

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA  
CAMPUS ITAQUI  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**TRANSFORMAÇÕES DECORRENTES DAS INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS NO  
SETOR AGRÍCOLA PÓS DÉCADA DE 1970**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**MAURÍCIO GOMES LOCATELLI**

**Itaqui-RS, Brasil**

**2022**

**MAURÍCIO GOMES LOCATELLI**

**TRANSFORMAÇÕES DECORRENTES DAS INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS NO  
SETOR AGRÍCOLA PÓS DÉCADA DE 1970**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Ma. Denise Gomes de Gomes

**Itaqui-RS, Brasil**

**2022**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos  
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do  
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

L811t LOCATELLI, MAURÍCIO GOMES

TRANSFORMAÇÕES DECORRENTES DAS INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS NO  
SETOR AGRÍCOLA PÓS DÉCADA DE 1970 / MAURÍCIO GOMES LOCATELLI.  
33 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade  
Federal do Pampa, AGRONOMIA, 2022.

"Orientação: DENISE GOMES DE GOMES".

1. TECNOLOGIA. 2. BIOTECNOLOGIA. 3. AGRICULTURA DE  
PRECISÃO. 4. AGRICULTURA 4.0. I. Título.

**MAURÍCIO GOMES LOCATELLI**

**TRANSFORMAÇÕES DECORRENTES DAS INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS NO  
SETOR AGRÍCOLA PÓS DÉCADA DE 1970**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Ma. Denise Gomes de Gomes

Trabalho de conclusão de curso defendido e aprovado em: 11/03/2022.

Banca examinadora:

*Denise Gomes de Gomes*

---

Prof<sup>a</sup>. Ma. Denise Gomes de Gomes  
Orientadora  
UNIPAMPA – Campus Itaqui – RS

*Paulo Severo Corrêa*

---

Prof. Dr. José Carlos Severo Corrêa  
UNIPAMPA – Campus Itaqui – RS

*Paulo Roberto Cardoso da Silveira*

---

Prof. Dr. Paulo Roberto Cardoso da Silveira  
UNIPAMPA – Campus Itaqui – RS

## **AGRADECIMENTO**

Como base de tudo primeiramente agradeço a minha família, em especial a minha avó Graciana Gonçalves Gomes, minha mãe Claudia Gonçalves Gomes, minha irmã Mariana Gomes Lannes e meu tio-avô Luis Amaro Mazui Gonçalves, este último já não se encontra mais entre nós, mas sempre esteve ao meu lado apoiando esse sonho e mesmo enfrentando algumas dificuldades deu o alicerce necessário para que eu conseguisse chegar até aqui.

Agradeço também aos meus amigos que foram de suma importância incentivando para que conquistasse tudo aquilo que almejo e também deixando sempre o ambiente mais leve em dias mais cinzentos.

Também deixo aqui meu agradecimento a minha orientadora Denise Gomes que sempre esteve presente e disposta me auxiliando, orientando e dando inúmeras contribuições para que esse trabalho fosse desenvolvido de forma incrível.

## RESUMO

### AVANÇO DAS INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS EM DIFERENTES ÉPOCAS E SEUS IMPACTOS NO SETOR AGRÍCOLA

Autor: Maurício Gomes Locatelli

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Ma. Denise Gomes de Gomes

Local e Data: Itaqui, 07 de março de 2022.

O Brasil, desde as décadas de 1960 e 1970, apresentou intensificação de seus processos de industrialização, de urbanização e de crescimento econômico, contudo esses avanços não encontravam correspondência no setor agrícola do País, cujo abastecimento interno de alimentos vinha das importações. Esta situação iniciou a ser revertida com o avanço da mecanização do setor agrícola em atividades como preparo do solo, adubação, pulverização e colheita e com a introdução de novas tecnologias no campo que modificaram os níveis de produtividade e de eficiência. Assim, o presente trabalho tem por objetivo evidenciar a importância do avanço das tecnologias em seus diferentes períodos para o desenvolvimento da agricultura brasileira. Busca-se compreender como se dá a introdução e o desenvolvimento da Biotecnologia, da Agricultura de Precisão e da Agricultura 4.0, além de destacar as suas vantagens e eventuais desvantagens, por meio do método de pesquisa exploratório, pautado em levantamento bibliográfico sobre as tecnologias. Como resultados, a pesquisa demonstra que a Biotecnologia abriu as portas para novas tecnologias implementadas no campo que reduziram as perdas nas lavouras e redução dos custos de produção, a Agricultura de Precisão permitiu avaliar com maior precisão as propriedades rurais e indicou as correções mais adequadas resultando em aumento da produtividade e redução dos custos. Por fim, a Agricultura 4.0 se mostra uma evolução da Agricultura de Precisão, que permite melhorar e potencializar as ações e as tomadas de decisões no campo, culminando em redução de custos com uso de água, uso de adubações e uso de agrotóxicos, maximizando todas as ações operacionais e interligando-as de maneira positiva.

**Palavras-chave:** Tecnologia, Biotecnologia, Agricultura de Precisão, Agricultura 4.0

## ABSTRACT

### ADVANCE OF TECHNOLOGICAL INNOVATIONS IN DIFFERENT PERIODS AND ITS IMPACTS ON THE AGRICULTURAL SECTOR

Author: Maurício Gomes Locatelli  
Advisor: Prof<sup>a</sup>. Ma. Denise Gomes de Gomes  
Place and Date: Itaqui-RS, March 7th, 2022.

Brazil, since the 1960s and 1970s, has shown an intensification of its industrialization, urbanization and economic growth processes, however these advances were not matched by the Country's agricultural sector, whose internal food supply was provided by imports. This situation began to be reversed with the advance of mechanization of the agricultural sector in activities such as soil preparation, fertilization, pulverization and harvesting and with the introduction of new technologies in the countryside that modified the levels of productivity and efficiency. Thus, the present work aims to highlight the importance of the technologies' advancement in its different periods for the development of Brazilian agriculture. It seeks to understand how the introduction and development of Biotechnology, Precision Agriculture and Agriculture 4.0 takes place, in addition to emphasize its advantages and possible disadvantages, through the exploratory research method, based on a bibliographic survey on the technologies. As results, the research shows that Biotechnology has opened doors to new technologies implemented in the field that have reduced crop losses and reduced production costs, the Precision Agriculture made it possible to evaluate rural properties with greater precision and indicated the most appropriate corrections, resulting in increased productivity and reduced costs. Finally, the Agriculture 4.0 reveals itself as an evolution of Precision Agriculture, which allows improving and enhancing actions and decision-making in the field, culminating in cost reduction with water use, with fertilizers use and use of pesticides, maximizing all operational actions and linking them in a positive way.

**Keywords:** Technology, Biotechnology, Precision Agriculture, Agriculture 4.0

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>8</b>
1.1	Objetivo geral .....	10
1.2	Objetivos específicos .....	10
<b>2</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>11</b>
<b>3</b>	<b>BIOTECNOLOGIA</b> .....	<b>12</b>
<b>4</b>	<b>AGRICULTURA DE PRECISÃO</b> .....	<b>17</b>
3.1	Global Positioning System (GPS) .....	19
3.2	Sensores e Sensoriamento remoto .....	20
3.3	Sistema de Informação Geográfica (SIG).....	20
3.4	Aplicação da Taxa Variável.....	21
<b>5</b>	<b>AGRICULTURA 4.0</b> .....	<b>23</b>
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>27</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>28</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Nas décadas de 1960 e 1970, o Brasil intensificava seus processos de industrialização, urbanização e de crescimento econômico que, contudo, não encontravam correspondência no setor agrícola do País, caracterizado então por baixa produtividade de alimentos. Diante dessa situação, parte considerável do abastecimento interno de alimentos provinha das importações (EMBRAPA, 2018).

Para garantir maior produção e produtividade de alimentos no País, o governo forneceu linhas de créditos rurais subsidiados e angariou políticas de pesquisa, desenvolvimento e extensão rural. Dessa maneira, o intuito de reduzir os preços dos alimentos que eram importados seriam atingidos garantindo a segurança alimentar da população (CHADDAD, 2016).

Somente com o avanço da biotecnologia na década de 70, através da descoberta do DNA recombinante que, por meados dos anos 90, iniciou a comercialização em alta escala das cultivares geneticamente modificadas (OGM) é que o setor agrícola atingiu resultados importantes, reduzindo ou eliminando impactos ao meio ambiente, elevando a produtividade das culturas, melhorando a fertilidade do solo e aumentando a resistência contra pragas e insetos (BORÉM; SANTOS, 2001; THIEMAN e PALLADINO, 2004).

Além disso, o trabalho que antigamente era realizado de forma manual e animal, contemplando diversas atividades como preparo do solo, adubação, pulverização e colheita, estão sendo atualmente realizadas com o uso de máquinas, fazendo com que a mecanização agrícola seja essencial na agricultura moderna, contribuindo para garantir melhores produtividades (CUNHA; DUARTE; RODRIGUES, 2009).

Para isso, foi necessário que o avanço da tecnologia também fizesse com que a mecanização agrícola se tornasse mais eficiente através da agricultura de precisão, onde a automatização da produção agrícola só passou a ser permitida no final da década de 90 e início dos anos 2000 quando esta passou a utilizar-se de ferramentas

novas como atuadores<sup>1</sup> e sensores, devido ao avanço da tecnologia da eletrônica embarcada em máquinas agrícolas.

Nos anos subsequentes, a atividade agrícola tornou-se cada vez mais sustentável e produtiva por meio da implementação de tecnologias da informação e comunicação, uso do sistema de posicionamento global (GPS) e os sistemas de informação geográfica (GIS). Dessa maneira, as áreas de produção que se tornaram cada vez maiores puderam ser manejadas com maior precisão, atingindo melhor eficiência no gerenciamento das lavouras (COELHO; SILVA, 2009).

Chega-se então aos dias atuais, onde a agricultura 4.0 contribui em elevar os índices de produtividade, redução dos custos de mão-de-obra, maior eficiência do uso de insumos, melhor qualidade de trabalho, além de reduzir os impactos ao meio ambiente (MAGÓ; CVETANOVSKI, 2019).

No entanto, cabe ressaltar que a relação da redução no impacto ao meio ambiente é algo que é necessário ter mais estudos onde realmente indiquem e comprovem que os avanços tecnológicos realmente estejam favorecendo a redução dos impactos ambientais.

Algumas das aplicações e consequências da agricultura 4.0 são: rede de sensores, comunicação máquina para máquina, métodos computacionais de alto desempenho, conectividade entre dispositivos móveis, soluções analíticas para processar grande volume de dados, além de suporte na tomada de decisão de manejo. O emprego da agricultura 4.0 envolve automação, robótica agrícola e a agricultura de precisão, além das técnicas de big data e a Internet das Coisas<sup>2</sup> (EMBRAPA, 2017).

No entanto, apesar da tomada de decisão mais rápida e o crescimento da capacidade produtiva, as compreensões de informações e suas interpretações se tornaram mais complexas exigindo uma maior capacitação de mão-de-obra e levantando questionamentos de até qual ponto o avanço da tecnologia está sendo positivo e não impactando de forma negativa (KROEMER; GRANDJEAN, 2005).

Segundo a CONAB (2021), a safra de grãos estimada para 2021 foi de 262,1 milhões de toneladas, configurando a maior estimativa de safra que o País já teve (e

---

<sup>1</sup> São dispositivos que fornecem *feedbacks* de posição permitindo que o sistema ajuste em tempo real as ações, com base no rastreamento de GPS e nos dados de qualidade do solo

<sup>2</sup> Internet das Coisas (tradução do inglês para *Internet of Things*) se refere à capacidade que objetos têm de se conectar com a internet e fornecer e armazenar dados em nuvem.

que foi concretizada no ano em questão). As estimativas sobre crescimento são compatíveis com a expansão da produção de grãos nos últimos dez anos onde a produção cresceu 57,7%.

### **1.1 Objetivo geral**

O presente trabalho tem como objetivo geral evidenciar a importância do avanço das tecnologias pós década de 1970 aos dias atuais para o desenvolvimento da agricultura brasileira.

### **1.2 Objetivos específicos**

- Compreender o que são a Biotecnologia, a Agricultura de Precisão e a Agricultura 4.0;
- Identificar as transformações decorrentes das tecnologias aplicadas à agricultura.

Dessa maneira, após esta introdução, o presente trabalho apresentará a metodologia de pesquisa na seção 2, abordará os aspectos da introdução da biotecnologia no setor agrícola do Brasil na seção 3, a expansão da agricultura de precisão na seção 4 e o que se tem de mais moderno em termos de tecnologia, a chamada agricultura 4.0 na seção 5, além das considerações finais e referências.

## **2 METODOLOGIA**

Devido à necessidade de entender mais os conceitos e aplicações da introdução de tecnologias no setor agrícola, bem como evidenciar suas vantagens e eventuais desvantagens, o estudo é pautado em um levantamento de informações que foi feito através do método de pesquisa exploratório.

O método de pesquisa exploratório objetiva “desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, tendo em vista a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos” (GIL, 2008, p. 27) pautando-se em levantamento bibliográfico a respeito das diferentes inovações tecnológicas de Biotecnologia, Agricultura de Precisão e Agricultura 4.0.

As informações serão expostas por meio de uma análise temporal identificando as principais tecnologias empregadas na agricultura após a década de 1970, abordando o histórico de cada assunto, suas vantagens e desvantagens.

### 3 BIOTECNOLOGIA

A década de 1970 apresentou uma revolução para o mundo por meio da descoberta do DNA recombinante, uma tecnologia que ficou conhecida como o marco da biotecnologia moderna acelerando o desenvolvimento deste campo de pesquisa. Tal descoberta significou uma transformação no padrão organizacional e tecnológico de todos os setores ligados à ciência da vida (Silveira *et al.*, 2005).

A introdução de uma nova tecnologia no mercado afetou e impactou todos os setores, incluindo a agricultura e toda cadeia produtiva ligada a ela. Inicialmente, os setores de fertilizantes e de sementes foram impactados pela biotecnologia moderna e, por conseguinte, a indústria de insumos também sofreu esses impactos (SILVEIRA *et al.*, 2005).

O conceito de biotecnologia moderna baseia-se no envolvimento de técnicas de análise de ácido desoxirribonucleico (DNA), ácido ribonucleico (RNA), proteômica<sup>3</sup>, bioinformática, genômica, transcriptômica<sup>4</sup> e da engenharia genética aplicada à modificação genética de organismos vivos. Para tanto, entende-se como engenharia genética toda técnica de isolamento de DNA em laboratório, dessa maneira o DNA é inserido e avaliado em um organismo diferente sendo adequado para a finalidade da pesquisa e do procedimento executado (ORTIZ, 2012).

Mais tarde, no final da década de 80, foram iniciados os experimentos com cultivos organismos geneticamente modificados (OGMs) na França e Estados Unidos em diferentes tipos de culturas, bem como: soja, milho, café, cana-de-açúcar, tomate, batata (GUSMÃO *et al.* 2017).

Assim, a biotecnologia moderna, quando aplicada à agricultura, começou a alcançar resultados importantes, reduzindo ou eliminando impactos ao meio ambiente, elevando a produtividade das culturas, melhorando a fertilidade do solo, aumentando a resistência contra pragas e insetos (THIEMAN; PALLADINO, 2004).

No ano de 1994, nos Estados Unidos, foi comercializada a primeira espécie vegetal geneticamente modificada denominada “*Tomate Flavr savr*” (BORÉM;

---

<sup>3</sup> Análise Proteômica é uma ferramenta essencial para o entendimento dos processos fisiológicos e estudo das relações entre genótipo e fenótipo.

<sup>4</sup> Análise de Transcriptoma é a técnica eficiente para isolamento de genes diferencialmente expressos.

SANTOS, 2001). No entanto, somente no ano de 1996 é que foram produzidas e comercializadas em larga escala a utilização de cultivos de OGM, com a introdução da tecnologia da cultura da Soja *Roundup Ready* (RR).

A soja RR foi desenvolvida por meio do ingresso do gene da bactéria *Agrobacterium tumefaciens* em seu DNA. Esta bactéria apresenta como características ser resistente ao glifosato (herbicida de amplo espectro) e viver naturalmente no solo, sendo assim, a soja com o gene da bactéria também se tornou resistente ao glifosato (SILVEIRA et al., 2005).

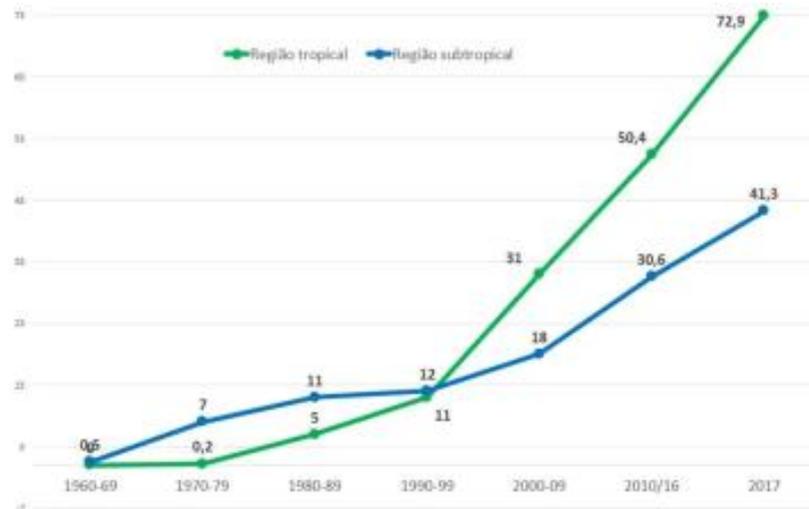
Diferentemente da soja convencional, que por sua vez necessita um grande uso de herbicidas com diversas aplicações no controle sobre plantas daninhas e pragas invasoras, além de um elevado custo com uso de herbicidas, a soja RR apresenta algumas vantagens e a principal delas é a facilitação no combate a plantas daninhas com o uso de glifosato (BONNY, 2003).

Outra vantagem de destaque apontada pela literatura da área é que a soja RR também apresenta grandes e significativos impactos positivos nas reduções dos custos de produção e também geram um aumento da produtividade agrícola, conforme Trigo *et al.* (2003).

Todavia, também apresenta algumas desvantagens pelo uso excessivo Do glifosato na soja transgênica tendo relatos em estudos que verificaram redução no número de vagens (ALBRECHT et al., 2011), diminuição do rendimento dos grãos (MEROTTO JÚNIOR et al., 2015), redução na altura das plantas (ALBRECHT et al., 2014), além disso também pode causar fitotoxicidade em algumas cultivares (RODRIGUES e ALMEIDA, 2001) devido a excessiva aplicação das doses de herbicidas no decorrer do tempo, afetando dessa forma a produção.

Vale ressaltar que no Brasil atualmente a cultura da soja é semeada com cultivares transgênicas contendo tecnologia *Roundup Ready* (RR) em aproximadamente em 97% da área cultivada (EMBRAPA, 2020).

FIGURA 1 - Evolução da produção da cultura da Soja na Região Sul em comparativo com a Região Centro-Oeste do Brasil



Fonte: AGOLINK (2017).

A Região Centro-Oeste se mostra completamente adaptada a cultura da soja e demonstrando o grande potencial que ela tem aumentando sua produtividade cada vez mais como pode ser notada no gráfico (Figura 1) a evolução da cultura da soja, além dela, as características para adaptação da soja na Região Sul vem desenvolvendo e tornando cada vez mais adaptável e produtiva.

Além de ser um dos principais produtores de soja do mundo, o Brasil se destaca também por possuir a terceira maior produção de milho ficando atrás somente dos Estados Unidos e China (CONAB, 2019), e tem como principal praga para o cultivo da cultura a lagarta-do-cartucho (*Spodoptera Frugiperda*, (JE Smith 1797)).

Ainda, segundo dados da literatura, as lagartas-do-cartucho podem afetar em torno de 20 a 30% da produção de uma lavoura, podendo variar de acordo com a cultivar utilizada, estágio de desenvolvimento nutricional das plantas atacadas e o próprio ambiente. (OLIVEIRA et al., 2014; CRUZ, 1995).

Diante disso, com a inclusão da biotecnologia na cultura do milho o surgimento de uma nova tecnologia com as cultivares de “*Milho Bt*”, no qual foi inserido a expressão de proteínas *Bt* encontrada no solo por meio da introdução do gene da bactéria entomopatogênica *Bacillus Turgensis Berliner*, houve o controle efetivo de lepidópteros<sup>5</sup> diante da ação inseticida que pode ser codificada a expressão de proteínas de dois modos: Proteínas Inseticidas Vegetativas (VIP) ou Cry no controle de pragas utilizado no preceito do MIP (Manejo Integrado de Pragas) (BERNARDI *et al.*, 2011; SOUSA *et al.*, 2016).

No entanto, algumas espécies de lepidópteras e uma de coleóptera<sup>6</sup> já apresentaram resistência ao uso da biotecnologia *Bt* em menos de 20 anos e, conforme apontado pela literatura, a principal foi a *Spodoptera Frugiperda* no Brasil (FARIAS *et al.*, 2014) e Porto Rico apontado por Storer (*et al.*, 2010) resistente ao milho Bt Cry1F, tornando-se assim uma das principais desvantagens reduzindo a vida útil da tecnologia (ATSUMIA *et al.*, 2012).

Entretanto, segundo Cruz (2012) a implementação da tecnologia Bt trouxe algumas vantagens, dentre elas a redução da aplicação de inseticidas de forma significativa, alterando também os insetos considerados inseto praga-chave que nesse caso são os sugadores e mudando o status econômico das pragas associadas à lavoura, bem como foi observado em outros países, como nos Estados Unidos, por exemplo.

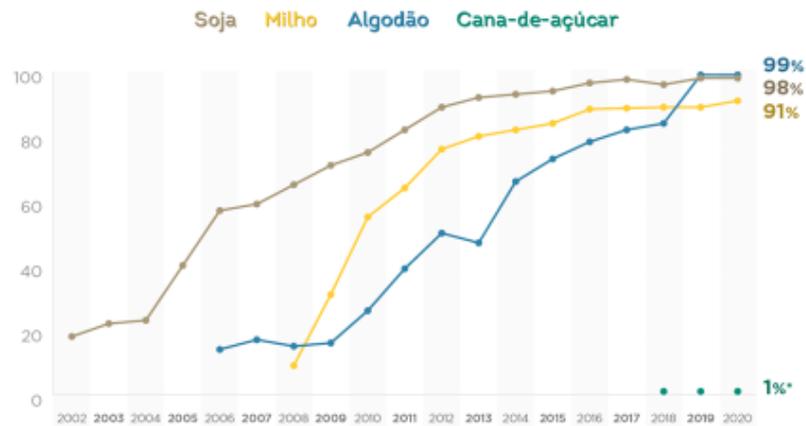
Além da cultura soja com tecnologia RR, o Brasil também ocupa lugar de destaque no uso de biotecnologia ficando em segundo lugar com aplicação em aproximadamente 50,2 milhões de hectares (ha). Somente para a cultura do milho são utilizados 15,6 milhões de ha entre a primeira e segunda safras, representando, assim, 81,6% de área cultivada com milho Bt (JAMES, 2016; CÉLERES, 2013). A adesão dos OGMs é imprescindível e pode ser percebido com a evolução da adoção com o decorrer do tempo, tanto para as culturas de Milho e Soja.

---

<sup>5</sup> Lepidópteros são insetos holometabólicos, ou seja, que sofrem metamorfose completa com estágios de ovo, larva (lagarta), pupa (crisálida) e adulto (imago).

<sup>6</sup> Coleópteros compõem uma ordem diversa de insetos, entre os quais os mais populares são os besouros e as joaninhas.

FIGURA 2 - Adoção de plantas OGM no Brasil



Fonte: CROPLIFE (2021).

Com o decorrer dos anos, o cenário agrícola do Brasil foi sendo aprimorado, passando por diversas etapas bem como a mudança no sistema de plantio convencional para o sistema de plantio direto, uso de insumos e a mecanização dos processos agrícolas. Diante disso, o resultado foi uma maior produção, mais competitiva e mais eficiente.

Com isso, as propriedades rurais passaram a se tornar pressionadas por uma introdução das inovações, sendo elas a biotecnologia e a chamada Agricultura de Precisão (AP), devido aos processos de modernização e especialização dos sistemas produtivos.

#### 4 AGRICULTURA DE PRECISÃO

Com o avanço do êxodo rural no decorrer das décadas de 1970 e 1980, passa-se a ver a migração do homem para as cidades e, conseqüentemente, um maior crescimento populacional nos centros urbanos, fazendo com que a renda das cidades ficasse cada vez mais elevada. Assim, se pressiona por uma maior produção de alimentos para suprir a demanda da população.

Busca-se, então, inovações tecnológicas que tenham capacidade de elevar e melhorar o potencial produtivo, garantindo dessa forma a sustentabilidade do setor, a qualidade dos alimentos e da segurança alimentar da população, se fazendo necessário elevar o rendimento das lavouras com menor dispêndio possível. Partindo nessa direção, as máquinas agrícolas interligadas a agricultura de precisão com o avanço da tecnologia tiveram grande destaque nesse cenário (BASSOI *et al.*, 2019).

Diante disso, é necessário compreender como a aplicação da agricultura de precisão “revolucionou” o setor agropecuário. Diferentemente da agricultura convencional, onde as áreas de produtividade haviam sido passadas a ser tratadas de maneira uniforme pela agricultura graças ao elevado aumento de área de produção e intensificação de produção, se baseando apenas em valores médios e ignorando variações temporais e espaciais dos fatores ligados a produção agrícola (por exemplo, variabilidade do solo, umidade, teor de matéria orgânica, entre outros), a agricultura de precisão tomou outra direção (COELHO; SILVA, 2009).

A AP com automatização da produção agrícola só passou a ser permitida, quando esta passou a utilizar-se de ferramentas até então novas como atuadores e sensores, graças ao avanço da tecnologia da eletrônica inserida em máquinas agrícolas (COELHO; SILVA, 2009).

Nos anos subsequentes à década de 1980, a atividade agrícola tornou-se cada vez mais sustentável e produtiva devido às inovações tecnológicas que estavam ocorrendo, via implementação de tecnologias da informação e comunicação, uso do sistema de posicionamento global (GPS) e dos sistemas de informação geográfica (GIS). Dessa maneira, as áreas de produção que se tornaram cada vez maiores puderam ser manejadas com maior precisão, atingindo melhor eficiência no gerenciamento das lavouras (COELHO; SILVA, 2009).

Para Prado (2018), a partir do rompimento das barreiras tecnológicas foi possível obter dados mais precisos de cada ponto de área de cultivo específico, sobre diversos fatores de aplicação agrícola. Ou seja, verificar e analisar a área corrigindo os problemas de forma inovadora tornou-se possível por meio da inserção de novas ferramentas tecnológicas e foi diante desse cenário de introdução que surgiu a Agricultura de Precisão (AP).

Ainda conforme Prado (2018), acredita-se que a Agricultura de Precisão através do mapeamento da variabilidade espacial e temporal da área de manejo é um sistema de gerenciamento completo da produção agrícola, onde almeja otimizar o uso dos diferentes recursos, como utilização de sementes, fertilizantes, água, insumos, corretivos, defensivos.

Santi *et al.* (2016), entendem que há inúmeras formas de definir a Agricultura de Precisão devido a sua abrangência já que existem diversos conceitos na literatura nacional e internacional, sendo que esta combina procedimentos modernos de posicionamento georreferenciados com técnicas e conceitos antigos relacionados a administração.

Já a compreensão para Bernardi *et al.* (2014), é de que a aplicação de alta tecnologia com programa de *softwares* e *hardwares*, além da transmissão de dados por redes de telecomunicação especializados, tem a capacidade de criar um sistema complexo permitindo coletar dados para avaliação e monitoramento de áreas destinadas para posterior execução dos diferentes fatores de produção, sendo definida assim como, Agricultura de Precisão.

No Brasil, a Agricultura de Precisão teve início ainda na década de 80 com a importação de equipamentos informatizados, no entanto, apresentou resultados desfavoráveis pelas dificuldades apresentadas para a época, sendo a principal delas a falta de estrutura para receber e fazer uso das tecnologias que estavam chegando.

A porta de entrada de fato no país ocorreu na década de 90 quando se obteve um melhor conhecimento sobre a Agricultura de Precisão e passou a ser utilizado sinais de satélites e GPS junto de máquinas agrícolas que passaram, gradualmente, a introduzir tecnologias de informação eletrônica e robótica para o processamento dos dados georreferenciados. Para essa época, destacou-se as colhedoras com

receptores de monitoramento impulsionando assim o agronegócio brasileiro (MONTAGNA; HAUSCHILDT, 2018).

Inicialmente, o princípio da AP foi confeccionar mapas de produtividade gerenciado pelas informações sobre a produção das lavouras. No entanto, a inserção de novas tecnologias como técnicas de sensoriamento remoto e uso de GPS utilizando tecnologias de aplicação diferenciada de insumos agrícolas e do uso de Sistema Informação Geográfica atingiram maior grau de destaque entre as tecnologias agrícolas (NUNES, 2016).

Mapear a variabilidade espacial e temporal da lavoura, permitiu identificar as porções de área de manejo menores e as mais homogêneas, criando dessa maneira uma filosofia de gerenciamento de produção nova. Todavia, isso só foi permitido pela consolidação das diferentes implementações de tecnologias, como por exemplo, *hardware*, *software*, entre outros. Dessa maneira, obtêm-se uma maior eficiência sobre os rendimentos agrícolas, respeitando as peculiaridades de cada porção do solo analisadas aplicando os fatores de produção e correção de deficiências, como defensivos agrícolas e adubo, por exemplo (NUNES, 2016; SANTI *et al.*, 2016).

Segundo alguns autores da literatura a AP apresenta grandes benefícios como os citados por Gentil e Ferreira (1999): tomada rápida de decisão e certa, redução nos custos de produção, redução dos riscos da atividade agrícola, redução dos danos ao meio ambiente devido ao menos uso de defensivos agrícolas, maior produtividade, maior número de informações e controle da situação da área agrícola.

Diante disso, será descrito abaixo algumas das principais ferramentas utilizadas na Agricultura de Precisão.

#### **4.1 Global Positioning System (GPS)**

A base de todo sistema de Agricultura de precisão é o GPS, já que este se torna indispensável para determinar a localização geográfica de cada ponto de amostragem numa lavoura, a partir da definição da variabilidade espacial da propriedade. Nos anos 90, inúmeros setores foram impactados e isso ocorreu a partir de ser proporcionada a disponibilidade dos sinais de satélites de posicionamento, onde as máquinas agrícolas passaram a ter o GPS como atributo, utilizando-se dos

seus receptores de sinais inicialmente para mapear a variabilidade da produção e posteriormente para realização de análises do solo georreferenciadas (COELHO; SILVA, 2009; INAMASU; BERNARDI, 2014).

#### **4.2 Sensores e Sensoriamento remoto**

Um manejo com elevada precisão, com maior rendimento de produção, é obtido quanto maior for a qualidade e a quantidade de sensores proximais utilizados fornecendo um volume de coleta maior de informações para análises do SIGs (Sistema de Informação Geográfica), sendo que os sensores proximais mais utilizados na agricultura de precisão são propriedades do solo, propriedades de cultivo e de produtividade (SHIRATSUCHI *et al.*, 2014).

O sensoriamento remoto consiste na utilização de veículos aéreos não tripulados (VANTs) e aeronaves, entre outros, que não entram em contato físico com o objeto a ser analisado, gerando imagens da superfície para fazer o levantamento da área. Podem ser atribuídas diferentes aplicações por meio do sensoriamento remoto como o monitoramento do estresse hídrico e vigor das plantas, a avaliação do estágio fenológico e a estimativa da biomassa e produtividade da cultura. Porém, um grande número de informações precisa ser coletado por meio de sensores e sensoriamento remoto para que sejam atingidos os objetivos na Agricultura de precisão (GREGO *et al.*, 2014; BRANDÃO, 2009).

#### **4.3 Sistema de Informação Geográfica (SIG)**

O planejamento da AP tem como suporte a geração de dados georreferenciados (Pontos Localizados Geograficamente) disponibilizado pelos SIGs, auxiliando dessa maneira na tomada de decisão e estando diretamente interligada a outras duas ferramentas: a geoestatística e o GPS (FILIPPINI; ALBA, 2014). Na agricultura de precisão, o SIG consiste numa gestão mais efetiva de cultivo através de diversas fontes de coletas de dados, por meio de amostras georreferenciadas, fotos aéreas e imagens de satélite fornecendo um banco de dados. Dessa maneira, pode-se alcançar soluções adequadas para cada lavoura, criando possibilidades de

efetuar diferentes modelagens e simulações na modificação dos níveis de informação e da integração dos diferentes dados da natureza (FERREIRA, 2019; GREGO *et al.*, 2014).

Algumas funções que o SIG tem capacidade de atuar na AP são: diagnosticar as causas da variabilidade espacial e temporal, usar mapas geográficos de colheita e variabilidades no solo e no clima, realizar a análise dos efeitos na produtividade, empregar o uso de insumos agrícolas nas quantidades adequadas específicas por zonas de manejo, realizar o controle de manejo para que sejam atingidos os níveis de produtividade pré-estabelecidos para as culturas, obter o controle na qualidade dos produtos obtidos e, além disso, preservar o meio ambiente com o monitoramento das práticas agrícolas (QUEIROS *et al.*, 2014).

A transposição da estruturação do mundo real no SIG provém de um modelo numérico (níveis de informações digitais) com ajuste de um sistema único de coordenadas que permite a integração através do uso de algoritmos matemáticos, estatísticos e lógicos. Uma forma de comparar a estruturação da área real seria o uso da sobreposição de mapas em material transparente, exercendo uma visualização simultânea. Além disso, a grande vantagem do sistema digital é que ele permite modificar os níveis de informação - ou integrar vários deles - de maneira mais fácil e rápida e, dessa forma, produzir novas modelagens e simulações, isto é, produzir novas informações. É daqui que surge a expressão “modelagem SIG” (ALBA, 2014).

#### **4.4 Aplicação da Taxa Variável**

A aplicação das taxas variáveis é toda e qualquer ferramenta que permita ter taxas de insumos agrícolas de formava variada. As variabilidades das áreas de manejo são definidas a partir da coleta e análise e dados que tem como suporte às ferramentas tecnológicas acima transcritas. Dessa maneira, para a variabilidade encontrada é imprescindível o uso de ferramentas e tecnologias para aplicação de fatores agrícolas, ou seja, as aplicações das taxas variáveis ocorrem pelo conjunto de tecnologias que tem capacidade em realizar aplicações em taxa variável em insumos conforme a variabilidade espacial e/ou temporal.

Vale ressaltar que o uso das máquinas agrícolas com maior eficiência para distribuição de sementes, fertilizantes, defensivos agrícolas entre outros, ocorre conforme a variabilidade espacial e/ou temporal e, além disso, também é necessário gerar mapas de aplicações individuais para se certificar da precisão, elaborando assim uma estratégia adequada (COELHO; SILVA, 2009; PIRES *et al.*, 2004).

## 5 AGRICULTURA 4.0

O mundo passou por diversas ondas de inovações tecnológicas ao longo do tempo antes de se chegar à chamada Agricultura 4.0. A linha do tempo inicia no ano de 1780, com a introdução da tecnologia mecânica sendo determinada como a Primeira Revolução Industrial.

Posteriormente, quase um século depois, em 1870, tem-se a Segunda Revolução Industrial com a utilização de tecnologia elétrica. Então, com o surgimento da tecnologia eletrônica em 1969 nasce a tecnologia de informação (TI) sendo operada por computadores culminando dessa maneira em tecnologia de automação e configurando a Terceira Revolução Industrial (BRASIL-MDIC, 2017).

De maneira geral, a Quarta Revolução Industrial é a evolução da Terceira Revolução também conhecida como Indústria 4.0 que pode ser definida pela interação dos mundos biológico, digital e físico (BRASIL-MDIC, 2017).

Muito se fala sobre o fato do crescimento populacional ter pressionado e impulsionado o aumento da produção alimentar. O aumento expressivo de alimentos no mundo tem comprovado o papel fundamental que as pesquisas, ciências e as tecnologias tiveram de contribuição. Além disso, Tim Searchinger, pesquisador sênior do WRI (World Resources Institute), acredita que sem grandes inovações não há um potencial realista para criar um futuro sustentável (CABRAL, 2019).

O conceito de Indústria 4.0 foi difundido na Alemanha, em uma conferência em Hannover no ano 2011 e teve como definição a conexão de inúmeras tecnologias, que permitem grandes transformações em como as organizações operam por meio de tomadas de decisões mais rápidas e precisas, junto com grandes mudanças nos modelos de negócios (MONOSTORI, 2014).

A implementação dessas tecnologias contribui em inúmeros fatores positivos, aumentando os índices de produtividade, eficiência do uso de insumos, redução de custos com mão-de-obra, melhora da qualidade do trabalho, segurança dos trabalhadores e diminuição dos impactos ao meio ambiente (MASSRUHÁ; LEITE, 2017).

Além disso, o diferencial dessa tecnologia consiste na capacidade de coletar mais dados e medição sobre a produção como a qualidade do solo, os níveis de irrigação, clima, presença de insetos e pragas. Sendo os dados obtidos a partir de

sensores implantados em tratores e implementados diretamente no campo e no solo ou com o uso de drones ou imagens de satélite (BONNEAU, *et al.* 2017).

A narrativa da agricultura 4.0 é predominante nos termos de produtividade. No entanto, apesar dos vários aspectos positivos, os fatores negativos também são significativos pelos efeitos sociais, indicando claramente que deve haver uma maior inclusão de pessoas na inovação agrícola sistêmica que devem ser guiados por princípios responsáveis dentro de uma visão de sustentabilidade social (ROSE *et al.*, 2021), ou seja, existe um déficit no número de profissionais qualificados para usar as tecnologias e suas funcionalidades de forma plena.

Segundo Monostori (2014), as tecnologias que são empregadas de forma integrada são, por exemplo, *Big Data Analytics*, serviços em nuvem, impressão 3D, segurança cibernética, robôs autônomos, Internet das Coisas (IC), Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC), sensores sem fio, realidade aumentada, simulação, integração horizontal e integração vertical.

Da mesma maneira que a Indústria 4.0, a agricultura 4.0 emprega métodos como agricultura de precisão, *big data*, IC, TIC tecnologia de automação e robótica agrícola. Outros termos também encontrados por meio de revisões de trabalhos são “*Smart Farm*” e “*Digital Farm*”, traduzidos como fazenda inteligente e fazendo digital (MASSRUHÁ; LEITE, 2017).

O *Big Data*, consiste em ter uma grande coleta de informações, e repassar ao produtor, sobre o potencial de capacidade de sua produção tendo o intuito de reduzir gastos e tem como característica trabalhar com os “5 Vs” - velocidade, volume, variedade, veracidade e valor - a partir do armazenamento e análise de dados detalhados (JACTO, 2019).

No setor agrícola, a “Internet das Coisas”, é considerada uma das principais transformadoras da economia por ser a que mais tem recebido investimento. No Brasil, estima-se que o investimento pode se aproximar de 200 bilhões até 2025 (SILVA; CAVICHIOLI, 2020). São Coisas inteligentes e de autoconfiguração interconectados em uma infraestrutura de rede dinâmica e global (BOTTA *et al.*, 2016).

“*Smart Farm*” ou Agricultura Inteligente é a utilização dos sistemas de produção agrícola que abrangem a incorporação de diversos equipamentos e sensores e a comunicação de dentro das máquinas e tecnologias de TI (PIVOTO *et al.*, 2018). Para os especialistas, a agricultura inteligente possibilita melhorar o desempenho das

lavouras, tornando-as mais sustentáveis e garantindo um melhor desempenho econômico (KNIERIM *et al.*, 2019; EASTWOOD *et al.*, 2019).

A “*Digital Farm*” ou Agricultura Digital é definida como um caminho sem retorno pelos pesquisadores do assunto, onde a revolução digital vem para auxiliar um aumento da eficiência dos recursos reduzindo sua utilização e elevação na produção (ROTZ *et al.*, 2019). Em outro momento Fielke *et al.* (2020), chegaram a conclusões sobre o uso da “*Digital Farm*” em que destacam que o aumento da conectividade será impulsionado por meio de sistemas que terão transparência das práticas das atividades agropecuárias e suas interações e as cadeias e redes de aconselhamento tendem a aumentar por meio da conectividade entre humanos, máquinas e tecnologias de conhecimento agrícola.

A aplicação no setor agrícola tem inúmeras funções como: rede de sensores, comunicação máquina para máquina, métodos computacionais de alto desempenho, conectividade entre dispositivos móveis, soluções analíticas para processar grande volume de dados, além de suporte na tomada de decisão de manejo, conforme citado por MASSRUHÁ; LEITE (2017).

E todos esses fatores citados acima são graças a TIC, que permite que toda informação seja passada de maneira completa na agricultura, possuindo capacidade de automatização e desenvolvimento em toda cadeia produtiva devido a um sistema estruturado. A TIC nos trouxe a possibilidade de antecipar algumas situações como previsões meteorológicas, mudanças climáticas e previsões de safra, por exemplo. Também auxilia no campo, com o armazenamento e processamento de dados e informações, sobre a cultura implantada, clima, solo, pragas e doenças deixando o produtor com conhecimento sobre todas etapas do início ao fim (MACHADO, 2020).

No entanto, apesar de todo avanço tecnológico o panorama do nosso cenário brasileiro ainda está bem aquém do “ideal”, já que os estabelecimentos rurais tem apenas 28% segundo dados do Censo de 2017 e este número não equivale a internet em toda a propriedade somente de ter sinal na sede. Este aspecto é de fundamental importância já que o monitoramento das “coisas” é necessário e estão sempre em movimentos para tomada de decisões e um maior salto de produtividade (MILANEZ *et al.*, 2020).

O processo de migração tecnológica ainda é um entrave no processo de melhoramento dos fatores associados a tecnologias, bem como telecomunicações, análise de dados, computação em nuvem e a telecomunicação é essencial para o

desenvolvimento e competitividade. O primeiro grande desafio é o aumento da conectividade nas diversas regiões do país, o aumento da conectividade e a implantação de conexões públicas à internet (MASSRUHÁ, 2018).

A aliança entre o setor agrícola e a aplicação intensa de tecnologias, é primordial para o desenvolvimento do Brasil, que tem investido grande escala em tecnologia e pesquisa, buscando reduzir as diferenças de competitividade com outros países almejando elevar a produtividade dos alimentos, tendo em vista que uma das principais atividades econômicas do país é a agricultura (SANTOS et al., 2019).

Portanto, o investimento de tecnologia permite a agricultura 4.0 de superar desafios aproveitando as áreas já produtivas, elevando aumento de produtividade, otimizando operações agrícolas e tendo uma maximização de recursos naturais. Essas interconexões favorecem para uma melhor qualidade produtiva, potencializando as propriedades de maneira positiva com controle, rastreabilidade e monitoramento de todo o processo de campo.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O êxodo rural e a crescimento populacional pressionaram o Brasil para se ter garantias alimentares e com o passar das décadas somente demonstrou o quanto as evoluções e inovações tecnológicas foram importantes e necessárias para alavancar a produtividade das lavouras.

Partindo da década de 90 a biotecnologia abriu as portas para novas tecnologias implementadas no campo, a partir do Roundup Ready, cultivo da soja RR resistente a glifosato e ao milho *Bt*, que impactaram nas produções elevando as suas produtividades, diminuindo as perdas na lavoura e reduzindo os custos.

Passando para os anos 2000, ocorreu mudança na visão sobre os diferentes manejos devido a introdução da tecnologia diante da mecanização agrícola na agricultura de precisão que permitiu avaliar as áreas em diferentes pontos e talhões, sobre as diferentes características encontradas nas diferentes propriedades. Permitindo então, que fosse realizado as correções corretas, elevando a produtividade e reduzindo ainda mais os custos de produção com fertilizantes, corretivos e adubação, entre outros fatores.

Por fim, a agricultura 4.0 se apresenta como uma evolução temporal da biotecnologia e da agricultura de precisão, melhorando e potencializando as ações e tomadas de decisões do campo, por meio das conexões interligadas das diferentes tecnologias. As tomadas de decisões agilizadas, favorecem para reduzir os custos com uso de água, uso de adubações e uso de agrotóxicos, maximizando todas as ações operacionais interligando-as de maneira positiva.

Em contrapartida, apesar de todas as tecnologias apresentadas no decorrer do texto serem de grande valência tem que salientar que as tecnologias ainda não estão disponíveis para todos e este é um fator importante já que ainda é necessário aprimorar, melhorar e disponibilizar essas tecnologias a todos.

## REFERÊNCIAS

AGROLINK. **A saga da soja no Brasil e no mundo**. Site, 23-11-2017. Disponível em: < [https://www.agrolink.com.br/colunistas/a-saga-da-soja-no-brasil-e-no-mundo\\_400724.html](https://www.agrolink.com.br/colunistas/a-saga-da-soja-no-brasil-e-no-mundo_400724.html)>. Acesso em: 16 de jan. de 2022.

ALBRECHT, A. J. P.; ALBRECHT, L. P.; KRENCHINSKI, F. H.; PLACIDO, H. F.; LORENZETTI, J. B.; VICTORIA FILHO, R.; BARROSO, A. A. M. Behavior of RR soybeans subjected to different formulations and rates of glyphosate in the reproductive period. **Planta Daninha**, v.32, n.4, p.851-859, 2014.

ALBRECHT, L. P.; BARBOSA, A. P.; SILVA, A. F. M.; MENDES, M. A.; MARASCHI-SILVA, L. M.; ALBRECHT, A. J. P. Desempenho da soja Roundup Ready sob aplicação de glyphosate em diferentes estádios. **Planta Daninha**, v.29, n.3, p.585-590, 2011.

ATSUMIA, S. et al. Single amino acid mutation in an ATP-binding cassette transporter gene causes resistance to Bt toxin Cry1Ab in the silkworm, *Bombyx mori*. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Raleigh, v. 109, p. E1591–E1598, 2012.

BASSOI, L. H. et al. Agricultura de precisão e agricultura digital. **TECCOGS - Revista Digital de Tecnologias Cognitivas**, 20, pag. 17-36. 2019.

BERNARDI O, ALBERNAZ KC, VALICENTE FH, OMOTO C. Resistência de insetos-praga a plantas geneticamente modificadas. In: Borém A, Almeida GD. **Plantas geneticamente modificadas: desafios e oportunidades para regiões tropicais**. Suprema, Visconde de Rio Branco pp 179-204, 2011.

BERNARDI, A. C. C. et al. **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília, DF: Embrapa. 2014.

BONNEAU, V.; COPIGNEAUX, B.; PROBST, L.; PEDERSEN, B. **Industry 4.0 in agriculture: Focus on IoT aspects**. European Commission, 2017.

BONNY, S. Success factors, issues and prospects for the first GM crops: the case of Roundup Ready® soybean in the USA. In: **International Conference On Public Goods And Public Policy For Agricultural Biotechnology**, 7., International Consortium on Agricultural Biotechnology Research (ICABR). Ravello (Italy), June 29 – July 3 2003.

BORÉM, A.; SANTOS, F.R. **Biotecnologia Simplificada**. Viçosa: Ed. UFV, 2001.

BOTTA, A., DE DONATO, W., PERSICO, V., & PESCAPÉ, A. Integration of Cloud

computing and Internet of Things: A survey. **Future Generation Computing Systems**, 56, 684–700. 2016.

BRANDÃO, G. O.; FERREIRA, L. B. M. O ensino de Genética no nível médio: a importância da contextualização histórica dos experimentos de Mendel para o raciocínio sobre os mecanismos da hereditariedade. **Filosofia e História da Biologia**, v. 4, p. 43-63, 2009.

BRAZIL-MDIC. **Brazilian Roadmap for Industry 4.0**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/index.php/ultimas-noticias/3133-mdic-e-abdi-lancam-agenda-brasileirapara-a-industria-4-0-no-forum-economico-mundial>>. 2017.

CABRAL, K. **Resiliência na Produção e Consumo de Alimentos**. CEBDS (Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável). 02 Março de 2022.

CÉLERES. **Informativo biotecnologia**. 2013. Disponível em: <<http://celeres.com.br/wordpress/wp-content/uploads/2013/12/IB13021.pdf>>. Acesso em: 10 setembro 2021.

CHADDAD, F. **The economics and organization of Brazilian agriculture: recent evolution and productivity gains**. San Diego: Elsevier, 2016.

COELHO, J. P. C.; SILVA, J. R. M. **Agricultura de Precisão**. Lisboa: AJAP. 2009.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Safra Mundial De Milho**. Análise mensal junho/julho de 2019. 2019.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Boletim da safra de grãos: 2º levantamento, novembro 2021 – safra 2021/22**.: Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento. 2021. Disponível em: &lt;<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>&gt;. Acesso em: 15 de nov. de 2021.

CROPLIFE. **O cultivo de plantas transgênicas no Brasil**. Site, 18-01-2021. Disponível em: <<https://croplifebrasil.org/noticias/plantas-transgenicas-no-brasil/>>. Acesso em: 16 de jan. de 2022.

CRUZ, I. A lagarta-do-cartucho na cultura do milho. **Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 21**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. p. 45, 1995 (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 21).

CRUZ, I. Manejo de pragas na cultura do milho. In: GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V. (eds) **Tecnologias de produção do milho**. Editora UFV, Viçosa, p.312-366, 2012

CUNHA, J. P. A. R.; DUARTE, M. A. V.; RODRIGUES, J. C. Avaliação dos níveis de vibração e ruído emitidos por um trator agrícola em preparo de solo. **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 39, p. 348-355, 2009.

EASTWOOD, C. et al. Making sense in the cloud: Farm advisory services in a smart farming future. **NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences**, v. 90-91, n. December, 2018, p. 100298, 2019.

EMBRAPA. **Agro 4.0 Rumo à agricultura digital**. P.28-35. 2017.

EMBRAPA. **Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira**. Brasília-DF: Embrapa. 212p. 2018.

FARIAS, J.R.; ANDOW, D.A.; HORIKSOSHI, R.J.; SORGATTO, R.J.; FRESIA, P.; SANTOS, A.C.; OMOTO, C. Field-evolved resistance to Cry1F maize by *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil. **Crop Protection**, v.64, p.150-158, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.cropro.2014.06.019>>.

FILIPPINI ALBA, J. M. (2014). Modelagem SIG em agricultura de precisão: conceitos, revisão e aplicações. In Bernardi, A. C. C. et al. **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**, 84-96. Brasília, DF: Embrapa.

GENTIL, L.V.; FERREIRA, S.M. Agricultura de precisão: Prepare-se para o futuro, mas com os pés no chão. **Revista A Granja**, Porto Alegre, n 610, p12-17. 1999.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6ª. Ed. Editora Atlas: São Paulo, 2008.

GREGO, C. R., OLIVEIRA, R. P., & VIEIRA, S. R. Geoestatística aplicada a Agricultura de Precisão. In Bernardi, A. C. C. et al. **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**, pag 74-83. Brasília, DF: Embrapa. 2014.

GUSMÃO, A. O. de M. A. et al. Biotecnologia e os avanços da sociedade. **Biodiversidade** - V. 16, n. 1, - p. 135, 2017.

INAMASU, R. Y., & BERNARDI, A. C. C. Agricultura de Precisão. In Bernardi, A. C. C. et al. **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**, 21-33. Brasília, DF: Embrapa. 2014.

JACTO. **Acompanhe as principais estatísticas da agricultura mundial**. Blog Jacto. 20 mai. 2019. Disponível em: <https://blog.jacto.com.br/agricultura-mundial/>. Acesso em: 02 Março 2022.

JAMES C. **Global status of commercialized Biotech/GM crops**. Ithaca: ISAAA, 2016.

KNIERIM, A. et al. Smart farming technology innovations-Insights and reflections from the German Smart-AKIS hub. **NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences**, v. 90-91, n. November, p. 100314, 2019.

KROEMER, K. H. E.; GRANDJEAN, E. **Manual de Ergonomia: Adaptando o Trabalho ao Homem**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

MACHADO, R. **Desigualdade no Acesso à Informação e Tecnologias e o Desafio a Imersão Profunda Do Brasil na Agricultura 4.0**. Entrevista Especial Com Silvia Maria Massruhá. Instituto Humanitas Unisinos –IHU. 07 fev. de 2020.

MAGÓ, L.; CVETANOVSKI, A. Funcionamento de conexão inteligente equipamentos em agricultura de precisão. In: **Agricultura Húngara Engenharia**, n. 35, pág. 5-12, 2019.

MASSRUHÁ, S. M. F. S.; LEITE, M. A. de A. **Agro 4.0 - rumo à agricultura digital**. JC na Escola Ciência, Tecnologia e Sociedade: mobilizar o conhecimento para alimentar o Brasil. 2. ed. São Paulo: Centro Paula Souza, 2017.

MASSRUHÁ, S. O Mundo Digital Revoluciona o Campo. **Revista Fonte**. Prodemge. Minas Gerais, ano 15, n. 20, p 6-13, dez. 2018.

MEROTTO JÚNIOR, A.; WAGNER, J.; MENEGUZZI, C. Efeitos do herbicida glifosato e da aplicação foliar de micronutrientes em soja transgênica. **Bioscience Journal**, v.31, n.2, p.499-508, 2015.

MILANEZ, A. Y. *et al.* Conectividade rural: situação atual e alternativas para superação da principal barreira à agricultura 4.0 no Brasil. **BNDES Set.**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 52, p. 7-43, set. 2020.

MONOSTORI, L. “Cyber-physical Production Systems: Roots, Expectations and R&D Challenges”. **Procedia CIRP**, v. 17, p. 9– 13, 2014.

MONTAGNA, T. B., HAUSCHILDT, M. Contexto histórico da agricultura de precisão no Brasil. In: **Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão**. Curitiba: Editora, pág. 341-344, 2018.

NUNES, J. L. S. Agricultura de Precisão. **Agrolink**. Disponível em: [https://www.agrolink.com.br/georreferenciamento/agricultura-de-precisao\\_361504.html](https://www.agrolink.com.br/georreferenciamento/agricultura-de-precisao_361504.html), 2016.

OLIVEIRA, C. M.; AUAD, A.M.; MENDES, S.M.; FRIZZAS, M.R. Crop losses and the economic impact of insect pests on Brazilian agriculture. **Crop Protection**, v.56, p.50-54, 2014.

ORTIZ, R. La adopción de la biotecnología moderna y su compatibilidad con una agricultura sustentable. **Idesia**, Arica, v. 30, n. 3, p. 3-10, 2012.

PIRES, J. L. F.; CUNHA, G. R.; PASINATO, A.; FRANÇA, S.; RAMBO, L. **Discutindo agricultura de precisão – aspectos gerais**. Passo Fundo: Embrapa Trigo. 2004.

PIVOTO, D. et al. Scientific development of smart farming technologies and their application in Brazil. **Information Processing in Agriculture**, v. 5, n. 1, p. 21-32, 2018.

PRADO, H. Precisão na agricultura. **Revista Fonte: Tecnologia da Informação na Gestão Pública**. Belo Horizonte, v. 15 n. 20, pág 46-48, 2018.

QUEIROS, L. R. et al. **Análise das possibilidades e tendências do uso das tecnologias da informação e comunicação em Agricultura de Precisão**. p. 97-108. 2014

ROSE, D. C. et al. Agriculture 4.0: Making it work for people, production, and the planet. **Land Use Policy**, v. 100, n. May 2020, p. 104933, 2021.

ROTZ, S. et al. Automated pastures and the digital divide: How agricultural technologies are shaping labour and rural communities. **Journal of Rural Studies**, v. 68, n. January, p. 112-122, 2019.

SANTI, A. L., GIOTTO, E., SEBEM, E., & AMADO, T. J. C. **Agricultura de Precisão no Rio Grande do Sul**. Santa Maria: CESPOL. 2016

SHIRATSUCHI, L. S. et al. Sensoriamento Remoto: conceitos básicos e aplicações na Agricultura de Precisão. In Bernardi, A. C. C. et al. **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**, 21-33. Brasília, DF: Embrapa. 2014.

SILVA, J. M. P.; CAVICHIOLI, F. A., O uso da agricultura 4.0 como perspectiva do aumento da produtividade no campo. **Interface Tecnológica** -v. 17 n. 2. pag. 616-630. 2020.

SILVEIRA, J. M. F. J. da, et al. Biotecnologia e agricultura: da ciência e tecnologia aos impactos da inovação. **São Paulo em Perspectiva** [online]. v. 19, n. 2, pág. 101-114, 2005.

SOUSA, F. F.; MENDES, S. M.; SANTOS-AMAYA, O. F.; ARAÚJO, O. G.; OLIVEIRA, E. E.; PEREIRA, E. J. Life-history traits of *Spodoptera frugiperda* populations exposed to low-dose Bt maize. **PloS One**, v. 11, n. 5, e0156608, 2016.

STORER, N.P. et al. Discovery and characterization of field resistance to Bt maize: *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Puerto Rico. **Journal of Economic Entomology**, v.103, p.1031-1038, 2010.

THIEMAN, W. J.; PALLADINO, M. A. **Introduction to biotechnology**. 4. ed. San Francisco: Pearson/Benjamin Cummings, 2004.

TRIGO, E. et al. Los transgenicos en la agricultura argentina. In: **Global Biotechnology Forum – Bioindustries in Development**, Brasília, p. 22-25, jul. 2003.