

**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Soja
Ministério da Agricultura e Pecuária**

ISSN 3085-9514

**Eventos Técnicos
& Científicos**

5

Julho, 2025

**Resumos expandidos
20ª Jornada Acadêmica
da Embrapa Soja**

30 de junho e 1º de julho de 2025
Londrina, PR

Embrapa Soja
Londrina, PR
2025

Embrapa Soja

Rod. Carlos João Strass, s/n
Acesso Orlando Amaral, Caixa postal
4006, CEP 86085-981, Distrito de
Warta, Londrina, PR
(43) 3371 6000
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações**Presidente**

Roberta Aparecida Carnevalli

Secretária-executiva

*Regina Maria Villas Bôas
de Campos Leite*

Membros

*Clara Beatriz Hoffmann-Campo,
Claudine Dinali Santos Seixas, Claudio
Guilherme Portela de Carvalho,
Fernando Augusto Henning, Leandro
Eugênio Cardamone Diniz, Liliane
Márcia Mertz-Henning, Maria Cristina
Neves de Oliveira e Norman Neumaier*

Organização da publicação

*Regina Maria Villas Bôas
de Campos Leite
Liliane Márcia Mertz-Henning
Kelly Catharin*

Normalização

Valéria de Fátima Cardoso

Capa

Vanessa Fuzinatto Dall'Agnol

Diagramação

*Vanessa Fuzinatto Dall'Agnol e
Marisa Yuri Horikawa*

Publicação digital: PDF**Todos os direitos reservados**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Soja

Jornada Acadêmica da Embrapa Soja (20. : 2025: Londrina, PR).

Resumos expandidos [da] XX Jornada Acadêmica da Embrapa Soja, Londrina, PR,
30 de junho e 1 de julho de 2025 – Londrina : Embrapa Soja, 2025.

PDF (153 p.) - (Eventos técnicos & científicos / Embrapa Soja, ISSN 3085-9514; 5)

1. Soja. 2. Pesquisa agrícola. I. Título. II. Série.

CDD (21. ed.) 630.2515

Atualizando Sistemas Legados: transformação digital na agricultura com modelagem de dados

Gabriel Buche⁽¹⁾, Luís Guilherme Teixeira Crusiol⁽²⁾, Giovani Veronezzi⁽³⁾, Bruna Maia da Silva⁽⁴⁾, Rubson Natal Ribeiro Sibaldelli⁽³⁾, José Renato Bouças Farias⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Estudante de Ciência da Computação, Centro Universitário Filadélfia (UNIFIL), Bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR. ⁽²⁾ Pesquisador visitante, bolsista FAPED/Embrapa Soja, Londrina, PR. ⁽³⁾ Laboratório de Agrometeorologia, Embrapa Soja, Londrina, PR. ⁽⁴⁾ Estudante de mestrado em Agronomia, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR. ⁽⁵⁾ Engenheiro-agrônomo, doutor, pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR.

Introdução

Em um mundo cada vez mais tecnológico, onde os dados se tornaram fundamentais para a tomada de decisões, a modelagem de dados do ambiente real para o digital tornou-se uma necessidade, impulsionando o desenvolvimento de ferramentas capazes de otimizar processos e apoiar decisões estratégicas (Buche et al., 2024). A coleta de dados climáticos, em especial, destaca-se por permitir, quando integrada a modelos de cultivo, a simulação e a estimativa do crescimento vegetal, fornecendo suporte essencial para decisões mais precisas. Nesse contexto, modelos de simulação têm se mostrado fundamentais para compreender os impactos das variações climáticas sobre a produção agrícola e auxiliar na definição de estratégias adaptativas, como destacado por Pinheiro et al. (2021).

Um desses modelos é o sistema de modelagem proposto pelo pesquisador do USDA (United States Department of Agriculture), Dr. Thomas R. Sinclair, desenvolvido originalmente na linguagem *BASIC*, cujo objetivo é simular o crescimento de plantas de soja com base em dados climáticos. A proposta baseia-se na integração de variáveis ambientais como temperatura, radiação solar e disponibilidade hídrica, para estimar o desenvolvimento fenológico da soja ao longo do tempo. O modelo foi posteriormente ajustado para as condições brasileiras, com a participação de pesquisadores da Embrapa Soja (Sinclair et al., 2003, 2005). Toda a modelagem agrônômica que serviu como base conceitual e que fundamenta esse sistema está detalhadamente descrita em Soltani e Sinclair (2012).

O código fazia uso intensivo da instrução *GOTO*, um recurso comum em linguagens da década de 1990 que, com o avanço da ciência da

computação, foi amplamente abandonado nas linguagens modernas por comprometer a legibilidade do código, dificultar sua manutenção e tornar sua atualização mais complexa (Dijkstra, 1968).

Além disso, o *BASIC* tradicional foi projetado para arquiteturas de 32 *bits* e não oferece suporte nativo a sistemas operacionais de 64 *bits*, hoje amplamente utilizados. Essa limitação compromete a compatibilidade do sistema original com os ambientes computacionais atuais, exigindo o uso de máquinas virtuais ou compiladores específicos para viabilizar sua execução, o que reforça a necessidade de reimplementação em uma linguagem mais moderna e compatível.

Apesar de sua relevância, a linguagem original tem seu acesso, manutenção e atualização dificultados por ser uma linguagem defasada em relação ao atual estágio da computação moderna. Assim, a atualização desse sistema, reimplementando-o em uma linguagem mais moderna, não apenas torna o modelo mais acessível, como também permite a integração com ferramentas e bibliotecas atuais que facilitam o desenvolvimento, a escalabilidade e a modularização do código. Além disso, essa modernização abre caminho para a aplicação de técnicas como algoritmos de *machine learning*, visando aprimorar a acurácia das estimativas e expandir as funcionalidades do sistema para análises preditivas mais robustas e novas, além de permitir uma interface mais amigável com os usuários.

Este trabalho tem como objetivo otimizar o sistema computacional voltado à estimativa do crescimento da soja com base em variáveis climáticas, desenvolvido inicialmente por pesquisadores do USDA e posteriormente ajustado por pesquisadores da Embrapa Soja, convertendo-o da linguagem *BASIC* para a linguagem *Python* (Python Software Foundation, 2025).

Material e Métodos

O trabalho foi desenvolvido na Embrapa Soja, no Laboratório de Agrometeorologia. Inicialmente, realizou-se a análise do código-fonte original, implementado em linguagem *BASIC*, com foco na estrutura lógica empregada para a estimativa do crescimento vegetal.

A versão original do sistema apresenta entrada de parâmetros diretamente no código-fonte, o que exige alterações manuais na programação a cada nova simulação. Os cálculos realizados pelo sistema

estimam parâmetros como índice de área foliar (*LAI*) e biomassa ao longo do ciclo fenológico.

Para a criação de uma versão atualizada do sistema, optou-se pela linguagem de programação *Python*, na versão 3.13, devido à sua ampla gama de bibliotecas e ferramentas que facilitam tanto a manutenção quanto a integração com tecnologias modernas. Dentre as bibliotecas utilizadas, destacam-se *csv*, *PyQt5*, *math* e *pandas*, fundamentais para o tratamento de dados, desenvolvimento de interface gráfica e realização de cálculos numéricos.

Com o objetivo de viabilizar o uso dos dados climáticos no novo sistema, foi desenvolvido um *script* em *Python* para converter os arquivos climáticos do formato '*par*', utilizados no sistema original, para o formato '*csv*'. Essa conversão facilita a manipulação dos dados diretamente na aplicação, permitindo seu processamento por meio da biblioteca padrão '*csv*' da linguagem *Python*.

Na reimplementação, a lógica computacional do modelo original foi preservada, mas com melhorias significativas na experiência do usuário, por meio do desenvolvimento de uma interface gráfica. Essa interface foi implementada com o uso do framework *PyQt5*, que fornece recursos para a criação de interfaces em *Python* baseadas na biblioteca *Qt* (Riverbank Computing, 2023). A migração de uma linguagem de programação antiga para uma mais moderna pode resultar em diferenças na precisão dos cálculos, especialmente devido aos métodos de arredondamento e representação numérica adotados por cada linguagem.

Com o objetivo de verificar a consistência entre as versões, foram realizadas simulações em ambas as implementações, utilizando os mesmos parâmetros da cultura, do solo e dados climáticos, a fim de comparar os resultados obtidos. Os resultados dessas simulações, utilizando dados climáticos coletados pelo conjunto de estações meteorológicas da Embrapa Soja (Farias et al., 2021), foram correlacionados.

Resultados e Discussão

A Figura 1 apresenta a interface gráfica desenvolvida, com sete campos de entrada (*inputs*), sendo o primeiro destinado à quantidade de água disponível, expressa em percentual. O segundo campo é para

inserção da data de semeadura, que deve seguir o formato dia/mês/ano, separados por barras. O terceiro campo recebe a população de plantas por metro quadrado (m^2). No quarto campo, informa-se a profundidade do sistema radicular (PSR), em milímetros (mm). No quinto campo, solicita-se o valor da temperatura base em graus Celsius. O sexto campo permite selecionar a cultura implementada anteriormente, com as opções milho ou trigo.



Figura 1. Interface gráfica do sistema de simulação atualizado para linguagem *Python*.

Por fim, há um campo para inserção do caminho do arquivo climático, ou a opção “Abrir” que permite acessar o menu para seleção do arquivo. Esta opção recebe como entrada arquivos CSV contendo dados climáticos organizados por dia, mês e ano, com as variáveis radiação solar, temperatura mínima e máxima, e precipitação pluviométrica. Após o preenchimento de todos os CSV campos, ao clicar em “Executar Simulação”, o sistema realiza os cálculos necessários e gera um arquivo no formato contendo os resultados da simulação.

A nova interface permite a inserção dinâmica dos dados de entrada, eliminando a necessidade de modificações no código-fonte a cada simulação, tornando o sistema mais acessível e amigável ao usuário.

Além disso, a escolha da linguagem *Python* possibilita, no futuro, a incorporação de recursos avançados, como modelos de predição de produtividade baseados em técnicas de *machine Learning*.

A Figura 2 apresenta os resultados da simulação do índice de área foliar (*LAI*) e da biomassa, por meio do sistema otimizado em *Python*, ao longo do ciclo de desenvolvimento da cultura. Observa-se, inicialmente, um incremento gradual do *LAI* e da biomassa a partir da data de emergência. A partir desse momento, o *LAI* cresceu rapidamente, refletindo a expansão da superfície foliar disponível para interceptação de radiação. De forma similar, a biomassa apresentou aumento constante. Próximo dos 90 dias após a semeadura, tanto o *LAI* quanto a biomassa atingiram seus valores máximos, período compatível com período de enchimento de grãos.

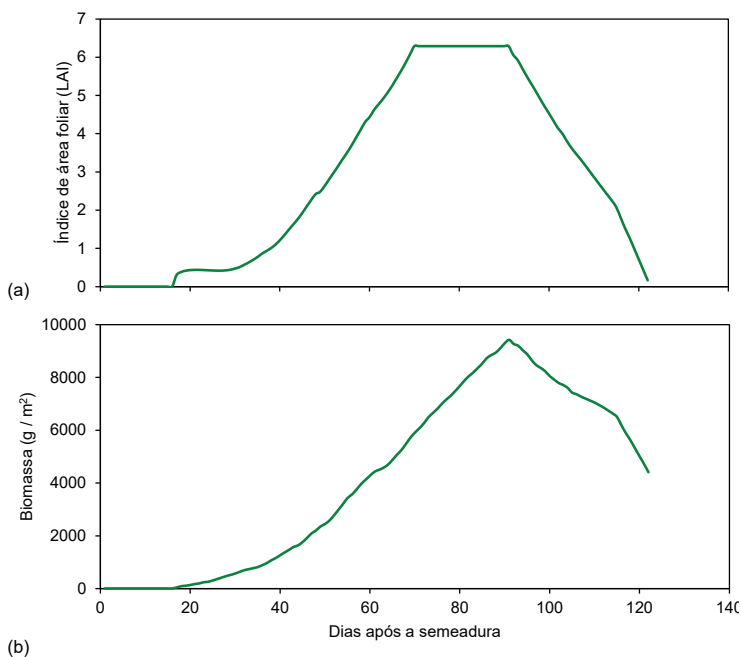


Figura 2. Valores de índice de área foliar (*LAI*) (a) e biomassa (b) gerados a partir da simulação utilizando o sistema atualizado para a linguagem *Python*.

A regressão linear, passando pela origem, entre os valores estimados pelo modelo original e pelo modelo otimizado revelaram coeficiente de determinação de 0,99 tanto para *LAI* quanto para biomassa, o que denota a elevada similaridade entre os valores simulados e assegura a eficiência da otimização da linguagem original, em *BASIC*, para a linguagem *Python*.

Conclusão

A atualização do modelo agrícola legado em linguagem *BASIC* para *Python*, junto ao desenvolvimento de uma interface gráfica intuitiva, resultou em uma ferramenta acessível a usuários sem conhecimento avançado de programação. Essa atualização não apenas preservou a lógica original e sua modelagem, mas também ampliou a flexibilidade do sistema ao permitir a inserção dinâmica de dados climáticos, dos solos e parâmetros agronômicos.

O uso de bibliotecas modernas, como *pandas* para tratamento de dados e *PyQt5* para a interface, demonstrou ser eficaz na organização do fluxo de trabalho, tornando as simulações mais ágeis e visualmente compreensíveis. Além disso, a estrutura modular em *Python* abre caminho para incorporar modelos mais complexos e integrar técnicas avançadas de *machine learning*, o que poderá aumentar a precisão das estimativas de produtividade e aprimorar a capacidade de tomada de decisão em tempo real.

Referências

BUCHE, G.; CRUSIOL, L. G. T.; SIBALDELLI, R. N. R.; FARIAS, J. R. B. Aplicativo móvel para disponibilização de publicações agrometeorológicas e consulta em tempo real de dados da estação meteorológica da Embrapa. In: JORNADA ACADÊMICA DA EMBRAPA SOJA, 19., 2024, Londrina. **Resumos expandidos...** Londrina: Embrapa Soja, 2024. p. 31-35. (Embrapa Soja. Eventos técnicos & científicos, 4).

DIJKSTRA, E. W. Go To Statement Considered Harmful. **Communications of the ACM**, v. 11, n. 3, p. 147-148, 1968. Disponível em: <https://homepages.cwi.nl/~storm/teaching/reader/Dijkstra68.pdf>. Acesso em: 16 maio 2025. FARIAS, J. R. B.; SIBALDELLI, R. N. R.; GONÇALVES, S. L. **Caracterização e normal climatológica da fazenda experimental da Embrapa Soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2021. 50 p. (Embrapa Soja. Documentos, 439).

PINHEIRO, A. G.; SOUZA, L. S. B. de; JARDIM, A. M. da R. F.; ARAUJO JUNIOR, G. N.; ALVES, C. P.; SOUZA, C. A. A. de; SILVA, G. I. N. da; SILVA, T. G. F. da. Importância dos modelos de simulação de culturas diante os impactos das alterações climáticas sobre a produção agrícola - Revisão. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 6, p. 3648-3666, 2021. DOI: 10.26848/rbgf.v14.6.p3648-3666.

PYTHON SOFTWARE FOUNDATION. **CSV - Leitura e gravação de arquivos CSV**: Documentação oficial do Python 3.13. 2025. Disponível em: <https://docs.python.org/pt-br/3.13/library/csv.html>. Acesso em: 16 maio 2025.

RIVERBANK COMPUTING. **PyQt5 Documentation**. c2023. Disponível em: <https://www.riverbankcomputing.com/static/Docs/PyQt5/>. Acesso em: 16 maio 2025.

SINCLAIR, T. R.; FARIAS, J. R.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A. L. Modeling nitrogen accumulation and use by soybean. **Field Crops Research**, v. 81, n. 2/3, p. 149-158, 2003.

SINCLAIR, T. R.; NEUMAIER, N.; FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L. Comparison of vegetative development in soybean cultivars for low-latitude environments. **Field Crops Research**, v. 92, n. 1, p. 53-59, 2005.

SOLTANI, A.; SINCLAIR, T. R. **Modeling physiology of crop development, growth and yield**. Cambridge, MA: CABI, 2012. 340 p.