



## PRODUÇÃO HIDROPÔNICA, A NOVA FRONTEIRA DO DESENVOLVIMENTO NO SETOR AGRÍCOLA

## HYDROPONIC PRODUCTION, THE NEW FRONTIER OF DEVELOPMENT IN THE AGRICULTURAL SECTOR

## PRODUCCIÓN HIDROPÓNICA, LA NUEVA FRONTERA DEL DESARROLLO EN EL SECTOR AGRÍCOLA

 <https://doi.org/10.56238/levv16n50-088>

**Data de submissão:** 28/06/2025

**Data de publicação:** 28/07/2025

**Ricardo Daher Oliveira**  
Pós Doutor em Ciências Contábeis  
Instituição: Universidade Estadual da Bahia  
E-mail: ricardo.daher@hotmail.com

**Alex Xavier Bastos de Souza e Silva**  
Bacharel em Administração  
Instituição: Universidade Estadual da Bahia  
E-mail: axbastos.art@gmail.com

**Crislayne Freire de Souza**  
Bacharel em Administração  
Instituição: Universidade Estadual da Bahia  
E-mail: cryslaynefreire037@gmail.com

**Eduardo Rodrigues da Silva**  
Bacharel em Administração  
Instituição: Universidade Estadual da Bahia  
E-mail: eduardosilvarodrigues.du@gmail.com

**Gabriela Lorrande de Miranda**  
Bacharel em Administração  
Instituição: Universidade Estadual da Bahia  
E-mail: gabrielalorrandedemiranda@gmail.com

**Ian Gomes Machado**  
Bacharel em Administração  
Instituição: Universidade Estadual da Bahia  
E-mail: iangomes0@gmail.com



**Jardel Sobral Borges**  
Bacharel em Administração  
Instituição: Universidade Estadual da Bahia  
E-mail: jardelsobralborgesemaria@gmail.com

**Kailane da Silva Gomes**  
Bacharel em Administração  
Instituição: Universidade Estadual da Bahia  
E-mail: kailanegomes7654@gmail.com

**Laís Atanádio de Oliveira**  
Bacharel em Administração  
Instituição: Universidade Estadual da Bahia  
E-mail: atanaziolaisadm@gmail.com

**Leonam Marques França**  
Bacharel em Administração  
Instituição: Universidade Estadual da Bahia  
E-mail: leonammarques@gmail.com

**Monica Santana da Costa**  
Bacharel em Administração  
Instituição: Universidade Estadual da Bahia  
E-mail: monicasantana17@hotmail.com

**Renata Pereira da Silva**  
Bacharel em Administração  
Instituição: Universidade Estadual da Bahia  
E-mail: renatapsilva50@gmail.com

**Suzana Souza da Silva**  
Bacharel em Administração  
Instituição: Universidade Estadual da Bahia  
E-mail: suzanasouzadasilva19@gmail.com

## **RESUMO**

O artigo analisa a produção hidropônica como alternativa tecnológica e sustentável frente aos desafios do modelo agrícola tradicional, marcado por desperdício de recursos e impactos ambientais. A hidroponia, ao eliminar o uso do solo e otimizar o consumo de água, oferece alta produtividade em espaços reduzidos e promove a inclusão social, especialmente em áreas urbanas e semiáridas. Associada à agricultura 4.0, com uso de inteligência artificial, sensores e automação, permite maior controle, qualidade e rastreabilidade dos alimentos. O texto enfatiza a importância de políticas públicas, capacitação técnica e integração entre agentes institucionais para consolidar essa técnica como pilar do desenvolvimento agrícola moderno, sustentável e resiliente, voltado à segurança alimentar e ao enfrentamento das mudanças climáticas.

**Palavras-chave:** Hidroponia. Sustentabilidade. Inovação. Agricultura Urbana. Segurança Alimentar.



## ABSTRACT

The article analyzes hydroponic production as a technological and sustainable alternative to the traditional agricultural model, which is marked by resource waste and environmental impacts. By eliminating the use of soil and optimizing water consumption, hydroponics offers high productivity in reduced spaces and promotes social inclusion, especially in urban and semi-arid areas. Associated with Agriculture 4.0, through the use of artificial intelligence, sensors, and automation, it allows for greater control, quality, and traceability of food. The text emphasizes the importance of public policies, technical training, and integration between institutional actors to consolidate this technique as a pillar of modern, sustainable, and resilient agricultural development, aimed at food security and tackling climate change.

**Keywords:** Hydroponics. Sustainability. Innovation. Urban Agriculture. Food Security.

## RESUMEN

El artículo analiza la producción hidropónica como alternativa tecnológica y sostenible frente a los retos del modelo agrícola tradicional, caracterizado por el desperdicio de recursos y el impacto medioambiental. La hidroponía, al eliminar el uso del suelo y optimizar el consumo de agua, ofrece una alta productividad en espacios reducidos y promueve la inclusión social, especialmente en zonas urbanas y semiáridas. Asociada a la agricultura 4.0, con el uso de inteligencia artificial, sensores y automatización, permite un mayor control, calidad y trazabilidad de los alimentos. El texto enfatiza la importancia de las políticas públicas, la capacitación técnica y la integración entre los agentes institucionales para consolidar esta técnica como pilar del desarrollo agrícola moderno, sostenible y resiliente, orientado a la seguridad alimentaria y a la lucha contra el cambio climático.

**Palabras clave:** Hidroponía. Sostenibilidad. Innovación. Agricultura Urbana. Seguridad Alimentaria.



## 1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o setor agrícola global tem enfrentado desafios crescentes, intensificados pela urbanização acelerada, escassez hídrica, degradação ambiental e pela crescente demanda por alimentos em um contexto de desigualdades socioeconômicas e mudanças climáticas. No Brasil, o total de área plantada alcançou aproximadamente 96,3 milhões de hectares em 2023, enquanto a safra de grãos atingiu recorde de 316,4 milhões de toneladas, um crescimento de 19,6% em relação ao ano anterior; porém, o valor da produção agrícola caiu 2,3%, totalizando R\$ 814,5 bilhões, demonstrando uma desconexão entre volume e rentabilidade (IBGE, 2024).

Esse cenário evidencia que o modelo tradicional de monocultura, com destaque para a soja, milho e cana, acarreta impactos ambientais severos, como erosão, salinização do solo e emissão elevada de gases de efeito estufa (IBGE, 2024). Além disso, o uso da água na agricultura brasileira permanece ineficiente: cerca de 92,5 % do volume utilizado depende do ciclo hidrológico local, sendo apenas 7,5 % irrigado formalmente, e o déficit hídrico médio em áreas de sequeiro chegou a 37 % em levantamentos recentes (ANA; IBGE, 2021). Esses elementos escancaram as limitações estruturais do sistema agrícola tradicional, colocando em risco a segurança alimentar, favorecendo o êxodo rural e dificultando a fixação do homem no campo.

Diante desse panorama, a produção hidropônica surge como uma alternativa tecnológica e sustentável que redefine as possibilidades do desenvolvimento rural. Trata-se de uma técnica de cultivo que dispensa o uso de solo, utilizando soluções nutritivas em meio líquido, o que permite maior controle sobre as condições de produção, economia de água e maior produtividade em áreas limitadas (Zen; Brandão; Breitenbach, 2022). A hidroponia contribui diretamente para a geração de renda familiar, viabiliza a agricultura em regiões urbanas e semiáridas e oferece soluções integradas que favorecem a segurança alimentar e a fixação da população rural.

Além de sua eficiência técnica, a hidroponia se insere em um contexto mais amplo de inovação no sistema agroalimentar. Estudos recentes indicam que o Brasil está diante de uma nova fronteira tecnológica impulsionada pela convergência entre biotecnologia, digitalização, inteligência artificial e práticas sustentáveis, o que impacta diretamente a organização dos sistemas produtivos e a competitividade dos territórios (Wilkinson, 2022). Essa mudança afeta tanto o modo de produzir quanto às exigências dos consumidores e os padrões de governança nas cadeias alimentares.

Nesse cenário, a expansão de atividades agrícolas próximas às cidades, especialmente por meio de técnicas como a hidroponia, apresenta-se como uma estratégia eficaz para aproximar produção e consumo, reduzindo custos logísticos, minimizando perdas pós-colheita e promovendo maior rastreabilidade e qualidade dos alimentos ofertados. Além de contribuir para a segurança alimentar urbana, essas iniciativas fortalecem economias locais ao criar novas fontes de renda, estimular o empreendedorismo de base comunitária e articular cadeias curtas de comercialização, como feiras

agroecológicas, mercados públicos e sistemas de entrega direta (CSA – Comunidade que Sustenta a Agricultura). A agricultura urbana e periférica -urbana, nesse sentido, não apenas atende demandas de abastecimento, mas também fomenta o uso produtivo de espaços ociosos, estimula práticas sustentáveis e promove a integração social ao envolver escolas, associações de bairro e coletivos culturais na valorização do território e da alimentação saudável (Wilkinson, 2022; Rodrigues et al., 2021).

A governança sustentável torna-se, portanto, um elemento-chave para o sucesso da hidroponia como estratégia de desenvolvimento. A experiência da Cooperativa Hidroçu, na Paraíba, é um exemplo notável de como a integração entre técnicas hidropônicas, dessalinização e aquapônia pode gerar impactos positivos na economia local e na organização comunitária (Rodrigues et al., 2021). No entanto, como apontam os autores, o fortalecimento da autogestão, da capacitação técnica e das articulações institucionais ainda são desafios a superar para garantir a sustentabilidade de empreendimentos desse tipo.

Além dos benefícios produtivos e ambientais, a hidroponia se destaca por permitir maior previsibilidade e padronização na produção agrícola, aspectos cruciais em um mercado cada vez mais exigente quanto à rastreabilidade, qualidade e sustentabilidade dos alimentos. Por operar em ambientes controlados, essa técnica reduz drasticamente o uso de agrotóxicos, o que resulta em alimentos mais saudáveis e ambientalmente responsáveis. A produção hidropônica também minimiza perdas por intempéries, pragas e variações climáticas, oferecendo segurança e estabilidade ao produtor (Oliveira et al., 2020). Essa padronização é essencial para atender às exigências de redes de varejo, merenda escolar, programas de compras públicas e exportações.

Outro aspecto relevante é a escalabilidade da técnica. A hidroponia pode ser aplicada tanto em pequenas estruturas familiares quanto em grandes empreendimentos comerciais, adaptando-se à disponibilidade de recursos financeiros, espaciais e tecnológicos. Essa flexibilidade favorece a inclusão produtiva de diferentes perfis de agricultores, com destaque para jovens, mulheres rurais e comunidades tradicionais que, muitas vezes, enfrentam dificuldades de inserção em cadeias produtivas mais convencionais (Santos & Lopes, 2021). Além disso, o cultivo hidropônico tem sido utilizado em contextos urbanos e institucionais — como escolas, centros comunitários e penitenciárias — como ferramenta educativa, terapêutica e de geração de renda, integrando políticas públicas de segurança alimentar e desenvolvimento humano.

Nesta perspectiva, para que a hidroponia se consolide como uma alternativa efetiva no contexto brasileiro, é fundamental a articulação entre políticas públicas, instituições de ensino, cooperativas e setores privados. Linhas de crédito específicas, programas de capacitação técnica, assistência rural continuada e incentivos à pesquisa aplicada são estratégias que podem fomentar a adoção da hidroponia de forma mais equitativa e territorialmente integrada. Exemplos exitosos, como os

programas de agricultura urbana em Belo Horizonte e o projeto Hidropônia nas Escolas em Pernambuco, evidenciam o potencial transformador da técnica quando aliada à gestão pública eficiente e à participação social (Carvalho & Meireles, 2022). Assim, a hidropônia representa não apenas uma inovação produtiva, mas um caminho estratégico para o fortalecimento da agricultura sustentável, inclusiva e resiliente frente aos desafios do século XXI.

Contudo, o presente estudo tem como objetivo central analisar a produção hidropônica como fronteira estratégica de desenvolvimento agrícola, considerando sua capacidade de contribuir para a produtividade, a competitividade empresarial e a transformação das dinâmicas socioeconômicas nos setores agrícola, regional e ambiental. Ao articular as dimensões da inovação tecnológica, da sustentabilidade e da governança, a hidropônia representa não apenas uma técnica promissora, mas um paradigma alternativo capaz de responder aos dilemas contemporâneos da produção de alimentos no Brasil e no mundo.

## 2 DESENVOLVIMENTO

A partir deste tópico, o presente artigo fará uma revisão bibliográfica sobre a temática suscitada no título como forma de proporcionar informação e consistência teórica para discussão do tema.

### 2.1 O PROBLEMA DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA NO MUNDO E NO BRASIL

A produção agrícola é essencial para a manutenção da vida humana, garantindo o abastecimento alimentar da população mundial. Contudo, esse setor enfrenta uma série de desafios que vão desde questões climáticas e ambientais até problemas de logística, acesso a tecnologias e desigualdades socioeconômicas. No Brasil, apesar de sua vocação agrícola e das extensas áreas cultiváveis, a produção agrícola também apresenta paradoxos: é uma das maiores do mundo, mas ainda enfrenta desafios internos relacionados a questões climáticas, logísticas e socioeconómicas, também a necessidade de lidar com as consequências dessas mudanças climáticas, e aprimorar a infraestrutura, a logística e garantir o acesso equitativo a tecnologias e recursos para todos os produtores.

Logo a produção de alimentos no mundo cresceu consideravelmente nas últimas décadas. Segundo a FAO (2023), o setor agrícola mundial é capaz de alimentar mais de 10 bilhões de pessoas. Onde temos: cereais (trigo, milho, arroz), oleaginosas (soja, girassol), tubérculos (batata, mandioca), frutas, legumes, café, cacau, cana-de- açúcar e algodão, como principais produtos desse panorama. O uso da terra atinge cerca de 37% da superfície terrestre é usada para agricultura, sendo aproximadamente 11% para lavouras e o restante para pastagens.

Temos em destaque as principais regiões produtoras, a Ásia com a produção de Arroz (China, Índia), chá, frutas tropicais, América do Sul: soja, milho, café, cana de-açúcar (Brasil, Argentina); América do Norte: trigo, milho, algodão; (EUA, Canadá, México); Europa: trigo, cevada, uva (vinho),



hortaliças; África: cacau, café, algodão, mandioca, sorgo; Oceania: trigo, cevada, frutas, carne bovina e ovina (Austrália).

Com o aumento da mecanização e tecnologia (como agricultura de precisão, drones, sensores, inteligência artificial). Uso de transgênicos e sementes modificadas para aumento da produtividade e resistência a pragas. Sustentabilidade: cresce a pressão por práticas mais sustentáveis, como agricultura orgânica, agroecologia e uso racional da água e solo.

Mudanças climáticas: afetam a produtividade com secas, inundações, pragas e alterações nos períodos de plantio e colheita. E os desafios são: Segurança alimentar: Garantir comida suficiente e de qualidade para uma população mundial que deve ultrapassar 9 bilhões até 2050.

Desigualdade no acesso: muitos países dependem da importação por falta de tecnologia ou infraestrutura agrícola.

Degradação ambiental: desmatamento, uso excessivo de agrotóxicos e fertilizantes, esgotamento de solos e contaminação da água.

Dependência de commodities: países produtores muitas vezes dependem da exportação de produtos agrícolas, ficando vulneráveis às oscilações do mercado internacional.

No entanto, ainda há cerca de 735 milhões de pessoas em situação de insegurança alimentar. Esse paradoxo decorre de fatores como desperdício de alimentos, desigualdade de distribuição, conflitos armados, mudanças climáticas e degradação ambiental. A pressão sobre os recursos naturais, como água e solo, também compromete a produção de alimentos em muitas regiões, especialmente em áreas suscetíveis a secas, inundações e outros eventos climáticos extremos. Erosão do solo, a perda de biodiversidade e o uso excessivo de recursos naturais também comprometem a capacidade da agricultura de produzir alimentos de forma sustentável.

O modelo de agricultura intensiva baseado em monoculturas e alto uso de insumos químicos tem gerado impactos negativos sobre o meio ambiente e a saúde humana. A dependência de poucos países produtores para suprir o mercado global também representa um risco para a segurança alimentar em tempos de crise econômica ou sanitária, como ficou evidente durante a pandemia da COVID-19.

O Brasil ocupa papel de destaque na produção de alimentos mundial, sendo um dos principais exportadores de soja, milho, carne bovina e café. A expansão do agronegócio tem impulsionado o PIB nacional e colocado o país como protagonista nas cadeias globais de alimentos. Contudo, essa mesma expansão também tem sido marcada por diversas contradições. A desigualdade na distribuição de terras, por exemplo, quando a estrutura fundiária brasileira é altamente concentrada. Grandes latifúndios voltados ao agronegócio coexistem com pequenos produtores familiares que têm dificuldade de acesso a crédito, tecnologia e infraestrutura. A expansão da fronteira agrícola, especialmente no Cerrado e na Amazônia, tem causado desmatamento, degradação do solo, perda de



biodiversidade e emissão de gases do efeito estufa. Onde o uso excessivo de agrotóxicos também gera riscos à saúde humana e ao meio ambiente.

A luta pela terra é uma realidade em várias regiões do país. Ocupações, desapropriações, violência no campo e ameaças a comunidades indígenas e tradicionais são reflexos da disputa por terras produtivas.

**Modelo de Desenvolvimento Excludente:** o agronegócio, embora altamente produtivo, nem sempre promove o desenvolvimento regional ou a segurança alimentar. Grande parte da produção é voltada para exportação, enquanto ainda há fome e insegurança alimentar no país.

Apesar do alto volume de produção, o Brasil ainda convive com a fome e a insegurança alimentar. Dados da Rede PENSSAN (2023) indicam que mais de 33 milhões de brasileiros vivem em insegurança alimentar grave. Isso se deve, entre outros fatores, à concentração fundiária, ao foco da produção para exportação e à negligência da agricultura familiar, responsável por cerca de 70% dos alimentos que chegam à mesa dos brasileiros.

Além disso, a produção agrícola brasileira está frequentemente associada ao desmatamento, à degradação do solo e à contaminação por agrotóxicos. A ausência de políticas públicas efetivas para promover a sustentabilidade, bem como a vulnerabilidade climática de determinadas regiões, intensificam os problemas enfrentados pelo setor. Para enfrentar os problemas da produção agrícola mundial e brasileira, é necessário adotar medidas estruturais que promovam um modelo mais justo e sustentável. Entre os principais desafios e soluções possíveis, destacam-se:

- Inovação e tecnologia: o uso de tecnologias sustentáveis, como agricultura de precisão e sistemas agroflorestais, pode aumentar a produtividade sem comprometer o meio ambiente;
- Reforma agrária e acesso à terra: políticas de redistribuição de terra e apoio à agricultura familiar são essenciais para promover a segurança alimentar;
- Educação e assistência técnica: capacitar agricultores com informação e suporte técnico qualificado melhora a eficiência e a sustentabilidade da produção;
- Combate ao desperdício: políticas públicas e conscientização social podem reduzir perdas ao longo da cadeia produtiva;
- Políticas ambientais: legislações mais rigorosas e fiscalização efetiva são fundamentais para combater práticas predatórias.

O problema da produção agrícola não se limita à quantidade de alimentos produzidos, mas envolve um conjunto complexo de fatores sociais, econômicos, ambientais e políticos. No Brasil e no mundo, garantir a segurança alimentar exige transformações profundas nas formas de produção e distribuição de alimentos. A atuação integrada entre governos, setor privado, universidades e sociedade civil é essencial para construir um sistema alimentar mais justo, equitativo e sustentável.



## 2.2 AS NOVAS FRONTEIRAS PARA O DESENVOLVIMENTO AGRÍCOLA COM INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

A convergência entre Inteligência Artificial (IA) e o setor agrícola configura um novo paradigma: a agricultura digital ou de precisão (Adewusi et al., 2024). Essa ruptura com os modelos tradicionais, baseados em métodos empíricos e padronizados, dá lugar a um processo produtivo orientado por dados e tecnologias avançadas (Viola; Mendes, 2022). Com a aplicação de algoritmos de aprendizado de máquina, sensores inteligentes, visão computacional e sistemas autônomos, é possível elevar a produtividade, reduzir desperdícios e otimizar o uso de recursos, pilares centrais da eficiência operacional.

Ao observar a trajetória evolutiva da agricultura, nota-se que o Brasil já experimentou saltos significativos em produtividade, como durante a Revolução Verde. Contudo, sob a lógica da Indústria 4.0, esses ganhos são potencializados. Tecnologias como estufas inteligentes, drones para fertilização e sensoriamento climático remoto não apenas otimizam o ciclo produtivo, mas viabilizam uma gestão mais estratégica dos recursos (Viola; Mendes, 2022). Essa abordagem é compatível com os princípios do Just-in-Time e da Produção Enxuta, ao reduzir estoques excessivos de insumos e intervenções desnecessárias.

A evolução da agricultura pode ser compreendida por suas fases tecnológicas:

- Agricultura 1.0: Predominância da mão de obra humana e animal, com baixa mecanização (Viola; Mendes, 2022).
- Agricultura 2.0: Avanços mecânicos e uso de insumos químicos a partir da Revolução Verde (Seidler; Fritz Filho, 2016).
- Agricultura 3.0: Inserção de tecnologias de informação e comunicação, gestão digital da produção (Viola; Mendes, 2022).
- Agricultura 4.0: Integração de IA, Big Data, robótica, conectividade 5G e automação em tempo real (Massruhá; Leite, 2017; Vdma Verlag, 2016; Forbes, 2022).

A IA tem se destacado como diferencial competitivo ao permitir o monitoramento contínuo das lavouras, otimizando decisões operacionais (Adewusi et al., 2024). Sensores de solo, imagens de satélite e drones geram dados em tempo real sobre umidade, nutrientes e sinais de doenças (Hernández-Salazar; González-Estrada; González-Silva, 2024; Sishodia et al., 2020; Khan e Shahriyar, 2023; Fotso Kamga et al., 2021). A atuação localizada e tempestiva desses sistemas reduz o uso de defensivos e promove uma produção mais sustentável, atendendo à lógica da Produção Sustentável e da Qualidade Total.

Casos como o uso do Climate FieldView pela Bayer demonstram ganhos objetivos: aumento de 7 sacas de soja por hectare e 10% a mais em densidade de plantio no milho (Bayer, [s.d.]). Já a



Agrosmart aplica machine learning para cruzar dados de sensores e satélites, otimizando irrigação, energia e produtividade (Cook; O’Neil, 2020). Algoritmos analisam padrões e antecipam falhas ou doenças (Pimenov et al., 2023; Dinarello et al., 2012; Kirsch et al., 2018), reduzindo a variabilidade nos processos.

No aspecto da automação, robôs agrícolas e veículos autônomos vêm transformando o layout físico das propriedades, substituindo etapas manuais por sistemas autônomos e reprogramáveis (Luettel et al., 2012; Enebe; Ukoba; Jen, 2019). A colheita seletiva, a capina automatizada e a poda robotizada promovem o uso ótimo dos recursos e a padronização da qualidade do produto (Rajendran et al., 2023; Norsworthy et al., 2012). A Usina São Martinho, por exemplo, obteve ganhos expressivos em eficiência e redução de custos com a adoção de tecnologias de automação e monitoramento em tempo real (Santos et al., 2023). No caso do sistema SolinfNet, houve redução de 6% no consumo de combustível e aumento de até 26% na produtividade da soja (Revista Fapesp, 2020).

A IA também reforça a capacidade decisória com sistemas de apoio à decisão (DSS), integrando análises preditivas que consideram padrões climáticos, históricos de colheita e indicadores agronômicos (Sutton et al., 2020; Liang e Shah, 2023; Salcedo-Sanz et al., 2020; Sarker, 2021). A partir disso, é possível planejar o momento ideal do plantio, ajustar a aplicação de fertilizantes e reagir proativamente a eventos climáticos adversos.

No campo da gestão de recursos, a IA vem sendo aplicada em sistemas inteligentes de irrigação e fertilização, com base em sensores, previsão do tempo e características do solo (Shaikh et al., 2022; Sinwar et al., 2020; Abioye et al., 2020; Hirel et al., 2011; Singh et al., 2018). Essa racionalização no uso de insumos contribui para práticas de produção enxuta e redução de desperdícios, fundamentos essenciais da eficiência produtiva (Ukoba e Jen, 2023; Mouchou et al., 2021; Owebor et al., 2022).

Entretanto, o avanço tecnológico traz também desafios operacionais e estratégicos. A adoção da IA ainda é limitada pelo alto custo de aquisição e pela desigualdade de acesso à conectividade e infraestrutura de dados no campo (Embrapa, 2018; Marmentini, 2021; Zaparolli, 2020; Barrosi Filho; Sztajn, 2021). A carência de mão de obra tecnicamente capacitada e a baixa alfabetização digital entre agricultores dificultam a implementação plena (Adewusi et al., 2024; Hernández-Salazar; González-Estrada; González-Silva, 2024).

Além disso, os impactos éticos e sociais da automação precisam ser debatidos com seriedade. A substituição de postos de trabalho e a coleta massiva de dados agrícolas sensíveis levantam questões sobre soberania digital, consentimento, e justiça social (Adewusi et al., 2024). A implementação da IA deve estar vinculada a diretrizes regulatórias claras sobre uso de dados, governança algorítmica e equidade no acesso aos benefícios tecnológicos.

A Inteligência Artificial representa um divisor de águas na agricultura, redefinindo os sistemas de produção por meio da integração de dados, automação e análise preditiva. Para que a IA não amplie



desigualdades e sim otimize a produtividade de forma justa e sustentável, é fundamental articular políticas públicas, estratégias cooperativas e modelos de negócio inclusivos. É mais do que necessário incorporar a IA como ferramenta estratégica, não apenas para aumentar produtividade, mas para redesenhar processos, promover a sustentabilidade e garantir a qualidade com menor custo. A tecnologia, se bem aplicada, pode transformar o campo num ambiente de excelência operacional, sem abrir mão da dimensão humana que sustenta a produção agrícola.

## 2.3 O USO DA TECNOLOGIA HIDROPÔNICA COMO RECURSOS DE DESENVOLVIMENTO

O cultivo hidropônico é uma técnica agrícola que dispensa o uso de solo, substituindo-o por uma solução aquosa rica em nutrientes essenciais ao desenvolvimento das plantas. Essa prática vem ganhando destaque por seu baixo consumo de recursos naturais, sendo considerada uma alternativa mais sustentável em comparação à agricultura convencional. Além disso, sua aplicabilidade em ambientes domésticos amplia o acesso à produção própria de alimentos, fomentando a agricultura urbana e a conscientização ambiental.

Segundo Furlani (1998), a hidroponia “é uma técnica de cultivo sem solo, baseada na nutrição mineral das plantas, fornecida por soluções nutritivas balanceadas, permitindo maior controle e eficiência na produção agrícola”. Isso significa que, ao eliminar o solo como meio de cultivo, o produtor assume o controle completo sobre os nutrientes fornecidos, o que contribui para o aumento da produtividade e para o uso racional de recursos como água e fertilizantes. Em tempos de crise ambiental, essa eficiência é vital. A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO) aponta que a agricultura tradicional é uma das maiores causadoras de poluição do solo e do uso excessivo de água, o que coloca em xeque a sustentabilidade desse modelo (FAO, 2017).

Embora frequentemente associada à inovação tecnológica, a hidroponia tem raízes históricas. As primeiras referências a cultivos sem solo aparecem em 1627, com a publicação da obra *Sylva Sylvarum*, de Francis Bacon. No século XIX, os cientistas alemães Julius von Sachs e Wilhelm Knop deram bases científicas à técnica ao identificar os elementos essenciais à nutrição vegetal em soluções aquosas. Resh (2012) destaca que “os princípios da hidroponia já eram discutidos por cientistas como Francis Bacon e Julius von Sachs, revelando o interesse histórico no cultivo sem solo”. Inicialmente utilizada apenas em laboratórios, a hidroponia passou a ser considerada uma alternativa promissora à agricultura convencional, principalmente a partir da segunda metade do século XX, com o avanço das tecnologias e a necessidade de produzir mais com menos recursos.

Do ponto de vista da sustentabilidade, a hidroponia oferece vantagens consideráveis. Ao utilizar menos água do que os sistemas agrícolas tradicionais estima-se que a economia possa chegar a até 90%, ela reduz a pressão sobre os recursos hídricos. Além disso, a recirculação de nutrientes e a ausência de escoamento superficial impedem a contaminação do solo e dos lençóis freáticos. De acordo



com Silva e Leite (2020), “a agricultura hidropônica é uma das formas mais promissoras de agricultura urbana sustentável, permitindo produção intensiva em espaços reduzidos e com economia de água”. Essa eficiência operacional torna a hidroponia uma solução estratégica para o combate à insegurança alimentar, especialmente em regiões com escassez hídrica ou limitações geográficas.

A ascensão da hidroponia também se dá em razão da transformação digital no campo. O conceito de smart farming agricultura inteligente vem incorporando tecnologias como sensores de pH, condutividade elétrica (EC), Internet das Coisas (IoT), iluminação artificial LED e controle automatizado de CO<sub>2</sub>. Segundo estimativas da consultoria Berkshire Hathaway (2023), o mercado global de hidroponia ultrapassaria US\$ 725 milhões, com uma taxa de crescimento anual de 18,1%, impulsionado justamente por essas inovações tecnológicas.

No contexto técnico, os elementos essenciais para um sistema hidropônico eficiente incluem a solução nutritiva, o substrato e os equipamentos de monitoramento. A solução deve conter os principais macronutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre), além de micronutrientes em proporções adequadas, podendo ser originada de sais minerais, fertilizantes orgânicos ou fontes alternativas como farinha de peixe e algas. Os substratos, por sua vez, fornecem sustentação às raízes, sendo comuns materiais como perlita, vermiculita, fibra de coco, lã de rocha e casca de arroz. Conforme Furlani (2002), “o manejo adequado da solução nutritiva e o uso de tecnologias como sensores de pH e EC são fundamentais para o sucesso do cultivo hidropônico”.

A variedade de espécies adaptáveis à hidroponia é ampla. Embora quase todas as plantas possam ser cultivadas por esse método, algumas se destacam por seu desempenho e retorno rápido, como alface, rúcula, espinafre, couve, tomate, morango, manjericão e hortelã. Segundo Castellane e Araújo (1995), “espécies hortícolas de ciclo curto e baixo porte são as mais indicadas para sistemas hidropônicos, devido à sua adaptabilidade e retorno rápido”.

Diante disso, a hidroponia pode ser implementada com simplicidade e baixo custo. Um sistema básico pode ser montado com um recipiente plástico, uma bandeja com orifícios de drenagem, uma bomba de aquário e vasos com substrato leve como fibra de coco ou lã de rocha. Fernandes (2019) afirma que “a hidroponia doméstica democratiza o acesso à produção de alimentos, promovendo segurança alimentar e educação ambiental”. A instalação em varandas, quintais ou até mesmo em áreas internas com iluminação artificial transforma qualquer residência em um potencial espaço de produção de alimentos saudáveis e frescos.

Existem ainda diferentes modelos de sistemas hidropônicos, cada um com características específicas. O sistema NFT (Nutrient Film Technique) consiste no fluxo contínuo de solução nutritiva sobre as raízes. Já o DWC (Deep Water Culture) mantém as raízes submersas diretamente na solução. A aeroponia, por sua vez, pulveriza os nutrientes diretamente nas raízes suspensas, enquanto os sistemas de gotejamento e por maré (ebb and flow) controlam o fluxo de nutrientes em intervalos



definidos. Resh (2012) destaca que “cada sistema hidropônico apresenta vantagens específicas em termos de custo, complexidade e produtividade, permitindo sua adaptação a diferentes contextos”. A Embrapa recomenda os sistemas NFT e DWC para produtores urbanos e pequenos agricultores por sua simplicidade e eficiência.

Assim, o cultivo hidropônico representa mais do que uma alternativa agrícola: é uma resposta concreta aos desafios ambientais, sociais e econômicos do século XXI. Ao reunir sustentabilidade, inovação e acessibilidade, a hidroponia transforma a maneira como produzimos e consumimos alimentos, aproximando o campo da cidade e colocando a produção nas mãos do próprio consumidor.

Sob essa ótica, comprehende-se que a hidroponia apresenta uma série de benefícios que a tornam uma alternativa promissora à agricultura convencional. Entre as principais vantagens, destaca-se a alta produtividade, permitindo até 10 vezes mais alimentos no mesmo espaço. Além disso, o crescimento acelerado das plantas, que se desenvolvem em metade do tempo comparado ao cultivo tradicional, torna o processo ainda mais eficiente (Furlani, 1998). Outro ponto relevante é o baixo consumo de água, que pode ser até 20 vezes menor do que na agricultura comum, o que contribui significativamente para a sustentabilidade ambiental (Castellane, 1994; Silva; Leite, 2020). Também é importante ressaltar que, ao dispensar o uso de pesticidas ou herbicidas, a técnica reduz os riscos de contaminação tanto para o meio ambiente quanto para os consumidores (FAO, 2017). Soma-se a isso o fato de que a hidroponia permite o cultivo em locais inóspitos, sendo ideal para áreas urbanas ou com solo pobre, o que amplia suas possibilidades de aplicação (Fernandes, 2019).

Por outro lado, alguns desafios ainda precisam ser superados. O alto custo inicial, devido à necessidade de investimentos em equipamentos e infraestrutura, pode dificultar a adoção por pequenos produtores (RESH, 2012). Além disso, há o risco de contaminação, uma vez que patógenos podem se espalhar rapidamente através da água. Outro fator a ser considerado é a exigência de conhecimento técnico especializado, já que o sistema exige monitoramento constante de parâmetros como pH, condutividade elétrica (EC) e iluminação, o que requer capacitação adequada (Furlani, 2002).

Apesar desses desafios, a hidroponia tem se mostrado uma poderosa aliada em iniciativas educacionais e sociais. Em ambientes escolares, por exemplo, ela tem sido utilizada como ferramenta pedagógica para promover a educação ambiental, a conscientização sobre o uso racional de recursos naturais e o desenvolvimento de competências científicas e tecnológicas entre os estudantes (Freitas et al., 2024). A construção coletiva de sistemas hidropônicos no ambiente escolar contribui para uma aprendizagem contextualizada e prática, rompendo a rotina da sala de aula e aproximando o estudante dos conteúdos científicos de forma interdisciplinar. Já em comunidades urbanas e periféricas, projetos de hortas hidropônicas vêm gerando impactos positivos, proporcionando renda, fortalecendo a economia solidária e contribuindo para a segurança alimentar (Fernandes, 2019; Melo et al., 2022).



Considerando-se o cenário urbano, soluções como a hidroponia vertical têm ganhado destaque, especialmente diante da crescente urbanização. Essa modalidade permite o cultivo em espaços reduzidos, como paredes externas, varandas e telhados, otimizando áreas que antes eram subutilizadas. Além de contribuir com o embelezamento dos ambientes, essas estruturas ajudam a controlar a temperatura interna das edificações, o que resulta em menor consumo energético. Ademais, ao permitir o cultivo próximo ao consumidor final, a agricultura urbana hidropônica encurta a cadeia produtiva e reduz a pegada de carbono relacionada ao transporte de alimentos (Silva; Leite, 2020).

A expansão da hidroponia também tem gerado impactos econômicos significativos. Toda a cadeia produtiva envolvida desde a fabricação de equipamentos até a comercialização dos produtos contribui para a geração de empregos diretos e indiretos. Pequenos produtores, inclusive, encontram na hidroponia uma oportunidade de entrar no mercado com alta competitividade, uma vez que os alimentos cultivados por esse método geralmente apresentam melhor aparência, sabor e maior durabilidade (Castellane; Araújo, 1995). Com isso, surgem também novos nichos de mercado voltados para alimentos orgânicos e funcionais, impulsionando ainda mais o setor (Berkshire Hathaway, 2023).

Em uma escala global, a hidroponia desponta como uma alternativa estratégica para garantir a segurança alimentar frente ao crescimento populacional. De acordo com a FAO (2017), a população mundial pode ultrapassar os 9 bilhões de pessoas até 2050, o que exigirá um aumento considerável na produção de alimentos. A hidroponia, nesse cenário, se apresenta como uma resposta viável, pois é capaz de produzir grandes quantidades em pequenos espaços e com menor uso de recursos naturais. Em regiões afetadas por desertificação, escassez hídrica ou mudanças climáticas, essa técnica oferece soluções reais para assegurar o abastecimento de alimentos saudáveis e seguros (Furlani, 1998).

Entretanto, para que esse potencial seja plenamente explorado, é necessário enfrentar alguns obstáculos ainda presentes. A difusão limitada do conhecimento técnico, o alto custo inicial para pequenos agricultores e a ausência de regulamentações específicas dificultam a popularização da técnica. Nesse sentido, espera-se que políticas públicas, subsídios e programas de capacitação técnica contribuam para ampliar o acesso e estimular a adoção da hidroponia, especialmente em escolas, centros comunitários e áreas urbanas carentes (Furlani, 2002; FREITAS et al., 2024; Melo et al., 2022).

Paralelamente a isso, observa-se uma valorização crescente dos produtos hidropônicos no mercado consumidor. Alimentos cultivados por essa técnica têm conquistado espaço em feiras orgânicas, empórios e supermercados, atendendo a um público cada vez mais exigente, que valoriza qualidade, frescor e rastreabilidade. Hortaliças hidropônicas, por exemplo, costumam ser comercializadas com maior valor agregado, graças à sua aparência uniforme, maior durabilidade pós-colheita e ausência de resíduos químicos (Castellane; Araújo, 1995). Muitas vezes, esses produtos recebem rotulagens específicas que destacam o método de cultivo como um diferencial competitivo. Essa valorização reflete a tendência global de consumo consciente e saudável, incentivando pequenos



e médios produtores a adotarem práticas mais sustentáveis, limpas e inovadoras como a hidroponia (Resh, 2012).

### **3 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Diante dos inúmeros desafios enfrentados pelo setor agrícola contemporâneo, que vão desde a escassez de recursos naturais até a crescente demanda por alimentos de qualidade e a pressão por sustentabilidade, a hidroponia desponta como uma solução inovadora, viável e estratégica. Seu potencial para transformar a agricultura brasileira e global é evidente, especialmente quando articulada a outras inovações tecnológicas, como a Inteligência Artificial e os sistemas de agricultura de precisão.

Ao eliminar o uso do solo, reduzir drasticamente o consumo de água, controlar nutrientes e minimizar o uso de defensivos agrícolas, a hidroponia promove um modelo produtivo mais eficiente, seguro e ambientalmente responsável. Além disso, sua aplicabilidade em áreas urbanas, semiáridas e socialmente vulneráveis a torna um instrumento poderoso de inclusão produtiva, geração de renda, educação ambiental e fortalecimento da segurança alimentar.

A integração da hidroponia com práticas sustentáveis e tecnologias digitais eleva sua capacidade de resposta aos dilemas contemporâneos da produção de alimentos. Entretanto, o pleno desenvolvimento dessa técnica ainda depende de políticas públicas consistentes, financiamento acessível, formação técnica continuada e articulação entre agentes institucionais, comunitários e empresariais.

Portanto, mais do que uma alternativa à agricultura tradicional, a hidroponia deve ser compreendida como um novo paradigma para o desenvolvimento agrícola: resiliente, inteligente, justo e sustentável. Seu avanço representa uma oportunidade concreta de transformar o campo e a cidade, aproximar o consumidor do produtor e construir sistemas alimentares mais integrados, seguros e preparados para os desafios do século XXI.



## REFERÊNCIAS

ADEWUSI, Adebunmi Okechukwu et al. **AI in precision agriculture: A review of technologies for sustainable farming practices.** World Journal of Advanced Research and Reviews, [S. l.], v. 21, n. 1, p. 2276–2285, 25 jan. 2024. DOI: 10.30574/wjarr.2024.21.1.0314.

AGÊNCIA IBGE DE NOTÍCIAS. **PAM 2023: safra bate recorde, mas valor da produção cai.** IBGE, 12 set. 2024. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/41296-pam-2023-safra-bate-recorde-mas-valor-da-producao-cai>. Acesso em: 14 jul. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS; INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento sobre o uso da água na agricultura de sequeiro no Brasil – 2013 a 2017.** ANA; IBGE, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/ana>. Acesso em: 14 jul. 2025.

ASSIS, Kamila Cristina de Credo; PIANTONI, Jane; AZEVEDO, Rodrigo Ferraz. **Tecnologias em agricultura inteligente: Eficiência e sustentabilidade.** Research, Society and Development, [S. l.], v. 13, n. 4, e7013445072, 2024. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v13i4.45072>. ISSN 2525-3409.

BERKSHIRE HATHAWAY HOME SERVICES. **Global Hydroponics Market Research,** 2023.

CARVALHO, L. M.; MEIRELES, R. C. **Hidroponia e políticas públicas: possibilidades de inclusão produtiva e segurança alimentar.** Revista de Agricultura Sustentável, v. 12, n. 2, p. 112–125, 2022.

CASTELLANE, P. D.; ARAÚJO, J. A. C. Cultivo sem solo: hidroponia. Jaboticabal: FUNEP, 1995.

DIAS, Fernando Xavier; VENTURA, Rafael; BUENO, Miriam Pinheiro. **Transferência de tecnologia na agricultura 4.0.** Revista Observatorio de la Economia Latinoamericana, Curitiba, v. 21, n. 11, p. 21865–21887, 2023. DOI: 10.55905/oelv21n11-177.

FAO – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA. **Transformando os sistemas agroalimentares para que sejam mais eficientes, inclusivos, resilientes e sustentáveis.** Roma: FAO, 2017.

FAO. **The State of Food Security and Nutrition in the World 2023.** Roma: Food and Agriculture Organization, 2023.

FERNANDES, C. A. **Horta urbana hidropônica: guia prático para iniciantes.** São Paulo: Editora AgroUrbana, 2019.

FREITAS, J. C. R. S. et al. **Uso da hidroponia na transversalidade do ensino de ciências, educação ambiental e sustentabilidade.** Revista Caderno Pedagógico, Curitiba, v. 21, n. 8, p. 1–21, 2024. DOI: <https://doi.org/10.54033/cadpedv21n8-111>.

FURLANI, L. C. **Hidroponia: cultivo sem solo.** Campinas: Instituto Agronômico, 2002.



FURLANI, P. R. **Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia.** Campinas: IAC, 1998.

HERNÁNDEZ-SALAZAR, Cristian Andrés; GONZÁLEZ-ESTRADA, Octavio Andrés; GONZÁLEZ-SILVA, Germán. **Integración de la inteligencia artificial y la agricultura de precisión en cultivos de café.** Revista UIS Ingenierías, [S. l.], v. 23, n. 4, p. 145–158, 2024. Disponível em: <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistauisingenierias>. Acesso em: 16 jul. 2025.

IPEA. **Agricultura e Segurança Alimentar no Brasil.** Brasília: IPEA, 2022.

JONES, Jack et al. **AI for Sustainable Development: Applications in Natural Resource Management, Agriculture, and Waste Management.** International Transactions on Artificial Intelligence (ITALIC), [S. l.], v. 2, n. 2, p. 143–149, 2024. DOI: 10.33050.

MELO, A. B. M. de et al. **Educação ambiental e cultivo hidropônico: práticas sustentáveis no ensino de ciências em escolas urbanas.** Revista Observatório, Campo Grande, v. 8, n. 5, p. 198–210, 2022. DOI: <https://doi.org/10.20873/uft.2447-4266.2022v8n5p198>.

OLIVEIRA, A. D. et al. **Sistemas hidropônicos no Brasil: panorama, desafios e oportunidades.** Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, v. 14, n. 4, p. 819–833, 2020.

REDE PENSSAN. II Inquérito Nacional sobre Insegurança Alimentar no Contexto da Pandemia da COVID-19 no Brasil. 2023. Disponível em: <https://olheparaafome.com.br>

RESH, H. M. **Hydroponic Food Production: A Definitive Guidebook.** 7. ed. Boca Raton: CRC Press, 2012.

RODRIGUES, A. A.; MARTINS, M. F.; FREITAS, M. F. de. **As relações de governança e sua influência na sustentabilidade da atividade hidropônica: estudo em uma cooperativa agrícola na Paraíba.** Universidade Federal de Campina Grande, 2021.

SANTOS, R. L.; LOPES, J. F. **Inclusão social e produção agrícola em ambiente controlado: análise da hidroponia como estratégia de desenvolvimento rural.** Cadernos de Desenvolvimento Rural, v. 18, n. 1, p. 55–73, 2021.

SILVA, M. A.; COSTA, R. M. **Desigualdade e agricultura: uma análise das políticas públicas no campo.** Revista de Administração Pública, v. 56, n. 1, p. 123-141, 2022.

SILVA, M. L.; LEITE, R. M. V. B. C. **Sistemas de produção agrícola sustentáveis.** Viçosa: UFV, 2020.

WILKINSON, J. **O sistema agroalimentar global e brasileiro face à nova fronteira tecnológica e às novas dinâmicas geopolíticas e de demanda.** Rio de Janeiro: Fundação Oswaldo Cruz, 2022. (Textos para Discussão; n. 84).



ZANUTO, Arthur Henrique Silva. Agricultura 4.0: **Desafios e impactos das novas tecnologias na agricultura brasileira**. 2024. 40 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Econômicas) – Instituto de Economia e Relações Internacionais, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2024. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/44031>. Acesso em: 16 jul. 2025.

ZEN, H. D.; BRANDÃO, J. B.; BREITENBACH, R. **O sistema de inovação tecnológica da hidroponia no Brasil: uma revisão de literatura**. Extensão Rural, Santa Maria, v. 28, n. 2, p. 1–26, abr./jun. 2021. DOI: <https://doi.org/10.5902/2318179666372>.