

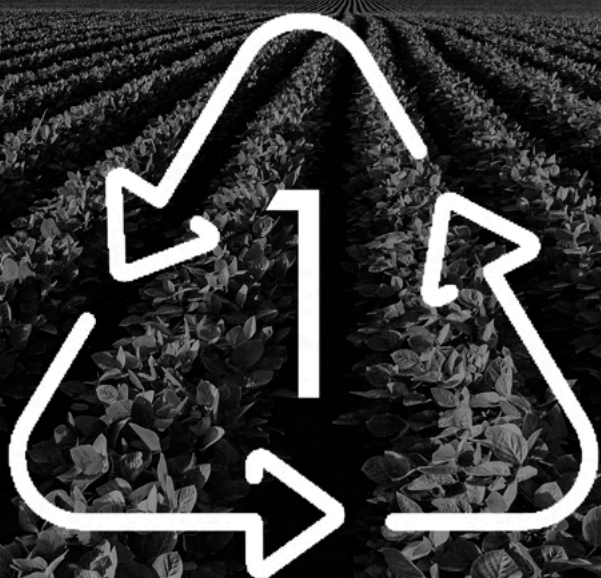
CIÊNCIAS AGRÁRIAS, INDICADORES E SISTEMAS DE PRODUÇÃO SUSTENTÁVEIS



Pedro Henrique Abreu Moura
Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro
(Organizadores)

Atena
Editora
Ano 2021

CIÊNCIAS AGRÁRIAS, INDICADORES E SISTEMAS DE PRODUÇÃO SUSTENTÁVEIS



Pedro Henrique Abreu Moura
Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro
(Organizadores)

Atena
Editora
Ano 2021

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

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.

Open access publication by Atena Editora



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 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 Alfnas

Ciências agrárias, indicadores e sistemas de produção sustentáveis

Diagramação: Daphynny Pamplona
Correção: Bruno Oliveira
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadores: Pedro Henrique Abreu Moura
Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C569 Ciências agrárias, indicadores e sistemas de produção sustentáveis / Organizadores Pedro Henrique Abreu Moura, Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-700-7

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.007212911>

1. Ciências agrárias. I. Moura, Pedro Henrique Abreu (Organizador). II. Monteiro, Vanessa da Fontoura Custódio. III. 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

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; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

APRESENTAÇÃO

A agricultura faz parte da área do conhecimento denominada de Ciências Agrárias. Importante para garantir o crescimento e manutenção da vida humana no planeta, a agricultura precisa ser realizada de forma responsável, considerando os princípios da sustentabilidade.

Esta obra, intitulada “Ciências agrárias, indicadores e sistemas de produção sustentáveis”, apresenta-se em três volumes que trazem uma diversidade de artigos sobre agricultura produzidos por pesquisadores brasileiros e de outros países.

Neste primeiro volume estão agrupados os trabalhos que abordam temáticas como: agroecologia, sistemas agroflorestais e de integração lavoura-pecuária-floresta, controle biológico de pragas e outros temas correlacionados a sustentabilidade na agricultura.

Agradecemos aos autores dos capítulos pela escolha da Atena Editora. Desejamos a todos uma ótima leitura e convidamos para apreciarem também os outros volumes desta obra.

Pedro Henrique Abreu Moura
Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1


AGROECOLOGIA E SOBERANIA ALIMENTAR: ANÁLISE DO SISTEMA DE PRODUÇÃO DE AGRICULTORES FAMILIARES DO BAIXO PARNAÍBA-MA

James Ribeiro de Azevedo

Maria da Conceição da Costa de Andrade Vasconcelos

Gênesis Alves de Azevedo

Mauricio Marcon Rebelo Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0072129111>

CAPÍTULO 2..... 8

CULTIVO DE BACABIZEIRO EM SISTEMA AGROFLORESTAL NA AMAZÔNIA

Alef Ferreira Martins

Jaqueline Araújo da Silva

Jaqueline Lima da Silva

Tainara Monteiro Nunes

Graziele Rabelo Rodrigues

Thalia Maria de Sousa Dias

Tinayra Teyller Alves Costa


Sinara de Nazaré Santana Brito

Harleson Sidney Almeida Monteiro

Layse barreto de Almeida

Gabriela Ribeiro Lima

Antônia Benedita da Silva Bronze

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0072129112>

CAPÍTULO 3..... 20


FORMAÇÃO EM AGROECOLOGIA. UM ESPAÇO PARTICIPATIVO E REFLEXIVO NA CARREIRA DE GRADUAÇÃO DA FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DA UNIVERSIDADE NACIONAL DE ROSARIO

Marcelo Milo Vaccaro

Silvia Cechetti

Marcelo Larripa

Claudia Torres

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0072129113>

CAPÍTULO 4..... 29


VIABILIDADE ECONOMICA DE UM PROJETO AGROECOLÓGICO NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO: FATORES DETERMINANTES E FATORES COADJUVANTES DE SUCESSO






Sandro César Salvador

Elaine Makishi

Beatriz Micai

Daniel Fábio Salvador


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0072129114>

CAPÍTULO 5.....	41
ANÁLISE DA PAISAGEM NO ENTORNO DE PROPRIEDADES COM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA NO CERRADO GOIANO	
Daniela de Lima	
Manuel Eduardo Ferreira	
Samantha Salomão Caramori	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.0072129115	
CAPÍTULO 6.....	64
COMO OS PARÂMETROS CINÉTICOS DE ENZIMAS PODEM INDICAR A QUALIDADE DE SOLOS DE CERRADO EM INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA	
Ana Flávia de Andrade Lopes	
Malu da Costa Santana	
Leciana de Menezes Sousa Zago	
Isabella Cristina Ferreira de Lima	
Samantha Salomão Caramori	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.0072129116	
CAPÍTULO 7.....	76
VIABILIDADE DE UMA PROPRIEDADE ENGAJADA NO SISTEMA SILVIPASTORIL: ESTUDO DE CASO	
Hadassa Landherr Friske	
Débora Natália Brumati	
Jaíne da Silva	
Marcos Adriano Martello	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.0072129117	
CAPÍTULO 8.....	87
PRODUCCIÓN DE NARANJA ORGÁNICA Y AGROECOLÓGICA: DIFUSIÓN DE LA TECNOLOGÍA A PEQUEÑOS PRODUCTORES ORGANIZADOS EN VERACRUZ, MÉXICO	
Manuel Ángel Gómez Cruz	
Laura Gómez Tovar	
Brisa Guadalupe Gómez Ochoa	
Alejandro Hernández Carlos	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.0072129118	
CAPÍTULO 9.....	98
O CRÉDITO E OS TÍTULOS DE CRÉDITO RURAL COMO INSTRUMENTO DE VIABILIZAÇÃO ECONÔMICA E SOCIAL DA PROPRIEDADE	
Domingos Benedetti Rodrigues	
Tamara Silvana Menuzzi Diverio	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.0072129119	

CAPÍTULO 10..... 110

POTENCIAL DE USO DO FUNGO ENTOMOPATHOGENICO *Isaria spp.*


Ingrid de Araujo Reis
Edna Antônia da Silva Brito
Thayná da Cruz Ferreira
Lorene Bianca Araújo Tadaiesky
Diego Lemos Alves
Gleiciane Rodrigues dos Santos
Alice de Paula de Sousa Cavalcante
Josiane Pacheco de Alfaia
Gledson Luiz Salgado de Castro
Alessandra Jackeline Guedes de Moraes
Gisele Barata da Silva
Telma Fatima Vieira Batista

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.00721291110>

CAPÍTULO 11 120

MERCADO DE PRODUTOS BIOLÓGICOS PARA CONTROLE DE PRAGAS NO BRASIL


Thayná Cruz Ferreira
Lorene Bianca Araújo Tadaiesky
Edna Antônia da Silva Brito
Indyra Ingrid de Araújo Reis
Diego Lemos Alves
Gleiciane Rodrigues dos Santos
Alice de Paula de Sousa Cavalcante
Josiane Pacheco de Alfaia
Gledson Luiz Salgado de Castro
Alessandra Jackeline Guedes de Moraes
Gisele Barata da Silva
Telma Fatima Vieira Batista

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.00721291111>

CAPÍTULO 12..... 134

NANOTECNOLOGIA VERDE E SUAS APLICAÇÕES NO ECOSISTEMA AGRÍCOLA

Micheline Thais dos Santos
Tale Lucas Vieira Rolim
Viviane Ferreira Araújo
Maria Ercília Lima Barreiro
Elizabeth Simões do Amaral Alves
Breno Araújo de Melo
Sybelle Georgia Mesquita da Silva
Romero Marcos Pedrosa Brandão – Costa
Juanize Matias da Silva Batista
Ana Lúcia Figueiredo Porto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.00721291112>

CAPÍTULO 13..... 144

EMBALAGEM POLIMÉRICA AGRÍCOLA REPELENTE

Cesar Tatari

Adelcio Cleiton de Almeida Carneiro

Antony Victor Fernandes

Douglas Cunha Silva

Márcio Callejon Maldonado

Ricardo Alexandre Pereira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.00721291113>

CAPÍTULO 14..... 158

ACTIVIDAD MICROBIANA DE UN SUELO CONTAMINADO BIORREMEIDIADO CON BIOSÓLIDOS


Hernán Kucher

Silvana Irene Torri

Erika Pacheco Rudz

Ignacio van oostveldt

Adelia González Arzac

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.00721291114>

CAPÍTULO 15..... 167

ABORDAGEM QUANTITATIVA, UTILIZANDO OS INDICADORES DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL: UMA APLICAÇÃO DO MODELO DE REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA, DURANTE O PERÍODO ENTRE 2003 À 2018

Educélio Gaspar Lisbôa


Ionara Santos Siqueira

Cinthia de Oliveira Rodrigues

Érico Gaspar Lisbôa

Leonardo Augusto Lobato Bello

Heriberto Wagner Amanajás Pena

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.00721291115>

CAPÍTULO 16..... 182

MODELO HIDRÁULICO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE SUBUNIDADES IRREGULARES DE RIEGO POR GOTEO

Jorge Cervera Gascó


Jesús Montero Martínez

Amaro del Castillo Sánchez-Cañamares

Santiago Laserna Arcas

José María Tarjuelo Martín-Benito


Miguel Ángel Moreno Hidalgo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.00721291116>

CAPÍTULO 17..... 190

PLANO DE GESTÃO SUSTENTÁVEL DA SUB-BACIA DE TEJALPA-TERRERILLOS NO NEVADO DE TOLUCA

Marcia Adriana Yáñez Kernke

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.00721291117>

CAPÍTULO 18.....209

MÉTODOS PARA A ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA EM
CONCEIÇÃO DO ARAGUAIA E PLACAS - PA

Maria do Bom Conselho Lacerda Medeiros

Flávio Henrique Santos Rodrigues

Adriano Anastácio Cardoso Gomes

Ermano Prévair

Peola Reis de Sousa


Wellington Leal dos Santos

Keila Aparecida Moreira

Luciana da Silva Borges

Paulo Jorge de Oliveira Ponte de Souza

Joaquim Alves de Lima Júnior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.00721291118>


CAPÍTULO 19.....223

RESERVADO PRODA D'ÁGUA: ALTERNATIVA DE BAIXO CUSTO PARA BOMBEAMENTO
DE ÁGUA NO ASSENTAMENTO SERRA VERDE EM BARRA DO GARÇAS - MT

Ivo Luciano da Assunção Rodrigues

Martha Tussolini

Enzo Negri Cogo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.00721291119>

CAPÍTULO 20.....228

CAPACIDADE PREDATÓRIA DE NINFAS DE LÍBELULAS (ODONATA) EM LARVAS DE
Aedes aegypti (DIPTERA: CULICIDAE)

Lays Laianny Amaro Bezerra

Rafael Pereira da Cruz

Francisco Roberto de Azevedo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.00721291120>

SOBRE OS ORGANIZADORES237

ÍNDICE REMISSIVO.....238

MODELO HIDRÁULICO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE SUBUNIDADES IRREGULARES DE RIEGO POR GOTEO

Data de aceite: 01/11/2021

Fecha de envío: 13/08/2021

Jorge Cervera Gascó

Departamento de Producción Vegetal y Tecnología Agraria. ETSIAM (Albacete)
España, Universidad de Castilla-La Mancha
ORCID: 0000-0001-5287-6299

Jesús Montero Martínez

Departamento de Producción Vegetal y Tecnología Agraria. ETSIAM-CREA (Albacete)
España, Universidad de Castilla-La Mancha
ORCID: 0000-0002-0309-3367

Amaro del Castillo Sánchez-Cañamares

Instituto de Desarrollo Regional (IDR) Albacete
España, Universidad de Castilla-La Mancha

Santiago Laserna Arcas

Departamento de Producción Vegetal y Tecnología Agraria. ETSIAM (Albacete)
España, Universidad de Castilla-La Mancha.

José María Tarjuelo Martín-Benito

Departamento de Producción Vegetal y Tecnología Agraria. ETSIAM-CREA (Albacete)
España, Universidad de Castilla-La Mancha
ORCID: 0000-0002-9505-0857

Miguel Ángel Moreno Hidalgo

Departamento de Producción Vegetal y Tecnología Agraria ETSIAM-IDR (Albacete)
España, Universidad de Castilla-La Mancha
ORCID: 0000-0002-5940-6123

RESUMEN: La escasez de los recursos hídricos

actuales, especialmente en las zonas con clima árido o semiárido, provocan la necesidad de desarrollar herramientas de ayuda en la toma de decisiones para el diseño y manejo del riego, y más cuando se pretende utilizar energía fotovoltaica. El objetivo del trabajo ha sido desarrollar un modelo hidráulico que pueda acoplarse al modelo fotovoltaico, para el caso más general de subunidades de riego de forma y topografía irregular, constituyendo una herramienta de ayuda en la toma de decisiones para el diseño y manejo del riego con energía fotovoltaica, analizando la calidad del riego en las distintas subunidades con forma y topografía irregular. Para la calibración y validación del modelo, se ha aplicado a una parcela de 90 ha, de un cultivo de almendro regado por goteo, situada en una zona con topografía y forma muy irregular. Los resultados permiten identificar las zonas con problemas en la uniformidad de emisión en función de la presión disponible en la entrada de la subunidad de riego.

PALABRAS CLAVE: bombeo solar, calidad de riego, riego por goteo, energía fotovoltaica, Uniformidad de emisión.

HYDRAULIC MODEL FOR THE OPTIMIZATION OF IRREGULAR SUBUNITS OF DRIP IRRIGATION

ABSTRACT: Nowadays, water resources are limited especially in places with arid and semi-arid conditions. For that reason, it is essential the development of decision support system models (DSS) aiming the design and management of irrigation systems, especially when they are fed with photovoltaic energy. The main objective

of this study was the development of a hydraulic model linked with a photovoltaic model, considering the most general case of irrigation subunits with irregular shape and topography. Thus, a decision support system tool (DSS) for the design and management irrigation with photovoltaic power is developed.

Analyzing the irrigation quality in different subunit with irregular shape and topography is a main issue in precision irrigation. For model calibration and validation has been applied in an almond field with 90 ha with drip irrigation located in a shape and topography land. The results enabled us to identify the areas with uniformity problems depending on the pressure in the subunit head.

KEYWORDS: solar pumping system; irrigation quality, drip irrigation; photovoltaic energy; Emission uniformity.

1 | INTRODUCCIÓN

Tal y como indica Daccache et al (2014) la agricultura sostenible debería ser respaldada por políticas compensatorias entre el ahorro de agua, las emisiones de CO₂ y la producción de alimentos, particularmente en las regiones con escasez de agua como ocurre en la cuenca mediterránea, donde debido a la intensificación de la agricultura, las necesidades de bombeo son aún mayores al tener que utilizar en gran medida aguas subterráneas.

No obstante, el óptimo de funcionamiento de un sistema de riego, desde un punto de vista ecológico, solamente se podrá conseguir considerando simultáneamente criterios medioambientales y económicos (Carrillo-Cobo et al., 2014).

En el diseño de las diferentes subunidades de riego hay que tener en cuenta, la diferente cota de los emisores, provocada por la irregularidad del terreno, las pérdidas de carga en la tubería y las características propias del emisor en cuanto a su coeficiente de variación de fabricación, exponente de descarga, sección mínima de paso, sistema de filtrado, etc., lo que condiciona la uniformidad de emisión y la eficiencia de riego, siendo estos indicadores fundamentales para caracterizar la calidad del riego.

El desarrollo de herramientas y modelos, de ayuda en la toma de decisiones para el diseño y el manejo de las instalaciones de riego contribuye al ahorro de agua y energía, tanto en instalaciones nuevas como en las que están en funcionamiento Así, Carrion et al. (2013 y 2014) desarrollaron la herramienta PRESUD para el diseño óptimo de subunidades regulares de riego a presión, tanto goteo como aspersión, buscando el coste total mínimo (inversión más operación) por unidad de superficie regada, teniendo en cuenta la uniformidad de emisión y la eficiencia de aplicación en las subunidades de riego A su vez, Moreno et al. (2016) han desarrollado la herramienta PRESUD-irregular, que permite el diseño de mínimo coste total de subunidades de riego a presión en parcela con forma y topografía irregulares.

Carrion et al (2016) desarrollaron una herramienta llamada DOPIR (Dimensioning Of Pressurized IRrigation) para la optimización del proceso de extracción y aplicación del agua con el sistema de riego, buscando el coste total mínimo (inversión más operación), contemplando el proceso en su conjunto, desde la fuente de agua hasta el emisor.

El objetivo del trabajo ha sido desarrollar un modelo hidráulico que pueda acoplarse a un modelo fotovoltaico, previamente desarrollado, para analizar la calidad del riego en las distintas subunidades de forma y topografía irregular en que se haya dividido la parcela a regar, que se alimentan directamente de un depósito elevado o de una bomba alimentada con energía fotovoltaica. Para la calibración y validación del modelo, ha sido aplicado a una parcela de 90 ha, de un cultivo de almendro regado por goteo, situada en una zona con topografía y forma muy irregular.

2 | MATERIALES Y MÉTODOS

Para la calibración y validación del modelo se ha utilizado una parcela de 90 ha de almendros, con marco de 7 x 7 m² regada por goteo. La finca está situada en el término municipal de Hellín, al sureste de la provincia de Albacete, y está dividida en 20 subunidades irregulares, que están ubicadas en una topografía muy irregular, con grandes diferencias de pendiente incluso dentro de la misma subunidad.

Los goteros utilizados son autocompensantes, con un caudal de diseño de 2 l/h, habiéndolos ensayado en laboratorio para obtener su curva de descarga y el coeficiente de variación de fabricación. El agua suministrada a la plantación procede de un sondeo con nivel dinámico cercano a los 200 m de profundidad, utilizando una bomba sumergida de 26 kW alimentada con energía fotovoltaica. Además, la finca cuenta con un embalse de 12.500 m³ aproximadamente.

En la figura 1 se muestra el plano con las subunidades, la red de distribución, ubicación de los módulos fotovoltaicos, pozo y embalse.

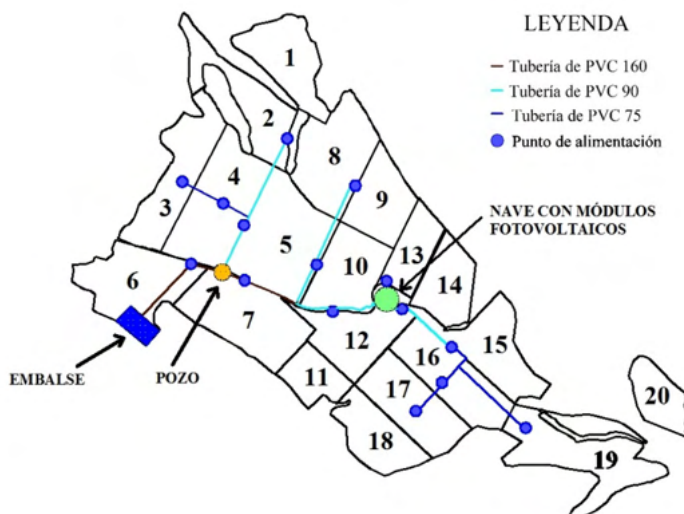


Figura 1. Plano de la finca con las subunidades, la red de distribución, ubicación de los módulos fotovoltaicos, pozo y embalse.

En la cubierta de la nave, que se encuentra en la parte central de la finca, están instaladas 152 módulos fotovoltaicos, que aportan una potencia de 40 kWp, con la que se alimenta la bomba a través de un variador de velocidad.

Con el fin de tener una precisa caracterización de la finca, se ha realizado un levantamiento topográfico con GPS-RTK, y precisión centimétrica en altimetría, identificando además el inicio y fin de cada ramal, y la localización de cada una de las válvulas de apertura de las subunidades, consiguiendo así una muy buena caracterización del sistema de riego instalado. En la figura 2 se muestra una ortofoto con todos los puntos obtenidos con GPS-RTK.



Figura 2. Medición de puntos de inicio y final de ramal, así como de las válvulas de apertura de cada subunidad mediante GPS-RTK.

Además, se han realizado diferentes vuelos mediante vehículos aéreos no tripulados (drones) utilizando un drone de tipo cuadricóptero md-400 con el fin de obtener el modelo digital del terreno (MDT), lo que ha permitido determinar la cota de cada uno de los goteros con precisión centimétrica.

La información obtenida ha permitido reproducir el diseño hidráulico de la red de distribución y de las distintas subunidades de riego. Para la obtención del modelo hidráulico de la instalación se ha utilizado el motor de cálculo EPANET (Rossman, 2000), implementado en un software propio desarrollado en Matlab®.

La descarga de los goteros se ha estimado con la ecuación (Karmeli y Keller, 1975), obtenida en laboratorio:

$$q_n = K \cdot h_e^x$$

Siendo q_n el caudal del emisor, K el coeficiente del emisor, x el exponente del emisor y h_e la presión en cabecera del emisor.

Con ayuda de la herramienta PRESUD-irregular (Moreno et al. 2016) se ha determinado la ecuación de descarga de cada subunidad, que determina el caudal descargado por el conjunto de goteros en función de la presión a la entrada de la subunidad,

así como la presión y caudal descargado por cada uno de los goteros. Esto permite calcular los correspondientes coeficientes de uniformidad de emisión, y los coeficientes de variación de caudal y presión en cada una de las subunidades, teniendo una muy buena caracterización de la calidad del riego.

La simulación hidráulica de la red de distribución figura 3 permite establecer la presión en cada uno de los nudos o hidrantes a partir de la presión y caudal en cabecera, para cualquier combinación de subunidades de riego abiertas.

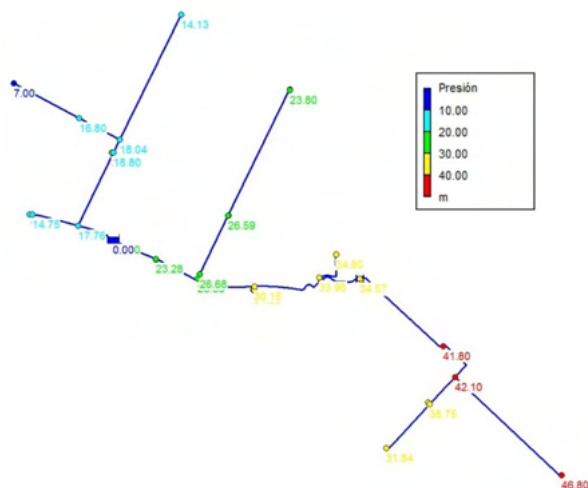


Figura 3. Simulación de la red de distribución con presión en cada uno de los nudos.

El modelo hidráulico de la red y de las subunidades de riego permite identificar las subunidades que podrían ser regadas adecuadamente desde el embalse, situado en la parte más alta de la finca, así como establecer el valor de presión adicional que sería necesario tener en el origen de la red para obtener un mínimo valor de uniformidad de emisión en cada subunidad de riego.

3 | RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A modo de ejemplo, en la figura 4 se muestra la distribución de caudales de los goteros de una subunidad irregular de 5,2 ha, donde se indican además el punto de alimentación y la tubería terciaria, para presiones en cabecera de 45, 32, 19, y 7 m.c.a.

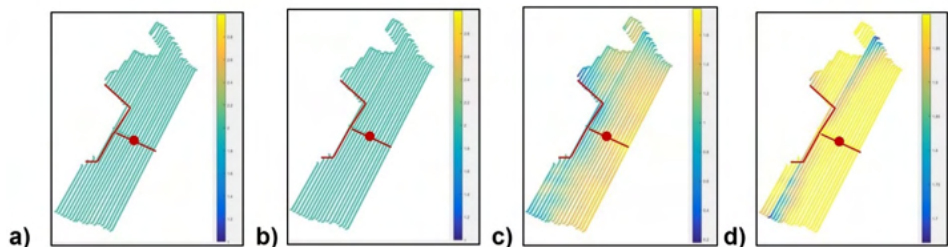


Figura 4. Distribución de caudales descargado por los goteros de una subunidad de 5.2 ha para una presión en cabecera de: 45 m.c.a (a), 32 m.c.a (b), 19 m.c.a (c) y 7 m.c.a (d).

En las figuras 4 a) y 4 b), se puede ver que la simulación indica que para una presión en cabecera de 45 m.c.a y 32 m.c.a todos los goteros esta autocompensando, es decir todos los goteros están suministrando el caudal de diseño que es de 2 l/h. y por tanto la uniformidad de emisión es del 100 %.

En la figura 4 c), se puede ver que la simulación indica que para una presión en cabecera de 19 m.c.a el caudal máximo producido es de 2 l/h mientras que hay emisores que presentan un caudal mínimo de 1.66 l/h. La diferencia de caudales es de un 17 % y la uniformidad de emisión es del 98 %.

En la figura 4 d), se puede ver que la simulación indica que para una presión en cabecera de 7 m.c.a el caudal máximo producido es de 1.78 l/h mientras que hay emisores que presentan un caudal mínimo de 0.17 l/h. La diferencia de caudales es de un 127 % y la uniformidad de emisión es del 84 %.

En la figura 5 se muestra la distribución de caudales de los goteros de otra subunidad de 5,1 ha, con forma, punto de alimentación y colocación de la tubería terciaria muy distinta al caso anterior, para presiones en cabecera de 45, 39, 33, 27 m.

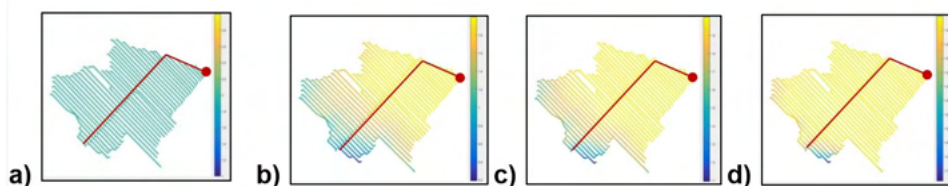


Figura 5. Distribución de caudales descargados por los goteros de una subunidad de 5,1 ha para una presión en cabecera de: 45 m (a), 39 m (b), 33 m (c) y 27 m (d).

En la figura 5 a), podemos ver que la simulación indica que para una presión en cabecera de 45 m.c.a todos los goteros esta autocompensando, es decir todos los goteros están suministrando el caudal de diseño que es de 2 l/h y por tanto la uniformidad de emisión es del 100 %.

En la figura 5 b), podemos ver que la simulación indica que para una presión en cabecera de 39 m.c.a el caudal máximo producido es de 2 l/h mientras que hay emisores que presentan un caudal mínimo de 1,76 l/h. La diferencia de caudales es de un 11,77 % y la uniformidad de emisión es del 99 %.

En la figura 5 c), podemos ver que la simulación indica que para una presión en cabecera de 33 m.c.a el caudal máximo producido es de 2 l/h mientras que hay emisores que presentan un caudal mínimo de 1,09 l/h. La diferencia de caudales es de un 47.52 % y la uniformidad de emisión es del 94 %.

En la figura 5 d), podemos ver que la simulación indica que para una presión en cabecera de 27 m.c.a. el caudal máximo producido es de 2 l/h mientras que hay emisores que presentan un caudal mínimo de 0,19 l/h. La diferencia de caudales es de un 106 % y la uniformidad de emisión es del 82 %.

Como se puede ver, con los datos presentados, según la presión en cabecera de la subunidad, existen zonas cuyos emisores están aportando caudales muy bajos mientras que en otras zonas existen emisores que están trabajando con valores similares o iguales al caudal de diseño.

4 | CONCLUSIONES

La irregularidad de las subunidades y las grandes pendientes del terreno tienen una clara influencia sobre la presión en el origen de la subunidad y en consecuencia sobre el caudal y la uniformidad de emisión de la misma.

Los resultados obtenidos permiten conocer las curvas caudal-presión de cada subunidad, además de la uniformidad de emisión y el coeficiente de variación de presiones y caudales, entre otros, lo que permite cuantificar la calidad del riego. Además, en el caso de la utilización de energía solar fotovoltaica para alimentar el bombeo, puede ayudar a establecer la secuencia óptima de apertura de subunidades según la presión disponible en cabecera de la red de distribución, ya que los cambios estacionales, la presencia de nubes y hora del día condicionan la potencia disponible en el bombeo. Por lo tanto, también permite identificar las zonas de la subunidad de riego con mayores problemas de falta de presión y caudal, lo que resulta fundamental para intentar buscar soluciones con distintos diámetros de tuberías, tipos de goteros, etc.

El modelo generado es de gran ayuda para el diseño y dimensionamiento de las instalaciones de riego a presión, en este caso en bombeo solar, ya que permite el conocimiento de las necesidades de presión, caudal y uniformidad de emisión de las subunidades para decidir el momento óptimo del día para el riego según la energía generada por el sistema fotovoltaico.

REFERENCIAS

Daccache, A., Ciurana, J.S., Rodríguez Díaz, J.A., Knox, J.W. (2014). **Water and energy footprint of irrigated agriculture in the Mediterranean region**. *Environ. Res. Lett.*, 9, 124014 (12pp).

Carrillo-Cobo, M.T., Camacho Poyato, E., Montesinos, P., Rodríguez Díaz, J.A. (2014). **Assessing the potential of solar energy in pressurized irrigation networks. The case of Bembézar MI irrigation district (Spain)**. *Span. J. Agric. Res.* 12 (3), 838–849.

Carrión, F., Montero, J., Tarjuelo, J.M., Moreno, M.A. (2014). **Design of sprinkler irrigation subunit of minimum cost with proper operation. Application at corn crop in Spain**. *Water Resour. Manag.*, 28, 5073–5089.

Carrión, F., Sanchez-Vizcaino, J., Corcoles, J.I., Tarjuelo, J.M., Moreno, M.A. (2016). **Optimization of groundwater abstraction system and distribution pipe in pressurized irrigation systems for minimum cost**. *Irrig. Sci.*, 34, 145–159.

Carrión, F., Tarjuelo, J.M., Hernández, D., Moreno, M.A. (2013). **Design of microirrigation subunit of minimum cost with proper operation**. *Irrig. Sci.*, 31(5), 1199-1211.

Karmeli, D., Keller, J. (1975). **Trickle irrigation design**. Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corp. Glendora, 133p.

Moreno, M.A., Planells, P., Córcoles, J.I., Tarjuelo, J.M., Carrión, P.A. (2009). **Development of a new methodology to obtain the characteristic pump curves that minimize the total cost at pumping stations**. *Biosyst. Eng.*, 102 (1), 95-105.

Moreno M.A., del Castillo A., Montero J., Tarjuelo J.M., Ballesteros R. (2016). **Optimization of the design of pressurized irrigation systems for irregular shaped plots**. *Biosyst. Eng.*, 151, 361-373.

Moreno, M.A., Medina, D., Ortega, J.F., Tarjuelo, J.M. (2012). **Optimal design of centre pivot systems with water supplied from wells**. *Agricultural Water Management*, 107, 112-121.

Rossman, L.A. (2000). **EPANET 2, users' manual**, Water supply and Water Resources Division, National Risk Management Research Laboratory, U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Abordagem 7, 10, 98, 100, 167, 176, 230

Agricultura 3, 1, 2, 3, 6, 7, 17, 20, 21, 24, 29, 35, 38, 39, 40, 41, 42, 45, 46, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 58, 59, 61, 65, 87, 89, 90, 91, 95, 97, 98, 99, 116, 119, 121, 122, 124, 125, 127, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 144, 145, 150, 151, 156, 157, 166, 183, 193, 199, 221, 222, 224, 227, 235

Agricultura familiar 1, 2, 3, 7, 29, 38, 39, 40

Agricultura orgânica 87, 89, 90, 91

Agricultura verde 135

Agroecologia 3, 4, 1, 3, 4, 6, 7, 19, 29, 35, 39, 131, 132, 236

Agronegócio 11, 40, 42, 78, 86, 98, 99, 100, 101, 105, 106, 107, 108, 109, 121, 123

Agronomía 21, 158, 166

Agropecuária 43, 62, 63, 64, 74, 85, 102, 119, 133, 237

Agrossilvipastoril 41, 43

Agrotóxicos 4, 5, 30, 31, 35, 39, 120, 124, 125, 140, 145

Água 8, 1, 4, 12, 41, 52, 79, 114, 115, 120, 121, 136, 139, 145, 147, 148, 151, 152, 173, 209, 210, 211, 213, 218, 220, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 231, 232, 233

Amazônia 4, 8, 9, 10, 15, 17, 18, 19, 62, 110, 120, 167, 209, 234

B

Biosólidos 7, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166

Bombeamento 8, 223, 224, 227

C

Colheita 9, 15, 16, 19, 36, 139

Contabilidade rural 76, 79, 80

Controle biológico 3, 4, 111, 113, 114, 116, 118, 119, 121, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 228, 230, 232, 233, 235

Crédito rural 5, 6, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109

Culturas 9, 13, 14, 16, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 46, 47, 57, 58, 65, 77, 78, 112, 115, 116, 126, 127, 128, 130, 211, 224

D

Dengue 228, 229, 230, 233, 234, 235, 236

Desempenho 16, 18, 39, 65, 174, 176, 180, 209, 210, 211, 221

Desenvolvimento sustentável 7, 10, 19, 40, 85, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 179, 180, 181

Diversidade biológica 229

E

Eficiência econômica 29

Efluentes industriais 158, 159

Embalagens 144, 145, 148, 150

Energia fotovoltaica 182, 184

Espécies 9, 10, 12, 13, 14, 18, 42, 51, 60, 61, 78, 79, 103, 111, 112, 114, 115, 116, 145, 146, 229, 230, 231, 232, 233

F

Fungos entomopatogênicos 110, 111, 112, 113, 114, 116, 119

G

Geoprocessamento 41, 43, 48, 54, 58

Gestão 7, 3, 6, 40, 62, 106, 109, 131, 135, 172, 180, 181, 190

I

ILPF 41, 42, 43, 44, 45, 48, 53, 61, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 72, 74

Impacto ambiental 32, 138, 144

Indicadores 2, 3, 7, 19, 23, 26, 27, 50, 64, 65, 66, 73, 74, 95, 167, 170, 171, 173, 174, 175, 180, 183

Inflação 167, 170, 174, 176, 177, 178, 179, 180

Inseto-praga 121

M

Manejo 5, 12, 15, 16, 18, 19, 20, 23, 24, 26, 28, 43, 51, 62, 64, 66, 73, 74, 77, 79, 88, 90, 91, 92, 93, 94, 96, 97, 112, 113, 114, 115, 116, 121, 125, 127, 128, 130, 131, 133, 137, 138, 139, 157, 182, 183, 190, 191, 192, 193, 196, 197, 198, 199, 200, 202, 207, 211, 221, 232, 235, 237

Meteorológico 210

Método alternativo 228

N

Nanotecnologia 6, 7, 134, 135, 136, 137, 138, 140, 141

Nanotecnologia ambiental 135

P

Plantas 4, 5, 14, 15, 16, 18, 62, 65, 67, 76, 78, 79, 81, 84, 91, 92, 113, 121, 122, 123, 124, 128, 129, 130, 132, 133, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 145, 157, 160, 204, 210, 218, 222, 232

Polímero repelente 144, 145

Produção 2, 3, 4, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 43, 46, 51, 66, 71, 72, 76, 77, 79, 80, 81, 82, 83, 85, 99, 101, 102, 103, 104, 106, 107, 110, 112, 113, 114, 116, 118, 121, 122, 123, 124, 129, 131, 132, 133, 135, 137, 138, 139, 141, 150, 151, 152, 171, 172, 174, 175, 179, 181, 211, 221, 222

Productores 5, 2, 5, 6, 19, 22, 26, 30, 32, 34, 37, 39, 41, 43, 64, 65, 66, 70, 73, 85, 87, 88, 89, 90, 91, 94, 95, 96, 97, 116, 120, 122, 139, 150, 156, 169, 173, 175, 180, 200

Q

Qualidade 64, 74

R

Recursos hídricos 51, 52, 182, 190, 222, 223

Regressão linear 7, 167, 170, 171, 175, 176, 177, 179, 180

Remediation 143, 159, 166

Roda d'água 223, 224, 225, 226, 227

S

Segurança alimentar 1, 2, 3, 5, 7, 9, 18, 19, 137

Silvipastoril 5, 43, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86

Sistema agroflorestal 4, 8, 9, 14, 16, 17, 18, 19, 66, 67

Solo 4, 9, 12, 13, 16, 34, 35, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 60, 61, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 78, 79, 85, 95, 96, 102, 120, 121, 122, 127, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 164, 173, 204, 209, 210, 211, 218

Suelos contaminados 158, 159, 160, 164, 165

Sustentabilidade 3, 3, 14, 17, 29, 30, 33, 38, 40, 43, 76, 77, 78, 86, 115, 116, 125, 127, 135, 136, 144, 156, 168, 169, 170, 171, 172, 179, 181, 232

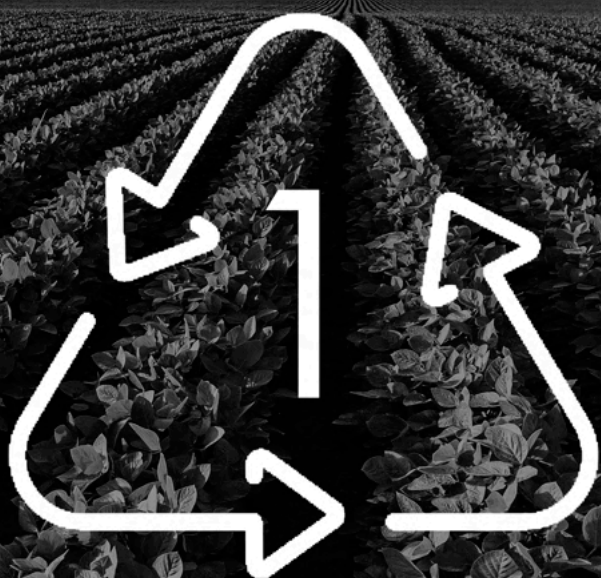
Sustentável 7, 9, 10, 19, 30, 36, 40, 61, 64, 65, 74, 76, 78, 84, 85, 108, 121, 123, 127, 132, 133, 134, 135, 136, 138, 156, 157, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 179, 180, 181, 190

V

Vegetação 4, 13, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 210, 232

Viabilidade 4, 5, 10, 19, 29, 30, 35, 36, 38, 76, 77, 79, 80, 81, 85, 86, 104, 106, 113, 114, 172, 213

CIÊNCIAS AGRÁRIAS, INDICADORES E SISTEMAS DE PRODUÇÃO SUSTENTÁVEIS



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


Ano 2021

CIÊNCIAS AGRÁRIAS, INDICADORES E SISTEMAS DE PRODUÇÃO SUSTENTÁVEIS



🌐 www.atenaeditora.com.br
✉ contato@atenaeditora.com.br
📷 @atenaeditora
📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Atena
Editora
Ano 2021