



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS ARARANGUÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E
COMUNICAÇÃO

Janini Cunha de Borba

Explorando o futuro do cultivo: inovações em casas de vegetação inteligentes e eficientes energeticamente para a produção de mudas de bananeira e orquídea

Araranguá
2023

Janini Cunha de Borba

Explorando o futuro do cultivo: inovações em casas de vegetação inteligentes e eficientes energeticamente para a produção de mudas de bananeira e orquídea

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Mestra em Tecnologias da Informação e Comunicação.

Orientador: Prof. Vilson Gruber, Dr.
Coorientador: Prof. Roderval Marcelino, Dr.

Araranguá

2023

Borba, Janini Cunha de

Explorando o futuro do cultivo : inovações em casas de vegetação inteligentes e eficientes energeticamente para a produção de mudas de bananeira e orquídea / Janini Cunha de Borba ; orientador, Vilson Gruber, coorientador, Roderval Marcelino, 2023.

103 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Araranguá, Programa de Pós-Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação, Araranguá, 2023.

Inclui referências.

1. Tecnologias da Informação e Comunicação. 2. Inovação. 3. Casas de vegetação inteligentes. 4. Casas de vegetação eficientes. 5. Agricultura sustentável. I. Gruber, Vilson. II. Marcelino, Roderval . III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação. IV. Título.

Janini Cunha de Borba

Explorando o futuro do cultivo: inovações em casas de vegetação inteligentes e eficientes energeticamente para a produção de mudas de bananeira e orquídea

O presente trabalho em nível de Mestrado foi avaliado e aprovado, em 26 de outubro de 2023, pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Giuliano Arns Rampinelli, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

Prof. Júlio César de Farias Zilli, Dr.
Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC

Prof. Paulo César Leite Esteves, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

Certificamos que esta é a versão original e final do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de Mestra em Tecnologias da Informação e Comunicação.

Coordenação do Programa de Pós-Graduação

Prof. Vilson Gruber, Dr.
Orientador

Araranguá, 2023.

Dedico este trabalho aos meus irmãos, Diani e Joelson, meu namorado Victor, e principalmente aos meus pais, Ivam e Rosa.

AGRADECIMENTOS

Ao longo de nossas vidas construímos redes de relacionamento ligadas ao contexto familiar, afetivo, social, acadêmico e profissional. Cada pessoa dessa rede nos traz contribuições que por vezes perpetuam por uma vida inteira. Para tanto, deixo aqui registrado meus singelos agradecimentos pela disponibilidade, acompanhamento, contribuição e colaboração aos que aqui nomeio:

A Deus, pelo dom da vida, por sua infinita bondade e compaixão, por olhar por mim, por meus problemas e desafios diários, e que mesmo eu sendo falha, sei que me amas.

Aos meus pais, Ivam e Rosa, que nunca mediram esforços para verem seus filhos felizes e realizados, são esses, incentivadores diários de nossos sonhos e conquistas. Possuo plena consciência do empenho de vocês em nosso processo de educação.

Aos meus irmãos, Joelson e Diani, que desempenham o papel da descontração, da leveza e da socialização no dia a dia de meus estudos.

Ao meu namorado, Victor, por todo o apoio, amor e compreensão que me proporcionou durante este período desafiador da minha vida. Principalmente na reta final, onde eu já me encontrava cansada. Muito obrigada.

Ao meu professor orientador, Vilson Gruber e coorientador, Roderval Marcelino, grandes mestros na condução da pesquisa e elaboração dessa dissertação, sem vossa colaboração e dedicação não seria possível chegar até aqui. Muito obrigada.

Ao professor Júlio Zilli, grande amigo que a graduação me presenteou. Obrigada por me apresentar o universo da academia e da educação, por tantos conselhos, mentoria e oportunidades proporcionadas por meio do LabGENINT.

A todos os meus amigos, obrigada por escutarem meus desabafos e minhas lamúrias, por serem compreensivos na falta da minha presencialidade e principalmente por me motivarem a seguir e me proporcionarem momentos de animação e descontração.

Agradeço também, às organizações e instituições da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC Araranguá), representada pelo LabTel (Laboratório de Telecomunicações), LPA (Laboratório de Pesquisa Aplicada) e laboratórios NTEEL (Núcleo Tecnológico de Energia Elétrica); o Instituto Federal Catarinense (IFC Santa

Rosa do Sul); Foz do Chapecó Energia SA; CSC Energia; Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL); e Fundação de Amparo à Pesquisa e Extensão Universitária (FAPEU), todos membros do projeto de pesquisa (P&D – ANEEL) intitulado “Desenvolvimento de estufas inteligentes e eficientes energeticamente para cultivo de plantas de alto valor agregado aplicadas a comunidades lindeiras ou assentadas de usinas hidrelétricas.”

Ter todos vocês ao meu lado, tornou essa jornada acadêmica muito mais especial e significativa. Muito obrigada!

“Sem inovações, não há empreendedores; sem empreendedorismo, o capitalismo não gera retorno, e tampouco há o que possa impulsioná-lo.”

(Schumpeter, 1930)

RESUMO

A inovação desempenha um papel crucial na evolução da agricultura, impulsionando o desenvolvimento da chamada "agricultura inteligente", conceito este que envolve a aplicação de tecnologias, como automação, inteligência artificial, internet das coisas e energias renováveis, para otimizar a produção agrícola de forma sustentável e eficiente. Nesse sentido, a pesquisa teve como objetivo "Evidenciar e analisar os tipos de inovação presentes em uma casa de vegetação inteligente e eficiente energeticamente na produção de mudas de bananeira e orquídea". Metodologicamente, caracterizou-se como uma pesquisa com abordagem essencialmente qualitativa; exploratória, descritiva e comparativa, quantos aos fins; e bibliográfica, documental e um estudo de caso, quantos aos meios de investigação. A área de estudo abrangeu a "*smart and efficient greenhouse*" atrelada a teoria da inovação e suas classificações, bem como as Tecnologias da Informação e Comunicação e as tecnologias de geração de energia elétrica a partir de sistema fotovoltaico. Os dados de origem secundária foram coletados nos Relatórios Técnicos de Etapa (RTE's) do projeto de pesquisa de P&D da referida casa de vegetação. Primeiramente, se destacou como uma inovação de produto ao aprimorar significativamente as casas de vegetação, incorporando tecnologias como automação, inteligência artificial, internet das coisas e energia solar fotovoltaica. Além disso, a inovação de processo se manifestou através da eliminação de tarefas manuais repetitivas por meio da automação e do uso de sensores. No âmbito da inovação organizacional, a integração de sistemas e a operação remota via aplicativo *web* modificaram as rotinas de trabalho. A inovação em *marketing* concentrou-se na produção segura de mudas *premium* durante todo o ano, proporcionando controle total do processo e garantindo padronização e alta qualidade. Adicionalmente, a *smart and efficient greenhouse* trouxe inovações sociais ao fornecer mudas sem agrotóxicos, possibilitar a produção em áreas desafiadoras para a agricultura convencional, gerar empregos e fortalecer comunidades. Quanto ao grau de impacto, foi considerada radical e disruptiva, devido à mudança completa de paradigma e sendo evidenciada pelos resultados significativos no desenvolvimento das mudas de bananeira e orquídea. Quanto à difusão, foi categorizada como uma inovação para o mercado, uma vez que a incorporação de tecnologias avançadas em casas de vegetação ainda não é amplamente adotada, no entanto, possui o potencial de se disseminar e transformar a agricultura. Por fim, em relação ao grau de controle, a inovação foi caracterizada como "fechada", pois foi mantida internamente pela organização responsável no seu desenvolvimento, sem divulgação de seus resultados ou tecnologias para outros atores do mercado. A pesquisa enfatizou a necessidade crucial de inovação na agricultura, destacando o impacto positivo das casas de vegetação inteligentes e tecnologias associadas na eficiência e sustentabilidade. Essas inovações são vitais para enfrentar desafios globais e garantir um suprimento contínuo do cultivo agrícola. Concluindo, sugere-se para futuros trabalhos, explorar estratégias para acelerar a adoção das *smart and efficient greenhouses* no mercado regional, considerando aspectos legais e regulatórios, treinamento de agricultores e parcerias com organizações governamentais e não governamentais.

Palavras-chave: Inovação; Casas de Vegetação; Casas de Vegetação Inteligentes; Casas de Vegetação Eficientes; Agricultura Sustentável.

ABSTRACT

Innovation plays a crucial role in the evolution of agriculture, driving the development of the so-called 'smart agriculture,' a concept that involves the application of technologies such as automation, artificial intelligence, the Internet of Things, and renewable energies to optimize agricultural production sustainably and efficiently. In this context, the research aimed to 'Highlight and analyze the types of innovation present in a smart and energy-efficient greenhouse in the production of banana and orchid seedlings.' Methodologically, it was characterized as primarily qualitative research with exploratory, descriptive, and comparative approaches in terms of purpose; and bibliographic, documentary, and a case study in terms of research methods. The study area covered the 'smart and efficient greenhouse' linked to the theory of innovation and its classifications, as well as Information and Communication Technologies and electricity generation technologies from a photovoltaic system. Secondary data were collected from Technical Reports of Stages (RTEs) of the research and development (R&D) project of the mentioned greenhouse. Firstly, it stood out as a product innovation by significantly improving greenhouses, incorporating technologies such as automation, artificial intelligence, the Internet of Things, and photovoltaic solar energy. Furthermore, process innovation manifested through the elimination of repetitive manual tasks through automation and sensor use. In the realm of organizational innovation, system integration and remote operation via a web application modified work routines. Marketing innovation focused on the safe production of premium seedlings year-round, providing total control of the process and ensuring standardization and high quality. Additionally, the smart and efficient greenhouse brought social innovations by providing pesticide-free seedlings, enabling production in challenging areas for conventional agriculture, creating jobs, and strengthening communities. Regarding the degree of impact, it was considered radical and disruptive due to a complete paradigm shift, evidenced by significant results in the development of banana and orchid seedlings. Concerning diffusion, it was categorized as an innovation for the market, as the incorporation of advanced technologies in greenhouses is not yet widely adopted; however, it has the potential to disseminate and transform agriculture. Finally, concerning the degree of control, the innovation was characterized as 'closed' as it was kept internally by the organization responsible for its development, without disclosing its results or technologies to other market actors. The research emphasized the crucial need for innovation in agriculture, highlighting the positive impact of smart greenhouses and associated technologies on efficiency and sustainability. These innovations are vital to address global challenges and ensure a continuous supply of agricultural crops. In conclusion, it is suggested for future work to explore strategies to accelerate the adoption of smart and efficient greenhouses in the regional market, considering legal and regulatory aspects, farmer training, and partnerships with government and non-governmental organizations.

Keywords: Innovation. Greenhouses. Smart Greenhouses. Efficient Greenhouses. Sustainable Agriculture.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sistema On-grid versus Sistema Off-grid.....	44
Figura 2 - Casa de Vegetação Tradicional	56
Figura 3 - Sistema de aspersão de água	57
Figura 4 - Vista em perspectiva da casa de vegetação.....	60
Figura 5 - Cortina de aluminet e forro móvel.....	61
Figura 6 - Vista frontal e fundos da casa de vegetação.....	62
Figura 7 - Disposição das bancadas na Smart and Efficient Greenhouse	63
Figura 8 - Estação meteorológica.....	63
Figura 9 - Representação fotográfica da Smart and Efficient Greenhouse.....	64
Figura 10 - Sistema fotovoltaico instalado.....	65
Figura 11 - Circuito elétrico da casa de vegetação.....	66
Figura 12 - Esquema elétrico dos circuitos de iluminação.....	67
Figura 13 - Sistema de iluminação artificial.....	67
Figura 14 - Modelo do aquecedor instalado na casa de vegetação.....	68
Figura 15 - Sistema de irrigação e fertirrigação.....	69
Figura 16 - Casa de vegetação em perspectiva e apresentação do sistema de irrigação.....	70
Figura 17 - Exemplo de um dos módulos de sensores.....	73
Figura 18 - Interface de login do aplicativo web.....	74
Figura 19 - Comparativo da muda de banana em casa de vegetação tradicional versus smart and efficient greenhouse.....	81
Figura 20 - Resultado do desenvolvimento das mudas de orquídea.....	82
Figura 21 - Antese floral e muda florida.....	83

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Trabalhos do Repositório UFSC e PPGTIC associados às temáticas elencadas.....	24
Quadro 2 - Elementos fundamentais para a inovação.	27
Quadro 3 - Meios de investigação da pesquisa.....	50
Quadro 4 - Tópicos abordados Projeto Smart and Efficient Greenhouse.....	52
Quadro 5 - Natureza e origem dos dados de acordo com cada subseção.....	53
Quadro 6 - Caracterização da estrutura física da casa de vegetação tradicional.....	55
Quadro 7 - Caracterização da estrutura física da Smart and Efficient Greenhouse.	59
Quadro 8 - Sistema Controle: subclasse sensores e atuadores.....	72
Quadro 9 - Apontamento descritivo e comparativo da Casa de Vegetação Tradicional versus Smart and Efficient Greenhouse.....	75

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AI	Artificial Intelligence
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CT&I	Ciência, Tecnologia & Inovação
FAO	Food and Agriculture Organization
HCI	Human Computer Interaction
IEA	International Energy Agency
IoT	Internet of Things
NTIC	Novas Tecnologias da Informação e Comunicação
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PPGTIC	Programa de Pós-Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação
RETI	Renewable Energy Technology Innovation
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	19
1.2	OBJETIVOS DA PESQUISA.....	21
1.2.1	Objetivo geral	22
1.2.2	Objetivo específicos	22
1.3	JUSTIFICATIVA	22
1.4	ADERÊNCIA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO	23
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	25
2.1	INOVAÇÃO: CONCEITO E CARACTERÍSTICAS	25
2.1.1	Inovação quanto a área de negócio	29
2.1.2	Inovação quanto ao grau de impacto	30
2.1.3	Inovação quanto a difusão	32
2.1.4	Inovação quanto ao grau de controle	33
2.2	TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO	34
2.2.1	Inteligência artificial	36
2.2.2	Internet das coisas	39
2.3	TECNOLOGIAS DE GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR	42
2.4	CASAS DE VEGETAÇÃO: CONCEITOS E CARACTERÍSTICAS	44
2.4.1	Casas de vegetação inteligentes e eficientes	45
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	48
3.1	DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	48
3.2	DEFINIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	50
3.3	PLANO DE COLETA E ANÁLISE DOS DADOS.....	51
4	APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	54
4.1	CASA DE VEGETAÇÃO TRADICIONAL	54
4.1.1	Estrutura física	55
4.1.2	Estrutura energética	56
4.1.3	Estrutura hidráulica	57
4.1.4	Estrutura de controle e automação	58
4.2	SMART AND EFFICIENT GREENHOUSE	58
4.2.1	Estrutura física	59

4.2.2	Estrutura energética	64
4.2.3	Estrutura hidráulica	69
4.2.4	Estrutura de automação de controle.....	71
4.3	ANÁLISE COMPARATIVA DAS CARACTERÍSTICAS DAS CASAS DE VEGETAÇÃO.....	75
4.4	RESULTADOS DAS INOVAÇÕES	77
4.4.1	Quanto a área de negócio - Smart and Efficient Greenhouse.....	77
4.4.2	Quanto ao grau de impacto - Smart and Efficient Greenhouse	80
4.4.3	Quanto a difusão - Smart and Efficient Greenhouse	83
4.4.4	Quanto ao grau de controle - Smart and Efficient Greenhouse.....	84
5	CONCLUSÃO	85
	REFERÊNCIAS	90

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Varella, Medeiros e Silva Júnior (2012) o tema inovação começou a ser amplamente debatido por Schumpeter no início do século XX. No decorrer dos anos, seu trabalho foi maturando por meio de novas teorias do crescimento ligadas à inovação, elaborada pelos pesquisadores que o sucederam, alegando que a inovação e a mudança acontecem por meio de uma atratividade mútua, ou seja, um empreendedor de sucesso atrai outro e assim os resultados são multiplicados.

A palavra “inovação” em seu significado pode remeter tanto uma atividade quanto o resultado de tal. No entanto, a definição geral de uma inovação pode ser dita como um produto ou processo novo ou melhorado, e em alguns casos até a combinação de ambos, que se diferencia de forma significativa dos produtos e processos anteriores (OECD, 2018).

Schumpeter (1934) define a inovação como a introdução comercial de um novo produto ou “uma nova combinação de algo já existente” criados a partir de uma invenção que por sua vez pertence ao campo da ciência e tecnologia.

O universo da inovação é amplo e oferece diferentes aspectos, assim como elenca Tidd e Bessant (2015) ao pontuarem o grau de inovação, que pode ser incremental ou radical (inovação descontínua), ou seja, caso surja uma mudança no mercado, o nível da inovação em um componente ou arquitetura e o aspecto de tempo/oportunidade que se relaciona ao ciclo de vida da inovação.

De acordo com Schumpeter (1942), a inovação é um processo essencial para o desenvolvimento econômico, onde novas combinações de recursos são introduzidas no mercado, gerando discontinuidades e impulsionando o crescimento econômico. No âmbito agrícola, o uso da inovação em casas de vegetação inteligentes e eficientes energeticamente se encaixa nessa perspectiva, ao permitir a introdução de tecnologias e práticas disruptivas que transformam o modo como as culturas são cultivadas.

A pertinência da temática fundamenta a necessidade de geração de alimentos no mundo. Segundo a FAO - Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (2022) e Kumar *et al.* (2019) até 2040 a população deve aumentar em até 9 bilhões de pessoas. Dessa forma, à medida que a população cresce, cresce também a demanda por alimentos frescos e saudáveis. Além disso,

há o efeito das mudanças climáticas, diminuição do abastecimento de água e impactos ambientais relacionados a intensa produção agrícola, o que assim a FAO ressalta sobre o desafio do aumento de produção com menor uso dos recursos naturais, colocando em evidência a necessidade do uso de sensores inteligentes e tecnologia da informação e comunicação (TIC) convergindo ao que tem se chamado de *Smart Agriculture* (em português Agricultura Inteligente).

Com tal aumento da população previsto até 2040, é necessário melhorar a produção para que seja possível alimentar tantas pessoas. Além do mais, a população está aumentando e as terras agrícolas diminuindo, por conta do processo de industrialização, construção de mercados comerciais e edifícios residenciais em locais de produção agrícola, reforçando a implementação de agricultura inteligente a partir de dispositivos e tecnologias em nuvem e Internet das Coisas (Dagar; Som; Khatri, 2018).

As taxas de produção agrícola tradicional têm sido afetadas pelos efeitos do aquecimento global que reflete nas mudanças climáticas, tendo em vista que essa queda ocorre em ambientes desprovidos de manutenção das condições ideais e fundamentais para o crescimento e floração das plantas (luz solar, temperatura, umidade, quantidade de água, entre outros). Ademais, a população urbana tem aumentado e as áreas verdes diminuído, validando a necessidade de métodos que permitam a produção de alimentos em ambientes controlados e com recursos hídricos racionados (Cerri *et al.*, 2007, García; González, 2017).

Diante do contexto apresentado, ainda se destaca a conexão da temática com um dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), representado pelo Objetivo 2, denominado “Fome Zero e Agricultura Sustentável”, ao qual contempla: “Erradicar a fome, alcançar a segurança alimentar, melhorar a nutrição e promover a agricultura sustentável” (Brasil, 2023).

Em reflexão a tal exposição, destaca-se que desde tempos imemoriais, a produção agrícola é influenciada pela localização geográfica e pelo clima, e sendo assim, os trabalhadores não detinham capacidade para mudar isso até o surgimento da casa de vegetação, que possibilitou o controle de variáveis, tais como o ajuste de intensidade da luz, temperatura e umidade, tornando possível o cultivo a qualquer hora e em qualquer lugar (Li; Deng; Ding, 2008).

A escassez de pessoas engajadas no setor agrícola também contribuiu para uma agricultura inteligente e de precisão, com implementação de automação para

controle de fertilizantes, água e outros fatores ambientais. Nesse universo, a *IoT* (*Internet of Things*) e a *AI* (*Artificial Intelligence*) tem se tornado as mais importantes entre a automação, oferecendo conexão, integração e análise no que se refere a diversos objetos físicos compostos por sensores e eletrônicos sem a intervenção humana (Chung; Breshears; Yoon, 2018).

Para tanto, apesar do aspecto inovativo não estar apenas vinculado ao contexto tecnológico, cabe destacar que o estudo em questão pretende associar a inovação ao uso das Novas Tecnologias da Informação e Comunicação (NTIC's) atrelados ao âmbito computacional, tais como o uso da *IoT*, inteligência artificial, lógica *fuzzy* e tecnologias energéticas na composição de casas de vegetação inteligentes.

Brasil (2019) caracteriza as casas de vegetação por serem um instrumento de proteção ambiental no cultivo de hortaliças, flores e outras plantas. Na prática, elas são construídas a partir de diversos materiais, como madeira, concreto, ferro, alumínio, etc, e coberturas transparentes que permitem a passagem da luz solar para crescimento e desenvolvimento das culturas.

Moreno, Suarez e Garcia (2021) ainda complementam como sendo ambientes climatizados que possibilitam as melhores condições no desenvolvimento das plantas. Para tanto, grande parte dos parâmetros esperados são controlados de forma manual, tais como temperatura, umidade, pH e índice de calor, o que faz com que necessite de um ou mais operadores. Ao se fazer uso de sensores, atuadores e módulos combinados a Internet das Coisas, se alcança um monitoramento autônomo proporcionando bom desempenho no crescimento da cultura e além da facilidade de armazenamento de todos os dados em nuvem para acesso a qualquer hora.

Essa autonomia nas casas de vegetação, é a maneira de controlar as variáveis de forma mais eficiente e precisa no que se refere aos fatores influentes no crescimento da planta, tendo a possibilidade ainda de leitura dos dados dos sensores para utilização nas tomadas de decisão. A tecnologia permite a integração entre sistemas e equipamentos que possibilitam a realização de comandos automáticos local ou a distância, a partir de um aparelho móvel (Loureiro *et al.* 2018).

Com isso, este estudo visa “Evidenciar e analisar os tipos de inovação presentes em uma casa de vegetação inteligente e eficiente energeticamente na produção de mudas de bananeira e orquídea.”

Por conseguinte, esta dissertação foi estruturada em cinco capítulos: o primeiro capítulo consiste na parte introdutória, que apresenta a contextualização e delimitação do estudo; o segundo capítulo reflete a fundamentação teórica que abarca o embasamento de conteúdo acerca da temática; o terceiro capítulo aponta os procedimentos metodológicos; o quarto capítulo contempla a apresentação e discussão dos resultados; e o quinto capítulo apresenta a conclusão da referida dissertação.

1.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

Os avanços tecnológicos trouxeram à tona diversos recursos facilitadores para a população em geral. São recursos que melhoraram de forma significativa a telecomunicação, o comércio internacional, o acesso à informação e a educação, os processos industriais, bem como melhorias e evolução ao universo agrícola.

Agentes públicos e pesquisadores têm voltado seus olhares à relação entre ciência, melhoria da tecnologia e mudança na produtividade por meio do processo de aprendizagem. No entanto, essa visão tem sido mais enfatizada no setor industrial. Poucos são os estudos da agricultura que concernem tanto a teoria quanto a análise quantitativa. Com o passar das décadas, a terra tem se tornado um recurso escasso e logo estabelecendo um limite para a produção agrícola, como também o uso eficiente da água passou a ser essencial no aspecto produtivo. Por consequência, o estabelecimento de tecnologia na agricultura moderna revela-se essencial para os ganhos de produtividade e para a gradação sustentável (Vieira Filho; Fishlow, 2017).

Ademais, o desafio nacional e global converge em alcançar soluções sustentáveis que possibilitem conciliar o desenvolvimento juntamente a conservação dos recursos naturais, já que a própria comunidade científica tem posto em alerta, limites críticos que vários indicadores ambientais já atingiram, tendo em vista que o planeta terra possui capacidade limitada e finita em resposta às crescentes demandas humanas, concluindo que, nosso planeta alcançou uma condição em que não é mais possível retornar ao estado inicial.

Admite-se que indicadores como taxa de perda da biodiversidade, mudanças climáticas e ciclos de nitrogênio e fósforo já teriam atingido limites críticos. Ou seja, o sistema atingiu uma condição inelástica que não permite por conta própria retornar ao seu estado inicial. E já estaríamos nos aproximando dos limites críticos no tocante a indicadores como uso de água potável, alterações do uso de solo, acidificação dos oceanos e poluição química, como por exemplo de aerossóis atmosféricos (Rockström *et al.*, 2009).

Contudo, o avanço acelerado das Tecnologias da Informação e Comunicação tem impactos profundos em todas as esferas tecnológicas, inclusive na agricultura, sendo capaz de transformar a agricultura tradicional em um sistema moderno e eficiente (Fernando; Assegaff; Rohayani, 2016). A agricultura representa uma das principais bases econômicas de um país. A adoção das tecnologias de informação na forma de agricultura inteligente busca alcançar o controle preciso da irrigação, aplicação de fertilizantes, prevenção de doenças e pragas, otimizando assim o cultivo de diversas culturas (Hu *et al.*, 2019).

De acordo com Silva *et al.* (2023), a implementação das tecnologias digitais da Indústria 4.0 no agronegócio possibilitará uma transição da agricultura tradicional para a Agricultura 4.0, sendo a inovação aberta um importante facilitador nesse processo, contribuindo para aumentar a competitividade do setor. Entretanto, ainda há incertezas e questionamentos sobre como exatamente as tecnologias digitais e a inovação aberta se relacionam e impulsionam a Agricultura 4.0. O estudo também identificou que a Internet das Coisas (*IoT*) é a tecnologia da Indústria 4.0 que apresenta maior aderência ao agronegócio, destacando-se como uma das principais soluções para o setor.

Ademais, ao adentrar no universo das casas de vegetação, Moreno, Suarez e Garcia (2021) salientam que o uso da Internet das Coisas, com sensores, atuadores e módulos para controle e monitoramento autônomo de variáveis como temperatura, umidade, pH e índice de calor, permite manter as condições ideais para o desenvolvimento das plantas. Essa abordagem proporciona um bom desempenho no crescimento das plantas, além de permitir o armazenamento e acesso de registros na nuvem através de plataformas, eliminando a necessidade de visitas repetidas dos operadores às casas de vegetação.

Diante do exposto, o próprio Manual de Oslo da OECD (2018) defende em seu princípio fundamental de que a inovação não só pode, como deve ser medida,

tendo por base em sua conceituação, aspectos que incluem o papel do conhecimento como alicerce para a inovação, quesitos de novidade e qualidade, bem como criação ou preservação de valor como o objetivo presumido de inovação.

Para tanto, tendo em vista essa e as demais abordagens no que se refere a inovação atrelado ao universo agrícola inteligente, representado aqui pela casa de vegetação inteligente e eficiente energeticamente é que se tem a seguinte pergunta de pesquisa: **“Quais os tipos de inovações estão presentes em uma casa de vegetação inteligente e eficiente energeticamente para produção de mudas de bananeira e orquídea?”**.

Em complemento, esta pesquisa está pautada no projeto de Pesquisa e Desenvolvimento ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), código 02949-3107/2021, intitulado “Desenvolvimento de estufas inteligentes e eficientes energeticamente para cultivo de plantas de alto valor agregado aplicadas a comunidades lindeiras ou assentadas de usinas hidrelétricas”.

Este projeto buscou melhorar e ampliar a visão de que empreendimentos hidrelétricos são sustentáveis e estão alinhados com as demandas do século XXI, tendo como objetivo, proporcionar a comunidades lindeiras de barragem de hidrelétricas uma forma alternativa de geração de renda e conseqüentemente aumento da qualidade de vida.

Por fim, o produto do P&D ANEEL foram dois protótipos de estufas inteligentes e eficientes energeticamente, medindo 12 x 8 metros, com monitoramento e controle de variáveis como temperatura ambiente, de substrato, umidade relativa, irrigação, luminosidade e níveis de gás carbônico (CO₂) para garantir condições ótimas e, conseqüentemente, aumento de produtividade das culturas, decorrendo a integração de diversas tecnologias, eficiência energética, inteligência computacional, *IoT* e produção de mudas em ambiente controlado.

1.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

Tendo em vista a temática e problematização apresentadas, faz-se saber os objetivos que subsidiarão os parâmetros de elaboração da referida dissertação, tendo por base, o objetivo geral e específicos que nortearão a pesquisa.

1.2.1 Objetivo geral

Evidenciar e analisar os tipos de inovação presentes em uma casa de vegetação inteligente e eficiente energeticamente na produção de mudas de bananeira e orquídea.

1.2.2 Objetivo específicos

Para que se alcance o objetivo geral desta dissertação faz-se necessário o cumprimento dos seguintes objetivos específicos:

- a) Estudar as teorias e principais tipos de inovação;
- b) Investigar as principais tecnologias e estratégias utilizadas em casas de vegetação inteligentes e eficientes energeticamente;
- c) Descrever as características compreendidas em uma casa de vegetação tradicional e na casa de vegetação inteligente e eficiente energeticamente;
- d) Comparar as características compreendidas em uma casa de vegetação tradicional e na casa de vegetação inteligente e eficiente energeticamente;

1.3 JUSTIFICATIVA

Zogbi (2008) defende que todos precisam participar de processos inovadores, seja esse em maior ou menor grau para que se possa continuar competindo de forma saudável no mercado. Esse princípio está relacionado aos seguintes fatos: as tendências ocorrem em um espaço de tempo muito mais curto; a forma como as coisas acontecem no mercado é quase imprevisível, ou seja, é necessário acompanhar o ritmo, pois segue cada vez mais acirrada, tendo em vista que os próprios gestores precisam ceder em alguns pontos para viabilizar o negócio; e por fim, o aspecto da globalização altera o sentido de atuação geográfica dos negócios e a complexidade como um todo.

Postura estratégica, inovação tecnológica e transnacionalização das empresas são como catalisadores que podem contribuir para transformar o cenário

socioeconômico brasileiro. Uma forma de recuperar, pelo menos em parte as nefastas consequências das décadas de 1980 e 1990, que aumentaram a lacuna tecnológica entre os países desenvolvidos, o Brasil e a América Latina, é tentar escapar do aprofundamento da atual assimetria da divisão internacional do trabalho (Mattos; Guimarães, 2005).

Em termos de Brasil, entre a década de 1970 e final da década de 1980, o setor agrícola passou a ser baseado no conhecimento e na ciência. Na década de 70, os agentes políticos estavam cientes do problema de produção e decidiram investir em serviços de pesquisa e extensão rural. A Embrapa foi criada em 1973, tendo como missão, fornecer soluções para pesquisa, desenvolvimento e inovação na agricultura, a fim de evitar iminente crise de desabastecimento alimentar (Vieira Filho, Fishlow, 2017).

Sendo assim, é consenso considerar que muitas empresas gostariam de ser inovadoras e reconhecidas como tal, assim como terem resultados positivos a partir do investimento aplicado em inovação. Contudo, implementar processos de inovação ao ponto em que o tema seja incorporado ao planejamento estratégico da organização, normalmente só ocorre a partir do reconhecimento de ameaças imediatas (Coral; Ogliari; Abreu, 2008).

1.4 ADERÊNCIA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO

O Programa de Pós-Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação (PPGTIC) da Universidade Federal de Santa Catarina, Campus de Araranguá, é um programa interdisciplinar que abarca a área da Tecnologia e Inovação, tendo em vista que o mesmo foi estruturado em três eixos de pesquisa: Tecnologia Educacional, Tecnologia Computacional e Tecnologia, Gestão e Inovação.

Para tanto, a aderência dessa dissertação está atrelada a linha de pesquisa de Tecnologia, Gestão e Inovação. Esse eixo de pesquisa tem por prioridade trabalhar as Novas Tecnologias da Informação e Comunicação no sentido de desenvolver novas metodologias, técnicas e processos para a gestão das organizações.

Contudo, a temática da inovação em casas de vegetação inteligentes e eficientes energeticamente está apoiada no uso das Novas Tecnologias da Informação e Comunicação, por assim fazer uso delas na operacionalização da *smart and efficient greenhouse*, além que o uso de casas de vegetação é um modelo de negócio promissor para o ambiente agrícola, trazendo uma solução e contribuição para a sociedade.

Diante do exposto, no que tange a aderência junto ao PPGTIC, uma busca foi realizada no repositório da UFSC de Teses e Dissertações para avaliação e verificação de estudos anteriores com a temática de “Inovação” e/ou “Estufas” (e sinônimos), como elencados no Quadro 1.

Quadro 1 - Trabalhos do Repositório UFSC e PPGTIC associados às temáticas elencadas.

BASE	QUANTIDADE	PALAVRA NO TÍTULO	QUANTIDADE	BASE
Repositório UFSC	5.596	Inovação	32	Repositório PPGTIC
	2.253	Estufa	0	
	132	Casa de Vegetação	1	
	200	Ambiente Controlado	0	

Fonte: elaboração da autora a partir de Brasil (2023).

Com isso, é percebido um volume maior de estudos no que se refere a área da inovação, seja essa, no âmbito organizacional, educacional, meio público etc., tendo em vista que dos 5.596 trabalhos do repositório da UFSC, 32 deles são pertencentes ao PPGTIC. Ademais, no que tange a temática “estufa” ou seus sinônimos como elencado no Quadro 1, constata-se uma deficiência de pesquisa na área, com apenas 1 dissertação que apresenta aderência com o tema aqui proposto nesse estudo.

A dissertação em questão, intitulada “Agricultura de precisão em casas de vegetação: controle e gestão de cultivo em produção de mudas” teve como objetivo examinar a conexão entre agricultura de precisão e sua aplicação nas casas de vegetação para a produção de mudas de tupinambor, araruta e açafraão-da-terra com a elaboração de um modelo experimental utilizando tecnologias embarcadas, como Arduino, Raspberry, sensores e atuadores, juntamente com um sistema *web* dedicado que possibilita o acompanhamento das ações executadas pelo protótipo (Ferraz Filho, 2018).

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

No contexto da pesquisa em questão, a fundamentação teórica desempenha um papel crucial ao estabelecer as bases conceituais e tecnológicas que sustentam a abordagem da casa de vegetação inteligente e eficiente energeticamente na produção de mudas de bananeira e orquídea.

Esta seção explora uma gama diversificada de tópicos, que variam desde as dimensões da inovação até as tecnologias da informação, comunicação e geração de energia solar. Cada subseção é projetada para fornecer uma compreensão das características que definem essa abordagem, preparando o terreno para a análise e os resultados apresentados posteriormente na pesquisa.

2.1 INOVAÇÃO: CONCEITO E CARACTERÍSTICAS

A então conhecida expressão “Revolução Tecnológica”, ocorrida nas últimas décadas, induziu grandes transformações na sociedade, constantemente utilizada para fundamentar todas as alterações a nível de economia e principalmente da atividade industrial. Tendo em vista que a tecnologia se posiciona na condição de peça-chave a um crescimento econômico sustentável, bem como de melhoria da qualidade de vida, sendo assim é que se faz necessário entender as interações entre o desenvolvimento tecnológico, a economia e a sociedade de maneira a estabelecer estratégias de atuação com intenção ao desenvolvimento global duradouro da sociedade (Fernandes, 2004).

Levantamentos acerca da inovação tecnológica vieram à tona a partir da década de 60, com a então elaboração do Manual Frascati, uma iniciativa da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE). Tal manual tornou possível conceitos e definições no que versa as atividades de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e revelou a criação de sistemas de indicadores de esforço e performance tecnológica. Para tanto, atualmente se faz uso do Manual de Oslo como referência conceitual e de metodologia para avaliar o processo de inovação, esse que comporta o conceito inovativo de forma mais abrangente (Tigre, 2019).

A temática da tecnologia passou a ser considerada fator propulsor da economia com Schumpeter (1934), quando em sua pesquisa, o autor assinalou que a inovação é força propulsora das modificações mundiais, sendo a potência maior

do desenvolvimento das nações de maneira que a empresa se torne um bem raro no mercado, por somente ela possuir diferenciais na entrega de produtos e serviços, tornando-se destaque no cenário competitivo global. O autor ainda destaca que somente com inovação é que as nações são capazes de dar grandes saltos de crescimento possibilitando diferenciação perante os demais países ou mercados.

A dinâmica da inovação acrescenta valor aos produtos, auxiliando as organizações a sobreviverem num mercado em crescente competitividade. As inovações possuem múltiplas utilidades: dão acesso a novos mercados, ampliam lucros, concebem emprego e renda, fortificam marcas. Essas vantagens tornaram-se essenciais para a manutenção das organizações no universo globalizado a qual pertencem, onde elas são obrigadas não só a competir no mercado doméstico como internacional, com concorrentes instalados em qualquer lugar do mundo (OECD, 2005).

Em consonância a isso, Mattos e Guimarães (2005) ainda revelam que a inovação se tornou uma espécie de “religião” industrial no final do século XX, onde o mundo empresarial a vê como peça crucial para lucros e fatias de mercado crescentes, bem como os próprios governos buscam pela inovação quando pretendem colocar ordem na economia. Em todo o mundo, a veemência da inovação representa a linguagem da economia do bem-estar do pós-guerra.

Há relatos relacionados ao chamado velho mundo (Europa, Ásia, Norte da África e Egito principalmente) no que se refere a inovação, em que acontecia de forma experimental nas pequenas comunidades rurais e auxiliava mesmo que imprecisamente ao desenvolvimento da agricultura, indústria e comércio. Por não haver separação entre zona urbana e zona rural e nem entre os setores da economia, tudo acontecia em meio a essas pequenas localidades cercadas por fazendas e assim o que inventava numa vila era difundido para as demais por meio dos tropeiros e mascates (Zuin *et al.*, 2006).

Com o passar dos anos, a inovação passou a ser vista como base na representação do impulsionamento no desenvolvimento dos países, tornando necessária uma definição comum que evitasse equívocos em seu entendimento e ao mesmo tempo possibilitasse o alcance de dados estatísticos para comparações no contexto internacional, surgindo aí o Manual de Oslo, um dos materiais mais consultados no mundo quando o assunto é Inovação (Silva *et. al*, 2018).

A OCDE (2018) define o Manual de Oslo como o modelo de guia internacional para coletar e usar dados que se referem a inovação, descrevendo o que é e como a inovação deve ser medida, tendo em vista características, fatores internos e sistêmicos que condicionam inclusive pré-requisitos de busca e análise de políticas de fomento à inovação.

No escopo da inovação, Freitas Filho (2013) a define a partir da apresentação de uma mudança no estado natural das coisas, alcançada por meio de transformações significativas e introduzidas a produtos, processos ou serviços. Na visão do autor, o ato de inovar está relacionado à capacidade das pessoas em utilizar sua criatividade, conhecimento e habilidades no sentido de gerar uma mudança no *status quo* do produto, de um serviço, de um novo processo produtivo, de uma nova tecnologia, ou ainda na criação de um novo mercado ainda não explorado.

Tendo em vista tal explanação, Freitas Filho (2013) aponta a combinação de 3 elementos fundamentais para a inovação, evidenciados no Quadro 2.

Quadro 2 - Elementos fundamentais para a inovação.

CONHECIMENTO	CRIATIVIDADE	EMPREENDEDORISMO
É necessário ter conhecimento acerca do assunto para que assim se possa inovar. Trata-se de um ponto importante quando se vai rodar uma seção de geração de ideias. A preparação é fundamental e os conhecimentos sobre a temática precisam ser nivelados a partir de algum parâmetro ou com a presença de especialistas na participação do processo.	A criatividade pode ser dita como o princípio da inovação. É necessário criatividade para que se possa inovar, logo, as pessoas criativas tornam-se essenciais para o processo, pois é partir delas que surgiram a maior quantidade de ideias e propostas e além disso farão as ligações entre as ideias apresentadas.	A característica empreendedora retrata o “fazer acontecer”, ou seja, a colocação da ideia em prática. Pessoas que apresentam tal perfil são fundamentais para o processo inovativo, pois são elas que farão a execução do projeto, tirarão a ideia do papel e traçarão o caminho da ideia até a realidade.

Fonte: elaboração da autora a partir de Freitas Filho (2013).

Corroborando com os elementos fundamentais para a inovação e a ideia levantada no Quadro 2, Scherer e Carlomagno (2016) acrescentam ainda que, a inovação não é uma atividade ocasional, pois trata-se de um processo que demanda gerenciamento desde a ideia inicial até sua implementação. Tal processo se inicia com a idealização, conceituação, experimentação até chegar à fase de implementação.

Keeley *et al.* (2016) ressaltam que a prosperidade e a sobrevivência no mercado advêm da necessidade de inovar, ou seja, nada dura para sempre, o que reforça a ideia de constância no âmbito da inovação a fim de consolidar sucesso nas ações organizacionais, já que muitas empresas pecam justamente pela inconsistência de suas práticas vinculadas a inovação.

Para tanto, hoje, a ideia de inovação é amplamente aceita, tornou-se parte da cultura, quase ao ponto de se tornar um clichê, o que significa por exemplo, que as organizações ao buscarem pela sobrevivência no mercado precisam ser capazes de se adaptar e progredir (Trott, 2012). Trata-se do uso da inovação, seja ela em produto, processo ou serviço.

A Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) formam um trinômio que contribui fortemente para a competitividade de um país. São conceitos distintos embora muitas vezes complementares. Cabe a cada empresa identificar sua necessidade e entender a melhor forma de utilizar um ou outro, ou todos (Carvalho; Reis; Cavalcante, 2011).

Tidd e Bessant (2015) ainda corroboram acerca da contribuição da inovação em outros aspectos, como por exemplo a correlação existente entre novos produtos e o desempenho de mercado, ou seja, novos produtos auxiliam na conquista e manutenção de mercado e ampliam a lucratividade.

Dessa forma, os maiores impulsionadores da implementação da inovação são: alcance de vantagem competitiva sustentável; obtenção de transformação na direção de estratégias; busca de uma nova ferramenta para crescimento nos negócios; necessidade de gerar oportunidades de evolução para atingir metas de receita de longo prazo; anseio por aumento de fatia de mercado; valorização da gestão colaborativa no desenvolvimento da estratégia (Coral; Ogliari; Abreu, 2008).

Para Tidd, Bessant e Pavitt (2008), a inovação pode ser dita como a criação de novas possibilidades por intermédio da combinação de diferentes conjuntos de conhecimentos, sendo que essas podem acontecer na forma do que é tecnicamente possível ou ainda de uma configuração respondente a uma necessidade articulada ou latente. Isso quer dizer que o conhecimento pode surgir de alguma vivência, experiência, ou pode ser o resultado de um processo de busca (por tecnologias, mercados, ações da concorrência etc.).

Dada a caracterização sistêmica do processo de inovação, vista pela articulação entre diferentes atores e instituições é que se denota uma concepção

cada vez mais aceita a fim de captar o enredamento do processo inovador. Esta abordagem, de caráter evolucionista e *neoschumpteriano*, visou há alguns anos, o conceito de Sistemas de Inovação (SI) para avaliar não apenas a sua sistematização, como também a relevância das políticas públicas para orientação, suporte, seja esse legal e financeiro, e até mesmo para implementação das atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D), entre demais atividades que podem conduzir a inovação (Buainain; Bonacelli; Mendes, 2015).

Contudo, os tópicos a seguir complementam o conteúdo da inovação ao revelar os tipos e suas características.

2.1.1 Inovação quanto a área de negócio

Segundo Coral, Ogliari e Abreu (2008), uma inovação é a concretização de um **produto**, que pode ser tangível ou não tangível, novo ou significativamente melhorado, além que pode abarcar um processo, um novo método de marketing, ou uma nova metodologia organizacional nas técnicas de negócios, na organização da área de trabalho ou nas conexões externas.

As inovações de **processo** revelam modos de operação tecnologicamente novas ou consideravelmente aprimoradas, alcançadas pela penetração de novas tecnologias de produção, bem como métodos novos ou aperfeiçoados de manejo e entrega de produtos. Para caracterizar os resultados da inovação de processos é necessário que haja alteração significativa na qualidade do produto ou dos custos de produção e de entrega (Tigre, 2006).

Tidd, Bessant e Pavitt (2008) esclarecem que um novo modelo de carro, pacote de seguro contra acidentes para bebês recém-nascidos e um novo sistema de entretenimento doméstico concerniriam exemplos de inovação de produto, no entanto, mudança nos artifícios de fabricação ou nos equipamentos empregados para produzir o carro ou o sistema de entretenimento doméstico, ou mesmo nos procedimentos administrativos, no caso do seguro, seriam exemplos de inovação de processo.

Ainda no âmbito da inovação quanto à área de negócio, há a inovação **organizacional**. Essa inovação é a implementação de uma nova metodologia organizacional nas rotinas de negócios da empresa, arranjo do local de trabalho ou relacionamentos com o meio externo. As inovações no arranjo do local de trabalho

abrangem a implantação de novos métodos de delegação de responsabilidades e tomada de decisão entre os colaboradores para o fracionamento do trabalho dentro e entre as atividades da empresa, assim como novas concepções para a estruturação dos trabalhos e integração de diferentes atividades empresariais (OECD, 2005).

No que tange às inovações em **marketing**, essas circundam a implementação de novos métodos mercadológicos. São capazes de incluir modificações na aparência do produto e sua embalagem, na divulgação e distribuição do produto e em metodologias para definir preços de benefícios e serviços (Coral; Ogliari; Abreu, 2008).

Sobre a inovação **social**, Soule, Malhotra e Clavier (2022) da *Stanford Business*, revelam que se trata do processo de elaborar e implantar soluções eficazes para questões sociais e ambientais desafiadoras e muitas vezes sistêmicas em auxílio ao progresso social. A inovação social não é privilégio de uma forma organizacional ou ordenação legal. As soluções comumente requerem a colaboração ativa dos membros do governo, das empresas e do mundo sem fins lucrativos.

E por fim, a inovação no **modelo de negócios** engloba todos os principais processos de negócios, como produção, arranjos logísticos, de *marketing* e cooperativos em uso, assim como os principais produtos que uma empresa vende. Uma empresa pode utilizar um único ou vários modelos de negócios ao mesmo tempo, para variadas linhas de produtos ou mercados. A literatura da gestão da inovação assinala que modelos de negócios bem-sucedidos estabelecem um método para melhor atender às necessidades dos consumidores em relação ao que os concorrentes são capazes de oferecer e uma fórmula de lucro para obter receita com entrega de utilidade aos clientes (Johnson; Christensen; Kagermann, 2008).

2.1.2 Inovação quanto ao grau de impacto

Ao longo das alterações de mercado, das tendências e da inovação nos negócios, novos modelos foram criados para preencher lacunas nos modelos existentes. Realizados para atender as ofertas mais incrementais, nas quais o produto se ajustava às necessidades dos clientes, porém representava alto grau de

semelhança a produtos existentes e de familiaridade com o consumidor (Echeveste; Kulpa; Sonego, 2020).

De acordo com a inovação **incremental**, esta condiciona melhorias moderadas nos produtos e processos de negócios em vigor. Pode ser presumida como uma prática de resolução de problemas em que a meta é clara, mas não a forma de chegar até ela, dessa forma necessita ser resolvida. O acréscimo da inovação incremental elimina a insegurança jurídica provocada pela lacuna e omissão em relação a um segmento muito relevante das atividades de pesquisa, tecnologia e inovação (Davila; Epstein; Shelton, 2007; Verde; Miranda, 2019)

Por outro lado, a inovação **radical** é o agrupamento de novos produtos e/ou serviços oferecidos de maneiras inteiramente novas. Pode ser presumida em termos de um exercício de investigação no qual pode realmente haver alguma coisa relevante numa determinada direção, desconhecendo-se, porém, o que será essa coisa importante, quando encontrada (Davila; Epstein; Shelton, 2007).

Na visão de Tigre (2006), a modificação tecnológica é considerada radical quando rompe os percursos existentes, originando uma nova rota tecnológica. No geral, a inovação radical é fruto de atividades de P&D e tem uma característica descontínua no tempo e nos setores, isto é, trazendo um salto de produtividade e promovendo uma nova trajetória tecnológica incremental.

No âmbito da inovação **disruptiva**, essa se estabelece em aplicações simples em um nicho e depois se propaga por todo o mercado, eventualmente desarticulando concorrentes estabelecidos. Pesquisas de inovação podem coletar subsídios sobre a entrada de novos concorrentes no mercado da empresa e perspectivas sobre futuras fontes de pressões competitivas, abarcando novos entrantes com modelos de negócios disruptivos ou empresas com inovações concorrentes (OECD, 2018).

Ainda no que se estabelece a inovação quanto ao grau de impacto, as oportunidades podem ser vistas por meio de um relevante viés: os componentes dentro de sistemas maiores. As inovações que modificam as coisas em termos de componentes e aquelas que causam mudanças maiores em um sistema. Essas são mudanças no escopo da **arquitetura** de sistema que reproduzem as regras do jogo para os que estão envolvidos no nível dos componentes (Tidd; Bessant, 2015).

Por conseguinte, a inovação **modular** modifica o conceito do *design* dominante de uma tecnologia. Esse tipo de inovação implica na alteração de um

produto sem efetuar nenhuma mudança na estrutura, ou seja, é aquele que constitui novas particularizações de conceitos, inserindo o novo conceito nas relações definidas para o conceito previamente existente (Henderson; Clark, 1990).

2.1.3 Inovação quanto a difusão

A definição de difusão da inovação compreende tanto o processo pelo qual as ideias que amparam a propagação de inovações de produtos e processos de negócios (conhecimento da difusão da inovação) como a adesão de tais produtos ou processos de negócios por outras empresas (difusão da inovação de saída). Por sua vez, a adesão de um produto ou processo de negócios pode acarretar inovação pela empresa adotante, caso os produtos ou processos de negócios diferem de forma significativa daquelas oferecidas anteriormente pela empresa (OECD, 2018).

Adiante, a Teoria da Difusão da Inovação é repetidamente considerada como um exemplo de mudança valiosa para orientar a inovação tecnológica, onde a própria inovação é modificada e desenvolvida para atender às necessidades em todos os níveis de adotantes. A difusão da inovação refere-se ao processo que ocorre quando as pessoas adotam uma nova ideia, produto, prática, filosofia e assim por diante (Kaminski, 2011).

Difusão é o modo pelo qual as inovações se espalham, por entre o mercado ou canais além do mercado, desde a sua implementação até variados consumidores, países, regiões, setores, mercados e empresas. O impacto econômico depende da difusão da inovação (OECD, 2005). A quinta edição do Manual de Oslo desenvolvido pela OECD (2018) então conclui dentro do escopo da difusão tendo em vista os tipos de inovação de acordo com o grau de novidade e impacto, se a mesma é nova apenas para a empresa, nova para o mercado da empresa ou nova para o mundo.

A caracterização de inovação para a **empresa** se dá quando há uma implementação de um produto, processo, método de marketing ou método organizacional ou no caso de produtos e processos significativamente melhorados, mesmo se essa inovação já estiver sendo usada por outras empresas. Quando a empresa é a primeira a introduzir a inovação em seu mercado, então trata-se da inovação para o **mercado**, sendo que o mercado pode ser definido como empresa e seus concorrentes e incluir uma região geográfica ou linha de produtos. No caso da

inovação para o **mundo**, ela estabelece que a empresa é a primeira a introduzir a inovação para todos os mercados e indústrias, tanto no âmbito nacional como internacional (OECD, 2005; OECD, 2018).

2.1.4 Inovação quanto ao grau de controle

A inovação aberta denota uma abordagem holística para a gestão da inovação, por incentivar e explorar de maneira sistemática uma vasta gama de fontes internas e externas para possibilidades de inovação e integrar conscientemente essa exploração com as competências e recursos da organização, além de explorar amplamente essas oportunidades por meio de multicanais (West; Gallagher, 2006).

A ótica da inovação **aberta** define os fluxos de entrada e saída do conhecimento. No fluxo de entrada, a empresa adquire e absorve conhecimento de origem externa em suas práticas de inovação, por outro lado, no fluxo de saída do conhecimento, uma empresa permite intencionalmente que outras empresas ou organizações utilizem, combinem ou desenvolvam ainda mais seu conhecimento ou ideias para suas próprias atividades de inovação. Um exemplo disso, é quando uma empresa licencia sua tecnologia, patentes ou protótipos para outra empresa (OECD, 2018).

Para tanto, no que se refere à inovação **fechada**, a ideia gira em torno do conceito de que a inovação em organizações demanda o tipo mais firme de controle. É um traço da lógica que se concentra internamente dentro da organização e propagado entre os funcionários para alcançar o nível de qualidade. A base da inovação fechada provém da autoconfiança arraigada entre os colaboradores membros (Alawamleh *et al.*, 2018).

Chesbrough (2004) ainda complementa que até recentemente, as competências internas de P&D eram tomadas como um ativo estratégico basilar para as organizações, pois muitas vezes são capazes de elevar barreiras à entrada em um determinado mercado ou indústria. Na definição de Chesbrough (2006), a inovação fechada circunda a busca de ideias dentro da própria organização, de maneira que as torna autossuficientes em termos de disponibilidade, capacidade e qualidade das novas ideias.

2.2 TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO

O incontido progresso científico exige que as novas gerações se orientem a atuar em um mundo onde a ciência e a tecnologia se transformaram num elemento essencial da vida humana. A evolução das tecnologias da informação e comunicação têm sido espantosamente rápidas, tais como: satélites, radares, centrais digitais, cabos de fibra óptica e computadores conectados em todos os lugares (Díaz, 2016).

A sociedade da informação é o mais novo êxito da civilização humana determinada pela tecnologia da informação e comunicação. Nesse escopo, os reflexos desta civilização abriram melhores condições sociais e ambientais para o desenvolvimento da sociedade e da civilização humana, acarretando o aumento das plataformas de comunicação e conseqüentemente a oportunização da integração para outras civilizações humanas (He; Hu, 2021).

Na definição de Swanson e Rajalahti (2010), as Tecnologias da Informação e Comunicação são todos os mecanismos utilizados para a entrega e compartilhamento de informação. Estas tecnologias estão estabelecendo rapidamente as redes de comunicação global e o comércio internacional com conseqüência para as pessoas nos países em desenvolvimento, podendo ser utilizadas para qualificar, consolidar ou substituir os sistemas e redes de informação existentes ao propiciar e distribuir a informação e conhecimento agrícola novos e existentes, visto que, a informação é essencial para contribuir com o desenvolvimento agrícola e rural a fim de impulsionar mudanças sociais e econômicas.

Em complemento, Suleymanova (2021) ainda ressalta o profundo impacto da TIC no mundo e em nossas vidas pessoais e profissionais. Na atualidade é difícil imaginar o cotidiano sem o uso de computadores e dispositivos inteligentes, por desempenharem um papel importante em todos os campos da vida moderna. Ariestyani, Yunus e Rizkiansyah (2021) avaliam que as TIC's são o motor do crescimento econômico basilar da população, sendo que todas as áreas da vida humana foram controladas por seus avanços.

Bam, Abdullah e Mujinga (2022) evidenciam o uso das TIC's no gerenciamento de riscos, tendo em vista o processo de identificação e avaliação por oportunizar disponibilidade de recursos da tecnologia que compete à organização de

mensurar a influência das tecnologias e comunicar informações de risco a fim de aperfeiçoar os processos.

Além disso, o uso da tecnologia da informação e comunicação pelas empresas têm o objetivo de aumentar a eficácia e eficiência dos serviços prestados aos clientes, bem como aprimorar a tomada de decisão do ponto de vista gerencial e a colaboração no grupo de trabalho. Elas podem contribuir para fortalecer a vantagem competitiva em meio a mudanças econômicas significativas, pois exercem um impacto positivo e relevante. Portanto, recomenda-se que as empresas direcionem mais atenção à adoção de TIC em suas operações, o que pode contribuir para impulsionar a economia de suas nações (Prabowo; Sinaga, 2022).

De acordo com Nazarpour, Abedi e Bakhtiar (2012), a importância da comunicação no processo de desenvolvimento é amplamente reconhecida na comunidade de desenvolvimento, sendo a FAO uma das pioneiras na promoção da centralidade da comunicação nesse contexto, tanto em pensamento quanto na prática, ao longo de pelo menos trinta anos. Além disso, é destacado que o elemento fundamental para uma boa comunicação é colocar as pessoas no centro do processo comunicativo, conceito compreendido e documentado há muitos anos. Os programas de extensão agrícola e alcance aos agricultores enfrentam três grandes desafios: a busca por um alcance custo-efetivo, soluções adaptadas às necessidades individuais dos agricultores e a construção de uma imagem amigável junto aos agricultores.

Para tanto, o crescimento demográfico recente gerou uma demanda por maior produtividade na agricultura e pela melhoria da qualidade dos produtos agrícolas. Os consumidores modernos têm buscado alimentos com alto teor de nutrientes saudáveis, como antioxidantes, vitaminas e minerais, ao mesmo tempo que valorizam práticas ecologicamente corretas e consumo sustentável. Para atender a essas necessidades sociais, a integração de soluções de Tecnologias de Informação e Comunicação pode desempenhar um papel fundamental em várias etapas do ciclo de vida agrícola, incluindo o monitoramento de culturas, a produção animal, a segurança alimentar e a gestão agrícola (Chaschatzis *et al.*, 2022).

Fazendo um *link*, as TIC's desempenham um papel significativo na promoção e avanço da inovação em tecnologias de energia renovável (*Renewable Energy Technology Innovation - RETI*), contribuindo de forma positiva, mesmo após ajustes para possíveis influências externas. Os resultados também apontam que as

TIC's afetam o *RETI* por meio do acúmulo de capital humano, desenvolvimento financeiro e divulgação de informações, revelando que esses são importantes mecanismos mediadores de transmissão. Além disso, observa-se que a contribuição das TIC para o *RETI* é mais expressiva em países membros da IEA e da OCDE, bem como em grupos com alto consumo de energia renovável e alto investimento em pesquisa e desenvolvimento (Lee; He; Xiao, 2022).

Segundo o estudo de Kumar *et al.* (2018) realizado em quatro distritos do estado de Haryana, a maioria dos agricultores utilizou as Tecnologias de Informação e Comunicação para diversos fins, como obter informações sobre fontes de sementes de qualidade, variedades de alto rendimento adequadas para suas áreas específicas, gestão de viveiros, proteção das plantas, manejo químico de ervas daninhas, informações sobre preços e estoques de fertilizantes e herbicidas, programação de irrigação, identificação e controle de insetos/pragas em diferentes culturas, seleção de debulhadora ideal e determinação do momento adequado de colheita.

2.2.1 Inteligência artificial

A Inteligência Artificial (IA) é uma disciplina da ciência da computação que se dedica à construção de máquinas capazes de imitar o funcionamento e reação dos seres humanos. O foco está no desenvolvimento de algoritmos que buscam emular o cérebro humano e reproduzir funções cognitivas como aprendizado e resolução de problemas, típicas da mente humana (Nair *et al.*, 2022).

Visando tornar as máquinas e computadores “inteligentes”, a inteligência artificial tem sido um dos tópicos mais populares no âmbito da ciência da computação. Há diversas pesquisas técnicas e especializadas associadas a tal tecnologia que de acordo com o ritmo acelerado das mudanças tecnológicas, a IA tem assumido cargos humanos e revelando excelentes resultados mais promissores do que os exercidos pelo homem (Khanam; Tanweer; Khalid, 2020).

Segundo Ferras-Hernandez, Nylund e Brem (2022), as estratégias de desconexão da *big tech* explicam a necessidade de estar à frente do célere progresso tecnológico, o que requer a construção de uma estrutura multifuncional formada por elementos relacionados à Inteligência Artificial. A ampla variedade de *app's* de IA proporciona estratégias sem precedentes e caracteriza empresas como

a Google e Amazon a competirem num ecossistema convergente e progressivamente complexo.

Em complemento a esse contexto, a Indústria 4.0 por exemplo, pode ser reconhecida como uma realidade e um paradigma que engloba tecnologias e inovações modernas, e dessa forma a IA pode ser considerada o componente essencial da transformação industrial, possibilitando que máquinas inteligentes operacionalizem tarefas de maneira autônoma, como automonitoramento, interpretação, diagnóstico e análise. As metodologias apoiadas pela IA dão suporte a fabricantes e indústrias na antevisão da demanda de manutenção e diminuição do tempo de inatividade (Ahmed; Jeon; Piccialli, 2022).

Nas últimas décadas, a inteligência artificial ganhou ampla aceitação em vários campos, incluindo suporte virtual, saúde e segurança. A Interação Humano-Computador (HCI) é um campo que vem combinando IA e engajamento humano-computador para criar um sistema inteligente interativo para interação do usuário (Nazar *et al.*, 2021).

Mediante saltos recentes na aplicação, a IA tem atraído olhares de acadêmicos e profissionais e se tornado umas das tecnologias digitais mais promissoras. A versatilidade dessa tecnologia se distingue das demais devido ao seu potencial de evoluir tanto para uma tecnologia de uso geral quanto para um artifício de invenção, fazendo com que as organizações a utilizem em seus processos de inovação (Hutchinson, 2021).

Apesar do contexto elencado, Nadji-Tehrani e Eslami (2020), alegam que desde a área médica à agricultura, da energia ao transporte, todas as esferas estão passando por uma revolução ao implementar a inteligência artificial, no entanto, esta tecnologia ainda está em sua infância.

Zaitseva (2023), contempla em seu estudo uma das várias aplicações da IA que tem permeado as diversas áreas, essa em questão, utilizada pelos artistas como uma ferramenta para expandir os limites criativos de maneiras inéditas. A inteligência artificial tem a capacidade de reconhecer padrões e gerar resultados que podem ser tão bons ou até mesmo melhores do que os produzidos pelo cérebro humano. Baseado no estudo das redes neurais modernas, sugere-se que a IA pode atuar como um ator independente em algumas etapas do processo criativo, como a descoberta e composição, demonstrando novas perspectivas sobre a criatividade humana e o conhecimento do mundo.

De acordo com Jarek e Mazurek (2019), a inteligência artificial tem sido amplamente aplicada no campo do *marketing*, com exemplos que demonstram sua influência em todos os aspectos do mix. No entanto, as aplicações parecem estar predominantemente no nível operacional, talvez devido à cautela na implementação dessa nova tecnologia e à incerteza dos resultados. A pesquisa destaca as implicações para os gerentes de marketing, incluindo ideias sobre a incorporação de novas habilidades à equipe e o design de inovações para aproveitar o potencial da IA nesse campo.

Muitos estudos têm ressaltado o uso da tecnologia também na medicina, por exemplo no âmbito da oftalmologia, a IA visa utilizar dados clínicos, genômicos, comportamentais e histórico médico, para prever o risco de desenvolvimento do glaucoma (Nair *et al.*, 2022). No escopo neurocirúrgico, o destaque do uso da tecnologia está nos diagnósticos pré-operatórios, resultados e modelos de tratamento (Bonsanto; Tronnier, 2020). Os algoritmos de inteligência artificial têm contribuído para aumentar a eficiência e precisão das imagens cardiovasculares, resultando em técnicas mais complexas e ampliando o uso entre profissionais não cardiologistas (Coulter; Campos, 2022).

Para tanto, no escopo da IA no universo agrícola, Liu (2020) evidencia que, o crescimento populacional acelerado, a diminuição das terras agrícolas, a escassez de recursos naturais, as mudanças climáticas imprevisíveis e as exigências do mercado em constante transformação estão conduzindo o sistema de produção agrícola a uma nova realidade. Esse novo sistema agrícola precisa ser mais produtivo, operacionalmente eficiente, resistente às mudanças climáticas e sustentável para as gerações futuras. Nesse contexto, a inteligência artificial é apontada como uma promissora solução para enfrentar os desafios desse novo paradigma.

A agricultura inteligente, com o suporte da inteligência artificial, desempenha um papel categórico na garantia da sustentabilidade agrícola. As técnicas de IA são aplicadas em áreas como manejo de solo e irrigação, previsão do tempo, crescimento de plantas, previsão de doenças e manejo de gado, sendo considerados domínios relevantes para a agricultura. A análise se concentra nas técnicas recentes de IA utilizadas nesses domínios, abrangendo os diferentes algoritmos empregados e o impacto positivo que têm demonstrado em termos de desempenho (Shaikh *et al.*, 2022).

A partir desse contexto, Smith (2020) revela que a inteligência artificial está começando a demonstrar seu valor real, graças aos avanços recentes na disponibilidade de dados, computação e algoritmos relevantes. Com base em dados e compreensão aprimorados, a IA possibilitará previsões mais precisas, permitindo decisões otimizadas na gestão dos sistemas agrícolas e impulsionando o desenvolvimento de sistemas automatizados e de recomendação.

2.2.2 Internet das coisas

Na definição de Alaviyan *et al.* (2020), a Internet das Coisas (em inglês *Internet of Things - IoT*) é um tipo de rede combinada a vários objetos que podem se comunicar uns com os outros, sendo que qualquer objeto capaz de coletar dados, controlar ou se comunicar remotamente está sujeito a caracterização de objeto nesta rede. Mazon-Olivo e Pan (2022) ainda complementam que o sistema *IoT* trata-se da constituição de uma diversidade de elementos que integram sua cadeia de valor, os quais abrangem desde uma arquitetura ou modelo computacional e de comunicação até diversos componentes e tecnologias envolvidos no processo.

De acordo com Zhang (2021), a indústria mundial da internet está se convertendo a um ambiente maduro, apresentando potencialidade de incremento e vitalidade, bem como, gradativamente se tornando peça importante para elevação do desenvolvimento e desafios econômicos. Com o suporte de tecnologias como IA, Big Data, 5G etc. e com o acréscimo do uso da Internet, a orientação do uso para as pessoas está se modificando para a conexão da Internet das Coisas.

Nesse contexto, Jiang e Zhang (2021) ressaltam que nos últimos anos, as aplicações da ciência da computação e da tecnologia em diferentes esferas atraíram a atenção de muitos especialistas e estudiosos, vinculando o progresso nessas áreas ao desenvolvimento da internet ao explorar novas ideias de aplicação da tecnologia da Internet das Coisas na ciência e na computação.

Esta tecnologia se tornou promissora para enfrentar diversos desafios sociais ao conectar mecanismos inteligentes e aplicar a análise de Big Data ao criar *smart cities* em todo o mundo. Conforme a *IoT* se desenvolve, é importante oferecer interoperabilidade entre diferentes dispositivos como no caso das cidades inteligentes se faz necessário atestar a acessibilidade a dados abertos e serviços em

nuvem a fim de possibilitar que indústrias e cidades desenvolvam novos serviços e aplicativos (Ahlgren; Hidell; Ngai, 2016).

Para exemplificar outra aplicação da *IoT*, Xu, Zheng e Wang (2016) relatam o problema da poluição ambiental, relacionado a uma grande ameaça para o desenvolvimento da vida social, econômica e cotidiana do ser humano, sendo que a internet das coisas pode resolver tal problema a partir de um sistema de monitoramento em tempo real.

Em resumo, a Internet das Coisas está promovendo a próxima onda de inovação em modelos de negócios e tecnologia e, contudo, sendo denominada como revolucionária, por prometer ser um importante impulsionador econômico, porém, se não houver a abordagem com as perspectivas de negócios e tecnologias juntas, os objetivos almejados talvez não sejam possíveis (Samuel; Sipes, 2019).

A tecnologia da informação está promovendo uma transformação na indústria, levando-a à era da Indústria 4.0. Além disso, com a inclusão da inteligência artificial, a revolução industrial 5.0 está em curso. Essa transformação tem um impacto abrangente em todas as áreas da vida humana, incluindo a agricultura, que é um campo importante para melhorar a qualidade de vida. Diversas tecnologias agrícolas, como Internet das Coisas, inteligência artificial e aprendizado de máquina, estão desempenhando um papel crucial nesse processo (Essah; Anand; Singh, 2022).

Apesar de nos últimos anos, a Internet das Coisas ter sido amplamente utilizada em aplicações de cidades inteligentes, atualmente está desempenhando um papel vital na agricultura, permitindo operações automatizadas e controle remoto de diversas variáveis, como pH do solo, umidade, temperatura e crescimento da cultura. Isso tem impulsionado a eficiência na agricultura de precisão e capacitado os agricultores a enfrentarem desafios de forma sustentável (Devare; Hajare, 2019).

As funções da Internet das Coisas, incluindo detecção, identificação, transmissão, monitoramento e *feedback*, possibilitam a conclusão precisa das atividades agrícolas, trazendo economia de tempo para os agricultores e melhorando o rendimento das culturas, resultando em benefícios para o setor agrícola. Essa tecnologia é aplicada para encontrar a chave no processo de implementação, visando alcançar uma agricultura inteligente, científica e eficiente (Chen; Yang, 2019).

Na agricultura, diferentes sistemas remotos e técnicas de comunicação sem fio são empregados, juntamente com sensores e modelos de monitoramento baseados em tecnologias *IoT*. Esses experimentos proporcionam resultados inteligentes que fortalecem a agricultura inteligente, oferecendo soluções eficazes para os problemas agrícolas e aprimorando o crescimento das culturas (Kaur; Shukla; Singh, 2022).

A *IoT* tem ampla aplicação em diversos setores, especialmente naqueles em que a velocidade de comunicação não é um problema. Dholu e Ghodinde (2018) reforçam a aplicação da tecnologia baseada em nuvem, na agricultura, especificamente para implementar a agricultura de precisão. Esse conceito busca fornecer a quantidade certa de recursos, como água, luz e pesticidas, por um período específico. A ideia central consiste em utilizar a *IoT* para detectar os parâmetros necessários do campo agrícola e tomar decisões adequadas para controlar os atuadores.

Em consonância a isso, Farooq *et al.* (2022) salientam que as casas de vegetação são consideradas uma forma sustentável de agricultura inteligente, oferecendo uma solução alternativa para lidar com a crise alimentar devido ao crescimento populacional, mudanças climáticas e poluição ambiental. Com o objetivo de controlar e gerenciar os parâmetros da cultura de maneira precisa e segura, o avanço da Internet das Coisas trouxe soluções inteligentes que automatizam diversos aspectos do cultivo em casas de vegetação, como o monitoramento das plantas, controle da atmosfera interna e gerenciamento da irrigação.

Pode-se inferir que pesquisas na área da *IoT* e inteligência artificial estão sendo conduzidas globalmente, incluindo suas aplicações na agricultura. A utilização dessas tecnologias pode trazer benefícios significativos para o setor agrícola, tais como a redução do consumo de água e energia, além do potencial de aumentar a produtividade das culturas. A implementação de um software de casa de vegetação inteligente em conjunto com a *IoT* e um controlador *fuzzy* possibilita a regulação de parâmetros importantes, como temperatura, luz e umidade do solo, permitindo que o usuário monitore e ajuste esses parâmetros remotamente para otimizar as condições da casa de vegetação (Alaviyan *et al.*, 2020).

2.3 TECNOLOGIAS DE GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR

A energia desempenha um papel fundamental na geração de riqueza e no desenvolvimento econômico, sendo o consumo de energia *per capita* um indicador crucial do progresso de um país (Chandra *et al.*, 2016). Contudo, a disponibilidade de energia elétrica é uma preocupação de alcance mundial para todos os países em desenvolvimento. Isso se deve ao fato de que a geração de eletricidade, em grande parte, está vinculada ao uso de recursos fósseis que estão gradualmente se esgotando (Kher *et al.*, 2022).

Mishra (2018) corrobora ao alegar que existe um foco global na substituição das energias não renováveis, que eventualmente se esgotarão, por fontes renováveis como energia eólica, geotérmica, biogás e solar. A transição para energias limpas e verdes, sendo a energia solar a mais proeminente, reflete um movimento global em direção a uma sustentabilidade energética mais viável.

De acordo com Teng, Mingguang e Hong (2011), devido ao desenvolvimento econômico e às atividades de construção em grande escala, a demanda por energia tem aumentado, levando à redução do volume disponível de recursos de energia fóssil. Nesse contexto, a energia solar tem se destacado como uma fonte de energia nova, limpa e renovável, atraindo um movimento generalizado.

Cristea, Cristea e Tirnovan (2021) corroboram ao salientar que a energia solar simboliza uma das fontes de energia renovável mais promissoras que deverá suceder gradativamente a maioria das fontes de energia fóssil na geração de eletricidade, colaborando para a manutenção do clima em todo o mundo, sobretudo pela redução das emissões de gases de efeito de estufa.

A energia solar oferece uma fonte de energia pura, abundante e inesgotável para a humanidade, podendo ser gerada por meio de sistemas fotovoltaicos (PV) ou sistemas de energia solar concentrada (CSP) com tecnologias de armazenamento de energia térmica, proporcionando flexibilidade na rede elétrica. No entanto, um ponto crítico no mercado de energia é o custo competitivo, sendo que as usinas fotovoltaicas apresentam um preço inferior em relação às usinas CSP (Sharma; Sharma, 2017).

Waldron, Smith e Karthik (2023) ressaltam a energia solar como uma fonte de energia valiosa e sustentável, aprimorada por pesquisadores que exploram diversos métodos, incluindo sistemas de rastreamento solar. Tais sistemas têm

como objetivo otimizar a geração de energia, alinhando os painéis solares com a trajetória do sol. As técnicas convencionais de rastreamento solar resultaram em melhorias de 30-40% em comparação com painéis estáticos. No entanto, os avanços na tecnologia *IoT* estão possibilitando sistemas de rastreamento solar inteligentes e mais funcionais em comparação com os sistemas baseados em detecção solar.

Em resumo, é possível inferir que a energia solar é obtida a partir do sol e posteriormente transformada em energia elétrica ou térmica, havendo diversas abordagens para explorar esse recurso renovável (Tabassum; Kashem; Siddique, 2017).

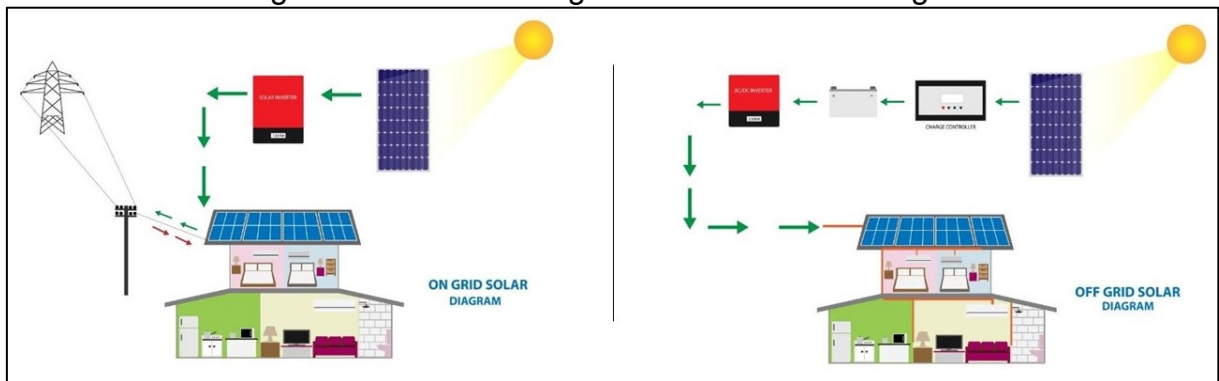
Em contrapartida, Murthy *et al.* (2011) dividem as tecnologias solares em 2 abordagens: solar passiva e solar ativa, dependendo de como capturam e convertem a energia solar. A abordagem ativa envolve o uso de módulos fotovoltaicos e coletores solares térmicos, enquanto a solar passiva inclui técnicas como orientação solar, seleção de materiais e *design* de espaços para aproveitar o calor e a luz natural. O aquecimento de água por meio do sistema convencional de aquecimento solar, por exemplo, oferece diversas vantagens, como economia de energia elétrica e combustível, maior aproveitamento da energia solar e um impacto ambiental reduzido.

Em complemento, Mishra (2018) aponta dois tipos de energia solar, a energia solar térmica e a energia solar fotovoltaica. Esta última pode ser categorizada predominantemente em três tipos: sistema solar fotovoltaico *on-grid*, sistema solar fotovoltaico *off-grid* e sistema solar fotovoltaico híbrido.

Cada tipo é projetado para atender diferentes necessidades e preferências. Enquanto os sistemas *on-grid* são conectados à rede elétrica, permitindo a injeção de energia elétrica excedente, os sistemas *off-grid* operam de forma independente da rede elétrica e, normalmente, com armazenamento de bateria. Por sua vez, os sistemas híbridos combinam a eficiência da rede com a resiliência das baterias, proporcionando uma fonte de energia confiável mesmo em momentos de interrupção da rede elétrica (Bolt, 2023).

A Figura 1 ilustra como se dá o funcionamento dos sistemas *on* e *off-grid*.

Figura 1 - Sistema On-grid versus Sistema Off-grid.



Fonte: Adaptação a partir de Bolt (2023).

Ademais, Raj, Gupta e Panda (2016) advertem que a eficiência do sistema solar fotovoltaico é influenciada por fatores como a geolocalização, o *design* da instalação e a disposição dos módulos e arranjos fotovoltaicos. Profissionais do setor fazem uso de diversas ferramentas preditivas para um planejamento preciso tanto na integração à rede quanto no funcionamento autônomo desse sistema.

Assim, uma parcela significativa da energia solar é refletida ou convertida em calor, no entanto a abundante radiação solar pode ser aproveitada como energia térmica ou elétrica por meio de módulos fotovoltaicos. Para tanto, a eficiência de um sistema fotovoltaico é afetada pela temperatura de operação; sistemas híbridos fotovoltaicos térmicos (PVT) são desenvolvidos para melhorar a eficiência elétrica ao remover a energia térmica e reduzir a temperatura (Chandra *et al.*, 2016).

2.4 CASAS DE VEGETAÇÃO: CONCEITOS E CARACTERÍSTICAS

De acordo com Pachiyappan *et al.* (2022), através do cultivo protegido, é possível explorar de maneira inovadora o potencial das culturas sazonais e não sazonais, promovendo não apenas a produtividade e eficiência na utilização da terra, mas também abrindo portas para a geração de empregos e o fortalecimento das exportações, especialmente no âmbito de hortaliças e flores.

Na definição de Reis (2005), as casas de vegetação são um instrumento de proteção ambiental para produção de plantas, como hortaliças e flores. Por definição, são estruturas construídas com diversos materiais, como madeira, concreto, ferro, alumínio etc., cobertas com materiais transparentes que permitem a passagem da luz solar para crescimento e desenvolvimento das plantas.

Hoje, os avanços na tecnologia de casas de vegetação e modificações têm impulsionado soluções baseadas na ciência para a produção ideal de plantas em todas as estações em todo o mundo, ajustando fatores internos de crescimento do clima, como temperatura, umidade, intensidade de luz e concentração de CO₂ (Badji *et al.*, 2022).

Oliveira (1995) afirmou que há quatro tipos de estrutura de casa-de-vegetação: de vidro climatizadas; de vidro semi-climatizadas, produzindo o efeito estufa; casas de plástico semi-climatizadas, efeito estufa presente e casas de plástico tipo "guarda-chuva", as quais não são climatizadas. Além das casas de vegetação, existem os chamados telados, que podem ser totalmente cobertos ou semi-cobertos, com as laterais livres, cobertos de plástico transparente, ou telas de cor branca, e as vezes verde, que deixam o vento passar parcialmente, e assim deve amenizar a temperatura interna.

2.4.1 Casas de vegetação inteligentes e eficientes

No contexto da agricultura de precisão, a previsão e o controle das plantas em ambientes controlados estão adquirindo uma crescente estima. Esse cenário destaca a relevância das redes de sensores e abordagens de inteligência artificial, que desempenham um papel fundamental na otimização da coleta de dados, modelagem matemática e processos de tomada de decisão. A arquitetura se destaca ao empregar sensores de nova geração para monitorar o estado das plantas, aplicar métodos de processamento avançados para gerar preditores do modelo a partir desses dados e selecionar automaticamente os preditores mais informativos utilizando técnicas de regularização (Castellini *et al.*, 2017).

Na definição de Park, Hyun e Huh (2018), uma estufa inteligente é um sistema que pode controlar as condições de crescimento das plantas de forma remota ou automática, utilizando tecnologias da informação e comunicação, resultando na redução da necessidade de trabalho manual e de energia, ao mesmo tempo em que otimiza a produtividade e a qualidade dos produtos agrícolas.

Em complemento, na casa de vegetação inteligente, os diversos elementos, tais como umidade, concentração de nutrientes na água, pH, condutividade elétrica, temperatura, exposição à luz UV, quantidade de dióxido de carbono (CO₂), presença de névoa e a utilização de inseticidas ou pesticidas, são supervisionados por meio

de múltiplos sensores, permitindo a obtenção de informações valiosas e possibilitando a identificação precoce de falhas por meio de detecção e diagnóstico (Tripathy *et al.*, 2021).

A evolução da sociedade moderna tem impulsionado avanços significativos, refletindo-se no progresso das casas de vegetação inteligentes. Essas estruturas vêm passando por um desenvolvimento acelerado rumo à automação e precisão, permitindo a supervisão inteligente das condições de crescimento específicas para cada cultura abrigada. Além de mitigar os desafios onerosos relacionados à mão de obra, como custos elevados e intensa demanda trabalhista, essa transformação também aborda a tradicional complexidade laboral inerente ao cultivo em casas de vegetação (Zhang; Yang, 2023).

O uso crescente de casas de vegetação inteligentes em ambientes urbanos tem conduzido a um rastreamento mais eficaz dos componentes dos fertilizantes, resultando em melhorias substanciais no crescimento, produtividade e qualidade das plantas. Essa abordagem visa uma futura produção de alimentos mais ecológica, com uso mais eficiente de recursos hídricos e otimização de insumos agrícolas. A agricultura inteligente engloba diversas tecnologias, incluindo monitoramento à distância, ferramentas de apoio à decisão, sistemas automatizados de irrigação, métodos antigeados, fertilização e outras estratégias, visando maximizar a eficiência e sustentabilidade na produção alimentar (Sharma; Mishra; Srivastava, 2023).

Dan *et al.* (2016) evidencia uma casa de vegetação de precisão baseada em *IoT* e *fuzzy* com base em uma plataforma de monitoramento do ambiente e das necessidades de gerenciamento de informações. O sistema emprega a lógica *fuzzy* que contempla boa eficácia de controle, bem como o controle *ZigBee* para comunicações sem fio, o que aumenta a efetividade e força do sistema. Segundo o autor, o sistema é de baixo custo, possui estrutura básica, rede flexível, facilmente extensível e se adapta às necessidades de controle da casa de vegetação.

De acordo com Alpay e Erdem (2018), casas de vegetação inteligentes desempenham um papel central em aplicações agrícolas inteligentes, utilizando uma rede de sensores sem fio em topologia de estrela para monitorar parâmetros climáticos como temperatura, umidade relativa e umidade do solo. A lógica *fuzzy* foi aplicada aos dados dos sensores, e uma interface Android permitiu o gerenciamento e monitoramento remoto da casa de vegetação.

Corroborando a esta técnica, Ameen e Al-Ameri (2019) ressaltam o projeto de casa de vegetação utilizando um kit Arduino UNO. O sistema controla temperatura, umidade e iluminação, regulado por lógica *fuzzy* na plataforma *IoT-ThingSpeak* que ao movimento do obturador da casa de vegetação se adapta às mudanças ambientais.

No que se refere ao ambiente da casa de vegetação atrelado à técnica hidropônica (cultivo da planta em água), Saraswathi *et al.* (2018) resalta a dificuldade em manter a temperatura, pressão e umidade em nível constante dentro da casa de vegetação, além disso, monitorar o valor de pH e condutividade elétrica. Para tanto, se resalta dois objetivos: o primeiro é automatizar o monitoramento do ambiente da casa de vegetação e o segundo é automatizar o nível de pH e manter a condutividade elétrica. Com isso, a *IoT* é usada para remeter dados recuperados pela internet e os aplicativos móveis são usados para informar o *status* atual aos usuários, por meio de telefones celulares, facilitando o monitoramento e a manutenção.

Adicionalmente, no escopo das casas de vegetação inteligentes e eficientes se incorporam as estratégias bioclimáticas. Estas são consideradas como uma das alternativas sustentáveis mais promissoras para aprimorar a eficiência energética de construções. Contudo, o impacto delas na diminuição do consumo de energia das edificações está amplamente condicionado à sintonia da arquitetura com as características climáticas (Elaouzy; Fadar, 2022).

A concepção de arquitetura bioclimática implica estabelecer uma relação intrínseca com a natureza, demandando informações climáticas específicas e exatas da região e para isso, é crucial considerar as condições climáticas e ambientais para assegurar a consecução da eficiência energética e do conforto térmico desejados no espaço interno (Zhang; Lian, 2015).

Nesse contexto, com o intuito de criar um ambiente agradável e, simultaneamente, preservar o meio ambiente, cada edificação tem a capacidade de empregar estratégias bioclimáticas passivas e ativas. A abordagem passiva busca maximizar e preservar o aproveitamento da energia disponível nas proximidades da construção, sem inicialmente convertê-la em energia elétrica. Em contrapartida, a estratégia ativa busca atender às necessidades por conforto ambiental utilizando dispositivos eletromecânicos (Sahid *et al.*, 2012).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para a realização de uma pesquisa científica se faz necessário a apresentação e contextualização dos procedimentos metodológicos adotados para o alcance dos objetivos propostos pelo estudo e que, nesse caso permeiam o universo das casas de vegetação vinculada a características tecnológicas e energéticas tendo em vista a identificação e classificação das inovações.

O método constitui um corpo de atividades sistematizadas e racionais que possibilitam maior segurança e economia no atingimento dos objetivos, dessa forma, traçando um caminho a ser percorrido, identificando erros e auxiliando na tomada de decisão do cientista (Lakatos; Marconi, 2010). “Em sentido geral, método é a ordem que se deve impor aos diferentes processos necessários para atingir um certo fim ou resultado final” (Cervo; Bervian; Silva, 2007, p. 27).

3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

No que tange o universo das dimensões da pesquisa, existem dois elementos fundamentais, caracterizado pela sua abordagem e seus fins. Segundo Appolinário (2006) uma das abordagens se refere a natureza da pesquisa, essa que pode ser classificada como qualitativa ou quantitativa. Por sua vez, o autor define a pesquisa qualitativa como aquela em que a coleta de dados se dá a partir de interações sociais do pesquisador com o objeto pesquisado, além que a análise dos dados é subjetiva.

Em contrapartida, a abordagem quantitativa utiliza na coleta e análise de dados medição numérica, frequentemente no uso de estatística para situar com exatidão os padrões de comportamento de uma determinada população (Sampieri; Collado; Lucio, 2006). A pesquisa quantitativa coleta variáveis predeterminadas, sendo que o pesquisador assume um papel mais neutro em relação ao objeto de estudo, fugindo assim da subjetividade (Appolinário, 2006).

Sendo assim, com base nessas definições, a natureza desta pesquisa se caracterizou essencialmente **qualitativa**, por não relacionar fatores numéricos ou estatísticos e assim manter enfoque nas percepções e interações da pesquisadora para com o objeto de estudo, sendo este uma casa de vegetação inteligente e eficiente energeticamente para produção de mudas de bananeira e orquídea.

A classificação quanto aos fins da pesquisa pode ser elencada pelos estudos **exploratórios**, **descritivos**, explicativos, correlacionais e **comparativos** (Sampieri; Collado; Lucio, 2006, Cervo; Bervian; Silva, 2007). Uma pesquisa exploratória compreende “proporcionar maiores informações sobre determinado assunto; facilitar a delimitação de um tema trabalhado; definir os objetivos ou formular as hipóteses de uma pesquisa ou descobrir novo tipo de enfoque para o trabalho que se tem em mente” (Andrade, 2001, p. 124).

No escopo do estudo descritivo, segundo Gil (2002), esse tem como objetivo principal descrever as características de determinada população, fenômeno ou objeto, ou até mesmo determinar as relações entre as variáveis. Este tipo de pesquisa, juntamente com a exploratória comumente é utilizada por pesquisadores sociais preocupados com a ação prática. Já a pesquisa explicativa, Santos (2004) esclarece acerca da preocupação em responder o porquê dos fatos, fenômenos ou processos que integram a realidade, ou seja, com o reconhecimento dos fatores que contribuem para sua ocorrência ou determinação.

Em complemento, a lógica do estudo correlacional é apontado por Sampiere, Collado e Lucio (2006) pelo objetivo que possui em averiguar a relação entre duas ou mais variáveis, conceitos ou categorias dentro de um determinado contexto, além que, os estudos correlacionais podem ser caracterizados como qualitativos e quantitativos.

Por fim, tem-se a pesquisa comparativa, essa técnica é aplicável sempre que houver dois ou mais “termos” com as mesmas características gerais ou propriedades particulares. Na comparação o objetivo é abstrair as similaridades e ressaltar as diferenças, dessa forma, é necessário a existência de dois ou mais objetos de estudo que possuam características gerais semelhantes, no entanto, um ou outro apresenta suas particularidades (Cervo; Bervian; Silva, 2007).

Diante das definições elencadas, quanto aos fins da pesquisa, esta se caracterizou como exploratória, descritiva e comparativa. Isto se justifica pela ocorrência na exploração da temática que envolve as “*Smart and Efficient Greenhouses*”, na descrição e classificação das suas características inovadoras, bem como na comparação perante uma casa de vegetação tradicional a fim de ressaltar o resultado das inovações. Esta caracterização se deu devido à natureza analítica da presente pesquisa.

Por conseguinte, em detrimento ao cumprimento dos objetivos propostos, esta pesquisa exploratória, descritiva e comparativa utilizou como meios de investigação fontes bibliográficas, documentais e um estudo de caso (Quadro 3).

Quadro 3 - Meios de investigação da pesquisa.

MEIOS DE INVESTIGAÇÃO	CONTEXTUALIZAÇÃO
Bibliográfica	Para que se caracterize como pesquisa bibliográfica é necessário que se faça uso de pelo menos uma das fontes: livros, jornais, revistas, anuários, dicionários, <i>websites</i> etc.
Documental	Documento é o nome dado a fontes bibliográficas que não receberam organização, tratamento analítico ou publicação. São exemplos de fontes documentais: tabelas estatísticas, relatórios de empresas, documentos informativos etc.
Estudo de Caso	Trata-se de estudar um caso e selecionar um objeto de pesquisa específico, objetivando aprofundar suas características específicas.

Fonte: elaboração da autora a partir de Santos (2004).

Este estudo justifica-se como pesquisa bibliográfica por utilizar como fontes, livros, artigos e *websites* para o embasamento teórico da referida dissertação junto às temáticas: Inovação; Tecnologias da Informação e Comunicação; Tecnologias de Geração de Energia Solar; e Casas de Vegetação.

No que tange os meios de investigação documental e de estudo de caso, eles se validam a partir da utilização de Relatórios Técnicos de Etapa (RTE) e o estudo da casa de vegetação construída no âmbito do projeto de P&D “*Smart and Efficient Greenhouse - PD-02949-3107/2021*”.

3.2 DEFINIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A definição da área de estudo está intimamente relacionada ao delineamento da pesquisa que influenciará o plano de coleta e análise de dados a ser abordado posteriormente. Considerando a contextualização evidenciada até então, e tendo em vista a classificação de uma pesquisa não probabilística, se constatou que não há necessidade da delimitação de população e amostragem para o estudo.

Por sua vez, a área de estudo abrangeu o universo da inovação quanto a sua caracterização, conceitos e tipos, tecnologias da informação e computação e de geração de energia solar relacionadas a casa de vegetação intitulada “*Smart and Efficient Greenhouse*”.

O objeto da pesquisa revela uma casa de vegetação denominada “*Smart and Efficient Greenhouse*”, a qual contempla o tamanho de 12 metros de comprimento e 8 metros de largura, visando um ambiente controlado para o monitoramento de diversas variáveis, tendo por propósito a obtenção de mudas de bananeiras e orquídeas de alta qualidade, driblando a sazonalidade, independente da estação do ano ou das condições climáticas, sem uso de agrotóxicos e num curto espaço de tempo. As variáveis de controle se referem a temperatura ambiente e de substrato, umidade relativa, irrigação, luminosidade e níveis de CO₂.

Ademais, a casa de vegetação comporta um sistema inteligente para tomada de decisões a fim de garantir as melhores condições para as culturas, também projetada a partir de uma arquitetura e estratégias bioclimáticas com suporte de um sistema fotovoltaico conectado à rede. O aspecto inovativo e a originalidade são visualizados por meio da integração entre a plataforma computacional, por sua vez baseada em inteligência artificial, a arquitetura bioclimática e o sistema fotovoltaico que traz eficiência e redução no consumo de energia elétrica da casa de vegetação, bem como as técnicas de cultivo e a metodologia de criação de um modelo de negócio replicável.

No que tange as casas de vegetação aplicadas a agricultura de precisão, no mercado são vistos estrutura e sistemas de controle de automação simplificados, ou seja, a arquitetura e as estratégias bioclimáticas não são exploradas dentro do seu potencial máximo, tal como o uso de sistemas fotovoltaicos de geração distribuída que atenda a demanda de energia elétrica das casas de vegetação.

O ambiente controlado apresenta-se baseado em plataforma computacional embarcada de baixo custo, operada por aplicativo para *smartphones* e *tablets* utilizando conceitos de *Internet of Things* e técnicas de inteligência artificial (lógica *fuzzy*).

3.3 PLANO DE COLETA E ANÁLISE DOS DADOS

De acordo com Gerhardt e Silveira (2009), a coleta de dados é caracterizada pela elucidação do fenômeno ou fatores que sejam de interesse do pesquisador identificar. Os autores ressaltam a importância do instrumento de coleta, pois ele deve transmitir solidez, confiabilidade e precisão para execução das análises dos resultados da coleta a serem realizadas posteriormente.

Com base no escopo definido acima, a coleta de dados contemplará tanto dados de natureza primária a serem coletados por meio de visita *in loco* para levantamento das características da casa de vegetação tradicional, como dados secundários, oriundos de artigos científicos e materiais bibliográficos em geral e dos relatórios técnicos de etapa.

No que tange a análise dos dados, as caracterizações pertinentes ao processo de classificação da pesquisa recomendam ao pesquisador os métodos de coleta e as técnicas de análise dos dados que serão empregados para a consecução do estudo (Silva, 2014).

Dessa forma, a fim de uma melhor visualização do planejamento de coleta e análise dos dados, o Quadro 4 evidencia os tópicos abordados no projeto “*P&D Smart and Efficient Greenhouse*” que darão base ao levantamento e análise da pesquisa da referida dissertação, tendo em vista a utilização dos Relatórios Técnicos de Etapa.

Quadro 4 - Tópicos abordados Projeto Smart and Efficient Greenhouse.

Nº DA ETAPA	ETAPA	DESCRIÇÃO
1	Revisão bibliográfica	1 Relatório de revisão bibliográfica
2	Projeto da <i>Smart and Efficient Greenhouse</i>	2.1 Projeto civil, mecânico e elétrico da casa de vegetação
		2.2 Projeto arquitetônico bioclimático da casa de vegetação
		2.3 Projeto do sistema computacional de controle
		2.4 Projeto do sistema fotovoltaico de geração distribuída, inclusive com o trâmite burocrático
		2.5 Estudo e definição da metodologia e das culturas a serem implementadas
3	Construção e implantação da <i>Smart and Efficient Greenhouse</i> 1 Santa Rosa do Sul	3.1 Construção civil, mecânica e elétrica
		3.2 Implementação das estratégias bioclimáticas
		3.3 Instalação dos sensores, atuadores e demais sistemas de controle computacional
		3.4 Instalação do sistema fotovoltaico de geração distribuída
		3.5 Integração dos sistemas e da(s) cultura(s) na smart and efficient greenhouse 1 - SRS

Fonte: elaboração da autora (2023).

Para que seja possível identificar e classificar as inovações atreladas a “*Smart and Efficient Greenhouse*”, o Quadro 4 revelou o compilado dos tópicos dos relatórios que evidenciam a caracterização da casa de vegetação que se pretende

estudar e para tanto o Quadro 5 elencará a combinação das subseções da pesquisa atribuída ao Capítulo 4 quanto a natureza e origem dos dados.

Quadro 5 - Natureza e origem dos dados de acordo com cada subseção.

SUBSEÇÃO	NATUREZA	ORIGEM
4.1 CASA DE VEGETAÇÃO TRADICIONAL	Primária	Pesquisa de campo com visita <i>in loco</i>
4.2 SMART AND EFFICIENT GREENHOUSE	Secundária	Relatórios Técnicos de Etapa (Projeto P&D Smart and Efficient Greenhouse)
4.3 ANÁLISE COMPARATIVA DAS CARACTERÍSTICAS DAS CASAS DE VEGETAÇÃO	Primária	Constatação da pesquisadora
4.4 RESULTADOS DAS INOVAÇÕES	Primária	Constatação da pesquisadora

Fonte: elaboração da autora (2023).

Sendo assim, o Capítulo 4 revelará o desenvolvimento da pesquisa tendo em vista as subseções elencadas no Quadro 5 que darão base para o cumprimento do objetivo geral deste referido estudo.

4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

No cerne da pesquisa encontra-se a identificação e classificação das inovações da *"smart and efficient greenhouse"* no contexto da produção de mudas de bananeira e orquídea. Esta seção, resultado de uma abordagem metodológica, visa analisar e contextualizar os avanços tecnológicos e os benefícios oferecidos pela casa de vegetação inteligente.

A exploração detalhada das características, desempenho e resultados, permite uma visão crítica das implicações teóricas e práticas dessa inovação. Ao alinhar os objetivos da pesquisa com os resultados obtidos, esta seção contribui para a compreensão aprofundada do potencial da tecnologia no cultivo sustentável de mudas, bem como identifica possíveis direções para pesquisas futuras.

4.1 CASA DE VEGETAÇÃO TRADICIONAL

O universo da bibliografia em geral não evidencia e classifica de maneira clara o conceito "casa de vegetação tradicional", o que deixa margem para interpretação, no entanto, pode-se constatar que o termo "tradicional" remete ao que é normal e comum, ou seja, que não revela características de modernidade e evolução.

Sendo assim, a casa de vegetação tradicional pode ser dita como aquela que não apresenta atributos de inovação e que perante a uma *"smart and efficient greenhouse"* não traz na sua composição elementos estratégicos, tecnológicos e de automação.

Para tanto, diante do exposto e tendo em vista a necessidade de descrever uma casa de vegetação tradicional neste estudo, esta subseção trará a sua caracterização dentro do escopo desta definição por meio de dados primários levantados numa visita a uma propriedade localizada na comunidade de Forquilha do Cedro, município de Santa Rosa do Sul – SC, referente a uma casa de vegetação tradicional de produção de mudas de maracujá.

4.1.1 Estrutura física

A estrutura física busca evidenciar as características gerais da composição e os elementos utilizados para edificação da fundação, paredes e cobertura da casa de vegetação tradicional. Para tanto, a caracterização da casa de vegetação tradicional é contemplada no Quadro 6.

Quadro 6 - Caracterização da estrutura física da casa de vegetação tradicional.

CARACTERÍSTICAS GERAIS		
DIMENSÕES	Largura	10,50 m
	Comprimento	35,00 m
	Altura do pé-direito	2,50 m
	Distância dos pés	3 m
	Área total	367,50 m ²
FUNDAÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> Interior da casa de vegetação sem fundação, apenas solo coberto por lona preta. Escavação de um buraco de aproximadamente 18cm de diâmetro e 50 cm de profundidade para fixação das colunas. 	
ESTRUTURA	<ul style="list-style-type: none"> Colunas para sustentação em madeira roliça de eucalipto aprox. 15cm de diâmetro e 3m de comprimento; Caibros de madeira roliça de eucalipto aprox. 12cm de diâmetro e 5,50m de comprimento. Madeira serrada (estilo guia) de aprox. 10cm largura x 2,5cm de espessura para sustentação da estrutura superior. Guias de madeira serrada de aprox. 10cm para fixação do plástico. 	
COBERTURA	<ul style="list-style-type: none"> Cobertura com plástico filme 150 micras. 	
FECHAMENTOS FRONTAIS E LATERAIS	<ul style="list-style-type: none"> Frontais e laterais com fechamento fixo com tela anti afídeo. 	
PORTAS	<ul style="list-style-type: none"> Uma porta de abrir com dobradiças medindo 0,90 x 2,10 MT, vedada com filme plástico transparente 150 micras. 	
JANELAS	<ul style="list-style-type: none"> Não há janelas 	
ANTESSALA	<ul style="list-style-type: none"> Uma antessala medindo 2,50 x 2,00 m 	

Fonte: elaboração da autora (2023).

Tendo em vista as características elencadas no Quadro 6, a casa de vegetação evidenciada (Figura 2), apresenta uma estrutura física básica que comporta uma edificação construída com pés direito e cobertura em madeira roliça de eucalipto, envolvida por plástico transparente de 150 micras e tela anti afídeo. A fixação do plástico, da tela e travamento da estrutura é realizado com guardas de madeira serrada, ademais, não há nenhuma estrutura de contrapiso, sendo apenas solo coberto por lona preta.

Figura 2 - Casa de Vegetação Tradicional.



Fonte: acervo da autora (2023).

Ao utilizar as madeiras roliças para estruturação da cobertura da casa de vegetação, logo se constata que se trata de uma arquitetura “triangular” e não arqueada, como é mais comum em se ver. A cobertura e fechamentos frontais e laterais estão presentes na casa de vegetação de maneira fixa. Existe ainda, uma porta de acesso à antessala para entrada efetiva a casa de vegetação por meio de uma segunda porta.

Ainda dentro do escopo estrutural da casa de vegetação tradicional, salienta-se que ela não comporta qualquer tipo de bancada para disposição e cultivo das mudas. O produtor ressaltou que as bandejas onde a cultivar é semeada, é disposta em fileiras ao longo da casa de vegetação e todo o processo de cultivo da muda é realizado no chão.

4.1.2 Estrutura energética

A estrutura energética busca apresentar os elementos que a compõem, desde os aspectos estratégicos para o cultivo das plantas até mesmo a disposição desses elementos dentro da casa de vegetação

Para tanto, quanto a estrutura energética da casa de vegetação visitada, esta não apresentou nenhum tipo de estratégia. A iluminação existente é para fins

de trabalhos/atividades que são realizadas a noite, como forma de iluminação do ambiente. Ademais, as lâmpadas utilizadas são residenciais, fluorescentes de bocal E27 que percorrem os 35 metros da casa de vegetação ao centro com espaçamento aproximado de 5 metros entre uma e outra.

4.1.3 Estrutura hidráulica

No que tange a estrutura hidráulica, esta aborda os componentes fundamentais responsáveis pelo fornecimento, distribuição e gerenciamento da água em uma casa de vegetação. O sistema hidráulico desempenha um papel crucial no fornecimento de água adequado às plantas, garantindo que elas recebam a quantidade certa de umidade para o seu crescimento saudável.

Conforme visita *in loco* à casa de vegetação tradicional, o produtor relatou que a água utilizada no cultivo é proveniente de ponteira e distribuída em 4 linhas de canos (azul) com aspersores (Figura 3). Estas 4 linhas percorrem todo o comprimento da casa de vegetação e os aspersores estão a uma distância de 2 metros entre um e outro.

Figura 3 - Sistema de aspersão de água.



Fonte: acervo da autora (2023).

No que se refere a irrigação das plantas, o produtor salientou que esta atividade é realizada de maneira intuitiva, a partir do conhecimento adquirido ao longo dos anos trabalhando na agricultura, ou seja, não há efetivamente um gerenciamento inteligente do processo de irrigação.

4.1.4 Estrutura de controle e automação

O quesito de automação e controle reflete os componentes ligados ao escopo inteligente e tecnológico da casa de vegetação, sendo assim, por se tratar de uma casa de vegetação tradicional, essa parte estrutural se torna ausente, pois o que há de mecanismo é controlado de maneira manual e intuitiva sem qualquer tipo de controle ou aferição, seja na temperatura, luminosidade, substrato da muda, umidade e outras variáveis pertinentes ao cultivo.

4.2 SMART AND EFFICIENT GREENHOUSE

Como é sabido e evidenciado na bibliografia científica, o conceito “*smart and efficient greenhouse*” caracteriza casas de vegetação tecnológicas e autônomas tanto no sentido de componentes elétricos e eletrônicos e engenharia computacional, bem como no que se refere a tecnologias de otimização energética, já que uma “*smart greenhouse*” consome energia elétrica e necessita de uma estratégia energética para torná-la eficiente.

Sendo assim, a proposta do projeto de P&D “*Smart and Efficient Greenhouse* - PD-02949-3107/2021”, objeto deste estudo, foi a construção de 2 casas de vegetação exatamente iguais, uma na cidade de Alpestre - RS e outra na cidade de Santa Rosa do Sul - SC, no entanto, destaca-se que para a caracterização da referida casa de vegetação foram utilizados os relatórios concernentes a “*Smart and Efficient Greenhouse 1*”, por sua vez localizada em Santa Rosa do Sul - SC.

4.2.1 Estrutura física

A estrutura física busca evidenciar as características gerais da composição e os elementos utilizados para edificação da fundação, paredes e cobertura da *smart and efficient greenhouse*, assim como contemplado no Quadro 7.

Quadro 7 - Caracterização da estrutura física da Smart and Efficient Greenhouse.

CARACTERÍSTICAS GERAIS		
DIMENSÕES	Largura	8,00 m
	Comprimento	12,00 m
	Altura do pé-direito	4,0 m
	Distância dos pés	3 m
	Área total	96 m ²
FUNDAÇÕES	<ul style="list-style-type: none"> • Cada coluna foi escavado um buraco de aproximadamente 30cm de diâmetro e 80 cm de profundidade, nos quais receberam concreto para fixação das colunas. • Muretas de concreto ao redor da casa de vegetação. 	
ESTRUTURA	<ul style="list-style-type: none"> • Colunas para sustentação com perfil U enrijecido 23x60x90x60x23#2,00; • Arcos em perfil U 25x50x25#2,00, treliçados com perfil U. • Perfis de chapa dobrados e tubos diversos para sustentação dos arcos. • Perfis de alumínio e mola fix para a fixação do plástico. • Calhas de alumínio • Travamento superior central em tubo red. 2" #1,20mm. • Travessa frontal em perfil U E 15x40x75#2,00mm • Pé direito reforçado com enrijecimento inercial, dando mais resistência à coluna. • Travamento externo. • Interior da casa de vegetação com brita e instalação de ráfia de solo carijó. • Antessala medindo 4x2mt coberta com filme agrícola difusor 150 micras e laterais com tela anti afídeo fixa. • Sistema de resfriamento com dois exaustores e painel de celulose expandida de 8mt para refrigeração do ar. <p>Obs.: Os perfis componentes da estrutura são fabricados com chapa de aço e após sua fabricação são galvanizados em banho de zinco fundente, conforme as normas da ABNT e/ ou ASTM A-153 e ASTM A-123. Os perfis utilizados foram de alumínio extrudado.</p>	
COBERTURA	<ul style="list-style-type: none"> • Cobertura com filme difusor 150 micras com tratamento contra raios UV. • Filme móvel com sistema de recolhimento por moto redutores, cabos de aço e roldanas. • Aluminet 50% móvel com sistema de recolhimento por moto redutores, cabos de aço e roldanas. 	
FECHAMENTOS FRONTAIS E LATERAIS	<ul style="list-style-type: none"> • Frontais com fechamento fixo, vedada com Filme difusor 150 micras com tratamento contra raios UV. • Laterais com instalação de sistema de cortinas de enrolar (de baixo para cima) em filme plástico difusor 150 micras com tratamento contra raios UV, com acionamento através de moto redutor • Laterais com tela anti afídeo 50 mesh fixas. 	
PORTAS	<ul style="list-style-type: none"> • Uma porta do tipo de correr por módulo medindo 2,2 x 3,50MT, vedada com filme plástico transparente 150 micras na frontal da casa de vegetação. 	
JANELAS	<ul style="list-style-type: none"> • Uma janela em cada eitão medindo 2,5 x 1,00mt 	
ANTESSALA	<ul style="list-style-type: none"> • Uma antessala medindo 2 x 2 	

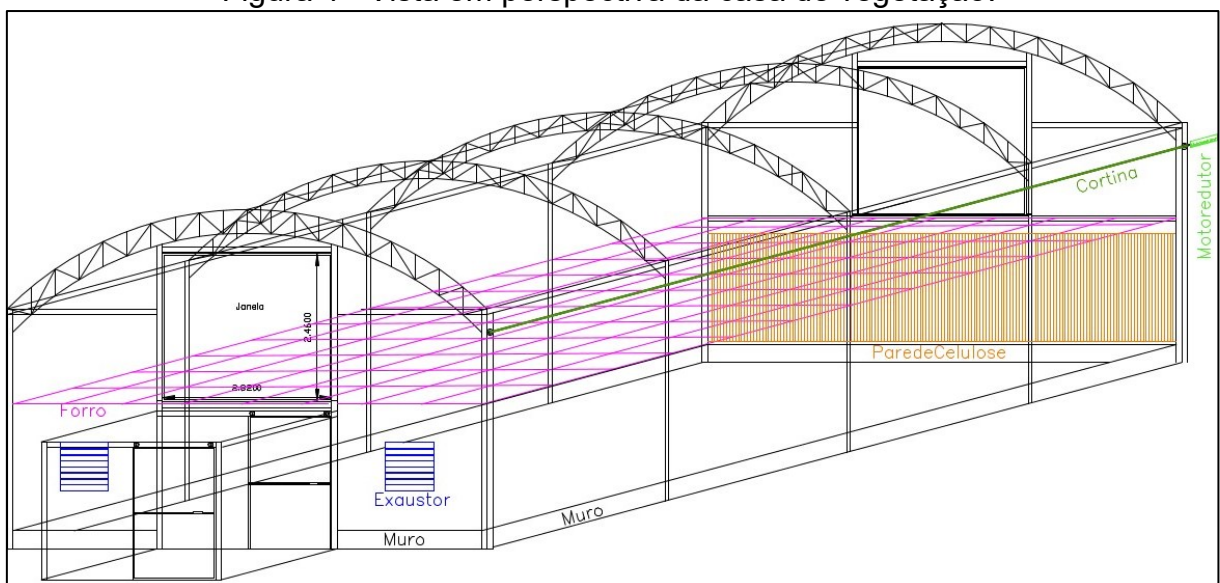
Fonte: elaboração da autora (2023).

A estrutura da casa de vegetação é composta por um pé direito alto de 4 metros de altura, cortinas laterais que fazem o movimento de sobe-desce e lona agrícola de 150 micras que por ser um material vazado permite a circulação do ar e favorece trocas térmicas quando desejado. A envoltória é composta por um filme plástico que permite a entrada de iluminação natural e de radiação solar.

Além disso, há uma lona de sombreamento feita em aluminet e um forro polimérico móveis. As laterais são compostas por lona agrícola de 150 micras para auxiliar na ventilação cruzada e uma cortina móvel de filme plástico. A cortina e o forro móvel se movimentam de acordo com as condições climáticas para controlar as trocas térmicas entre os ambientes interno e externo, a fim de garantir os parâmetros adequados no interior da casa de vegetação. Todos estes dispositivos são comandados por um sistema automático acionado conforme necessidade avaliada pelo sistema computacional de inteligência.

Tendo em vista as características da *smart and efficient greenhouse* listadas, a Figura 4 apresenta o projeto mecânico e civil da casa de vegetação. As diferentes cores identificam partes importantes de atuação dos sistemas envolvidos. Na cor verde escuro está representado o sistema de cortinas, na cor verde claro está o motorreductor, na cor magenta está o forro, na cor laranja está a parede de celulose (sistema de resfriamento evaporativo) e na cor azul, os exaustores.

Figura 4 - Vista em perspectiva da casa de vegetação.



Fonte: acervo P&D Smart and Efficient Greenhouse (2022).

Destaca-se as seguintes características da Figura 4, o forro (roxo) de filme plástico para a redução do volume interno; dois exaustores na extremidade esquerda (azul); placas evaporativas em celulose (laranja) e cortinas acionadas por motorreductores, uma em cada lateral, destacada (verde) a do lado direito. As placas evaporativas foram instaladas na parede leste da casa de vegetação como base para a umidificação. Tais placas combinadas com os exaustores atuam como um sistema de resfriamento evaporativo.

A cortina ou cobertura de aluminet garante o sombreamento em dias com muita insolação e reduz as perdas de calor pelas laterais e pelo forro de filme plástico que proporciona atenuação da radiação solar em períodos específicos do ano. Para tanto, a cobertura de filme plástico beneficia a iluminação natural e o aquecimento uniforme da casa de vegetação.

Todos estes sistemas são acionados por motores e fazem parte da automação da casa de vegetação, sendo que a tomada de decisão é realizada pelo sistema de inteligência que utiliza uma série de variáveis de entrada, provenientes de sensores instalados no ambiente interior e da estação meteorológica automática.

A Figura 5 mostra a cortina ou lona de sombreamento de aluminet e o forro de estrutura polimérica instalados na casa de vegetação.

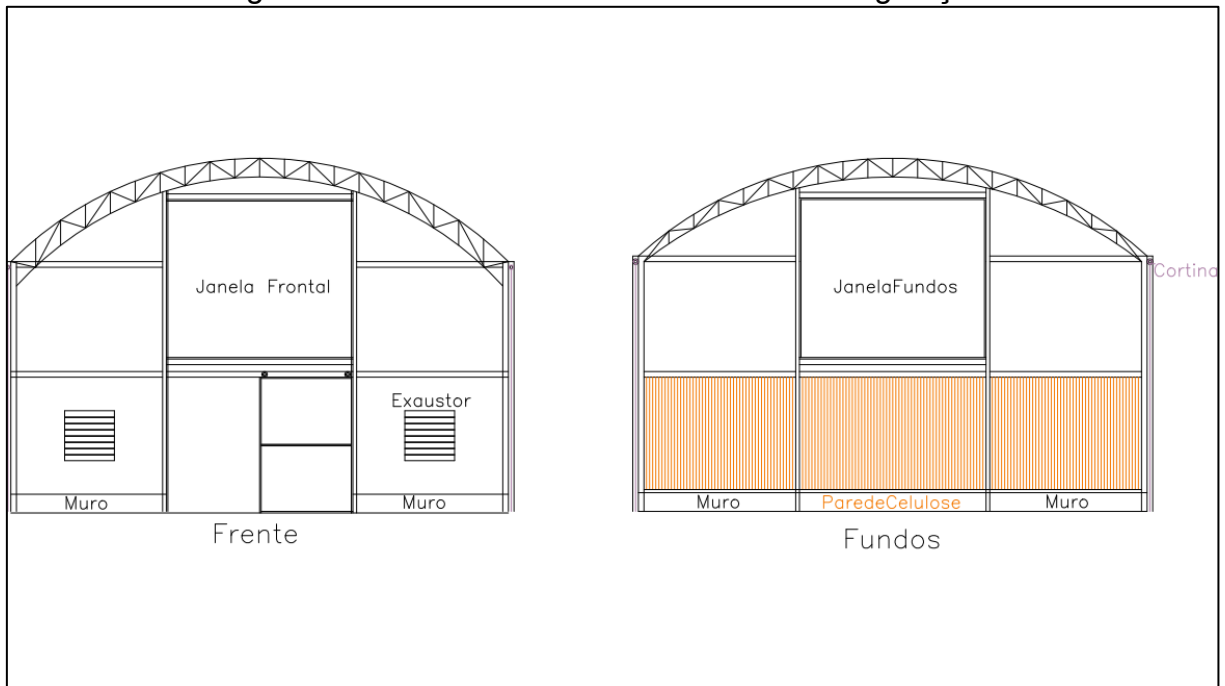
Figura 5 - Cortina de aluminet e forro móvel.



Fonte: acervo P&D Smart and Efficient Greenhouse (2022).

Além de toda essa caracterização, destaca-se o uso de treliças, para dar maior segurança na sustentação das estruturas, evitando possíveis danos devido às intempéries e condições meteorológicas desfavoráveis. Em complemento, a Figura 6 apresenta individualmente a vista frontal e traseira da casa de vegetação.

Figura 6 - Vista frontal e fundos da casa de vegetação.



Fonte: acervo P&D Smart and Efficient Greenhouse (2022).

Ao lado esquerdo da Figura 6 são evidenciados: dois exaustores, janela frontal e porta de correr da antessala; enquanto o lado direito da Figura 6 apresenta: janela dos fundos e placas evaporativas de celulose. As duas janelas superiores auxiliam na manutenção da temperatura interna pelas trocas de calor por convecção e na ventilação cruzada. Estas são importantes estratégias passivas para controle de variáveis ambientais. Ademais, a casa de vegetação de Santa Rosa do Sul - SC tem orientação leste/oeste no eixo de maior comprimento, condição que favorece o aproveitamento da iluminação natural.

Ainda dentro deste escopo estrutural, destaca-se a presença de 4 bancadas metálicas, que são a base para os potes/tubetes no cultivo das mudas de bananeira e orquídea, conforme mostra a Figura 7.

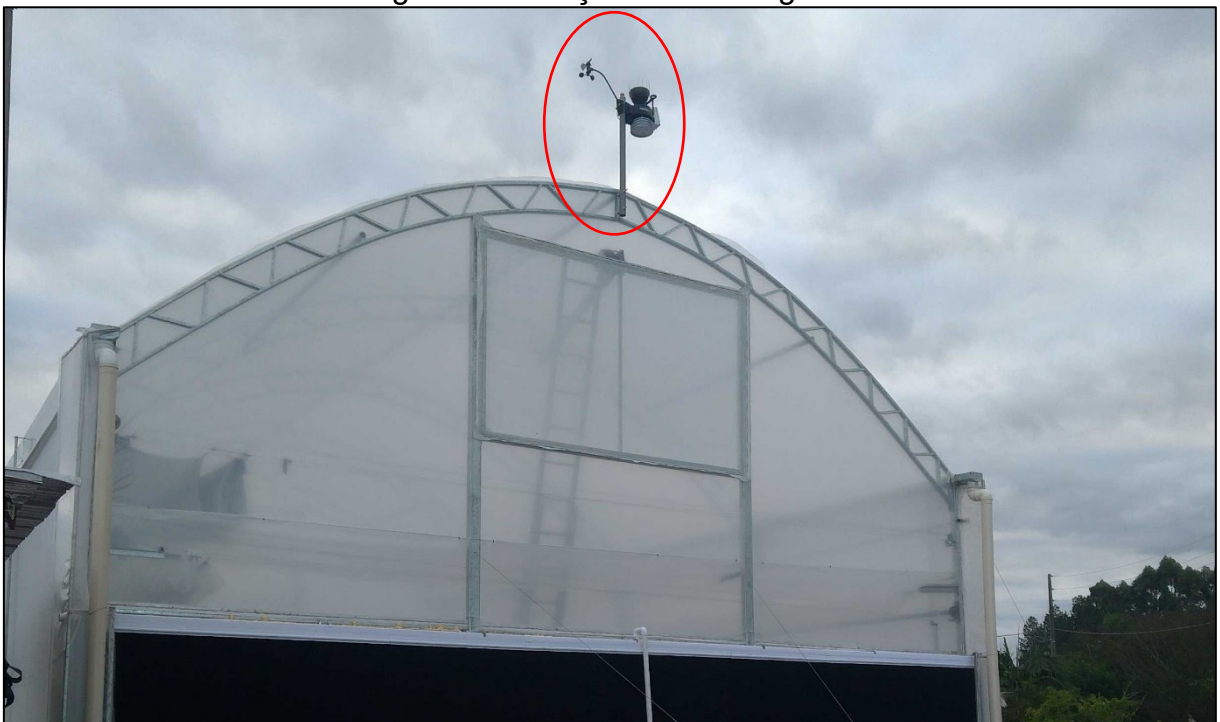
Figura 7 - Disposição das bancadas na Smart and Efficient Greenhouse.



Fonte: acervo P&D Smart and Efficient Greenhouse (2022).

Por fim, a *smart and efficient greenhouse* conta com uma estação meteorológica (Figura 8) que fornece informações locais relevantes para o sistema computacional de inteligência. Além disso, a caracterização das variáveis meteorológicas é importante no desenvolvimento de estratégias de aquecimento e de resfriamento da casa de vegetação.

Figura 8 - Estação meteorológica.



Fonte: acervo P&D Smart and Efficient Greenhouse (2022).

Destaca-se ainda, que por não haver dados meteorológicos consolidados das cidades de Santa Rosa do Sul - SC e Alpestre - RS, realizou-se a caracterização das variáveis meteorológicas de cidades vizinhas que apresentavam estações meteorológicas de superfícies com dados medidos e validados. As cidades selecionadas, próximas de Santa Rosa do Sul - SC, foram Araranguá - SC e Torres - RS, enquanto as cidades de Chapecó - SC e Frederico Westphalen – RS, foram escolhidas por serem próximas de Alpestre - RS.

Contudo, a Figura 9 revela a *smart and efficient greenhouse* em uma representação fotográfica.

Figura 9 - Representação fotográfica da Smart and Efficient Greenhouse.



Fonte: acervo P&D Smart and Efficient Greenhouse (2022).

4.2.2 Estrutura energética

A *smart and efficient greenhouse* faz utilização do sistema fotovoltaico conectado à rede que é composto pelo arranjo de módulos fotovoltaicos (gerador fotovoltaico), inversor *grid-tie* e demais componentes, como dispositivos de proteção e medidor bidirecional. Ademais, no âmbito do projeto de pesquisa foi avaliada a

possibilidade de integração dos módulos do sistema fotovoltaico à arquitetura da casa de vegetação, entretanto, esta configuração foi descartada, pois a integração de módulos fotovoltaicos à arquitetura da casa de vegetação teria impacto econômico negativo, uma vez que exigiria uma construção civil e mecânica de maior robustez, além de restrições nas tecnologias e modelos de módulos fotovoltaicos que poderiam compor o arranjo fotovoltaico.

Os módulos fotovoltaicos para esta integração necessitam de parâmetros específicos associados à transmissividade da radiação solar, a fim de evitar sombreamentos no ambiente interior da casa de vegetação. As restrições quanto à modelos e tecnologias de módulos fotovoltaicos também teriam impacto econômico negativo, uma vez que os custos de projeto e instalação do sistema fotovoltaico seriam maiores.

Sendo assim, foi definido o local para implantação do sistema fotovoltaico, priorizando o sentido norte, que possui maior irradiação solar e buscado um local de melhor visibilidade para a estrutura, conforme elenca a Figura 10.

Figura 10 - Sistema fotovoltaico instalado.



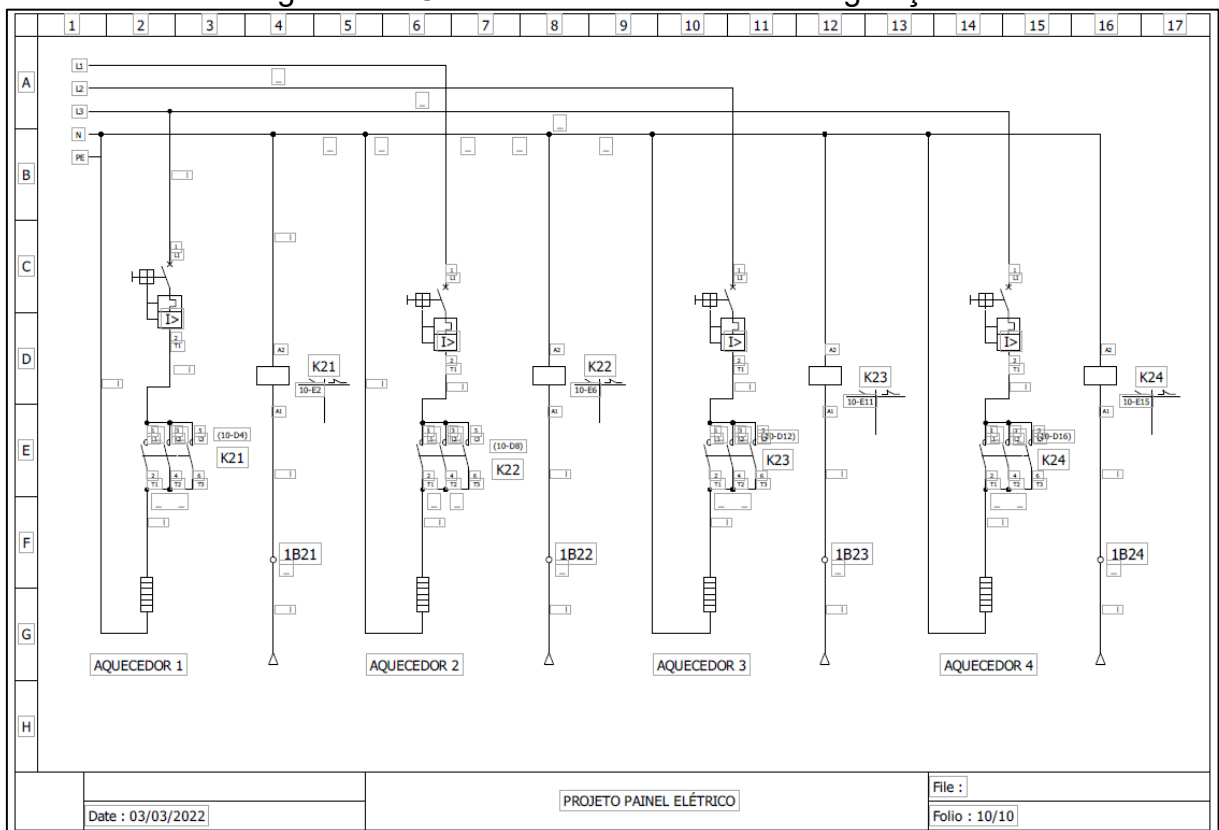
Fonte: acervo P&D Smart and Efficient Greenhouse (2022).

Portanto, o projeto elétrico contemplou os circuitos para o acionamento das partes de potência dos atuadores, pois o sinal de comando viria das centrais de

processamento: circuito de acionamento dos exaustores, motor da bomba da parede úmida, bomba d'água geral, motorredutores das janelas e cortinas, motorredutores do forro e aluminet, iluminação e aquecedores.

Para o sistema de iluminação artificial e para o sistema de aquecimento tem-se 4 circuitos de acionamento, pois a proposta foi trabalhar por zonas de funcionamento que proporcionam flexibilidade na quantidade de mudas a ser cultivada. A Figura 11 exemplifica o circuito elétrico da casa de vegetação, neste caso, para acionamento dos aquecedores que compõem o sistema de aquecimento.

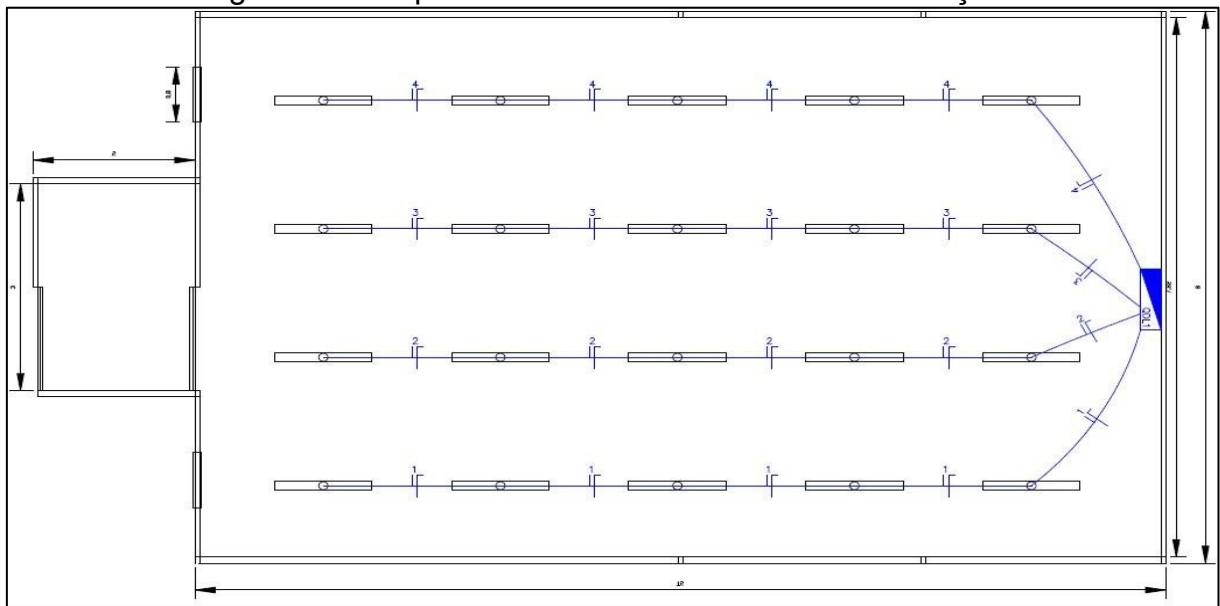
Figura 11 - Circuito elétrico da casa de vegetação.



Fonte: acervo P&D Smart and Efficient Greenhouse (2022).

Para fins de complemento, no que se refere à disposição da iluminação artificial da *smart and efficient greenhouse*, a Figura 12 apresenta o esquema elétrico dos circuitos de iluminação.

Figura 12 - Esquema elétrico dos circuitos de iluminação.



Fonte: acervo P&D Smart and Efficient Greenhouse (2022).

Bem como, a Figura 13 demonstra o registro fotográfico da iluminação interna da casa de vegetação, em funcionamento.

Figura 13 - Sistema de iluminação artificial.



Fonte: acervo P&D Smart and Efficient Greenhouse (2022).

O sistema de iluminação artificial foi composto por 20 luminárias Led de 130 W de potência cada uma, com fluxo luminoso de 13.750 luméns, ângulo de abertura

de 1200h, vida mediana de 100.000 horas, fator de potência de 0,96, índice de reprodução de cor superior a 80, nível de impermeabilidade IP67 e uma faixa de espectro de 450 nm a 650 nm.

Portanto, com base na Figura 12 e 13, é possível observar a presença de 5 linhas e 4 colunas de luminárias centralizadas ao longo das bancadas de apoio das mudas, sendo que para cada coluna de luminária existe um circuito independente, visto que o acionamento das luminárias é feito por zonas individuais.

Dentro do escopo energético, cabe salientar a presença dos aquecedores que compõem o sistema de aquecimento da casa de vegetação, responsáveis por dar conforto às mudas em períodos de baixas temperaturas ambientes. A Figura 14 apresenta o modelo do aquecedor que foi utilizado na casa de vegetação.

Figura 14 - Modelo do aquecedor instalado na casa de vegetação.



Fonte: acervo P&D Smart and Efficient Greenhouse (2022).

Os aquecedores que foram instalados na casa de vegetação possuem potência com regulagem em três estágios: 30 W, 1.500 W e 3.000W, tensão de 220-240V monofásica, corrente de 13 A e controle de temperatura de 0 a 75 °C. Contemplam corpo metálico com pintura anti-corrosiva com medidas de: A-32cm L-28cm C-32cm (sem a base), peso de 5,4 kg, vazão de ar de 250 m³/h e proteção IP44 que o protege contra corpos sólidos maiores que 1 mm e projeções d'água em todas as direções.

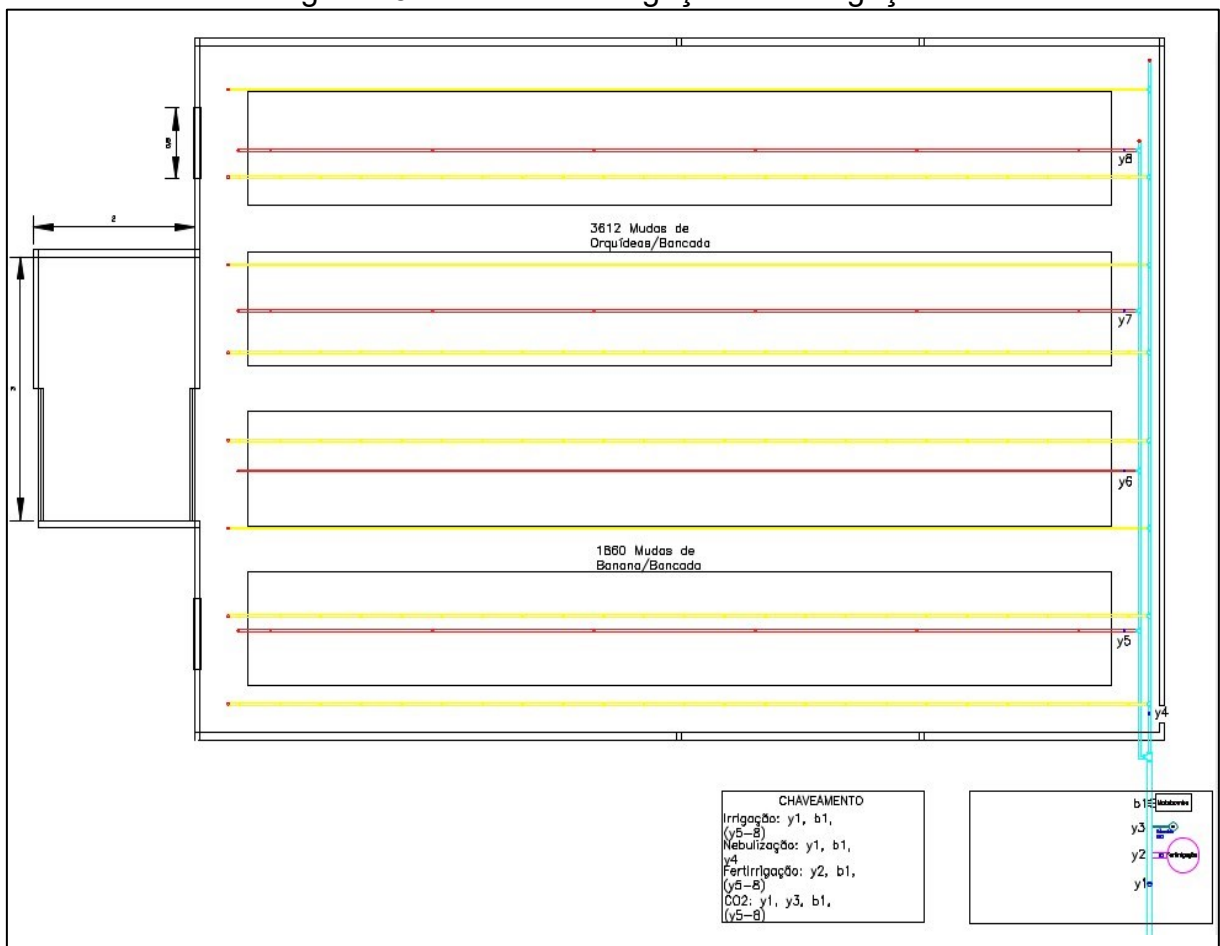
Cada aquecedor apresenta um consumo de energia elétrica de 3 kWh por hora em máxima potência, enquanto o sistema completo de aquecimento de ambiente interno com 4 aquecedores, resultou em 12 kW de potência de aquecimento.

4.2.3 Estrutura hidráulica

No que tange a estrutura hidráulica, essa tem por objetivo constituir um sistema de gerenciamento hídrico que comporta diferentes elementos, tais como, tubulações, válvulas, tanques e/ou reservatórios. Compõem essa estrutura, o sistema de irrigação, fertirrigação (administração dos nutrientes) e nebulização.

Para tanto, o sistema hidráulico da casa de vegetação pode ser observado a partir da Figura 15.

Figura 15 - Sistema de irrigação e fertirrigação.

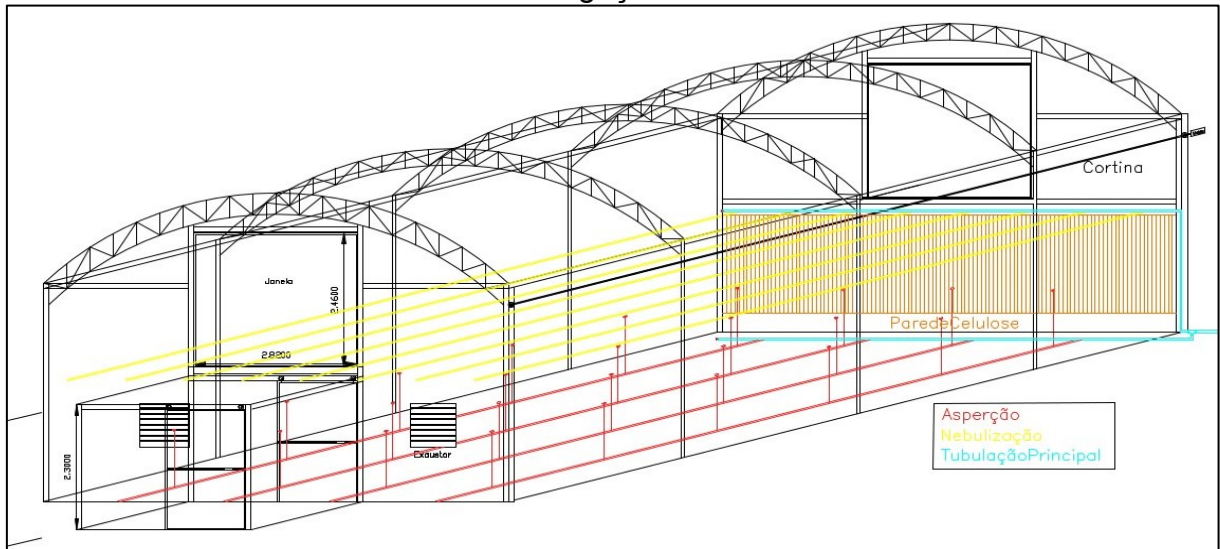


Fonte: acervo P&D Smart and Efficient Greenhouse (2022).

A Figura 15 apresenta uma entrada de água da rede, um reservatório para fertirrigação, cilindro de CO₂ e motobomba para ativação de cada um dos reservatórios. Sendo estes conectados a um tubo principal de 50 mm (cor azul à direita) com uma redução para 32 mm (cor azul à esquerda), que passa a frente de todas as bancadas no sentido longitudinal.

Ainda em sua composição, possui uma válvula solenóide de 50 mm na saída do reservatório e uma de 50 mm na entrada de água que são destinadas a irrigação e fertirrigação. Em complemento, a Figura 16 apresenta a casa de vegetação, em perspectiva, com a representação do sistema de irrigação.

Figura 16 - Casa de vegetação em perspectiva e apresentação do sistema de irrigação.



Fonte: acervo P&D Smart and Efficient Greenhouse (2022).

Conectado ao cilindro CO_2 até a válvula solenóide que serve para enriquecimento de CO_2 , há um cano PU de 10 mm. Conectados paralelamente ao tubo de redução (32 mm), há 4 tubos de 25 mm e 10 m de comprimento (representados pela cor vermelha), com uma válvula solenóide de 25 mm ao início de cada um deles, que são utilizados para irrigação, fertirrigação ou enriquecimento de CO_2 via aspersão e situados ao centro de cada uma das 4 bancadas.

No que se refere aos micro aspersores, estão dispostos 7 por bancada com vazão de 105 L.h^{-1} , espaçados um do outro por 2 metros, totalizando 28 microaspersores. Conectados perpendicularmente à tubulação de 50mm, que possui um solenoide de 32mm para alternância de nebulização e aspersão, está a via de nebulização que conta com 8 tubos de 25mm (representados pela cor amarela).

Em suma, na cor azul está a tubulação principal com a ramificação para os sistemas de nebulização e aspersão. O ramal vermelho percorre a área ao nível do solo onde os ramais de aspersão ficam abaixo de cada bancada, com os aspersores emergindo entre as mudas. O ramal amarelo evidencia o sistema de nebulização e

cobre toda a área interna da casa de vegetação, sobre as mudas e abaixo do forro, pois tem o principal objetivo de aumentar a umidade relativa do ar.

4.2.4 Estrutura de automação de controle

A tecnologia computacional caracteriza e justifica a terminologia “*smart*”, pois é a partir deste sistema que a casa de vegetação pode ser considerada “inteligente” e autônoma, por meio do gerenciamento de suas variáveis tendo em vista o funcionamento dos sensores e atuadores.

Esta estrutura de automação e controle, caracterizada pelo sistema computacional é constituída de sensores, atuadores, centrais de processamento de dados, canais de comunicação, protocolos, programação de *software* de baixo nível, alto nível, lógica *fuzzy* e desenvolvimento de aplicação *web* responsiva. Todos estes sistemas tiveram por objetivo tornar a casa de vegetação autônoma por meio do uso de *IoT* e inteligente através da aplicação de lógica *fuzzy* como técnica de inteligência artificial.

O projeto do sistema computacional de controle foi modelado pela equipe computacional do “P&D ANEEL” com o uso de técnicas de “representação do conhecimento” conhecida cientificamente como ontologia. A ontologia tem como preceito a representação de um determinado domínio, agrupando hierarquicamente as relações entre os termos que o compõem. A informação representada pela ontologia é organizada de forma estruturada para agilizar a geração e representação do conhecimento, uma vez que possibilita a modelagem conceitual do âmbito pretendido. Pode ser utilizada como base de conhecimento, fazendo inferência aos processos que são realizados e os agentes envolvidos.

Este sistema utiliza técnicas de inteligência artificial e em termos de controle de processos, uma automação de casa de vegetação é considerada como complexa, pois possui múltiplas variáveis de entrada e saída, não lineares, dinâmicas e interdependentes. Para isso, duas técnicas de inteligência artificial foram pré-selecionadas, lógica *fuzzy* e aprendizado por reforço. Por ser uma solução mais madura tecnologicamente, mais confiável, rápida de implementar e prática, foi decidido pelo uso da lógica *fuzzy*.

A lógica *fuzzy* é um ramo da área de inteligência artificial largamente utilizado para sistemas inteligentes de controle, principalmente não lineares, como o

caso da *smart and efficient greenhouse*. O sistema *fuzzy* é de grande relevância por aproximar o pensamento humano para a linguagem de máquina, pois as variáveis são linguísticas não binárias.

Descrevendo o funcionamento do sistema de controle, a lógica *fuzzy* recebe as leituras dos sensores (médias dos sensores e dados da estação meteorológica por meio de suas instâncias); confronta com os *set points* (variáveis padrão de temperatura, umidade, luminosidade e umidade do substrato); e posteriormente realiza a tomada de decisão acionando a instâncias dos atuadores.

No escopo da *smart and efficient greenhouse* existem 5 lógicas de funcionamento: fertirrigação, irrigação, iluminação, temperatura e umidade. São essas lógicas de funcionamento que desempenham as etapas até que se chegue à tomada de decisão acionada pelos atuadores.

A partir deste contexto, entende-se que o sistema de controle realiza uma avaliação de melhor ação a ser tomada com base nas informações, objetivando tornar o ambiente propício para o desenvolvimento das culturas. Como forma de compilar algumas informações vinculado ao “Sistema Controle”, tem-se a subclasse “Sensores” e “Atuadores” e que assim seguem representadas e subdivididas no Quadro 8.

Quadro 8 - Sistema Controle: subclasse sensores e atuadores.

SISTEMA CONTROLE	
Subclasses Sensores	Subclasses Atuadores
“Sensor_Temperatura” (sensores que efetuam a leitura da temperatura do ambiente);	“Parede_Umida” (tendo como instâncias Exaustor_1 e Exaustor_2);
“Sensor_Luz” (sensores responsáveis pela leitura de luminosidade);	“Nebulizador” (com a instância Nebulizador);
“Sensor_Umididade” (sensores que realizam a leitura da umidade interna da casa de vegetação);	“Janela” (instâncias Janela_1 e Janela_2);
“Sensor_Umididade_Substrato” (verificam a umidade do substrato onde se encontram as mudas cultivadas);	“Iluminação” (com 4 instâncias, Iluminação_1 a 4);
“Estacao_Meteorologica” (possui sensores que efetuam leituras de variáveis externas, tais como: temperatura e umidade, direção e velocidade do vento, chuva, pressão barométrica e radiação solar)	“Fertirrigacao” (com duas instâncias, sendo uma para orquídeas e outra para bananeiras);
-	“Cortina_Lateral” (instâncias Cortina_Lateral_1 e 2);
-	“Cobertura” (subclasse com as instâncias Lona e Aluminet);
-	“Aquecedor” (com uma única instância para representá-lo).

Fonte: elaboração da autora a partir do acervo P&D Smart and Efficient Greenhouse (2022).

Vale ressaltar que os sensores e atuadores são componentes essenciais em sistemas de automação, controle e monitoramento. Eles desempenham papéis distintos para permitir que sistemas automatizados reajam e interajam com o ambiente ao seu redor. Enquanto o trabalho dos sensores é detectar e medir, monitorar, dar *feedbacks* e controlar, os atuadores executam as ações, manipulam e automatizam os sistemas. Para tanto, a Figura 17 evidencia uma representação dos módulos de sensores presentes na *smart and efficient greenhouse*.

Figura 17 - Exemplo de um dos módulos de sensores.



Fonte: acervo P&D Smart and Efficient Greenhouse (2022).

Em constatação, as estratégias bioclimáticas ativas exigem equipamentos que, por meio forçado ventilam, iluminam, aquecem, resfriam e umidificam o ambiente. A partir de sensores responsáveis por medir e ler as condições e as variáveis ambientais, o controle destes equipamentos é realizado e os sistemas acionados de forma automática com decisão a partir do sistema de inteligência.

Em consonância ao uso dos sensores está a relação com a estação meteorológica, essa por sua vez, responsável em medir e repassar parâmetros externos para o sistema inteligente de controle da casa de vegetação, atuando como parâmetros de entrada do sistema. Assim, os dados obtidos pela estação são enviados para um *data logger* por um sistema *wireless* que fica disponível para o sistema de controle da casa de vegetação.

As leituras externas são consideradas cruciais para a manutenção das variáveis ambientais no interior da *smart and efficient greenhouse*, principalmente as

de temperatura, umidade, velocidade e direção de vento, pois influenciam diretamente no funcionamento das estratégias bioclimáticas passivas e ativas. A medição da velocidade e da direção do vento, por exemplo, auxiliam no controle e no acionamento das cortinas, das janelas, dos aquecedores e dos aspersores.

Diante do exposto, na esfera da estrutura computacional, a “*smart and efficient greenhouse*” conta com um sistema *web* que abarca todos os dados da casa de vegetação, em tempo real, sendo acessado por meio de um login e senha, assim como mostra a Figura 18.

Figura 18 - Interface de login do aplicativo web.



Fonte: Aplicativo Web da Smart and Efficient Greenhouse (2023).

Ao acessar a tela inicial é possível visualizar o *dashboard*, que é composto pelas leituras de temperatura da casa de vegetação, umidade do substrato da muda da bananeira e da orquídea, luminosidade e umidade da casa de vegetação e a temperatura na planta. Ademais, essa primeira tela ainda apresenta dados da estação meteorológica que refletem as condições externas à casa de vegetação.

O sistema *web* conta com um menu de 5 tópicos, sendo eles: *dashboard*, controle, parâmetros, *logs* de aplicação e relatórios. É por meio desse menu que é possível navegar no sistema e acompanhar em tempo real as condições da casa de vegetação.

4.3 ANÁLISE COMPARATIVA DAS CARACTERÍSTICAS DAS CASAS DE VEGETAÇÃO

Para cumprir com o objetivo deste estudo baseado nas características inovadoras de uma casa de vegetação inteligente e eficiente energeticamente na produção de mudas de bananeira e orquídea, faz-se necessário inicialmente realizar uma análise comparativa perante uma casa de vegetação tradicional para que assim possa ser levantada as características e combinações inovadoras da “*smart and efficient greenhouse*”.

O Quadro 9 elenca de maneira sucinta as características presentes em uma casa de vegetação tradicional e na *smart and efficient greenhouse*.

Quadro 9 - Apontamento descritivo e comparativo da Casa de Vegetação Tradicional versus Smart and Efficient Greenhouse

ESTRUTURA	CARACTERÍSTICAS	CASA DE VEGETAÇÃO TRADICIONAL	SMART AND EFFICIENT GREENHOUSE
Estrutura Física	Fundação funcional e robusta	-	✓
	Envoltório com plástico filme	✓	✓
	Estratégia bioclimática	-	✓
	Cortinas de enrolar	-	✓
	Porta/Janela	✓	✓
	Antessala	✓	✓
	Bancadas para cultivo das mudas	-	✓
	Estação meteorológica	-	✓
Estrutura Energética	Iluminação convencional	✓	✓
	Iluminação com estratégia para o cultivo	-	✓
	Fonte de energia renovável	-	✓
	Sistema de aquecimento	-	✓
Estrutura Hidráulica	Água proveniente da propriedade	✓	✓
	Sistema de irrigação	✓	✓
	Sistema de fertirrigação	-	✓
	Sistema de nebulização	-	✓
	Sistema de enriquecimento de CO ₂	-	✓
Estrutura de Automação e Controle	Técnicas de IA e IoT	-	✓
	Sensores e atuadores		✓
	Sistema Web de monitoramento	-	✓

Fonte: elaboração da autora (2023).

Em resumo e a partir do contexto apresentado, ao se comparar a casa de vegetação tradicional com a *smart and efficient greenhouse*, é nítido a presença de

diversas estratégias e componentes que justificam o escopo inteligente da casa de vegetação, como forma de potencializar a produção das culturas.

Quanto à estrutura física, os componentes e materiais utilizados na fabricação da casa de vegetação inteligente apresentam-se com maior robustez, além disso, na casa de vegetação tradicional não há qualquer tipo de estratégia bioclimática implantada e pensada para sua eficiência.

No escopo da estrutura energética, a *smart and efficient greenhouse* se destaca pelo fato das instalações com captação de energia solar, revertido em energia elétrica por meio dos painéis fotovoltaicos para assim alimentar de maneira eficiente circuitos elétricos para controle de atuadores, iluminação e aquecimento da casa de vegetação. Ademais, o sistema de iluminação foi pensado para o cultivo das mudas, tendo em vista a instalação de lâmpadas que influenciam diretamente no desenvolvimento da cultura. Enquanto na casa de vegetação tradicional não incide essa característica.

Na esfera da estrutura hidráulica, ambas as casas de vegetação fazem uso da água proveniente da propriedade, sem aproveitamento de água da chuva ou outra estratégia, além do mais, possuem sistemas de irrigação, no entanto, na casa de vegetação tradicional não há controle inteligente perante ao processo de transferência de água para a planta, apenas operando de modo intuitivo, enquanto na *smart greenhouse*, por meio dos sensores e atuadores, esse controle é realizado de forma inteligente considerando parâmetros pré-estabelecidos para a saudabilidade da planta, operando também com sistemas de fertirrigação e enriquecimento de CO₂ e de nebulização para aumentar a umidade relativa do ar.

Por fim, no que tange o aspecto de automação, como o próprio nome denota, a *smart and efficient greenhouse* apresenta as diversas características e pré-requisitos para que seja chamada assim, por meio da utilização de lógica *fuzzy* para controle, sensores para temperatura, luz, umidade, umidade do substrato e estação meteorológica. Atuadores para exaustores, cortinas, iluminação, aquecedores, entre outros e sistema *web* para monitoramento em tempo real.

Essa sucinta análise comparativa destaca que a "*Smart and Efficient Greenhouse*" possui uma estrutura mais avançada e tecnologicamente equipada em comparação com a "Casa de Vegetação Tradicional". A primeira incorpora sistemas automatizados, como controle de temperatura, iluminação e irrigação, bem como

utiliza energia solar, enquanto a segunda depende estritamente de operações manuais e se apresenta com uma estrutura simples.

4.4 RESULTADOS DAS INOVAÇÕES

Esta subseção, explora os resultados obtidos a partir da observação das características da “*Smart and Efficient Greenhouse*”. Como discutido anteriormente neste trabalho, a agricultura desempenha um papel fundamental na garantia da segurança alimentar global e na mitigação dos impactos ambientais associados à produção de alimentos. No entanto, a necessidade de tornar o processo agrícola mais eficiente e sustentável nunca foi tão premente.

A *Smart and Efficient Greenhouse*, um sistema pioneiro apresentado neste estudo, representa uma abordagem inovadora para abordar os desafios da agricultura contemporânea. Essa solução combina avanços tecnológicos, automação e técnicas agronômicas para criar um ambiente de cultivo altamente controlado e otimizado. Essa abordagem não apenas aumenta a produtividade, mas também reduz o consumo de recursos naturais, como água e energia, ao mesmo tempo em que minimiza os resíduos.

Sobretudo, o intuito desta subseção é evidenciar as características inovadoras da casa de vegetação inteligente e eficiente energeticamente na produção de mudas de bananeira e orquídea a partir do resgate da literatura da subseção “2.1 INOVAÇÃO: CONCEITO E CARACTERÍSTICAS”, que retratou a inovação e seus tipos quanto a área de negócio, quanto ao grau de impacto, quanto a difusão e quanto ao grau de controle.

4.4.1 Quanto a área de negócio - *Smart and Efficient Greenhouse*

A *Smart and Efficient Greenhouse* em si pode ser considerada uma inovação de **produto**, por se tratar de uma casa de vegetação significativamente melhorada, com características e funcionalidades avançadas em relação às casas de vegetação tradicionais. Ela emprega uma combinação de soluções arquitetônicas, tecnológicas e de engenharia, como o uso extensivo de automação, inteligência artificial, internet das coisas, estratégias bioclimáticas e energia solar fotovoltaica. O resultado é uma casa de vegetação inteligente, autônoma e energeticamente eficiente, capaz de

controlar e otimizar variáveis como irrigação, temperatura, umidade, luminosidade, etc.

Portanto, a concepção, arquitetura e capacidades da *smart greenhouse* como um todo podem ser enquadradas como uma inovação de produto. O uso de estrutura metálica ao invés de madeira, propicia maior durabilidade e resistência, o plástico de cobertura com tratamento anti-UV também é mais avançado que os filmes plásticos simples das casas de vegetação comuns. O sistema de resfriamento evaporativo com painel de celulose, exaustores e aquecedores é uma solução de climatização inovadora.

A *Smart and Efficient Greenhouse* incorpora um sistema de automação e controle avançado, incluindo sensores de fertirrigação e irrigação, temperatura, luminosidade, e umidade, executando a tomada de decisão de forma inteligente a partir dos parâmetros pré-estabelecidos tendo em vista as condições ideais para o cultivo das mudas, abarcando assim, as estratégias que tornam melhorias significativas em comparação com a abordagem manual e não controlada da casa de vegetação tradicional.

No escopo da inovação em **processo**, essa pode ser identificada a partir dos diversos sistemas automatizados e que combinados melhoram o desempenho de crescimento das mudas e conseqüentemente a qualidade fitossanitária delas. Pode-se dizer que as atividades necessárias para o cultivo da muda, tais como: administração de nutrientes, água e luz realizada pela mão-de-obra humana e na *smart and efficient greenhouse* executadas de forma autônoma, remontam a inovação dentro do processo produtivo.

Em complemento, a casa de vegetação inteligente e eficiente energeticamente emprega novos processos tecnológicos para o cultivo, como o uso de sensores, atuadores e monitoramento por meio de um sistema *web* responsivo de baixo custo e com aplicação de lógica *fuzzy* para a tomada de decisão inteligente, bem como a estação meteorológica que monitora as variáveis externas. Tudo isso representa processos de cultivo e controle inovadores e disruptivos em relação à operação manual das casas de vegetação tradicionais.

Outra classificação pertinente é a inovação **organizacional** provida pela integração de todos os sistemas da casa de vegetação por meio da plataforma computacional e pela operação remota via aplicativo *web*. Ademais, ao considerar a *smart and efficient greenhouse* enquanto negócio/organização, os sistemas

integrados acarretam aprimoramento das rotinas de trabalho convencionais, tendo em vista o acompanhamento em tempo real por meio do sistema *web* e mais uma vez pela tomada de decisão via lógica *fuzzy* impactando na otimização de recursos naturais e operacionais, representando assim uma inovação organizacional.

A operação da casa de vegetação inteligente e eficiente energeticamente requer uma nova metodologia de organização do trabalho e dos processos produtivos, as tarefas manuais repetitivas são eliminadas pela automação e as decisões são tomadas automaticamente pelo sistema de IA com base em dados dos sensores, permitindo assim um novo arranjo do trabalho, focado no gerenciamento e supervisão do sistema inteligente ao invés de controles manuais.

Da mesma forma, ao considerar a casa de vegetação como um negócio, o cultivo automatizado possibilita novas estratégias de **marketing**, por permitir uma produção confiável de mudas *premium* durante o ano todo, oportunizada pelo controle total do processo, garantindo padronização e alta qualidade dos produtos. Isso traz vantagens competitivas relevantes, viabilizando diferenciação, maiores margens de lucro e foco em nichos de mercado específicos. Portanto, a *smart and efficient greenhouse* possibilita inovações nos métodos de marketing e posicionamento dos produtos cultivados.

Em adição, a casa de vegetação inteligente e eficiente, representa uma notável inovação **social** que vai além da agricultura convencional. Essa avançada instalação agrícola utilizou tecnologias para criar um ambiente controlado e eficiente para o cultivo de plantas. No entanto, seus benefícios englobam uma das maiores contribuições que é a oferta de mudas sem o uso de agrotóxicos e com estimada qualidade fitossanitária para sobrevivência no campo.

A *smart and efficient greenhouse* foi projetada para maximizar a eficiência no uso de recursos, como água e energia, resultando em benefícios ambientais significativos, reduzindo o desperdício de recursos naturais e diminuindo os custos de produção, já que a redução do impacto ambiental tem sido uma preocupação global. Em complemento, possui a característica de produzir em áreas onde as condições climáticas ou do solo podem ser desafiadoras para a agricultura tradicional, possibilitando a independência tanto em comunidades urbanas, quanto rurais.

Outro aspecto a ser destacado no contexto social é a geração de empregos a partir da mão de obra necessária para operacionalização da casa de vegetação,

seja no escopo tático, estratégico ou operacional, colaborando no preenchimento de lacunas de emprego e fortalecimento da base de conhecimento da comunidade, inclusive a de servir como centro de educação e conscientização ao mostrar o potencial da agricultura sustentável e das tecnologias agrícolas avançadas ao potencializar a educação nas comunidades sobre tópicos ambientais e alimentares.

Em resumo, a *smart and efficient greenhouse* representa uma inovação social, não apenas no que se refere a produção de mudas, mas também pela possibilidade de impacto positivo na comunidade, no meio ambiente e na economia local, além da promoção da colaboração e o compartilhamento de conhecimento entre agricultores, pesquisadores e empresas de tecnologia, denotando como a tecnologia pode ser aplicada para resolver desafios sociais e ambientais importantes.

Para tanto, em áreas onde o acesso a empregos e fontes alternativas de renda é limitado, a *smart and efficient greenhouse* pode ser uma solução inovadora e promissora enquanto **modelo de negócios**, pois oferece uma série de vantagens, incluindo o aumento da produtividade, o uso eficiente de recursos e a diversificação de culturas, possibilitando produção durante todo o ano. Isso cria oportunidades para agricultores familiares gerarem renda de maneira mais consistente e acessarem mercados estáveis. Além disso, a inclusão de tecnologias sustentáveis na *smart greenhouse* não só preserva o meio ambiente local, mas também atende à crescente demanda por produtos agrícolas sustentáveis.

Se tratando do escopo do “P&D *Smart and Efficient Greenhouse* – PD 02949-3107/2021”, o protótipo representa uma esperança real para as comunidades lindeiras e assentadas de hidrelétricas que enfrentam a falta de oportunidades econômicas. Ao abordar os desafios da agricultura familiar e proporcionar um impulso econômico sustentável, esse modelo não só melhora a qualidade de vida das comunidades, mas fortalece sua resiliência e sua capacidade de prosperar em um ambiente desafiador.

4.4.2 Quanto ao grau de impacto - Smart and Efficient Greenhouse

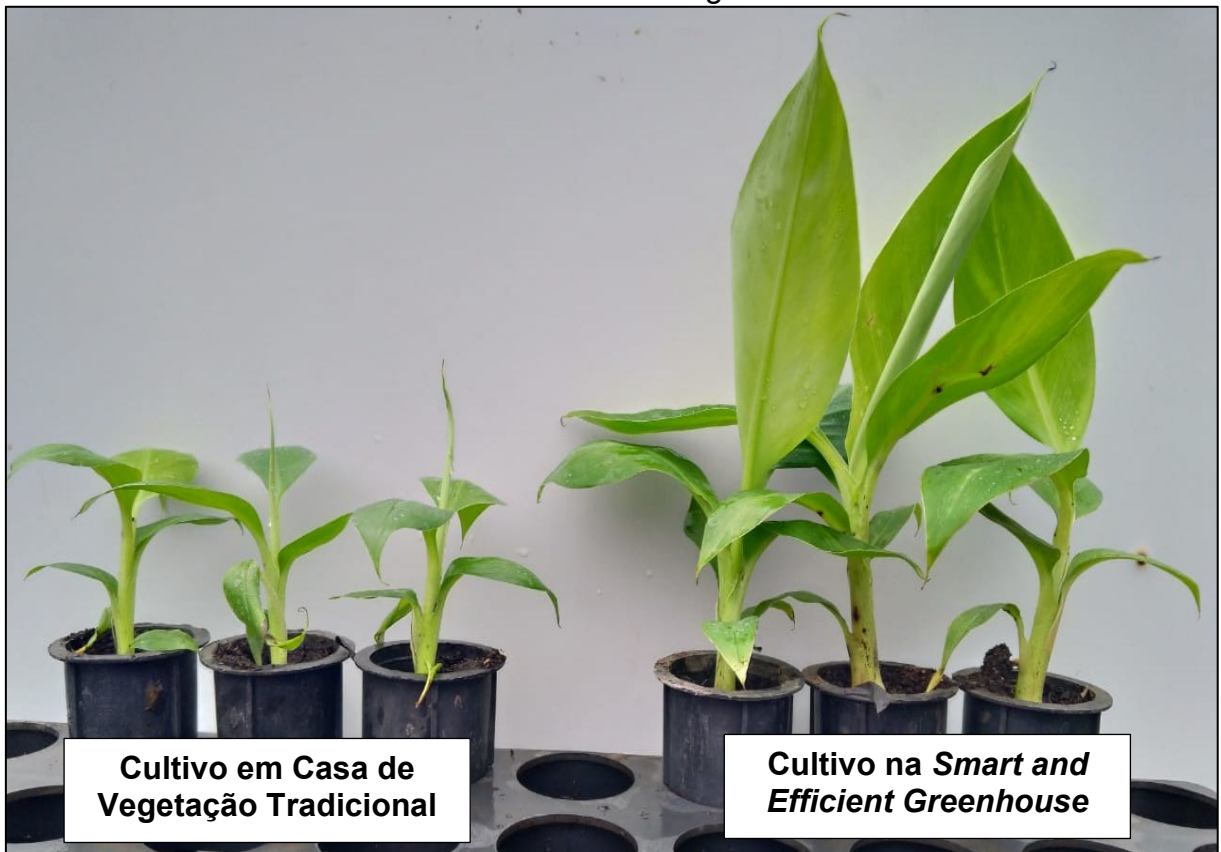
Em relação ao grau de impacto, ao se analisar a *smart and efficient greenhouse* em sua totalidade, esta pode ser classificada como inovação **radical**,

tendo em vista que a própria literatura aponta que este tipo de inovação é fruto de atividades de P&D, por representar um produto inteiramente novo e remodelado.

Para tanto, as inovações nos sistemas de climatização, iluminação artificial, fechamento/abertura de forros e cortinas, umidade, nutrição das mudas e integração do sistema fotovoltaico poderiam ser classificadas como incrementais, se não fosse pelo uso de inteligência artificial *fuzzy* que as tornam inovações **radical** e **disruptiva**, por estabelecer uma mudança completa de paradigma.

A inovação quanto ao grau de impacto, inclusive pode ser percebida no produto produzido pela *smart and efficient greenhouse*, ou seja, as mudas de bananeira e orquídea, desempenharam um crescimento muito superior se comparado com o cultivo em uma casa de vegetação tradicional. Os registros fotográficos trazidos na Figura 19 remontam a comparação de cultivo entre as mudas de bananeira em casa de vegetação tradicional e na *smart and efficient greenhouse*.

Figura 19 - Comparativo da muda de banana em casa de vegetação tradicional versus smart and efficient greenhouse.



Fonte: acervo P&D Smart and Efficient Greenhouse (2023).

Além da superioridade nas métricas obtidas das plantas, o melhor desenvolvimento das mudas de bananeiras na *smart and efficient greenhouse* é perceptível visualmente. Com ampla diferença no tamanho e formato das folhas, como também pseudocaule mais longo e espesso.

No caso das orquídeas, como se trata de uma espécie ornamental, o objetivo foi a floração no menor tempo possível, seja para comercialização ou para seleção de plantas com características desejáveis. Nesse sentido, em apenas 5 meses, alguns exemplares iniciaram a emissão de hastes florais, assim como mostra o registro fotográfico da Figura 20.

Figura 20 - Resultado do desenvolvimento das mudas de orquídea



Fonte: acervo P&D Smart and Efficient Greenhouse (2023).

Um dos resultados mais significativos na observação do desenvolvimento das orquídeas foi o início da emissão de hastes florais. De forma geral, essa emissão acontece em um período de 3 anos, denotando assim uma grande eficiência no cultivo da muda na *smart and efficient greenhouse*. Ademais, a primeira planta a realizar a antese da flor se deu em 7 meses e 15 dias, assim como apresenta a Figura 21.

Figura 21 - Antese floral e muda florida.



Fonte: acervo P&D Smart and Efficient Greenhouse (2023).

Outro resultado importante é o desenvolvimento vegetativo, pois as mudas apresentaram folhas com tamanho bom, coloração verde escura, baixa incidência de manchas e textura coriácea, características importantes na qualidade de plantas de orquídeas.

4.4.3 Quanto a difusão - Smart and Efficient Greenhouse

A inovação quanto a difusão, pode ser classificada como difusão para o **mercado** por estar relacionada ao uso de tecnologias avançadas nas casas de vegetação inteligentes e que embora o conceito não seja novo, a incorporação de tecnologias e técnicas integradas para tornar esses sistemas mais eficientes e sustentáveis é uma abordagem relativamente recente e, por isso, ainda não amplamente adotada no mercado.

Nesse sentido, sabe-se que todas as tecnologias citadas e apresentadas na caracterização da *smart and efficient greenhouse*, sozinhas não podem ser consideradas como “inovadoras”, no entanto, o aspecto da inovação é observado quando todos os sistemas e tecnologias são colocados juntos para um funcionamento coordenado e inteligente.

A inovação na difusão de tecnologias para casas de vegetação inteligentes têm o potencial de transformar a agricultura, tornando-a mais produtiva e sustentável. Ao otimizar o crescimento das plantas, essas casas de vegetação

podem aumentar a produção das cultivares, reduzir o desperdício e minimizar o impacto ambiental.

Em resumo, a inovação quanto à difusão de tecnologias em casas de vegetação inteligentes e eficientes energeticamente representa um campo em crescimento, que está moldando o futuro da agricultura. Embora ainda seja uma novidade no mercado, seu potencial para melhorar a eficiência e a sustentabilidade da produção agrícola torna essa inovação um tópico crucial para o setor e para a busca por soluções mais inteligentes e ambientalmente conscientes.

4.4.4 Quanto ao grau de controle - Smart and Efficient Greenhouse

A inovação quanto ao grau de controle da *Smart and Efficient Greenhouse* classifica-se como **fechada**, pela caracterização do projeto de Pesquisa e Desenvolvimento que culminou no desenvolvimento da casa de vegetação inteligente e eficiente energeticamente, referindo-se a um tipo de inovação que é mantida internamente pela organização que a desenvolveu, sem compartilhar amplamente seus resultados ou tecnologias com outros atores do mercado.

As características que justificam essa classificação são o sigilo tecnológico, pelo fato da não divulgação quanto às técnicas e execução da implementação do protótipo, bem como o escopo da proteção da propriedade intelectual associada ao projeto, como o depósito de patente e acordo de direitos autorais.

Além disso, os testes e aperfeiçoamentos adicionais foram realizados internamente sem qualquer colaboração externa e as informações foram direcionadas apenas aos investidores e demais parcerias estratégicas, ditas como executoras.

5 CONCLUSÃO

O planeta enfrenta desafios inegáveis na área da agricultura com a crescente população mundial, as mudanças climáticas imprevisíveis e a degradação do solo são apenas alguns dos obstáculos que ameaçam a segurança alimentar ao redor do mundo. Em um cenário em que bilhões de pessoas dependem diretamente da produção agrícola para sua subsistência, é indispensável encontrar soluções que garantam a disponibilidade contínua de alimentos saudáveis e acessíveis.

Além disso, é fundamental destacar que a agricultura não é apenas um setor econômico, mas um pilar fundamental para a subsistência da humanidade e a estabilidade das sociedades. Em um mundo em constante evolução onde o espaço agrícola tem se tornado limitado, a agricultura protegida e de tecnologias como as casas de vegetação inteligentes se tornam ainda mais evidentes. Essas inovações não apenas aumentam a eficiência da produção, mas também permitem o cultivo em áreas anteriormente consideradas inadequadas para a agricultura.

Para tanto, esta pesquisa que teve por objetivo evidenciar e analisar os tipos de inovação presentes em uma casa de vegetação inteligente e eficiente energeticamente na produção de mudas de bananeira e orquídea, metodologicamente caracterizou-se quanto à abordagem, essencialmente como qualitativa, por não apresentar análise estatística e com enfoque nas percepções e interações da pesquisadora.

Quanto aos fins, classificou-se como exploratória, descritiva e comparativa, e quanto aos meios de investigação, utilizou-se de fontes bibliográficas para embasamento quanto à teoria da inovação, tecnologias da informação e comunicação e as tecnologias de geração de energia solar. Ademais, ainda se caracterizou como documental, por ter utilizado relatórios técnicos e um estudo de caso, tendo em vista a *smart and efficient greenhouse*.

Por fim, a área de estudo abrangeu a “*smart and efficient greenhouse*” vinculada ao universo da inovação e seus tipos, bem como as TIC's/NTIC's e tecnologias de geração de energia solar.

Nesse sentido, a pesquisa revelou que a inovação não é algo ocasional, pois trata-se de um processo que demanda gerenciamento, surgindo de uma ideia e indo até a sua implementação, visto isso na idealização, conceituação, experimentação e

implementação. Do mesmo modo, a dinâmica da inovação surge como uma necessidade para sobreviver/permanecer no mercado.

Contudo, as casas de vegetação inteligentes, equipadas com sensores, automação e sistemas de energia, têm o potencial de “inovar” a maneira como se cultiva em ambientes controlados. A capacidade de monitorar e ajustar as condições ambientais em tempo real não apenas aumenta a eficiência da produção, mas também reduz o desperdício de recursos naturais.

No escopo da eficiência energética, as casas de vegetação modernas são uma resposta aos desafios enfrentados pela agricultura em um cenário cada vez mais consciente das questões ambientais e das mudanças climáticas. A incorporação de fontes de energia renovável não apenas reduz os custos operacionais, mas também contribui para a redução das emissões de carbono, tornando a agricultura mais sustentável.

Para tanto, as Tecnologias de Informação e Comunicação e as Novas Tecnologias de Informação e Comunicação desempenham um papel fundamental no contexto da inovação em casas de vegetação inteligentes e eficientes energeticamente, pois estão intrinsecamente ligadas ao avanço e ao sucesso delas.

A chave para a eficiência e inovação das *smart and efficient greenhouse* residem na integração de tecnologias que estabelecem a base para a Agricultura 4.0 que está transformando a produção em ambientes controlados. A base tecnológica da casa de vegetação inteligente e eficiente desse estudo pode ser evidenciada por meio de dois pilares essenciais: a Inteligência Artificial e a Internet das Coisas.

A IA capacita a casa de vegetação a operar como sistema autônomo e altamente adaptável para analisar dados em tempo real, provenientes de sensores *IoT* estrategicamente distribuídos, e assim tomar decisões inteligentes. Em complemento, a *IoT* é responsável por habilitar a coleta de dados em tempo real na casa de vegetação por meio de sensores que monitoram continuamente variáveis ambientais e agrícolas, transmitindo esses dados para uma rede centralizada. Essa interconexão de dispositivos *IoT* permite a coordenação precisa de variáveis, como temperatura, umidade e níveis de nutrientes, garantindo que as condições ideais sejam mantidas para o crescimento das mudas.

Portanto, essas tecnologias que incorporam as TIC's e NTIC's são os pilares sobre os quais a inovação na *smart and efficient greenhouse* se apoia, certificando a agricultura de precisão, a automação avançada e a sustentabilidade ambiental,

tornando essas instalações determinantes para atender às demandas de produção agrícola.

Integrando-se a Agricultura 4.0, cabe destacar as tecnologias de geração de energia solar, com foco na geração fotovoltaica, ao qual permitem que a energia solar seja integrada à rede elétrica de forma eficiente, garantindo um fornecimento confiável de eletricidade para todas as operações eletroeletrônicas.

Sendo assim, a "*smart and efficient greenhouse*" apresentou uma notável inovação no campo agrícola, abrangendo várias dimensões. Em primeiro lugar, foi classificado como uma inovação de produto, pois ofereceu uma versão significativamente melhorada das casas de vegetação tradicionais, incorporando tecnologias avançadas como automação, inteligência artificial, internet das coisas e energia solar fotovoltaica.

Além disso, a *smart and efficient greenhouse* apresentou inovações de processo, eliminando tarefas manuais repetitivas e melhorando a qualidade fitossanitária das mudas por meio da automação e do uso de sensores. Essas inovações contribuíram para a eficiência operacional. No âmbito da inovação organizacional, a integração de sistemas e a operação remota via aplicativo *web* melhoraram as rotinas de trabalho e permitiram o acompanhamento em tempo real.

A inovação em *marketing* foi classificada com base na produção segura de mudas *premium* durante o ano todo, oportunizada pelo controle total do processo, garantindo padronização e alta qualidade das mudas de bananeira e orquídea.

Ademais, a casa de vegetação inteligente e eficiente energeticamente oferece inovações sociais ao fornecer mudas sem agrotóxicos, possibilidade de produção em áreas desafiadoras para a agricultura convencional, geração de empregos e fortalecimento da comunidade, podendo atuar como centro de educação e conscientização sobre agricultura sustentável e tecnologias agrícolas avançadas.

Por fim, a *smart and efficient greenhouse* pode ser dita como uma inovação em modelo de negócio, principalmente refletindo o escopo do "PD 02949-3107/2021", como forma de oportunidade econômica às comunidades lindeiras e assentadas de hidrelétricas.

No que se refere a inovação quanto ao grau de impacto, concluiu-se que a *smart and efficient greenhouse* convergiu para uma inovação radical, justificada pelo fato de que a casa de vegetação representa uma mudança completa de paradigma em relação às casas de vegetação tradicionais, sendo resultado de atividades de

Pesquisa e Desenvolvimento, representando um produto inteiramente novo e remodelado.

Evidentemente, o impacto da inovação foi efetivado por meio da observação nas mudas de bananeira e orquídea cultivadas na *smart and efficient greenhouse*, isso por apresentarem resultados significativos em relação ao seu desenvolvimento, aparentes na área foliar e métrica da muda de bananeira, bem como no processo de floração da orquídea, considerado no âmbito agrônomo como um recorde.

No escopo da inovação quanto a difusão, a *smart and efficient greenhouse* foi categorizada enquanto difusão para o mercado, uma vez que está relacionada à introdução de tecnologias avançadas em casas de vegetação inteligentes e que embora o conceito não seja novo, a incorporação de tecnologias e técnicas integradas para tornar esses sistemas mais eficientes e sustentáveis é uma abordagem relativamente recente e ainda não amplamente adotada no mercado.

Por fim, a inovação quanto ao grau de controle foi caracterizada como "fechada", por decorrer da natureza do projeto de P&D que resultou no desenvolvimento da casa de vegetação inteligente e eficiente. Nesse contexto, "fechada" significa que a inovação foi mantida internamente pela organização responsável no seu desenvolvimento, sem ampla divulgação dos seus resultados ou tecnologias para outros atores do mercado.

Em resumo, a pesquisa acerca da *"smart and efficient greenhouse"* revelou que a inovação no campo agrícola não é apenas uma necessidade, mas uma imperativa, com desafios globais como a crescente população, mudanças climáticas e degradação do solo, a agricultura enfrenta uma encruzilhada desafiadora e a integração de tecnologias, como inteligência artificial, Internet das Coisas e energia solar, dentro das casas de vegetação aumentam a eficiência da produção e impulsionam a sustentabilidade ambiental.

Aliás, essas inovações demonstraram um impacto significativo em diversas dimensões, desde melhorias no processo de cultivo até benefícios sociais e econômicos para as comunidades locais. À medida que se avança na Agricultura 4.0, essas tecnologias devem ser promovidas e difundidas no mercado para garantir um suprimento contínuo da produção agrícola saudável e sustentável. Portanto, a pesquisa destacou a importância notória da inovação na agricultura como um catalisador para superar os desafios do planeta em constante evolução.

Adicionalmente, a contribuição do estudo pode ser vista a partir do viés interdisciplinar da pesquisa, que elenca uma base de conhecimento no que versa a gestão por meio da temática da inovação, a disciplina energética no âmbito das tecnologias de geração de energia solar, o conteúdo computacional representado pelas TIC's e por fim, o âmbito agrônômico na concepção das mudas de bananeira e orquídea. Contudo, todas essas disciplinas se mostraram complementares umas as outras e essenciais no escopo da "*smart and efficient greenhouse*".

Como sugestão para trabalhos futuros, pode-se avaliar estratégias para acelerar a adoção de *smart and efficient greenhouses* no mercado regional (sul catarinense), considerando aspectos regulatórios, treinamento de agricultores e parcerias com organizações governamentais e não governamentais.

REFERÊNCIAS

AHLGREN, B.; HIDEELL, M.; NGAI, E. C. H. Internet of Things for Smart Cities: interoperability and open data. **Ieee Internet Computing**, [S.L.], v. 20, n. 6, p. 52-56, nov. 2016. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/mic.2016.124>. Disponível em: <https://ieeexplore-ieee-org.ez46.periodicos.capes.gov.br/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=7781549>. Acesso em: 07 jun. 2023.

AHMED, I.; JEON, G.; PICCIALLI, F. From Artificial Intelligence to Explainable Artificial Intelligence in Industry 4.0: a survey on what, how, and where. **Ieee Transactions On Industrial Informatics**, [S.L.], v. 18, n. 8, p. 5031-5042, ago. 2022. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/tii.2022.3146552>. Disponível em: <https://ieeexplore-ieee-org.ez46.periodicos.capes.gov.br/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=9695219>. Acesso em: 07 jun. 2023.

ALAVIYAN, Y. *et al.* Design and Manufacture of a Smart Greenhouse with Supervisory Control of Environmental Parameters Using Fuzzy Inference Controller. **2020 6Th Iranian Conference On Signal Processing And Intelligent Systems (Icspis)**, [S.L.], p. 1-6, 23 dez. 2020. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/icspis51611.2020.9349619>. Disponível em: <https://ieeexplore-ieee-org.ez46.periodicos.capes.gov.br/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=9349619>. Acesso em: 07 jun. 2023.

ALAWAMLEH, M. *et al.* The influence of open/closed innovation on employees' performance. **International Journal Of Organizational Analysis**, [S.L.], v. 26, n. 1, p. 75-90, 12 mar. 2018. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/ijoa-08-2017-1207>. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/IJOA-08-2017-1207/full/html>. Acesso em: 12 ago. 2022.

ALPAY, O.; ERDEM, E. Climate Control of an Smart Greenhouse based on Android. **2018 International Conference On Artificial Intelligence And Data Processing (Idap)**, [S.L.], p. 1-5, set. 2018. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/idap.2018.8620803>. Disponível em: <https://ieeexplore-ieee-org.ez46.periodicos.capes.gov.br/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8620803>. Acesso em: 07 jun. 2023.

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)**, [S.L.], p. 635-639, out. 2019. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/dese.2019.00119>. Disponível em: <https://ieeexplore-ieee-org.ez46.periodicos.capes.gov.br/document/9073515>. Acesso em: 07 jun. 2023.

ANDRADE, M. M. de. **Introdução à metodologia do trabalho científico: elaboração de trabalhos de graduação**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2001. 174 p.

APPOLINÁRIO, F. **Metodologia da ciência: filosofia e prática da pesquisa.** São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2006. 202 p.

ARIESTYANI, A.; YUNUS, U.; RIZKIANSYAH, M. ICT (Information and Communication Technology) Access to the Agricultural Farmers in Manado. **2021 International Conference On Information Management And Technology (Icimtech)**, [S.L.], v. 0, n. 0, p. 1-5, 19 ago. 2021. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/icimtech53080.2021.9535042>. Disponível em: <https://ieeexplore-ieee-org.ez46.periodicos.capes.gov.br/document/9535042>. Acesso em: 07 jun. 2023.

BADJI, A. *et al.* Design, technology, and management of greenhouse: a review. **Journal Of Cleaner Production** [S.L.], v. 373, p. 133753, nov. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133753>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652622033303>. Acesso em: 15 mar. 2023.

BAM, P.; ABDULLAH, H.; MUJINGA, M. Utilizing Information and Communications Technology to enhance risk management. **2022 Conference On Information Communications Technology And Society (Ictas)**, [S.L.], v. 0, n. 0, p. 1-6, mar. 2022. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/ictas53252.2022.9744649>. Disponível em: <https://ieeexplore-ieee-org.ez46.periodicos.capes.gov.br/document/9744649>. Acesso em: 20 jul. 2023.

BOLT, Olivia. **On Grid Vs Off Grid Vs Hybrid Solar: which is best? Which is Best?** 2023. Disponível em: <https://energytheory.com/on-grid-vs-off-grid-vs-hybrid-solar-which-is-best/>. Acesso em: 03 ago. 2023.

BONSANTO, M. M.; TRONNIER, V. M. Künstliche Intelligenz in der Neurochirurgie. **Der Chirurg**, [S.L.], v. 91, n. 3, p. 229-234, 12 fev. 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00104-020-01131-9>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00104-020-01131-9>. Acesso em: 20 jul. 2023.

BRASIL. Claudio Bezerra Melo. Embrapa. **Casas de vegetação.** 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-imagens/-/midia/4796001/casas-de-vegetacao>. Acesso em: 10 mar. 2022.

BRASIL. NAÇÕES UNIDAS BRASIL. **Fome zero e agricultura sustentável.** 2023. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/2>. Acesso em: 31 out. 2023.

BRASIL. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. **Repositório Institucional da UFSC:** comunidades no repositório. Comunidades no Repositório. 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/>. Acesso em: 04 nov. 2021.

BUAINAIN, A. M.; BONACELLI, M. B. M.; MENDES, C. I. C. (org.). **Propriedade intelectual e inovações na agricultura.** Rio de Janeiro: Ideia, 2015. 380 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1047036/propriedade-intelectual-e-inovacoes-na-agricultura>. Acesso em: 04 abr. 2022.

CARVALHO, H. G. de; REIS, D. R. dos; CAVALCANTE, M. B. **Gestão da inovação**. Curitiba, PR: Aymar Educação, 2011. 136 p.

CASTELLINI, A. *et al.* EXPO-AGRI: smart automatic greenhouse control. **2017 IEEE Biomedical Circuits And Systems Conference (Biocas)**, [S.L.], p. 1-4, out. 2017. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/biocas.2017.8325181>. Disponível em: <https://ieeexplore-ieee-org.ez46.periodicos.capes.gov.br/document/8325181>. Acesso em: 12 abr. 2022.

CERRI, C. E. P. *et al.* Tropical agriculture and global warming: impacts and mitigation options. **Scientia Agricola**, [S.L.], v. 64, n. 1, p. 83-99, fev. 2007. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-90162007000100013>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sa/a/rqTCsnsnQfkpWHBCYwwW7q/?lang=en>. Acesso em: 25 mai. 2022.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A.; SILVA, R. da. **Metodologia científica**. 6.ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

CHANDRA, S. *et al.* An enhancement in electrical efficiency of photovoltaic module. **2016 IEEE 7Th Power India International Conference (Piicon)**, [S.L.], v. 1, n. 1, p. 1-5, nov. 2016. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/poweri.2016.8077375>. Disponível em: <https://ieeexplore-ieee-org.ez46.periodicos.capes.gov.br/document/8077375>. Acesso em: 04 abr. 2023.

CHASCHATZIS, C. *et al.* Integration of Information and Communication Technologies in Agriculture for Farm Management and Knowledge Exchange. **2022 11Th International Conference On Modern Circuits And Systems Technologies (Mocast)**, [S.L.], v. 1, n. 1, p. 1-4, 8 jun. 2022. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/mocast54814.2022.9837534>. Disponível em: <https://ieeexplore-ieee-org.ez46.periodicos.capes.gov.br/document/9837534>. Acesso em: 14 fev. 2022.

CHEN, J.; YANG, A. Intelligent Agriculture and Its Key Technologies Based on Internet of Things Architecture. **IEEE Access**, [S.L.], v. 7, p. 77134-77141, 2019. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/access.2019.2921391>. Disponível em: <https://ieeexplore-ieee-org.ez46.periodicos.capes.gov.br/document/8732391>. Acesso em: 04 abr. 2023.

CHESBROUGH, H. Managing open innovation. **Research-technology management**, v. 47, n. 1, p. 23-26, 2004.

CHESBROUGH, H. **Open Innovation**: the new imperative for creating and profiting from technology. Boston, MA: Harvard Business School Press, 2006. 227 p.

CHUNG, S.; BRESHEARS, L. E.; YOON, J.-Y. Smartphone near infrared monitoring of plant stress. **Computers And Electronics In Agriculture**, [S.L.], v. 154, p. 93-98, nov. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compag.2018.08.046>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169918305519>. Acesso em: 14 mar. 2023.

CORAL, E.; OGLIARI, A.; ABREU, A. F. de (org.). **Gestão integrada da inovação: estratégia, organização e desenvolvimento de produtos**. São Paulo: Atlas S.A, 2008. 269 p.

COULTER, S. A.; CAMPOS, K. Artificial Intelligence in Echocardiography. **Texas Heart Institute Journal**, [S.L.], v. 49, n. 2, p. 1-5, 1 mar. 2022. Texas Heart Institute Journal. <http://dx.doi.org/10.14503/thij-21-7671>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35481864/>. Acesso em: 21 mar. 2023.

CRISTEA, C.; CRISTEA, M.; TIRNOVAN, R.-A. Techno-economic assessment of grid-connected residential rooftop photovoltaic systems using various photovoltaic technologies: a case study in the northwestern romania. **2021 International Conference On Electromechanical And Energy Systems (Sielmen)**, [S.L.], p. 408-412, 6 out. 2021. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/sielmen53755.2021.9600429>. Disponível em: <https://ieeexplore-ieee-org.ez46.periodicos.capes.gov.br/document/9600429>. Acesso em: 15 mai. 2023.

DAGAR, R.; SOM, S.; KHATRI, S. K. Smart Farming – IoT in Agriculture. **2018 International Conference On Inventive Research In Computing Applications (Icirca)**, [S.L.], p. 1052-1056, jul. 2018. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/icirca.2018.8597264>. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8597264>. Acesso em: 12 mar. 2023.

DAN, L. *et al.* Precise Agricultural Greenhouses Based on the IoT and Fuzzy Control. **2016 International Conference On Intelligent Transportation, Big Data & Smart City (Icitbs)**, [S.L.], p. 580-583, dez. 2016. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/icitbs.2016.19>. Disponível em: <https://ieeexplore-ieee-org.ez46.periodicos.capes.gov.br/document/8047228>. Acesso em: 24 mai. 2023.

DAVILA, T.; EPSTEIN, M. J.; SHELTON, R. **As Regras da Inovação: como gerenciar, como medir e como lucrar**. Porto Alegre: Bookman, 2007. 267 p.

DEVARE, J.; HAJARE, N. A Survey on IoT Based Agricultural Crop Growth Monitoring and Quality Control. **2019 International Conference On Communication And Electronics Systems (Icces)**, [S.L.], v. 1, n. 1, p. 1624-1630, jul. 2019. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/icces45898.2019.9002533>. Disponível em: <https://ieeexplore-ieee-org.ez46.periodicos.capes.gov.br/document/9002533>. Acesso em: 15 fev. 2023.

DHOLU, M.; GHODINDE, K. A. Internet of Things (IoT) for Precision Agriculture Application. **2018 2Nd International Conference On Trends In Electronics And Informatics (Icoei)**, [S.L.], p. 339-342, maio 2018. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/icoei.2018.8553720>. Disponível em: <https://ieeexplore-ieee-org.ez46.periodicos.capes.gov.br/document/8553720>. Acesso em: 20 mai. 2023.

DÍAZ, Y. D. La Utilización de las Tecnologías de la Información y las comunicaciones (TIC) en el aprendizaje universitario. **Revista Universidade e Sociedade**, Cuba, v. 8, n. 4, p. 158-163, dez. 2016. Disponível em: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202016000400021. Acesso em: 12 jun. 2023.

ECHEVESTE, M.; KULPA, C.; SONEGO, M. **Abordagens para a criação de valor na inovação**. Porto Alegre: Ufrgs, 2020. 117 p. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/206642/001113680.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 22 fev. 2022.

ELAOUZY, Y.; FADAR, A. El. Impact of key bioclimatic design strategies on buildings' performance in dominant climates worldwide. **Energy For Sustainable Development**, [S.L.], v. 68, p. 532-549, jun. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.esd.2022.05.006>. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez46.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0973082622000710>. Acesso em: 09 nov. 2023.

ESSAH, R.; ANAND, D.; SINGH, S. Assessment on Crop testing based on IOT and Machine Learning. **2022 10Th International Conference On Reliability, Infocom Technologies And Optimization (Trends And Future Directions) (Icrito)**, [S.L.], v. 1, n. 1, p. 1-6, 13 out. 2022. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/icrito56286.2022.9964802>. Disponível em: <https://ieeexplore-ieee-org.ez46.periodicos.capes.gov.br/document/9964802>. Acesso em: 22 mai. 2022.

FAO. **Tornar a agricultura, a silvicultura e as pescas mais produtivas e sustentáveis**. 2022. Disponível em: <https://www.fao.org/portugal/acerca-de/pt/>. Acesso em: 08 mar. 2022.

FAROOQ, M. S. *et al.* Internet of Things in Greenhouse Agriculture: a survey on enabling technologies, applications, and protocols. **Ieee Access**, [S.L.], v. 10, p. 53374-53397, 2022. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/access.2022.3166634>. Disponível em: <https://ieeexplore-ieee-org.ez46.periodicos.capes.gov.br/document/9755156>. Acesso em: 22 mai. 2022.

FERNANDES, R. J. G. **Dinâmicas industriais, inovação e território**: abordagem geográfica a partir do centro litoral de Portugal. Coimbra: Fundação Calouste Gulbenkian, 2004. 506 p.

FERNANDO, E.; ASSEGAFF, S.; ROHAYANI, A. H. H. Trends information technology in E-agriculture: a systematic literature review. **2016 3Rd International Conference On Information Technology, Computer, And Electrical Engineering (Icitacee)**, [S.L.], v. 1, n. 1, p. 351-355, out. 2016. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/icitacee.2016.7892470>. Disponível em: <https://ieeexplore-ieee-org.ez46.periodicos.capes.gov.br/document/7892470/>. Acesso em: 15 mar. 2023.

FERRAS-HERNANDEZ, X.; NYLUND, P. A.; BREM, A. Strategy Follows the Structure of Artificial Intelligence. **Ieee Engineering Management Review**, [S.L.], v. 50, n. 3, p. 17-19, 1 set. 2022. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/emr.2022.3188996>. Disponível em: <https://ieeexplore-ieee-org.ez46.periodicos.capes.gov.br/document/9817651>. Acesso em: 15 mar. 2023.

FERRAZ FILHO, B. S. **Agricultura de precisão em casas de vegetação**: controle e gestão de cultivo em produção de mudas. 2018. 128 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Araranguá, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/191129/PTIC0029-D.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>. Acesso em: 09 nov. 2023.

FREITAS FILHO, F. L. **Gestão da inovação**: teoria e prática para implantação. São Paulo: Grupo GEN, 2013. 9788522480661. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788522480661/>. Acesso em: 22 fev. 2022.

GARCÍA, A. P.; GONZÁLEZ, L. C. Automatización de Ambientes en Invernaderos Simulando Escenarios Futuros. **Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada (Rcta)**, [S.L.], v. 1, n. 29, p. 133-137, 27 maio 2017. Universidad de Pamplona. <http://dx.doi.org/10.24054/16927257.v29.n29.2017.2497>. Disponível em: https://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home_40/recursos/05_v25_30/revista_29/21082017/19.pdf. Acesso em: 12 abr. 2023.

GERHARDT, T.; SILVEIRA, D. (orgs). **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

HE, P.; HU, T. Capital System vs. Information and Communications Technology: a perspective of civilization development. **2021 2Nd International Conference On Electronics, Communications And Information Technology (Cecit)**, [S.L.], v. 0, n. 0, p. 331-335, dez. 2021. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/cecit53797.2021.00065>. Disponível em: <https://ieeexplore-ieee-org.ez46.periodicos.capes.gov.br/document/9742205/>. Acesso em: 15 jul. 2022.

HENDERSON, R. M.; CLARK, K. B. Architectural innovation: The reconfiguration of existing product technologies and the failure of established firms. **Administrative science quarterly**, p. 9-30, 1990. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/2393549>. Acesso em: 15 abr. 2023.

HU, Z. *et al.* Application of Non-Orthogonal Multiple Access in Wireless Sensor Networks for Smart Agriculture. **Ieee Access**, [S.L.], v. 7, p. 87582-87592, 2019. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/access.2019.2924917>. Disponível em: <https://ieeexplore-ieee-org.ez46.periodicos.capes.gov.br/document/8746124>. Acesso em: 14 mar. 2022.

HUTCHINSON, P. Reinventing Innovation Management: the impact of self-innovating artificial intelligence. **Ieee Transactions On Engineering Management**, [S.L.], v. 68, n. 2, p. 628-639, abr. 2021. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/tem.2020.2977222>. Disponível em: <https://ieeexplore-ieee-org.ez46.periodicos.capes.gov.br/document/9036086>. Acesso em: 25 jun. 2022.

JAREK, K.; MAZUREK, G. Marketing and Artificial Intelligence. **Central European Business Review**, Tchéquia, v. 8, n. 2, p. 46-55, jun. 2019. Disponível em: <https://cebr.vse.cz/pdfs/cbr/2019/02/03.pdf>. Acesso em: 14 set. 2022.

JIANG, G.; ZHANG, H. Analysis of the Driving Role of Computer Science and Technology on the Development of the Internet of Things. **2021 International Conference On Computer Information Science And Artificial Intelligence (Cisai)**, [S.L.], p. 892-895, set. 2021. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/cisai54367.2021.00179>. Disponível em: <https://ieeexplore-ieee-org.ez46.periodicos.capes.gov.br/document/9719127>. Acesso em: 12 mar. 2022.

JOHNSON, M. W.; CHRISTENSEN, C. M.; KAGERMANN, H. Reinventing your business model. **Harvard business review**, v. 86, n. 12, p. 57-68, 2008. Disponível em: https://alea.ee/wp-content/uploads/2023/04/HBRs-10-Must-Reads-on-Strategy-2011-Harvard-Business-Review-Press_-Harvard-Business-School-Press-1.pdf#page=57. Acesso em: 25 jul. 2023.

KAMINSKI, J. Diffusion of innovation theory. **Canadian Journal of Nursing Informatics**, v. 6, n. 2, p. 1-6, 2011. Disponível em: <https://cjni.net/journal/?p=1444>. Acesso em: 12 jul. 2023.

KAUR, H.; SHUKLA, A. K.; SINGH, H. Review of IoT Technologies used in Agriculture. **2022 2Nd International Conference On Advance Computing And Innovative Technologies In Engineering (Icacite)**, [S.L.], v. 1, n. 1, p. 1007-1011, 28 abr. 2022. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/icacite53722.2022.9823520>. Disponível em: <https://ieeexplore-ieee-org.ez46.periodicos.capes.gov.br/document/9823520>. Acesso em: 22 ago. 2022.

KEELEY, L. *et al.* **Dez tipos de inovação**: a disciplina de criação de avanços de ruptura. [S.L.]: Dvs, 2016. 263 p.

KHANAM, S.; TANWEER, S.; KHALID, S. Artificial Intelligence Surpassing Human Intelligence: factual or hoax. **The Computer Journal**, [S.L.], v. 64, n. 12, p. 1832-1839, 2 jan. 2020. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/comjnl/bxz156>. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9684789>. Acesso em: 16 jul. 2023.

KHER, Vansha *et al.* Scheduled single axis solar tracker system for improvisation of energy efficiency. **2022 4Th International Conference On Smart Systems And Inventive Technology (Icssit)**, [S.L.], p. 787-791, 20 jan. 2022. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/icssit53264.2022.9716418>. Disponível em: <https://ieeexplore-ieee-org.ez318.periodicos.capes.gov.br/document/9716418>. Acesso em: 07 nov. 2023.

KUMAR, R. *et al.* Impact of Information and Communication Technologies (ICTs) on agriculture practices. **The Indian Journal Of Agricultural Sciences**, [S.L.], v. 88, n. 10, p. 1552-1557, 24 out. 2018. Indian Council of Agricultural Research, Directorate of Knowledge Management in Agriculture. <http://dx.doi.org/10.56093/ijas.v88i10.84222>. Disponível em:

<https://epubs.icar.org.in/ejournal/index.php/IJAgS/article/view/84222/34636>. Acesso em: 15 jun. 2023.

KUMAR, S. *et al.* gCrop: internet-of-leaf-things (iolt) for monitoring of the growth of crops in smart agriculture. **2019 IEEE International Symposium On Smart Electronic Systems (Isees) (Formerly Inis)**, [S.L.], p. 53-56, dez. 2019. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/ises47678.2019.00024>. Disponível em: <https://ieeexplore-ieee-org.ez46.periodicos.capes.gov.br/document/9002426>. Acesso em: 22 ago. 2022.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. **Fundamentos da metodologia científica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

LEE, C.; HE, Z.; XIAO, F. How does information and communication technology affect renewable energy technology innovation? International evidence. **Renewable Energy**, [S.L.], v. 200, p. 546-557, nov. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2022.10.015>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148122015051?via%3Dihub>. Acesso em: 15 jun. 2023.

LI, X.; DENG, Y.; DING, L. **Study on precision agriculture monitoring framework based on WSN**. Anti-counterfeiting, Security and Identification. ASID 2008. 2nd International Conference on IEEE. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/4688381>. Acesso em: 10 mar. 2022.

LIU, S. Y. Artificial Intelligence (AI) in Agriculture. **It Professional**, [S.L.], v. 22, n. 3, p. 14-15, 1 maio 2020. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/mitp.2020.2986121>. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=9098011>. Acesso em: 15 jun. 2023.

LOUREIRO, J. F. *et al.* Automação de estufa agrícola integrando hardware livre e controle remoto pela internet. **Revista de Computação Aplicada Ao Agronegócio**, Medianeira, v. 1, n. 1, p. 38-55, jun. 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/328492066_Automacao_de_Estufa_Agricola_a_Integrando_Hardware_Livre_e_Controlo_Remoto_pela_Internet. Acesso em: 02 mar. 2022.

MATTOS, J. R. L. de; GUIMARÃES, L. dos S. **Gestão da Inovação**: uma abordagem prática. São Paulo: Saraiva, 2005. 278 p.

MAZON-OLIVO, B.; PAN, A. Internet of Things: state-of-the-art, computing paradigms and reference architectures. **IEEE Latin America Transactions**, [S.L.], v. 20, n. 1, p. 49-63, jan. 2022. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/tla.2022.9662173>. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9662173>. Acesso em: 19 mai. 2023.

MISHRA, S. S. Design And Installation Of Grid Connected Roof Top Solar Pv System. **2018 International Conference On Recent Innovations In Electrical, Electronics & Communication Engineering (Icreece)**, [S.L.], v. 1, n. 1, p. 49-51,

jul. 2018. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/icrieece44171.2018.9009277>. Disponível em: <https://ieeexplore-ieee-org.ez46.periodicos.capes.gov.br/document/9009277>. Acesso em: 25 abr. 2022.

MORENO, M. C.; SUAREZ, O. J.; GARCIA, A. P. IoT-based Automated Greenhouse for Deep Water Culture Hydroponic System. **2021 2Nd Sustainable Cities Latin America Conference (Scla)**, [S.L.], p. 1-6, 25 ago. 2021. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/scla53004.2021.9540187>. Disponível em: <https://ieeexplore-ieee-org.ez46.periodicos.capes.gov.br/document/9540187>. Acesso em: 22 mai. 2022.

MURTHY, M.S. *et al.* Concrete slab solar water heating system. **2011 IEEE Conference On Clean Energy And Technology (Cet)**, [S.L.], v. 1, n. 1, p. 332-336, jun. 2011. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/cet.2011.6041486>. Disponível em: <https://ieeexplore-ieee-org.ez46.periodicos.capes.gov.br/document/6041486>. Acesso em: 26 abr. 2022.

NADJI-TEHRANI, M.; ESLAMI, A. A Brain-Inspired Framework for Evolutionary Artificial General Intelligence. **IEEE Transactions On Neural Networks And Learning Systems**, [S.L.], v. 31, n. 12, p. 5257-5271, dez. 2020. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/tnnls.2020.2965567>. Disponível em: <https://ieeexplore-ieee-org.ez46.periodicos.capes.gov.br/document/9034490>. Acesso em: 02 mai. 2022.

NAIR, M. *et al.* Artificial intelligence in glaucoma. **Indian Journal Of Ophthalmology**, [S.L.], v. 70, n. 5, p. 1868, 2022. Medknow. http://dx.doi.org/10.4103/ijo.ijo_1015_22. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35502116/>. Acesso em: 12 fev. 2023.

NAZAR, M. *et al.* A Systematic Review of Human–Computer Interaction and Explainable Artificial Intelligence in Healthcare With Artificial Intelligence Techniques. **IEEE Access**, [S.L.], v. 9, p. 153316-153348, 2021. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/access.2021.3127881>. Disponível em: <https://ieeexplore-ieee-org.ez46.periodicos.capes.gov.br/document/9614151>. Acesso em: 15 set. 2022.

NAZARPOUR, M; ABEDI, M; BAKHTIAR, F. The role of information and communication technologies (ICT) in improving agriculture. **Life Science Journal-Acta Zhengzhou University Overseas**, [s. l.], v. 8, n. 3, p. 117-121, maio 2012. Disponível em: http://www.lifesciencesite.com/ljsj/life0803/024_5679life0803_117_121.pdf. Acesso em: 15 abr. 2023.

OECD. ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **Glossary of statistical terms**: organisational innovation. 2005. Disponível em: <https://stats.oecd.org/glossary/detail.asp?ID=6873#:~:text=An%20organisational%20innovation%20is%20the,workplace%20organisation%20or%20external%20relations>. Acesso em: 14 set. 2022.

OECD. **Oslo Manual 2018**: guidelines for collecting, reporting and using data on innovation, 4th edition. Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation, 4th Edition. 2018. Disponível em: <https://www.oecd.org/innovation/oslo-manual-2018-9789264304604-en.htm>. Acesso em: 22 fev. 2022.

OLIVEIRA, M. R. V. O emprego de casas de vegetação no Brasil: vantagens e desvantagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 8, p. 1049-1060, ago. 1995. Disponível em: <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/4396>. Acesso em: 23 nov. 2022.

PACHIYAPPAN, P. *et al.* Protected Cultivation of Horticultural Crops as a Livelihood Opportunity in Western India: an economic assessment. **Sustainability**, [S.L.], v. 14, n. 12, p. 7430, 17 jun. 2022. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/su14127430>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/12/7430>. Acesso em: 12 mar. 2023.

PARK, J.; HYUN, W.; HUH, M. Y. LCP for Managing Smart Greenhouse. **2018 International Conference On Information And Communication Technology Convergence (Ictc)**, [S.L.], p. 337-341, out. 2018. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/ictc.2018.8539586>. Disponível em: <https://ieeexplore-ieee.org.ez318.periodicos.capes.gov.br/document/8539586>. Acesso em: 07 nov. 2023.

PRABOWO, H.; SINAGA, O. The Effect of Information and Communication Technology on Competitive Advantage of International Business in Indonesia. **Croatian International Relations Review**, Croatia, v. 27, n. 88, p. 205-222, out. 2022. Disponível em: <http://eprints2.ipdn.ac.id/id/eprint/775/3/cirrij-10-widatama-2022-114-131.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2023.

RAJ, A.; GUPTA, M.; PANDA, S. Design simulation and performance assessment of yield and loss forecasting for 100 KWp grid connected solar PV system. **2016 2Nd International Conference On Next Generation Computing Technologies (Ngct)**, [S.L.], v. 1, n. 1, p. 528-533, out. 2016. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/ngct.2016.7877472>. Disponível em: <https://ieeexplore-ieee.org.ez46.periodicos.capes.gov.br/document/7877472>. Acesso em: 14 set. 2022.

REIS, N. V. B. dos. **Construção de estufas para produção de hortaliças nas Regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2005.

ROCKSTRÖM, J. *et al.* A safe operating space for humanity. **Nature**, [S.L.], v. 461, n. 7263, p. 472-475, set. 2009. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/461472a>. Disponível em: <https://www-webofscience.ez46.periodicos.capes.gov.br/wos/woscc/full-record/WOS:000270082900020>. Acesso em: 15 mar. 2023.

SAHID, S. *et al.* ROLE OF PASSIVE AND ACTIVE STRATEGY IN GREEN BUILDING CONTEXT. **3rd International Seminar On Tropical Eco Settlements**, Jakarta, v. 3, n. 1, p. 261-268, nov. 2012. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/316874809_ROLE_OF_PASSIVE_AND_ACTIVE_STRATEGY_IN_GREEN_BUILDING_CONTEXT. Acesso em: 09 nov. 2023.

SAMPIERI, R.; COLLADO, C.; LUCIO, P. **Metodologia de Pesquisa**. 161. 3ª Ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2006.

SAMUEL, A.; SIPES, C. Making Internet of Things Real. **IEEE Internet Of Things Magazine**, [S.L.], v. 2, n. 1, p. 10-12, mar. 2019. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/iotm.2019.1907777>. Disponível em: <https://ieeexplore-ieee-org.ez46.periodicos.capes.gov.br/document/8835419>. Acesso em: 22 ago. 2022.

SANTOS, A. R. dos. **Metodologia científica: a construção do conhecimento**. 6. ed. Rio de Janeiro: DP&A, 2004. 166 p.

SARASWATHI, D. *et al.* Automation of Hydroponics Green House Farming using IOT. **2018 IEEE International Conference On System, Computation, Automation And Networking (Icscan)**, [S.L.], p. 1-4, jul. 2018. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/icscan.2018.8541251>. Disponível em: <https://ieeexplore-ieee-org.ez46.periodicos.capes.gov.br/document/8541251>. Acesso em: 15 nov. 2022.

SCHERER, F. O.; CARLOMAGNO, M. S. **Gestão da Inovação na Prática**. São Paulo: Grupo GEN, 2016. 9788597007121. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788597007121/>. Acesso em: 22 fev. 2022.

SCHUMPETER, J. A. **Capitalismo, Socialismo e Democracia**. Rio de Janeiro: Zahar, 1942. 154 p.

SCHUMPETER, J. A. **The Theory of Economic Development**. Cambridge Massachusetts. Harvard University Press, 1934. 234 p.

SHAIKH, F. K. *et al.* Artificial Intelligence Best Practices in Smart Agriculture. **IEEE Micro**, [S.L.], v. 42, n. 1, p. 17-24, 1 jan. 2022. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/mm.2021.3121279>. Disponível em: <https://ieeexplore-ieee-org.ez46.periodicos.capes.gov.br/document/9580718>. Acesso em: 15 nov. 2022.

SHARMA, A.; SHARMA, M. Power & energy optimization in solar photovoltaic and concentrated solar power systems. **2017 IEEE Pes Asia-Pacific Power And Energy Engineering Conference (Appeec)**, [S.L.], v. 1, n. 1, p. 1-6, nov. 2017. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/appeec.2017.8308973>. Disponível em: <https://ieeexplore-ieee-org.ez46.periodicos.capes.gov.br/document/8308973>. Acesso em: 02 set. 2022.

SHARMA, R.; MISHRA, V.; SRIVASTAVA, S. Enhancing Crop Yields through IoT-Enabled Precision Agriculture. **2023 International Conference On Disruptive Technologies (Icdt)**, [S.L.], v. 1, n. 1, p. 279-283, 11 maio 2023. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/icdt57929.2023.10151422>. Disponível em: <https://ieeexplore-ieee-org.ez46.periodicos.capes.gov.br/document/10151422>. Acesso em: 02 nov. 2022.

SILVA, A. J. H. da. **Metodologia de pesquisa**: conceitos gerais. Guarapuava: Editora UNICENTRO, 2014. 156 p.

SILVA, F. P. da *et al.* **Gestão da Inovação**. Porto Alegre: Sagah, 2018. 221 p.
Disponível em:
<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788595028005/pageid/2>.
Acesso em: 22 fev. 2022.

SILVA, F. T. da *et al.* Open Innovation in Agribusiness: barriers and challenges in the transition to agriculture 4.0. **Sustainability**, [S.L.], v. 15, n. 11, p. 8562, 25 maio 2023. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/su15118562>. Disponível em:
<https://www.mdpi.com/2071-1050/15/11/8562>. Acesso em: 15 mar. 2023.

SMITH, M. J. Getting value from artificial intelligence in agriculture. **Animal Production Science**, [S.L.], v. 60, n. 1, p. 46, 2020. CSIRO Publishing.
<http://dx.doi.org/10.1071/an18522>. Disponível em: <https://www-webofscience.ez46.periodicos.capes.gov.br/wos/wosccc/full-record/WOS:000505620500007>. Acesso em: 20 mar. 2023.

SOULE, S. A.; MALHOTRA, N.; CLAVIER, B. **Defining Social Innovation**: What Is Social Innovation? 2022. Disponível em:
<https://www.gsb.stanford.edu/experience/about/centers-institutes/csi/defining-social-innovation>. Acesso em: 13 set. 2022.

SULEYMANOVA, G. N. Information and Communications Technology Integration in Language Education. **2021 International Conference On Information Science And Communications Technologies (Iciscct)**, [S.L.], v. 5, n. 8, p. 1-5, 3 nov. 2021. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/iciscct52966.2021.9670297>. Disponível em:
<https://ieeexplore-ieee-org.ez46.periodicos.capes.gov.br/document/9670297>. Acesso em: 13 set. 2022.

SWANSON, B. E.; RAJALAHTI, R. **Strengthening agricultural extension and advisory systems**: Procedures for assessing, transforming, and evaluating extension systems. 2010.

TABASSUM, M.; KASHEM, S. B. A.; SIDDIQUE, M. B. M. Feasibility of using Photovoltaic (PV) technology to generate solar energy in Sarawak. **2017 International Conference On Computer And Drone Applications (Iconda)**, [S.L.], v. 1, n. 1, p. 11-16, nov. 2017. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/iconda.2017.8270391>. Disponível em: <https://ieeexplore-ieee-org.ez46.periodicos.capes.gov.br/document/8270391>. Acesso em: 02 out. 2022.

TENG, S.; MINGGUANG, C.; HONG, J. The application of solar energy photovoltaic technology on the building surface. **2011 International Conference On Electric Technology And Civil Engineering (Icetce)**, [S.L.], v. 1, n. 1, p. 3611-3614, abr. 2011. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/icetce.2011.5775934>. Disponível em:
<https://ieeexplore-ieee-org.ez46.periodicos.capes.gov.br/document/5775934>. Acesso em: 02 out. 2022.

TIDD, J.; BESSANT, J. **Gestão da Inovação**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015. 633 p.

TIDD, J.; BESSANT, J.; PAVITT, K. **Gestão da Inovação**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2008. 600 p. Tradução de: Elizamari Rodrigues Becker *et al.*

TIGRE, P. **Gestão da Inovação: a economia da tecnologia no brasil**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006. 288 p.

TIGRE, P. **Gestão da Inovação - Uma Abordagem Estratégica, Organizacional e de Gestão de Conhecimento**. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2019. 9788595150812. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595150812/>. Acesso em: 22 fev. 2022.

TRIPATHY, P. K. *et al.* MyGreen: an iot-enabled smart greenhouse for sustainable agriculture. **Ieee Consumer Electronics Magazine**, [S.L.], v. 10, n. 4, p. 57-62, 1 jul. 2021. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/mce.2021.3055930>. Disponível em: <https://ieeexplore-ieee-org.ez46.periodicos.capes.gov.br/document/9343775>. Acesso em: 09 nov. 2023.

TROTT, P. J. **Gestão da Inovação e Desenvolvimento de Novos Produtos**. Porto Alegre: Grupo A, 2012. 9788540701663. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788540701663/>. Acesso em: 22 fev. 2022.

VARELLA, S. R. D.; MEDEIROS, J. B. S. de; SILVA JUNIOR, M. T. da. O Desenvolvimento da Teoria da Inovação Schumpeteriana. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUCAO, 32., 2012, Bento Gonçalves. **Anais [...]**. Bento Gonçalves: Abepro, 2012. p. 1-10.

VERDE, L. H. L.; MIRANDA, J. I. R. **O futuro da Propriedade Intelectual no Brasil: Análise Econômica do Direito sobre o Marco da Ciência, Tecnologia e Inovação**. Porto Alegre, RS: Editora Fi, 2019, 143 p.

VIEIRA FILHO, J. E. R.; FISHLOW, A. **Agricultura e indústria no Brasil: inovação e competitividade**. Brasília: Ipea, 2017. 305 p.

WALDRON, N.; SMITH, S.; KARTHIK, V. Solar Tracking System Utilizing Internet of Things Technologies for Enhanced Power Generation. **2023 12Th International Conference On Renewable Energy Research And Applications (Icrera)**, [S.L.], p. 269-272, 29 ago. 2023. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/icrera59003.2023.10269398>. Disponível em: <https://ieeexplore-ieee-org.ez318.periodicos.capes.gov.br/document/10269398>. Acesso em: 07 nov. 2023.

WEST, J.; GALLAGHER, S. Challenges of open innovation: the paradox of firm investment in open-source software. **R&d Management**, v. 36, n. 3, p. 319-331, 2006. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-9310.2006.00436.x>. Disponível em: <https://www-webofscience.ez46.periodicos.capes.gov.br/wos/woscc/full-record/WOS:000237814400008>. Acesso em: 12 jul. 2023.

XU, B.; ZHENG, J.; WANG, Q. Analysis and Design of Real-Time Micro-Environment Parameter Monitoring System Based on Internet of Things. **2016 IEEE International Conference On Internet Of Things (Ithings) And IEEE Green Computing And Communications (Greencom) And IEEE Cyber, Physical And Social Computing (Cpscom) And IEEE Smart Data (Smartdata)**, [S.L.], p. 368-371, dez. 2016. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/ithings-greencom-cpscom-smartdata.2016.87>. Disponível em: <https://ieeexplore-ieee-org.ez46.periodicos.capes.gov.br/document/7917115>. Acesso em: 12 set. 2022.

ZAITSEVA, D. Artificial Intelligence Today. **Ad Alta-Journal Of Interdisciplinary Research**, S.L., v. 13, n. 1, p. 6-9, mar. 2023. Disponível em: <https://www-webofscience.ez46.periodicos.capes.gov.br/wos/woscc/full-record/WOS:000943238300001>. Acesso em: 15 jul. 2023.

ZHANG, C. Intelligent Internet of things service based on artificial intelligence technology. **2021 IEEE 2Nd International Conference On Big Data, Artificial Intelligence And Internet Of Things Engineering (Icbaie)**, [S.L.], p. 731-734, 26 mar. 2021. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/icbaie52039.2021.9390061>. Disponível em: <https://ieeexplore-ieee-org.ez46.periodicos.capes.gov.br/document/9390061>. Acesso em: 15 nov. 2022.

ZHANG, C.; YANG, J. LoRa-based smart greenhouse control system. In: International Conference On Electrical Engineering, Big Data And Algorithms, 2., 2023, Changchun. **Anais [...]**. [S.L.]: IEEE, 2023. p. 948-952. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10090493>. Acesso em: 16 abr. 2023.

ZHANG, XI; LIAN, Zhiwei. The Bioclimatic Design Approach to Plateau Region Buildings: case of the Lhasa. **Procedia Engineering**, [S.L.], v. 121, p. 2044-2051, 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2015.09.205>. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez46.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S1877705815030337>. Acesso em: 09 nov. 2023.

ZOGBI, E. **Competitividade através da gestão da inovação**. São Paulo: Atlas S.A, 2008. 118 p.

ZUIN, L. F. S. *et al* (org.). **Agronegócios: gestão e inovação**. São Paulo: Saraiva, 2006. 436 p.