

XIX COLÓQUIO BRASILEIRO EM ECONOMIA POLÍTICA DOS SISTEMAS-MUNDO

**AGRICULTURA, TECNOLOGIA E COLAPSO ECOLÓGICO: UMA ANÁLISE DO
CONTROLE INSTITUCIONAL E TECNOLÓGICO DA AGRICULTURA
INTELIGENTE PARA O CLIMA (AIC)**

Paola Huwe de Paoli
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Florianópolis, outubro de 2025

AGRICULTURA, TECNOLOGIA E COLAPSO ECOLÓGICO: UMA ANÁLISE DO CONTROLE INSTITUCIONAL E TECNOLÓGICO DA AGRICULTURA INTELIGENTE PARA O CLIMA (AIC)

Paola Huwe de Paoli¹

RESUMO EXPANDIDO

Considerando que a agricultura moderna/capitalista é, em simultâneo, receptora e vetor do colapso ecológico, a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO, na sigla em inglês) introduz, em 2010, o termo *agricultura inteligente para o clima* (AIC). Segundo a instituição, a AIC corresponde a uma abordagem que permite reorganizar o sistema agroalimentar global em prol do desenvolvimento sustentável e da segurança alimentar, com o propósito de orientar as ações dos setores agrícolas a: (i) atender à expansão da demanda mundial por alimentos nas próximas décadas; (ii) contribuir para a redução das emissões de gases de efeito estufa, quando possível; e (iii) se adaptar à mudança do clima e ao declínio da biodiversidade (FAO, 2017).

A AIC deriva da *agricultura inteligente*, também designada como *agricultura digital* ou *agricultura 4.0*, a qual se viabiliza pela integração de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) do campo digital – como inteligência artificial (IA), internet das coisas (IoT), computação em nuvem, *blockchain* e *big data* – nas atividades da cadeia de produção agrícola. Com a aplicação dessas tecnologias digitais, a AIC visa tanto à elevação da eficiência e da produtividade agrícola quanto à potencialização da sustentabilidade ambiental, seja por meio da otimização do uso de insumos e da redução de desperdícios, seja pela atenuação do desmatamento associado à expansão agrícola (Massruhá; Leite; Coral, 2024).

Na última década, a AIC se consolida como referência em fóruns de discussão e de elaboração de políticas agrícolas e ambientais – em escala nacional e internacional – e se configura como ponto de convergência para ações político-institucionais relativas à produção agrícola e à mudança do clima. Com a constatação de que a AIC mobiliza múltiplos atores em torno de sua difusão, execução e gestão (FAO, 2017; GACSA, 2021a), e que o propósito da estratégia é responder ao colapso ecológico no âmbito da produção agrícola, elabora-se a seguinte pergunta de pesquisa: *quais atores exercem o controle institucional e tecnológico da agricultura inteligente para o clima?*

Controle é entendido como a influência sobre as atividades de elaboração, difusão e execução da AIC, assim como o comando operacional sobre seus fluxos financeiros e infraestrutura tecnológica. Em específico, o controle institucional da AIC abrange sua definição e propagação, alocação de recursos financeiros, implementação de políticas públicas e articulação de parcerias que endossam a estratégia; enquanto o controle tecnológico da AIC diz respeito à direção da inovação, posse e gestão de infraestrutura digital, bancos de dados, plataformas, *softwares* e patentes que viabilizam a estratégia.

Esta pesquisa se justifica pela intenção de compreender, primeiro, quais são as ações político-institucionais e os interesses político-econômicos associados à AIC; e segundo, quais os atores-chave envolvidos na materialização e condução institucional e tecnológica da estratégia. A investigação emprega uma abordagem qualitativa e exploratória, com revisão

¹ Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Relações Internacionais da Universidade Federal de Santa Catarina (PPGRI-UFSC) e integrante do Grupo de Pesquisa em Economia Política dos Sistemas-Mundo (GPEPSM-UFSC). Bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). E-mail: paola.huwedepaoli@gmail.com

bibliográfica e análise documental. A coleta de dados contempla a consulta a (i) bases de dados acadêmicos – como *Web of Science*, *Scopus* e *Google Scholar*; (ii) relatórios e outras publicações de instituições internacionais – em especial da FAO e do Banco Mundial; e (iii) *white papers* e relatórios de corporações dos setores agrícolas e do campo digital que enfatizam a estratégia.

Como resultados parciais, identifica-se que a alocação anual de recursos financeiros realizada pelo Banco Mundial no âmbito da agricultura inteligente para o clima alcançou, nos últimos anos, 3 bilhões de dólares, com uma expansão contínua desde a entrada em vigor do Acordo de Paris, em 2015 (World Bank, 2024). Para prestar assistência aos países na adoção da estratégia, o Banco Mundial apresenta análises e diagnósticos em relatórios como os Planos de Investimento em agricultura inteligente para o clima (CSAIPs), os quais operam como dispositivos estratégicos que orientam a incorporação da AIC em políticas agrícolas nacionais.

Palavras-chave: agricultura inteligente para o clima. agricultura 4.0. *Big Ags*. sustentabilidade ambiental. sistema agroalimentar global.

INTRODUÇÃO

A prática agrícola e pecuária perturba o equilíbrio biosférico. Com uma ocupação de 36,9% da superfície terrestre global (World Bank, 2025b), os setores agrícolas² empregam 72% de toda a água doce retirada de lagos, rios e aquíferos subterrâneos na irrigação e criação animal, em comparação com a indústria (15%) e o uso doméstico (13%) (World Bank, 2025a). Além disso, a atividade agropecuária – no limite da propriedade rural – e a mudança no uso da terra – que inclui a desflorestação para conversão de áreas de vegetação nativa em terras aráveis – representam 67% das emissões de gases de efeito estufa do sistema agroalimentar global, o qual contribui com cerca de um terço do total das emissões de origem antropogênica (FAO, 2024).

A coprodução da prática agrícola e pecuária na biosfera evidencia uma contradição central: a atividade necessita de relativa *estabilidade e previsibilidade biosférica* para sua reprodução, mas, regida pela lógica do capital, contribui de forma ativa para o desequilíbrio dessa condição (Marques, 2015; Moore, 2010). Tal desequilíbrio, que se expressa na intensificação de secas e chuvas irregulares, elevação da temperatura média, escassez hídrica, declínio da fertilidade do solo etc., compromete a produtividade, o custo da produção e a qualidade dos alimentos (FAO, 2010). Tendo em vista que a contradição referida é um aspecto constitutivo do colapso ecológico³, que se acelera no início deste século, um conjunto de

² Compõem os setores agrícolas a produção agrícola e pecuária, a silvicultura, a pesca e a aquicultura (FAO, 2017).

³ Composto pela mudança do clima, pelo declínio da biodiversidade e pela poluição químico-industrial.

inovações sociotécnicas desponta e é reunido sob o rótulo da *agricultura inteligente para o clima* (AIC).

Para o Banco Mundial, instituição protagonista na difusão da AIC, esta “é uma abordagem integrada para o manejo das paisagens — terras cultivadas, criação de animais, florestas e pescarias — que enfrenta os desafios interligados da segurança alimentar e da mudança climática” (2024, s.p., tradução própria). Esta propõe três objetivos simultâneos, intitulados como triplo benefício (*triple win*): (i) a elevação da produtividade agrícola, com o alívio da pressão sobre os recursos naturais; (ii) a intensificação da resiliência agrícola, com a diminuição da vulnerabilidade dos setores agrícolas aos riscos e choques que se associam à mudança do clima; e (iii) a contenção das emissões de gases de efeito estufa da atividade agrícola e pecuária, por meio do declínio da degradação florestal e da promoção do sequestro de carbono, quando possível (World Bank, 2024).

A AIC deriva da *agricultura inteligente*, também designada como *agricultura digital* ou *agricultura 4.0*, a qual se viabiliza pela integração de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) do campo digital – como internet das coisas (IoT), sensores, robótica, computação em nuvem, inteligência artificial (IA) e *big data* – nas atividades da cadeia de produção agrícola e pecuária. A agricultura inteligente representa uma transposição para o setor agroalimentar global das inovações sociotécnicas associadas à *indústria 4.0* – uma alusão à Quarta Revolução Industrial –, as quais se caracterizam pela automação avançada e pela análise massiva de dados (Massruhá; Leite; Coral, 2024).

Enquanto uma agenda em evolução no âmbito da governança global, a agricultura inteligente para o clima revela um arranjo político que mobiliza múltiplos atores – públicos e privados, nacionais e internacionais – com interesses político-econômicos diversos (FAO, 2017; GACSA, 2021a). Não obstante a consolidação da AIC como referência em fóruns de discussão e de elaboração de políticas agrícolas e ambientais na última década, verifica-se uma carência na literatura acadêmica quanto à compreensão crítica da economia política da AIC, em especial dos atores-chave envolvidos na materialização e na condução institucional e tecnológica da estratégia. À vista disso, elabora-se a seguinte pergunta de pesquisa: *quais atores exercem o controle institucional e tecnológico da agricultura inteligente para o clima?*

Controle é entendido como a influência sobre as atividades de elaboração, difusão e execução da AIC, assim como o comando operacional sobre seus fluxos financeiros e infraestrutura tecnológica. Em específico, o controle institucional da AIC abrange sua definição e propagação, alocação de recursos financeiros, implementação de políticas públicas e

articulação de parcerias que endossam a estratégia; enquanto o controle tecnológico da AIC diz respeito à direção da inovação, posse e gestão de infraestrutura digital, bancos de dados, plataformas, *softwares* e patentes que viabilizam a estratégia.

A investigação emprega uma abordagem qualitativa e exploratória, com revisão bibliográfica e análise documental. A coleta de dados contempla a consulta a: (i) bases de dados acadêmicos – como *Web of Science* e *Scopus e Google Scholar*; (ii) publicações de instituições internacionais – em especial da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) e do Banco Mundial; e (iii) *white papers* e relatórios de corporações do setor agroalimentar e do campo digital, os quais compõem a literatura cinzenta. O artigo está organizado em três seções para além desta introdução. A primeira identifica quais atores exercem o controle institucional da agricultura inteligente para o clima, enquanto a segunda mapeia os atores-chave que exercem o controle tecnológico da estratégia. Por último, expõe-se uma reflexão conclusiva.

1. O CONTROLE INSTITUCIONAL DA AGRICULTURA INTELIGENTE PARA O CLIMA

A estratégia agricultura inteligente para o clima (AIC) emerge no início da década de 2010 e se propaga de forma rápida e ampla entre governos nacionais, agências de cooperação internacional, organizações da sociedade civil, instituições de pesquisa e setor privado, sob a iniciativa da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO). Neste cenário, os riscos que o crescimento populacional e a mudança do clima impunham à segurança alimentar global foram mobilizados como justificativa basilar para a necessidade de rever práticas, métodos e políticas da agricultura convencional, em especial nos países periféricos (FAO, 2017; Lipper et al., 2018; Newell; Taylor, 2018).

A primeira menção formal à AIC consta no relatório “Agricultura ‘Inteligente para o Clima’: políticas, práticas e financiamento para segurança alimentar, adaptação e mitigação”⁴, divulgado pela FAO como subsídio à Conferência de Haia sobre Agricultura, Segurança Alimentar e Mudança do Clima, realizada em outubro de 2010. Embora não apresente uma definição conceitual precisa da estratégia, o relatório reforça o imperativo de transitar da agricultura convencional para uma agricultura “inteligente”, isto é, com o potencial de responder de maneira eficaz à mudança do clima e à insegurança alimentar global:

⁴ No original: “*Climate-Smart Agriculture: Policies, Practices and Financing for Food Security, Adaptation and Mitigation (FAO, 2010)*”.

a agricultura nos países em desenvolvimento precisa passar por uma transformação significativa para enfrentar os desafios relacionados à conquista da segurança alimentar e à resposta às mudanças climáticas. Projeções baseadas no crescimento populacional e nos padrões de consumo alimentar indicam que a produção agrícola precisará aumentar pelo menos 70% para atender à demanda até 2050. A maioria das estimativas também aponta que a mudança do clima provavelmente reduzirá a produtividade agrícola, a estabilidade da produção e a renda em algumas áreas que já apresentam altos níveis de insegurança alimentar. Portanto, o desenvolvimento da *agricultura inteligente para o clima* é crucial para alcançar os objetivos futuros de segurança alimentar e de mudança climática (FAO, 2010, p. ii, tradução própria, grifos próprios).

A agricultura inteligente para o clima é concebida como uma estratégia que propõe três objetivos simultâneos (*triple win*): a elevação da produtividade, a intensificação da resiliência e a contenção das emissões de gases de efeito estufa na atividade agropecuária, quando possível. À vista disso, a FAO reitera que a AIC é imprescindível tanto para o alcance dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 das Nações Unidas – em especial os ODS relativos à erradicação da fome, à promoção da agricultura sustentável e ao combate às alterações climáticas – quanto para a consecução das metas do Acordo de Paris de mitigação e adaptação à mudança do clima (FAO, 2025a). Percebe-se, portanto, que a FAO exerce liderança na criação e difusão da AIC, de um lado, e que a estrutura normativa global, da qual a FAO é um dos atores-chave, condiciona a formulação de políticas agrícolas e ambientais em nível nacional que incorporam a estratégia, de outro.

A FAO também incentiva ações no âmbito da AIC, como o programa Mitigação da Mudança do Clima na Agricultura (MICCA, na sigla em inglês⁵), lançado em 2010 e concluído em 2016. O MICCA objetivava a mitigação da mudança do clima nos setores agrícolas e a transição da agricultura convencional para a agricultura de baixa emissão de carbono em países periféricos, com a integração de práticas e tecnologias da agricultura inteligente para o clima (FAO, 2014; ICRAF, 2016).

Com projetos-piloto na África Oriental, em específico na Tanzânia e no Quênia, o programa visou à identificação e à expansão de práticas de manejo agrícola de pequenos agricultores com potencial para elevar a produtividade e reduzir as emissões de gases de efeito estufa por unidade de produção. Os projetos-piloto resultaram da colaboração da FAO e da instituição internacional de pesquisa *World Agroforestry Centre* (ICRAF), em parceira com a organização não-governamental *CARE International* na Tanzânia e com o *East African Dairy*

⁵ No original: *Mitigation of Climate Change in Agriculture (MICCA)*.

Development Program (EADD) no Quênia (FAO, 2014; ICRAF, 2016). Segundo a FAO (2014, p. vii, tradução própria),

a premissa central dos projetos-piloto do MICCA é que fortes vínculos entre ciência e desenvolvimento são essenciais para a expansão da [AIC] em países em desenvolvimento. Com base nessa premissa, os parceiros que implementam os projetos-piloto trabalharam juntos para colocalizar pesquisas multidisciplinares e em múltiplas escalas, gerando informações confiáveis e relevantes para a tomada de decisão por agricultores, organizações de desenvolvimento, comunidades e formuladores de políticas.

Outra ação de incentivo da FAO à AIC consiste no programa intitulado Inovações Econômicas e de Políticas para a Agricultura Inteligente para o Clima (EPIC, na sigla em inglês⁶). O EPIC auxilia na criação de um ambiente político, institucional e financeiro favorável à adoção da agricultura inteligente para o clima. Para isto, o programa colabora com governos nacionais, instituições de pesquisa e organizações de escala regional e local para a elaboração de análises político-econômicas que oportunizam a reforma de políticas, instituições e financiamentos que conjugam ação climática com produção agrícola em nível nacional (FAO, 2025b).

A título de exemplo, o projeto “Agricultura Inteligente para o Clima: capturando as sinergias entre mitigação, adaptação e segurança alimentar” do EPIC, com vigência entre 2012 e 2015, propôs uma análise da relação entre a mudança do clima e a segurança alimentar em regiões pobres do Malawi, Vietnã e Zâmbia. O projeto teve como escopo a provisão de material científico tanto para a identificação e adoção de práticas e políticas quanto para a captação de recursos financeiros no âmbito da AIC (FAO, 2025c).

O EPIC se mantém ativo, porém nos últimos anos a ênfase do programa reside na aplicação da “Ferramenta de Contabilização de Externalidades Ambientais (EX-ACT), um instrumento de autoria da FAO que visa à mensuração e monetização das externalidades ambientais da atividade agrícola e do uso da terra, sejam elas negativas – como as emissões de gases de efeito estufa, o declínio da biodiversidade e a poluição – ou positivas – como o sequestro de carbono e a conservação ecossistêmica (FAO, 2025d).

Para além da FAO e de suas ações, a Aliança Global para a Agricultura Inteligente para o Clima (GACSA, na sigla em inglês⁷) figura entre os atores-chave do controle institucional da agricultura inteligente para o clima. Lançada em 2014 e com uma abordagem inclusiva e colaborativa, a GACSA constitui uma coalizão voluntária e uma plataforma multisetorial global que reúne pelo menos quatrocentos membros, entre eles governos, organizações

⁶ No original: *Economics and Policy Innovations for Climate-Smart Agriculture (EPIC)*.

⁷ No original: *Global Alliance for Climate-Smart Agriculture (GACSA)*.

intergovernamentais, organizações não-governamentais, instituições financeiras, instituições de pesquisa e organizações do setor privado. A aliança, que se apresenta como apolítica, tem como finalidade o estímulo à formação de parcerias que difundam e executem ações em torno da AIC, com a articulação das dimensões científica (como pesquisas e inovação tecnológica) e política (como a estruturação de políticas públicas e estratégias governamentais) da agricultura inteligente para o clima (GACSA, 2021a; Lipper et al., 2018).

A articulação entre as dimensões científica e política da AIC, proposta pela GACSA, se estrutura em três pilares estratégicos: (i) conhecimento – isto é, a geração, difusão e utilização das informações sobre a AIC; (ii) ambiente institucional favorável – ou seja, a criação de regras, instituições e políticas que incorporam a estratégia; e (iii) investimentos – voltados a ações e tecnologias compatíveis com os objetivos da AIC (GACSA, 2021a; Lipper et al., 2018). Em seu Plano Estratégico 2022–2032, a aliança explicita que, desde sua origem, obteve suporte financeiro de governos do centro, como Noruega, Holanda, Suíça e Estados Unidos. Em adição, o plano estratégico enfatiza, como um dos princípios orientadores da GACSA, o imperativo de realizar parcerias para além dos setores agrícolas, com a inclusão de áreas como energia, seguros, bancos, infraestrutura rural e conectividade digital (GACSA, 2021b). Nas palavras da aliança,

ampliar as inovações em [AIC] requer colaborações entre setores, incluindo os setores agrícola e financeiro. Também exige conversas e ações voltadas à disseminação inclusiva, à ampliação das opções de financiamento e à garantia de estruturas políticas favoráveis, inclusive em nível local (GACSA, 2021b, p. 13, tradução própria).

De forma análoga, o Banco Mundial ocupa posição central no controle institucional da agricultura inteligente para o clima, visto que não somente a propaga, como também financia projetos, programas e outras iniciativas no âmbito da estratégia. Nos últimos anos, a alocação anual de recursos financeiros nessa área alcançou 3 bilhões de dólares, com uma expansão contínua desde a entrada em vigor do Acordo de Paris, em 2015 (World Bank, 2024). Para prestar assistência aos países na incorporação da AIC às suas estratégias nacionais, o Banco Mundial apresenta análises e diagnósticos específicos, com destaque para: (i) os Relatórios Climáticos e de Desenvolvimento dos Países (*Country Climate and Development Reports – CCDRs*); (ii) os Perfis Nacionais de Agricultura Inteligente para o Clima (*CSA Country Profiles*); e (iii) os Planos de Investimento em Agricultura Inteligente para o Clima (*Climate-Smart Agriculture Investment Plans – CSAIPs*) (World Bank, 2024).

Os Relatórios Climáticos e de Desenvolvimento dos Países (CCDRs) avaliam variáveis ambientais, sociais e econômicas de um país, com ênfase nas consequências da mudança do

clima para o sistema agroalimentar – como produtividade agrícola, segurança alimentar e o preços dos alimentos. Esses relatórios visam à provisão de dados técnicos e estratégicos que capacitem os governos na identificação de riscos climáticos, na elaboração de políticas e na adoção de tecnologias no âmbito da AIC (World Bank, 2024).

Na sequência, os Perfis Nacionais de Agricultura Inteligente para o Clima apresentam um diagnóstico dos principais obstáculos agrícolas e ecológicos de cada país e, em simultâneo, mapeiam as áreas e práticas em que a AIC intervém para superar esses obstáculos (World Bank, 2024). Por último, os Planos de Investimento em Agricultura Inteligente para o Clima (CSAIPs) operam como dispositivos estratégicos que orientam a incorporação da AIC nas políticas agrícolas nacionais. Estes planos verificam oportunidades de investimento, articulam recursos financeiros e oferecem assistência técnica para sua viabilização e implementação (World Bank, 2024).

Além dessas três iniciativas, o Banco Mundial também apoia projetos desenvolvidos pelo Grupo Consultivo para Pesquisa Agrícola Internacional (CGIAR, na sigla em inglês⁸) (World Bank, 2024). O CGIAR constitui uma parceria global de pesquisa agrícola, cuja missão reside em “fornecer ciência e inovação que avancem a transformação dos sistemas de alimentos, terras e água em um contexto de crise climática” (CGIAR, s.p., 2025). Com quinze centros de pesquisa, o grupo reúne cerca de 3000 parceiros – desde instituições académicas e organizações não-governamentais até o setor privado e governos nacionais – e desenvolve projetos em cinco áreas-chave, entre elas a intitulada “adaptação e mitigação do clima”, na qual a agricultura inteligente para o clima é componente central (CGIAR, 2025).

Segundo o CGIAR, entre 2022 e 2024, suas ações de pesquisa e inovação: (i) influenciaram 315 alterações em políticas estatais, institucionais e empresariais; (ii) propiciaram a adoção de 471 inovações em 62 países e (iii) resultaram em alocações financeiras no valor de 3,3 bilhões de dólares; (CGIAR System Organization, 2025). Em relação a essas alocações, em 2023, durante a COP28 nos Emirados Árabes Unidos, países do centro, em especial Reino Unido, Estados Unidos, Noruega e Holanda, além da Agência dos Estados Unidos para o Desenvolvimento Internacional (USAID), informaram a concessão de 890 milhões de dólares em suporte às inovações do CGIAR (ICARDA, 2023).

Como ilustração das ações da instituição, o projeto Acelerando os Impactos da Pesquisa Climática do CGIAR para a África (AICCRA, na sigla em inglês⁹), lançado em 2021, consiste

⁸ No original: *Consultative Group on International Agricultural Research (CGIAR)*.

⁹ No original: *Accelerating Impacts of CGIAR Climate Research for Africa (AICCRA)*.

em uma parceria entre o CGIAR, o Banco Mundial, instituições africanas – como o Banco Africano de Desenvolvimento – e corporações do setor agrotecnológico – como a suíça Syngenta, do grupo ChemChina, e a estadunidense Corteva Agriscience. Em síntese, o AICCRA tenciona a execução prática de inovações concebidas no âmbito do CGIAR em países do continente africano (AICCRA, 2025).

Em específico, o projeto, que se mantém ativo, propõe a viabilização e a expansão do acesso a serviços de informação do clima, assim como a incorporação de práticas e tecnologias da agricultura inteligente para o clima na produção agrícola e pecuária. Para isto, o AICCRA conta com equipes no Senegal, Gana, Mali Etiópia, Quênia e Zâmbia, e recebe suporte financeiro da Associação Internacional de Desenvolvimento (IDA), do Grupo Banco Mundial, que, em 2024, formalizou a liberação de 100 milhões de dólares para o projeto nos anos seguintes (AICCRA, 2025).

O Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável (WBCSD, na sigla em inglês¹⁰) também se insere como um dos atores-chave do controle institucional da agricultura inteligente para o clima. O WBCSD constitui uma plataforma de cooperação empresarial internacional, cujo objetivo reside na integração dos negócios à agenda da sustentabilidade ambiental, com ações corporativas que tencionam tanto a mitigação da mudança do clima e a preservação ambiental quanto a promoção da equidade social (WBCSD, 2025a).

Nessa direção, o WBCSD lança iniciativas que envolvem a AIC, como o *Smarter Metrics for Climate Change and Agriculture* – um guia empresarial para a ação, uso e delimitação de metas de AIC – e a plataforma *Agriculture 1.5* – que auxilia corporações na redução de emissões de gases de efeito estufa através da adoção de práticas da AIC (WBCSD, 2020, 2024). Em adição, o conselho reúne pelo menos 250 empresas-membros, como Amazon, Alibaba, Apple, Bayer, BASF, BP International, Bunge, Cargill, China Petrochemical & Chemical Corporation, COFCO, Grupo Danone, Engie, Google, Meta Platforms, McDonald's, Microsoft, Nestlé, Olam Agri, PepsiCo, Shell, Grupo Syngenta, Vale, Walmart e Yara (WBCSD, 2025b).

Um instrumento central do controle institucional da AIC é a iniciativa governamental *Agriculture Innovation Mission for Climate* (AIM for Climate), liderada pelos Estados Unidos e pelos Emirados Árabes Unidos. Divulgada em 2021, durante a COP26, e com duração prevista de cinco anos (2021 – 2025), a AIM for Climate visa à coordenação de parcerias entre governos

¹⁰ No original: *World Business Council for Sustainable Development (WBCSD)*.

e setor privado e à elevação substancial do suporte financeiro à inovação para a agricultura inteligente para o clima. A iniciativa reúne pelo menos 800 parceiros, entre os quais 56 países, com uma arrecadação que já totaliza 29,2 bilhões de dólares desde sua criação (AIM for Climate, 2025). Além dos EUA e dos EAU, Reino Unido, Holanda, Noruega e Alemanha figuram entre os principais países parceiros, enquanto Bayer, Bezos Earth Fund, Bill and Melinda Gates Foundation, Bunge, Cargill, McDonald's, PepsiCo, John Deere, JBS e Unilever correspondem a corporações de relevância que colaboram com a iniciativa (AIM for Climate, 2025). O Quadro 1 expõe os atores-chave que exercem o controle institucional da AIC.

Quadro 1 – O controle institucional da agricultura inteligente para o clima

Atores-chave	Âmbitos de controle
FAO (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura)	Criação e difusão da AIC; elaboração de programas; apoio técnico e institucional a governos nacionais
GACSA (Aliança Global para a Agricultura Inteligente para o Clima)	Difusão e execução de ações relativas à AIC; criação de ambientes institucionais favoráveis e promoção de investimentos que contemplam a estratégia
Banco Mundial	Suporte financeiro a projetos e programas relativos à AIC; elaboração de diagnósticos e planos estratégicos nacionais (CCDRs, <i>CSA Country Profiles</i> , CSAIPs); apoio à incorporação de práticas e tecnologias da AIC em âmbito nacional
CGIAR (Grupo Consultivo para Pesquisa Agrícola Internacional)	Pesquisa e inovação tecnológica em AIC; captação e gestão de recursos financeiros; execução de projetos de incorporação de inovações em AIC via parcerias entre governos e setor privado (AICCRA)
Governos via AIM for Climate (Agriculture Innovation Mission for Climate)	Coordenação de parcerias entre países e corporações; mobilização de recursos para a promoção da inovação em AIC
WBCSD (Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável)	Difusão da AIC; suporte empresarial; execução de iniciativas que envolvem a AIC (<i>Smarter Metrics, Agriculture 1.5</i>) no setor privado

Fonte: elaboração própria.

3. O CONTROLE TECNOLÓGICO DA AGRICULTURA INTELIGENTE PARA O CLIMA

A agricultura inteligente para o clima se materializa pela integração de múltiplas Tecnologias de Comunicação e Informação (TIC) do campo digital às atividades da cadeia de produção agropecuária, com vistas à elevação da eficiência, da resiliência e da sustentabilidade ambiental, ainda que seja difundida como uma abordagem que contempla não somente a tecnologia em si, mas também a ciência sobre métodos e práticas diversos. As novas TIC do campo digital, à medida que se aplicam aos setores agrícolas, recebem o título de *agricultura inteligente*, *agricultura digital* ou *agricultura 4.0* – uma alusão à *indústria 4.0* –, cujo traço distintivo reside na coleta e análise massiva de dados agrícolas. A agricultura inteligente se concretiza, em especial, pelos sensores, robótica, Internet das Coisas (IoT), computação em nuvem, Inteligência Artificial (IA) e *big data* (Abbasi; Martinez; Ahmad, 2022; Araújo et al., 2021). Uma descrição concisa desse arcabouço tecnológico e de sua relação com os objetivos da AIC será exposta a seguir para a identificação subsequente dos atores-chave que exercem o controle tecnológico da AIC.

Sensores e robótica correspondem ao hardware da agricultura inteligente: são os dispositivos responsáveis pela coleta de dados agrícolas e pela execução de tarefas no campo. As redes de sensores, sobretudo sem fio, possibilitam a observação em tempo real de parâmetros da água, do solo e da atmosfera. Sensores monitoram nutrientes, clima e pragas, e avaliam a saúde de um cultivo pelo estágio de evolução da vegetação, com a identificação de eventuais sinais de estresse (Abbasi; Martinez; Ahmad, 2022; Araújo et al., 2021). Já a robótica automatiza atividades agrícolas, como semeadura, fertilização, controle de ervas daninhas, poda e colheita/ordenha. Sistemas robóticos autônomos constituem máquinas inteligentes que tomam decisões e executam tarefas em tempo real com relativa independência. Robôs móveis percorrem terrenos de difícil acesso e cobrem uma vasta extensão de cultivo para o manejo agrícola, seja irrigação, pulverização de precisão, capina mecânica e colheita de culturas (Abbasi; Martinez; Ahmad, 2022; Araújo et al., 2021).

Por seu turno, a Internet das Coisas (IoT) conecta o hardware ao software da agricultura inteligente. Um sistema de IoT compreende dispositivos com acesso à Internet que coletam dados e executam tarefas – como sensores e robôs – e atua como um canal de comunicação através de Bluetooth, Wi-Fi, 4G/5G, radiofrequência, comunicação por proximidade, entre outros meios. A IoT, portanto, constitui um sistema complexo que organiza e viabiliza a circulação dos dados agrícolas em camadas, desde a coleta no campo até a visualização da

análise pelos agricultores (Abbasi; Martinez; Ahmad, 2022; Araújo et al., 2021). Consoante Abbasi, Martinez e Ahmad (2022, p. X, tradução própria),

a arquitetura de referência da IoT possui seis camadas: camada de percepção (dispositivos de hardware), camada de rede (comunicação), camada middleware (gerenciamento de dispositivos e interoperabilidade), camada de serviços (computação em nuvem), camada de aplicação (integração de dados e análises) e camada de usuário final (interface do usuário).

Computação em nuvem, IA e *big data* representam o software da agricultura inteligente. A computação em nuvem consiste em uma infraestrutura na Internet que armazena, processa e gerencia um volume massivo de dados. Tal infraestrutura opera como um sistema operacional para a gestão agrícola, o qual presta serviços de repositório de informações (sejam imagens, texto, vídeos), de conversão de dados brutos em resultados interpretáveis e de provisão de plataformas para a execução de aplicações de IoT agrícola (Abbasi; Martinez; Ahmad, 2022; Araújo et al., 2021). A Inteligência Artificial (IA), em conjunção com a IoT e a computação em nuvem, tanto identifica relações e padrões históricos complexos em dados agrícolas quanto realiza previsões específicas e fornece *insights* para a tomada de decisão e gestão operacional. A IA executa suas funções por meio de algoritmos, em especial pelo emprego do aprendizado de máquina (*machine learning*) e do aprendizado profundo (*deep learning*), ramos da IA que catalisaram a evolução da agricultura 4.0 (Abbasi; Martinez; Ahmad, 2022; Araújo et al., 2021).

Por último, o *big data*, enquanto software da agricultura inteligente, representa o volume massivo de dados que resultam de aplicações da IoT e da computação em nuvem. A análise de *big data* tanto reúne e organiza complexos de dados de origem múltipla – históricos e em tempo real – quanto processa e identifica padrões, correlações, tendências e preferências (de consumidores, por exemplo). No cenário agrícola, o *big data* engloba informações sobre clima, solo, água, plantas, animais, maquinário agrícola, mercado e logística. A literatura divide o *big data* em cinco eixos (os cinco Vs): volume, velocidade, variedade, valor e veracidade, os quais indicam manipulação de um volume amplo e variado de dados com rapidez e com potencial para gerar resultados interpretáveis úteis e confiáveis (Abbasi; Martinez; Ahmad, 2022; Araújo et al., 2021). Segundo Araújo et al. (2021, p. 12, tradução própria),

a análise de big data também abre possibilidades para outros casos mais complexos e menos comuns. Um exemplo disso é a estimativa da disponibilidade de alimentos em países em desenvolvimento como forma de enfrentar o desafio da segurança alimentar sustentável, possibilitada pela análise de dados de uso da terra e de produção de mais de 13.000 domicílios agrícolas em múltiplos locais de 17 países da África Subsaariana.

O arcabouço tecnológico da agricultura 4.0 se relaciona com os objetivos da agricultura inteligente para o clima à medida que viabiliza, com rapidez, a coleta e análise de parâmetros agrícolas. A identificação da variabilidade do clima, do solo e da água, por exemplo, propõe a redução da imprevisibilidade e instabilidade ecológica, assim como a consequente ampliação da resiliência agrícola, enquanto a detecção precoce de doenças, pragas e ervas daninhas visa à contenção de perdas na produção agrícola e pecuária. Esses processos, somente viáveis pelo arcabouço tecnológico da agricultura inteligente, oportunizam a aceleração na tomada de decisão e a otimização do manejo agrícola, o que tende a se traduzir em benefícios como elevação da produtividade e rentabilidade e intensificação da sustentabilidade ambiental (Abbasi; Martinez; Ahmad, 2022; Araújo et al., 2021).

Uma concentração corporativa impera no sistema agroalimentar global, no qual as corporações líderes controlam as condições materiais desse sistema, ou seja, definem as direções da inovação tecnológica e condicionam as tecnologias que prevalecem nas atividades da cadeia de produção agrícola e pecuária (Clapp et al., 2025). Nessa perspectiva, as corporações líderes dos ramos agroquímico e de maquinário agrícola (*Big Ags*) constituem os atores-chave que exercem o controle tecnológico da agricultura 4.0 – em última instância, da agricultura inteligente para o clima (Hackfort; Marquis; Bronson, 2024). A percepção de Clapp et al. (2025) e de Hackfort, Marquis e Bronson (2024) é reforçada pela análise de relatórios de consultoria e de pesquisa de mercado¹¹, os quais indicam que as *Big Ags* lideram o mercado global da agricultura inteligente. Uma primeira identificação dessas corporações e de suas especificidades em relação à dimensão tecnológica da AIC serão exploradas na sequência.

Bayer, Syngenta e BASF compõem as *Big Ags* do ramo de agroquímicos que se destacam no mercado global da agricultura 4.0. A Bayer, por exemplo, investe cerca de 2 bilhões de euros ao ano em pesquisa e inovação agrícola, dos quais uma fração é alocada para “soluções inteligentes para o clima”. Com a aquisição da Monsanto, em 2018, a *Big Ag* incorporou a *The Climate Corporation*, empresa especializada em seguros agrícolas, com ênfase em prejuízos relativos a variações do clima (Bayer, 2025; Grain, 2021). Tal aquisição foi crucial para a consolidação da plataforma digital de gestão agrícola da Bayer, intitulada *Climate FieldView*, que monitora 61 milhões de hectares em escala global, mantém acordos com pelo menos 70 empresas na América e na Europa e apresenta um mercado potencial de 405 milhões de hectares para cultivos de milho, soja e trigo (Bayer, 2025; Grain, 2021). A posse de uma plataforma

¹¹ Cognitive Market Research, 2025; GlobeNewswire, 2025; MarketsandMarkets, 2024; The Business Research Company, 2025.

digital revela que a *Big Ag* detém a infraestrutura tecnológica necessária para a coleta e análise massiva de dados agrícolas, com a conversão destes em ativos econômicos. Além disso, a Bayer salienta que a *Climate FieldView* oportuniza novos negócios na área de agricultura de carbono, à medida que auxilia

os agricultores a obter valor com a adoção de *práticas inteligentes para o clima*. Nos Estados Unidos e no Brasil, a Bayer Carbon Initiative está incentivando agricultores que adotam práticas que ajudam a sequestrar carbono, com o objetivo de viabilizar um mercado robusto de créditos de carbono para a agricultura. Na União Europeia, a Bayer lançou recentemente o Lighthouse Project, em parceria com diversas instituições, voltado para a descarbonização do sistema alimentar, com os agricultores no centro da iniciativa e baseado em uma estrutura emergente de contabilidade de carbono (Bayer, s.p., 2025, tradução própria, grifos próprios).

De forma análoga, a Syngenta, do grupo ChemChina, investe em torno de 1,4 bilhão de dólares ao ano em pesquisa e inovação agrícola, dos quais uma parcela é designada a serviços e soluções de agricultura inteligente e sustentável. A *Big Ag* monitora 100 milhões de hectares através de suas plataformas digitais, como a *Cropwise*, que opera em 20 países, sobretudo na América e na Europa Ocidental (ChemChina, 2024). Com a aquisição, em 2019, do Grupo Cropio – uma *Ag Tech* com presença em 50 países, em especial na Europa Oriental – a Syngenta integrou à sua estrutura a plataforma digital *Cropio*. Nos Estados Unidos, a Syngenta controla a plataforma *Land.db*; no Brasil, a *Strider*; e na China, a *Modern Agriculture Platform* (MAP), o que demonstra sua liderança na aplicação da AIC em nível mundial (Grain, 2021; Syngenta, 2019). A *Big Ag* ressalta que renova a agricultura global com inovações em ciência e tecnologia, de maneira que proporciona alta produtividade e excelência na produção enquanto colabora para a mitigação da mudança do clima e restauração da natureza (Syngenta, 2025).

Por seu turno, a BASF investe cerca de 2,1 bilhões de euros ao ano em pesquisa e inovação agrícola, dos quais 920 milhões se aplicam à área de soluções agrícolas, com ênfase em recursos inteligentes. Com presença expressiva na Europa, América do Norte e Ásia-Pacífico, a BASF opera a plataforma digital *Xarvio Digital Farming Solutions*, adquirida da Bayer em 2017 por 1,7 bilhão de euros e utilizada em mais de 100 países (BASF, 2025). Além disso, a BASF oferece uma solução digital específica para o manejo de ervas daninhas, intitulado *One Smart Spray*, o qual resulta de uma *joint venture* com a multinacional alemã Bosch em 2021 e associa “as capacidades de hardware, software e conectividade da Bosch com a expertise digital e agronômica da BASF” (Bosch, s.p., 2023). Outra iniciativa da BASF consiste na aliança estratégica com a CNH Industrial – *Big Ag* do ramo de maquinário agrícola. Realizada em 2023, a aliança efetiva a integração entre a *Xarvio* e a plataforma digital da CNH,

com vistas à ampliação do acesso a dados em larga escala pela BASF e à agregação de valor às máquinas da CNH (Cultivar, 2023).

John Deere e CNH Industrial integram as *Big Ags* do ramo de maquinário agrícola que detêm protagonismo no mercado global da agricultura inteligente. A John Deere informa que suas tecnologias operam em 183 milhões de hectares, dos quais 79 milhões são relativos a práticas agrícolas “sustentáveis” (John Deere, 2024a). A *Big Ag* administra uma plataforma digital própria, o *John Deere Operations Center*, que conecta máquinas, analisa dados e oferta soluções agrícolas inteligentes. No portfólio de recursos disponíveis constam, por exemplo, o *ExactShot* – um sistema de fertilização que dosa a quantidade de fertilizante aplicada na semente e se conecta a uma máquina plantadeira – e o *See & Spray Ultimate* – um sistema de pulverização seletiva que utiliza câmeras com inteligência artificial e se acopla a uma máquina pulverizadora (John Deere, 2024a).

Em 2024, a John Deere investiu 10 milhões de dólares na startup estadunidense HabiTerre, uma *Ag Tech* da área de tecnologia climática (Pressinott, 2024). Neste mesmo ano, a *Big Ag* firmou uma parceria estratégica com a corporação aeroespacial SpaceX, com o propósito de expandir a conexão via satélite Starlink para máquinas agrícolas, sobretudo aquelas que se localizam em áreas com baixa cobertura de Internet no Brasil e nos Estados Unidos (John Deere, 2024b). Tal parceira é representativa tanto da difusão da AIC no campo quanto da influência da John Deere sobre a prática agrícola.

Embora não seja restrita aos setores agrícolas, a CNH Industrial investe em torno de 1,5 bilhão de dólares ao ano em pesquisa e inovação, dos quais uma fração é destinada a recursos agrícolas inteligentes e sustentáveis, com ênfase em agricultura de precisão, gestão agrícola digital e eletrificação e automação de maquinário agrícola (Ondei, 2024; CNH Industrial, 2025). No rol de seus recursos figura a AGXTEND, plataforma de inovação que integra sensores, softwares e outros dispositivos para a geração de dados agrícolas e automação inteligente. Diversos produtos e serviços da plataforma AGXTEND resultam da parceria da CNH Industrial com outras corporações líderes em inovação tecnológica global, como Bosch, Raven e Augmenta (CNH Industrial, 2021a).

Visando sua transição digital, a CNH Industrial tanto adquiriu a Raven, *Ag Tech* estadunidense de agricultura de precisão, em 2021, quanto incorporou a Augmenta, *Ag Tech* grega de visão computacional, em 2023, o que indica sua liderança na condução da inovação tecnológica que sustenta a AIC e no acesso a dados agrícolas (CNH Industrial, 2021b; CNH Industrial, 2023). A *Big Ag* também realizou, em 2024, uma colaboração com a Intelsat –

empresa especializada em serviços de comunicação via satélite – com o objetivo de ampliar o acesso à Internet em áreas sem cobertura de telefonia móvel e viabilizar a adoção de seus produtos e serviços (CNH Industrial, 2024). O Quadro 2 exibe os atores-chave que exercem o controle tecnológico da AIC.

Quadro 2 – O controle tecnológico da agricultura inteligente para o clima

Atores-chave	Vetores de controle
Bayer	Plataforma Climate FieldView; Aquisição da The Climate Corporation, da área de seguros agrícolas; Iniciativas na área da agricultura de carbono
Syngenta	Plataformas Cropwise, Cropio, Land.db (EUA), Strider (Brasil), MAP (China)
BASF	Plataforma Xarvio; Joint venture com Bosch para a produção de solução digital no âmbito da AIC; Aliança estratégica com CNH Industrial para a integração de suas plataformas digitais
John Deere	Plataforma John Deere Operations Center; Colaboração com SpaceX para a expansão da conexão à Internet no campo; Investimento na <i>Ag Tech</i> HabiTerre de tecnologia climática
CNH Industrial	Plataforma AGXTEND; Parcerias estratégicas com Bosch, Raven e Augmenta para a produção de serviços/produtos da AIC; Aquisição das <i>Ag Techs</i> Raven e Augmenta; Colaboração com Intelsat para a expansão da conexão à Internet no campo

Fonte: elaboração própria.

A TÍTULO DE CONCLUSÃO

Este artigo propôs a identificação dos atores que exercem o controle institucional e tecnológico da agricultura inteligente para o clima. Verifica-se que a FAO, GACSA, Banco Mundial, CGIAR, a iniciativa AIM for Climate e o WBCSD constituem os atores-chave que exercem o controle institucional da AIC. A FAO lidera a criação e difusão da AIC por meio da elaboração de programas e do suporte técnico a governos, enquanto a GACSA estimula a formação de parcerias para a execução e difusão de ações relativas à estratégia. O Banco Mundial reforça esse arranjo à medida que financia projetos da AIC e presta suporte à

incorporação de práticas e tecnologias da estratégia em âmbito nacional. O CGIAR, por seu turno, assume a liderança na pesquisa e inovação tecnológica da AIC, ao passo que a iniciativa AIM for Climate coordena parcerias entre governos e setor privado e mobiliza recursos para a promoção de ações de inovação em AIC. Ao final, o WBCSD difunde e executa ações da AIC em colaboração com o setor privado.

Em adição, constata-se que as *Big Ags* do ramo agroquímico, como Bayer, Syngenta e BASF, e do ramo de maquinário agrícola, como John Deere e CNH Industrial, compõem os atores-chave que exercem o controle tecnológico da AIC. As *Big Ags* exercem tal controle à medida que detêm a infraestrutura tecnológica necessária para a coleta e análise massiva de dados agrícolas, com a conversão destes em ativos econômicos. A Syngenta, por exemplo, dispõe de múltiplas plataformas digitais – como Cropwise, Cropio, Land.db, Strider e MAP –, cada uma específica para um respectivo mercado. A aquisição da The Climate Corporation pela Bayer, e das *Ag Techs* Raven e Augmenta pela CNH Industrial, evidencia a liderança das *Big Ags* na condução da inovação tecnológica que sustenta a AIC e a tendência à centralização do acesso a dados agrícolas. Além disso, parcerias estratégicas, como a colaboração entre John Deere e SpaceX e entre BASF e CNH Industrial, expandem tanto a difusão da AIC no campo quanto a influência das *Big Ags* sobre a prática agrícola.

Uma limitação desta pesquisa é sua natureza descritiva; ainda assim, a sistematização dos atores que exercem o controle institucional e tecnológico da agricultura inteligente para o clima constitui uma etapa prévia essencial para o exame crítico dos interesses político-econômicos envolvidos na difusão global da estratégia, por exemplo. Em paralelo, convém expor que o escopo da pesquisa relativo ao controle tecnológico enfatiza as corporações líderes do setor agroalimentar global; não explora, contudo, a inserção em curso das *Big Techs* na cadeia de produção agroalimentar, consideração relevante para investigações subsequentes. Além do exame crítico dos interesses político-econômicos, propõe-se também uma investigação futura sobre as narrativas ambientais que legitimam a adoção da AIC como solução sustentável à luz do referencial teórico da Ecologia-Mundo.

REFERÊNCIAS

ABBASI, Rabiya; MARTINEZ, Pablo; AHMAD, Rafiq. The digitization of agricultural industry – a systematic literature review on agriculture 4.0. **Smart Agricultural Technology**, v. 2, p. 100042, 2022.

AICCRA. **Accelerating Impacts of CGIAR Climate Research for Africa**. About Us. Consultative Group on International Agricultural Research, 2025. Disponível em: <https://aiccra.cgiar.org/our-work/about-us> Acesso em: 12 ago. 2025.

AIM FOR CLIMATE. **Agriculture Innovation Mission for Climate** – About AIM for Climate. Agriculture Innovation Mission for Climate, 2025. Disponível em: <https://www.aimforclimate.org/> Acesso em: 15 ago. 2025.

ARAÚJO, Sara Oleiro et al. Characterising the agriculture 4.0 landscape—emerging trends, challenges and opportunities. **Agronomy**, v. 11, n. 4, p. 667, 2021.

BASF. **BASF Group Annual Report** – 2024. Ludwigshafen: BASF Group, 2025.

BAYER. **Advancing sustainability and efficiency: Are you prepared for the future of agriculture?**. Trends in Agriculture, 2025. Disponível em: <https://www.bayer.com/en/investors/agriculture-megatrends> Acesso em: 2 set. 2025.

BOSCH. Bosch BASF Smart Farming agora é ONE SMART SPRAY. **Mídia Bosch**, 2 mai. 2023. Disponível em: <https://www.bosch-press.com.br/pressportal/br/pt/press-release-46980.html> Acesso em: 3 set. 2025.

CHEMCHINA. Syngenta Group's digital agricultural solutions cover over 100 million hectares of farmland worldwide. **News & Media**, 12 abr. 2024. Disponível em: <https://www.chemchina.com/zghgen/news/ases/2024/10/I1294347111080394752.html> Acesso em: 2 set. 2025.

CGIAR. Who we are. Consultative Group on International Agricultural Research, 2025. Disponível em: <https://www.cgiar.org/how-we-work/vacancies/> Acesso em: 12 ago. 2025.

CGIAR System Organization. **CGIAR Impacts in Agrifood Systems: Evidence and Learnings from 2022–2024**. Montpellier, France: Consultative Group on International Agricultural Research, 2025.

CLAPP, Jennifer et al. Corporate concentration and power matter for agency in food systems. **Food Policy**, v. 134, p. 102897, 2025.

CNH INDUSTRIAL. CNH Industrial lança plataforma inovadora de soluções para agricultura digital. **CNH Newsroom**, 06 out. 2021a. Disponível em: <https://media.cnh.com/latin-america-portuguese/cnh/cnh-industrial-lan-a-plataforma-inovadora-de-solu-es-para-agricultura-digital/s/3409aa68-0c32-45b7-9623-ce7b86549902> Acesso em: 4 set. 2025.

CNH INDUSTRIAL. CNH Industrial conclui aquisição da Raven. **CNH Newsroom**, 02 dez. 2021b. Disponível em: <https://media.cnh.com/latin-america-portuguese/cnh/cnh-industrial-conclui-aquisicao-da-raven/s/c117b16c-27fe-4842-8284-a8afe7cf8eec> Acesso em: 4 set. 2025.

CNH INDUSTRIAL. CNH Industrial acquires machine vision company Augmenta. **CNH Newsroom**, 13 mar. 2023. Disponível em: <https://media.cnh.com/north-america/cnh/cnh-industrial-acquires-machine-vision-company-augmenta/s/f2597f77-1265-4138-badb-1cb898672e52> Acesso em: 4 set. 2025.

CNH INDUSTRIAL. CNH expande soluções de conectividade em colaboração com a Intelsat. **CNH Newsroom**, 29 abr. 2024. Disponível em: <https://media.cnh.com/latin-america-portuguese/cnh/cnh-expande-solucoes-de-conectividade-em-colaboracao-com-a-intelsat/s/80300510-6a5b-4a31-9d76-cddc7770c579> Acesso em: 4 set. 2025.

CNH INDUSTRIAL. **Breaking New Ground** – Sustainability Report 2024. CNH Industrial, 2025.

COGNITIVE MARKET RESEARCH. **Global Agriculture 4.0 Market Report 2025 (Global Edition)**. Cognitive Market Research, 2025. Disponível em: <https://www.cognitivemarketresearch.com/agriculture-4-0-market-report> Acesso em: 29 ago. 2025.

CULTIVAR. BASF e CNH anunciam conectividade de plataformas digitais. **Revista Cultivar**, 13 dez. 2023. Disponível em: <https://revistacultivar.com.br/noticias/basf-e-cnh-conectividade-de-plataformas-digitais> Acesso em: 3 set. 2025.

FAO. **“Climate-Smart” Agriculture: Policies, Practices and Financing for Food Security, Adaptation and Mitigation.** Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2010.

FAO. **Science to support climate-smart agricultural development** – Concepts and results from the MICCA pilot projects in East Africa. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2014.

FAO. **Climate Smart Agriculture Sourcebook** - Introducing Climate-Smart Agriculture. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2017.

FAO. **Greenhouse gas emissions from agrifood systems: global, regional and country trends, 2000–2022.** FAOSTAT Analytical Brief Series, No. 94. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2024.

FAO. **Climate Smart Agriculture Sourcebook: Enabling policy environment for Climate-Smart Agriculture.** Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2025a. Disponível em: <https://www.fao.org/climate-smart-agriculture-sourcebook/enabling-frameworks/module-c3-policy/c3-overview/en/> Acesso em: 13 ago. 2025.

FAO. **Climate-Smart Agriculture** – Policy support. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2025b. Disponível em: <https://www.fao.org/climate-smart-agriculture/policies-planning/policy/en/> Acesso em: 14 ago. 2025.

FAO. **Economic and Policy Analysis of Climate Change** – Past projects. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2025c. Disponível em: <https://www.fao.org/in-action/epic/projects/past-projects/en/> Acesso em: 14 ago. 2025.

FAO. **Economic and Policy Analysis of Climate Change** – EX-ACT Tool. Disponível em: <https://www.fao.org/in-action/epic/ex-act-tool/suite-of-tools/en/> Acesso em: 14 ago. 2025.

GACSA. **Climate-Smart Agriculture in Action: Alliances Driving the Global Climate-Smart Agriculture (CSA) Agenda.** Global Alliance for Climate-Smart Agriculture. 2021a.

GACSA. **GACSA 2030 and beyond: Strategic plan 2022–2032.** Rome: Global Alliance for Climate-Smart Agriculture, 2022b.

GLOBENEWSWIRE. **Agriculture 4.0 Market to Hit USD 175.54 Billion by 2032, at 11.30% CAGR.** SNS Insider Pvt Ltd, 2025. Disponível em: <https://www.globenewswire.com/news-release/2025/03/10/3039834/0/en/Agriculture-4-0-Market-to-Hit-USD-175-54-Billion-by-2032-at-11-30-CAGR-SNS-Insider.html> Acesso em: 29 ago. 2025.

GRAIN. **Controle digital: a entrada das Big Techs na produção de alimentos e na agricultura (e o que isso significa).** 2021. Disponível em: <https://grain.org/en/article/6604-controle-digital-a-entrada-das-big-techs-na-producao-de-alimentos-e-na-agricultura-e-o-que-isso-significa> Acesso em: 2 set. 2025.

HACKFORT, Sarah; MARQUIS, Sarah; BRONSON, Kelly. Harvesting value: Corporate strategies of data assetization in agriculture and their socio-ecological implications. **Big data & society**, v. 11, n. 1, p. 1-15, 2024.

ICARDA. **COP28 and Beyond - ICARDA's Role in Addressing Climate Change Challenges.** International Center for Agricultural Research in the Dry Areas, 12 dez. 2023. Disponível em: <https://icarda.org/media/news/cop28-and-beyond-icardas-role-addressing-climate-change-challenges> Acesso em: 15 ago. 2025.

ICRAF. **The Mitigation of Climate Change in Agriculture (MICCA) Programme.** World Agroforestry Centre, 2016. Disponível em: <https://www.worldagroforestry.org/project/mitigation-climate-change-agriculture-micca-programme> Acesso em: 14 ago. 2025.

JOHN DEERE. **2024 Business Impact Report.** John Deere, 2024a.

JOHN DEERE. John Deere anuncia parceria estratégica com a SpaceX para expandir a conectividade rural para agricultores por meio de cobertura via satélite. **Imprensa John Deere**, 16 jan. 2024b. Disponível em: <https://www.deere.com.br/pt/a-nossa-empresa/not%C3%ADcias/sala-de-imprensa/2024/jan/john-deere-parceria-com-spacex/> Acesso em: 3 set. 2025.

LIPPER, Leslie et al. **Climate Smart Agriculture: Building Resilience to Climate Change**. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Springer Nature, 2018.

NEWELL, Peter; TAYLOR, Olivia. Contested landscapes: the global political economy of climate-smart agriculture. **The Journal of Peasant Studies**, v. 45, n. 1, p. 108-129, 2018.

MARKETSANDMARKETS. **Top Smart Agriculture Companies Leading the Future of Industry 2024**. MarketsandMarkets, 2024. Disponível em: <https://www.marketsandmarkets.com/blog/SE/Top-Smart-Agriculture-Companies-Leading-The-Future-Of-Industry-2024> Acesso em: 29 ago. 2025.

MARQUES, Luiz C. **Capitalismo e colapso ambiental**. Campinas: Editora Unicamp, 2015.

MASSRUHÁ, Silvia Maria Fonseca Silveira; LEITE, Maria Angelica de Andrade; CORAL, Klever José. Agricultura digital, inovação e aplicações. In: **Inovação e desenvolvimento em cana-de-açúcar: manejo, nutrição, bioinsumos, recomendação de corretivos e fertilizantes**. Brasília, DF: Embrapa; Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2024. cap. 2, p. 39-60. 2024.

MOORE, Jason W. The end of the road? Agricultural revolutions in the capitalist world-ecology, 1450–2010. **Journal of agrarian change**, v. 10, n. 3, p. 389-413, 2010.

ONDEI, Vera. “A máquina agrícola é uma indústria ambulante”, diz presidente da CNH Industrial para a América Latina. **Forbes AGRO Brasil**, 20 ago. 2024. Disponível em: https://forbes.com.br/forbesagro/2024/08/a-maquina-agricola-e-uma-industria-ambulante-diz-presidente-da-cnh-industrial-para-a-america-latina/?utm_source=chatgpt.com Acesso em: 4 set. 2025.

PRESSINOTT, Fernanda. John Deere investe US\$ 10 milhões em startup de tecnologia climática. **Globo Rural**, 30 ago. 2024. Disponível em: <https://globorural.globo.com/clima/noticia/2024/08/john-deere-investe-us-10-milhoes-em-startup-de-tecnologia-em-clima.ghtml> Acesso em: 3 set. 2025.

SYNGENTA. **Syngenta acquires Cropio**. 2 set. 2019. Disponível em: <https://www.syngenta.com/media/media-releases/2019/syngenta-acquires-cropio> Acesso em: 2 set. 2025.

SYNGENTA. **About Syngenta**. 2025. Disponível em: <https://www.syngenta.com/company> Acesso em: 2 set. 2025.

THE BUSINESS RESEARCH COMPANY. **Agriculture 4.0 Global Market Report 2025**. The Business Research Company, 2025. Disponível em: <https://www.thebusinessresearchcompany.com/report/agriculture-40-global-market-report> Acesso em: 29 ago. 2025.

WBCSD. **Smarter metrics in climate change and agriculture: Business guidance for target-setting across productivity, resilience and mitigation**. The World Business Council for Sustainable Development, 2020.

WBCSD. **Agriculture 1.5**. The World Business Council for Sustainable Development, 2024. Disponível em: <https://archive.wbcsd.org/Programs/Food-and-Nature/Food-Land-Use/Scaling-Positive-Agriculture/Agriculture-1.5> Acesso em: 20 ago. 2025.

WBCSD. **Who we are**. The World Business Council for Sustainable Development, 2025a. Disponível em: <https://www.wbcsd.org/who-we-are/> Acesso em: 20 ago. 2025.

WBCSD. **Discover our members**. The World Business Council for Sustainable Development, 2025b. Disponível em: <https://www.wbcsd.org/who-we-are/members/> Acesso em: 20 ago. 2025.

WORLD BANK. **Agricultural land (% of land area)**. World Development Indicators, 2025b. Disponível em: <https://data.worldbank.org/indicator/AG.LND.AGRI.ZS>. Acesso em: 7 ago. 2025.

WORLD BANK. **Annual freshwater withdrawals, agriculture (% of total freshwater withdrawal)**. World Development Indicators, 2025a. Disponível em: <https://data.worldbank.org/indicator/ER.H2O.FWAG.ZS> Acesso em: 7 ago. 2025.

WORLD BANK. **Climate-Smart Agriculture**. 2024. Disponível em: <https://www.worldbank.org/en/topic/climate-smart-agriculture> Acesso em: 12 jul. 2025.