

**RAISSA RACHEL SALUSTRIANO DA SILVA-MATOS
LÍDIA FERREIRA MORAES
FABÍOLA LUZIA DE SOUSA SILVA
(ORGANIZADORAS)**

DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA CIENTÍFICA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO NA AGRONOMIA

3

**RAISSA RACHEL SALUSTRIANO DA SILVA-MATOS
LÍDIA FERREIRA MORAES
FABÍOLA LUZIA DE SOUSA SILVA
(ORGANIZADORAS)**

DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA CIENTÍFICA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO NA AGRONOMIA

3

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 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

Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras

Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Universidade do Estado de Mato Grosso

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
Prof^o Dr^a Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Edevaldo de Castro Monteiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Prof^o Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
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
Prof^o Dr^a Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Prof^o Dr^a Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof^o Dr^a 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



Desenvolvimento da pesquisa científica, tecnologia e inovação na agronomia 3

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Maiara Ferreira
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadores: Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos
Lídia Ferreira Moraes
Fabiola Luzia de Sousa Silva

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

D451 Desenvolvimento da pesquisa científica, tecnologia e inovação na agronomia 3 / Organizadoras Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos, Lídia Ferreira Moraes, Fabiola Luzia de Sousa Silva. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0377-7

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.777222306>

1. Agronomia. 2. Tecnologia. 3. Inovação. I. Silva-Matos, Raissa Rachel Salustriano da (Organizadora). II. Moraes, Lídia Ferreira (Organizadora). III. Silva, Fabiola Luzia de Sousa (Organizadora). IV. 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



Atena
Editora
Ano 2022

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

O agronegócio brasileiro vem se expandindo cada vez mais, isso se deve ao constante crescimento populacional, com isso tem-se uma demanda maior por alimentos e insumos necessários para os processos produtivos, as importações e exportações também tem a sua influência para tal acontecimento, já que o Brasil se destaca entre os países que mais produzem.

Entretanto, mesmo com toda informação já existente ainda se faz necessário o desenvolvimento de novos estudos, a fim de capacitar e minimizar alguns entraves existentes no sistema de produção, considerando o cenário atual a demanda por informações de boa qualidade é indispensável.

Com isso, o uso de tecnologias, técnicas e pesquisas necessitam estar atreladas na produção agrícola para desde modo obter sucesso e alta produtividade. Com base nisso a obra “Desenvolvimento da pesquisa científica, tecnologia e inovação na agronomia 3” vem com o intuito de trazer aos seus leitores informações essenciais para o sistema agrícola.

Apresentando trabalhos desenvolvidos e resultados concretos, com o objetivo de informatização e capacitação acerca deste setor, oferecendo a possibilidade do leitor de agregar conhecimentos sobre pesquisas desenvolvidas para a agricultura. Pesquisas que buscam contribuir para o aprimoramento dos pequenos, médios e grandes produtores. Desejamos a todos, uma excelente leitura!

Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos

Lídia Ferreira Moraes

Fabiola Luzia de Sousa Silva

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

CARACTERIZACIÓN FENOTÍPICA Y MOLECULAR DE LA VARIEDAD DE TRIGO HARINERO BORLAUG 100

José Luis Félix-Fuentes
Guillermo Fuentes-Dávila
Ivon Alejandra Rosas-Jauregui
Juan Manuel Cortes-Jiménez
Alma Angelica Ortiz-Avalos
José Eliseo Ortiz-Enríquez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7772223061>

CAPÍTULO 2..... 11

ARMAZENAMENTO E CONSERVAÇÃO DE SEMENTES DE *Sloanea obtusifolia* K. Schum

Taina Lyra da Silva
Khétrin Silva Maciel
Kamilla Antunes Alves
Carlos Eduardo Moraes
Luísa Oliveira Pereira
Maria Fernanda Dourado Martins
Rafael Henrique de Freitas Noronha

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7772223062>

CAPÍTULO 3..... 19

GERMINAÇÃO DE SEMENTES, INDUÇÃO E ANÁLISE MORFO-HISTOLÓGICA DE CALOS DE *Myrciraria glomerata* (O. Berg) Amshoff

Silvia Correa Santos
Fernanda Pinto
Rodrigo Kelson Silva Rezende
Cláudia Roberta Damiani

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7772223063>

CAPÍTULO 4..... 38

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA FIBRA DO ALGODOEIRO IRRIGADO SOB ESTRESSE HÍDRICO

João Henrique Zonta
Ziany Neiva Brandão
Josiane Isabela Silva Rodrigues
Heder Braun
Valdinei Sofiatti

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7772223064>

CAPÍTULO 5..... 52

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE FRUTOS DE MAXIXE DO REINO

Mariana Costa Rampazzo
Fabrício Vieira Dutra

Rita de Cássia Santos Nunes
Gabriela Leite Silva
Adriana Dias Cardoso

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7772223065>

CAPÍTULO 6..... 58

FITOTOXICIDADE DE RESÍDUOS VEGETAIS NO SOLO E SEU USO EM SEMENTES DE ARROZ

Luiz Augusto Salles das Neves
Kelen Haygert Lencina
Raquel Stefanello

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7772223066>

CAPÍTULO 7..... 77

IMPACTOS DE PLANTAS DE COBERTURA NOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO

João Pedro Novais Queiroz Guimarães
Rayanne Soeiro da Silva
Gabriel Brom Vilela
Thaise Dantas
Tassila Aparecida do Nascimento de Araújo
Rafaella de Paula Pacheco Noronha
João Batista Medeiros Silva
Maria Ingrid de Souza
Carlos Augusto Reis Carmona Júnior
Jamilly Verônica Santos dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7772223067>

CAPÍTULO 8..... 88

ANÁLISE DE IMAGEM APLICADA AO MONITORAMENTO DA FERRUGEM DA SOJA

Aguinaldo Soares de Oliveira
Alexandra de Oliveira França Hayama

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7772223068>

CAPÍTULO 9..... 98

DIAGNÓSTICO SOBRE A OCORRÊNCIA DO TEMA CÂNCER NOS CURRÍCULOS DAS UNIVERSIDADES PARANAENSES E UMA PROPOSTA DE CURSO *ONLINE* PARA A FORMAÇÃO INICIAL DE LICENCIANDOS EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Camila Machado Ferreira Siqueira
Elaine Maria dos Santos
Rosilene Rebeca

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7772223069>

CAPÍTULO 10..... 105

DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE PARA DETERMINAR AS PRESSÕES EM SILOS MULTICELULAR COM DESCARGA CONCENTRICA E EXCÊNTRICA

Hellen Pinto Ferreira Deckers
Francisco Carlos Gomes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.77722230610>

CAPÍTULO 11..... 125

RECUPERAÇÃO DE MATÉRIA SECA E MATÉRIA MINERAL DE SILAGEM DE CANA - DE - AÇÚCAR TRATADA COM INOCULANTE E DIFERENTES NÍVEIS DE ADITIVOS QUÍMICOS

João Ribeiro da Costa Neto
Adriely Pereira Amaral
Andreia Santos Cezário
Wallacy Barbacena Rosa dos Santos
Jeferson Corrêa Ribeiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.77722230611>

CAPÍTULO 12..... 129

PROSPECÇÃO DE GENÓTIPOS DE AGAVE PARA OBTENÇÃO DE SUCO PARA BIOINSETICIDA

Tarcisio Marcos de Souza Gondim
Joabson Borges de Araújo
Ziany Neiva Brandão
Everaldo Paulo de Medeiros

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.77722230612>

CAPÍTULO 13..... 138

PERDAS QUANTITATIVAS NO ARRANQUIO MECANIZADO DE AMENDOIM NO PONTAL DO TRIÂNGULO MINEIRO

José Augusto Neto da Silva Lima
Rodrigo Silva Alves
Victor Augusto da Costa Escarela
Elivânia Maria Sousa Nascimento
Carlos Alessandro Chioderoli

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.77722230613>

CAPÍTULO 14..... 143

MULTISPECTRAL REFLECTANCE AND GEOSTATISTIC METHODS TO ESTIMATE LEAF NITROGEN CONTENT AND COTTON YIELD

Ziany Neiva Brandão
Célia Regina Grego
Lúcio André de Castro Jorge
Rodolfo Correa Manjolin

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.77722230614>

CAPÍTULO 15..... 155

ESCARIFICAÇÃO E OSMOCONDICIONAMENTO DE SEMENTES DE *Passiflora alata* Curtis

Paula Aparecida Muniz de Lima
Simone de Oliveira Lopes
Rodrigo Sobreira Alexandre

Allan Rocha de Freitas
Gilma Rosa do Nascimento
Ingridh Medeiros Simões
Joana Silva Costa
Josiane Rodrigues de Almeida Coutinho
José Carlos Lopes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.77722230615>

CAPÍTULO 16..... 168

Colletotrichum tropicale ASSOCIADO À ANTRACNOSE DO MARACUJAZEIRO NO BRASIL

Jackeline Laurentino da Silva
Jaqueline Figueredo de Oliveira Costa
Maria Jussara dos Santos da Silva
Taciana Ferreira dos Santos
Tiago Silva Lima
Gaus Silvestre Andrade Lima
Iraíldes Pereira Assunção

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.77722230616>

CAPÍTULO 17..... 177

MODELAGEM HIDROLÓGICA E GESTÃO HÍDRICA O CASO - CÓRREGO BANDEIRA, NERÓPOLIS - GOIÁS

Mariane Rodrigues da Vitória
Klaus de Oliveira Abdala

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.77722230617>

CAPÍTULO 18..... 192

ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO COM TRANSFORMADA DE FOURIER DE ÁCIDOS HÚMICOS EXTRAÍDOS DE SOLOS SOB DIFERENTES COMPOSIÇÕES VEGETAIS NO SUL DO BRASIL

Luisa Natalia Parra Sierra
Henrique Cesar Almeida
Denice de Oliveira Almeida

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.77722230618>

CAPÍTULO 19..... 198

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA COM TERMOGRAFIA EM UMA AGROINDÚSTRIA

Enerdan Fernando Dal Ponte
Rosemar Cristiane Dal Ponte
Carlos Eduardo Camargo Nogueira
Jair Antônio Cruz Siqueira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.77722230619>

CAPÍTULO 20..... 205

REDES NEURAIS ARTIFICIAIS PARA ESTIMATIVA DA CARGA TÉRMICA RADIANTE

NO INTERIOR DE GALPÕES

Pedro Hurtado de Mendoza Borges

Zaira Morais dos Santos Hurtado de Mendoza

Pedro Hurtado de Mendoza Morais

Charles Esteffan Cavalcante

Ronei Lopes dos Santos

Felipe Schmidt Ruver

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.77722230620>

SOBRE AS ORGANIZADORAS 216

ÍNDICE REMISSIVO 217

REDES NEURAIS ARTIFICIAIS PARA ESTIMATIVA DA CARGA TÉRMICA RADIANTE NO INTERIOR DE GALPÕES

Data de aceite: 01/06/2022

Data de submissão: 26/05/2022

Pedro Hurtado de Mendoza Borges

Universidade Federal de Mato Grosso,
Faculdade de Agronomia e Zootecnia
Cuiabá – MT
<http://orcid.org/0000-0001-7603-8775>

Zaira Morais dos Santos Hurtado de Mendoza

Universidade Federal de Mato Grosso,
Faculdade de Engenharia Florestal
Cuiabá – MT
<http://orcid.org/0000-0002-0930-7928>

Pedro Hurtado de Mendoza Morais

Universidade Federal de Mato Grosso,
Faculdade de Agronomia e Zootecnia
Cuiabá – MT
<http://orcid.org/0000-0003-2431-9262>

Charles Esteffan Cavalcante

Universidade Federal de Mato Grosso,
Faculdade de Agronomia e Zootecnia
Cuiabá – MT
<https://orcid.org/0000-0002-8768-5078>

Ronei Lopes dos Santos

Universidade Federal de Mato Grosso,
Faculdade de Agronomia e Zootecnia
Cuiabá – MT
<http://orcid.org/0000-0002-6858-0625>

Felipe Schmidt Ruver

Universidade Federal de Mato Grosso,
Faculdade de Agronomia e Zootecnia
Cuiabá – MT
<https://orcid.org/0000-0003-1689-0741>

RESUMO: Objetivou-se com este estudo desenvolver redes neurais artificiais para a predição do conforto térmico animal, com base na temperatura ambiente e a velocidade do ar correspondente ao dia no calendário juliano. Os dados de temperatura e velocidade do ar foram obtidos no site do Instituto Nacional de Meteorologia, referentes a uma série histórica de 30 anos proveniente da Estação Meteorológica Convencional Padre Ricardo Remetter, localizada no município de Santo Antônio de Leverger-MT. A carga térmica de radiação, em função das variáveis climáticas, foi determinada para cada dia do ano. Assim, o dia do ano foi a variável de entrada para as redes neurais e a carga térmica de radiação a de saída. O número de camadas e neurônios foi variável de acordo com as diferentes arquiteturas. O ajuste dos modelos foi verificado com base no coeficiente de determinação, no erro absoluto médio, na porcentagem média do erro absoluto, bem como nos testes de normalidade e do teste t-Student. Os valores estimados pelas redes e os obtidos a partir da série histórica não evidenciaram discrepância significativa. Entretanto, as redes com melhor desempenho foram selecionadas para uma análise gráfica de resíduos. Concluiu-se que os dados meteorológicos utilizados possibilitaram definir as arquiteturas de redes neurais artificiais satisfatórias para o objetivo desta pesquisa. As redes do tipo perceptron formadas por tipologias de duas camadas ocultas foram apropriadas na predição do conforto térmico animal, em função do dia juliano. As redes neurais desenvolvidas apresentaram adequada confiabilidade e precisão nas predições, o que justifica a sua aplicação

para o planejamento, gestão e manejo de animais, principalmente em confinamento.

PALAVRAS-CHAVE: Inteligência artificial, conforto térmico, séries temporais.

ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS TO ESTIMATE THE RADIANT THERMAL LOAD INSIDE SHEDS

ABSTRACT: The objective of this study was to develop artificial neural networks for the prediction of animal thermal comfort, based on ambient temperature and air velocity corresponding to the day in the Julian calendar. The temperature and air speed data were obtained from the website of the National Institute of Meteorology, referring to a 30-year historical series from the Padre Ricardo Remetter Conventional Meteorological Station, located in the municipality of Santo Antônio de Leverger-MT. The thermal radiation load, as a function of climatic variables, was determined for each day of the year. Thus, the day of the year was the input variable for the neural networks and the radiation thermal load was the output variable. The number of layers and neurons varied according to the different architectures. The fit of the models was verified based on the coefficient of determination, on the mean absolute error, on the mean percentage of absolute error, as well as on the normality tests and the t-Student test. The values estimated by the networks and those obtained from the historical series showed no significant discrepancy. However, the networks with the best performance were selected for a graphical analysis of residuals. The meteorological data used made it possible to define the architectures of artificial neural networks satisfactory for the purpose of this research. The perceptron-type networks formed by typologies of two hidden layers were appropriate in the prediction of animal thermal comfort, as a function of the Julian day. The developed neural networks showed adequate reliability and accuracy in the predictions, which justifies their application for the planning, management and handling of animals, especially in confinement.

KEYWORDS: Artificial intelligence, thermal comfort, time series.

1 | INTRODUÇÃO

Dentre outros critérios, o conforto térmico é fundamental para avaliar o bem-estar animal, uma vez que possibilita identificar as condições ambientais e microclimáticas do seu alojamento. Diversas pesquisas têm constatado redução significativa no desempenho produtivo e reprodutivo dos animais devido ao estresse térmico (COUTINHO et al., 2014; NAVAS et al., 2016; NETO & BITTAR, 2018). O grau de estresse térmico do animal pode ser acentuado pela influência de variáveis climáticas como a temperatura e a velocidade do vento. As condições ambientais dos animais têm sido avaliadas por meio de índices de conforto térmico como a carga térmica radiante (CTR) sugerida por Esmay (1982).

Tanto a temperatura ambiente, quanto a velocidade do vento são informações meteorológicas disponíveis em bancos de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e podem ser obtidas facilmente. Já, a temperatura do globo negro, nem sempre é possível a sua aquisição de forma direta nessas bases de dados. Nesse sentido, Abreu et al. (2011) ajustaram um modelo linear com erro na predição de 3,19% para estimar a

temperatura do globo negro, em função da temperatura de bulbo seco.

As redes neurais artificiais têm sido aplicadas na estimativa de variáveis e modelagem de processos a partir de valores conhecidos. Santos et al. (2016) utilizaram esses recursos para monitorar suínos e obtiveram resultados precisos com adequada confiabilidade. Borges et al. (2018) desenvolveram redes neurais artificiais para prever o Índice de Temperatura e Umidade conforme o dia do ano na cidade de Santo Antônio de Leverger-MT. Nesses estudos adotaram-se as redes neurais artificiais do tipo perceptron com múltiplas camadas. Nesses trabalhos constata-se a viabilidade da aplicação das redes neurais e a sua habilidade para a previsão de informações.

As pesquisas consultadas permitem inferir que as redes neurais artificiais constituem uma útil e poderosa ferramenta computacional no processamento de dados meteorológicos e que pode ser viável o seu uso para estimar a carga térmica de radiação, baseada em informações climáticas de séries históricas registradas nas proximidades de instalações zootécnicas. Assim, este estudo fundamenta-se na hipótese de que esses modelos podem proporcionar os critérios para caracterizar o ambiente térmico em galpões, auxiliando a tomada de decisão para o adequado manejo dos animais. A problemática abordada motivou a elaboração deste trabalho, que teve como objetivo aplicar redes neurais artificiais na predição do conforto térmico animal para cada dia do ano, em função da temperatura do bulbo seco e da velocidade do ar.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

No presente estudo foram utilizados os dados horários da temperatura de bulbo seco e da velocidade do vento para uma série histórica de 30 anos, coletados na Estação Meteorológica Convencional Padre Ricardo Remetter, código OMN 83364, operante desde 01/01/1986, localizada no município Santo Antônio de Leverger-MT, com latitude de $-15,7833^\circ$, longitude de $-56,0667^\circ$ e altitude de 140 m. As referidas informações correspondem ao período compreendido entre 01/07/1998 e 30/06/2018 nos horários de 00:00, 12:00 e 18:00 horas, disponíveis no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa do Instituto Nacional de Meteorologia. A região apresenta clima tropical, com temperatura média anual de $26,1^\circ\text{C}$ e pluviosidade média anual de 1267 mm (INMET, 2018).

Os dados obtidos foram armazenados em arquivos textos e planilhas eletrônicas. Com as ferramentas de filtro e classificação disponíveis nas planilhas foram determinados os valores da carga térmica de radiação (CTR) para cada dia. Esse índice foi estimado utilizando-se a expressão sugerida por Esmay (1982), dada por:

$$\text{CTR} = \alpha \cdot \text{TRM}^4 \quad (1)$$

em que,

CTR: Carga térmica de radiação ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$);

α : Constante de Stefan-Boltzmann ($5,67 \times 10^{-8} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2} \cdot\text{K}^{-4}$);

TRM: Temperatura média radiante (K).

Pela sua vez a temperatura média radiante foi determinada por:

$$TRM = 100 \cdot \sqrt[4]{2,51 \cdot \sqrt{v} \cdot (Tgn - Tbs) + \left(\frac{Tgn}{100}\right)^4} \quad (2)$$

em que,

Tgn: Temperatura do globo negro (K);

Tbs: Temperatura de bulbo seco ou ambiente (K);

v: Velocidade do vento ($m \cdot s^{-1}$).

A temperatura do globo negro foi estimada conforme Abreu et al. (2011), como sendo:

$$Tgn = 1,0335 \cdot Tbs + 0,456 \quad (3)$$

Os valores da Carga Térmica de Radiação (CTR) para cada dia do ano foram introduzidos e processados pelo programa estatístico R para definir as possíveis arquiteturas das redes neurais artificiais (R CORE TEAM, 2018). Tomando como referência os estudos de Borges et al. (2017, 2018), optou-se pelas redes neurais artificiais com estrutura perceptron de múltiplas camadas (MPL), para a predição do referido índice térmico, em função do dia juliano. Em seguida, foram definidas diversas arquiteturas de redes, tendo como variável independente na camada de entrada o dia juliano e como variável dependente na camada de saída a carga térmica radiante (CTR), contendo também uma ou duas camadas intermediárias com até 15 neurônios cada uma. Tanto a variável de entrada, quanto a de saída foram normalizadas entre 0 e 1 para evitar saturação e erros no resultado e depois os valores estimados foram desnormalizados, utilizando-se as relações:

$$V_{nor} = \frac{V_{ori} - V_{min}}{V_{max} - V_{min}} \quad (4)$$

$$V_{dnor} = V_{nor} (V_{max} - V_{min}) + V_{min} \quad (5)$$

em que,

Vnor: Valor normalizado de CTR (adimensional);

Vori: Valor original de CTR ($W \cdot m^{-2}$);

Vmin: Valor mínimo do conjunto de dados de CTR ($W \cdot m^{-2}$);

Vmax: Valor máximo do conjunto de dados de CTR ($W \cdot m^{-2}$).

Vdnor: Valor estimado desnormalizado de CTR ($W \cdot m^{-2}$).

Conforme Borges et al. (2017, 2018), para reduzir o número de redes neurais obtidas e selecionar as mais adequadas, foram calculados o coeficiente de determinação (R^2), erro absoluto médio (MAE), erro quadrático médio (MSE), raiz do erro quadrático médio (RMSE) e porcentagem média do erro absoluto (MAPE). As redes que apresentaram os melhores índices foram submetidas a uma análise de normalidade dos resíduos por meio dos testes

de Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors e Shapiro-Wilk e de ajuste entre os valores observados e estimados aplicando-se o teste t-Student (BORGES et al., 2017, 2018). Embora os critérios analíticos apresentados possibilitem concluir sobre a precisão das redes na previsão da carga térmica de radiação (CTR), Borges et al. (2017, 2018) recomendam elaborar o histograma dos resíduos e o diagrama quantil-quantil com as bandas do intervalo de confiança.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na presente pesquisa foram testadas 78 arquiteturas de redes neurais artificiais, contendo uma camada de entrada, uma ou duas camadas intermediárias (ocultas) e uma de saída. O aumento de uma camada intermediária para duas elevou a precisão dos resultados. Entretanto, o aumento do número de neurônios nessas camadas não interferiu no desempenho da rede neural. Na Tabela 1 constam os resultados correspondentes às dez redes neurais artificiais com índices satisfatórios. De acordo com essa Tabela as arquiteturas 2, 5, 6 e 10 apresentaram os maiores coeficientes de determinação (R^2) e os menores valores do erro absoluto médio (MAE), da raiz do erro quadrático médio (RMSE) e da porcentagem do erro absoluto médio (MAPE).

RNA	Arquitetura	R^2 (-)	MAE (-)	MSE (-)	RMSE (-)	MAPE (%)
1	MLP 1:1-2-6-1:1	0,7597	0,0129	0,0003	0,0170	1,2909
2	MLP 1:1-3-6-1:1	0,7755	0,0127	0,0003	0,0166	1,2711
3	MLP 1:1-4-4-1:1	0,7635	0,0130	0,0003	0,0170	1,2982
4	MLP 1:1-5-4-1:1	0,7658	0,0128	0,0003	0,0169	1,2846
5	MLP 1:1-6-5-1:1	0,7823	0,0123	0,0003	0,0164	1,2325
6	MLP 1:1-6-6-1:1	0,7755	0,0127	0,0003	0,0166	1,2653
7	MLP 1:1-7-8-1:1	0,7643	0,0127	0,0003	0,0170	1,2735
8	MLP 1:1-8-5-1:1	0,7618	0,0130	0,0003	0,0171	1,3013
9	MLP 1:1-8-7-1:1	0,7664	0,0128	0,0003	0,0169	1,2784
10	MLP 1:1-9-5-1:1	0,7717	0,0127	0,0003	0,0168	1,2740

Tabela 1. Valores dos índices para cada arquitetura de rede neural artificial.

Os valores do coeficiente de determinação obtidos neste estudo foram inferiores aos estimados por Borges et al. (2017), sendo maiores do que 0,9. Entretanto, foram

superiores aos determinados por Borges et al. (2018) de 0,71 em média. Provavelmente, essas discrepâncias devem-se à elevada oscilação diária ao longo dos anos das variáveis temperatura e velocidade do ar, o que sem dúvidas gera diferenças entre os valores observados e estimados pelos modelos. Contudo, as quatro referidas arquiteturas apresentaram coeficientes de determinação superiores a 0,7, valor mínimo aceito neste trabalho para indicar ajuste adequado.

Os testes de Kolmogorov-Smirnov, Shapiro-Wilk e Lilliefors aplicados aos resíduos das quatro redes neurais artificiais evidenciaram probabilidade superior a 0,05 (Tabela 2). De acordo com esse resultado podemos aceitar a hipótese de normalidade da sua distribuição. Na Tabela 2 observa-se, ainda, que não há diferença significativa entre os valores observados e os estimados pelas quatro redes conforme o teste t-Student, dado pela probabilidade maior do que 0,99. Esses resultados constituem premissas básicas para obter um adequado ajuste entre valores observados, isto é, os coletados ou obtidos experimentalmente e os estimados por modelos.

RNA	Arquitetura	Testes de normalidade			Teste de Ajuste (t-Student)
		Kolmogorov-Smirnov	Shapiro-Wilk	Lilliefors	
2	MLP 1:1-3-6-1:1	0,2923(ns)	0,0523(ns)	0,0795(ns)	0,9908(ns)
5	MLP 1:1-6-5-1:1	0,1241(ns)	0,0583(ns)	0,0571(ns)	0,9939(ns)
6	MLP 1:1-6-6-1:1	0,2824(ns)	0,0867(ns)	0,0753(ns)	0,9965(ns)
10	MLP 1:1-9-5-1:1	0,2465(ns)	0,0829(ns)	0,0817(ns)	0,9957(ns)

Legenda: ns: Não significativo.

Tabela 2. Probabilidade dos testes para as quatro redes neurais artificiais.

Neste estudo os três testes de normalidade evidenciaram resultados semelhantes. A premissa de normalidade dos resíduos confere maior confiabilidade na aplicação do teste t-Student. Assim, os resultados obtidos permitem afirmar que os valores dos resíduos seguem uma distribuição simétrica sem ocorrência de valores estimados discrepantes ou muito distantes dos observados.

Os resultados dos testes analíticos confirmaram a normalidade dos resíduos das redes e o seu adequado ajuste. Entretanto, foram elaborados o histograma com a curva da probabilidade para os resíduos padronizados e o gráfico de probabilidade normal com as bandas do intervalo de confiança de 95% com o propósito de visualizar a distribuição desses resíduos em relação às suposições de normalidade e independência, bem como à ocorrência de valores estimados muito discrepantes dos observados e sua magnitude (Figuras 1 e 2).

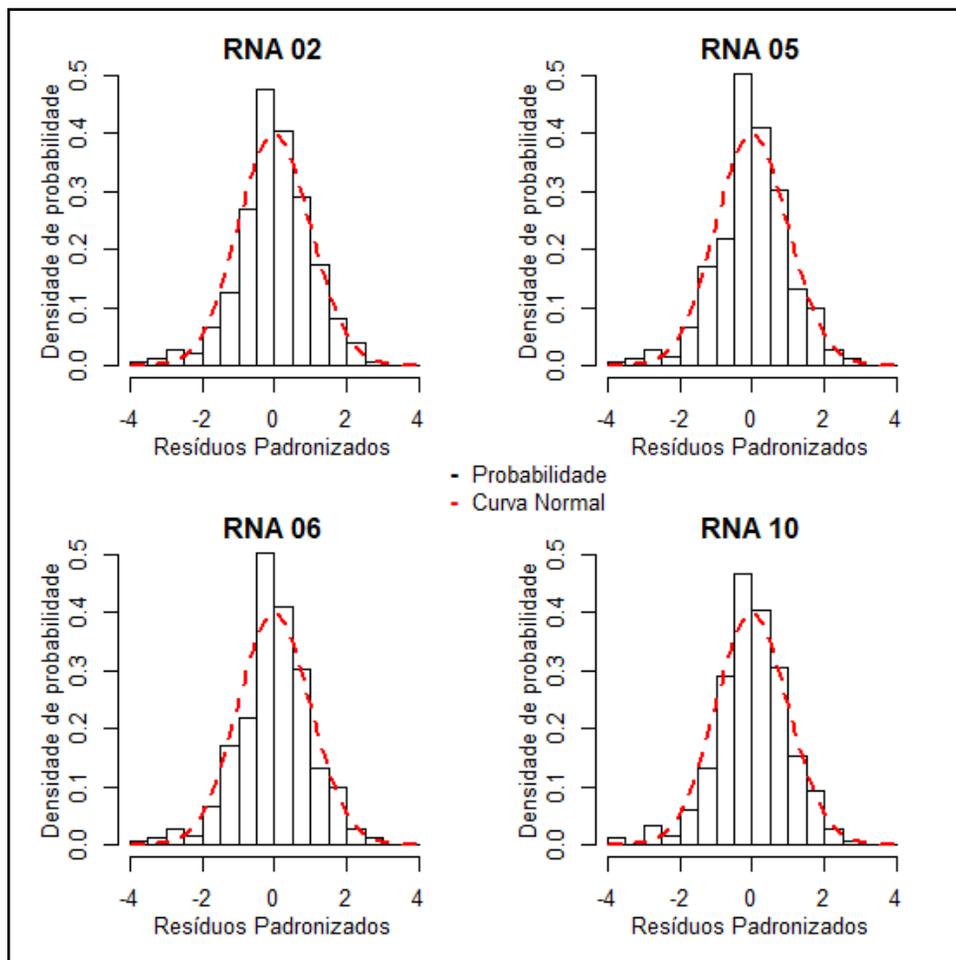


Figura 1. Histograma da densidade de probabilidade para os resíduos padronizados de cada rede neural artificial.

Para as quatro redes neurais selecionadas, observa-se uma distribuição simétrica com a maior concentração de valores na região central e poucos valores nas extremidades, estando muito próxima da curva normal (Figura 1). Na Figura 2, nota-se que a maior parte dos pontos coordenados formados pelos valores dos quantis teóricos e dos resíduos aproximaram-se da linha de referência ou bissetriz e afastaram-se alguns pontos somente nos extremos. Na própria Figura constata-se, ainda, que todos os pontos permaneceram entre os limites de confiança para 95%. Essas características indicam que os resíduos apresentaram distribuição normal, o que confere maior confiabilidade à estimativa dos valores da carga térmica de radiação pelas redes neurais artificiais desenvolvidas.

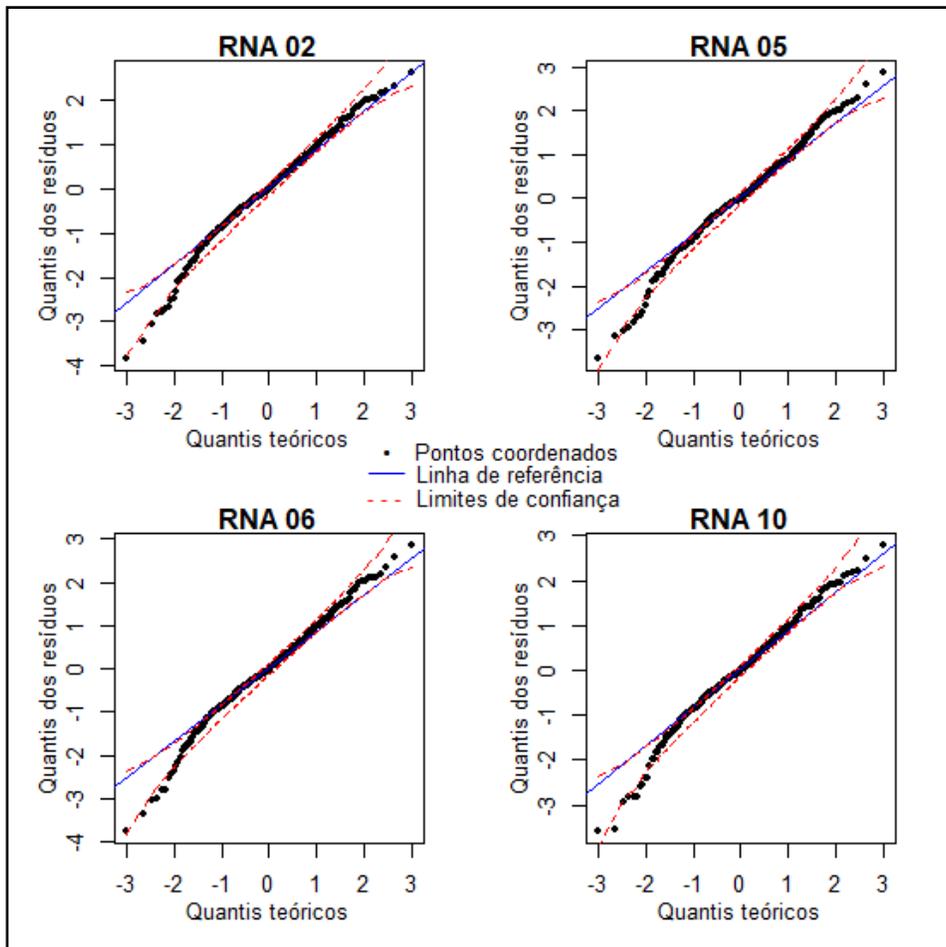


Figura 2. Gráfico de probabilidade normal dos resíduos padronizados (Q-Q Normal) com as bandas do intervalo de confiança para 95%.

Após a confirmação do adequado ajuste das quatro redes neurais selecionadas por meio de análises analítica e gráfica, foi elaborado o diagrama de dispersão para representar os valores da carga térmica de radiação (CTR) observados e estimados, em função do dia juliano (Figura 3). Conforme essa Figura, os valores estimados pelas quatro redes seguiram a tendência apresentada pelos valores reais observados da referida variável de forma semelhante e não evidenciaram grandes diferenças entre elas, ficando as correspondentes curvas muito próximas.

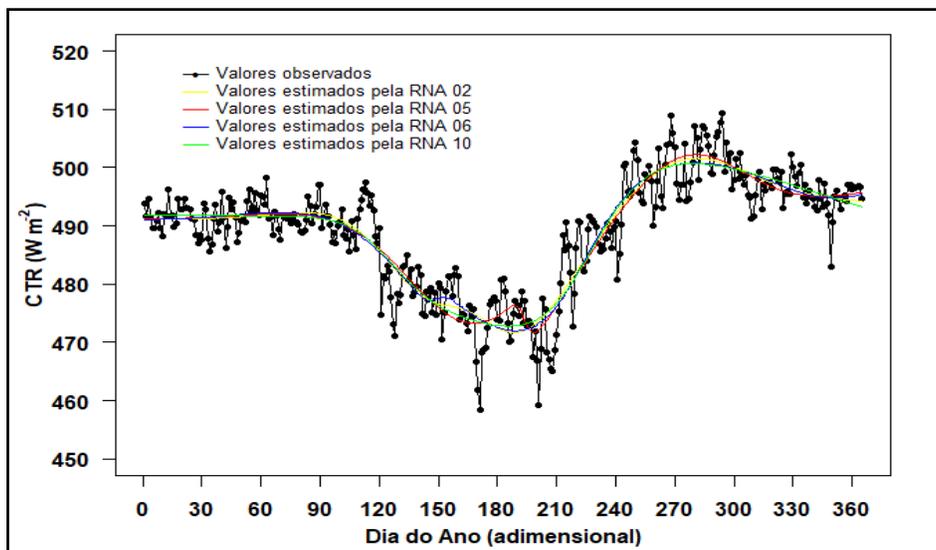


Figura 3. Diagrama de dispersão do índice de temperatura e umidade, em função do dia do ano.

De acordo com a Figura 5, deduz-se que os valores mínimos da carga térmica radiante se mantiveram muito próximos de 475 W/m^2 e foram obtidos durante o mês de julho, correspondendo aos dias 180 e 190 do calendário Juliano. Esos valores fueron inferiores a los determinados, en período semejante, por Avila et al. (2013), en torno de 550 W/m^2 . Contudo, os valores deste estudo foram superiores a $117,73 \text{ W/m}^2$, estimados por Brettas et al. (2017). Essas diferenças devem-se, provavelmente, às condições climáticas da região, o que evidencia a importância de prever a carga térmica radiante com adequada precisão, para o eficiente controle do conforto ambiental. Deve-se salientar que as redes obtidas detectaram satisfatoriamente a sazonalidade da carga térmica de radiação em ambiente coberto, aspecto relevante no manejo de animais, principalmente em confinamento.

Os resultados obtidos evidenciaram a excelente capacidade das redes neurais artificiais para estimar ou prever valores com adequada precisão, apesar da elevada variabilidade diária dos dados iniciais da temperatura ambiente e da velocidade do vento na região. Nesta pesquisa corroboram-se as afirmações formuladas por Binoti et al. (2014a); Binoti et al. (2014b); Ferraz et al. (2014); Georgens et al. (2014); Valente et al. (2014); Borges et al. (2017, 2018). Esses autores não recomendaram a adoção de fórmulas para definir a arquitetura e o número de neurônios dentro das camadas ocultas, entretanto, deve-se realizar uma rigorosa análise com diversas tipologias.

4 | CONCLUSÃO

Os dados meteorológicos utilizados possibilitaram definir as arquiteturas de redes neurais artificiais satisfatórias para o objetivo desta pesquisa. As redes do tipo perceptron formadas por tipologias de duas camadas ocultas foram apropriadas na predição do conforto térmico animal, em função do dia juliano. As redes neurais desenvolvidas apresentaram adequada confiabilidade e precisão nas predições, o que justifica a sua aplicação para o planejamento, gestão e manejo de animais, principalmente em confinamento.

REFERÊNCIAS

ABREU, P. G.; ABREU, V. M. N.; FRANCISCON, L.; COLDEBELLA, A.; AMARAL, A. G. Estimativa da temperatura de globo negro a partir da temperatura de bulbo seco. *Revista Engenharia na Agricultura*, v.19, n.6, p.557-563. 2011.

AVILA, A. S.; JÁCOME, I. M. T. D.; FACCENDA, A.; PANAZZOLO, D. M.; MÜLLER, E. R. Avaliação e correlação de parâmetros fisiológicos e índices bioclimáticos de vacas holandes em diferentes estações. *Revista REGET, Santa Maria*, v. 14, n. 14, p. 2878-2884, 2013.

BINOTI, M. L. M. S.; BINOTI, D. H. B.; LEITE, H. G.; GARCIA, S. L. R.; FERREIRA, M. Z.; RODE, R.; SILVA, A. A. L. Redes neurais artificiais para estimação do volume de árvores. *Revista Árvore, Viçosa*, v. 38, n. 2, p. 283-288, 2014a.

BINOTI, M. L. M. S.; BINOTI, D. H. B.; LEITE, H. G.; GARCIA, S. L. R.; SILVA, A. A. L.; PONTES, C. Utilização de redes neurais artificiais para a projeção da distribuição diamétrica de povoamento equiâneos. *Revista Árvore, Viçosa*, v. 38, n. 4, p. 747-754. 2014b.

BORGES, P.H.M.; MENDOZA, Z.M.S.H.; MAIA, J.C.S.; BIANCHINI, A.; FERNÂNDES, H.C. Estimation of fuel consumption in agricultural mechanized operations using artificial neural networks. *Revista Engenharia Agrícola*, v. 37, n.1, p.136-147. 2017.

BORGES, P.H.M.; MENDOZA, Z.M.S.H.; MORAIS, P.H.M.; SANTOS, R.L. Artificial neural networks for predicting animal thermal comfort. *Revista Engenharia Agrícola*, v.38, n.6, p.844-856. 2018.

BRETTAS, P. K. M.; NASCIMENTO, M. R. B. M.; GUIMARÃES, E. C.; SOUZA, G. P. Melhor índice de estresse térmico para novilhas leiteiras mestiças. *Acta Scientiae Veterinariae, Porto Alegre*, v. 45, n. 1486, p. 1-8, 2017.

COUTINHO, G.S.; MAGALHÃES, P.C.M.; FORMIGONI, A.S.; VALLE, G.R.; MOREIRA, A.H. Conforto térmico e manejo de suínos na maternidade levando em consideração o bem-estar animal. *Revista Eletrônica Nutritime*. v.11, n.1, p.3109-3119. 2014.

ESMAY, M.L. **Principles of animal environment**. West Port: AVI, 1982. 325p.

FERRAZ, P. F. P.; YANAGI JUNIOR, T; JULIO, Y. F. H.; CASTRO, J. O.; GATES, R. S.; REIS, G. M.; CAMPOS, A. T. Predicting chick body mass by artificial intelligencebased models. *Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília*, v. 49, n. 7, p. 559-568, jul. 2014.

GEORGENS, E. B.; LEITE, H. G.; GLERIANI, J. M.; SOARES, C. P. B.; CEOLIN, A. Influência da arquitetura na estimativa de volume de árvores individuais por meio de redes neurais artificiais. Revista *Árvore*, Viçosa, v. 38, n. 2, p. 289-295. 2014.

INMET- Instituto Nacional de Meteorologia. Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa. Disponível: <<http://www.inmet.gov.br/portal/>>.

NAVAS, T.O.; OLIVEIRA, H.F.; CARVALHO, F.B.; STRINGHINI, J.H.; CAFÉ, M.B.; HELLMEISTER FILHO, P. Estresse por calor na produção de frangos de corte. Revista *Eletrônica Nutritime*, v.13, n.1, p.4550-4557. 2016.

NETO, O.V.; BITTAR, D.Y. Análise do conforto térmico e sua influência na produção e qualidade do leite em ambiente de domínio de cerrado. Revista *PUBVET*, v.12, n.4, p.1-6. 2018.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Disponível: <<http://www.R-project.org/>>.

SANTOS, D.S.; ARCE, A.I.C.; PIZA, L.V.; SILVA, A.C.S.; COSTA, E.J.X.; TECH, A.R.B. Redes bluetooth associadas a redes neurais artificiais para monitoramento de suínos. Revista *Archivos de Zootecnia*, v.65, n.252, p.557-563. 2016.

VALENTE, G. F. S.; GUIMARÃES, D. C.; GASPARDI, A. L. A.; OLIVEIRA, L. A. Aplicação de redes neurais artificiais como teste de detecção de fraude de leite por adição de soro de queijo. Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes, Juiz de Fora, v. 69, n. 6, p. 425-432, 2014.

SOBRE AS ORGANIZADORAS

RAISSA RACHEL SALUSTRIANO DA SILVA-MATOS - Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade de Pernambuco - UPE (2009), Mestre em Agronomia - Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal do Piauí - UFPI (2012), com bolsa do CNPq. Doutora em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba - UFPB (2016), com bolsa da CAPES. Atualmente é professora adjunta do curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais (CCAA) da Universidade Federal do Maranhão (UFMA). Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em fitotecnia, fisiologia das plantas cultivadas, propagação vegetal, manejo de culturas, nutrição mineral de plantas, adubação, atuando principalmente com fruticultura e floricultura. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0720581765268326>

LÍDIA FERREIRA MORAES - Graduada em Agronomia pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Centro de Ciências de Chapadinha - CCC (2021). Técnica em Meio Ambiente pelo Instituto Federal do Maranhão (IFMA) - Campus Açailândia (2015). Atualmente é residente agrícola em fruticultura pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA). Tem experiência principalmente com fruticultura e floricultura, propagação de plantas e produção de mudas. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1998856441237863>

FABÍOLA LUZIA DE SOUSA SILVA - Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Maranhão-UFMA, diretora de Gestão de Pessoas na AgropecJr-Ej de Serviços Agropecuários e Ambientais (2021-2022). Tem atuação nas áreas de fitotecnia, nutrição mineral de plantas, propagação vegetal, substratos alternativos, atuando principalmente na fruticultura e floricultura. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4527314930415453>

ÍNDICE REMISSIVO

A

- Ácido acético 58, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 75
Ácido giberélico 19, 22, 23, 26, 32, 33, 35, 37, 156, 157, 160, 163, 166
Ácido propiônico 58, 66, 69, 70, 71
Ácidos húmicos 192, 193, 196
Ácidos orgânicos 53, 54, 56, 58, 59, 60, 61, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 72, 73, 74
Agave sisalana 129, 134, 137
Agricultura de precisão 144
Amostragem padrão 38
Análise de imagens 88, 90
Análises geoestatísticas 144
Aproveitamento do resíduo 129, 130, 137

B

- Bacia hidrográfica 177, 179, 180, 183, 185, 186, 187, 189, 190, 191

C

- Cabeludinha 19, 20
Calidad 1, 2, 8
Câncer 98, 99, 100, 101, 102, 103
Cartas de controle 138, 140, 141
Colheita mecanizada 138, 139, 142, 144
Conservação do solo 78, 79, 143
Cyclanthera pedata L. 52, 53

D

- Déficit hídrico 38, 41, 42, 44, 45, 46, 47, 71, 75
Descarga excêntrica 105, 106, 108, 124

E

- Elaeocarpaceae 12, 17, 18
Energia 17, 90, 125, 198, 199, 200, 201, 203, 204
Estruturas de armazenamento 105

F

- Filogenia multi-locus 168

Formação de professores 98
FTIR 192, 193, 194, 195, 196

G

GA₃ 19, 20, 23, 25, 26, 35, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164

H

Híbrido 11648 129, 130, 131, 132, 134, 135, 136

I

Imagens térmicas 198

Índice de vegetação da diferença normalizada 144

InVEST 87, 177, 178, 179, 181, 183, 185, 188, 198

M

Maracujá doce 156, 157, 159

Marcadores 1, 3, 5, 7, 174, 201, 202, 203

Matéria orgânica do solo 83, 192, 193, 197

Método de amostragem aleatória 38, 48

Monitoramento 88, 89, 101, 177, 181, 188, 215

Motores elétricos 198, 199, 200, 204

O

Olerículas 52

P

Passifloraceae 36, 156, 165, 166, 168, 169

Patogenicidade 168, 170, 171, 172, 173

Prevenção 98, 99, 100, 101, 102, 103

Propriedades do solo 78, 79, 82

R

Recalcitrância 12, 15

Rizogênese 20, 28, 31

S

Sementes florestais 12

Soja 59, 65, 67, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 107, 110, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 139, 194, 196

Suco de sisal 129, 130, 132, 133, 135, 136

V

Variabilidade espacial de nutrientes 144

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 @atenaeditora
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA CIENTÍFICA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO NA AGRONOMIA

3

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 @atenaeditora
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA CIENTÍFICA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO NA AGRONOMIA

3