

## Estufas inteligentes e eficientes energeticamente: uma análise descritiva da literatura

### *Intelligent and energy efficient greenhouses: a descriptive analysis of literature*

Janini Cunha de Borba<sup>1</sup> , Natalia da Silva Tiscoski , Sérgio Forte Ramos Filho ,  
Valdir Scarduelli Neto , Vilson Gruber , Paulo Cesar Leite Esteves ,  
João Bosco da Mota Alves .

<sup>1</sup>Universidade do Extremo Sul Catarinense

\*Correspondente: [janiniborba@gmail.com](mailto:janiniborba@gmail.com)

#### Resumo

Conforme os avanços das tecnologias, a automação vem se destacando e ganha ainda mais espaço na operação e no desenvolvimento de novos produtos. Com o passar dos anos, tem sido cada vez mais comum a aplicação de tecnologia na agricultura e no cultivo em ambientes controlados. Uma das aplicações tecnológicas que se destaca está vinculada às estufas/casas de vegetação, que permitem o controle e monitoramento constante dos parâmetros ideais para o cultivo de mudas e hortaliças. Dessa forma, este artigo tem como objetivo realizar uma análise descritiva da literatura, no âmbito de estufas inteligentes, que configurasse características de eficiência energética, considerando as bases de dados Scopus, Web of Science e IEEE, com a utilização de indexador bibliográfico para a organização do portfólio de artigos, tendo em vista estudos provenientes de *journals* e conferências, que resultaram em publicações, principalmente, da Índia e da Indonésia. O artigo contextualizou a utilização de estufas inteligentes no mundo, para plantação de diversas cultivares, bem como a contribuição dessa tecnologia para a agricultura, juntamente com a utilização da automação e da IoT (*Internet of Things*), proporcionando maior segurança, qualidade, rendimento e controle da produção.

**Palavras-chave:** estufa inteligente; estufa eficiente; IoT.

**Abstract**

As technology advances, automation has been standing out and reach even more space in the new products operation and development. Over the years, the application of technology in agriculture and cultivation in controlled environments has become increasingly common. One of the technological applications that stands out is linked to greenhouses, which allow the control and constant monitoring of the ideal parameters for the cultivation of seedlings and vegetables. Thus, this article aims to perform a descriptive analysis on literature in the smart greenhouses context that configures energy efficiency characteristics, considering the Scopus, Web of Science and IEEE databases, using a bibliographic index to organize the portfolio of articles, considering studies from journals and conferences that resulted in publications, mainly, from India and Indonesia. The article contextualized the use of smart greenhouses in the world for several cultivars planting, as well as the contribution of this technology to agriculture with automation and IoT (Internet of Things), providing greater safety, quality, yield and control of production.

**Keywords:** smart greenhouse; efficient greenhouse; IoT.

## 1. INTRODUÇÃO

Garantir alimento de forma segura e sustentável à população mundial é um dos principais desafios globais atualmente. Esse desafio torna-se ainda maior frente às diversas prospecções de crescimento populacional, pois estima-se que a população mundial aumentará, pelo menos, até meados do século 21, aproximando-se de nove bilhões de pessoas por volta do ano de 2050 (BAULCOMBE et al., 2009; SAHOUR et al., 2021).

Os métodos convencionais de plantio e cultivo, ainda que intensos em tecnologia, não conseguem satisfazer a atual demanda global por alimento. As pragas e doenças, o uso de agrotóxicos e as condições climáticas adversas ainda são grandes problemas enfrentados na produção de alimentos, diminuindo a produtividade por área plantada e, muitas vezes, dizimando grandes lotes de plantação (ALPAY; ERDEM, 2018).

Assegurar o suprimento de alimentos para a população global demandará novas terras cultiváveis, equivalentes em território ao tamanho do Brasil. Tal desafio requer esforço internacional urgente e conjunto, colocando a ciência como protagonista para desempenhar papel vital nessa resposta (SAHOUR et al., 2021).

Nas últimas décadas, a tecnologia vem sendo cada vez mais incorporada em quase todas as aplicações agrícolas, buscando obter maiores resultados. As demandas agrícolas estão aumentando, e essa demanda precisa ser atendida pela indústria, que vem sofrendo aumento de despesas com mão de obra devido à escassez do trabalho manual. Deste modo, a tecnologia encorajou agricultores a tornarem suas fazendas mais eficientes com a presença da automatização, como a utilização das estufas inteligentes, que proporcionam condições de crescimento controlado de acordo com os

requisitos da cultura, garantindo uma produção com maior escala (VISHWAKARMA et al., 2020).

É colocada em evidência por Ali e Hassanein (2019) a estufa como mecanismo da agricultura de precisão, a qual possibilita o uso em regiões de condições climáticas desfavoráveis ou adversas, tendo em vista não só a perspectiva de monitoramento interno do clima como também o comportamento externo e demais mudanças climáticas.

De acordo com Lin, Zhang e Xia (2021), o desenvolvimento de plantações em estufas é considerado o mais adequado. Se faz necessário que os ambientes sejam cada vez mais eficientes, isso por conta de alguns fatores, como aumento da população mundial e ainda questões de escassez de água e crise energética, denotando uma solução inteligente para otimização e ampliação da produção agrícola. Ratificando o que Ali e Hassanein (2020) ressaltam sobre os aspectos de monitoramento do clima serem algumas das estratégias mais fundamentais e desafiadoras para que a produção em casas de vegetação alcance níveis ideais.

Para tanto, tratando-se de estufas inteligentes, La Notte et al. (2020) apontam que as chamadas *High Technology Greenhouses* - HTGs (Estufas de Alta Tecnologia) são geralmente fabricadas com uma estrutura de ferro galvanizado e vidro, sistemas de controle para gerenciamento de aquecimento, ventilação, resfriamento, umidade relativa, luz natural ou artificial e fertilização com dióxido de carbono.

Além disso, são categorizados por Achour, Ouammi e Zejli (2021) cinco pontos-chave para o desenvolvimento de casas de vegetação em termos de economia energética, sendo: a geometria, a orientação, os materiais de revestimento, as aberturas e os sistemas de sombreamento.

Contudo, Zhang *et al.* (2021) fundamentam o uso da automação em estufas devido à demanda por comida fresca, necessidade de maior eficiência energética dos sistemas e diminuição de consumo de água, ainda colocando em evidência que os projetistas encontram dificuldades em estabelecer uma técnica de controle apropriada. A utilização de sistemas de controle em malha fechada com a aplicação de procedimentos de aprendizagem por reforço é citada como alternativa viável, entretanto relatam dois desafios, a eficiência das amostras e a segurança.

O presente trabalho tem como objetivo realizar uma análise descritiva entre as atuais atividades, abordando os seguintes tópicos: 1) uma contextualização histórica de forma objetiva do avanço da utilização de estufas inteligentes na agricultura como ferramenta tecnológica para aumentar a eficiência e o controle de produção; 2) relevância da utilização das casas de vegetação, uma visão geral de mundo; 3) novas tecnologias utilizadas em estufas inteligentes.

## 2. DESENVOLVIMENTO

A primeira estufa, que se tem notícia, foi inaugurada em 1848, projetada pelo arquiteto Decimus Burton, em Londres, conhecida como *Palm House*, uma construção arquitetônica em vidro. Construída para cultivos de plantas exóticas para o clima existente no local, tendo sido desenvolvida com o propósito de atender à demanda das classes com alto poder aquisitivo, em que o cultivo principal era o de laranjeiras, dando origem ao nome pelo qual estas construções ficaram conhecidas, “*orangeries*” (TADA, 2021).

As estufas podem ser caracterizadas como casas com o objetivo de acumular e conter o calor no seu interior, mantendo, assim, uma temperatura maior no seu interior

comparada com o meio externo. Segundo Reis (2005), em seu material publicado em parceria com a Embrapa Hortaliças, empresa de inovação tecnológica focada na geração de conhecimento e tecnologia para a agropecuária brasileira, as estufas, também chamadas de casas de vegetação, são instrumentos de proteção ambiental utilizados para o cultivo de plantas.

As casas de vegetação podem ser construídas com diversos materiais, como madeira, concreto, ferro, alumínio etc., cobertas com materiais transparentes que permitem a passagem da luz solar para o crescimento e o desenvolvimento das plantas. A escolha da estrutura utilizada depende da região e dos tipos de mudas a serem produzidas. As estruturas podem ser de uso parcial. Um exemplo característico do uso parcial é a utilização da cobertura da estrutura para obter-se o efeito “guarda-chuva”, muito comum em regiões tropicais. Por outro lado, é possível explorar todo o potencial deste tipo de estrutura construindo-se uma casa de vegetação completa, com todos os controles para a cobertura e para a proteção das plantas em relação a parâmetros meteorológicos adversos, como a precipitação pluviométrica, e com cortinas laterais para geração e aprisionamento do calor (REIS, 2005).

Dentro dos parâmetros, que formam um ambiente adequado para o plantio e o cultivo, os grandes desafios das estufas tradicionais estão em controlar temperatura, umidade, concentração de CO<sub>2</sub>, aeração, condensação e evaporação da água em seu interior. O que torna o seu procedimento de controle ainda mais complexo é o fato de que esses parâmetros estão relacionados e afetam uns aos outros (MELLIT, 2021).

Segundo Uber, Souza e Jacinto (2016), as estufas possuem como principal função minimizar os riscos e potencializar a produção, o cultivo protegido pode fazer frente às

intempéries climáticas e se transformar em um multiplicador de rentabilidade, possibilitando controles de umidade, luz, temperatura e vento. Além de proporcionar mudanças na época do plantio e da colheita, comparando com o cultivo aberto.

Para alguns autores, como Djordjevic *et al.* (2020), as estufas trazem vantagens devido ao isolamento reduzido ou total da plantação de influência externa, como clima (ventos fortes, chuva, excesso de luz solar, insetos etc.). As desvantagens do cultivo estão ligadas à temperatura interna da casa de vegetação, que deve ser controlada, havendo ventilação para oferecer ar fresco à plantação em desenvolvimento, pois a qualidade do solo diminui com o consumo de minérios devido ao efeito estufa.

Segundo os autores Dedeepya *et al.* (2018), a Índia é uma economia que está em desenvolvimento e grande parte de sua população depende da agricultura, dessa forma, vem buscando substituir parte da mão de obra por sistemas mecanizados e automatizados, como o caso das casas de vegetação controladas. Devido às condições ambientais, estufas estão sendo implantadas na Índia em áreas de grande altitude e locais onde a temperatura varia em torno de 40 graus negativos e a sobrevivência de organismos vivos é difícil. As casas de vegetação, caracterizadas por “salas controladas”, monitoram as temperaturas, limitando a quantidade de pesticidas e fertilizantes necessários para o cultivo com observações adequadas e realização de testes.

Para tanto, ao se falar do Brasil, o território possui clima bastante propício ao cultivo de grande variedade de espécies de hortaliças, pois suas regiões são caracterizadas por ter diversidade climática, que se adapta a uma grande gama de plantios. Entretanto, o cultivo a céu aberto está sujeito a fatores que podem prejudicar a plantação, como grandes variações de temperatura, períodos de seca, ataques de pragas e doenças, trazendo conse-

quências indesejadas. Desta forma, a utilização de um ambiente controlado para o plantio torna-se presente na agricultura, o que demonstra a importância do estudo das estufas (FERNANDES, 2017).

É apresentado por Mellit (2021) que os problemas de monitoramento e controle do clima com efeito de estufa têm tido foco em soluções engenhosas e tecnológicas para modernizar estufas e torná-las de fato inteligentes, com destaque a uma alta atração pela aplicação da Internet das Coisas (IoT).

Através do uso de sistemas autônomos e inteligentes, é possível excluir quase que por completo o fator humano e realizar o monitoramento e controle das casas de vegetação com um efeito prejudicial mínimo na qualidade do cultivo das mudas e, conseqüentemente, na qualidade do resultado final da produção. Dessa forma, a utilização das casas de vegetação inteligentes resulta no controle e monitoramento dos parâmetros microclimáticos: temperatura da estufa [° C] ou [° F], temperatura do solo [° C] ou [° F], umidade da estufa [UR%], umidade do solo [UR%], acidez do solo [pH], temperatura da água no tanque de irrigação [° C] ou [° F], Nível/quantidade de água no tanque de irrigação [l] ou [m], intensidade da luz [lx], velocidade do vento [m/s] ou [km/h]. (DJORDJEVIC *et al.* 2020).

## 2.1 Metodologia

A abordagem da pesquisa caracterizou-se essencialmente como qualitativa, por não se tratar de comprovação numérica ou estatística (MICHEL, 2015). Quanto aos fins, trata-se de pesquisa descritiva e explicativa. A primeira, relata descritivamente acontecimentos ou fatos, por meio de observação, relação e vinculação ao ambiente, em que os mesmos sofrem influência (MICHEL, 2015). No âmbito da pesquisa explicativa, ela aborda como ponto central a explanação dos fatores determinantes que levam àquele fato, ou seja, as

influências do meio que acarretam determinado resultado (GIL, 2002).

Também é uma pesquisa bibliográfica, elaborada com artigos científicos de periódicos e de conferências (GIL, 2002). Sendo assim, para cumprir com os procedimentos de coleta e análise de dados, foram utilizados elementos secundários utilizando-se um software de indexação bibliográfica para a organização da produção científica, coletada nas bases de dados: Scopus, Web of Science e IEEE, bases internacionais e interdisciplinares.

Dessa forma, para levantamento e seleção das publicações aderentes à pesquisa, utilizou-se o método de Ferenhof e Fernandes (2016), *Systematic Search Flow* (SSF), o qual é composto por três fases: 1) definição do protocolo de pesquisa; 2) análise dos dados; 3) síntese, que pode auxiliar na elaboração do portfólio bibliográfico, tendo em vista os principais conceitos, constructos, autores e demais aspectos que se fizessem relevantes.

Para tanto, levando-se em consideração o método mencionado, o Quadro 1 revela quais etapas foram percorridas para conclusão do portfólio final de artigos.

Quadro 1 - Delineamento de seleção das publicações aderentes à pesquisa

ETAPA	DESCRIÇÃO
1	Seleção das bases de dados no contexto internacional
2	Seleção da <i>query</i> de busca mais promissora para a pesquisa
3	Aplicação da <i>query</i> nas três bases selecionadas
4	Exclusão das publicações duplicadas
5	Exclusão das publicações não aderentes à pesquisa
6	Conferência das publicações disponíveis
7	Portfólio final de artigos

Fonte: elaboração dos autores (2021)

Com isso, a partir da aplicação das sete etapas, chegou-se a um portfólio final de 20 artigos. Cabe destacar que a busca na Scopus, na Web of Science e na IEEE retornaram, respectivamente, 65, 32 e 26 publicações, totalizando 123 artigos, os quais foram elencados em uma única pasta do indexador bibliográfico para identificação de títulos duplicados, restando 72 registros; a partir dos quais, procedeu-se leitura de título, resumo e palavras-chave para seleção do portfólio final, além da conferência de disponibilidade do artigo completo para download.

No que se refere aos filtros de exclusão das publicações, foram considerados tanto artigos de revistas, *journals*, como de conferências, tendo em vista que, a partir da leitura do título, do resumo e das palavras-chave, levou-se em consideração estudos que abordavam a estufa inteligente e eficiente propriamente dita, excluindo-se artigos que referiam-se, por exemplo, a sistemas para estufas.

Ainda, salienta-se que foi realizada leitura integral dos artigos pelos autores, para construção da “Matriz do Conhecimento”, em que foram elencados dados de identificação de cada publicação, tais como: título, autores e ano, além dos constructos teóricos vinculados à estufa inteligente e IoT.

## 2.2 Resultados e discussões

Para atender ao objetivo do artigo, que é realizar uma análise descritiva da literatura no âmbito de estufas inteligentes, apresenta-se o portfólio de artigos analisados no Quadro 2.

Quadro 2 - Artigos elencados ao portfólio final

AUTORES	TÍTULO	PAÍS	ANO
Alpay, O.; E. Erdem	Climate Control of an Smart Greenhouse based on Android	Turquia	2018
Ameen, N. M.; Al-Ameri, J. A. M.	IoT-based shutter movement simulation for smart greenhouse using fuzzy-logic control	Iraque	2019
Andrianto, H.; Suhardi; Faizal, A.	Development of Smart Greenhouse System for Hydroponic Agriculture	Indonésia	2020
Belkadi, A.; Mezghani D.; Mami, A.;	Design and Implementation of FLC applied to a Smart Greenhouse	Tunísia	2020
Dedeeppya P.; Srinija U. S. A.; Krishna M. G.; Sindhusa G.; Gnanesh T.	Smart Greenhouse Farming based on IOT.	Índia	2018
Denny, Y. R.; Permata, E.; Trenggono, A.; Gustiono, V.	IoT and transparent solar cell based automated greenhouse monitoring system for tomato plant cultivation.	Indonésia	2021
Đorđević, M.; Paunović, V.; Danković, D.; Jovičić, B.	“Smart autonomous agricultural system for improving yields in greenhouse based on sensor and IOT technology.”	Sérvia	2020
Jaiswal, H.; Karmali Radha, P.; Singuluri, R.; Sampson, S. A.	IoT and Machine Learning based approach for Fully Automated Greenhouse.	Índia	2019
Jia, Y.; Huang, S.; Li, X.	Complex event processing system for IoT greenhouse	China	2021
Kavga, A.; Thomopoulos, V.; Barouchas, P.; Stefanakis, N.; Lio- pa-Tsakalidi, A.	Research on innovative training on smart greenhouse technologies for economic and environmental sustainability	Grécia	2021
Khan, F. A.; Ibrahim, A. A.; Zeki, A. M.	Environmental monitoring and disease detection of plants in smart greenhouse using internet of things.	Malásia	2020
Kodali, R. K.; Jain, V.; Karagwal, S.	IoT based Smart Greenhouse.	India	2016
Mellit, A.; Benghanem, M.; Her- rak, O.; Messalaoui, A.	Design of a novel remote monitoring system for smart greenhouses using the internet of things and deep convolutional neural networks.	Argélia, Itália e Arábia Saudita	2021
Minanda, M. A.; Idris, I.; Sumardi, D.	Design and simulation of smart greenhouse for agrivoltaics microclimates optimization.	Indonésia	2021
Sahour, A.; Boumehrez, F.; Be- nouaret, M.; Mokhneche, A.	Greenhouse climate controller by using of internet of things technology and fuzzy logic.	Argélia	2021
Sofwan, A.; Sumardi, S.; Ahma- da, A. I.; Ibrahim, I.; Budiraharjo, K.; Karno, K.	Smart Greetthings: Smart Greenhouse Based on Internet of Things for Environmental Engineering.	Indonésia	2020
Su, C.; Yang, C.; Chu, H. B.	Research on Greenhouse Intelligence Acquisition Technology Based on Wireless Data Transmission System in the Background of Big Data.	China	2018
Ullah, M. W.; Mortuza, M. G.; Kabir, M. H.; Ahmed, Z. U.; Su- pta, S. K. D.; Das, P.; Hossain, S. M. D.	Internet of Things Based Smart Greenhouse: Remote Monitoring and Automatic Control.	Austrália	2018
Vishwakarma, A.; Sahu, A.; Shei- kh, N.; Payasi, P.; Rajput, S. K.; Srivastava, L.	IOT based greenhouse monitoring and controlling system.	Índia	2020

Fonte: elaboração dos autores (2021)

Percebe-se, conforme o Quadro 2, que todas as publicações são do período de 2016 a 2021, destacando-se que o maior ano de publicações aconteceu em 2020 e 2021, com seis artigos em cada ano.

Constatou-se número maior de estudos publicados na Índia e Indonésia, em que cada um dos países apresentou quatro artigos. Os estudos provenientes da Índia contemplaram tanto o termo IoT como *Greenhouse* em seu título, sendo que as publicações provenientes da Indonésia revelaram aspectos no âmbito da agricultura hidropônica e tecnologia agrivoltaica.

No que tange à origem dos artigos, foram considerados tanto estudos apresentados em eventos (12 publicações) como publicados em *journals* (oito publicações).

Percebe-se, no Quadro 2, com base nos títulos das publicações, a amplitude de áreas em que a temática estufas inteligentes e eficientes está inserida. Pois tratam-se de áreas complementares, tendo em vista a aplicação da tecnologia computacional, que, por vezes, compete a uma configuração no âmbito energético e que a partir da sua combinação resulta nos benefícios do cultivo controlado para o contexto agrícola.

Sendo assim, a partir das leituras e pesquisas exploratórias quanto às casas de vegetação inteligentes, constatou-se a importância de um ambiente controlado, para crescimento e saúde das plantas a serem produzidas, bem como a relevância da produção agrícola de alimentos.

Para corroborar essa afirmação, Andrianto, Suhardi e Faizal (2020) relatam em seu estudo acerca desse problema a ser resolvido, devido ao crescimento da população mundial, tendo em vista a criação de uma solução para o aumento da produção agrícola, além disso, também trazendo à tona os aspectos de redução no uso de agrotóxicos, colocado pelos autores na criação de um sistema

inteligente para estufa, sem uso de pesticidas e objetivando o desenvolvimento de casas de vegetação inteligentes para a agricultura hidropônica com base na Internet das Coisas.

Em seu estudo, Ullah *et al.* (2018) conceituam a IoT como uma fusão entre o mundo físico e objetos até então inanimados com o mundo computadorizado, automatizando tais objetos. Os autores (2018, p. 1) prosseguem na caracterização dessa nova tecnologia, pontuando que a IoT “[...] pode ser expressa como a arquitetura de coisas físicas implantadas com circuitos eletrônicos, sensores e programação, juntamente com um sistema associativo que permite que essas coisas troquem informações entre si”, concluindo que a rede 5G dará uma propulsão considerável ao arranjo entre coisas e internet.

A IoT proporciona detecção, mensuração, tomada de decisões e controle de outros dispositivos remotamente sobre a base de um sistema existente que faz o gerenciamento dos dados e ações de forma autônoma e inteligente, criando uma inter-relação entre os objetos ou sistemas sem que seja necessária intervenção humana (ULLAH *et al.*, 2018).

Dentro do contexto do uso da IoT para controle remoto de processos, Vishwakarma *et al.* (2020, p. 3) trazem a utilização da nova tecnologia para otimização da produção de alimentos, bem como na disseminação de dados e métodos para o plantio em estufas inteligentes:

Grande parte dos fatores físicos importantes para a produção de alimentos em uma estufa podem ser mensurados por meio de sensores automáticos. Isso vale para temperatura, luz, umidade do solo e umidade relativa, precipitação de chuva, qualidade do solo. Com os dados colhidos e dentro de um sistema já pré-estabelecido que leve em conta a natureza do alimento, a IoT faz o processamento e transmissão dos dados e age conforme o padrão programado. [...]

[...] também com a ajuda da IoT, várias estufas de diferentes regiões e ambientes climáticos poderão ser monitoradas e os dados serão compartilhados para uma melhor compreensão e melhores taxas de produção de plantas e alimentos para o futuro da agricultura inteligente.

Para Jaiswal *et al.* (2019), uma estufa, juntamente com a IoT, permite ao produtor monitorar e manter, de forma adequada, as combinações de umidade, temperatura, umidade de solo, ventilação, níveis de dióxido de carbono, altura das safras e intensidade da luz com a ajuda da “nuvem” e do acesso à internet, proporcionando maior segurança e controle de sua produção.

Alpay e Erdem (2018), Dedeepya *et al.* (2018) e Minanda, Idris e Sumardi (2021) conceituam as estufas inteligentes como estruturas erguidas para a produção de vegetais, onde, por meio de tecnologias da informação e comunicação, propicia-se o ambiente adequado ao tipo de planta que se deseja produzir. Minanda, Idris e Sumardi (2021, p. 2) destacam, ainda, os benefícios do uso das estufas inteligentes comparados aos métodos convencionais de cultivo:

Proteção das plantas em diversos aspectos, como contra pragas e insetos, bem como da água da chuva em demasia e do excesso de luz solar, além de otimizar a temperatura e a umidade do ambiente interno. Assim, temperatura e umidade são mantidas na faixa de valor ideal para o crescimento da planta, aumentando o rendimento da produção agrícola.

Ao apontar o ganho de produtividade, que se obtém por meio das estufas inteligentes, Sahour *et al.* (2021) corroboram a ideia com a informação de que cerca de 70% do tempo de trabalho dos agricultores é gasto

supervisionando a área plantada. Uma vez que as estufas inteligentes propõem um sistema automatizado, sem interferência humana. Os autores pontuam, ainda, que, além do ambiente ideal para a produção das plantas e, conseqüentemente, menores desperdícios e perdas, as estufas inteligentes são capazes de liberar os agricultores de tarefas morosas e que tomam boa parte de seu tempo no trabalho de campo.

Vale destacar a importância do desenvolvimento de soluções tecnológicas, seguras e eficientes para a agricultura e a produção de alimentos, dadas as perspectivas de crescimento populacional e mudanças climáticas já presentes no contexto atual, que causam instabilidades e incertezas a cada plantio e colheita (JAISWAL *et al.*, 2019; MELLIT *et al.*, 2021).

Nesse sentido, Sahour *et al.* (2021, p. 2) contribuem afirmando que as estufas inteligentes são uma “revolução, principalmente para a agricultura vertical, que é ótima solução para o cultivo de grandes quantidades de alimentos em um espaço agrícola limitado”. Os autores consideram que, apesar do rápido crescimento na construção de estufas inteligentes, em diversos países e novas soluções dentro desse cenário, é necessário que haja um senso de urgência ainda maior da comunidade internacional. Kavga *et al.* (2021, p. 1) apontam, ainda, outras razões para tal urgência no desenvolvimento da *smart agriculture* (agricultura inteligente):

O aumento dos custos de mão de obra (que ainda é de 30 a 35% dos custos totais de produção de alimentos), a falta de pessoal especializado, as frequentes condições insalubres de trabalho, a necessidade de especialização na produção de produtos agrícolas, a necessidade de produzir produtos seguros e de qualidade, bem como a poupança de tempo e dinheiro (verticalização do trabalho).

Tratando-se dos aspectos mais técnicos no âmbito tecnológico, os estudos de Ameen e Al-Ameri (2019), bem como o de Belkadi, Mezghani e Mami (2020), levantaram resultados e simulações da aplicação de FLC (*Fuzzy-Logic Control*) com o propósito de promover um microclima adequado através do controle dos atuadores relevantes que foram instalados na estufa e também para controlar um ventilador e obturador conforme condição desejada.

De modo geral, as leituras realizadas trazem a relação do avanço tecnológico na agricultura, suas dificuldades em realizar uma produção segura e garantir um maior retorno econômico e financeiro ao agricultor, fazendo com que utilizem estruturas fechadas como casas de vegetação com sistemas monitorados e controlados, buscando minimizar os problemas atuais encontrados no meio agrícola para atender a população mundial. Os sistemas controlam parâmetros microclimáticos e parâmetros atmosféricos que podem afetar adversamente as estufas e a plantação nelas existentes, com objetivo principal de atingir o nível ideal e as condições de cultivo para aumentar a qualidade do rendimento do produto.

### 3. CONCLUSÃO

Considera-se que este artigo alcançou o objetivo que se propôs, em trazer, de forma descritiva, as características gerais no âmbito das estufas inteligentes e que, por vezes, apresentasse atribuições no contexto energético, permeando o universo computacional com a internet das coisas ao estabelecer melhorias e aprimoramento no cultivo controlado a partir da sua aplicação.

Percebeu-se que os estudos são oriundos de diversas localidades, porém apresentaram um volume maior de publicações na Índia e

na Indonésia, além de países como China, Turquia e Argélia, denotando representatividade, principalmente no continente asiático, o que comprova a relação do uso de estufas com a necessidade de produção de alimentos, especialmente para tais nações de grande população e com baixo volume de terras agricultáveis.

Com o uso das estufas inteligentes, foram identificadas as seguintes características: aumento de produtividade, diminuição de perdas por conta de pragas e desastres ambientais, maior variedade de espécies a serem produzidas, armazenamento e controle da entrega dos cultivos ao consumidor, podendo proporcionar um produto final fresco e com qualidade, controle da produção a distância, podendo monitorar a plantação através de câmeras e sensores conectados à internet, controle e armazenamento de água para utilização na irrigação.

Além disso, constatou-se que pesquisas na área de estufas inteligentes estão tendo foco multidisciplinar, pois envolvem diversas áreas do conhecimento, resultando em artigos e materiais publicados em revistas e conferências, que ultrapassam a área agrícola.

Para tanto, espera-se que o artigo possa contribuir para o desenvolvimento sustentável, com estufas mais inteligentes e eficientes, com maior aproveitamento da água e energia elétrica, além de gerar benefícios econômicos de produção e sociais aos agricultores, produtores e indústrias do agronegócio.

### REFERÊNCIAS

ACHOUR, Y.; OUAMMI, A.; ZEJLI, D. Technological progresses in modern sustainable greenhouses cultivation as the path towards precision agriculture. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 147, p. 111251, 1 set. 2021.

- ALPAY, Ö.; ERDEM, E. Climate Control of an Smart Greenhouse based on Android. **International Conference On Artificial Intelligence And Data Processing (Idap)**, Turkey, p. 1-5, set. 2018.
- AMEEN, N. M.; AL-AMERI, J. A. M. IOT-Based Shutter Movement Simulation for Smart Greenhouse Using Fuzzy-Logic Control. **2019 12th International Conference on Developments in eSystems Engineering (DeSE)**, 2019, p. 635-639. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9073515>. Acesso em: 09 dez. 2021.
- ANDRIANTO, H; SUHARDI; FAIZAL, A. Development of Smart Greenhouse System for Hydroponic Agriculture. **2020 International Conference on Information Technology Systems and Innovation (ICITSI)**, 2020, p. 335-340. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9264917>. Acesso em: 09 dez. 2021.
- APPOLINÁRIO, F. **Metodologia da Ciência: filosofia e prática da pesquisa**. Segunda edição. São Paulo: Cengage Learning, 2015.
- BAULCOMBE, D. et al. **Reaping the benefits: Science and the sustainable intensification of global agriculture**. London: The Royal Society, 2009. Disponível em: [https://royalsocietypublishing.org/~/media/royal\\_society\\_content/policy/publications/2009/4294967719.pdf](https://royalsocietypublishing.org/~/media/royal_society_content/policy/publications/2009/4294967719.pdf). Acesso em: 15 nov. 2021.
- BELKADI, A.; MEZGHANI, D.; MAMI, A. Design And Implementation Of Flc Applied To A Smart Greenhouse. *Engenharia Agrícola, Jaboticabal*, v. 40, n. 6, p. 777-790. **Scielo Brasil**, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/kDP5r9W3NM9m4hcsfpwd8yJ/?lang=en>. Acesso em: 09 dez. 2021.
- DEDEEPYA, P. et al. Smart Greenhouse Farming based on IOT. **2018 Second International Conference on Electronics, Communication and Aerospace Technology (ICECA)**, 2018, p. 1890-1893.
- DJORDJEVIC, M. et al. [2020]. Smart autonomous agricultural system for improving yields in greenhouse based on sensor and iot technology. **Journal of Applied Engineering Science**, 18(4), 606 - 613.
- FERENHOF, H. A.; FERNANDES, R. F. **Passo-a-passo para construção da Revisão Sistemática e Bibliometria: Utilizando a ferramenta Endnote®**. Instituto de Gestão do Conhecimento e Inovação, 2016.
- FERNANDES, D. G. **Sistema Automatizado de Controle de Estufas para Cultivo de Hortaliças**. 32 f. TCC (Graduação) — Curso de Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação, Departamento de Tecnologia da Informação, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- KAVGA, Angeliki. Research on Innovative Training on Smart Greenhouse Technologies for Economic and Environmental Sustainability. **Sustainability**, v. 13, n. 19, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/19/10536>. Acesso em: 15 nov. 2021.
- JAISSWAL, H. et al. IoT and Machine Learning based approach for Fully Automated Greenhouse. **2019 IEEE Bombay Section Signature Conference (IBSSC)**, 2019, p. 1-6.
- LA NOTTE, L. et al. Hybrid and organic photovoltaics for greenhouse applications. *Applied Energy*, v. 278, p. 115582, 15 nov. 2020.
- LIN, D.; ZHANG, L.; XIA, X. Model predictive control of a Venlo-type greenhouse system considering electrical energy, water and carbon dioxide consumption. *Applied Energy*, [S.L.], v. 298, p. 117163, jun. 2021.
- MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Metodologia científica: ciência e conhecimento**

científico, métodos científicos, teoria, hipóteses e variáveis. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

MELLIT, A. Design of a Novel Remote Monitoring System for Smart Greenhouses Using the Internet of Things and Deep Convolutional Neural Networks. **Energies**, 2021, 14, 5045. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/en14165045>. Acesso em: 30 nov. 2021.

MICHEL, M. H. **Metodologia Pesquisa Científica Ciências Sociais**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2015. 304 p.

MINANDA, M. A.; IDRIS, I.; SUMARDI, D. Design and Simulation of Smart Greenhouse for Agrivoltaics Microclimates Optimization. *In*: 2021 International Symposium On Electronics And Smart Devices (ISESD), 2021, Bandung. **Anais eletrônicos...** Bandung: IEEE, 2021. p. 1-6. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9501592>. Acesso em: 29 nov. 2021.

REIS, N. V. B. **Construção de estufas para produção de hortaliças nas Regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste**. Circular Técnica, Embrapa Hortaliças, 2005. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/1355126/9124396/Constru%C3%A7%C3%A3o+de+estufas.pdf/8bec74eb-2206-44ff-9aad-538141520c4a>. Acesso em: 30 nov. 2021.

SAHOUR, A. Greenhouse Climate Controller by Using of Internet of Things Technology and Fuzzy Logic. **Instrumentation Measure Métrologie**, Edmonton, v. 20, n. 1, p. 29-38, fev. 2021. Disponível em: <https://www.iieta.org/journals/i2m/paper/10.18280/i2m.200105>. Acesso em: 15 nov. 2021.

TADA, G. M. Da Roma antiga à contemporaneidade: a evolução das estufas. From Ancient Rome to Contemporary Singapore: The Evolution of Conservatories. **ArchDaily Brasil**, 2021. ISSN 0719-8906. Disponível

em: <https://www.archdaily.com.br/br/955119/da-roma-antiga-a-contemporaneidade-a-evolucao-das-estufas>. Acesso em: 01 dez. 2021.

UBER, F. O.; SOUZA, D. C.; JACINTO, L. E. **A construção de estufas agrícolas como ferramenta de ensino aprendizagem para alunos do nível técnico**. Primeira semana de Ensino, Pesquisa e Extensão, IFC Araquari. Submetido em ago. 2016. Disponível em: <https://eventos.ifc.edu.br/sepe/wp-content/uploads/sites/22/2016/08/A-CONSTRU%C3%87%C3%83O-DE-ESTUFAS-AGR%C3%8dCOLAS-COMO-FERRAMENTA-DE-ENSINO-APRENDIZAGEM-PARA-ALUNOS-DO-N%C3%8dVEL-T%C3%89CNICO.pdf>. Acesso em: 30 nov. 2021.

ULLAH, M. W. Internet of Things Based Smart Greenhouse: Remote Monitoring and Automatic Control. *In*: **International Conference on Electric and Intelligent Vehicles (ICEIV 2018)**, Melbourne, ICEE: 2018. Disponível em: <http://www.dpi-proceedings.com/index.php/dteees/article/view/27803>. Acesso em: 01 dez. 2021.

VISHWAKARMA, A. IOT Based Greenhouse Monitoring And Controlling System. **2020 IEEE Students Conference on Engineering & Systems (SCES)**, 2020, p. 1-6.

ZHANG, W. et al. Robust Model-based Reinforcement Learning for Autonomous Greenhouse Control. **arXiv Preprint**, 2021. Submetido em 26 ago. 2021. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2108.11645>. Acesso em: 27 out. 2021.