

unesp



SÃO PAULO STATE UNIVERSITY
CAMPUS DE JABOTICABAL



Simpósio Nacional de
Instrumentação Agropecuária - 2019

Manejo Sustentável dos Solos e Plantas

José Eduardo Corá

JOSE.CORA@UNESP.BR

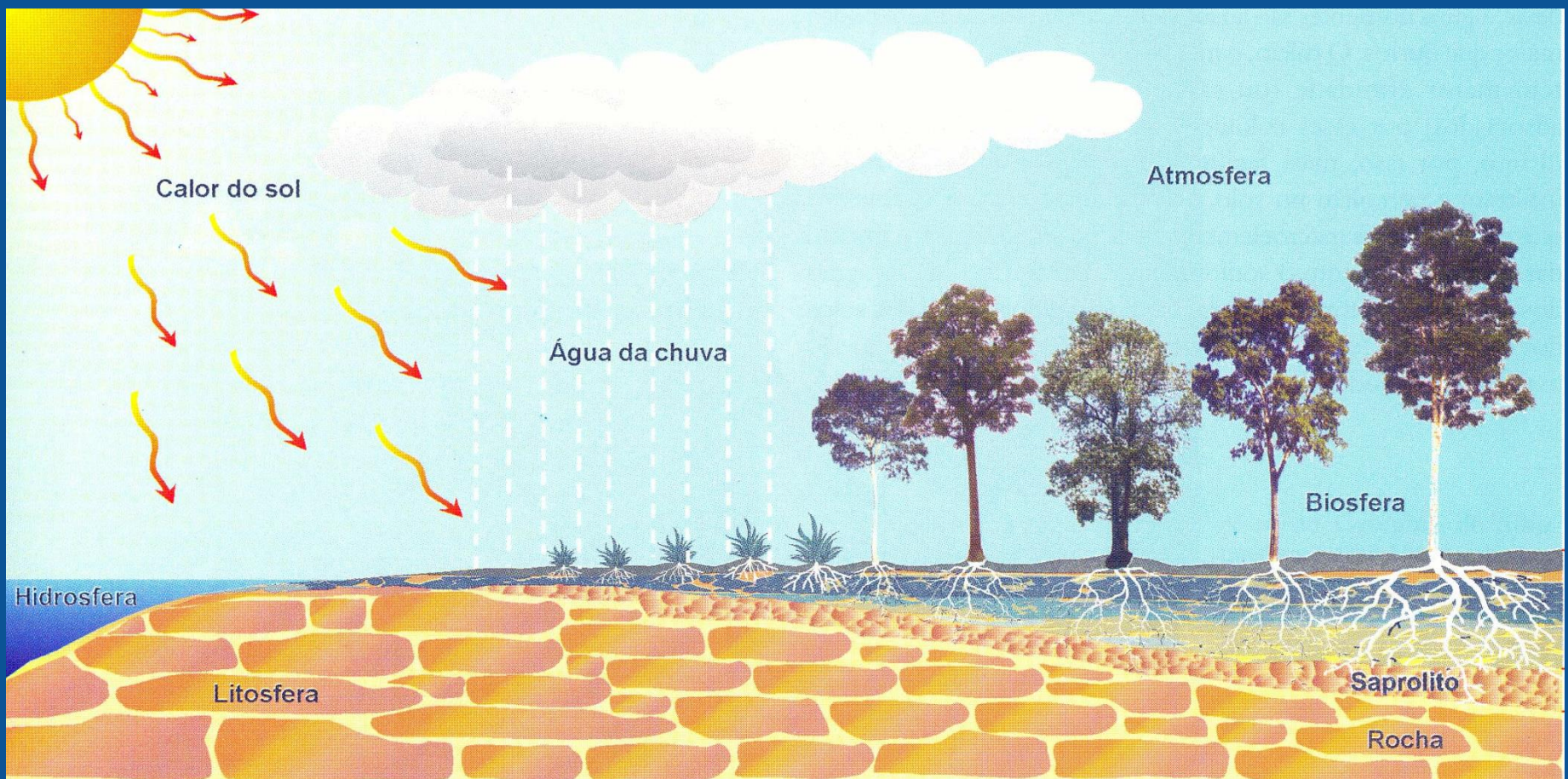
Dezembro, 2019

**Atualmente não basta somente produzir, mas
produzir com sustentabilidade ambiental e
social (Futuras/atuais BARREIRAS COMERCIAIS)**

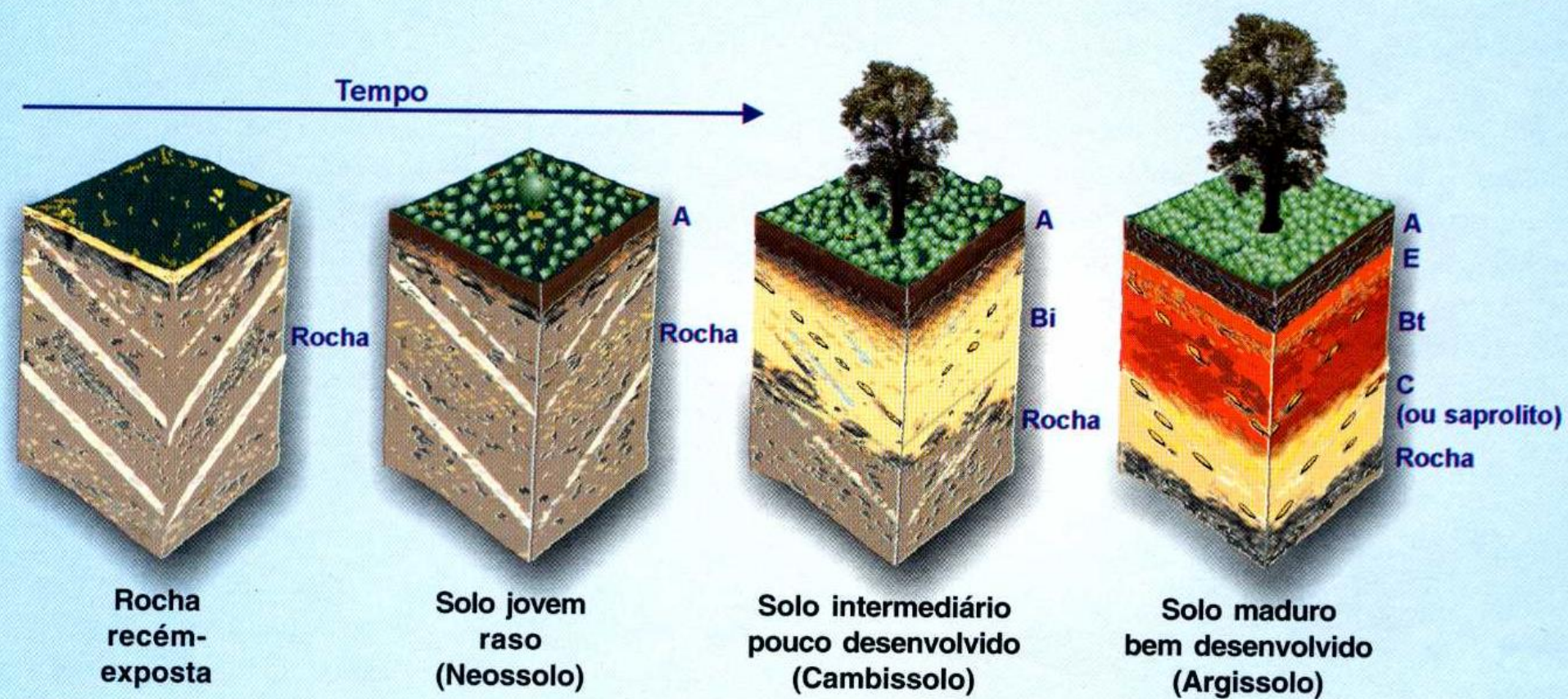
O QUE É SOLO

É produto do intemperismo (químico e físico) sobre um material de origem (**rocha**), cuja transformação se desenvolve em um determinado **relevo**, **clima**, **bioma** e ao longo do **tempo**.

Resultado da ação combinada do **RELEVO**, **ORGANISMOS** (fauna e flora) e do **CLIMA** sobre um determinado **MATERIAL DE ORIGEM** num **ESPAÇO DE TEMPO** (fatores de formação) (JENNY 1941) e de processos como: **transformação**, **translocação**, **perdas** e **adição** de substâncias.



O solo como resultado da interação das esferas formadoras dos ecossistemas (litosfera, hidrosfera, atmosfera e biosfera).
Fonte Lepsch, 2002.



Fonte Lepsch, 2002

O QUE É SOLO

CORPO TRIDIMENSIONAL NA PAISAGEM
(largura, comprimento e profundidade)

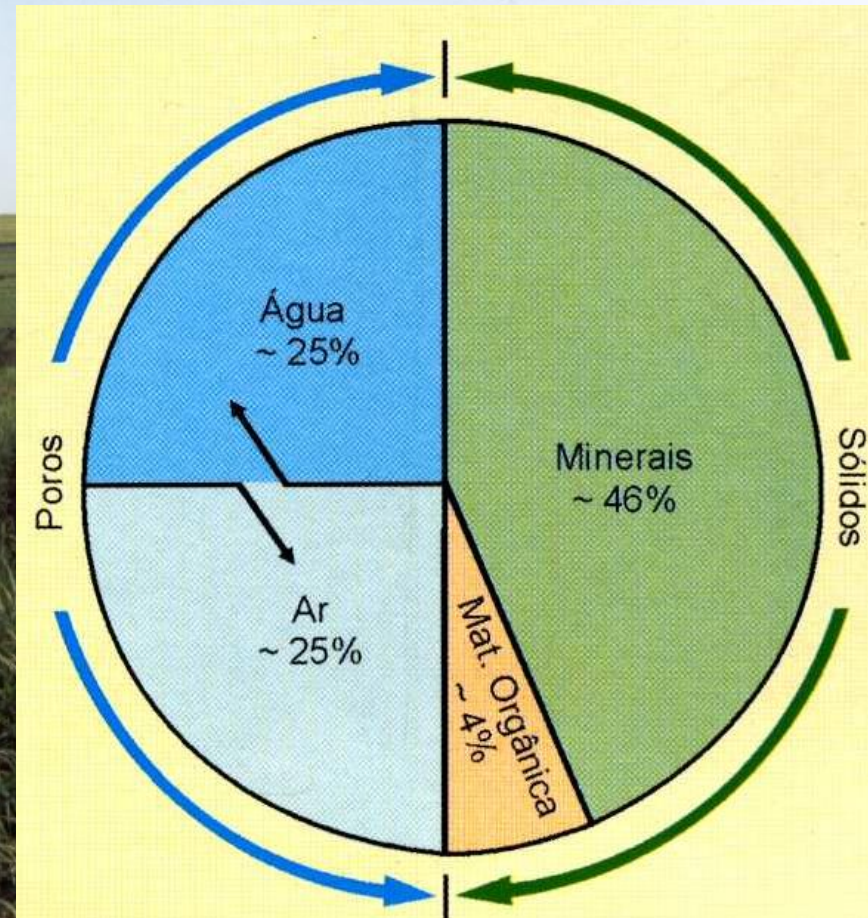
O QUE É SOLO

Conjunto de atributos químicos, físicos, biológicos e morfológicos decorrentes dos fatores e processos de formação

COMPONENTES DO SOLO

O solo é um sistema disperso constituído de 3 fases:

- **fase sólida:** compostos minerais e orgânicos
- **fase líquida:** solução do solo
- **fase gasosa:** ar atmosférico



INDIVÍDUO SOLO

- Conjunto de atributos conferem ao solo um padrão de comportamento
- Por meio do padrão de comportamento, é possível conhecer as limitações e qualidades do solo para seu uso (**aptidão** - maiores ou menores limitações e qualidades)
- Essa **aptidão**, possibilita definir sua capacidade de suporte, que é a base para se estabelecer plano de **manejo adequado e racional** como definição das atividades, procedimentos e tecnologias à empregar, compatíveis com a capacidade de suporte do solo

MANEJO DO SOLO

O manejo do solo é definido como a combinação das operações de cultivo, práticas culturais, fertilização, correção da acidez do solo e outros tratamentos aplicados ao solo que visam maximizar a produção de plantas. É de **caráter complexo**, tanto em decorrência da quantidade de operações e **interações entre elas**, como das **interações com cada tipo de solo**.

“Os sistemas de produção são dinâmicos”

“Os mecanismos e processos de transformação não se repetem da mesma forma”

“O MANEJO É DINÂMICO”

MANEJO DO SOLO

O plano de manejo com base na capacidade de suporte auxilia na prevenção da degradação do solo e na manutenção da estabilidade da produtividade da atividade

USO E MANEJO

Toda vez que numa determinada atividade o uso e/ou manejo do solo for contrário a sua **aptidão** (capacidade de suporte), a atividade se torna econômica e ambientalmente menos viável, diminuindo a capacidade produtiva do solo ao longo do tempo, podendo inviabilizar aquela atividade

PORTANTO

É necessário conhecer as limitações e qualidades do solo para utilização de acordo com sua capacidade de uso, evitando sua degradação e tornando a atividade econômica e ambientalmente competitiva

PORTANTO

Imprescindível o conhecimento aprofundado dos fatores envolvidos na produção agrícola, principalmente quando se trata de uma **atividade que exige elevados níveis de investimento, alto risco e baixo nível de sustentabilidade.**

PRODUTIVIDADE DA CULTURA

- Influenciada por fatores diretos e indiretos:
 - Potencial genético da planta
 - Controle fitossanitário (pragas e doenças)
 - Controle de plantas invasoras
 - Clima
 - Solo (disponibilidade de água e nutrientes)
decorrentes do conjunto de atributos químicos, físicos e biológicos e interações entre eles

CONTROLE PRAGAS E DOENÇAS

CONTROLE DE PLANTAS INVASORAS

POTENCIAL GENÉTICO DA PLANTA

CLIMA

SOLO

AGRICULTOR

FATORES DE PRODUÇÃO (DIRETOS E INDIRETOS)



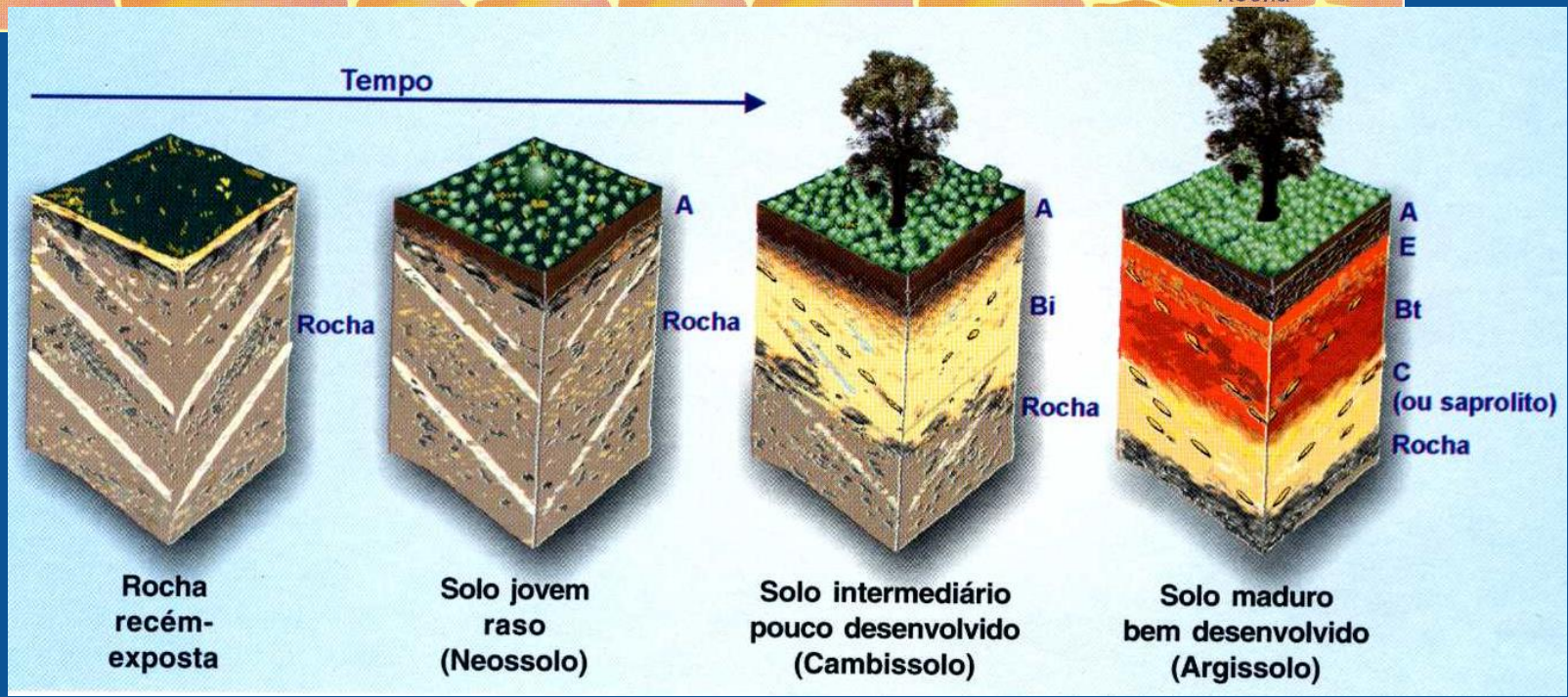
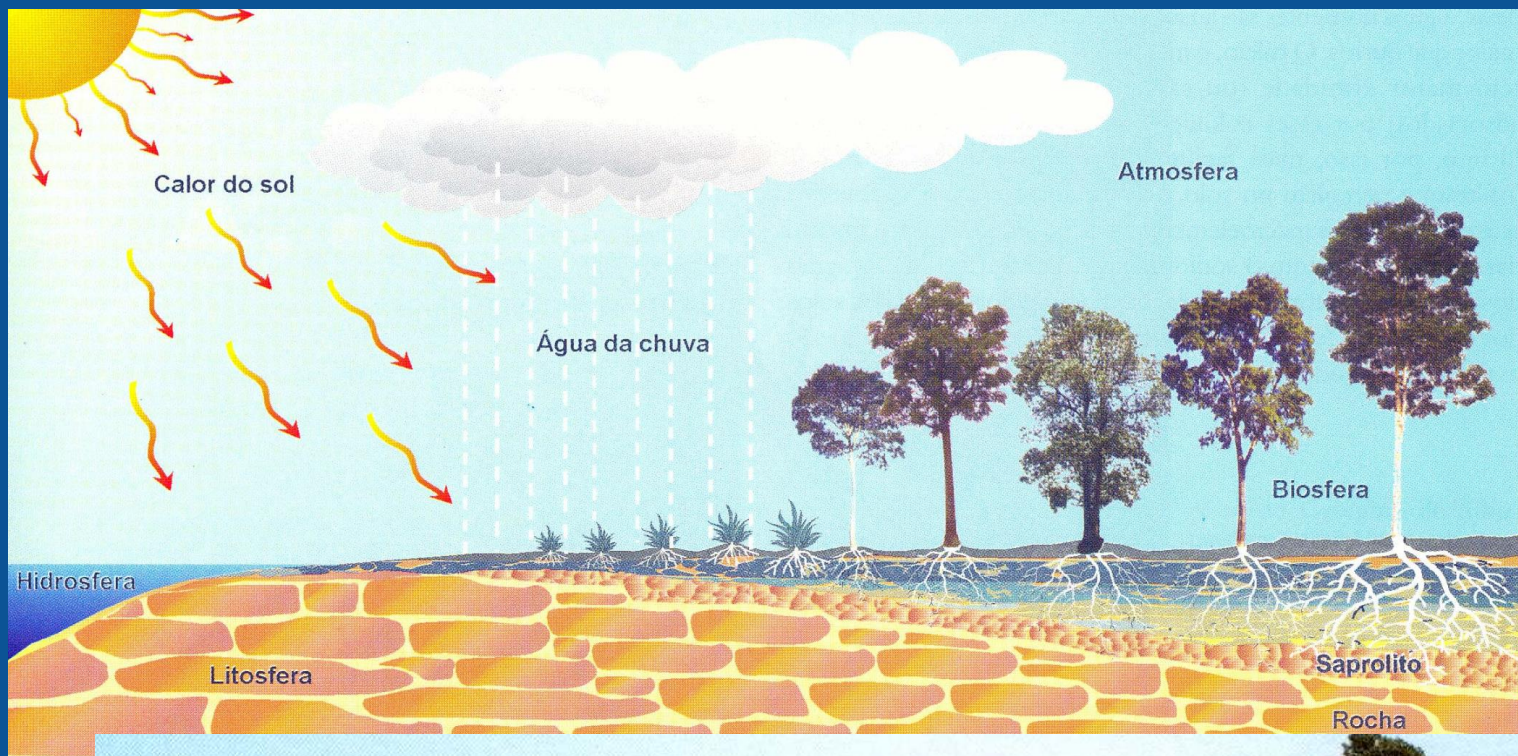
Características gerais dos solos brasileiros



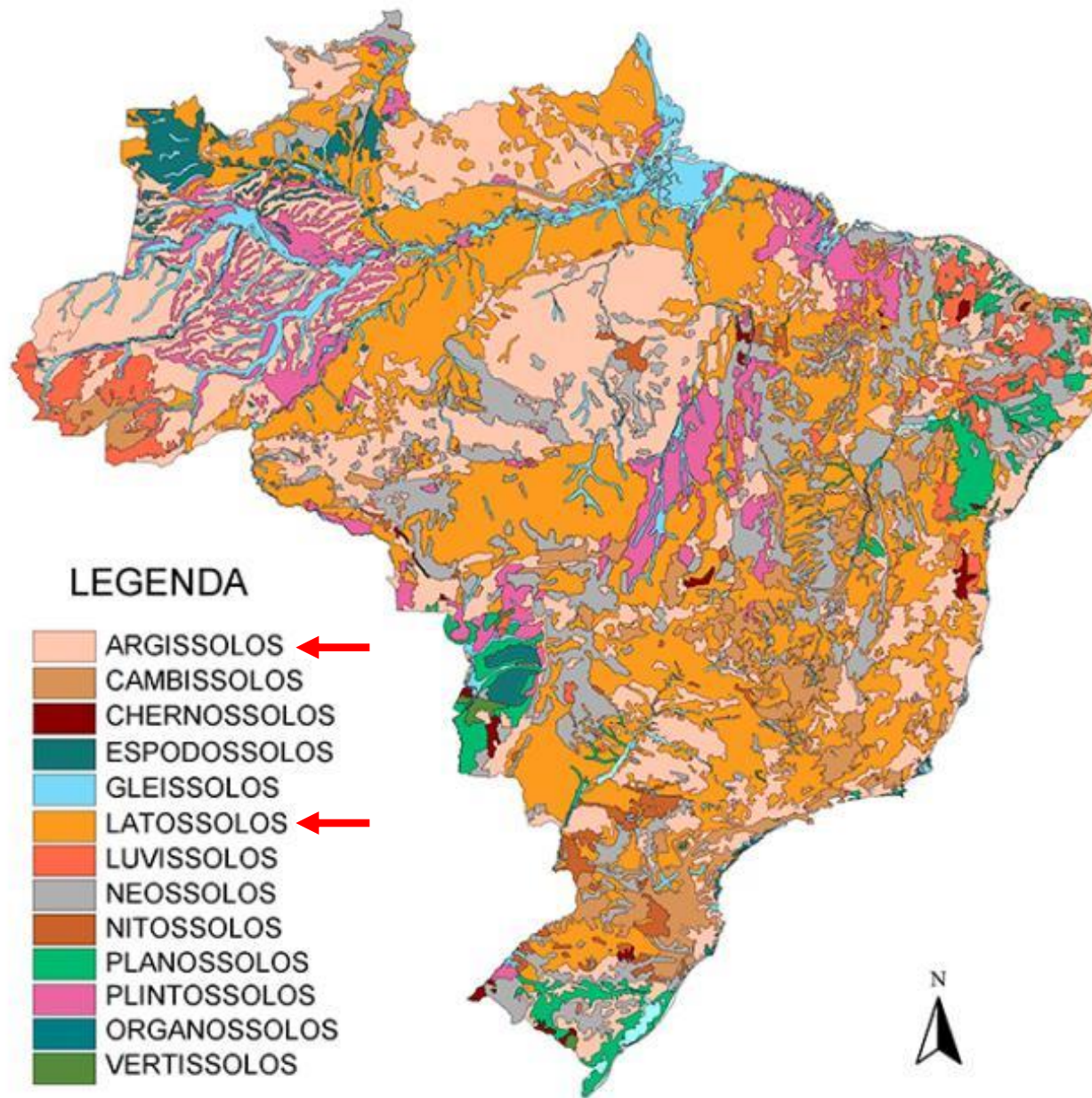
DISTRIBUIÇÃO ANUAL DAS CHUVAS

CONCENTRADA NO VERÃO

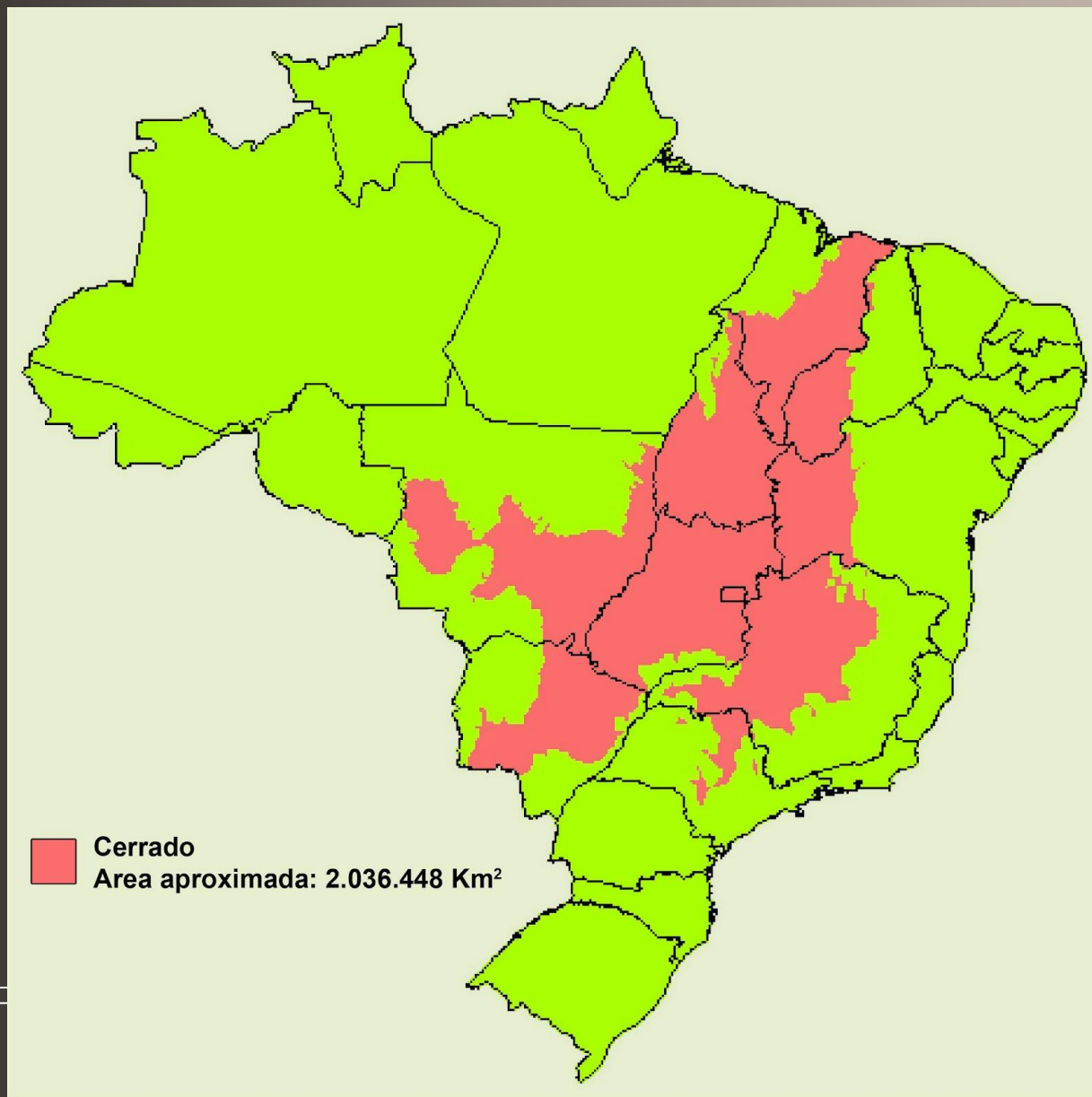




MAPA DE SOLOS DO BRASIL



LOCALIZAÇÃO CERRADO BRASILEIRO





- A
- AB
- BA
-
Bw1
-
Bw2
-
Bw3

A
moderado

B
latossólico

LATOSSOLO VERMELHO, Brasília, DF.



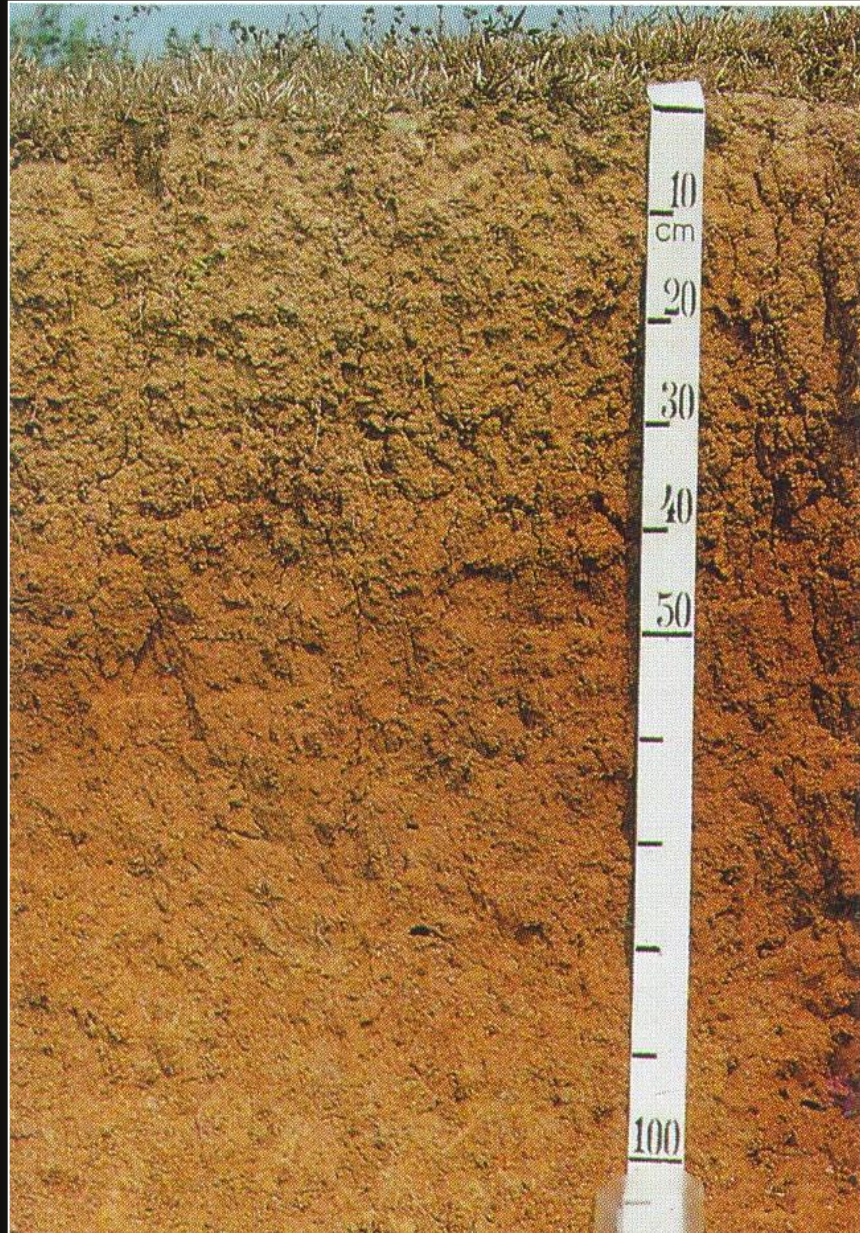
PAISAGEM LATOSSOLO VERMELHO



LATOSSOLO AMARELO



PAISAGEM LATOSSOLO AMARELO – Floresta Amazônica

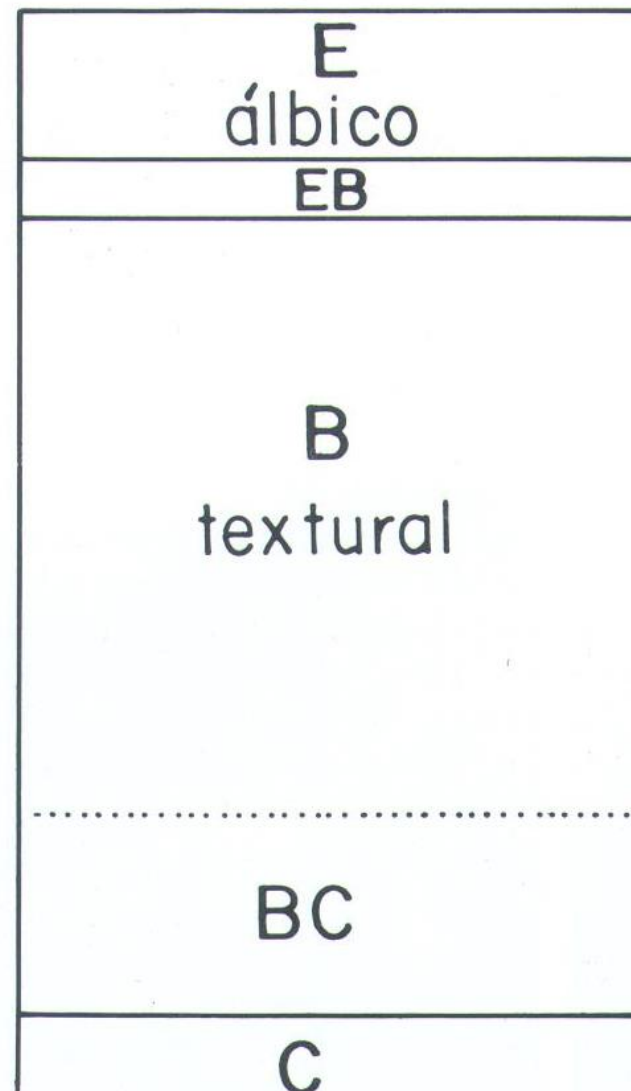


— E
— EB
— Bt1
—

Bt2

— BC
—

— C



ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO



ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO



PAISAGEM ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO

Características gerais dos solos brasileiros



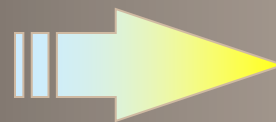
PROPRIEDADES FÍSICAS

Mais frequente nos solos

- **Fração argila**
 - **1:1 → (caolinita)**
 - **óxidos → Fe e Al**



**BAIXA DISPERÇÃO
ARGILA em ÁGUA**

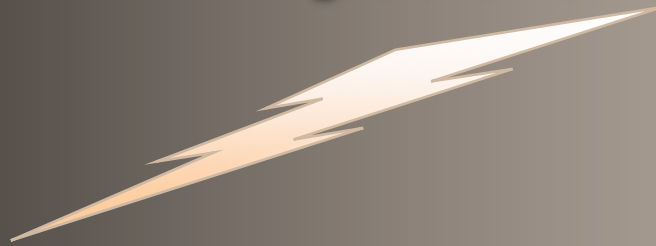


**ALTA AGREGAÇÃO
E ESTABILIDADE DE
AGREGADOS**

PROPRIEDADES FÍSICAS

Mais frequente nos solos

- **Porosidade total**
 - **pode exceder $0.60 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$**



- **Alta permeabilidade água, ar e raíz**
- **Baixa susceptibilidade a erosão**
- **Adequada relação ar/água – importante plantas**

PROPRIEDADES FÍSICAS

Latossolo, Argissolos

- Profundos
- Bem drenados
- Relevos ondulado e suave ondulado

**Sem limitação para
mecanização**



PROPRIEDADES FÍSICAS

Materia Orgânica

SOIL TYPE	g/100 g
Inceptisol - sand quartz	< 2
Oxisol	< 4
Ultisol	< 4
Aquoxisol	< 4
Alfisol	< 4
Inceptisol	maybe > 5

PROPRIEDADES QUÍMICAS

Mais frequente nos solos

- pH ácido
- Toxidez alumínio
- Baixa disponibilidade fosforo
- Baixa capacidade de troca de cátions (CTC)
 - Baixa bases trocáveis
 - Distróficos

**Restrição/limitação para
desenvolvimento das plantas**



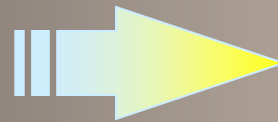
MELHORIA FERTILIDADE DO SOLO

Correção restrição químicas

- **Acidez solo**
 - **pH e toxidez Al - calagem**
 - **neutralização Al toxico - gesso**
- **Deficiência Nutrientes**
 - **P, K, Ca, Mg ... fertilizantes**



**BASEADO EM
ANÁLISE DE SOLO**



**SOLOS
EPIEUTRÓFICOS**

CORREÇÃO FERTILIDADE QUÍMICA

Programa Análises do solo laboratório

- **Início**
- **Década 60**

Importante na intensificação produção de grão

**Promovido pela Sociedade Brasileira de
Ciência do solo**

MELHORIA FERTILIDADE DO SOLO

IMPACTO

- **Aumento produtividade culturas**
- **Aumento rentabilidade e competitividade**
 - **Aumento valor da terra**



REDE DE LABORATÓRIO DE ANÁLISE DO SOLO

**Apoio à tomada de decisão para
expansão das fronteiras agrícolas**

EXPANSÃO FRONTEIRA AGRÍCOLA

EVOLUÇÃO

- **Expansão - década 1960**
 - **desmatamento florestal**
 - **pastagens extensivas**
- **Transformação - década 1970**
 - **substituição das pastagens por monoculturas como arroz, soja, milho ...**

℞ **Preparo convencional do solo (aração e gradagens)**

℞ **Calagem e fertilizantes**

EXPANSÃO FRONTEIRA AGRÍCOLA

ATIVIDADES

- Intensiva mobilização solo
- Intensivo use de fertilizantes
 - Soja pousio
- Baixa produção biomassa
 - Decomposição M. O.

Consequências

- **Melhoria propriedades químicas**
- **Degradação da estrutura do solo**

Sequência para Abertura de área - Cerrado Nativo

1º: Duas operações com correntão

Sequência – Limpeza de área (Manual /Mecanizada)

2º: Primeira Gradagem – 28 polegadas

- Primeira Aplicação de Calcário – 4 ton/ha;

3º: Segunda Gradagem – 36 polegadas

- **Limpeza de área *coleta* de raízes (Manual);**
- Segunda Aplicação de Calcário – 2 ton/ha;
- **Gesso Agr. 1ton/ha + S. Simples 800kg/ha**

4º: Terceira Gradagem – 36 ou 28 polegadas

Limpeza de área *coleta* de raízes (Manual)

Implementos Utilizados para abertura de área



Implementos Utilizados para abertura de área

Grade 28 Polegadas:

✓ Antes da aplicação de calcário







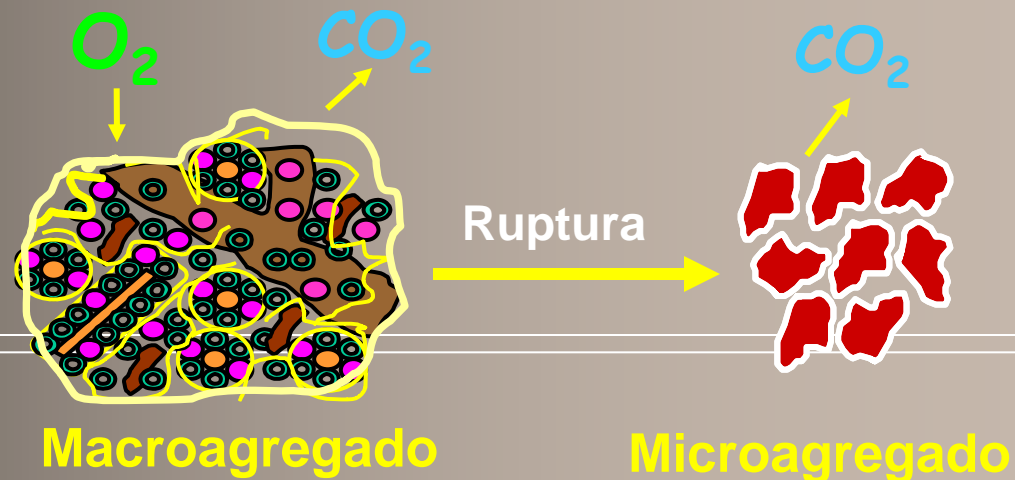





EFEITO DO USO GRADE NIVELADORA NA PERDA DE CARBONO ORGÂNICO TOTAL (COT) DO SOLO DURANTE A OPERAÇÃO DE PREPARO CONVENCIONAL DO SOLO

Perda de 0,9 ton ha⁻¹ de COT da camada de 0-5 cm após 07 dias da operação de gradagem

Causa a ruptura dos macroagregados expondo os agentes cimentantes temporários (hifas de fungos) e transientes (polissacarídeos exsudatos pelas raízes e oriundos da decomposição da palha) que atuam na cimentação das partículas e de microagregados





**Perdas de C devido ao
preparo do solo
associado a
monocultura**

PROPRIEDADES FÍSICAS EM LATOSSOLO SOB PREPARO CONVENCIONAL

CAMADA cm	3 anos		7 anos	
	Densidade g cm ⁻³	Estabilidade agregados %	Densidade Solo g cm ⁻³	Estabilidade agregados %
0 - 6	#	#	#	#
6 - 14	1.20	78	1.43	48
14 - 23	1.20	79	1.40	58
23 - 30	1.18	78	1.25	56

Não agregados > 4.76 mm.

DEGRADAÇÃO DA ESTRUTURA DO SOLO

Minerais

35 %

MO

3 %

Ar

30 %

ÁGUA
32 %

**LATOSSOLO SOB
CONDIÇÃO NATURAL**

Minerais

62 %

MO

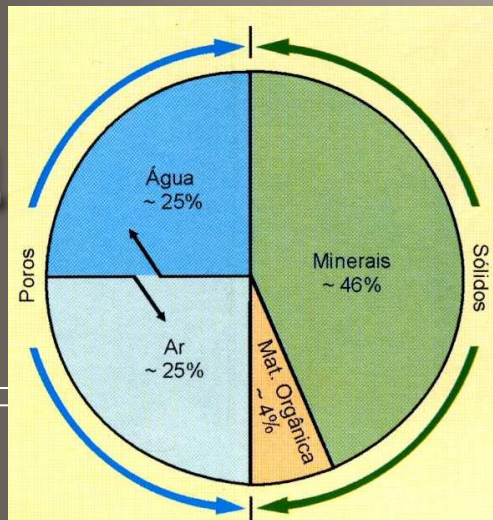
2 %

Ar

5 %

ÁGUA
31 %

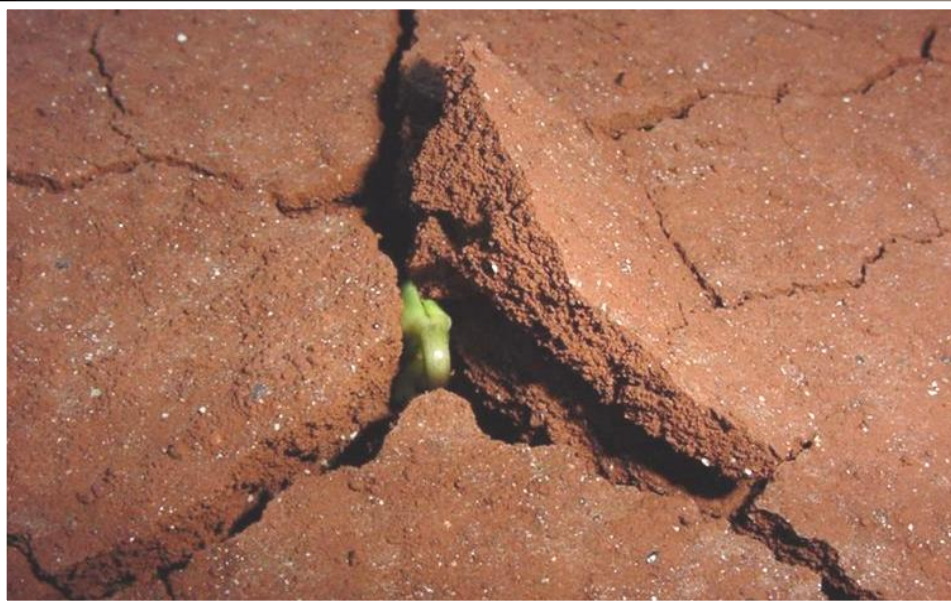
**LATOSSOLO SOB PREPARO
CONVENCIONAL**



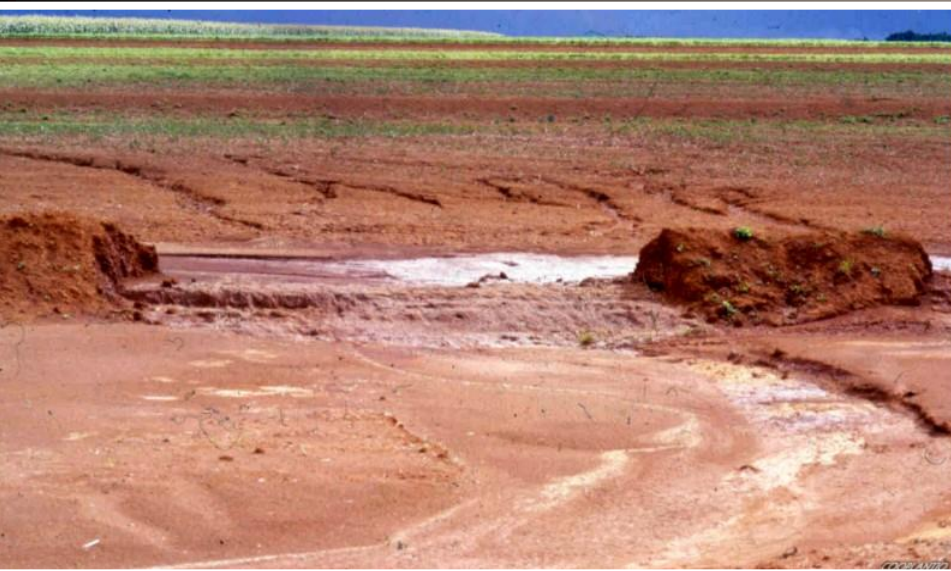


Selamento superficial

Selamento superficial



CONSEQUÊNCIAS NEFASTAS





Selamento superficial – Escorrimento superficial







DEGRADAÇÃO DA ESTRUTURA DO SOLO

Latossolo sob prepare convencional



**ELEVADO PROBLEMA
EROSÃO**

Erosão

- *Gota de chuva* e *enxurrada* são agentes completos de erosão hídrica.
 - ✓ Dispersam solo
 - ✓ Transportam partículas

Energia

IMPACTO



**Componente
energético vertical:
GOTA DE CHUVA**

- Dispersão de solo
- Transporte de partículas

PREVENÇÃO

- Cobertura de solo

Energia

CISALHAMENTO



**Componente
energético horizontal:
ENXURRADA**

PREVENÇÃO

- **Barreira ao escoamento**

- **Dispersão de solo**
- **Remoção da cobertura**
- **Transporte de partículas**

CONCLUSÕES

- A cobertura vegetal de solo pode reduzir em 100 % a energia erosiva das gotas de chuva, mas não apresenta essa mesma eficiência para dissipar a energia da enxurrada.

Erosão

**Estrada em nível
e gramada**



Terraço em nível



PRÁTICAS CONSERVAÇÃO DO SOLO

SISTEMA PLANTIO DIRETO

- **Conceito**
 - **Tecnologia complexa baseada diversificação espécies**
 - **rotação culturas,**
 - **permanente cobertura do solo, e**
 - revolvimento mínimo do solo somente na linha de plantio.**

Resíduos vegetais após colheita de milho



Resíduos vegetais após colheita de milho



Resíduos vegetais após colheita de milho



Semeadura de inverno sobre os resíduos de milho.





Plântulas de milho (inverno) entre os resíduos de milho (verão).



Milho (inverno) crescendo entre os resíduos de milho (verão).



PRÁTICAS CONSERVAÇÃO DO SOLO

SISTEMA PLANTIO DIRETO - EVOLUÇÃO

- **Diferentes fases baseado em arranjo temporal e espacial de espécies**

1ª fase > soja/trigo

2ª fase > soja/aveia ou nabo forrageiro

3ª fase > soja/milheto

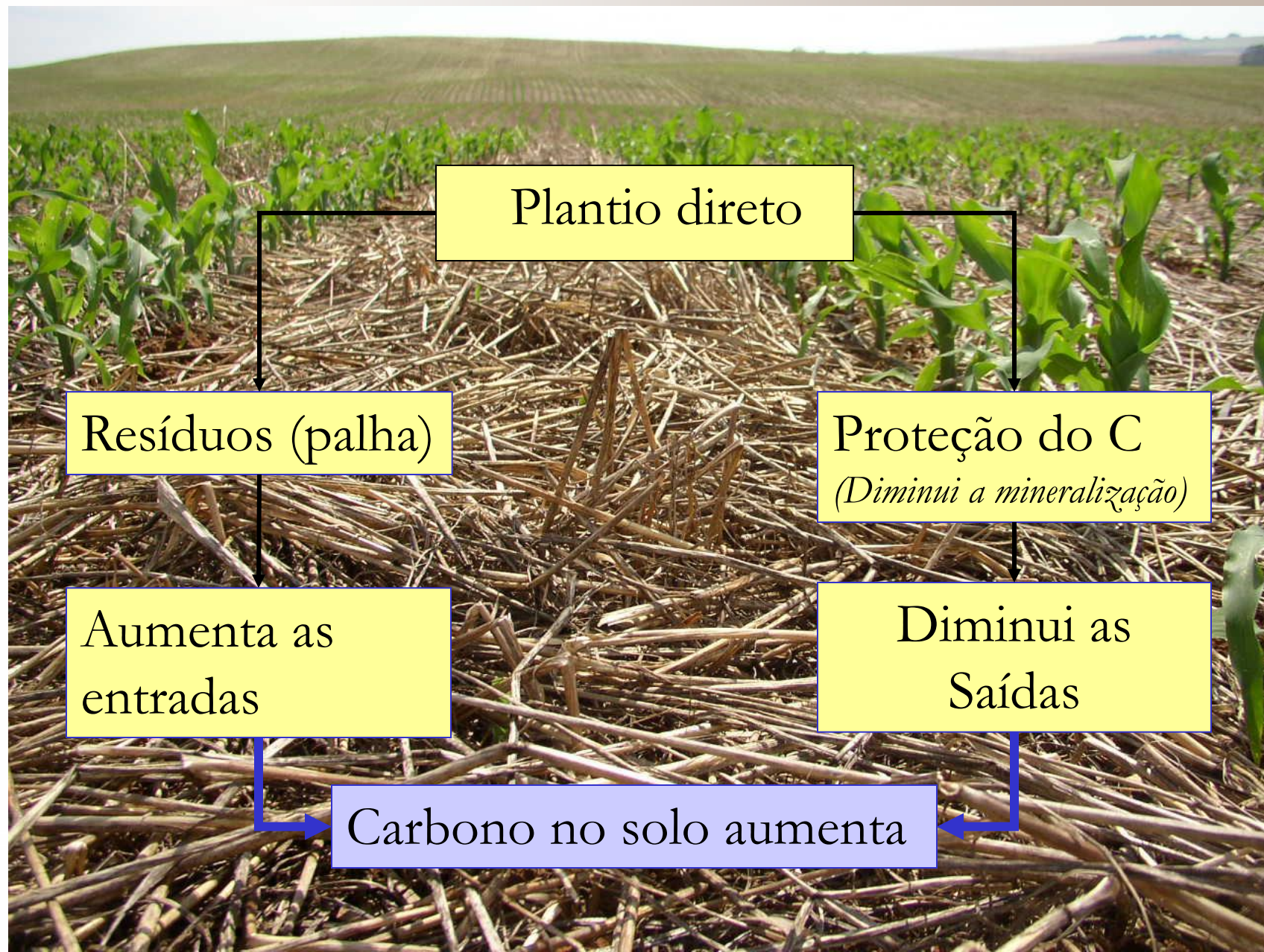
**Presente > soja/milho/braquiária
integração lavoura-pecuária**



Rotação de culturas e produção de palhada

26/11/2023

Exemplo da adoção do plantio direto





Plantio direto no presente
Mínimo período sem cultivo – cobertura do solo











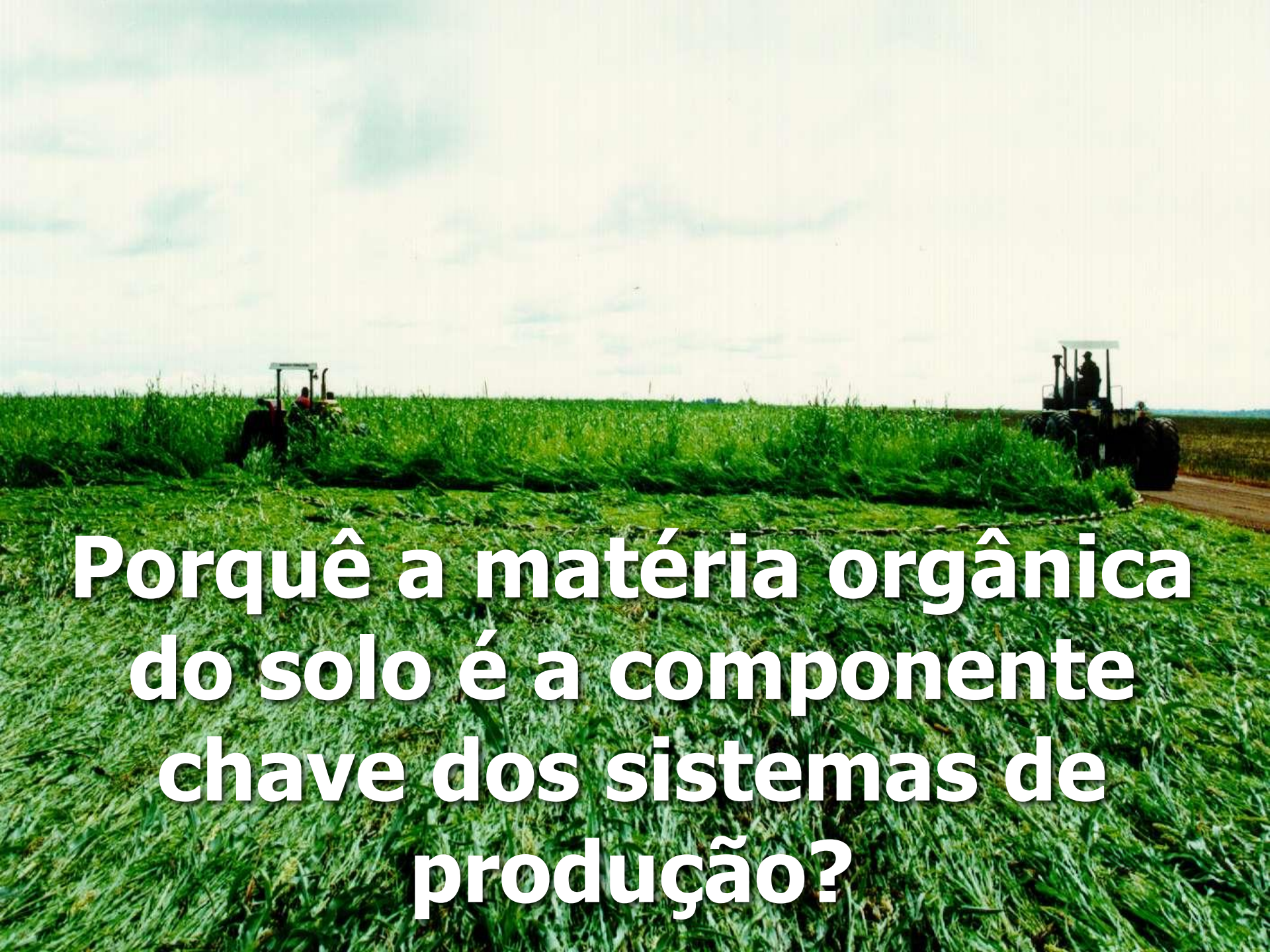


FERTILIDADE DO SOLO

QUÍMICA-FÍSICA-BIOLÓGICA



FONTE: MERCER, R. M. (2010) – PIONEER SEMENTES

A wide-angle photograph of a lush green agricultural field. Two tractors are visible in the distance, one on the left and one on the right, both engaged in harvesting or tilling the crops. The sky is overcast with soft, grey clouds. The foreground is filled with dense, vibrant green vegetation, likely a cover crop or a young crop field.

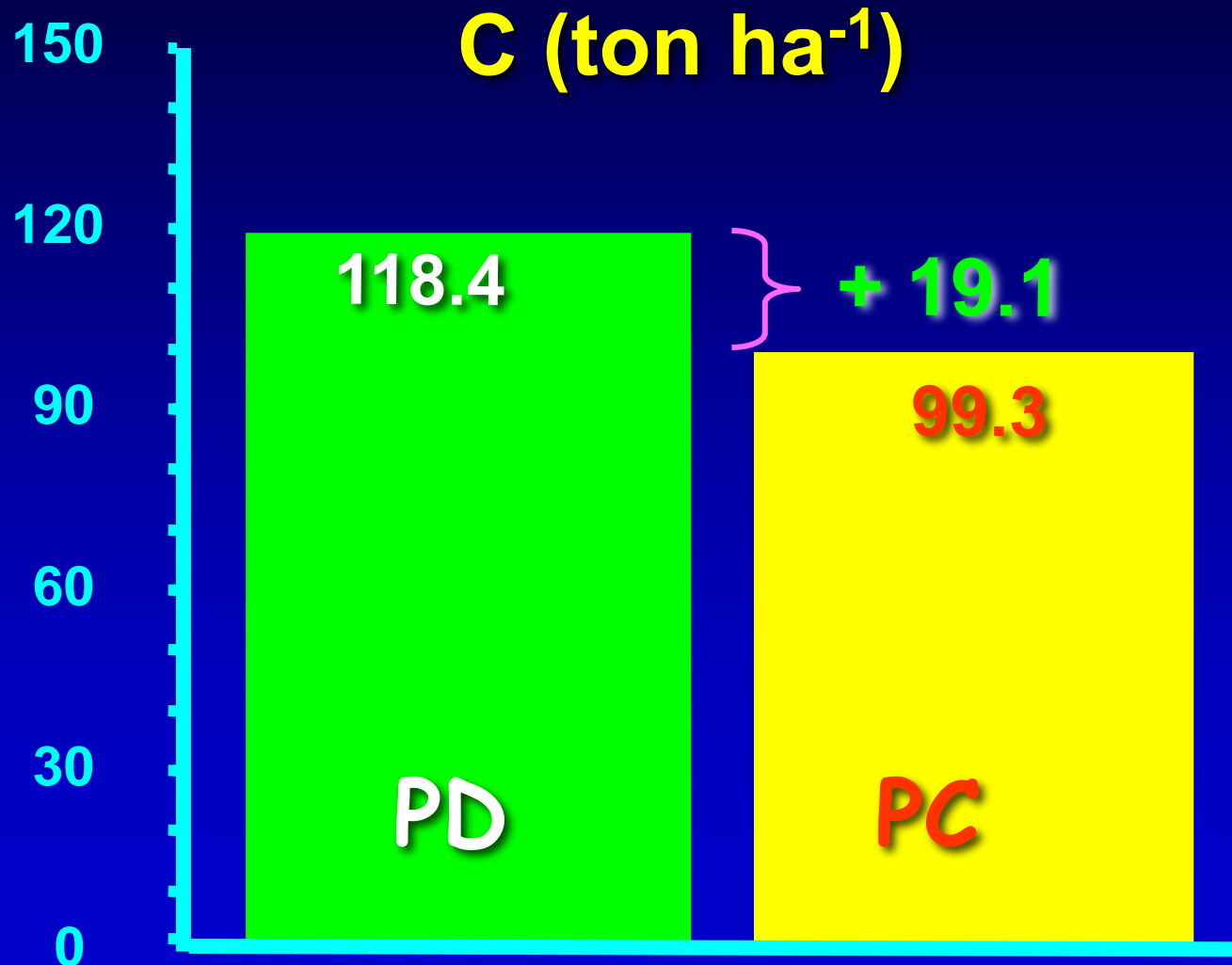
**Porquê a matéria orgânica
do solo é a componente
chave dos sistemas de
produção?**

A recuperação da MOS com adoção do SPD

Proporciona

**Rearranjo dos agregados e
estabilidade estrutural, manutenção
dos fluxos de água e gases nos
poros e a fertilidade**

Estoque de C e N em PD e PC (22 anos) na profundidade de 0-40 cm



**Aumento do armazenamento
de água devido ao ganho de
 1 g dm^{-3} de C na camada de
0 a 10 cm**

3 a 5 mm



**Após 10 anos de PD
aumentou 13 a 18 g dm^{-3}**

**O aumento na retenção de
água devido ao incremento
de 13 a 18 g dm⁻³ de C
(camda de 0 a 10 cm)**

**Retenção de água
65 a 90 mm**

**O aumento na retenção de
água devido ao incremento
de 13 a 18 g dm⁻³ de C
(camada de 0 a 10 cm)**

**Pode aumentar a
produção de milho em
5 a 10 % e a de soja
em 7 a 12%**

**O retorno
econômico devido
ao aumento do C
pode representar
US\$ 40 a 80/ha**



Bloco 3

Bloco 2

Bloco 1

Área parcela = 40 x 20 m

Crotalária

Sorgo

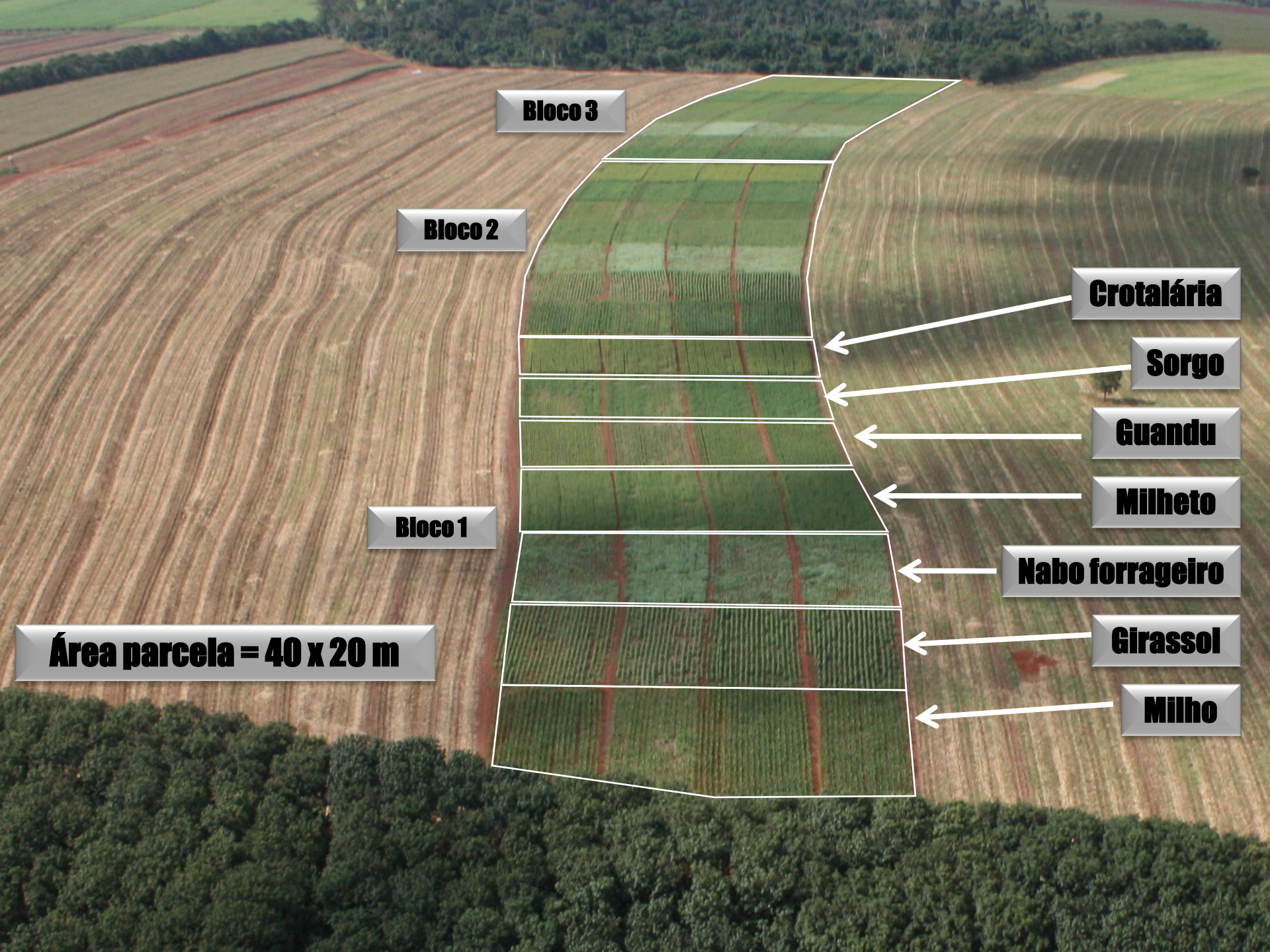
Guandu

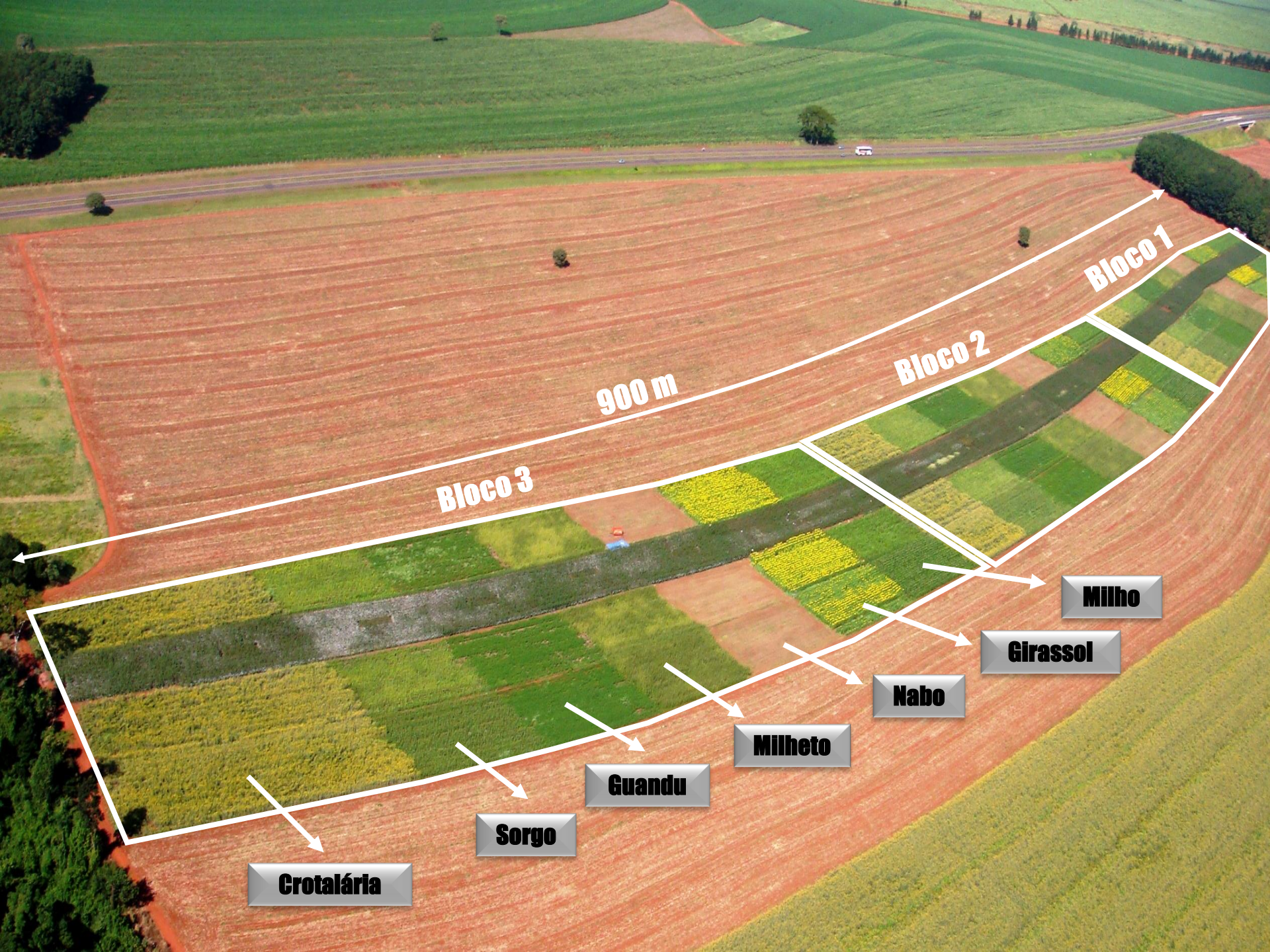
Milheto

Nabo forrageiro

Girassol

Milho





Bloco 1

Bloco 2

Bloco 3

900 m

Milho

Girassol

Nabo

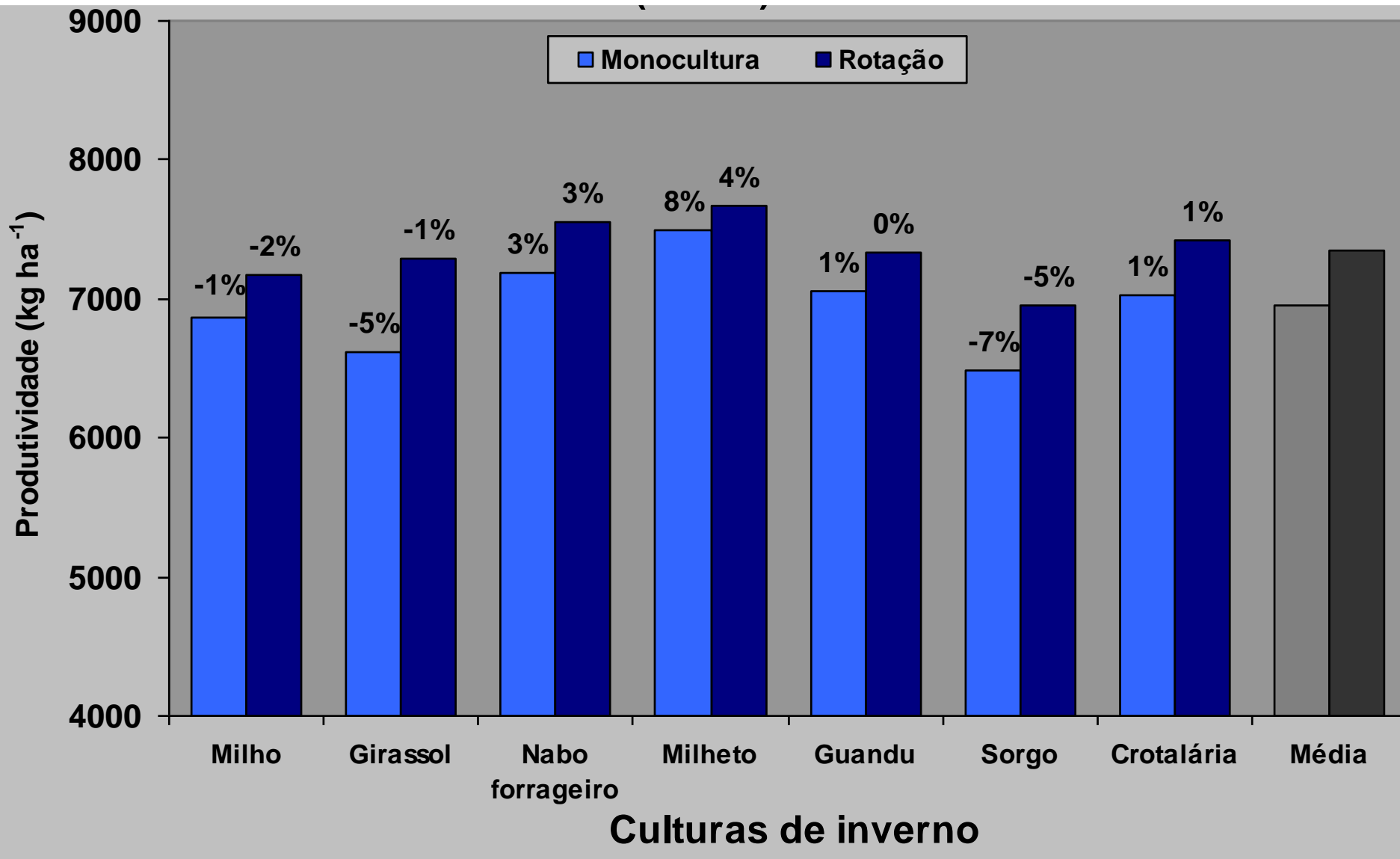
Milheto

Guandu

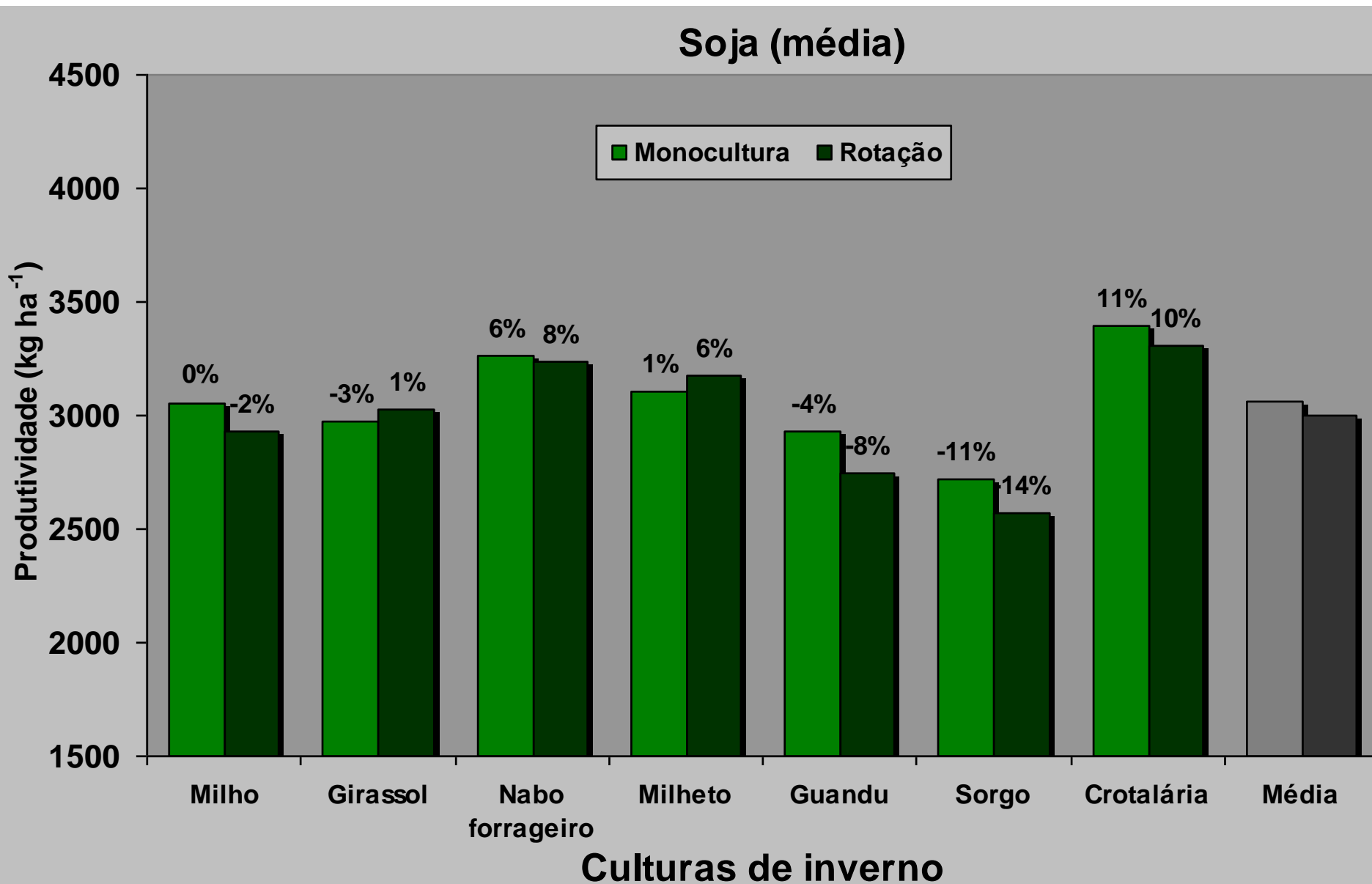
Sorgo

Crotalária

MÉDIA – 2000/01 a 2018-2019.



MÉDIA – 2000/01 a 2018-2019.





Os atributos do solo estão estreitamente relacionados com a MOS

A sustentabilidade do sistema de produção na região tropical do planeta está na estratégia de desenvolver uma agricultura com base no SEQUESTRO do carbono

MANEJO DO SOLO COMO FATOR DE DESENVOLVIMENTO DA AGRICULTURA TROPICAL NO BRASIL

- TEM QUE ESTAR BASEADO NA QUALIDADE E
QUANTIDADE de
BIOMASSA PRODUZIDA
pelas CULTURAS**



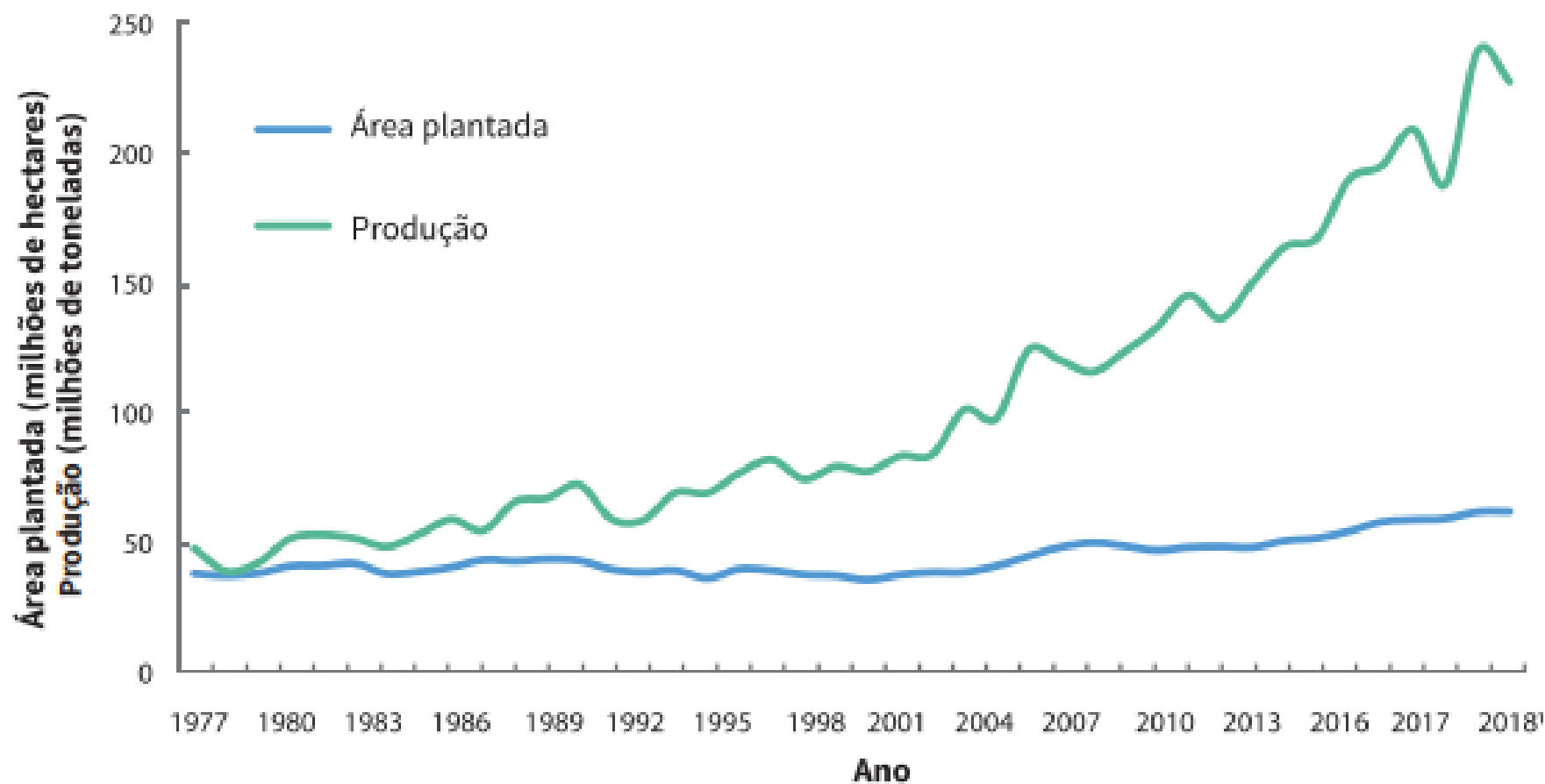


Figura 4. Área e produção de grãos de 1977 a 2018. Nota: ¹estimativa.

Fonte: Conab (2018).

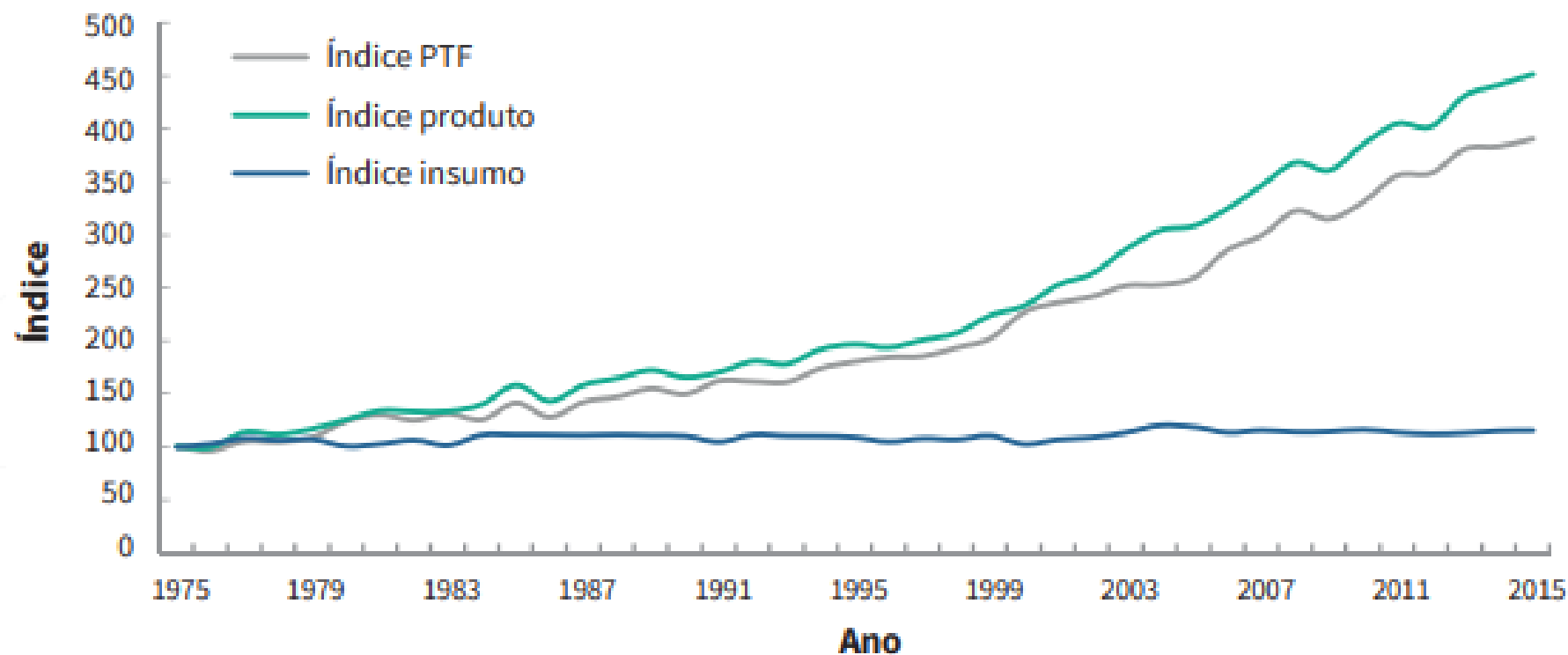


Figura 1. Índice da produtividade total dos fatores (PTF), do produto e do insumo, de 1975 a 2015.

Fonte: Gasques et al. (2017).

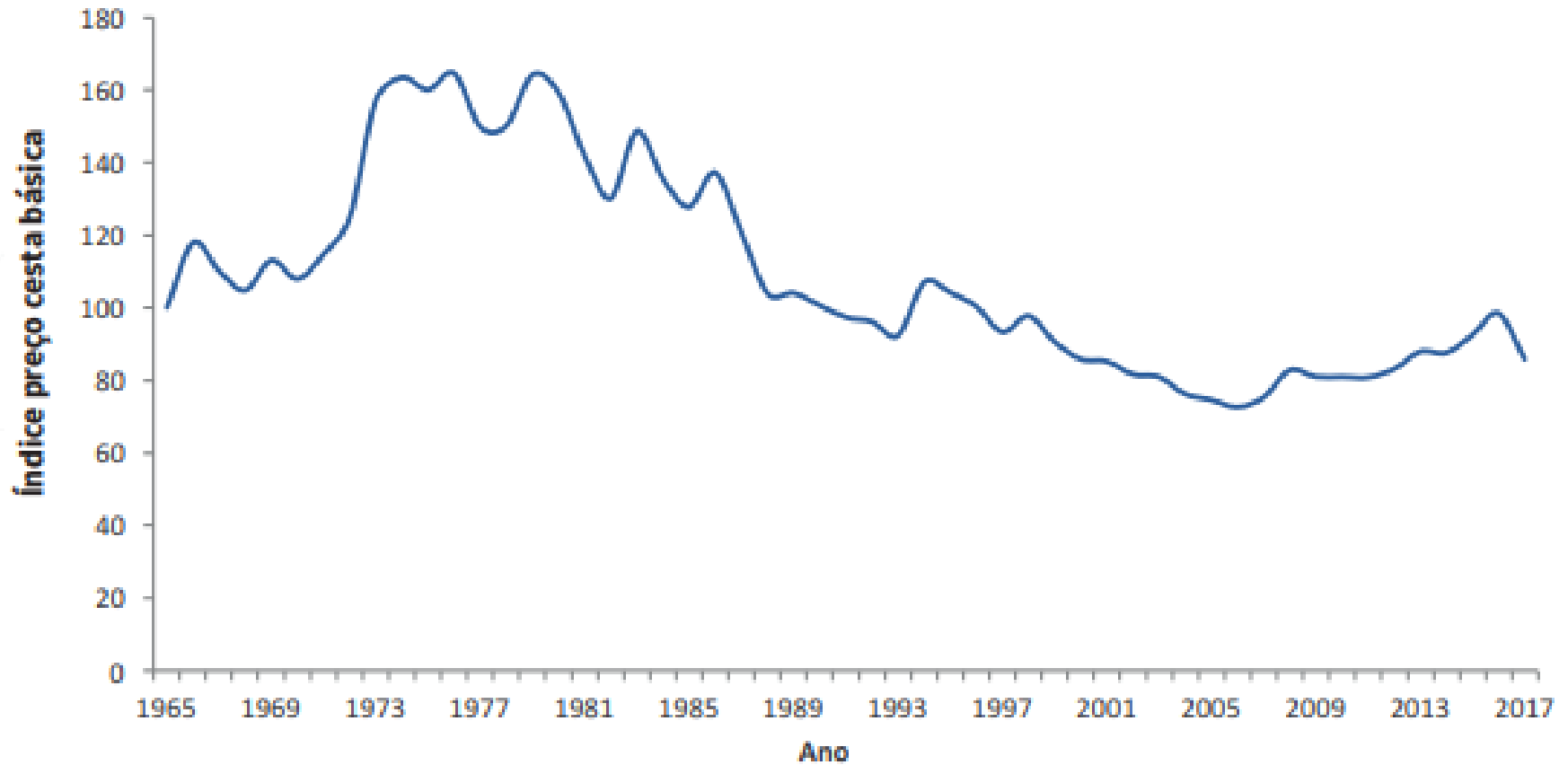


Figura 13. Índice dos preços reais da cesta básica na cidade de São Paulo, de 1965 a 2017 (1965 = 100).

Fonte: Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos (2017).

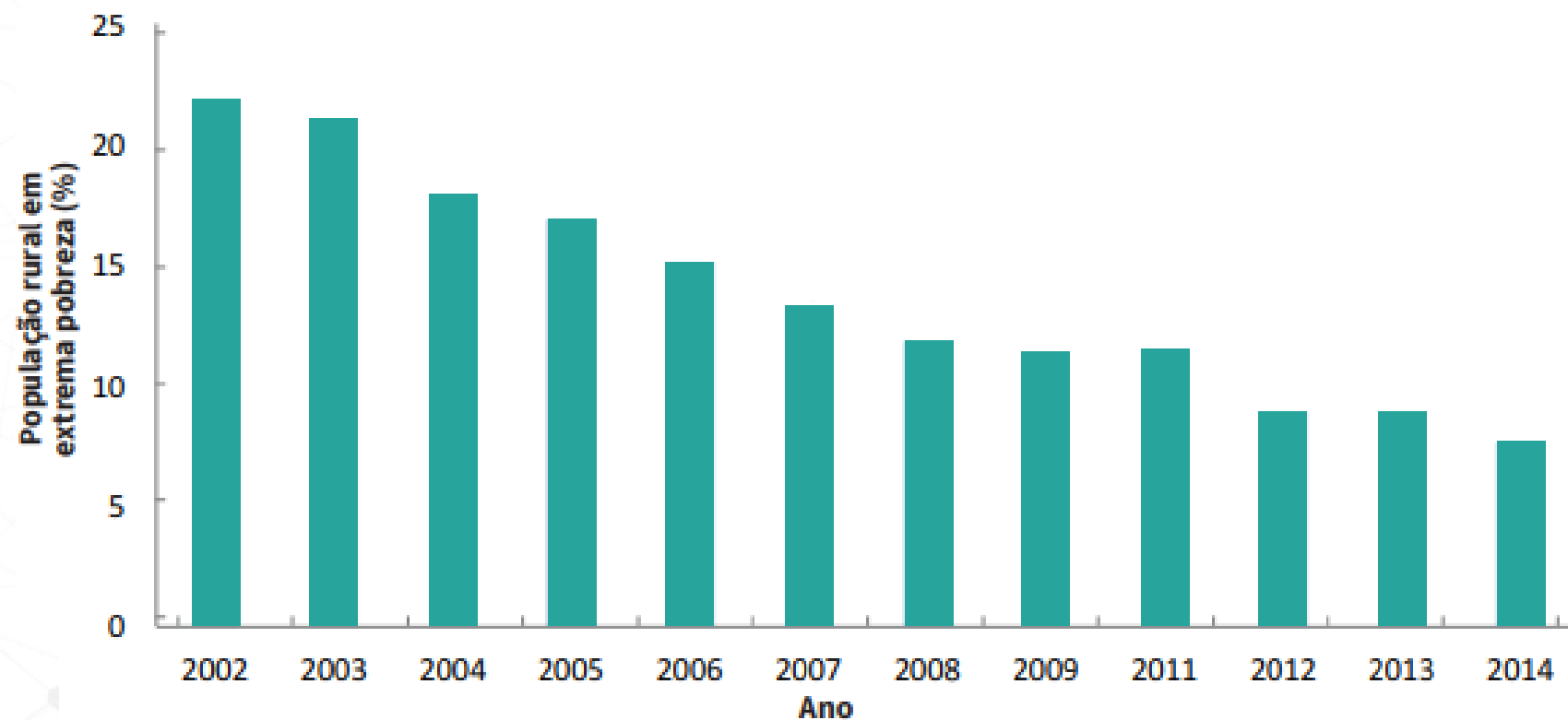


Figura 21. Extrema pobreza na área rural do Brasil, de 2002 a 2014 (valores em porcentagem).

Fonte: IBGE (2016).

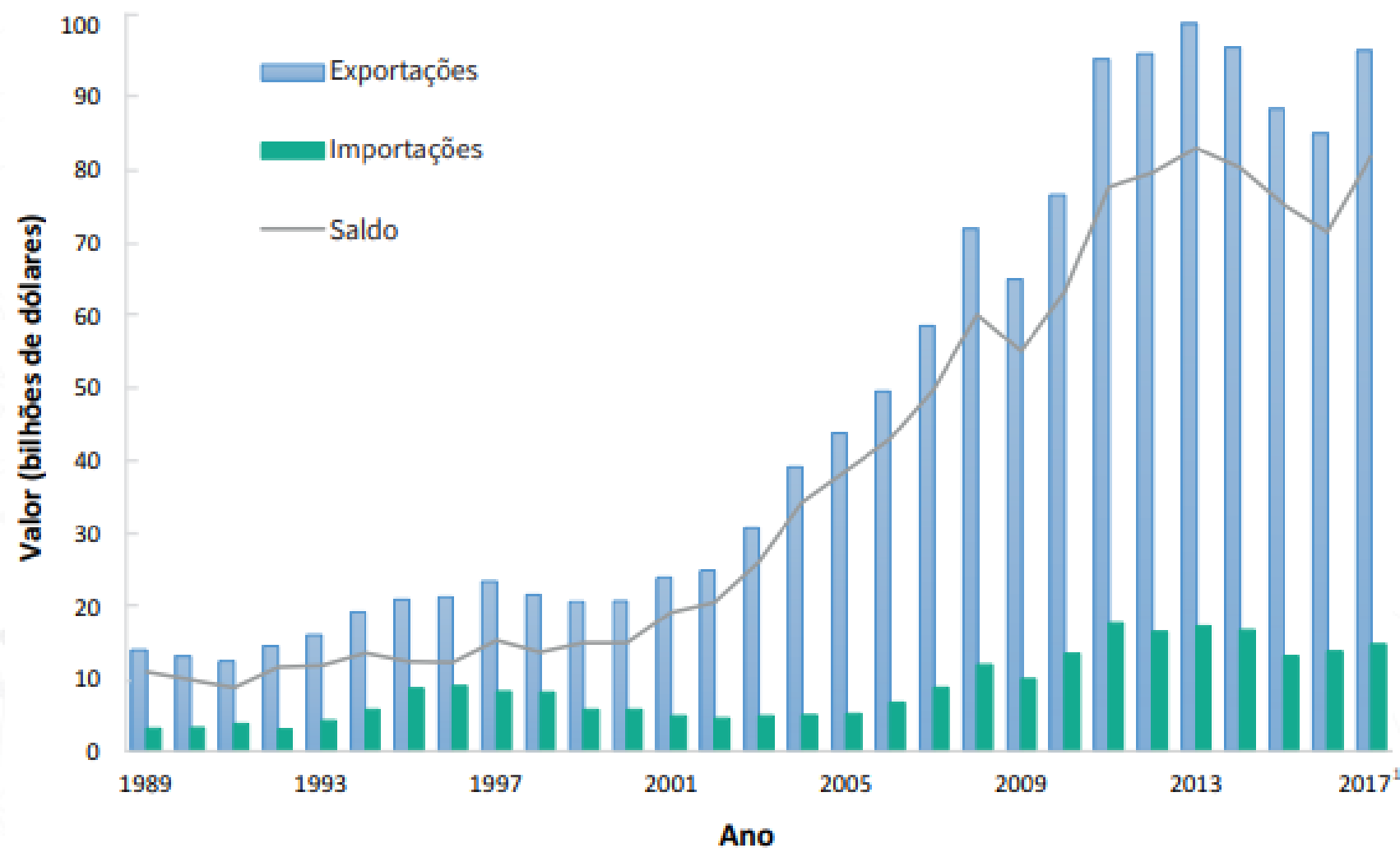


Figura 3. Importações, exportações e saldo da balança comercial do agronegócio brasileiro, de 1989 a 2017.

Nota: ¹ estimativa.

Fonte: Agrostat (2017).

MANEJO DO SOLO > AGRICULTURA TROPICAL

- Sistema plantio direto:
 - Integração lavoura-pecuária,
 - Integração lavoura-pecuária-floresta
 - Sistema integrado de produção
 - Correção da acidez e fertilidade
 - Nutrição balanceada das plantas
 - Eficiência no uso dos insumos

**FERRAMENTA MAIS MODERNA
AGRICULTURA CONSERVACIONISTA**



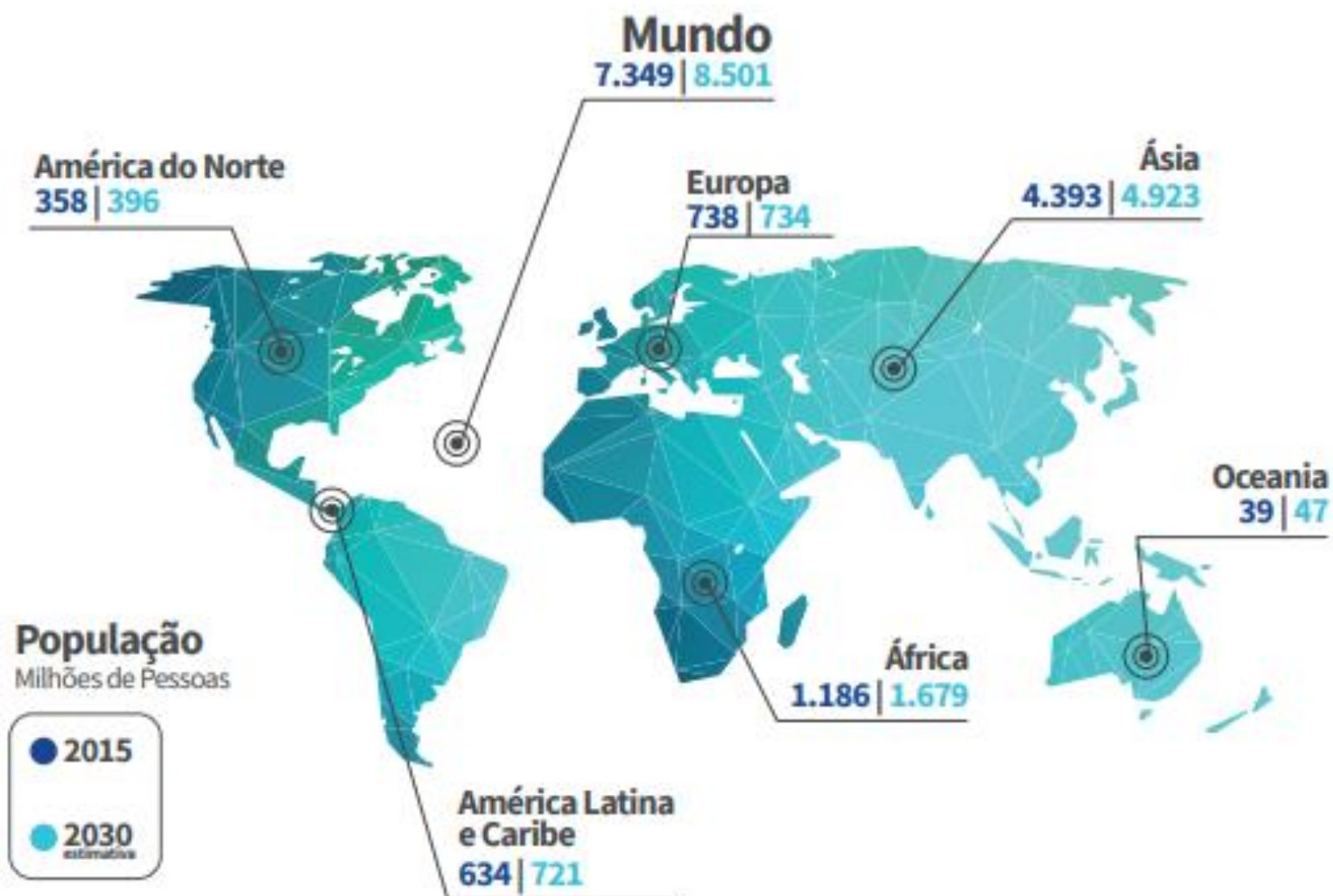


Figura 8. População mundial e por regiões, em 2015 e 2030.
Fonte: World..., (2015a).



Figura 23. Os 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS).

Fonte: ONU (2017).

Em setembro de 2015, a ONU lançou a Agenda 2030. Fruto da deliberação de 193 nações e de representantes da sociedade civil global, a Agenda é composta por 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), “ integrados e indivisíveis, que mesclam, de forma equilibrada, as três dimensões do desenvolvimento sustentável: a econômica, a social e a ambiental”

Durante a COP21, Brasil foi signatário acordo global (iniciativa 4 per 1000) que tem como objetivo principal manter o aquecimento global abaixo de 2 ° C em decorrência da diminuição da emissão de gases de efeito estufa e por um aumento de 0,4% ao ano o carbono total do solo, o que pode ser alcançado

- **uso de ferramentas de agricultura de precisão**
- **racionalização do uso de insumos naturais (solo e água) e artificiais (fertilizantes e agroquímicos em geral)**
- **adoção do sistema de plantio direto.**

Dando ao solo novos protagonismos na economia do país.

O solo é o maior reservatório de carbono do ecossistema: seu estoque é mais de 2x superior ao da atmosfera e também 2x superior ao contido na vegetação

Foto Ganka Tt | iStock.com | Embrapa

[FB.COM/EMBRAPA](https://www.facebook.com/embrapa)

Embrapa

Tabela 7. Processo tecnológico, compromisso nacional relativo (aumento da área de adoção ou uso) e potencial de mitigação por redução de emissão de GEE (milhões de Mg CO₂ eq).

Processo Tecnológico	Compromisso (aumento de área)	Potencial de Mitigação (milhões Mg CO ₂ eq)
Recuperação de Pastagens Degradadas ⁽¹⁾	15,0 milhões ha	83 a 104
Integração Lavoura-Pecuária-Floresta ⁽²⁾	4,0 milhões ha	18 a 22
Sistema Plantio Direto ⁽³⁾	8,0 milhões ha	16 a 20
Fixação Biológica de Nitrogênio ⁽⁴⁾	5,5 milhões ha	10
Florestas Plantadas ⁽⁵⁾	3,0 milhões ha	-
Tratamento de Dejetos Animais ⁽⁶⁾	4,4 milhões m ³	6,9
Total	-	133,9 a 162,9

3ª fase da revolução agrícola no Brasil

AGRICULTURA DIGITAL

Agricultura de Precisão – Precisão na Agricultura

Avanços tecnológicos

- **uso de diversos tipos de sensores (temperatura e umidade, imagens aéreas, GPS.**
- **utilização de máquinas e sistemas integrados**
- **Robótica**
- **drones**
- **internet 4G/5G**

Avanços tecnológicos permitem maior confiabilidade da plantação, monitoramento e gestão dos recursos utilizados com maior eficiência.

3ª fase da revolução agrícola no Brasil

AGRICULTURA DIGITAL

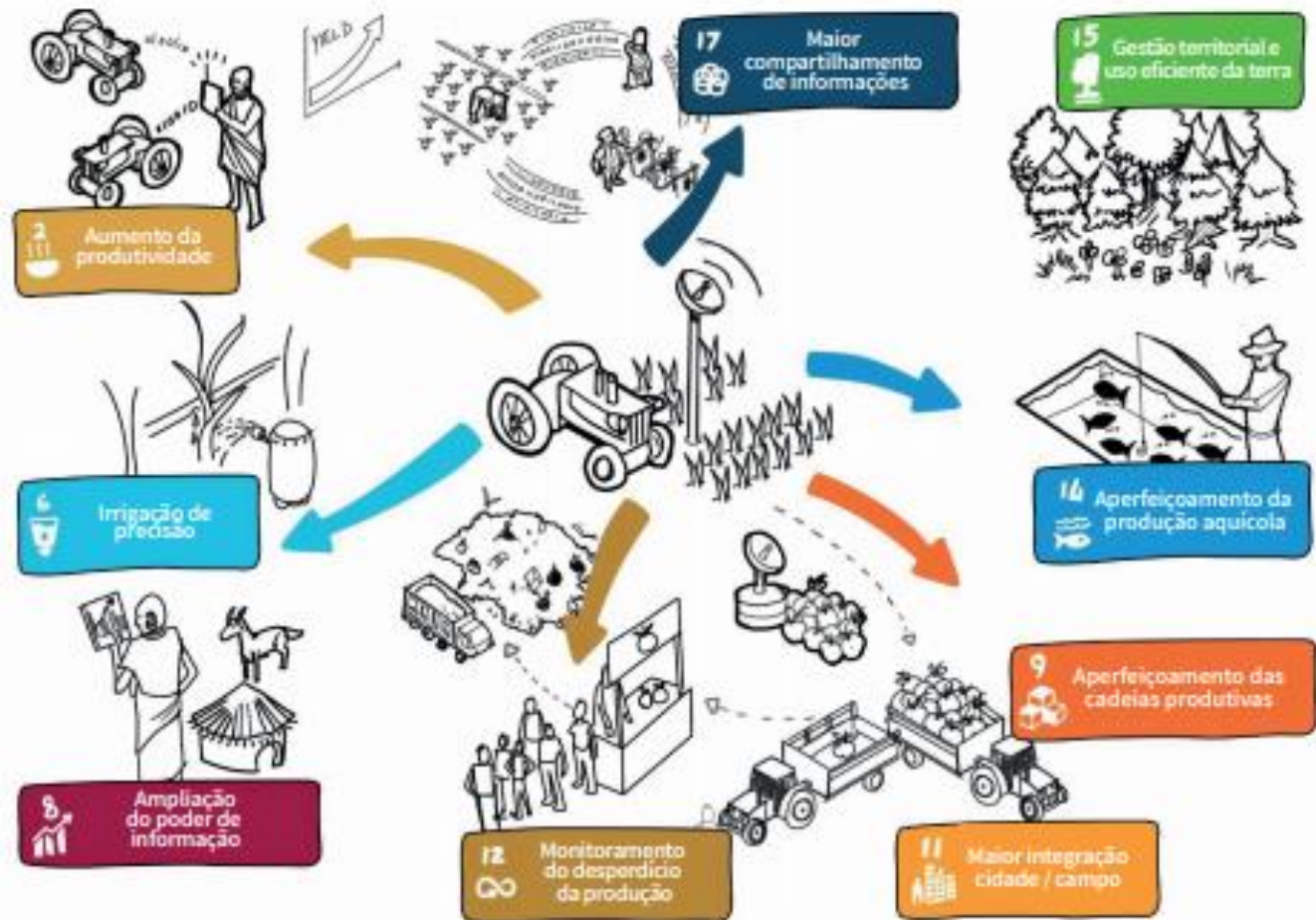
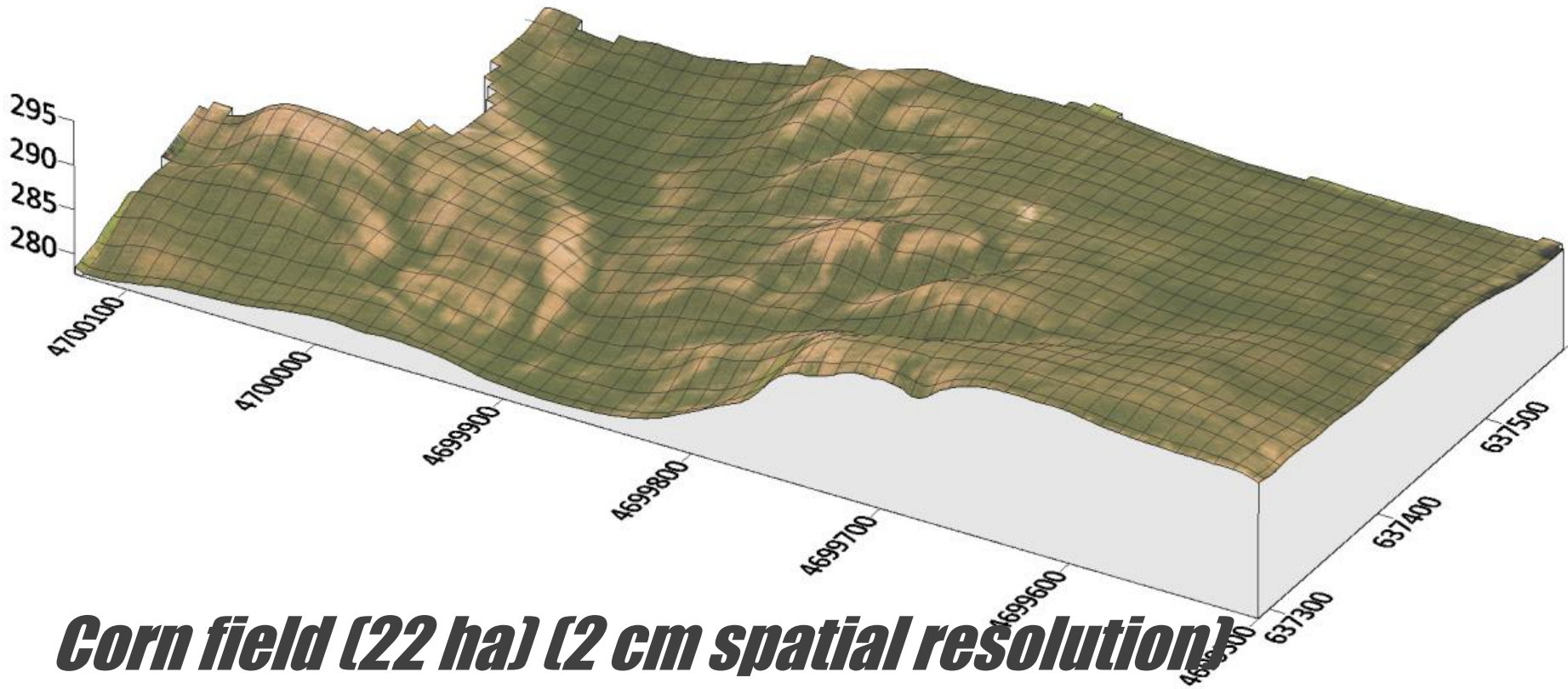


Figura 32. Benefícios da agricultura digital.

Fonte: Nações Unidas (2018).

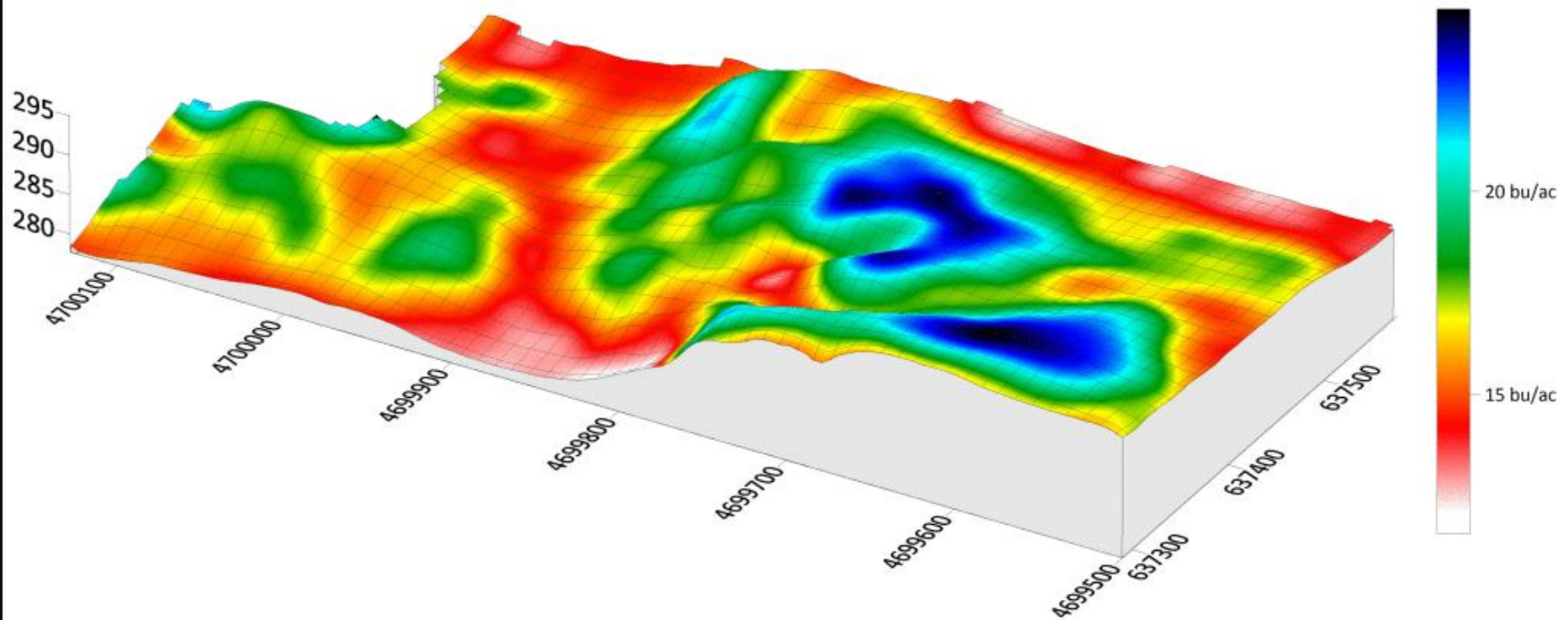


UAV RGB in July in Michigan



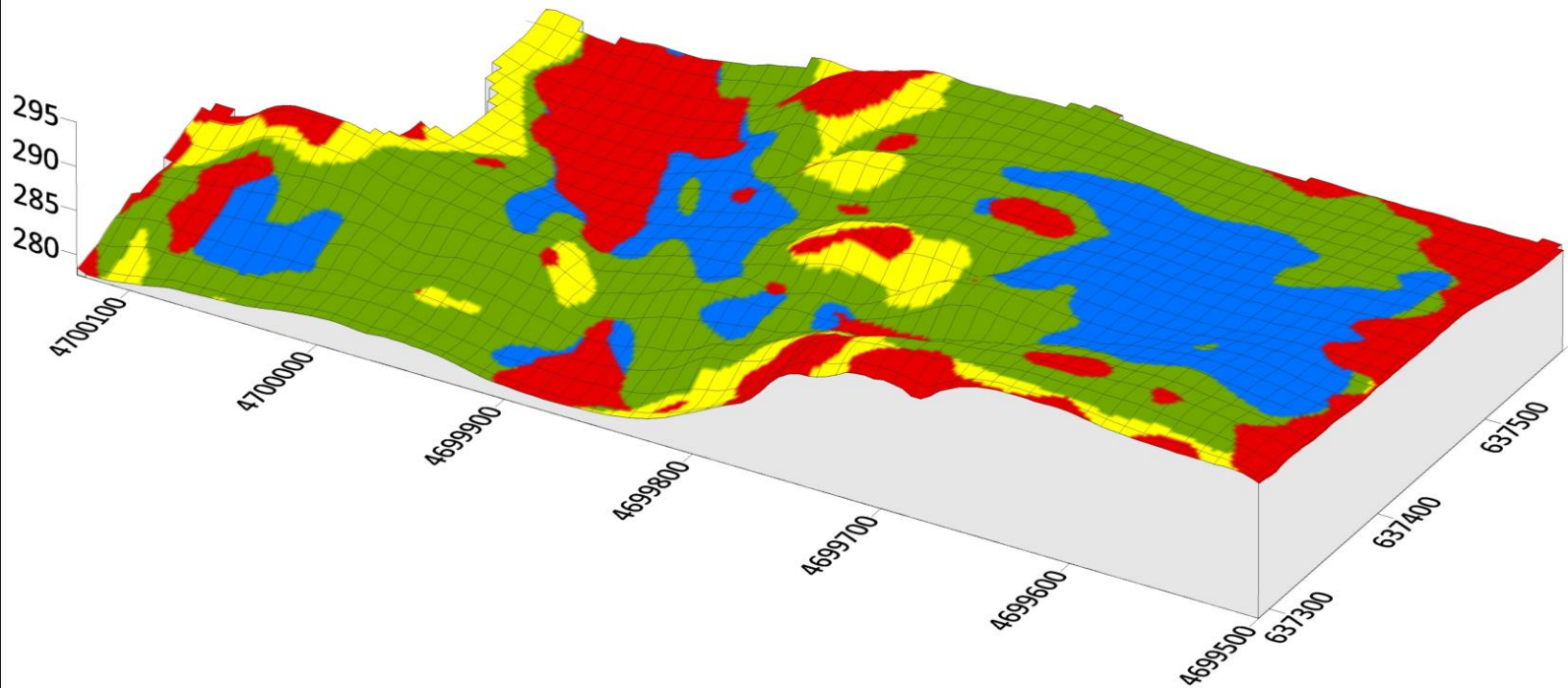
Yield Maps

Soybeans 2009



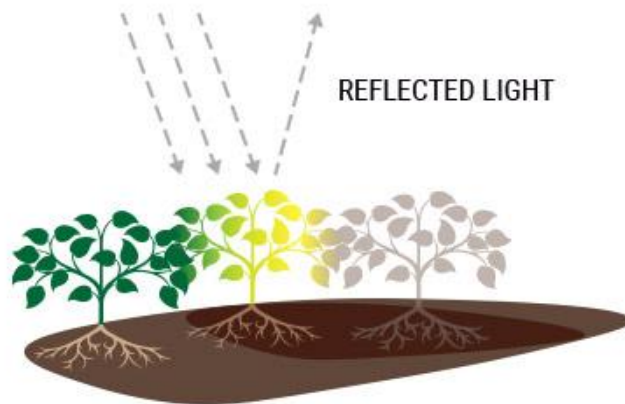
Yield Stability

- unstable
- low + stable
- medium + stable
- high + stable

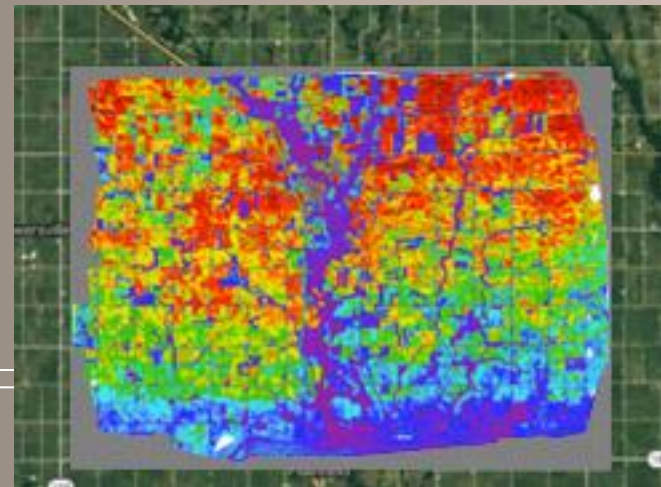
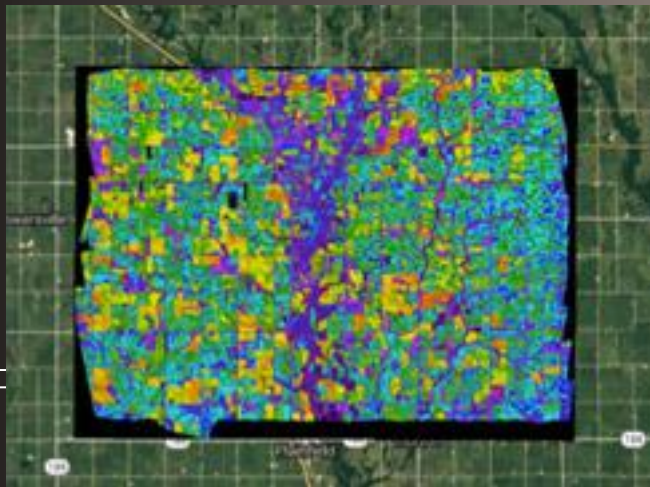


STANDARD NDVI

Standard NDVI—as well as AirScout's new ADVI™—measures reflected light to indicate when plant stress has become severe enough for foliage to change color.



AirScout Thermal Imaging measures temperature variations to $3/100^{\circ}$ C. This sensitivity reveals where plant stress is just beginning, long before foliage color changes.





Not connected



N/A



0



No Camera



N/A



52%



250 M



2D



Mission 72

Flight Time est.

10 MIN 38 SEC

Photos est.

50

Batteries

1 SETS approx.

Capture Interval

F: 96.7 M / S: 131.9 M

Basic

Advanced

Front Overlap Ratio

75 %

Side Overlap Ratio

75 %

Course Angle

122 °

Margin

0.0 M

End-Mission Action

RTH Alt. 20.0 M

LAT 0.000000

LON 0.000000



Speed

N/A M/S



LAT: N/A

LON: N/A



Altitude

N/A M



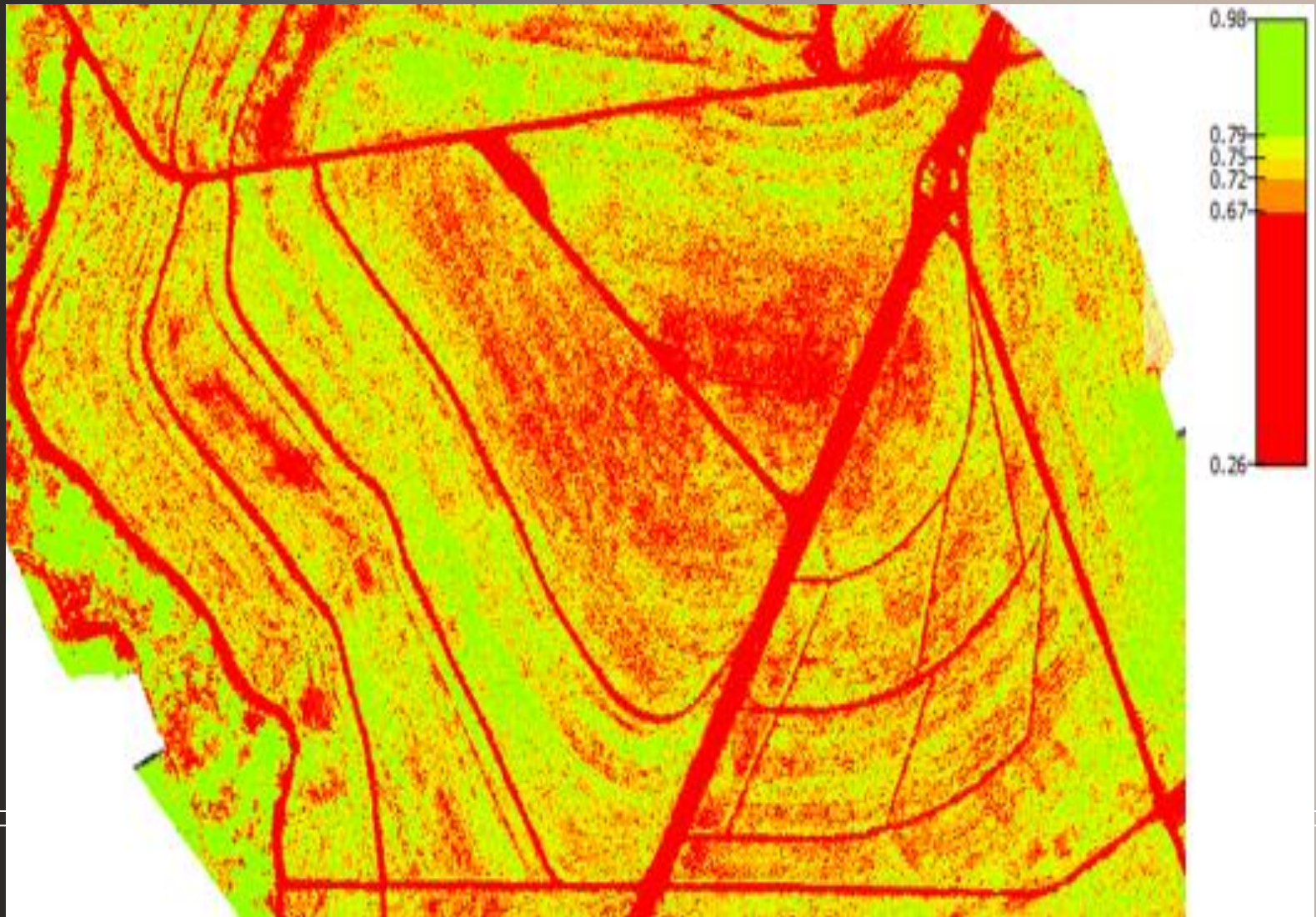
Legal

RGB



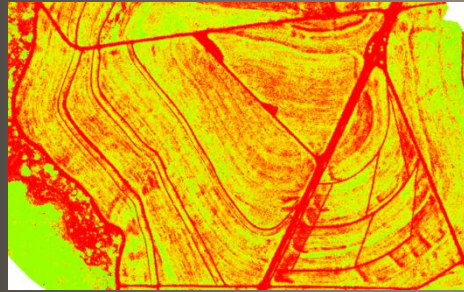
$$\text{NDVI} = \frac{\text{NIR} - \text{Red}}{\text{NIR} + \text{Red}}$$

NDVI - Normalized Difference
Vegetation Index
(Imagem Micasense)

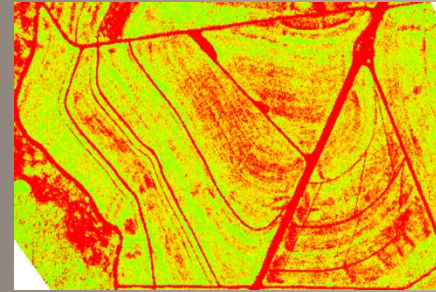


SENSOR MULTIESPECTRAL

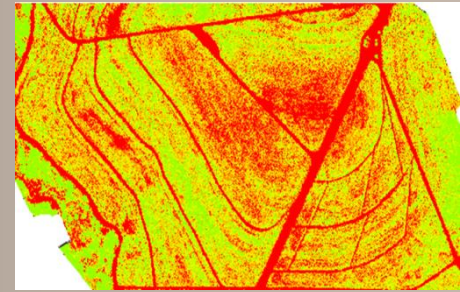
ÁREA ARGISSOLO



14/11/2018

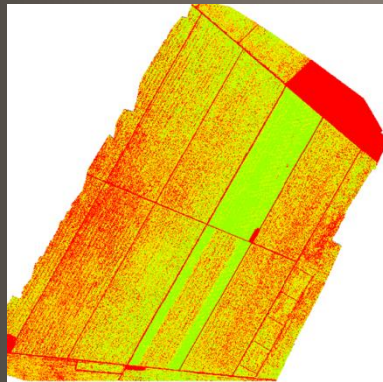


18/01/2019

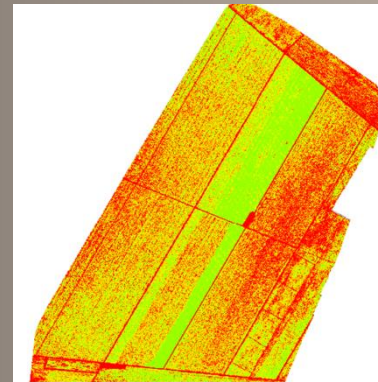


15/03/2019

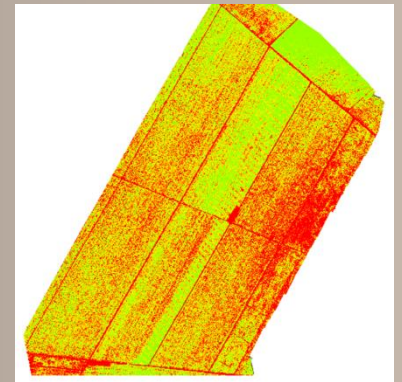
ÁREA LATOSSOLO



16/03/2019

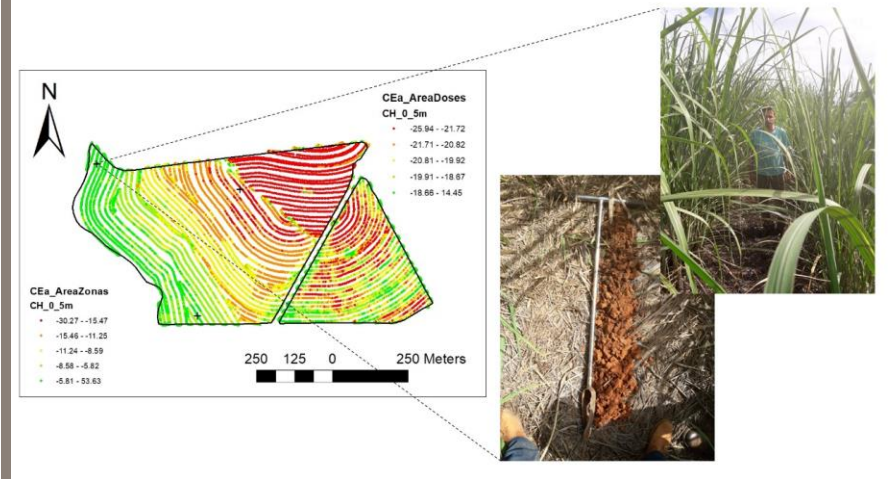
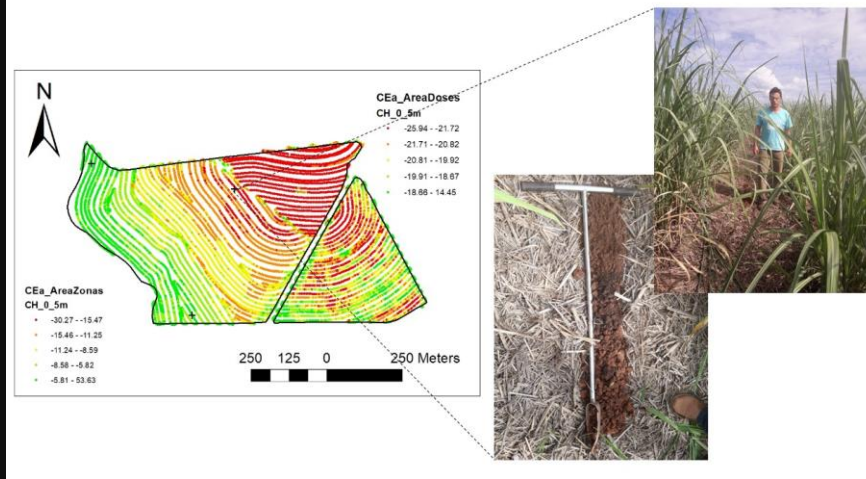


20/04/2019

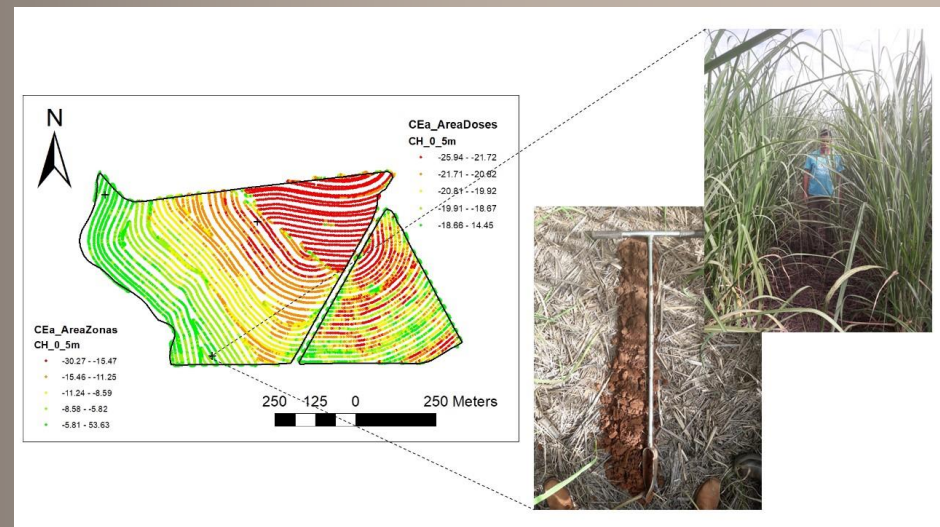
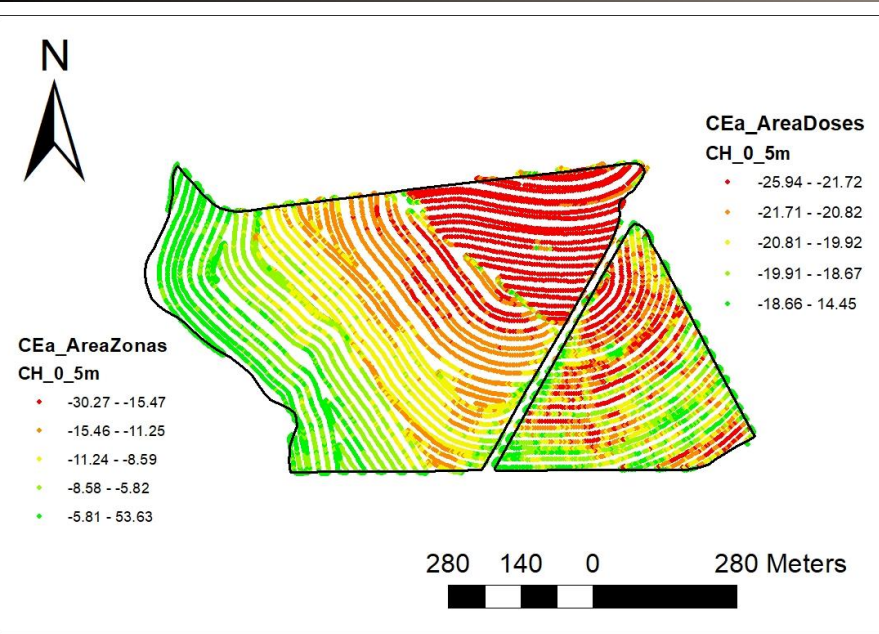


20/05/2019

Imagens orthomosaicas demonstrando variabilidade espacial e temporal no aspecto da cultura (zonas homogêneas) nas áreas sob Argissolo e sob Latossolo



Condutividade Elétrica





THE FUTURE OF AGRICULTURE

A technological revolution in farming led by advances in robotics and sensing technologies looks set to disrupt modern practice.

BY ANTHONY KING

O futuro da Agricultura

Utilizar a planta como sensor pode caracterizar o ambiente e alimentar modelos de predição

Análise da estabilidade da produtividade das culturas tem mostrado que altas sustentabilidade (alto lucro e baixo impacto ambiental) é realmente possível atualmente

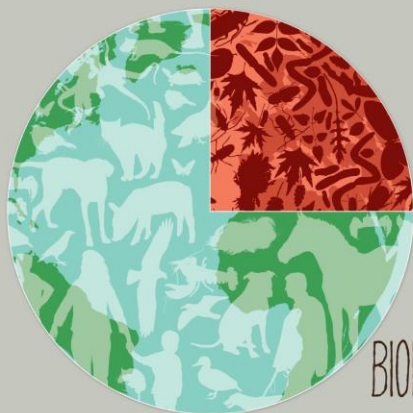
Uma abordagem geoespacial é necessário para capturar as interações entre solo, planta, manejo do solo e clima visando aumentar a sustentabilidade do sistema agrícola





Food and Agriculture Organization
of the United Nations

O SOLO ESTÁ REPLETO DE VIDA



O SOLO
ALOJA UM
QUARTO
DA
BIODIVERSIDADE
DO NOSSO PLANETA



Dia do Solo
5 Dezembro



Food and Agriculture
Organization of the
United Nations



SEJA A SOLUÇÃO À POLUIÇÃO DO SOLO
5 de Dezembro de 2018



**Dia Mundial
do Solo**

COM O APOIO FINANCIADO DE:



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra
Swiss Confederation



Food and Agriculture
Organization of the
United Nations



PARE A EROÇÃO DO SOLO
SALVE NOSSO FUTURO

**Dia Mundial
do Solo**

5 DE DEZEMBRO DE 2019



**5 de dezembro
DIA MUNDIAL DO SOLO**



**OBRIGADO
PELA ATENÇÃO**

José Eduardo Corá
JOSE.CORA@UNESP.BR