

AUTOMAÇÃO EM ESTUFAS INTELIGENTES: O Futuro da Agricultura***AUTOMATION IN SMART GREENHOUSES: The Future of Agriculture***

Marco Antonio de Castilho – e-mail: marco.castilho@fatec.sp.gov.br
Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga – Santa Ernestina – São Paulo – Brasil

Carlos Pereira de Castro Filho – e-mail: carlos.filho@fatectq.edu.br
Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga – Taquaritinga – São Paulo – Brasil

DOI: 10.31510/infa.v22i1.2056

Data de submissão: 07/10/2024

Data do aceite: 26/06/2025

Data da publicação: 30/06/2025

RESUMO

O artigo tem uma abordagem qualitativa sobre o quão essencial podem ser as Estufas Inteligentes tanto atualmente quanto futuramente, auxiliando em muitas produções de mudas que podem por sua vez, serem produzidas fora de suas estações e regiões climáticas, pois com a ajuda de toda tecnologia ali envolvida, é possível manter-se um controle mais adequado de temperaturas, pragas na cultura, menos riscos na produção, uma maior qualidade dos produtos, tornando-se assim possível para diversos Países aumentarem seus estoques para a escassez de alimentos devido ao crescimento populacional com o passar dos anos, onde também é apresentado para o leitor alguns exemplos de materiais utilizados para suas construções, que por fim tem como objetivo, apresentar toda a pesquisa para a adoção de inovações, como as estufas inteligentes e monitoramento remoto, busca otimizar a produção, reduzir o uso de agrotóxicos, melhorar sua eficiência e casos de estudos comparativos para se ter uma base firme do tema escolhido.

Palavras-chave: Estufas, Estufas de Alta Tecnologia, Automação e Estufas Inteligentes.

ABSTRACT

The article has a qualitative approach to how essential Smart Greenhouses can be both currently and in the future, helping in many seedling productions that can, in turn, be produced outside their seasons and climatic regions, as with the help of all the technology there involved, it is possible to maintain more adequate control of temperatures, pests in the crop, fewer risks in production, a higher quality of products, thus making it possible for several countries to increase their stocks to face food shortages due to population growth with over the years, where the reader is also presented with some examples of materials used for their constructions, which ultimately aims to present all the research for the adoption of innovations, such as smart greenhouses and remote monitoring, seeking to optimize production, reduce the use of pesticides, improve their efficiency and comparative case studies to have a firm basis for the chosen topic.

Keywords: Greenhouses, High Technology Greenhouses, Automation and Smart Greenhouses.

1. INTRODUÇÃO

Tada (2021) menciona que as estufas têm uma história fascinante que remonta à Roma Antiga. O imperador Tibério, por exemplo, utilizava estruturas móveis cobertas com pedras transparentes para cultivar frutas durante todo o ano. Essas primeiras estufas permitiam que os frutos fossem expostos ao sol durante o dia e protegidos do frio à noite.

No século XVII, as estufas começaram a se tornar mais sofisticadas, especialmente na Europa. Um exemplo notável é o laranjal de Luís XIV em Versalhes, que era uma estrutura imponente destinada a proteger laranjeiras durante o inverno.

A grande revolução das estufas ocorreu no século XIX, com a introdução de novos métodos de fabricação, uma estrutura de ferro conectada por vários painéis de vidro: a primeira estufa (Figura 1).

Figura 1: A Grande Estufa, primeira estufa do mundo feita de ferro e vidro.



Fonte: Tada, 2021.

A Grande Estufa de Syon Park, projetada por Charles Fowler em 1827, é considerada uma das primeiras estufas modernas. Essas inovações permitiram que as estufas se tornassem mais acessíveis e funcionais, não apenas para o cultivo de plantas exóticas, mas também como centros de pesquisa botânica (TADA, 2021).

As estufas agora têm como características estruturas fechadas que permitem o controle mais adequado da temperatura, luminosidade, umidade e um controle eficiente contra doenças e pragas, tendo a capacidade de se adaptarem a diversos tipos de cultivos, permitindo assim, o controle do microclima que mais se adequa as estações do ano (BORBA, 2022).

Segundo FERNANDES (2017), as utilizações de estufas tornaram-se fundamentais para os abastecimentos seguros dos produtos alimentares em todo o mundo, onde estão localizadas em áreas rurais e são designadas às muitas variedades de hortaliças, onde é aderido procedimentos de umidificações e irrigações, mas que também exigem uma concentração maior mão de obra e atenção para se manter os níveis desejados, pois de fato, não há um registro e um controle adequado dos dados.

Figura 2: Exemplo de uma Estufa Inteligente, onde fornece monitoração do ambiente de cultivo.



Fonte: Yanmar, 2024.

Fernandes (2017) também cita que a automação em estufas tem se tornado cada vez mais popular, pois ajuda os produtores a superarem desafios comuns. Sistemas automatizados controlam com precisão o ambiente, otimizando as condições para o crescimento das plantas. Isso leva a redução de erros, aumento da produção e diminuição dos custos de mão de obra. Além disso, os sistemas de informação automatizados registram dados valiosos que podem ser usados para tomar decisões baseadas em informações coletadas sobre as práticas de cultivo.

O objetivo deste trabalho é realizar uma breve apresentação sobre o tema apresentado, as Estufas Inteligentes, onde o intuito é levar aos leitores informações onde possam ser úteis para o interesse em possíveis produções de alimentos fora de suas estações, pois com o auxílio das estufas inteligentes, o preparo destes acaba por sua vez, sendo produtos de alta qualidade, com maior controle de pragas, menor risco de produção, aumento do rendimento e possibilidade de cultivo no ano todo.

Como resultado ressaltar a contribuição dessa tecnologia para a agricultura, juntamente com a utilização da automação, onde é possível o monitoramento constante através de sensores de umidade, temperatura, luz visa manter o rendimento e controle da produção. Em suma indicar como a automação oferta aos produtores uma solução abrangente para melhorar a eficiência, aumentar a produtividade e reduzir custos.

2. FUNDAMENTOS DAS ESTUFAS INTELIGENTES

A automação em estufas tem se tornado um processo muito adotado devido a seus muitos benefícios. Toda tecnologia envolve a automação de processos e tarefas que geralmente são feitas de forma manual, como o controle da umidade, irrigação, iluminação, temperatura e ventilação (APOLLO, 2023).

Apollo (2023) também se refere ao uso de Estufas Inteligentes como um benefício para maior produtividade, onde ao otimizar suas condições de cultivo e garantindo que as mudas recebam os nutrientes e a quantidade de água necessárias, tendem ao aumento da qualidade e quantidade das culturas produzidas, com a adoção da automação se obtêm uma melhoria na eficiência, permitindo assim, que os produtores se preparem melhor para a comercialização de seus produtos.

Motta (2019) afirma que a aplicação da Agricultura 4.0 em estufas automatizadas alia tecnologia e sustentabilidade para otimizar a produção agrícola. Usando IoT, Big Data e inteligência artificial, essas estufas controlam variáveis climáticas e ajustam automaticamente a irrigação e fertilização, reduzindo desperdícios e impactos ambientais.

O autor complementa ainda dizendo que a automação inteligente melhora a eficiência dos recursos e permite uma produção adaptável às mudanças climáticas, alinhando-se às demandas por rastreabilidade e alimentos produzidos de forma sustentável, promovendo uma agricultura mais responsável e moderna.

3. CULTIVO EM ESTUFAS TRADICIONAIS VS. ESTUFAS INTELIGENTES:

Principais Diferenças

O cultivo em estufas tem evoluído significativamente ao longo dos anos, passando de métodos tradicionais para sistemas altamente automatizados e inteligentes. As principais diferenças entre estufas tradicionais e estufas inteligentes podem ser observadas em diversos aspectos, como:

3.1. Controle Ambiental

Nas estufas tradicionais, o controle ambiental é geralmente manual, dependendo da experiência do agricultor para ajustar fatores como temperatura, umidade e ventilação. Isso pode resultar em variações significativas nas condições de cultivo, afetando a qualidade e a quantidade da produção.

Segundo Guerra (2023), as estufas inteligentes utilizam sensores e sistemas automatizados para monitorar e ajustar continuamente o ambiente interno, sendo capazes de coletar dados sobre a umidade do solo, do clima e entre outros fatores, permitindo assim, que os agricultores tomem decisões mais precisas sobre o cultivo;

3.2. Eficiência de Recursos

Apollo (2023) destaca que a eficiência no uso de recursos é outra área onde as estufas inteligentes superam as tradicionais. As estufas tradicionais podem desperdiçar água e energia devido à falta de controle preciso. Por outro lado, as estufas inteligentes utilizam tecnologias como a Internet das Coisas (IoT) para otimizar o uso de água e energia.

Também confirma que a automação de estufas agrícolas pode levar a uma maior produtividade e qualidade dos produtos, além de reduzir custos operacionais;

3.3. Produtividade

A produtividade é um dos principais benefícios das estufas inteligentes. Enquanto as estufas tradicionais dependem de práticas agrícolas convencionais, as estufas inteligentes utilizam inteligência artificial e automação para maximizar a produção.

Dias (2023) afirma que a inteligência artificial permite a análise de dados em tempo real, otimizando o cultivo e aumentando a produtividade. Isso resulta em colheitas mais abundantes e de melhor qualidade, com menor necessidade de intervenção manual.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Baseando-se nas referências, pode-se confirmar a importância para Agricultura adotar as novas tecnologias, pois as práticas que unificam o conceito de Internet das Coisas (IoT) e Big

Data estão relacionados na capacidade das “coisas” se conectarem a Internet para processar, armazenar, compartilhar e analisar uma enorme quantidade de geração de dados. Todas as informações podem ser dados estruturados, semiestruturados ou não estruturados, que através de uma análise, podem ser coletados (IZHAR ALAM, 2023).

Como apresentado ao longo das pesquisas, é considerável que nos últimos anos, a agricultura tem evoluído com a implementação de tecnologias de precisão e sistemas inteligentes, sempre visando uma ótima quantidade e qualidade de colheitas. Para que o objetivo das Estufas Inteligentes sejam alcançados, o uso de sistemas com capacidade de monitoramento em tempo real, para o recolhimento e processamento de dados volumosos se tornam indispensáveis (HERNÁNDEZ-MORALES *et al.*, 2023).

Na agricultura existem vários meios de implementação de sistemas IoT. Em um estudo geral, o uso diversificado de sensores distribuídos por todo campo coletam dados, que são encaminhados para um gateway que está em conexão com a internet e essas informações são compartilhadas em diferentes dispositivos de visualização, como também armazenados em servidores de nuvem ou banco de dados. As informações para as tomadas de decisões dos agricultores vêm de todos os dados processados e visualizados em computadores ou aplicativos, incluindo gerenciamento, controle e monitoramento (QUEIROZ *et al.*, 2022).

Bersani *et al.* (2022) afirma que, os sistemas de controle e medição que tem como função a coleta de informações usando tecnologia sem fio móvel do ambiente de produção da estufa são aplicações de IoT. Esses sistemas coletam as informações necessárias sobre a temperatura, sinais do solo e umidade, com o intuito de monitorar e controlar toda a área das estufas por meio dos atuadores e sensores, permitindo a adaptação às mudanças ambientais. A união das vantagens de tecnologias emergentes, como os serviços Web e IoT, assegura uma maneira mais eficaz no gerenciamento dos dados e uso da energia.

4.1. A Necessidade da Automação: Perspectivas de Autores sobre o Cultivo em Estufas

Diversos estudos e autores concordam que a automação em estufas é essencial para otimizar a produção agrícola, especialmente em regiões com condições adversas. A automação não apenas facilita o controle de variáveis como temperatura e irrigação, mas também promove maior eficiência no uso de recursos, minimizando perdas e garantindo uma produção mais estável.

Mesmo diante de desafios como custos iniciais elevados e adaptação tecnológica, muitos especialistas defendem que essa prática é uma das melhores soluções disponíveis para aumentar a produtividade agrícola de maneira sustentável.

Como apresentado a seguir, as ideias apontadas por diferentes autores:

I. Segundo estudos realizados por Lin, Zhang e Xia (2021), o uso de estufas é considerado o mais eficiente para o desenvolvimento de plantações, pois é de extrema importância que o ambiente seja o mais adequado e eficiente possível, pelos motivos de alguns fatores, como por exemplo, o aumento da população mundial e infelizmente, a escassez de água e crises energéticas em algumas regiões;

II. Através de pesquisas feitas por La Notte et al. (2020), quando o assunto é estufas inteligentes, apontam que as chamadas High Technology Greenhouses HTGs (Estufas de Alta Tecnologia) muitas das vezes são construídas com uma estrutura de ferro galvanizado e vidro, ventilação, resfriamento, sistemas de controle para gerenciamento de aquecimento, luz natural ou artificial, resfriamento e fertilização com dióxido de carbono.

Onde através de novas gerações de tecnologias que se tornaram indispensáveis para se promover os avanços das estufas inteligentes, se tornando mais sustentáveis e autoalimentadas;

III. Apontam também Zhang *et al.* (2021) que é fundamental a utilização da automação em estufas devido à demanda por comida fresca, onde surge uma necessidade de maior eficiência energética dos sistemas e uma diminuição no consumo de água.

5. RESULTADOS

Os resultados obtidos demonstram uma melhora significativa na eficiência e produtividade do cultivo em estufas automatizadas em comparação com estufas tradicionais. Em estudos realizados, a automação reduziu em até 30% o consumo de água e energia, enquanto aumentou a produção agrícola em regiões de clima adverso. Essas estufas automatizadas possibilitaram o controle preciso de fatores como temperatura e irrigação, reduzindo o impacto de pragas e otimizando o crescimento das plantas (AGRISHOW, 2022).

Comparativamente, as estufas tradicionais apresentaram maiores dificuldades no controle desses fatores, resultando em maior vulnerabilidade às mudanças climáticas. Mesmo com custos iniciais mais elevados, os dados indicam que o retorno sobre o investimento em

automação é rápido e sustentável, tornando-se uma solução ideal para produtores que buscam maximizar sua produção de forma eficiente e sustentável.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa qualitativa apresentada ao longo do artigo enfatiza a importância das estufas automatizadas como uma solução para os principais desafios da agricultura moderna, como pragas, doenças e condições climáticas adversas. Essas tecnologias são essenciais para aumentar a produtividade e eficiência, atendendo à crescente demanda global por alimentos e destacando o papel vital da agricultura na segurança alimentar.

Os métodos tradicionais de plantio e cultivo embora tecnologicamente avançados, não conseguem atender à crescente demanda global por alimentos. No entanto, considera-se que a área da agricultura é de extrema importância para o País, pois é dela que se concentram a maior parte dos alimentos para a humanidade e a tecnologia tem se tornado cada vez mais essencial.

A adoção de inovações, como estufas inteligentes e monitoramento remoto, busca otimizar a produção, reduzir o uso de agrotóxicos e melhorar sua eficiência. À medida em que as demandas agrícolas aumentam, a indústria deve se adaptar, aproveitando a automação e a Internet das Coisas (IoT) para enfrentar os desafios e garantir a segurança alimentar.

REFERÊNCIAS

- AGRISHOW. (2022). **30% mais produtividade com plantio em estufa com alta tecnologia**. Agrishow Digital. Disponível em: <<https://digital.agrishow.com.br/tecnologia/30-mais-produtividade-com-plantio-em-estufa-com-alta-tecnologia>>. Acesso em: 22 set. 2024.
- APOLLO, F. (2023). **Automação de Estufas Agrícolas: Benefícios, Métodos e Custos**. ELYSIOS – Agricultura Inteligente. Disponível em: <<https://elysios.com.br/blog/automacao-de-estufas-agricolas-beneficios-metodos-e-custos/>>. Acesso em: 17 jun. 2024.
- BERSANI, C. et al. (2022). **Internet of things approaches for monitoring and control of smart greenhouses in industry 4.0**. Energies, MDPI AG, v. 15, n. 10, p. 3834. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/en15103834>>. Acesso em: 26 jun. 2024.
- BORBA, J.C., da Silva Tiscoski, N., Scarduelli Neto, V., Forte Ramos, S., Gruber, V., Leite Esteves, P. C., & da Mota Alves, J. B. (2022). **Estufas Inteligentes e Eficientes Energeticamente: uma análise descritiva da literatura**. Revista E-TECH: Tecnologias Para Competitividade Industrial - ISSN - 1983-1838, 15(1). Disponível em: <<https://doi.org/10.18624/etech.v15i1.1191>>. Acesso em: 18 jun. 2024.
- DIAS, L. (2023). **O Futuro das Estufas: Inteligência Artificial e Automação**. I Love Flores. Disponível em: <<https://iloveflores.com/futuro-estufas-inteligencia-artificial-automacao/>>. Acesso em 21 set. 2024.

- FERNANDES, D. G. (2017). **Sistema automatizado de controle de estufas para cultivo de hortaliças**. Universidade Federal de Santa Maria. Trabalho de Conclusão de Curso, Campus de Frederico Westphalen, Curso de Sistemas de Informação, RS. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/12958/TCCG_SIFW_2017_FERNANDES_D_OUGLAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 15 jun. 2024.
- GUERRA, A. (2023). **Estufas Inteligentes: A Revolução na Agricultura**. I Love Flores. Disponível em: <<https://iloveflores.com/os-beneficios-das-estufas-de-alta-tecnologia-automacao-e-controle-climatico/>>. Acesso em: 21 set. 2024.
- HERNÁNDEZ-MORALES, C. A. et al. (2023). **IoT-based spatial monitoring and environment prediction system for smart greenhouses**. IEEE Latin America Transactions, Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), v. 21, n. 4, p. 602–611, abr. Disponível em: <<https://doi.org/10.1109/tla.2023.10128933>>. Acesso em: 26 jun. 2024.
- IZHAR ALAM. (2023). **Structured, Semi Structured and Unstructured Data**. Online. Disponível em: <<https://k21academy.com/microsoft-azure/dp-900/structured-data-vs-unstructured-data-vs-semi-structured-data/#:~:text=Structured%20data%20is%20stored%20in,databases%20or%20other%20data%20table>>. Acesso em: 26 jun. 2024.
- LA NOTTE, L. et al. (2020). **Hybrid and organic photovoltaics for greenhouse applications**. Applied Energy, v. 278, p. 115582. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030626192031093X>>. Acesso em: 06 jul. 2024.
- LIN, D.; ZHANG, L.; XIA, X. (2021). **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. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306261921005973>>. Acesso em: 06 jul. 2024.
- MAGRANI, E. (2018). **A internet das coisas**. [S.l.]: Editora FGV. Disponível em: <<https://repositorio.fgv.br/server/api/core/bitstreams/b50af2ba-b001-4b1d-a1ad-5df985f6d1bb/content>>. Acesso em: 26 jun. 2024.
- MOTTA, F. (2019). **Parte 3: O que é e como funciona a Internet das Coisas na Agricultura**. ELYSIOS – Agricultura Inteligente. Disponível em: <<https://elysios.com.br/blog/parte-3-o-que-e-e-como-funciona-a-internet-das-coisas-na-agricultura/>>. Acesso em: 18 jun. 2024.
- QUEIROZ, D. M. de et al. (2022). **Agricultura digital**. [S.l.]: Oficina de Textos. Disponível em: <https://s3-sa-east-1.amazonaws.com/ofitexto.arquivos/degustacao/agricultura-digital-2ed_deg.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2024.
- TADA, G. M. (2021). **Da Roma antiga à contemporaneidade: a evolução das estufas**. ArchDaily Brasil. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/955119/da-roma-antiga-a-contemporaneidade-a-evolucao-das-estufas>>. Acesso em: 07 set. 2024.
- YANMAR. (2024). **Smart Greenhouse**. Disponível em: <https://www.yanmar.com/br/about/technology/vision3/smart_greenhouse/>. Acesso em: 10 set. 2024.
- ZHANG, W. et al. (2021). **Robust Model-based Reinforcement Learning for Autonomous Greenhouse Control**. arXiv Preprint. Disponível em: <<https://arxiv.org/abs/2108.11645>>. Acesso em: 06 jul. 2024.