

# ENGENHARIA AGRONÔMICA:

Ambientes Agrícolas e  
seus Campos de Atuação

3



Tamara Rocha dos Santos  
(Organizadora)

**Atena**  
Editora  
Ano 2021

# ENGENHARIA AGRONÔMICA:

Ambientes Agrícolas e  
seus Campos de Atuação

3



Tamara Rocha dos Santos  
(Organizadora)

**Atena**  
Editora  
Ano 2021

### **Editora Chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

### **Assistentes Editoriais**

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

### **Bibliotecária**

Janaina Ramos

### **Projeto Gráfico e Diagramação**

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

### **Imagens da Capa**

Shutterstock

### **Edição de Arte**

Luiza Alves Batista

### **Revisão**

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Cristina Gaió – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Gírlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília  
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra  
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federacl do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino  
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande

Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Sidney Gonçalves de Lima – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Linguística, Letras e Artes**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Edna Alencar da Silva Rivera – Instituto Federal de São Paulo  
Profª Drª Fernanda Tonelli – Instituto Federal de São Paulo,  
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí  
Profª Ma. Adriana Regina Vettorazzi Schmitt – Instituto Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais  
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa  
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia  
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco  
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Me. Carlos Augusto Zilli – Instituto Federal de Santa Catarina  
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná  
Profª Drª Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa

Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia  
Prof. Me. Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein  
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará  
Prof. Me. Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho – Universidade Federal do Cariri  
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás  
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina  
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza  
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social  
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe  
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay  
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA  
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia  
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis  
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR  
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Profª Ma. Lilian de Souza – Faculdade de Tecnologia de Itu  
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Profª Drª Livia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe  
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz  
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof. Me. Luiz Renato da Silva Rocha – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Profª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas  
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos

Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo  
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior  
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo  
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará  
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof. Dr. Pedro Henrique Abreu Moura – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais  
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Rafael Cunha Ferro – Universidade Anhembi Morumbi  
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília  
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa  
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba  
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão  
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

## Engenharia agrônômica: ambientes agrícolas e seus campos de atuação 3

**Bibliotecária:** Janaina Ramos  
**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Mariane Aparecida Freitas  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizadora:** Tamara Rocha dos Santos

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 Engenharia agrônômica: ambientes agrícolas e seus campos de atuação 3 / Organizadora Tamara Rocha dos Santos. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-041-1

DOI 10.22533/at.ed.411210305

1. Agronomia. I. Santos, Tamara Rocha dos (Organizadora). II. Título.

CDD 630

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**  
Ponta Grossa – Paraná – Brasil  
Telefone: +55 (42) 3323-5493  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

## APRESENTAÇÃO

A “Engenharia Agrônômica: Ambientes Agrícolas e seus Campos de Atuação” é uma obra que apresenta dentro de seu contexto amplas visões que reflete em ambientes agrícolas e seus campos de atuação trazendo inovações tecnológicas e sustentáveis que proporciona em melhorias sociais, ambientais e econômicas para toda comunidade agrária.

A coleção é baseada na discussão científica através de diversos trabalhos que constitui seus capítulos. Os volumes abordam de modo agrupado e multidisciplinar pesquisas, trabalhos, revisões e relatos de que trilham nos vários caminhos da Engenharia Agrônômica.

O objetivo principal foi apresentar de modo agrupado e conciso a diversidade e amplitude de estudos desenvolvidos em inúmeras instituições de ensino e pesquisa do país. Inicialmente são apresentados trabalhos relacionados a sustentabilidade, envolvendo questões agroecológicas, produção orgânica e natural, e suas relações sociais. Em seguida são contemplados estudos acerca de inovações tecnológicas do meio rural, que abrange qualidade de sementes, nutrição mineral, mecanização, genética, dentre outros. Na sequência são expostos trabalhos voltados à irrigação e manejo do solo, envolvendo processos hídricos, sistemas agroflorestais e adubação.

A obra apresenta-se como atual, com pesquisas modernas e de grande relevância para o país. Apresenta distintos temas interessantes, discutidos aqui com a proposta de basear o conhecimento de acadêmicos, mestres, doutores e todos que de algum modo se dedicam pela Engenharia Agrônômica. Abrange todas regiões do país, valorizando seus diferentes climas e hábitos.

Inicialmente são apresentados trabalhos relacionados a sustentabilidade, envolvendo questões agroecológicas, produção orgânica e natural, e suas relações sociais. Em seguida são contemplados estudos acerca de inovações tecnológicas do meio rural, que abrange qualidade de sementes, nutrição mineral, mecanização, genética, dentre outros. Na sequência são expostos trabalhos voltados à irrigação e manejo do solo, envolvendo processos hídricos, sistemas agroflorestais e adubação.

Assim a obra Engenharia Agrônômica: Ambientes Agrícolas e seus Campos de Atuação expõe um conceito bem fundamentado nos resultados práticos atingidos pelos diversos educadores e acadêmicos que desenvolveram arduamente seus trabalhos aqui apresentados de modo claro e didático. Sabe-se da importância da divulgação científica, portanto ressalta-se também a organização da Atena Editora habilitada a oferecer uma plataforma segura e transparente para os pesquisadores exibirem e disseminarem seus resultados.

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

PRODUTIVIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO EM UMA REGIÃO SEMIÁRIDA: UM ESTUDO NA BACIA DO SALGADO – CE, BRASIL

José Antônio Frizzone

Verônica Gaspar Martins Leite de Melo

Sílvio Carlos Ribeiro Vieira Lima

Claudivan Feitosa de Lacerda

**DOI 10.22533/at.ed.4112103051**

### **CAPÍTULO 2..... 15**

CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS DE CHUVAS PARA CONSERVAÇÃO DE SOLOS E ÁGUA NA CIDADE DE GOIÁS (GO)

Larissa Santos Castro

Roriz Luciano Machado

Joaquim José Frazão

Cássia Cristina Rezende

Aline Franciel de Andrade

Elizabete Alves Ferreira

Henrique Fonseca Elias de Oliveira

**DOI 10.22533/at.ed.4112103052**

### **CAPÍTULO 3..... 34**

RECOMENDAÇÃO DE LÂMINAS DE FERTIRRIGAÇÃO COM ÁGUA RESIDUÁRIA DA BOVINOCULTURA APÓS TRATAMENTO EM REATOR UASB

Júlia Camargo da Silva Mendonça Gomes

Camila da Motta de Carvalho

Everaldo Zonta

Henrique Vieira de Mendonça

**DOI 10.22533/at.ed.4112103053**

### **CAPÍTULO 4..... 39**

IMPLICATIONS OF AGRICULTURAL GYPSUM DOSES IN PHYSICAL-HYDRIC ATTRIBUTES OF A TYPIC HAPLORTOX AND ON ROOT GROWTH AND SOYBEAN PRODUCTIVITY

Francisco de Assis Guedes Junior

Deonir Secco

Luciene Kazue Tokura

**DOI 10.22533/at.ed.4112103054**

### **CAPÍTULO 5..... 53**

ÁCIDOS FÚLVICOS, HÚMICOS E HUMINA EM LATOSSOLO SOB USO EM SISTEMA AGROFLORESTAL, POUSIO E PRESERVAÇÃO PERMANENTE

Allana Pereira Moura da Silva

Julian Junio de Jesus Lacerda

Caio de Meneses Cabral

**DOI 10.22533/at.ed.4112103055**

**CAPÍTULO 6.....59**

**CALIBRAÇÃO DO MÉTODO DE DISSIPAÇÃO TÉRMICA NA MEDIDA DO FLUXO DE SEIVA EM PINHÃO-MANSO**

Ana Daniela Lopes  
Vinicius Melo Rocha  
Daniel Haraguchi Santos  
Rafael Corradini  
José Júnior Severino  
João Paulo Francisco  
Leonardo Duarte Batista da Silva  
Marcos Vinicius Folegatti

**DOI 10.22533/at.ed.4112103056**

**CAPÍTULO 7.....70**

**CLASSIFICAÇÃO EM PENEIRA DE GRÃOS DO CAFEIEIRO CONILON SOB MANEJO IRRIGADO E SEQUEIRO**

Matheus Gaspar Schwan  
Pedro Henrique Steill de Oliveira  
Jussara Oliveira Gervasio  
Joab Luhan Ferreira Pedrosa  
Ralph Bonandi Barreiros  
Lucas Rosa Pereira  
Edvaldo Fialho dos Reis

**DOI 10.22533/at.ed.4112103057**

**CAPÍTULO 8.....80**

**DESENVOLVIMENTO DE UM SOFTWARE EM PYTHON PARA ESTIMAR A EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA ATRAVÉS DO MÉTODO DE THORNTHWAITE**

Victor Rodrigues Nascimento  
André Luiz de Carvalho  
Arthur Costa Falcão Tavares  
Guilherme Bastos Lyra  
Iêdo Peroba de Oliveira Teodoro  
João Pedro dos Santos Verçosa

**DOI 10.22533/at.ed.4112103058**

**CAPÍTULO 9.....88**

**CONSTRUÇÃO, CALIBRAÇÃO E DESEMPENHO DE LISIMETROS DE PESAGEM PARA DETERMINAÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE CULTURA**

Ana Daniela Lopes  
Vinicius Melo Rocha  
Daniel Haraguchi Santos  
Rafael Corradini  
José Júnior Severino  
João Paulo Francisco  
Leonardo Duarte Batista da Silva  
Marcos Vinicius Folegatti

DOI 10.22533/at.ed.4112103059

<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>100</b>
BALANCE DE MATERIA ORGANICA Y CAPACIDAD DE MINERALIZACIÓN DE NITRÓGENO DE DISTINTOS SUELOS CON FERTILIZACIÓN CONTINUA	
Liliana Vega Jara	
DOI 10.22533/at.ed.41121030510	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>112</b>
AGREGAÇÃO SOB DIFERENTES PEDOFORMAS EM FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL, NO SUDESTE DO BRASIL	
Luiz Alberto da Silva Rodrigues Pinto	
Vanessa Aparecida Freo	
Marcos Gervasio Pereira	
Alexandre Santos Medeiros	
Cristiane Figueira da Silva	
Otávio Augusto Queiroz dos Santos	
Renato Siquini de Souza	
DOI 10.22533/at.ed.41121030512	
<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>127</b>
USO DE TENSÍÔMETROS NA DETERMINAÇÃO DA RETENÇÃO DE ÁGUA EM DIFERENTES SUBSTRATOS PARA PLANTAS ORNAMENTAIS	
Fátima Cibele Soares	
Giordana Trindade de Abreu	
Jumar Luís Russi	
DOI 10.22533/at.ed.41121030513	
<b>SOBRE A ORGANIZADORA</b> .....	<b>140</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>141</b>

# CAPÍTULO 2

## CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS DE CHUVAS PARA CONSERVAÇÃO DE SOLOS E ÁGUA NA CIDADE DE GOIÁS (GO)

Data de aceite: 28/04/2021

Data de submissão: 06/03/2021

### Larissa Santos Castro

Spraytec Fertilizantes  
Araxá – Minas Gerais  
<https://orcid.org/0000-0001-6430-6648>

### Roriz Luciano Machado

Instituto Federal Goiano – Campus Ceres  
Ceres – Goiás  
<https://orcid.org/0000-0003-4270-5423>

### Joaquim José Frazão

Instituto Federal Goiano – Campus Iporá  
<https://orcid.org/0000-0001-8586-4622>

### Cássia Cristina Rezende

Universidade Federal de Goiás  
Goiânia – Goiás  
<https://orcid.org/0000-0001-8463-1907>

### Aline Franciel de Andrade

Universidade Federal de Goiás  
Goiânia – Goiás  
<http://lattes.cnpq.br/3769802987824061>

### Elizabete Alves Ferreira

Instituto Nacional de Meteorologia – 10° DISME  
Goiânia – Goiás  
<http://lattes.cnpq.br/2458690354291253>

### Henrique Fonseca Elias de Oliveira

Instituto Federal Goiano – Campus Ceres  
Ceres – Goiás  
<https://orcid.org/0000-0001-8698-292X>

**RESUMO:** A determinação de atributos de chuvas para determinada localidade permite planejar práticas de prevenção e controle da erosão. O objetivo do presente trabalho foi determinar a distribuição da erosividade, padrões hidrológicos e período de retorno das chuvas máximas diárias anuais na cidade de Goiás, GO. Foram utilizadas séries de dados pluviográficos referente ao período de 2002 a 2011, fornecidos pelo INMET, e série de dados pluviométricos do período de 1949 a 2011, disponível na base HIDROWEB/ANA. Os pluviogramas foram digitalizados e seus dados processados em planilha eletrônica e, posteriormente, submetidos ao software Choveros a fim de determinar os índices de erosividade  $EI_{30}$  e  $KE>25$ , altura precipitada, quantidade de chuvas e respectivos padrões de precipitação. Os resultados encontrados demonstraram que a precipitação média anual foi de 1.648,6 mm e o período chuvoso vai de outubro a abril, com 90,8% da precipitação anual. Os valores médios para os índices de erosividade  $EI_{30}$  e  $KE>25$  foram de 7.112,2 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> e 110,3 MJ ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, respectivamente. O padrão de chuvas avançado (49,8%) apresentou maior ocorrência, seguido dos padrões atrasado (35,1%) e intermediário (15,1%). Os valores de chuva máxima diária anual para a cidade de Goiás, esperados para períodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50 e 100 anos são, respectivamente, de 93,9; 112,6; 131,0; 154,2; 171,5 e 188,6 mm.

**PALAVRAS-CHAVE:** Erosão hídrica, fator R, enchentes, chuva de projeto.

## HYDROLOGICAL CHARACTERISTICS OF RAINFALL TO SOIL AND WATER CONSERVATION AT GOIÁS CITY (GO) BRAZIL

**ABSTRACT:** The determination of rainfall attributes for a given locality allows planning erosion prevention and control practices. The objective of the present work was to determine the distribution of erosivity, hydrological patterns and period of return of the annual maximum daily rainfall in the city of Goiás, GO. A series of pluviographic data for the period from 2002 to 2011, provided by INMET, and a series of rainfall data from the period 1949 to 2011, available at the HIDROWEB/ANA database, were used. The pluviograms were digitized and their data processed in a spreadsheet and later submitted to the Chuveros software in order to determine the erosivity indexes  $EI_{30}$  and  $KE>25$ , precipitation height, amount of rainfall and respective precipitation patterns. The results showed that the average annual precipitation was 1,648.6 mm and the rainy season goes from October to April, with 90.8% of the annual precipitation. The averages for the  $EI_{30}$  and  $KE>25$  erosivity indices were 7,112.2 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup> and 110.3 MJ ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>, respectively. The advanced rainfall pattern (49.8%) presented the highest occurrence followed by delayed (35.1%) and intermediate (15.1%) patterns. The annual maximum daily rainfall values for the city of Goiás, expected for return periods of 2, 5, 10, 20, 50 and 100 years are, respectively, 93.9; 112.6; 131.0; 154.2; 171.5 and 188.6 mm.

**KEYWORDS:** Water erosion, R factor, floods, rainfall of project.

### 1 | INTRODUÇÃO

As perdas de solo e água por erosão hídrica proporcionam a diminuição da produtividade das culturas, além de causar problemas ambientais, como o assoreamento de rios e poluição dos recursos hídricos (CASSOL et al., 2008).

A quantificação de fatores relacionados à erosividade das chuvas são informações cruciais para adequar sistemas de manejo de solos, adoção de práticas conservacionistas, auxiliar planos de recuperação de áreas degradadas, além de poder subsidiar políticas públicas e assim, permitindo o uso de recursos financeiros para fins conservacionistas, priorizando as regiões mais críticas (OLIVEIRA et al., 2011; SILVA et al., 2008).

Nesse contexto, a equação universal de perda do solo (USLE) é um dos modelos mais utilizados para estimar a quantidade média de perda de solo a longo prazo, mensalmente e/ou anualmente (LEE e HEO, 2011), e ajustar o sistema de produção agrícola para que as perdas de solo fiquem dentro de limites toleráveis. A USLE foi desenvolvida por Wischmeier e Smith (1965, 1978) nos Estados Unidos, a qual é composta por fatores erosividade das chuvas – R; erodibilidade do solo – K; comprimento da inclinação – L; e inclinação – S; uso e cobertura – C; e práticas conservacionistas – P (MEUSBURGER et al., 2011).

O  $EI_{30}$  é o índice preconizado pela USLE e um dos mais utilizados para a quantificação do fator erosividade, sendo a multiplicação da energia cinética (E) pela intensidade máxima da chuva durante um período de 30 min ( $I_{30}$ ) para cada tempestade de chuva (WISCHMEIER e SMITH, 1958, 1978). Para determinação do fator R da USLE necessita-se de séries históricas de dados de pluviógrafos de pelo menos 22 anos. Séries

temporais com mais de 20 anos são escassas no Brasil, logo, modelos que relacionam o  $EI_{30}$  com dados pluviométricos diários vêm sendo utilizados para se obter o fator R da USLE (ANGULO-MARTÍNEZ, 2009; MACHADO et al., 2013). Outro índice também utilizado e recomendado para regiões tropicais é o  $KE > 25$ , o qual considera a energia cinética de chuvas com intensidade de precipitação superior a 25 mm h<sup>-1</sup> (HUDSON, 1973).

O conhecimento do índice de erosividade tem importância tanto prática quanto científica, já que do ponto de vista prático, esse índice permite a identificação do período do ano com maior risco ou potencial de erosão hídrica, ou seja, permitindo o planejamento de medidas de controle. Já no ponto de vista científico, esse índice permite saber o motivo das diferenças nas quantidades de erosão em determinado ano e local (SCHICK et al., 2014).

No Brasil, o parâmetro  $EI_{30}$  vem sendo amplamente estudado e utilizado (ALBUQUERQUE et al., 2005; MACHADO et al., 2017; PINHEIRO et al., 2018; ALMEIDA et al., 2019). Segundo Oliveira et al. (2012), o índice de erosividade  $EI_{30}$  no Brasil varia entre 1.672 e 22.452 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, enquanto em países como a Europa, Grécia e Suíça, foram encontrados índices entre 51,4 a 6.228,7 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (PANAGOS et al., 2015a), 84 a 2.825 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (PANAGOS et al., 2015b) e 124 a 5.611 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (MEUSBURGER et al., 2011) de erosividade, respectivamente. Essa grande diferença entre os valores pode ser atribuída à extensão dos territórios e variações climáticas dos locais (OLIVEIRA et al., 2012).

De acordo com sua intensidade, as chuvas podem ser classificadas em padrão avançado, intermediário, e atrasado, quando a localização dos picos de maior intensidade está no início, meio e fim do período de duração das chuvas, respectivamente (HORNER e JENS, 1941). Conforme Panachuki et al. (2006), maiores perdas de solo são previstas para os padrões intermediário e atrasado. Isso ocorre devido à maior umidade antecedente do solo que favorece o processo de desagregação pelo impacto das gotas de chuvas, ocasionando selamento superficial e, posteriormente, redução da taxa de infiltração de água e aumento do escoamento superficial.

O conhecimento das chuvas máximas diárias anuais associadas a períodos de retorno é uma das formas de obter a chuva de projeto, sendo também ferramenta bastante útil no dimensionamento de obras hidráulicas e conservacionistas como terraços agrícolas e bacias de infiltração (barraginhas), a fim de permitir o dimensionamento adequado dessas e outras práticas mecânicas (ELTZ et al., 2013).

A cidade de Goiás (GO) localiza-se em região suscetível a processos erosivos devido a problemas com infiltração de água das chuvas/escoamento superficial. Esse problema é resultante do desmatamento, uso e manejo inadequado do solo, relevo predominantemente acidentado à montante, grande área de afloramentos rochosos e solos rasos, decorrentes de geomorfologia complexa. Isso vem acarretando problemas de cheias históricas nos afluentes e no rio Vermelho, com diversos prejuízos na área urbana incluindo o patrimônio histórico tombado pela UNESCO (CAVALCANTI et al., 2008; SANTOS, 2014).

Diante do exposto, caracterizar as chuvas da cidade de Goiás permite obter parâmetros que contribuam para o incentivo ao planejamento e uso de práticas conservacionistas visando reduzir a erosão em áreas rurais nos seus diferentes usos da terra, de forma a contribuir para redução de enchentes na bacia do rio Vermelho, e consequentemente, nos impactos na área urbana da cidade de Goiás (GO). O presente trabalho teve por objetivo determinar a distribuição da erosividade anual e do fator R da USLE, dos padrões de precipitação pluvial, e da chuva máxima diária anual associada a períodos de retorno para a cidade de Goiás – GO.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada com base nos dados pluviográficos da estação meteorológica denominada de Cidade de Goiás, pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET/10° DISME) sob o código 83374, onde coletou-se dados de 10 anos de registros referente ao período de 2002 a 2011. Os dados obtidos, em formato de pluviogramas, com intervalo de registro de no máximo 10 mm de precipitação e de 24 horas de duração, com unidades de 0,2 mm para o volume e 10 minutos para o tempo, foram digitalizados com uso de scanner portátil e, posteriormente, convertidos para formato digital, utilizando planilha eletrônica. Para tanto, foram anotados os horários (horas e minutos) de início e fim, seguidos da lâmina correspondente de cada segmento de chuva de mesma intensidade e a precipitação total do pluviograma, possibilitando assim, possíveis correções posteriores.

Em sequência, os dados foram organizados por meio da individualização das chuvas erosivas, arquivados em DAT e submetidos ao software CHUVEROS (software elaborado pelo prof. Elemar Antonino Cassol). Dos resultados de saída do software, utilizou-se os índices de erosividade  $EI_{30}$  e  $KE > 25$ , altura precipitada; e a classificação das mesmas de acordo com o pico de intensidade, em padrões avançado, intermediário ou atrasado. No software, o índice de erosividade  $EI_{30}$  é obtido por meio do produto da energia cinética (EC) e a intensidade máxima da precipitação em trinta minutos ( $I_{30}$ ). O índice de erosividade  $KE > 25$  é calculado pelo produto da energia cinética pela intensidade de segmentos de precipitação maior que 25  $\text{min h}^{-1}$ . A determinação da energia cinética (EC) utilizada no Chuveros é a mesma do  $EI_{30}$ , ou seja, Wischmeier e Smith (1958) e modificada por Foster et al. (1981) descrita por (Equação 1):

$$EC = 0,119 + 0,0873 \log I \quad (1)$$

Onde:

I = intensidade da chuva em  $\text{mm h}^{-1}$

Com o objetivo de obter o fator R da USLE, o qual requer série de dados pluviográficos de 22 anos no mínimo (WISCHMEIER e SMITH, 1978), foi feita a ampliação dos dados utilizando série pluviométrica da mesma estação pluviográfica, obtidas da base de dados Hidroweb/ANA. Com isso, foi feito o ajuste de equações utilizando índices de erosividade

das chuvas ( $EI_{30}$  e  $KE>25$ ) obtidos de dados pluviográficos e características pluviométricas com base no  $Rc$  (coeficiente de chuva) para igual período de avaliação. O  $Rc$  foi calculado pela Equação 2, proposta por Fournier (1960) e modificada por Lombardi Neto (1977), conforme a seguir:

$$Rc = \frac{Pm^2}{Pa} \quad (2)$$

Em que:

$Rc$ : coeficiente da chuva (mm);

$Pm$ : precipitação média mensal (mm);

$Pa$ : precipitação média anual (mm).

Os ajustes mais adequados foram encontrados com base na precipitação média mensal ( $p$ ), com modelos lineares para os dois índices de erosividade, conforme Figura 1.

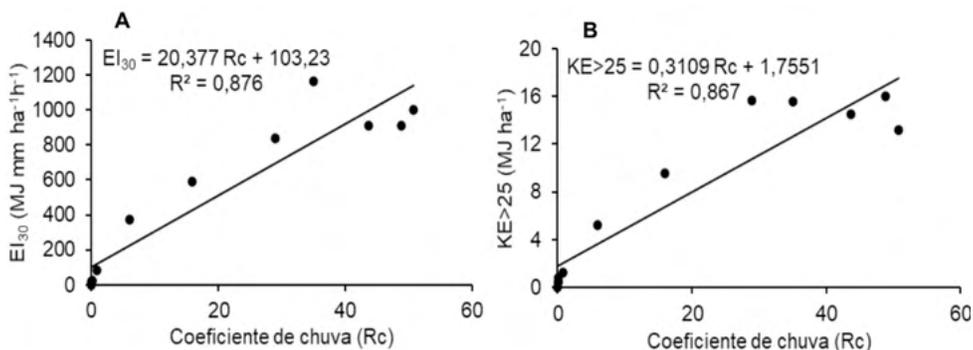


Figura 1. Correlação entre os valores mensais médios dos índices de erosividade  $EI_{30}$  (A) e  $KE>25$  (B) e o coeficiente de chuva.

Visando garantir a validade das estimativas dos índices, foi aplicada a análise de intervalos de confiança buscando analisar o maior número de anos contínuos da série pluviométrica de 1949 a 2011 que fosse semelhante à série pluviográfica de 2002 a 2011, para emprego nos modelos ajustados para estimativa dos índices de erosividade. Houve sobreposição das médias e/ou dos IC entre dados pluviográficos e pluviométricos para cada mês do ano, ao testar inicialmente toda a série pluviométrica, indicando assim, a adequação do uso do período de 1949 a 2011 para as estimativas de  $EI_{30}$  e  $KE>25$  (Figura 2).

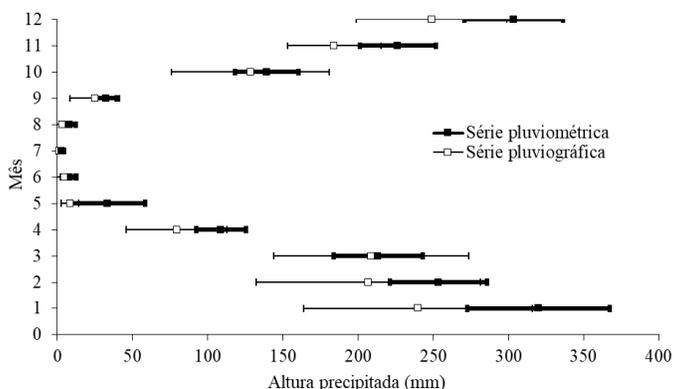


Figura 2. Médias e intervalo de confiança entre séries pluviométricas e pluviográficas da estação Cidade de Goiás – GO.

Os índices de erosividade, mês a mês, dentro de cada ano, foram estimados conforme Moretti et al. (2003), utilizando planilha com dados de Rc mensais (calculados para a precipitação mensal e anual de cada ano com a equação 2) para o período de anos definidos na etapa anterior (1949 a 1999), e aplicando às equações dos ajustes obtidos para cada índice (Figura 1) seguido de regra de três simples usando a equação 3:

$$E_{ij} = \frac{(RC_{ij} \cdot IEm)}{RCm} \quad (3)$$

em que,

$E_{ij}$  = índice de erosividade de um mês  $i$  contido num ano  $j$  da série de dados ( $MJ \text{ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ );

$RC_{ij}$  = Rc total em um mês  $i$  contido num ano  $j$  da série de dados (mm);

$IEm$  = índice de erosividade ( $EI_{30}$  ou  $KE > 25$ ) médio mensal, no qual o mês  $i$  está contido na série de dados; e

$RCm$  = Rc total mensal médio no qual o mês  $i$  está contido na série de dados (mm).

Os índices de erosividade mensais, calculados por meio da soma do  $EI_{30}$  de cada chuva erosiva ocorrida no mês, foram utilizados para determinar a erosividade anual ( $EI_{30}$  e  $KE > 25$ ) para cada ano da série de 1949 a 2011 da localidade em estudo.

Com base no padrão hidrológico de cada precipitação, classificado pelo software Chuveros, foi calculada frequência das chuvas em cada padrão hidrológico, bem como, a distribuição relativa de altura precipitada e erosividade medida pelos índices  $EI_{30}$  e  $KE > 25$  em cada padrão hidrológico.

O cálculo da chuva máxima diária anual foi realizado a partir dos dados da série histórica, obtidos da mesma estação meteorológica (HIDROWEB/ANA), a qual foi organizada em planilhas eletrônicas. Ajustou-se os dados ao modelo de distribuição de probabilidades de Gumbel (Equações 4 a 7), utilizando a chuva máxima diária anual

média e seu desvio padrão (PINTO et al., 1996). Assim, obteve-se a precipitação da chuva relacionada a diferentes períodos de retorno (2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos).

$$\gamma = \left[ -\ln \left( 1 - \frac{1}{T} \right) \right] \quad (4)$$

$$K = \frac{\gamma - \gamma n}{S_n} \quad (5)$$

$$P = \bar{X} + KS \quad (6)$$

$$T = \frac{1}{1 - e^{-e^{-\gamma}}} \quad (7)$$

Onde:

$\gamma$  = variável reduzida da distribuição de Gumbel;

$\ln$  = logaritmo neperiano;

T = período de retorno (anos);

$\gamma n$  e  $S_n$  = valores tabelados em função dos números de anos (n) da série de dados;

P = valor da variável (precipitação) associado à frequência T;

$\bar{X}$  = média aritmética da amostra;

K = coeficiente de frequência;

S = desvio padrão da amostra.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A precipitação média anual com base na série pluviométrica (1949 a 2011) foi de 1.648,6 mm. As chuvas e, conseqüentemente, o potencial erosivo concentrou-se entre os meses de outubro e março no período estudado, sendo considerado o “período das águas” (Figura 3). O período de maio a setembro com baixos totais mensais precipitados, conseqüentemente apresenta potencial erosivo pouco relevante. Desta forma, o período de outubro a março reúne 88,3% das precipitações e 87,5% e 86,87% da erosividade pelos índices  $EI_{30}$  e  $KE > 25$ , respectivamente. Observa-se que os índices  $EI_{30}$  e  $KE > 25$  possuem comportamento semelhante ao longo do ano (Figura 3).

Resultado semelhante foi encontrado por Galdino (2015) para o estado de Goiás e Distrito Federal, onde o período de maior incidência de chuvas ocorreu de outubro a março, totalizando 87% do índice total anual pluviométrico na região e 94% do total anual da erosividade da chuva. De acordo com Cassol et al. (2008), a tendência é que os maiores valores do índice  $EI_{30}$  coincidam com as maiores precipitações, sendo um período de alto risco à perdas de solo por erosão, se o solo estiver menos protegido. Isso demonstra a importância do estudo da distribuição do potencial erosivo da chuva (MORETTI et al., 2003) com relação ao manejo do solo e das culturas, visando garantir a cobertura do solo para diminuir o escoamento superficial.

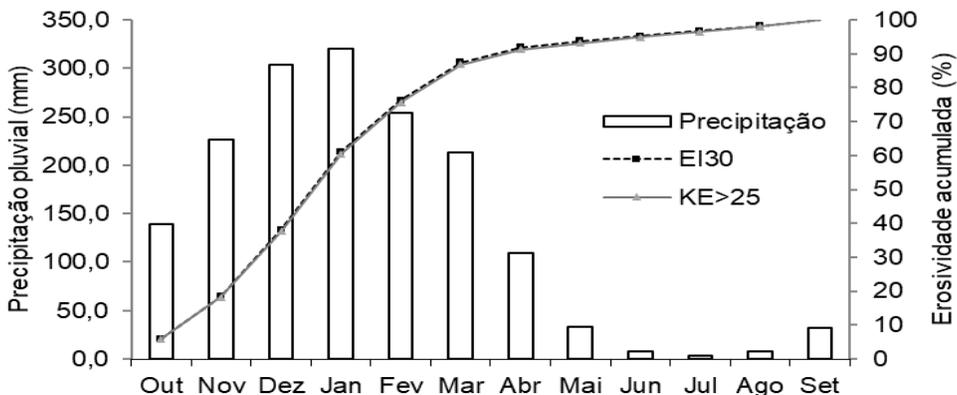


Figura 3. Valores médios mensais percentuais dos fatores de erosividade EI<sub>30</sub> e KE>25 e do volume total das chuvas obtido entre 1949 e 2011 (exceto os anos 1988, 2000 e 2001), para a cidade de Goiás (GO).

A erosividade anual para a cidade de Goiás (GO) variou entre 3.872,4 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> em 1963 a 11.535,9 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> em 1985 (Tabela 1). Mesmo no período chuvoso com que apresentou menor variabilidade (menores desvios padrão e coeficiente de variação) que no da seca, observa-se que essa foi muito alta, sendo, no entanto considerado normal já que cada evento de chuva na natureza é considerado único, especialmente nas regiões tropicais. Uma das causas de alta variabilidade espacial e temporal das chuvas no Brasil está relacionado aos diferentes tipos de chuva (FISCH et al., 2007), como convectivas, frontais e orográficas.

Meses de maior erosividade observados podem ter relação direta com cheias históricas reportadas na cidade de Goiás (GO). De acordo com trabalho de Cavalcanti et al. (2008), há documentadas total de nove cheias responsáveis por grandes danos à histórica cidade de Goiás (GO). De acordo com esses autores as causas das enchentes incluem o fator uso da terra nas cabeceiras. Das poucas cheias que tiveram as quantidades de chuvas registradas oficialmente nessa cidade, verifica-se que três delas datam 19 de fevereiro de 1980 (121,8 mm), 29 de março de 1981 (150,6 mm) e 31 de dezembro de 2001 (140,9 mm), destacando que já havia elevada precipitação acumulada na semana antecedente às cheias. Essas cheias citadas coincidem com os máximos índices de erosividade mensais da série estudada para o mês de fevereiro de 1980 (4673,8) e março de 1981 (3815,2 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>). Para o mês de dezembro, provavelmente, o máximo valor de erosividade da série pode ter coincido com a cheia de 2001, mas devido à falha na série, isso não pôde ser confirmado.

A erosividade anual média (fator R) obtida de dados pluviométricos para a localidade

estudada foi de 7.1 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>. Esse índice tende em ser inferior ao obtido em outras localidades como Brasília (DF) (8.319) (DEDECEK, 1988), Goiânia (GO) (8.353) (SILVA et al. (1997)), Flechas (MT) (7.830) (MORAIS et al., 1991) e Cuiabá (MT) (8.810 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) por Almeida et al. (2011), todas no mesmo tipo de clima (Aw).

Mês/ Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total anual
1949	2861,9	2398,7	122,5	47,1	74,2	0,0	0,0	0,0	0,0	258,4	266,7	632,2	6661,7
1950	312,3	7,8	283,4	164,9	30,6	0,0	0,0	0,0	0,0	965,2	2042,8	1931,7	5738,6
1951	1634,8	494,3	2771,6	4,2	444,8	0,0	0,0	0,0	0,0	102,0	412,5	747,0	6611,1
1952	481,0	980,6	1164,7	384,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	45,2	488,8	2418,0	5963,0
1953	143,1	517,3	689,2	413,1	0,0	0,0	136,4	0,0	237,7	882,5	435,7	2354,8	5809,8
1954	459,5	830,1	407,9	193,3	35,4	0,0	0,0	0,0	30,9	3,8	1372,7	1780,9	5114,5
1955	3613,9	247,6	314,5	273,1	2,5	41,5	0,0	0,0	0,0	469,4	228,8	1976,2	7167,4
1956	136,9	1067,5	442,2	1279,1	332,2	1420,9	7,9	22,5	40,0	130,0	1099,8	1468,2	7447,1
1957	2132,7	1516,2	856,3	224,0	68,7	0,0	0,0	38,2	440,3	145,4	808,4	327,6	6557,8
1958	3556,6	973,7	317,0	631,9	422,6	0,0	873,0	0,0	35,4	173,2	66,7	2873,7	9923,8
1959	1801,7	351,5	2106,4	67,1	20,2	139,5	0,0	211,6	0,2	523,8	787,2	797,7	6806,7
1960	1667,6	2846,8	1055,5	106,5	21,0	0,0	0,0	0,0	0,0	373,2	1312,2	664,6	8047,3
1961	3968,6	443,5	234,6	101,1	15,2	0,0	0,0	7,0	0,0	281,2	892,0	2071,2	8014,2
1962	3553,6	260,0	727,4	14,2	0,0	0,0	0,0	9,9	194,1	0,0	453,1	3759,0	8971,2
1963	716,4	1437,9	495,1	376,4	0,0	0,0	0,0	0,0	5,6	0,0	400,9	440,1	3872,4
1964	6995,2	920,5	121,1	59,9	775,7	0,0	0,0	0,0	49,2	672,2	1193,7	443,7	11231,2
1965	1710,6	834,2	1139,5	803,6	0,0	0,0	0,0	0,0	17,2	1494,3	1995,1	197,1	8191,5
1966	2491,6	2955,2	1313,6	1,7	78,2	0,0	0,0	0,0	0,1	174,5	131,2	1988,6	9134,7
1967	831,0	752,7	1843,1	191,4	0,0	0,0	0,0	0,0	57,7	155,4	756,6	1088,5	5676,4
1968	450,0	2364,1	723,3	195,1	1,6	0,0	0,0	37,1	125,9	80,9	1437,6	960,4	6376,1
1969	1530,7	0,0	0,0	0,0	1537,6	0,0	0,0	0,0	0,0	340,5	3026,8	1487,3	7922,9
1970	1283,2	451,6	702,0	339,1	15,1	0,0	0,0	2,6	284,0	199,5	1492,2	925,3	5694,7
1971	298,1	494,9	315,8	149,5	35,0	0,0	0,0	0,0	5,8	1141,7	1921,2	1165,8	5528,0
1972	229,7	1160,8	290,0	70,7	68,7	0,0	177,6	408,7	23,2	311,6	720,4	2783,0	6244,4
1973	480,6	1481,7	1528,5	210,4	14,6	0,0	0,0	0,0	16,1	350,1	746,4	461,2	5289,6
1974	1817,9	314,6	1756,8	909,5	0,8	0,0	0,0	3,7	488,9	0,0	0,0	0,0	5292,1
1975	457,3	977,0	748,5	1048,6	74,8	12,7	0,0	0,0	30,3	195,5	961,1	363,7	4869,5
1976	299,5	1370,7	765,9	14,2	654,1	0,0	0,0	0,1	678,8	976,3	1499,2	779,2	7037,9
1977	4383,8	335,7	210,1	141,0	754,1	13,9	0,0	0,0	576,0	175,1	583,1	484,5	7657,3
1978	1223,9	634,8	689,8	399,2	24,1	0,0	1209,3	0,0	20,0	330,2	1536,2	1865,7	7933,4

1979	3791,9	2259,8	366,6	1,5	128,9	0,0	62,3	911,5	142,9	74,8	310,3	1294,1	9344,6
1980	1682,8	4673,8	179,0	139,8	2,1	20,3	0,0	0,1	91,2	32,0	693,5	961,1	8475,5
1981	1073,0	78,4	3815,2	167,4	453,6	260,7	0,0	0,0	24,1	1159,8	1134,2	433,4	8599,8
1982	3473,4	660,7	1286,6	79,7	254,6	0,0	1,7	412,5	462,1	442,5	343,0	777,6	8194,4
1983	3577,0	1071,4	389,0	350,6	125,8	1,5	562,8	0,0	45,1	359,8	630,6	1177,4	8291,0
1984	468,4	289,0	1476,9	234,2	86,3	0,0	0,0	287,5	611,5	1627,9	582,5	605,9	6270,0
1985	7968,1	554,6	521,8	176,8	27,9	0,0	8,1	11,9	330,0	199,7	216,6	1520,3	11535,9
1986	1142,6	445,2	642,3	55,0	43,9	0,0	40,1	1473,1	149,4	397,3	415,2	1858,0	6662,1
1987	482,9	698,5	0,0	575,1	35,6	0,0	0,0	0,6	86,2	318,1	1489,2	3250,6	6936,7
1989	902,2	573,8	724,8	45,7	0,0	196,2	2303,1	138,5	6,6	835,0	505,1	5247,6	11478,6
1990	1237,7	684,7	312,7	1002,6	212,0	0,0	18,6	103,8	245,4	418,0	388,6	1016,8	5640,7
1991	929,2	681,0	2770,3	733,0	0,0	0,0	0,0	0,0	96,2	695,0	0,0	1503,1	7407,8
1992	2248,7	1967,8	0,0	1006,9	167,3	0,0	0,0	0,3	82,8	1030,0	1131,2	1232,6	8867,6
1993	0,0	2229,8	0,0	1141,0	189,6	0,0	0,0	0,3	93,8	1167,2	1281,8	1396,8	7500,3
1994	1485,9	2623,8	152,7	127,8	0,0	13,6	0,0	2204,9	0,0	0,0	0,0	0,0	6608,7
1995	0,0	0,0	0,0	230,3	19,8	1092,2	554,0	0,0	130,8	229,4	3841,3	1526,9	7624,7
1996	1301,4	1730,3	459,3	225,8	44,3	0,1	0,0	0,0	146,2	132,3	332,1	3734,7	8106,5
1997	348,1	1075,6	493,4	481,2	3,2	0,7	2,5	18,4	56,7	136,7	2262,4	3026,9	7905,9
1998	1531,8	947,1	1086,3	276,9	549,7	2931,0	0,0	0,0	309,9	97,5	152,0	997,6	8879,6
1999	802,5	1042,3	180,3	606,0	33,4	0,4	6,0	10,6	75,4	183,1	1089,3	1193,6	5223,0
2002	2023,2	853,9	34,0	43,2	8,3	0,0	0,3	0,0	92,5	46,8	718,4	734,5	4555,1
2003	2717,0	431,6	980,3	339,3	0,7	0,0	0,0	4,9	30,0	139,5	349,4	800,2	5792,8
2004	526,1	2447,8	611,2	29,6	41,3	0,0	167,2	0,0	0,0	423,5	1042,8	539,7	5829,1
2005	1583,5	533,4	684,0	33,8	29,4	3,2	0,0	8,0	166,1	119,7	948,0	1989,3	6098,4
2006	382,6	659,2	1075,6	266,8	0,0	0,0	0,0	0,3	200,7	1813,2	639,4	741,1	5778,9
2007	107,7	3890,8	576,9	331,6	0,1	0,5	71,1	0,0	0,0	120,6	130,5	806,2	6036,0
2008	1224,8	1188,7	1101,7	427,6	8,0	0,0	0,0	0,1	87,4	77,8	647,1	1925,6	6688,8
2009	676,1	796,2	1781,1	476,6	17,3	34,5	0,0	145,8	429,7	683,5	521,3	1904,9	7467,1
2010	371,3	0,0	245,4	0,0	0,0	6,3	28,0	0,0	0,0	520,3	1748,7	1553,3	4473,4
2011	2921,3	137,0	1883,0	77,3	0,0	308,5	0,0	0,0	2,9	711,5	664,5	967,5	7673,6
Média	1641,8	1077,5	799,4	308,3	133,1	108,3	103,8	107,9	125,9	419,1	888,0	1399,2	7112,2
D.P.	1601,6	962,98	762,8	318,8	265,24	438,1	358,8	360,88	171,37	429,7	734,7	1008,3	1666,1
C.V.	97,6	89,4	95,4	103,4	199,3	404,5	345,6	334,4	136,1	102,5	82,7	72,1	23,4

Tabela 1. Valores mensais, anuais e médias de erosividade  $EI_{30}$  ( $MJ\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}\ ano^{-1}$ ) com estatísticas descritivas, obtidos de séries pluviométrica e pluviográfica para o período de 1949 a 2011 (exceto 1988, 2000 e 2001).

Os meses de dezembro e janeiro destacaram-se na série histórica com os maiores valores de erosividade ( $EI_{30}$ ). Segundo Mazurana et al. (2009), meses de pico excepcional na erosividade das chuvas são responsáveis por grandes danos às lavouras cultivadas, em decorrência do processo de erosão hídrica. Um atenuante nesse período é que normalmente nos meses de dezembro e janeiro a maioria das culturas agrícolas em Goiás já está bem desenvolvida, cobrindo em parte ou totalmente a superfície do solo pelo seu dossel, e nesse caso, o fator cobertura do solo passa a ser fundamental para diminuir os danos do maior potencial erosivo das chuvas nesse período.

Conforme a classificação de Carvalho (1994) a erosividade para a cidade de Goiás é considerada de média a forte ( $4.905 < R < 7.357$ ), o que indica a necessidade do uso de práticas conservacionistas nas áreas agrícolas.

Quanto ao índice  $KE > 25$  (Tabela 2), seus valores variaram entre 60 MJ em 1962 a 186,3 MJ  $ha^{-1} ano^{-1}$ , em 1990. A média anual para esse índice foi de 110,3 MJ  $ha^{-1} ano^{-1}$ , sendo os maiores valores coincidentes com os maiores valores do índice  $EI_{30}$  de outubro a março, indicando o período de maior potencial erosivo. §

Valores de  $KE > 25$  menores que o desse estudo foram encontrados por Carvalho et al. (2010) de 99,2 MJ  $h^{-1} ano^{-1}$  para o município de Seropédica (RJ). Valle Junior et al. (2012), encontraram 102,05 MJ  $h^{-1} ano^{-1}$  para a região de Uberaba (MG). Já em estudo de Silva et al. (1997) para região de Goiânia (GO) foi encontrado 129,8 MJ  $h^{-1} ano^{-1}$ , ou seja, superior ao presente estudo.

Em relação à distribuição das chuvas quanto aos padrões hidrológicos (Tabela 3), constata-se que o padrão de maior ocorrência na cidade de Goiás – GO é o avançado (49,8%), seguido dos padrões atrasado (35,1%) e intermediário (15,1%). Conseqüentemente, as perdas de solo esperadas podem ser menores que poderiam ser, pois as chuvas não predominam no padrão atrasado. Nesse padrão apresentam pico de intensidade no terço inicial de sua duração em momento que solo pode possuir menos umidade quando comparado aos demais padrões, ocasionando menor desagregação, selamento e transporte de solo (MEHL et al., 2001). Em São Borja, RS, o padrão hidrológico predominante foi o avançado em trabalhos realizados por Mehl et al. (2001) e Cassol et al. (2008), assim como na região de Ribeirão das Lajes, RJ (MACHADO et al., 2008).

Ano/ Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total anual
1949	44	37	2	1	1	0	0	0	0	4	4	10	102,8
1950	5	0	4	3	1	0	0	0	0	15	32	30	89,1
1951	25	8	43	0	7	0	0	0	0	2	6	11	102,7
1952	7	15	18	6	0	0	0	0	0	1	8	37	92,2
1953	2	8	11	7	0	0	2	0	4	14	7	36	90,7
1954	7	13	6	3	1	0	0	0	1	0	21	27	79,1
1955	56	4	5	4	0	1	0	0	0	7	4	30	110,7
1956	2	16	7	21	6	23	0	0	1	2	17	23	117,0
1957	33	23	13	4	1	0	0	1	7	2	13	5	102,1
1958	55	15	5	10	7	0	15	0	1	3	1	44	155,3
1959	28	5	33	1	0	2	0	4	0	8	12	12	105,7
1960	26	44	16	2	0	0	0	0	0	6	20	10	124,3
1961	61	7	4	2	0	0	0	0	0	4	14	32	123,6
1962	55	4	11	0	0	0	0	0	3	0	7	58	138,4
1963	11	22	8	6	0	0	0	0	0	0	6	7	60,0
1964	107	14	2	1	13	0	0	0	1	11	18	7	174,3
1965	26	13	18	13	0	0	0	0	0	24	31	3	127,5
1966	38	46	20	0	1	0	0	0	0	3	2	31	140,9
1967	13	12	29	3	0	0	0	0	1	2	12	17	87,9
1968	7	36	11	3	0	0	0	1	2	1	22	15	98,8
1969	24	0	0	0	26	0	0	0	0	5	47	23	124,6
1970	20	7	11	5	0	0	0	0	5	3	23	14	88,6
1971	5	8	5	2	1	0	0	0	0	18	30	18	85,9
1972	4	18	4	1	1	0	3	7	0	5	11	43	97,4
1973	7	23	24	3	0	0	0	0	0	6	12	7	82,0
1974	28	5	27	15	0	0	0	0	8	0	0	0	82,9
1975	7	15	12	17	1	0	0	0	1	3	15	6	76,1
1976	5	21	12	0	11	0	0	0	11	15	23	12	110,9
1977	67	5	3	2	13	0	0	0	10	3	9	7	120,0
1978	19	10	11	6	0	0	21	0	0	5	24	29	124,7
1979	58	35	6	0	2	0	1	15	2	1	5	20	145,8
1980	26	72	3	2	0	0	0	0	2	1	11	15	130,8
1981	16	1	59	3	8	4	0	0	0	18	18	7	134,2
1982	53	10	20	1	4	0	0	7	8	7	5	12	128,1
1983	55	17	6	6	2	0	10	0	1	6	10	18	129,2

1984	7	4	23	4	1	0	0	5	10	26	9	9	99,0
1985	122	9	8	3	0	0	0	0	6	3	3	23	178,2
1986	18	7	10	1	1	0	1	25	3	6	6	29	105,4
1987	7	11	0	9	1	0	0	0	1	5	23	50	107,6
1989	14	40	5	7	0	7	0	0	0	8	10	15	106,7
1990	19	9	11	1	0	3	39	2	0	13	8	81	186,3
1991	14	11	5	16	4	0	0	2	4	7	6	16	83,8
1992	35	9	37	10	0	0	0	0	1	9	0	20	120,9
1993	0	34	0	18	3	0	0	0	2	18	20	22	117,3
1994	23	40	2	2	0	0	0	37	0	0	0	0	105,2
1995	0	0	0	4	0	17	9	0	2	4	59	24	119,6
1996	20	27	7	4	1	0	0	0	2	2	5	57	125,3
1997	5	17	8	8	0	0	0	0	1	2	35	47	122,4
1998	24	15	17	4	9	47	0	0	5	2	2	15	139,7
1999	12	16	3	10	1	0	0	0	1	3	17	18	81,2
2002	31	13	1	1	0	0	0	0	2	1	11	11	70,3
2003	42	7	15	5	0	0	0	0	1	2	5	12	89,6
2004	8	38	9	0	1	0	3	0	0	7	16	8	90,4
2005	24	8	11	1	0	0	0	0	3	2	15	31	94,4
2006	6	10	17	4	0	0	0	0	3	29	10	11	90,3
2007	2	60	9	5	0	0	1	0	0	2	2	12	93,4
2008	19	18	17	7	0	0	0	0	1	1	10	30	103,6
2009	10	12	28	8	0	1	0	2	7	11	8	29	116,6
2010	6	0	4	0	0	0	0	0	0	8	27	24	69,3
2011	45	2	29	1	0	5	0	0	0	11	10	15	118,8
Média	25,2	16,7	12,4	4,8	2,2	1,8	1,8	1,8	2,1	6,5	13,6	21,4	110,3
D.P.	24,6	15,1	11,5	4,9	4,5	7,0	6,1	6,1	2,9	6,7	11,4	15,5	26,1
C. V.	97,6	89,9	93,0	102,3	203,3	380,3	345,6	334,4	138,5	103,1	83,5	72,5	23,7

Tabela 2. Valores mensais, anuais e médias de erosividade  $KE>25$  ( $MJ\ ha^{-1}\ ano^{-1}$ ) com estatísticas descritivas no período de 1949 a 2011 (exceto 1988, 2000 e 2001).

Padrão hidrológico	Número de chuvas		Altura precipitada		EI <sub>30</sub>		KE>25	
	Absoluto	%	mm	%	Absoluto*	%	Absoluto*	%
Avançado	726	49,8	653,8	48,9	2551,7	49,6	33,9	43,52
Intermediário	220	15,1	304,4	22,8	1141,4	22,2	19,6	25,16
Atrasado	512	35,1	378,1	28,3	1453,7	28,2	24,4	31,32
TOTAL	1458	100,0	1336,30	100,0	5146,8	100,0	77,9	100,0

\* MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>; \*\* MJ h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

Tabela 3. Número de chuvas, altura precipitada e erosividade acumuladas nos padrões de chuva avançado, intermediário e atrasado na cidade de Goiás (GO), obtidos de pluviógrafo no período de 2002 a 2011.

Pode-se observar ainda na Tabela 3, que o maior volume precipitado ocorreu no padrão avançado, além dos índices de erosividade (EI<sub>30</sub> e KE>25) apresentarem o mesmo comportamento. Eltz et al. (2011), ao trabalhar com um simulador de chuva em Argissolo Vermelho-Amarelo, observaram maiores perdas de solo em chuvas de padrão atrasado com relação às perdas de solo em chuvas de padrão intermediário e avançado, o que foi atribuído a maior umidade antecedente.

A respeito da chuva máxima diária anual (CMDA), valores médios e associados a diferentes períodos de retorno estão apresentados na Tabela 4. Observa-se que os valores encontrados ficaram abaixo dos obtidos por Mesquita et al. (2009) para algumas cidades vizinhas à Goiás (GO), para os períodos de retorno coincidentes. Já em trabalho realizado por Pereira et al. (2017) no sul do estado (Ipameri - GO) para os mesmos períodos de retorno, os valores de CMDA da cidade de Goiás (GO) tenderam em ser maiores. As diferenças entre as localidades podem estar relacionadas ao efeito do relevo sobre as chuvas, tamanho e período das séries de dados.

O presente trabalho permite definir o valor da chuva de projeto para diferentes exigências de período de retorno de obras hidráulicas no meio rural (Tabela 4). No dimensionamento de terraços agrícolas em nível, por exemplo, é recomendado usar CMDA com período de retorno de 5 a 10 anos (CRUCIANI, 1988). Pode-se calcular também, com base na série histórica, que período de retorno determinada chuva intensa está associado (Equação 7). No caso da cheia ocorrida em 2001 com valor precipitado de 140,9 mm (CAVALCANTI et al., 2008) por exemplo, tal evento pode ser igualado ou ultrapassado pelo menos uma vez em média a cada 14,7 anos. Deve se ressaltar que no referido evento a cheia ocorreu quando nos seis últimos dias já havia chovido 124,1 mm segundo os autores supracitados, ou seja, o solo já se encontrava com muita umidade, e com isso, baixa capacidade de armazenamento.

Acredita-se que a redução de cheias na bacia do rio Vermelho no tocante ao uso da terra, está no aumento da capacidade de infiltração de água no solo, bem como, no

armazenamento máximo possível do escoamento superficial (enxurrada) nas propriedades rurais. Existem diferentes práticas conservacionistas que podem ser empregadas para isso podendo ser citados alguns exemplos como, melhoria da cobertura do solo (pastagens), plantio direto, reflorestamento, descompactação do solo, plantio em nível, terraceamento e construção de bacias de infiltração dos quais esses últimos podem utilizar informações para dimensionamentos com base neste trabalho.

Localidade	Média	2	5	10	25	50	100
Goiás	89,3	93,9	112,6	131,0	154,2	171,5	188,6
Itaberaí <sup>1</sup>	-	-	135,6	164,0	202,5	-	-
Itapuranga <sup>1</sup>	-	-	122,9	145,1	174,5	-	-
Ipameri <sup>2</sup>	-	80,96	97,07	107,74	121,23	131,23	141,15

<sup>1</sup> Mesquita et al. (2009). <sup>2</sup>Pereira et al. (2017)

Tabela 4. Chuva máxima diária anual (mm) média e associada a diferentes períodos de retorno (anos) e localidades.

## 4 | CONCLUSÃO

O fator R da USLE para a cidade de Goiás (GO) nas condições do estudo é de 7.112,2 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, servindo de base para estudos de previsão de perdas de solo. O valor anual médio pelo índice KE>25 é de 110,3 MJ h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Dezembro e janeiro são os meses de maior erosividade.

O padrão hidrológico avançado concentra os maiores valores de precipitação e índices de erosividade.

Chuvas máxima diária anual para a cidade de Goiás, com recorrência de 2, 5, 10, 20, 50 e 100 anos, são respectivamente, de 93,9; 112,6; 131,0; 154,2; 171,5 e 188,6 mm. A chuva de projeto com duração de 24 h para determinação de terraços em nível na região sob influência da estação Cidade de Goiás é de 131,0 mm nas condições do estudo.

Chuvas máxima diária anual para a cidade de Goiás, com recorrência de 2, 5, 10, 20, 50 e 100 anos, respectivamente, de 93,9; 112,6; 131,0; 154,2; 171,5 e 188,6 mm. A chuva de projeto com duração de 24 h para determinação de terraços em nível na região sob influência da estação Cidade de Goiás é de 131,0 mm.

## REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, A. W.; MOURA FILHO, G.; SANTOS, J. R.; COSTA, J. P. V.; SOUZA, J. L. Determinação de fatores da equação universal de perda de solo nas condições de Sumé, PB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 2, p. 180-188, 2005.

ALMEIDA, C. O. S.; AMORIM, R. S. S.; ELTZ, F. L. F.; COUTO, E. G.; JORDANI, S. A. Erosividade da chuva em municípios do Mato Grosso: distribuição sazonal e correlações com dados pluviométricos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 2, p. 142-152, 2012.

ALMEIDA, W. S.; CARVALHO, D. F.; PEREIRA, F. A. C.; ROUWS, J. R. C. Sediment production and soil water infiltration under different simulated rainfall characteristics. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 8, 572-578, 2019.

ANGULO-MARTÍNEZ, M.; BEGUERÍA, S. Estimating rainfall erosivity from daily precipitation records: a comparison among methods using data from the Ebro Basin (NE Spain). **Journal of Hydrology**, v. 379, n. 1-2, p. 111-121, 2009.

BEIJO, L. A.; MUNIZ, J. A.; CASTRO NETO, P. Tempo de retorno das precipitações máximas em Lavras (MG) pela distribuição de valores extremos do Tipo I. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 3, p. 657-667, 2005.

CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia prática**. 1 ed. Rio de Janeiro: CPRM - Companhia de Pesquisa em Recursos Minerais / ELETROBRAS, 1994. 372p.

CARVALHO, D. F.; MACHADO, R. L.; EVANGELISTA, A. W. P.; KHOURY JÚNIOR, J. K.; SILVA, L. D. B. Distribuição, probabilidade de ocorrência e período de retorno dos índices de erosividade EI30 e KE>25 em Seropédica-RJ. **Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 2, p. 244-252, 2010.

CASSOL, E. A.; ELTZ, F. L. F.; MARTINS, D.; LEMOS, A. M.; LIMA, V. S.; BUENO, A. C. Erosividade, padrões hidrológicos, período de retorno e probabilidade de ocorrência das chuvas em São Borja, RS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 3, p. 1239-1251, 2008.

CAVALCANTI, M. A.; LOPES, L. M. ; PONTES, M. N. C. Contribuição ao entendimento do fenômeno das enchentes do Rio Vermelho na cidade de Goiás, GO. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 28, p. 167-185, 2008.

CRUCIANI, D. E. **Dimensionamento de sistemas de drenagem superficial e terraços com base nas características hidrológicas locais**. In: LOMBARDI NETO & BELINAZZI JR. Simpósio sobre terraceamento agrícola. Campinas: Fundação Cargill, 1988, p. 26-59.

DEDECEK, R. A. Fatores de erosividade da chuva, enxurrada e perdas de solo sob condições de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 23, n. 12, p.1431-1438, 1988.

ELTZ, F. L. F.; CASSOL, E. A.; PASCOTINI, P. B. Potencial erosivo e características das chuvas de Encruzilhada do Sul, RS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 4, p. 331-337, 2011.

ELTZ, F. L. F.; CASSOL, E. A.; PASCOTINI, P. B.; AMORIM, R. S. S. Potencial erosivo e características das chuvas de São Gabriel, RS, de 1963 a 1993. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 6, p. 647-654, 2013.

FISCH, G.; VENDRAME, I. F.; HANAOKA, P. C. M. Variabilidade espacial da chuva durante o experimento LBA/TRMM 1999 na Amazônia. **Acta Amazonica**, v. 37, n. 4, 583-590, 2007.

- FOSTER, G. R.; MCCOOL, K. G.; RENARD, K. G.; MOLDENHAUER, W. C. Conversion of the universal soil loss equation to SI metric units. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 36, p. 355-359, 1981.
- FOURNIER, F. **Climat et erosion**. 1 ed. Paris: Press Universitaires de France, 1960, 201p.
- GALDINO, S. **Distribuição espacial da erosividade da chuva no Estado de Goiás e no Distrito Federal**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2015, 19p. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento).
- HORNER, W. W.; JENS, S. W. Surface runoff determination from rainfall without using coefficients. In: ANAIS DA SOCIEDADE AMERICANA DE ENGENHEIROS CIVIS. **Anais...** v. 67, n. 4, 1941, p. 533-568.
- HUDSON, N. W. **Soil conservation**. 2 ed. Ithaca: Cornell University Press, 1973, 320p.
- LEE, J. H.; HEO, J. H. Evaluation of estimation methods for rainfall erosivity based on annual precipitation in Korea. **Journal of Hydrology**, v. 409, n. 1-2, p. 30-48, 2011.
- LOMBARDI NETO, F. **Rainfall erosivity – its distribution and relationship with soil loss at Campinas, Brazil**. Dissertação de Mestrado. West Lafayette: Purdue University, 1977, 53 p.
- MACHADO, R. L.; CARVALHO, D. F.; COSTA, J. R. C.; NETO, D. H. O.; PINTO, M. F. Análise da erosividade das chuvas associada aos padrões de precipitação pluvial na região de Ribeirão das Lajes (RJ). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 5, p. 2114-2115, 2008.
- MACHADO, R. L.; CARVALHO, D. F.; ROUWS, J. R. C.; GOMES, D. P.; EDUARDO, E. N. Erosividade das chuvas associada a períodos de retorno e probabilidade de ocorrência no Estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 2, p. 529-547, 2013.
- MACHADO, R. L.; CARVALHO, D. F.; ROUWS, J. R. C.; ALMEIDA, W. S.; OLIVEIRA, P. T. S. Multivariate Analysis of Erosivity Indices and Rainfall Physical Characteristics Associated with Rainfall Patterns in Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 41, p. 1-15, 2017.
- MAZURANA, J.; CASSOL, E. A.; SANTOS, L. C.; ELTZ, F. L. F.; BUENO, A. C. Erosividade, padrões hidrológicos e período de retorno das chuvas erosivas de Santa Rosa (RS). **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 1, p. 975-983, 2009.
- MEHL, H. U.; ELTZ, F. L. F.; REICHERT, J. M.; DIDONÉ, I. A. Caracterização de padrões de chuvas ocorrentes em Santa Maria (RS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 2, p. 475-483, 2001.
- MESQUITA, W. O.; GRIEBELER, N. P.; OLIVEIRA, L. F. C. Precipitações máximas diárias esperadas para as regiões central e sudeste de Goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, n. 2, p. 73-81, 2009.
- MEUSBURGER, K.; STEEL, A.; PANAGOS, P.; MONTANARELLA, L.; ALEWELL, C. Spatial and temporal variability of rainfall erosivity factor for Switzerland. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 8, n. 16, p.167-177, 2011.

- MORETTI, D.; CARVALHO, M. P.; MANNIGEL, A. R.; MEDEIROS, L. R. Importantes características de chuva para a conservação do solo e da água no município de São Manuel (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 4, p.713-725, 2003.
- MORAIS, L. F. B.; SILVA, V.; NASCHENVENG, T. M. C.; HARDOIN, P. C.; ALMEIDA, J. E. L.; WEBER, O. L. S.; BOEL, E.; DURIGON, L. Índice EI30 e sua relação com o coeficiente de chuva do sudoeste do Mato Grosso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.15, n.4, p.339-344, 1991.
- OLIVEIRA, P. T. S.; ALVES, S. T.; RODRIGUES, D. B. B.; PANACHUKI, E. Erosion risk mapping applied to environmental zoning. **Water Resources Management**, v. 25, n. 3, p. 1021–1036, 2011.
- OLIVEIRA, P. T. S.; WENDLAND, E.; NEARING, M. A. Rainfall erosivity in Brazil: A review. **Catena**, v. 100, n. 1, p. 139-147, 2012.
- PANACHUKI, E.; SOBRINHO, T. A.; VITORINO, A. C. T.; CARVALHO, D. F.; URCHEI, M. A. Parâmetros físicos do solo e erosão hídrica sob chuva simulada, em área de integração agricultura-pecuária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 2, p. 261-628, 2006.
- PANAGOS, P.; BALLABIO, C.; BORRELLI, P.; MEUSBURGER, K.; KLIK, A.; ROUSSEVA, S.; TADÍC, M. P.; MICHAELIDES, S.; HRABALÍKOVÁ, M.; OLSEN, P.; AALTO, J.; LAKATOS, M.; RYMSZEWICZ, A.; DUMITRESCU, A.; BEGUERÍA, S.; ALEWELL, C. Rainfall erosivity in Europe. **Science of the Total Environment**, v. 511, p. 801-814, 2015a.
- PANAGOS, P.; BALLABIO, C.; BORRELLI, P.; MEUSBURGER, K. Spatio-temporal analysis of rainfall erosivity and erosivity density. **Catena**, v. 137, p. 161-172, 2015b.
- PEREIRA, D. C.; DUARTE, L. R.; SARMENTO, A. P. Determinação da curva de intensidade, duração e frequência do Município de Ipameri – GO. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil (REEC)**, v. 13, n. 2, p. 233-246, 2017.
- PINHEIRO, A. G.; SOUZA, T. E. M. S.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; MONTENEGRO, A. A. A.; GUERRA, S. M. S. Rainfall pattern and erosion potential in the physiographic regions of the state of Pernambuco, Brazil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 12, 849-853, 2018.
- PINTO, F. A.; FERREIRA, P. A.; PRUSKI, F. F.; ALVES, A. R.; CECON, O. R. Estimativa de chuvas intensas no Estado de Minas Gerais utilizando registros diários. **Engenharia Agrícola**, v. 16, p. 8-21, 1996.
- SANTOS, P. S. **Caracterização e mapeamento biofísico ambiental da bacia hidrográfica do rio Vermelho a partir de dados remotamente sensoriados**. Tese de Doutorado. Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 2014, 149p.
- SCHICK, J.; BERTOL, I.; COGO, N. P.; GONZÁLEZ, A. P. Erodibilidade de um Cambissolo Húmico sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 6, p. 1906-1917, 2014.
- SILVA, M. L. N.; FREITAS, P. L.; BLANCANEUX, P.; CURI, N.; LIMA, J. M. Relação entre parâmetros da chuva e perdas de solo e determinação da erodibilidade de um Latossolo Vermelho-Escuro em Goiânia (GO). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, p. 131-137, 1997.

SILVA, A. M.; MELLO, C. R.; CURI, N.; OLIVEIRA, P. M. Simulação da variabilidade espacial da erosão hídrica em uma sub bacia hidrográfica de Latossolos no Sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 5, p. 2125-2134, 2008.

VALLE JUNIOR, R. F.; GALBIATTI, J. A.; PISSARRA, T. C. T.; MARTINS FILHO, M. V.; SIQUEIRA, H. E. A erosividade das chuvas na bacia do Rio Uberaba. **Enciclopedia Biosfera**, v. 8, n. 14, p. 1-15, 2012.

WISCHMEIER, W. H. A rainfall erosion index for a universal soil loss equation. **Soil Science of American Proceedings**, v. 20, n. 3, p. 246-249, 1958.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Rainfall-erosion losses from cropland east of the Rocky Mountain**. Washington, DC: ARS/USDA, 1965, 47p.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning**. Washington, DC: USDA, 1978, 62p.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Agricultura irrigada 1, 2, 5, 6, 12, 14, 59, 79, 88, 98

Água 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 28, 32, 34, 35, 37, 38, 59, 60, 63, 64, 67, 69, 70, 71, 72, 77, 78, 81, 82, 88, 91, 92, 93, 94, 115, 116, 117, 122, 124, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146

Água no solo 4, 28, 67, 81, 88, 91, 94, 134, 137, 138, 139, 145

Alumínio 40, 63, 115, 130

Atributos físico-hídricos 39

### C

Capacidade de mineralización de suelos 100

Chuva de projeto 15, 17, 28, 29

Coefficiente de uso consuntivo da irrigação 1, 3, 6

Compartmentalização do carbono orgânico 119, 131

Compostos nitrogenados 34

Condutividade hidráulica 39, 145

### D

Déficit hídrico 6, 7, 47, 70, 71, 79

Dissipação térmica 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 68

### E

Economia circular 34

Enchentes 15, 18, 22, 30

Erosão hídrica 15, 16, 17, 25, 32, 33

Estrutura do solo 40

Evapotranspiração 3, 8, 10, 59, 65, 73, 80, 81, 82, 83, 86, 87, 88, 89, 90, 93, 96, 97, 98, 99

Evapotranspiração potencial 8, 80, 81, 83, 86, 87, 98

### F

Fator R 15, 16, 17, 18, 22, 29

Fertilización de cultivos 100

Fertirrigação 34, 35, 36, 79

### L

Latossolo amarelo 53, 55, 112

Latossolo vermelho distroférico típico 39

## **M**

Manejo da irrigação 11, 12, 71, 72, 75, 80, 81, 87, 89, 90, 145

Manejos irrigados 70

Modelagem 81

## **N**

Necessidade hídrica 81

## **P**

Potencial hídrico 59

Produtividade econômica da água 1, 4, 5, 6, 7, 10, 11

Produtividade física da água 1, 3, 4, 5, 6, 10, 11

Profundidade 36, 53, 56, 57, 90, 112, 115, 116, 122, 137

Python 80, 81, 82

## **Q**

Qualidade do solo 53, 55, 112, 113, 118, 119, 121, 129, 131

Qualidade física 70

## **R**

Recursos hídricos 1, 2, 16

Restrições hídricas 1, 12, 71

Reuso 34

## **S**

Segurança hídrica 1, 6, 12

Solo 1, 3, 4, 11, 12, 16, 17, 21, 25, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 45, 46, 47, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 63, 64, 65, 67, 69, 72, 81, 82, 88, 90, 91, 92, 94, 96, 100, 109, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 121, 122, 124, 126, 127, 129, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 144, 145, 146, 147

## **T**

Transpiração 3, 59, 60, 61, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 81

## **V**

Vias de formação de agregados 119

Volume de água 1, 6, 7, 11, 12, 135, 137, 141, 143

# ENGENHARIA AGRONÔMICA:

Ambientes Agrícolas e  
seus Campos de Atuação

3

-  [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)
-  [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

# ENGENHARIA AGRONÔMICA:

Ambientes Agrícolas e  
seus Campos de Atuação

3

-  [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)
-  [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)