



IZABELLA LUZIA SILVA CHAVES
SUSTANIS HORN KUNZ
THAYANNE CAROLINE CASTOR NETO
VICTOR BRAGA RODRIGUES DUARTE
ALINE RAMALHO DOS SANTOS
CRISTIANE COELHO DE MOURA
DIONE RICHER MOMOLLI
FRANCIELLE RODRIGUES DE OLIVEIRA
GABRIELA FONTES MAYRINCK CUPERTINO
JÚLIO CÉZAR TANNURE FARIA
MARCOS VINICIUS WINCKLER CALDEIRA
PATRÍCIA BORGES DIAS
REJANE COSTA ALVES
TALITA MIRANDA TEIXEIRA XAVIER
TAMYRIS DE MELLO

O PAPEL DAS
FLORESTAS
FRENTE ÀS
MUDANÇAS
CLIMÁTICAS

CIÊNCIAS FLORESTAIS:
COLETÂNEA DE TRABALHOS

© Copyright de Izabella Luzia Silva Chaves, Sustanis Horn Kunz, Thayanne Caroline Castor Neto, Victor Braga Rodrigues Duarte, Aline Ramalho dos Santos, Cristiane Coelho de Moura, Dione Richer Momolli, Francielle Rodrigues de Oliveira, Gabriela Fontes Mayrinck Cupertino, Júlio Cézar Tannure Faria, Marcos Vinicius Winckler Caldeira, Patrícia Borges Dias, Rejane Costa Alves, Talita Miranda Teixeira Xavier e Tamiris de Mello

Título da obra: O Papel das florestas frente às mudanças climáticas. **Coleção:** SCIFLOR. **Série:** IV. **Edição:** 1a. edição. **Ano:** 2024

Capista, Diagramador, Editor e Projeto Gráfico: Paulo Ricardo Fraga Fonseca
(E-mail: ricpouls@gmail.com, Instagram: @rickpouls)

Todos os direitos reservados. Qualquer parte desta publicação pode ser reproduzida, desde que citada a fonte. A violação dos direitos autorais (Lei no 9.610/98) é crime (art. 184 do Código Penal). Depósito legal na Biblioteca Nacional, conforme Decreto nº 1.825, de 20/12/1907.

O conteúdo presente em cada artigo deste livro é de responsabilidade estritamente dos autores do capítulo. Os autores/organizadores do livro estão isentos de qualquer responsabilidade.

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)**

O Papel das florestas frente às mudanças climáticas [livro eletrônico]. --
Jerônimo Monteiro, ES : Ed. dos Autores,
2024. -- (Coleção Simpósio de Ciências Florestais do Espírito Santo : SCIFLOR-ES ; 4)
PDF

Vários autores.
Bibliografia.
ISBN 978-65-00-98877-2

1. Ecologia 2. Florestas 3. Geotecnologia
4. Mudanças climáticas 5. Sustentabilidade I. Série.

24-200594

CDD-634.905

Índices para catálogo sistemático:

1. Engenharia florestal 634.905

Tábata Alves da Silva - Bibliotecária - CRB-8/9253

CAPÍTULO 80

APLICAÇÃO COMPUTACIONAL EM PYTHON PARA SUPORTE AO PLANEJAMENTO DE SISTEMAS SILVIPASTORIS

COMPUTATIONAL APPLICATION IN PYTHON TO SUPPORT THE PLANNING OF FORESTRY SYSTEMS

Iulo Pessotti Moro^{1*}, Francielle Rodrigues de Oliveira¹, Lunalda Aparecida Vaz Pola¹,
José Eduardo Macedo Pezzopane¹ e Sidney Sara Zanetti¹

¹ Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil.

*Autor correspondente (e-mail): iulo.floresta@gmail.com.

Resumo: Este estudo evidencia a importância do planejamento de sistemas integrados de produção agrícola, e como esses sistemas podem ser afetados pelas condições microclimáticas. O aplicativo “Sombra.exe” foi desenvolvido para simular sombras causadas pelo componente florestal em sistemas silvipastoris, levando em consideração quatro parâmetros de entrada: data, latitude, hora do dia e altura da árvore. Por meio de equações específicas, o aplicativo oferece informações sobre o comprimento da sombra, a posição do sol e a direção da sombra. Isso permite ao usuário avaliar o movimento das sombras ao longo do dia e do ano, considerando a trajetória do sol e a latitude do local. O aplicativo, disponível para *download*, é uma ferramenta auxiliar para o planejamento eficiente de sistemas silvipastoris e outras atividades que requerem compreensão da luminosidade e sombreamento.

Palavras-chave: Radiação solar; Sombreamento; Meteorologia florestal.

Abstract: This study highlights the importance of planning integrated production systems, and how these systems can be affected by microclimatic conditions. The “Sombra.exe” application was developed to simulate shadows caused by forest cultivation, taking into account four input parameters: date, geographical location, time of day and tree height. Through specific equations, the application offers information about the length of the shadow, the direction of the sun and the direction of the shadow. This allows users to evaluate the movement of shadows throughout the day and year, considering the trajectory of the sun and the latitude of the location. The application, available for download, is an auxiliary tool for the efficient planning of silvopastoral systems and other activities that require understanding of luminosity and shading.

Keywords: Solar radiation; Shading; Forest meteorology.



1. INTRODUÇÃO

Os sistemas integrados de produção têm como princípio a combinação de duas ou mais atividades agrícolas, como agricultura, pecuária e/ou silvicultura, dentro da mesma área. Embora essa abordagem seja uma forma interessante de otimizar o uso da terra, ainda carece de informações detalhadas sobre os efeitos desses sistemas nas condições microclimáticas locais (LULU; MAGALHÃES; ZOLIN, 2019).

A radiação solar, no interior da comunidade vegetal, é o primeiro elemento meteorológico a ser modificado com a 1. INTRODUÇÃO das árvores no sistema. Isso acontece porque as árvores modificam o balanço de energia e o padrão dos ventos, o que tem impactos significativos no uso da água pelas plantas e na sua produção (LULU; MAGALHÃES; ZOLIN, 2019).

A quantidade de luz disponível para o crescimento das forrageiras que compõem um sistema silvipastoril é um dos fatores que determina a produção de forragem, sendo importante para a sua sustentabilidade. Este fator está submetido, basicamente, a quatro tipos de controle: i) espaçamento, por meio da densidade arbórea e arranjo do plantio, ii) seleção de espécies com copas não muito densas, iii) desbaste e podas, e iv) forrageiras tolerantes ao sombreamento (ANDRADE et al., 2002).

Por isso, conhecer o nível de sombreamento que a espécie florestal causará no sistema é importante para planejar o arranjo das espécies de forma eficiente e promover a sustentabilidade do sistema silvipastoril a longo prazo.

Dessa forma, o objetivo deste estudo foi desenvolver um aplicativo computacional que permite simular o comprimento e direção da sombra causada pelo cultivo florestal.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foi desenvolvido um aplicativo computacional utilizando a linguagem de programação *Python*, o que possibilitou a implementação de uma rotina de cálculo. Essa rotina é capaz de determinar tanto o comprimento da sombra, quanto o azimute solar com base em um conjunto de dados de entrada, que incluem a data, a latitude do local, a hora do dia e a altura de uma árvore específica. As equações para a rotina de cálculo foram obtidas em Pereira, Angelocci e Sentelhas (2007).

Um dos parâmetros utilizados no cálculo é a declinação solar (δ), que representa a posição angular do sol em relação a linha do Equador (Equação 1). Essa medida é essencial para descrever a posição do Sol no céu em diferentes latitudes e datas.



$$\delta = 23,45 \operatorname{sen} \left[\frac{360}{365} (NDA - 80) \right] \quad \text{Eq. 1}$$

Em que:

δ é a declinação solar, em graus decimais;

NDA é o dia juliano.

Outro componente para os cálculos é o ângulo horário (h), que representa a posição do sol em relação ao meridiano local. Esse ângulo é calculado usando a hora local, dado pela Equação 2.

$$h = (\text{hora local} - 12)15^\circ \quad \text{Eq. 2}$$

Em que:

h é o ângulo horário, em graus decimais;

O ângulo de incidência dos raios solares, ângulo zenital (Z_h), em uma superfície horizontal, varia em função da latitude, da hora do dia e da declinação solar, expresso pela Equação 3.

$$Z_h = \operatorname{arc cos}(\operatorname{sen}(\Phi) \operatorname{sen}(\delta) + \operatorname{cos}(\Phi) \operatorname{cos}(\delta) \operatorname{cos}(h)) \quad \text{Eq. 3}$$

Em que:

Z_h é o ângulo zenital, em graus decimais;

Φ é a latitude, em graus decimais.

Portanto, para calcular a direção da sombra, é necessário conhecer o ângulo formado pela projeção da posição do sol no plano horizontal em relação à linha Norte-Sul. Esse ângulo é denominado de azimute solar (α), conforme definido na Equação 4.



$$\alpha = \text{arc cos} \left(\frac{\text{sen}(\Phi) \cos(Z_h) - \text{sen}(\delta)}{\cos(\Phi) \text{sen}(Z_h)} \right) \quad \text{Eq. 4}$$

Em que:

α é o azimute solar, em graus decimais.

No hemisfério sul, adota-se o Sul como ponto de referência. Durante a manhã, o sol encontra-se a leste do obstáculo, enquanto à tarde situa-se a oeste. Dessa forma, pela manhã, o azimute solar é medido a partir do Sul em direção ao leste, e à tarde do sul em direção ao oeste.

Assim, para calcular o comprimento da projeção da sombra da árvore, é empregada uma relação trigonométrica, como indicado na Equação 5. Esse cálculo considera o ângulo zenital (Z_h) e a altura da árvore (d) para determinar o comprimento da sombra (S) projetada no plano horizontal.

$$S = d \operatorname{tg}(Z_h) \quad \text{Eq. 5}$$

Em que:

S é o comprimento da projeção da sombra, em m;

d é a altura da árvore, em m.

O aplicativo computacional permite integrar todas essas etapas de cálculo de forma eficiente, fornecendo informações úteis sobre a posição do sol, a direção da sombra e o comprimento da projeção da sombra para a árvore especificada.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este trabalho apresenta como resultado o aplicativo “Sombra.exe”. Distribuído na forma de um arquivo executável (.exe), com tamanho de 57 Megabytes, para computadores com sistema operacional Windows, sem a necessidade de qualquer instalação prévia.

O aplicativo computacional está disponível para download no seguinte link: https://drive.google.com/file/d/1D6EVugZ8mxwZxV3upg1tMU05d_HGsFQM/view?usp=drive_link e através do QRCode na Figura 1.



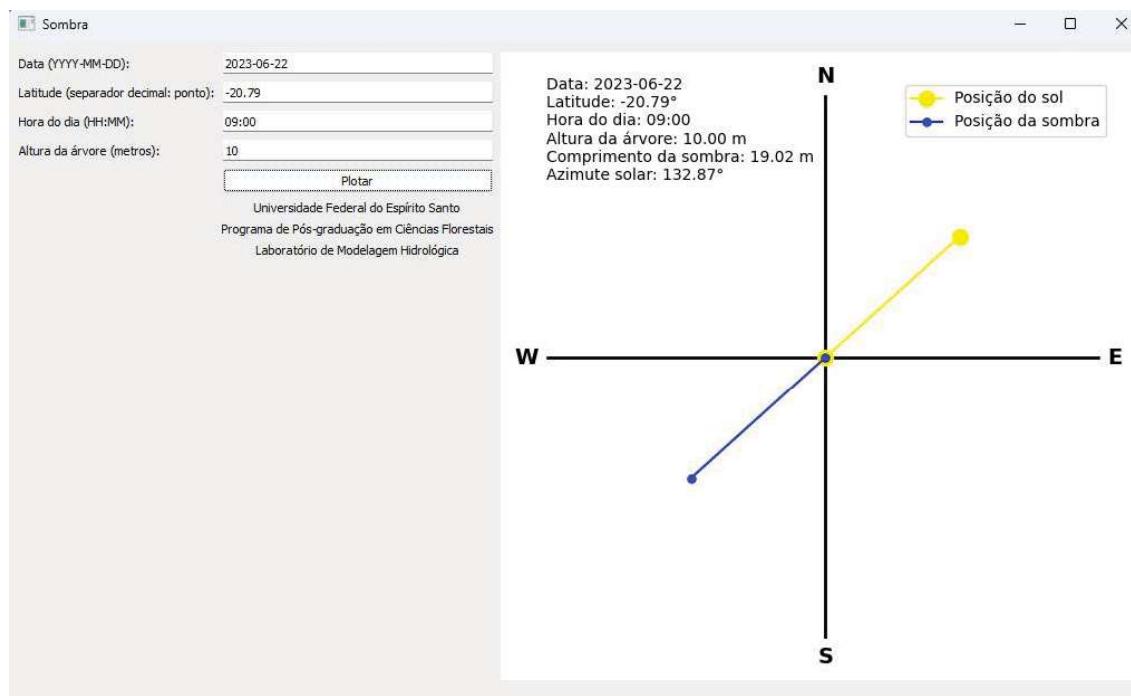
Figura 1. QRCode para *download* do aplicativo computacional “Sombra.exe”



Fonte: os autores (2023).

Ao inserir os dados, o aplicativo calcula e plota em um gráfico o comprimento da sombra projetada no plano, a direção do sol e a direção da sombra (Figura 2).

Figura 2. *Layout* do programa com demonstração dos dados de entrada e a saída com os resultados





Os dados de entrada podem ser alterados para diferentes momentos do dia, épocas do ano e/ou alturas da árvore. Considerando o planejamento de um sistema silvipastoril, é possível que os usuários avaliem como a sombra se deslocaria pela pastagem ao longo do dia e ao longo do ano, considerando a trajetória do sol.

A sombra é um elemento importante, pois influencia diretamente na distribuição da radiação solar. Desse modo, as distâncias entre ranques podem ser definidas de acordo com as espécies empregadas, tanto no componente florestal quanto no forrageiro.

Em locais ao sul da linha do equador, por exemplo, durante o solstício de inverno e o equinócio, o Sol apresenta uma trajetória mais voltada para o norte. Isso significa que os raios solares incidem de forma mais direta nas encostas voltadas para o norte, proporcionando maior radiação solar ao longo do dia. Por outro lado, durante o verão, o Sol apresenta uma trajetória mais voltada para o sul.

Apenas como exemplo de utilização do aplicativo, tomando como base a cidade de Jerônimo Monteiro para a implantação de um sistema silvipastoril de pastagem com eucalipto e adotando uma altura média do indivíduo de 25 m. Pôde-se simular o comportamento da sombra ao longo do dia (Tabela 1).

Tabela 1. Comprimento da sombra de árvores de 25 m para o dia 22 de dezembro de 2022 (solstício de verão) na cidade de Jerônimo Monteiro – ES

Hora do dia	Comprimento da sombra (m)	Direção da sombra
7	64,14	NO
8	36,03	NO
9	22,20	NO
10	13,22	NO
11	6,30	NO
12	1,15	NE
13	6,30	NE
14	13,22	NE
15	22,20	NE
16	36,03	NE

Fonte: os autores (2023).

A variação do comprimento de sombra para o dia de solstício de verão (Tabela 1), quando teoricamente a sombra terá o menor tamanho, observa-se os comprimentos da sombra no decorrer do dia. Considerando esses valores, pode-se afirmar que a adoção de um sistema com espaçamento entre ranques \leq a 10 m pode prejudicar o desenvolvimento da forrageira, uma vez



que só estará exposta a radiação direta entre as 11 h e as 13 h.

Para fins de cálculo, as simulações do comprimento e da direção da sombra não levam em consideração a declividade e a orientação do relevo, sendo, portanto, considerada a projeção da sombra no plano.

4. CONCLUSÃO

O aplicativo computacional “Sombra.exe” é uma ferramenta auxiliar para entender a dinâmica da trajetória do Sol e das sombras em diferentes cenários. Seu uso possibilita uma análise abrangente das variações de sombra e luz, contribuindo para o planejamento de atividades e projetos onde as condições de luminosidade são necessárias, como é o caso de sistemas silvipastoristis.

O aplicativo atualmente simula a projeção da sombra somente no plano. Como recomendação para futuras pesquisas e desenvolvimento, sugere-se a incorporação, no algoritmo do aplicativo, de um módulo destinado ao cálculo das sombras levando em consideração tanto a inclinação (declividade) quanto a orientação do relevo.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, C. M. S. de; GARCIA, R.; COUTO, L.; PEREIRA, O. G. Transmissão de luz em sistemas silvipastorist com eucalipto. **Revista Árvore**, v. 26, n. 1, p. 19-23, 2002.

LULU, J.; MAGALHÃES, C. A. de S.; ZOLIN, C. A. Microclima em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta com foco em gado de leite no norte de Mato Grosso. In: FARIA NETO, A. L. de et al. **Embrapa agrossilvipastoril**: primeiras contribuições para o desenvolvimento de uma agropecuária sustentável. Brasília, DF: Embrapa, 2019, cap. 27, p. 327-331.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Meteorologia agrícola**. Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba – SP, 2007, 202 p.

