimate assessment in agroforestry systems. Science of the Total Environment, v.731, p.139252.
- Pramova, E., Locatelli, B., Djoudi, H., Somorin, O.A. 2012. Forests and trees for social adaptation to climate variability and change. WIREs Climate Change, vol. 3 (6), p. 581-596.
- Sahile, T, Goshem, G.K., Shifaw, S.A., Abidin, M.R. 2023. Analysis of land surface temperature distribution in response to land use land cover change in agroforestry dominated area, Gedeo Zone, Southern Ethiopia, Int. J. Environ. Eng. Educ., v.5, n.1, p.19-26.