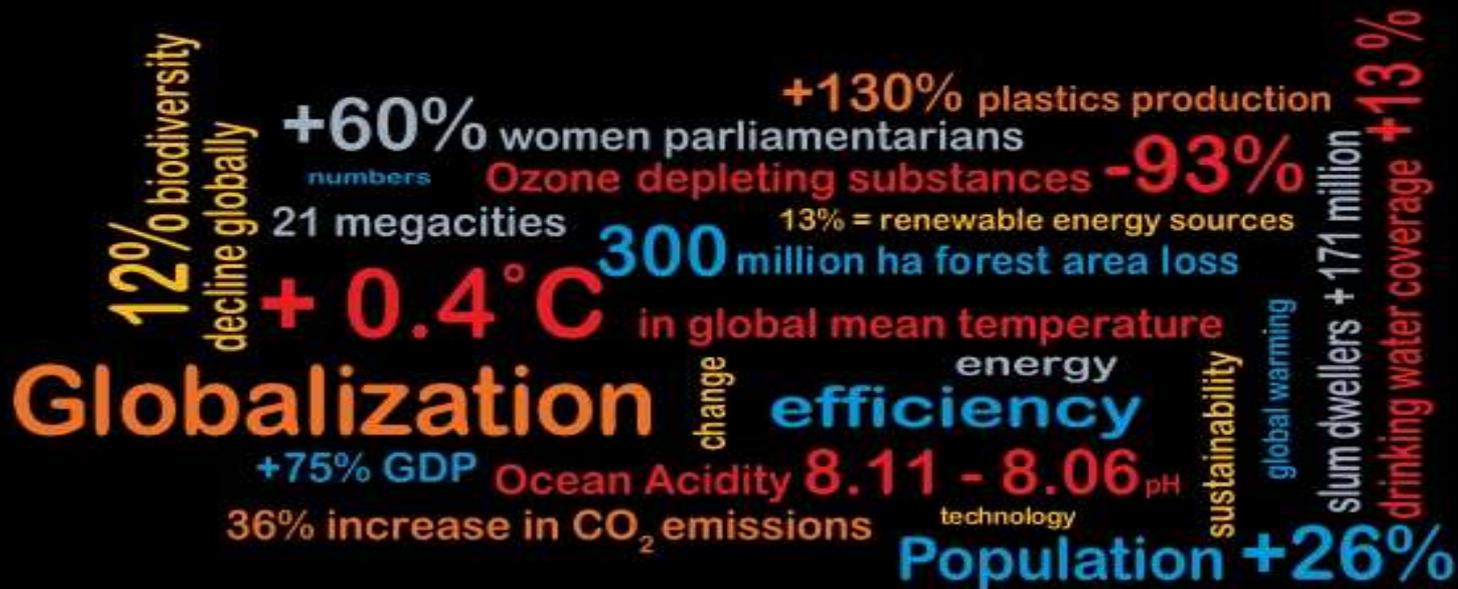


# **Matéria Orgânica do Solo: estudos de caso**

# KEEPING TRACK

of our changing environment



UNEP

From Rio to Rio+20 (1992-2012)

110p.



***População & Desenvolvimento Humano***

## Desde 1992....

- A população humana aumentou em 1 450 000 000 pessoas... ou 26%

**5,5 bilhões → 7 bilhões**

*A população global pode se estabilizar em 10 bilhões de pessoas em 2100*

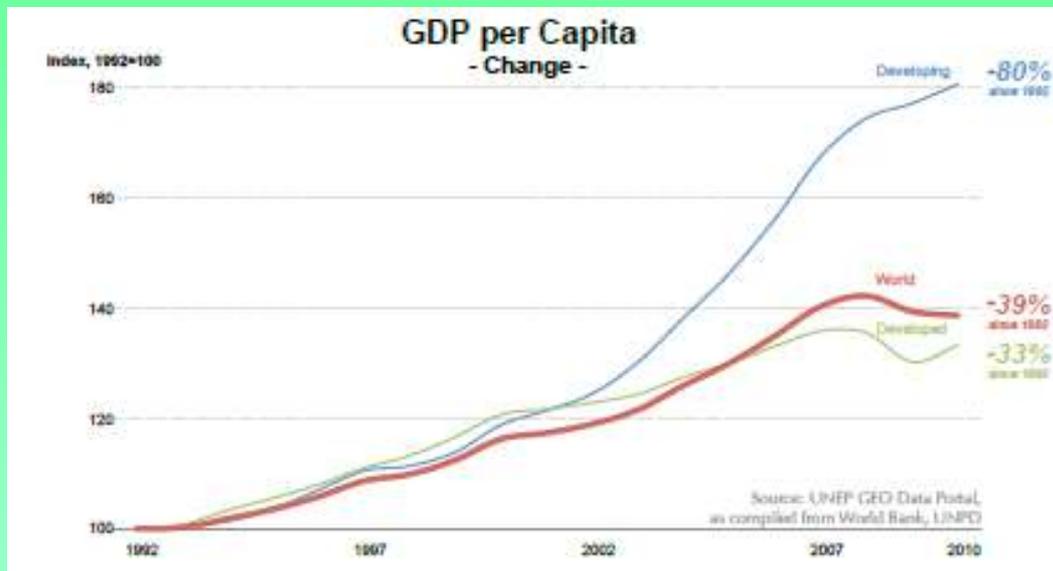
## Hoje....

- Mais de 3,5 bilhões de pessoas (50% da população) moram em áreas urbanas;
- O número de megalópoles dobrou desde 1990;
- Proporcionalmente há menos moradores de favelas,  
**46% → 33%**  
...porém o número absoluto aumentou em 26%,  
atingindo 827 milhões de pessoas

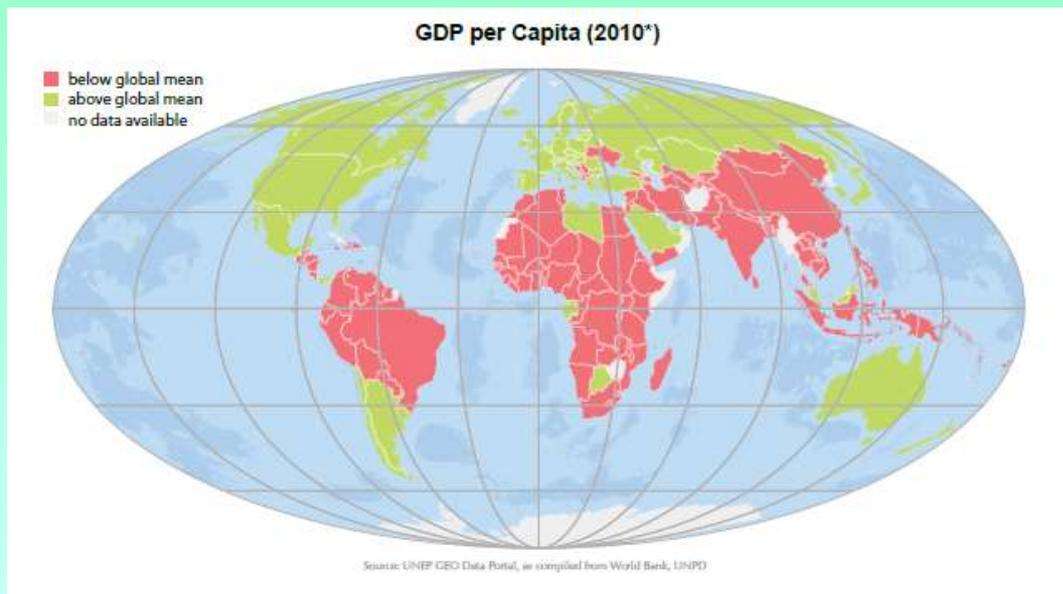


*Economia*

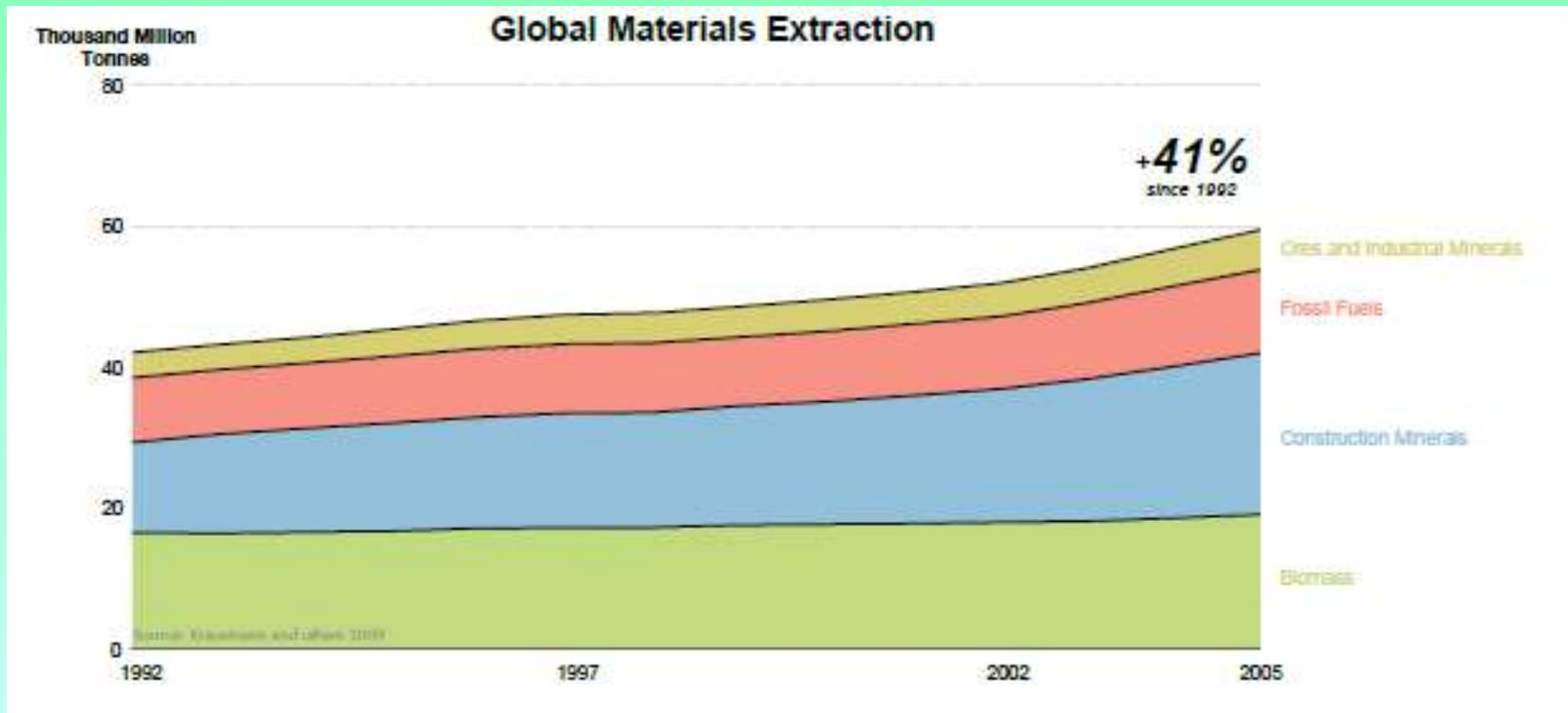
Escalada do PIB em taxa contínua....



...porém as diferenças no desenvolvimento econômico persistem

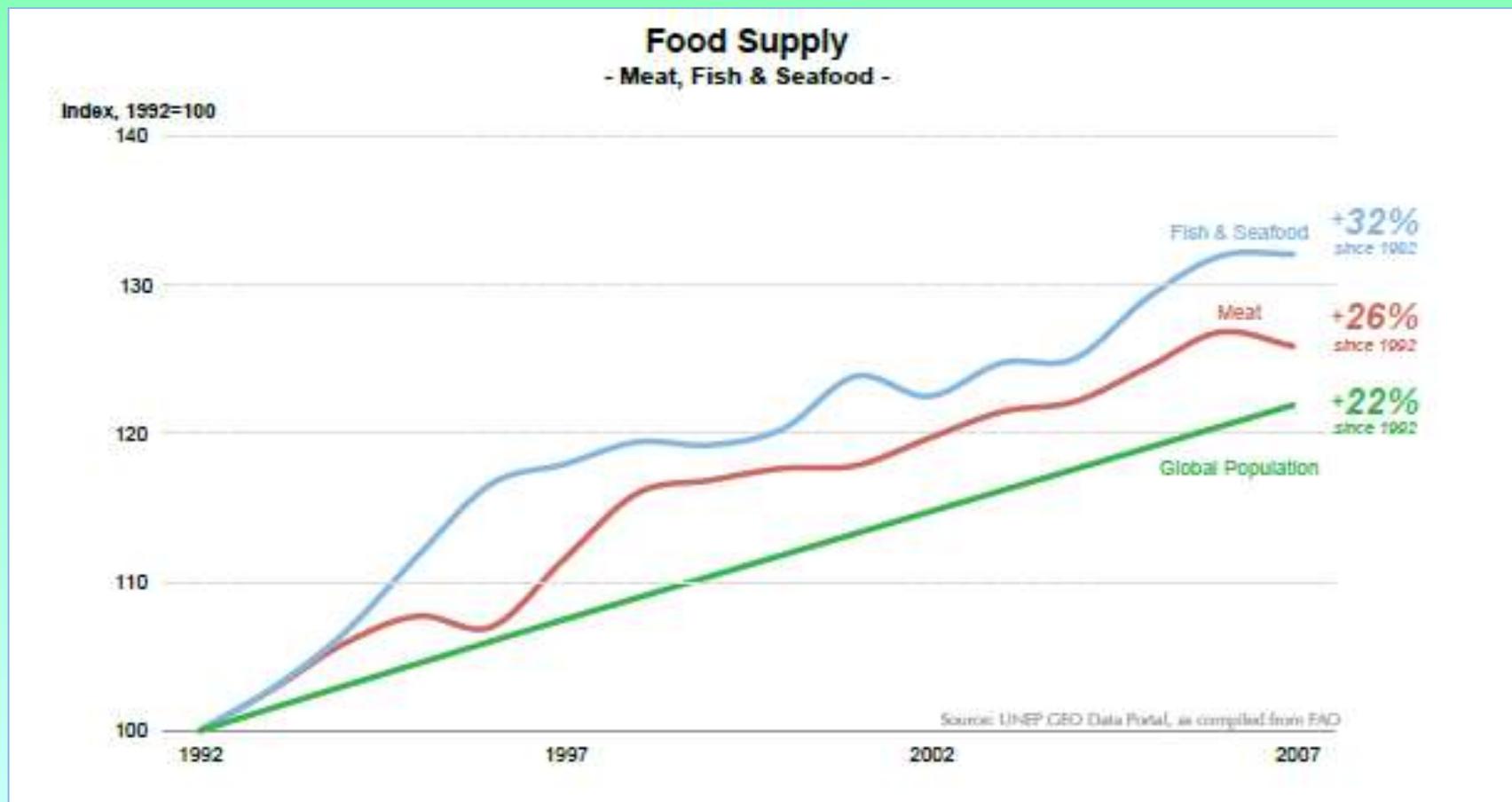


Na medida que as sociedades crescem e se tornaram mais saudáveis, a demanda por materiais básicos aumenta



**Consumo médio anual de carne aumentou de:**

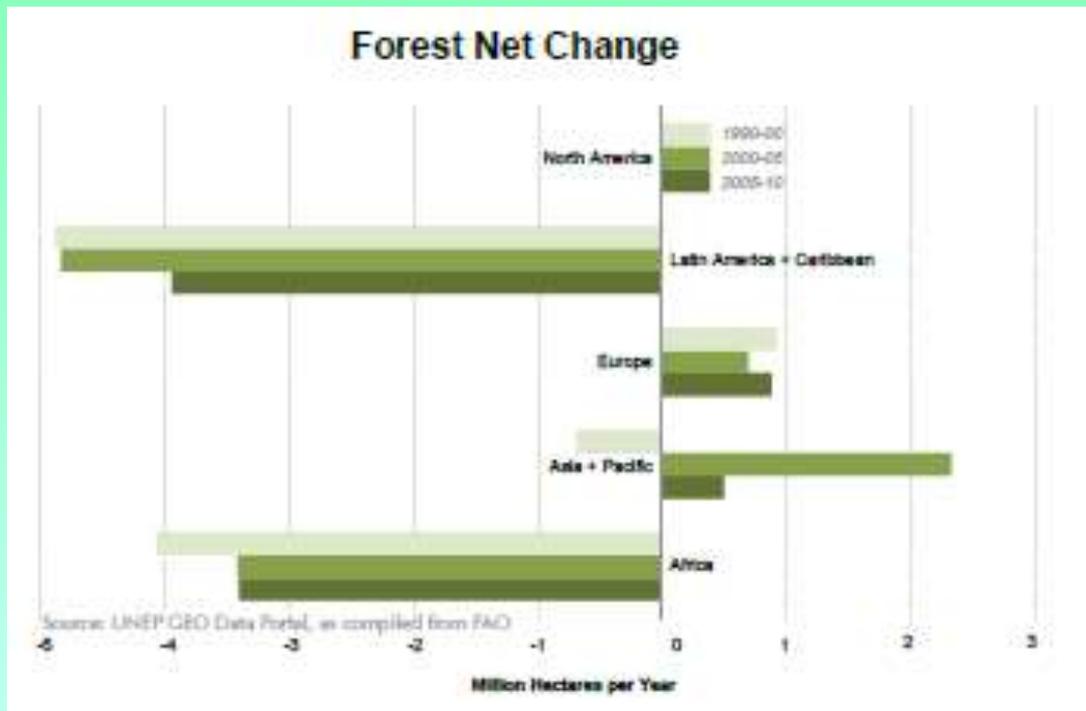
Consumo médio anual de carne aumentou de:  
**34 para 43 kg por pessoa**



A photograph of a dense tropical forest under a blue sky with scattered white clouds. A tall, slender tree with a large, rounded canopy stands on the left side. In the center, a semi-transparent grey rectangular box contains the word "Florestas" in a bold, yellow, italicized font. The forest is filled with various shades of green, indicating a rich and diverse ecosystem.

***Florestas***

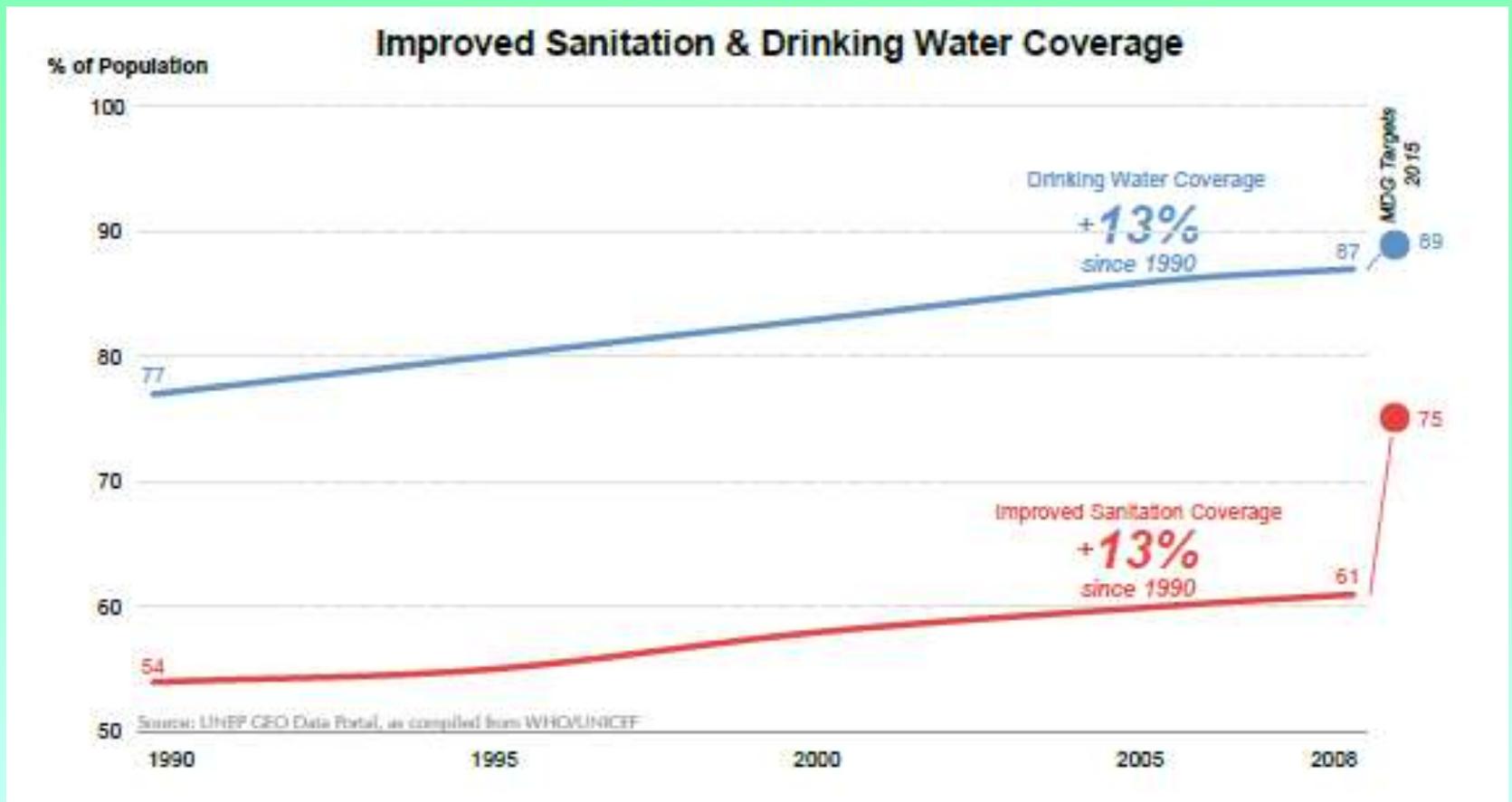
**A área de florestas diminuiu 300 milhões de ha desde 1990, ou uma área maior do que a Argentina**





*Água*

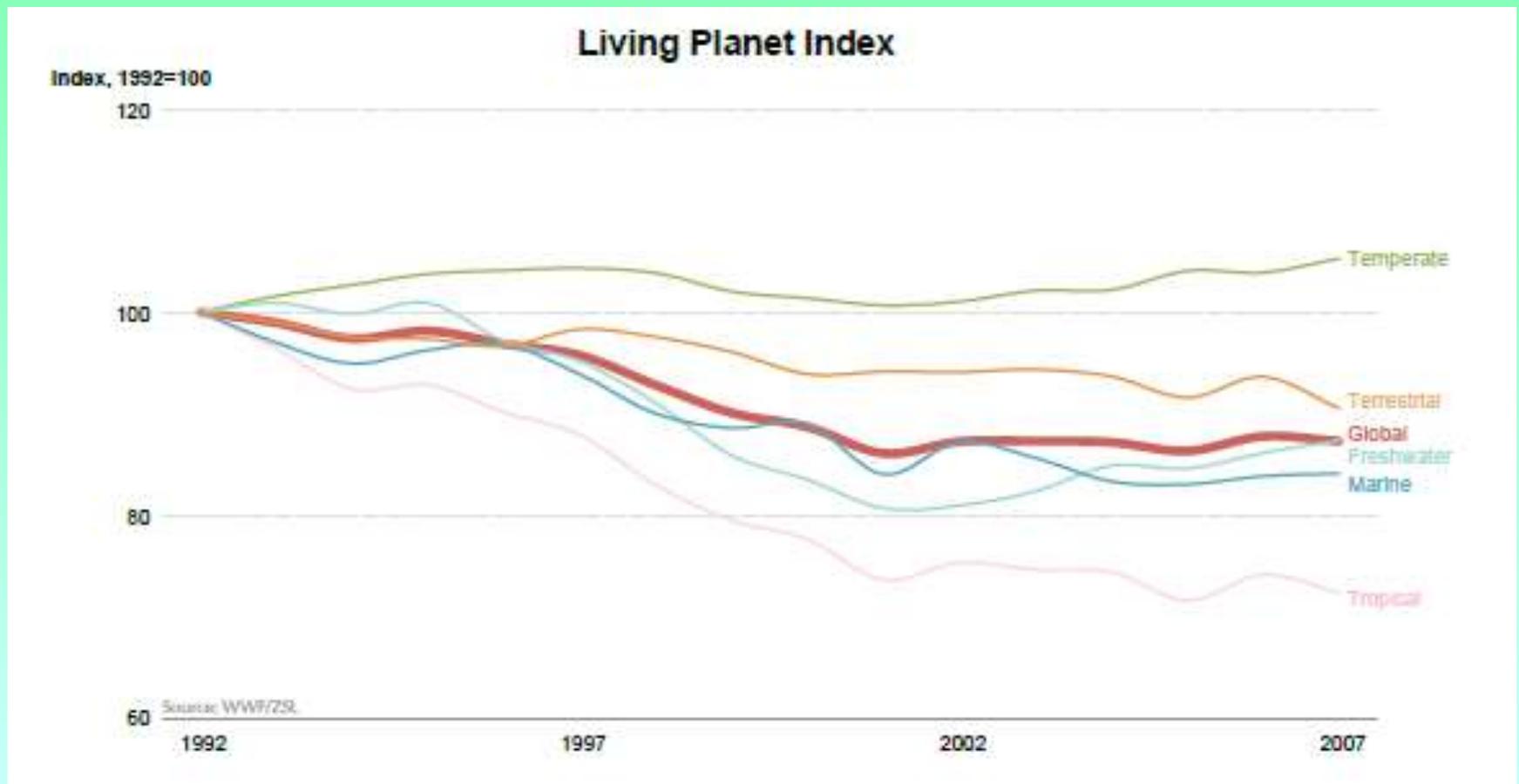
O fornecimento de água potável chegou a 87% das pessoas, mas o mundo está longe de atingir a meta de tratar 75% do esgoto





***Biodiversidade***

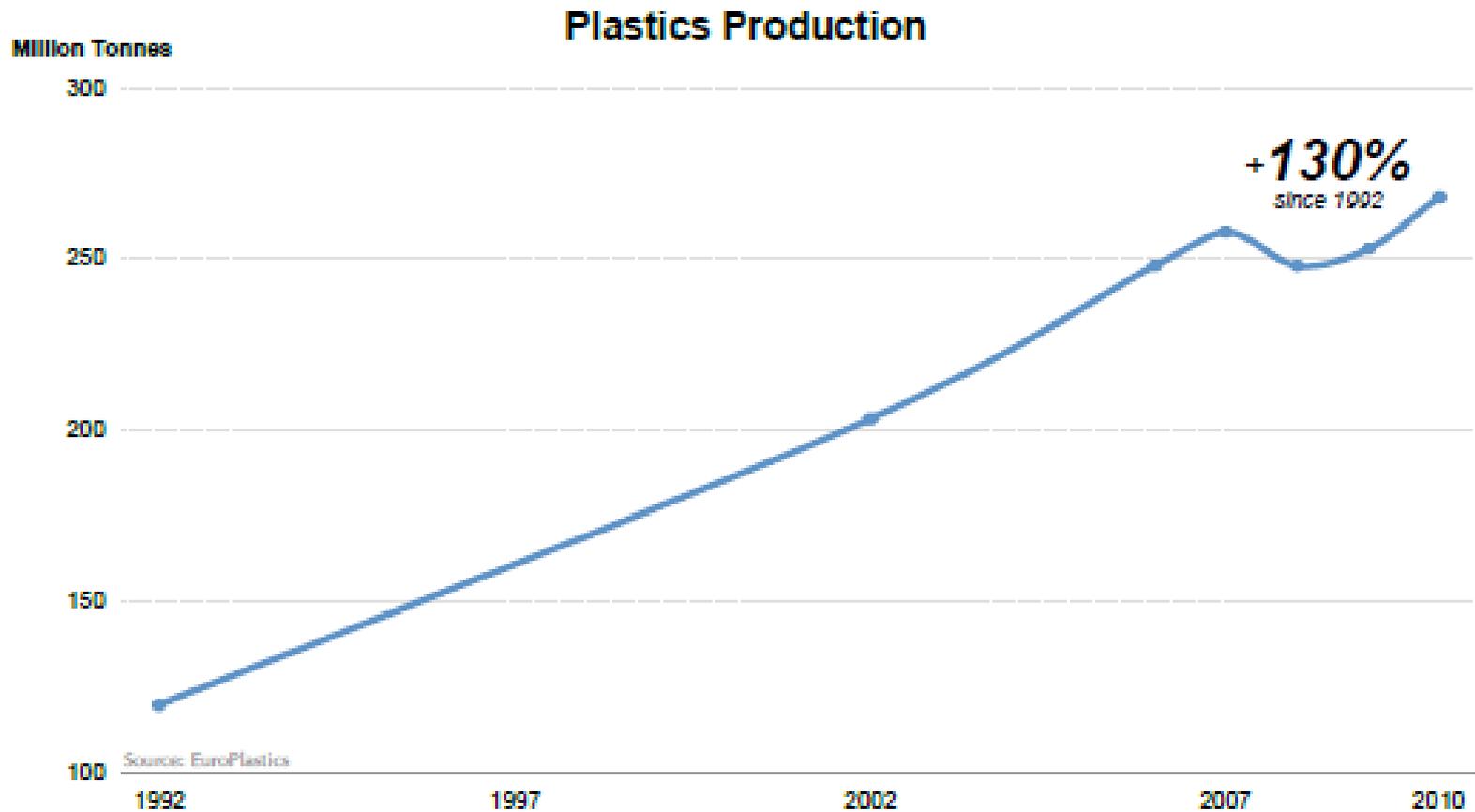
**O Índice Planeta Vivo foi reduzido em cerca de 12% em escala global e em 30% nos trópicos**



# *Resíduos e Produtos Químicos*



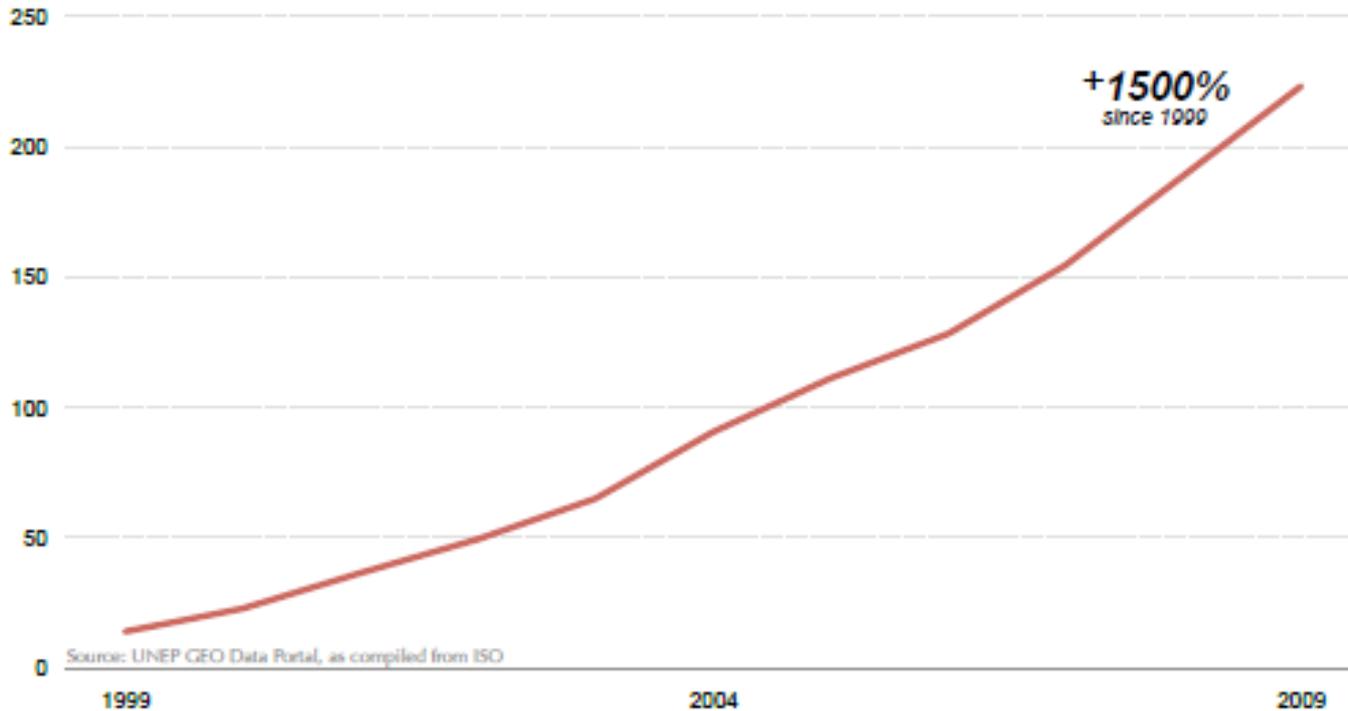
# Plásticos se decompõem muito lentamente, criando um dos maiores impactos ambientais de longa duração



# O setor privado está aumentando a adoção de protocolos de manejo ambiental

Number of Certificates  
In Thousands

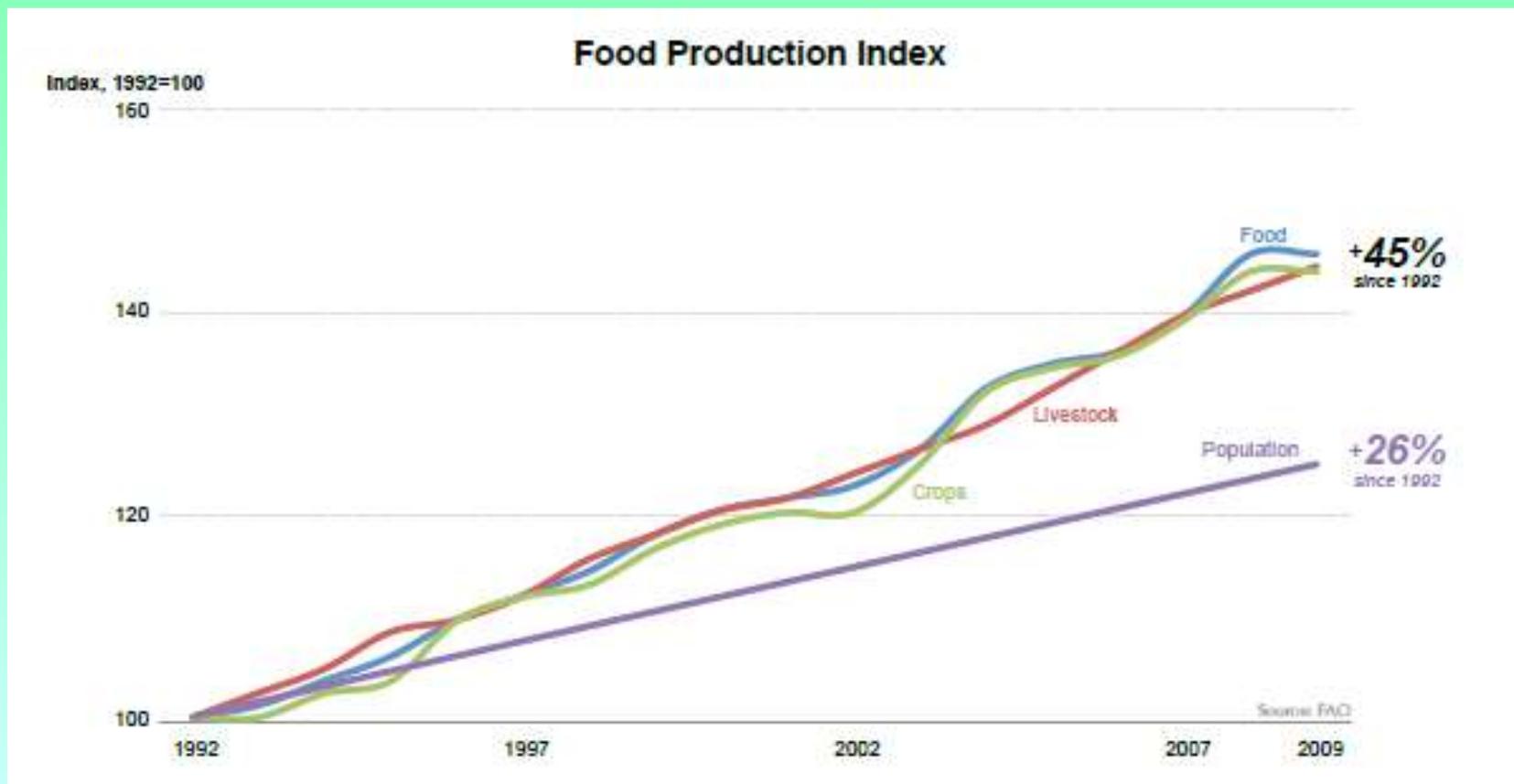
## ISO 14001 Certifications



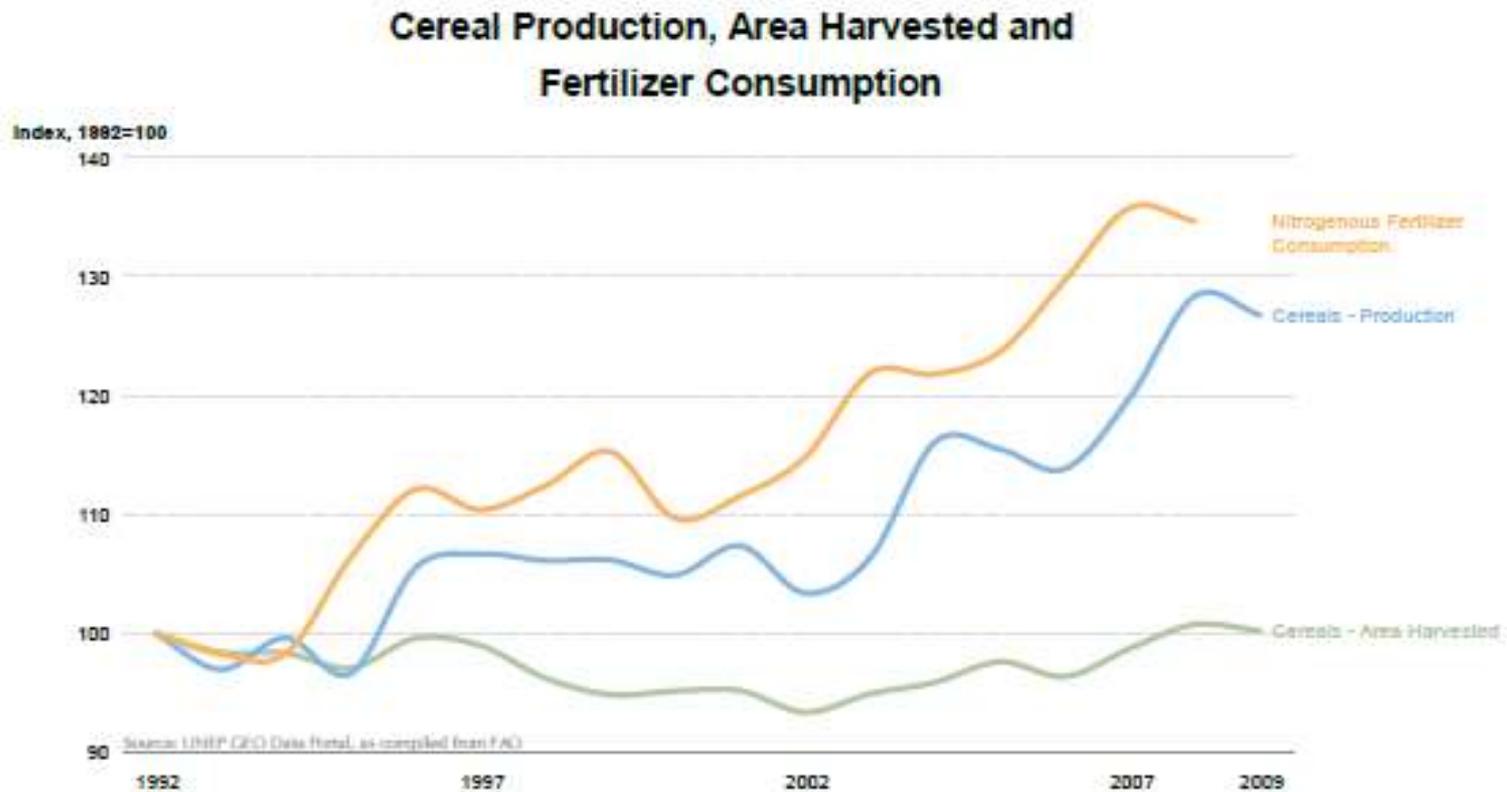
A red combine harvester is shown in a field, harvesting crops. The machine is moving from left to right, with a large metal hopper at the top. The background features a clear blue sky with scattered white clouds. The word "Agricultura" is written in a bold, yellow, italicized font across the center of the image.

*Agricultura*

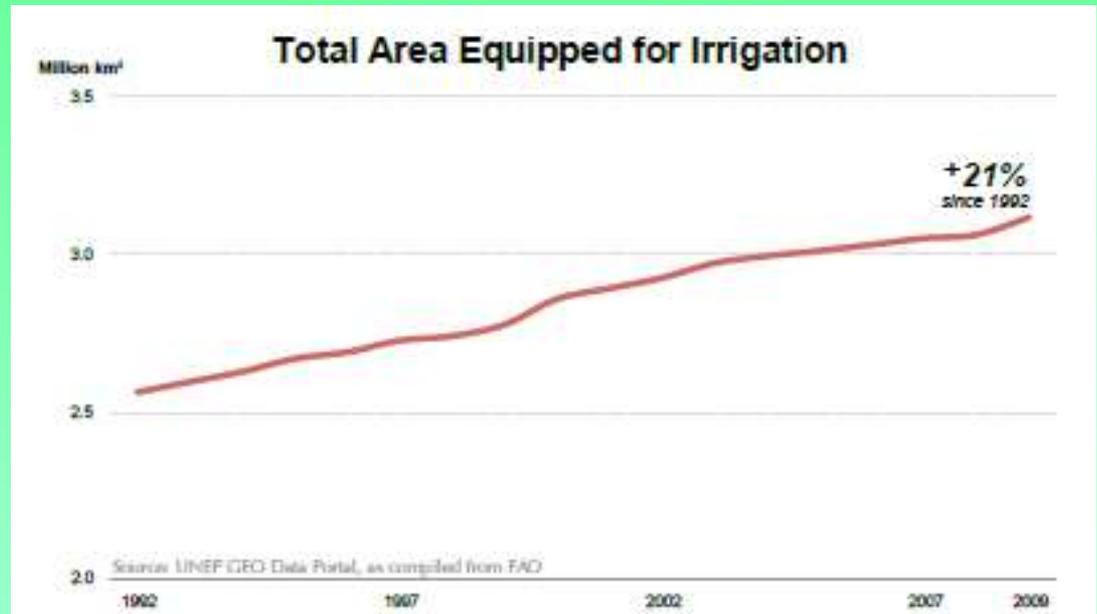
**A produção de alimentos vem aumentando continuamente a uma taxa que excede o crescimento populacional**



# O aumento da produtividade agrícola depende diretamente do uso de fertilizantes



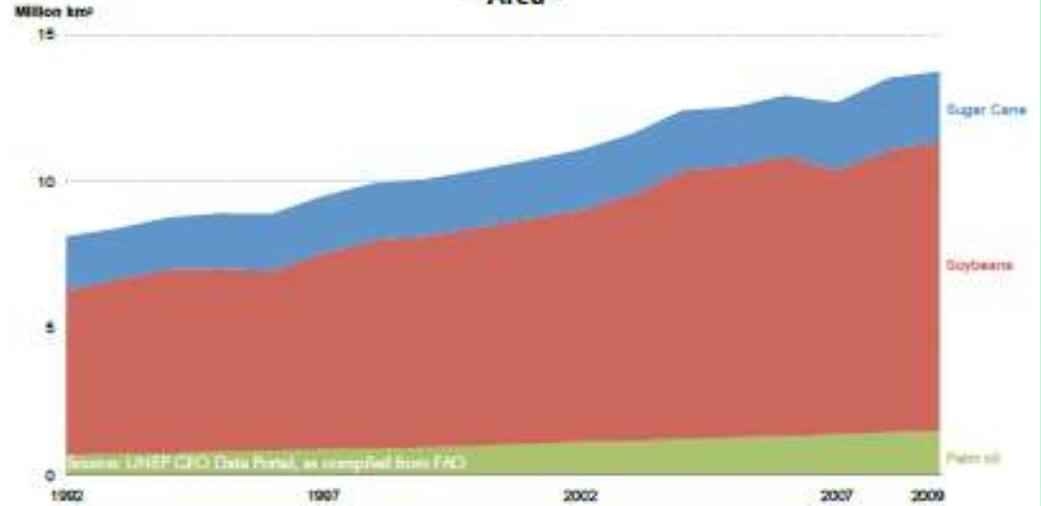
Enquanto o aumento da infraestrutura da irrigação pode aumentar as colheitas, ela pressiona a disponibilidade de água doce



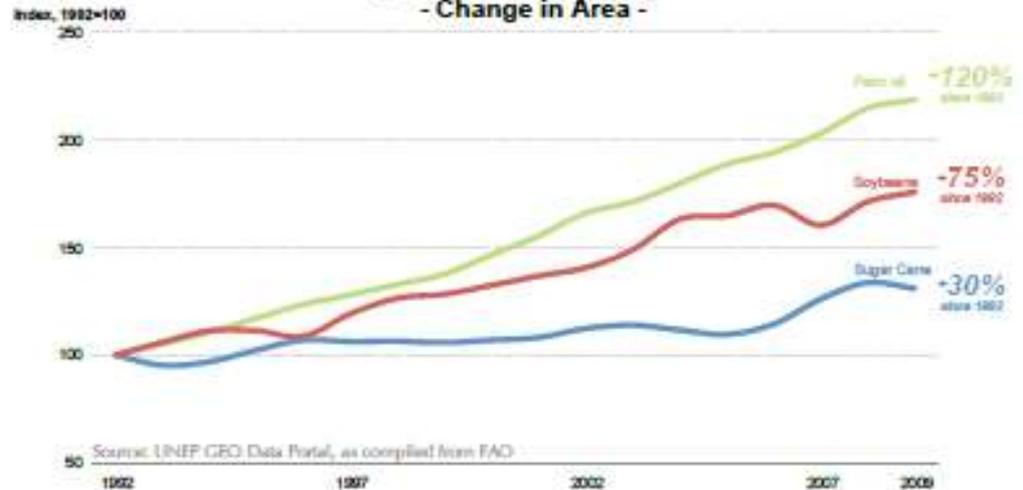
**Três culturas se  
expandiram  
dramaticamente  
nos trópicos**

Três culturas se expandiram dramaticamente nos trópicos

Selected Crops in Humid Tropical Countries  
- Area -



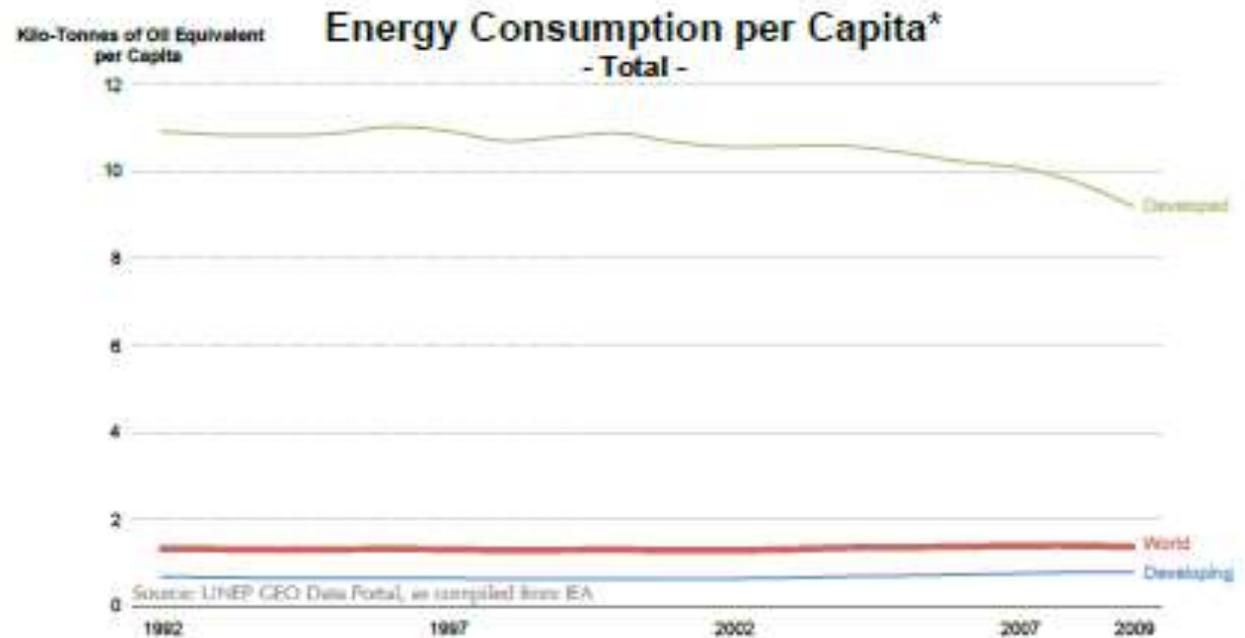
Selected Crops in Humid Tropical Countries  
- Change in Area -



A stylized tree with a dark trunk and several thin, dark branches. At the end of each branch is a glowing white flower. The background is a warm, blurred gradient of orange and yellow, suggesting a sunset or sunrise. The word "Energia" is written in a yellow, italicized font on a light gray rectangular background, centered over the tree's branches.

*Energia*

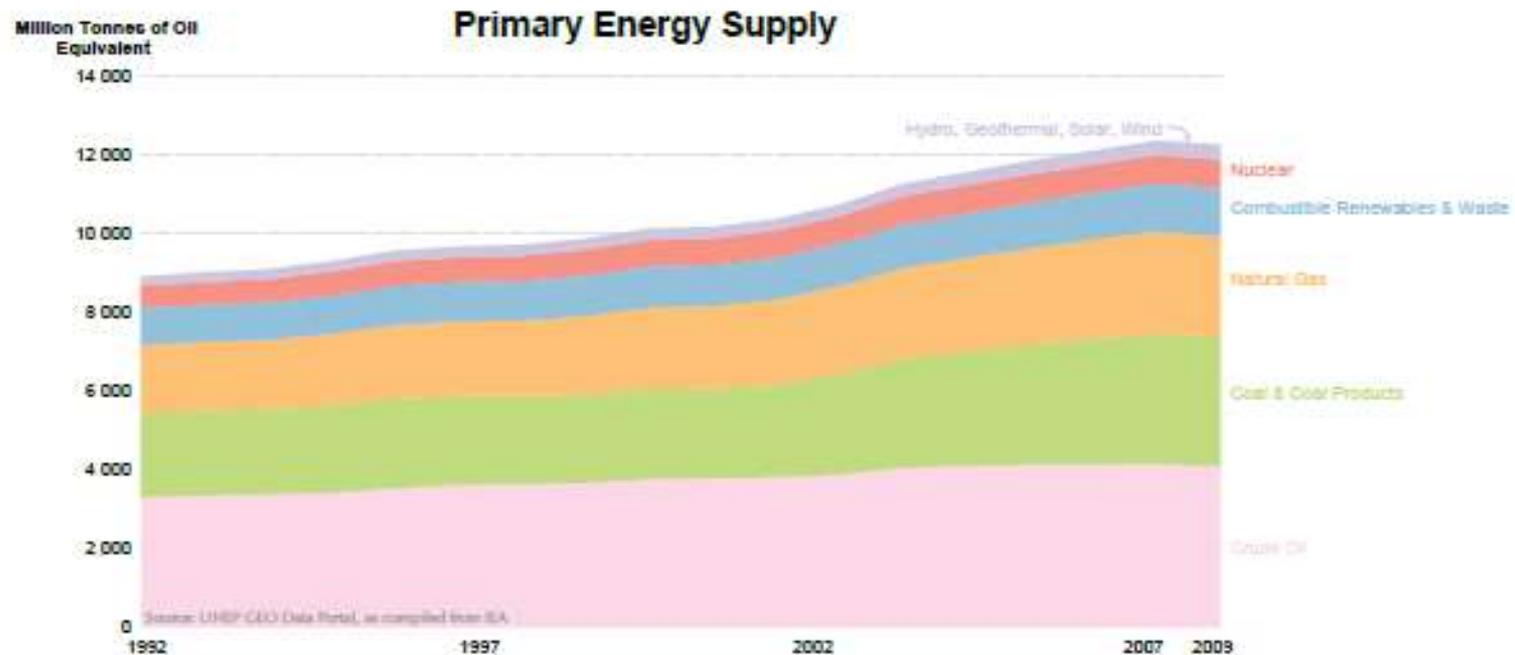
O consumo de energia nos países desenvolvidos é cerca de 12 vezes mais elevado que nos países em desenvolvimento



**O padrão de luz visível do espaço demonstra a divisão elétrica (e digital) do Norte em relação ao Sul**



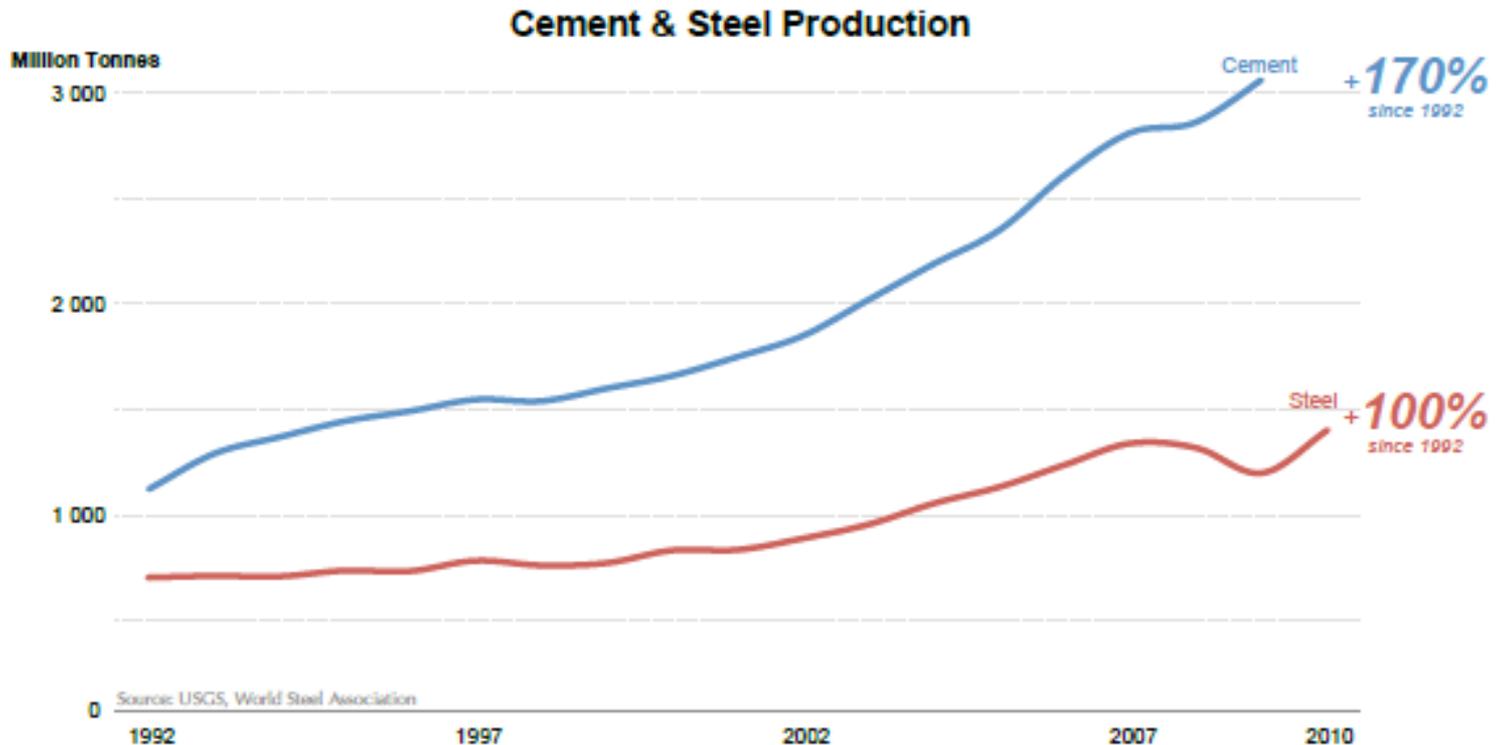
**As fontes de energia renováveis (incluindo biomassa) contabilizam hoje somente 13% da energia global....**



An aerial photograph of a dense urban skyline, likely San Francisco, with a semi-transparent white text box overlaid in the center. The text box contains the title 'Industria, Transporte e Turismo' in a bold, italicized, yellow font. The background shows a variety of skyscrapers and buildings, with a prominent tall, thin tower in the upper center.

***Industria, Transporte e Turismo***

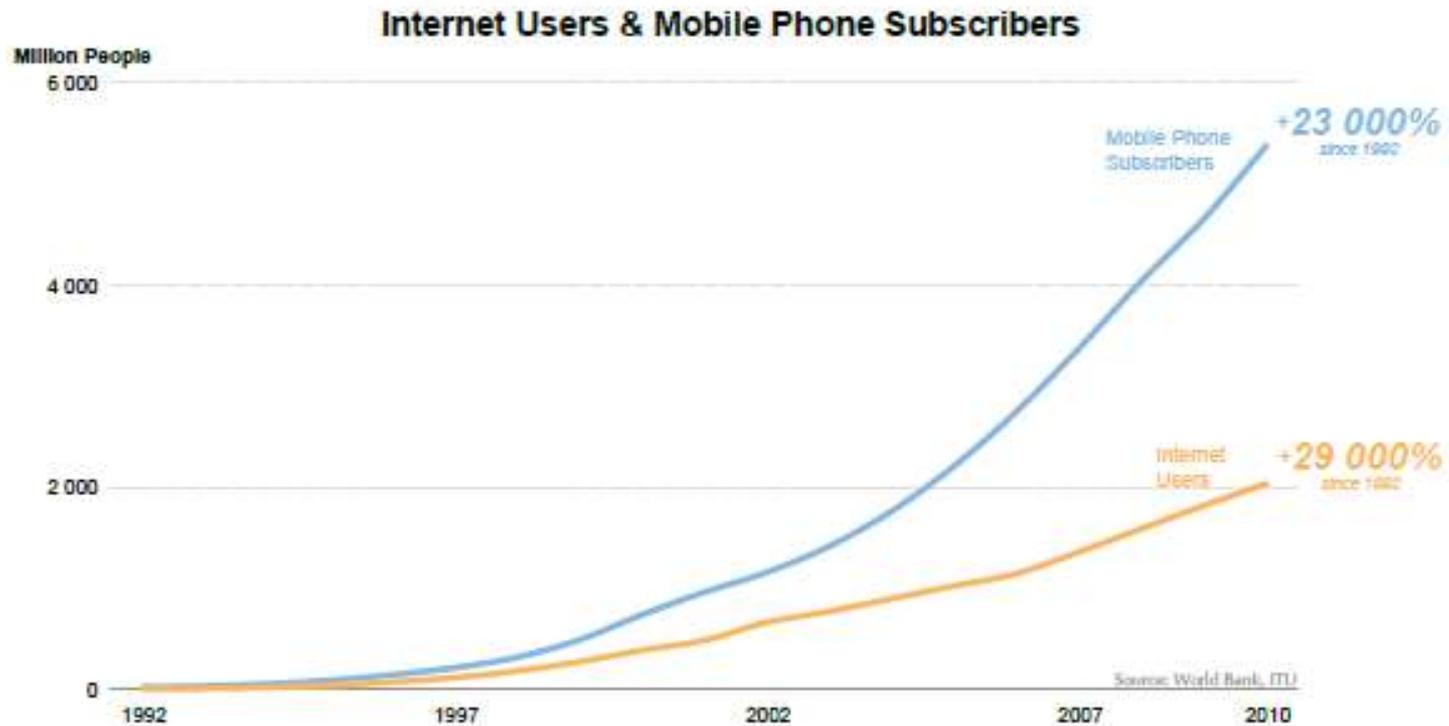
# Materiais básicos de construção atendem uma demanda sempre crescente do setor de construção



*Tecnologia*



# A “aldeia global” se desenvolveu rapidamente com base em novas tecnologias



# SUSTENTABILIDADE

**O crescimento da população e da riqueza se deram às custas do ambiente....**



A avaliação do impacto ambiental na Terra é feita através da **“pegada ecológica”**

O **Global Footprint Network** avaliou a pegada ecológica da terra em 6 categorias com base no cálculo do que cada pessoa, cada país, e por fim a população mundial consomem em recursos naturais (em ha):

- terras para cultivo
- pastagens
- florestas
- áreas para pesca
- demanda de carbono
- terrenos para construção de prédios

# SUSTENTABILIDADE



A Terra dispõe de **13,4 bilhões de hectares globais (hag)** para

- terras para cultivo
- pastagens
- florestas
- áreas para pesca
- demanda de carbono
- terrenos para construção de prédios

A pegada ecológica média de cada pessoa em 2010 era de 2,7 hag para uma população de 6,7 bilhões de pessoas

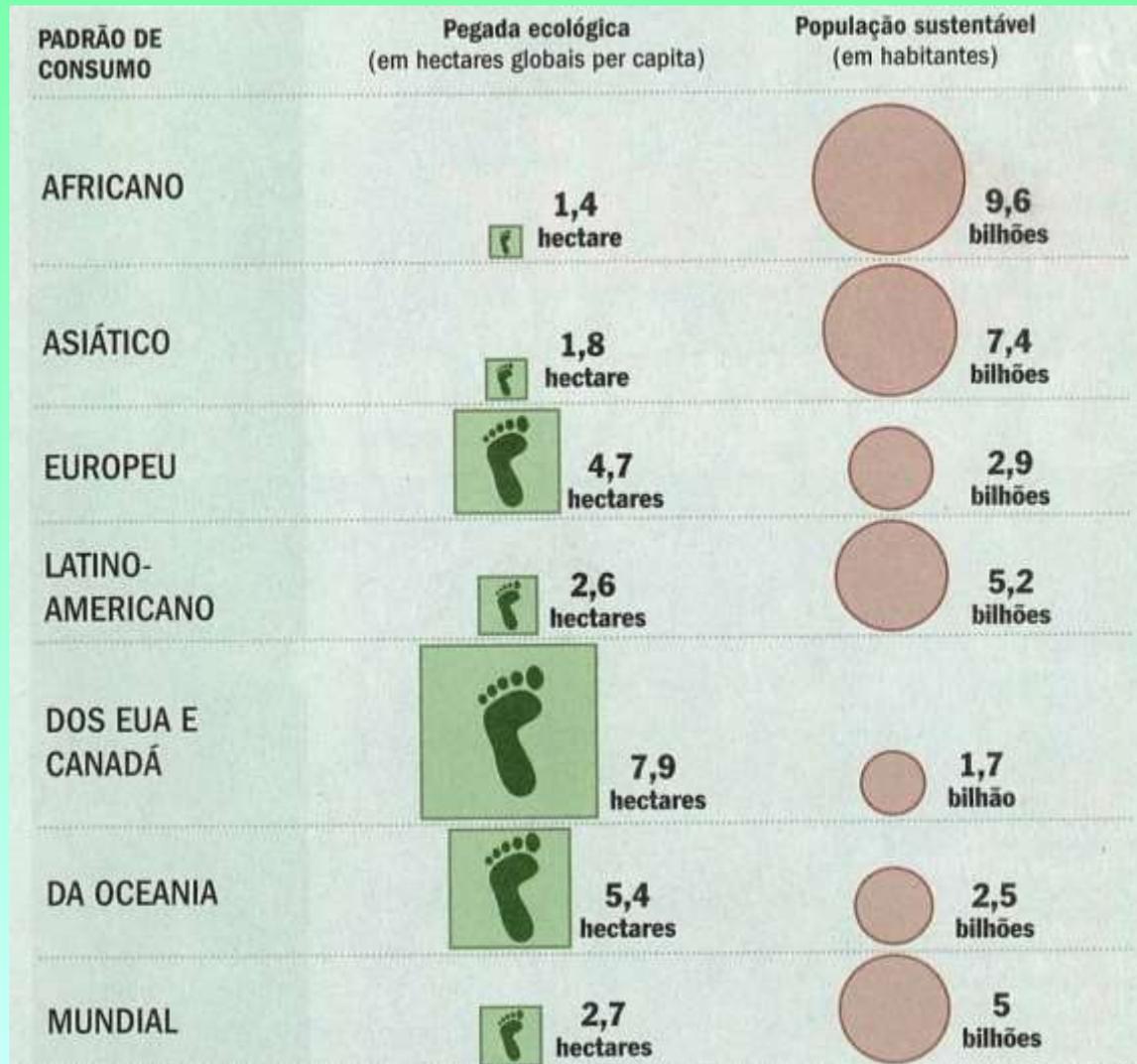
Para sustentar essa população seriam necessários **18,1 bilhões de hag**

Portanto, já ultrapassamos a capacidade de sustentação do planeta em **4,5 bilhões de hag**

# SUSTENTABILIDADE

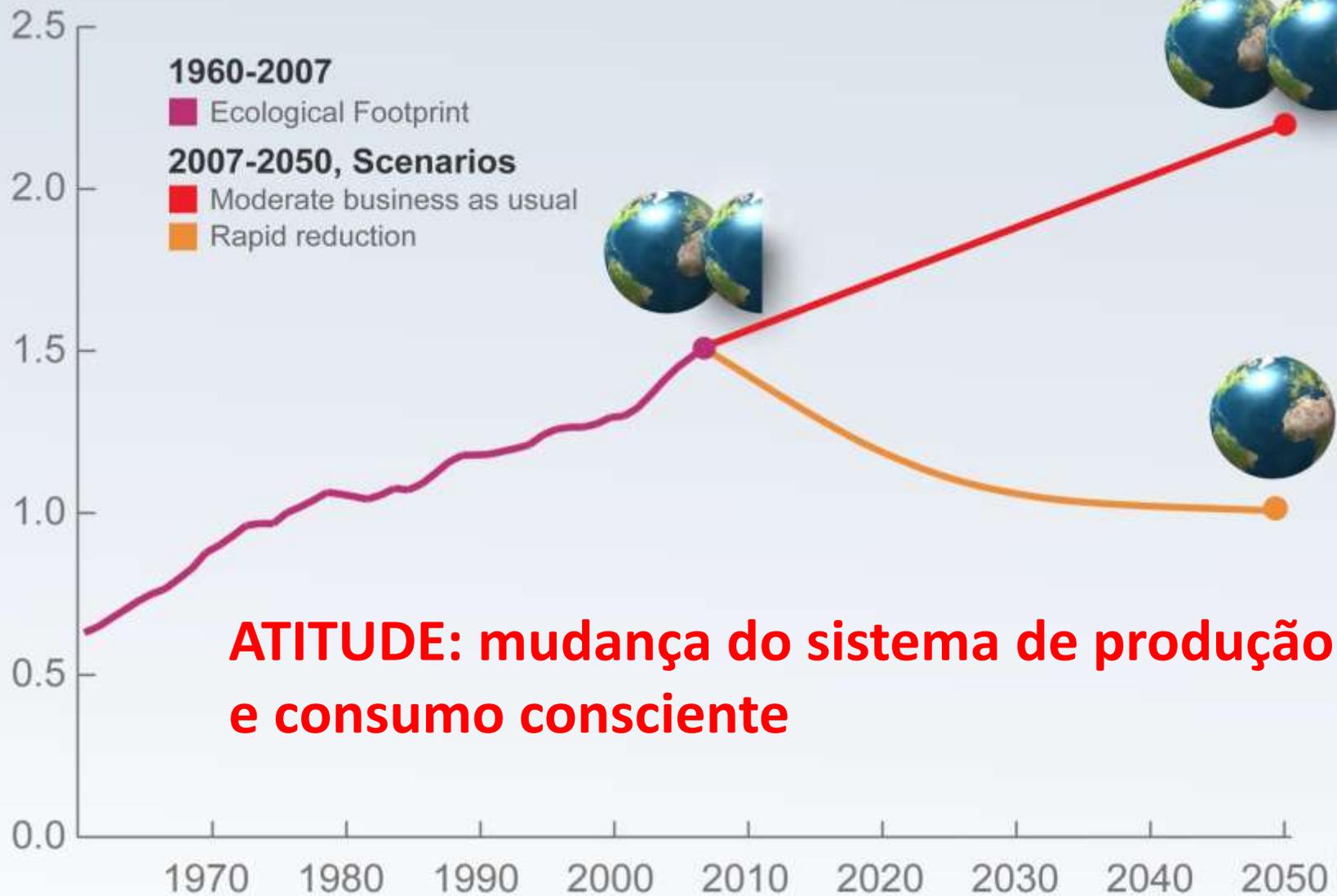
Quantos habitantes a Terra pode sustentar ??

...depende do padrão de consumo da população



Fonte: José Eustáquio Diniz Alves, com base nos dados da Global Footprint Network 2010

# SUSTENTABILIDADE



**ATITUDE: mudança do sistema de produção e consumo consciente**

*y-axis: number of planet earths, x-axis: years*

## Qual o nosso entendimento sobre sustentabilidade?

### Brundtland report

WCED, 1987. *Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development (WCED)*. Oxford University Press, NY.



*Gro Harlem Brundtland*

### Primeira definição sobre **desenvolvimento sustentável**

Sustentabilidade é a capacidade de “suprir as necessidades da geração presente sem afetar a **habilidade** das gerações futuras de suprir as suas” (Relatório de Brundtland, 1987)

(WCED, 1987, p. 8).

*Triple Bottom Line* ou **Tripé da Sustentabilidade**  
(Elkington, 1994)



# Indicadores econômicos

Economicidade da cadeia produtiva e qualidade do produto final



Redução de perdas e desperdícios na cadeia produtiva



Competitividade do produto agrícola no mercado interno e/ou externo

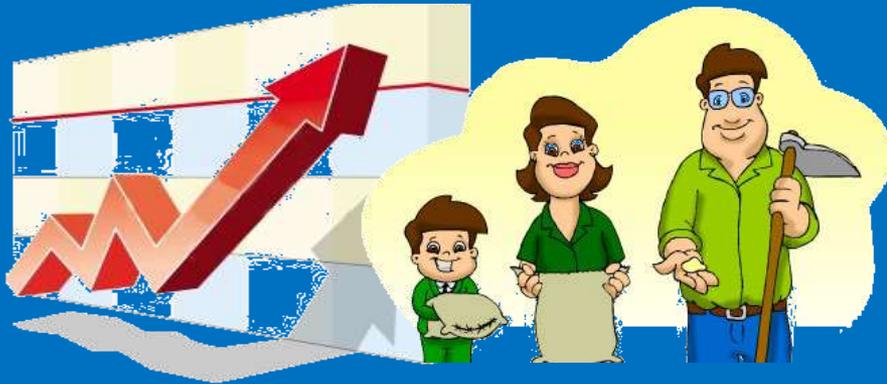


Produtividade compatível com os investimentos feitos



# Indicadores sociais

Geração de renda para o trabalhador rural



Organização social da produção agrícola



Remuneração compatível à atividade



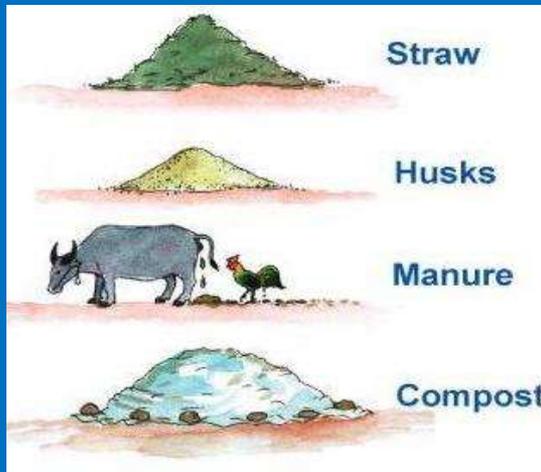
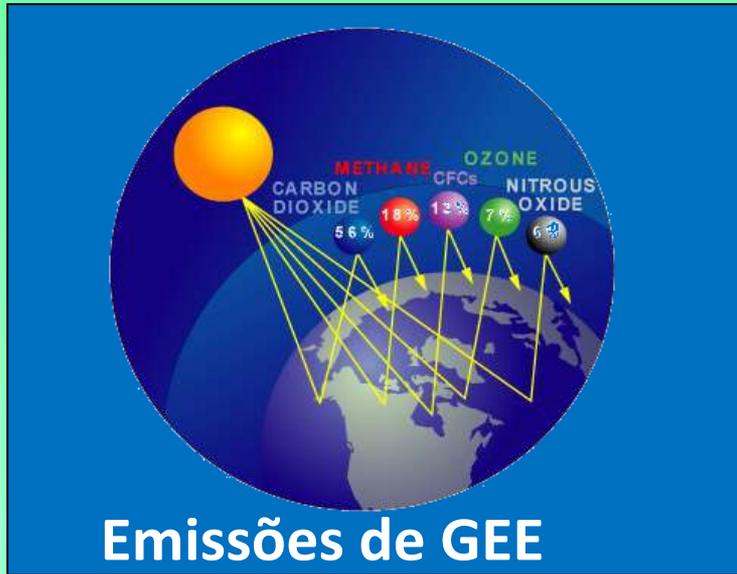
Segurança alimentar e nutricional



Condições dignas de trabalho



# Indicadores ambientais



# MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT

## ECOSYSTEMS AND HUMAN WELL-BEING

VOLUME 1  
CURRENT STATE AND TRENDS



Challenges of the Conditions and Trends Working Group

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT

## ECOSYSTEMS AND HUMAN WELL-BEING

VOLUME 2  
SCENARIOS



Challenges of the Scenarios Working Group

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT

## ECOSYSTEMS AND HUMAN WELL-BEING

VOLUME 3  
POLICY RESPONSES



Challenges of the Response Working Group

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT

## ECOSYSTEMS AND HUMAN WELL-BEING

VOLUME 4  
MULTISCALE ASSESSMENTS



Challenges of the Multiscale Assessments Working Group

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT

**Volume 1 (948 paginas)  
Current State & Trends**

**Volume 2 (596 paginas)  
Scenarios**

**Volume 3 (654 paginas)  
Policy Responses**

**Volume 4 (412 paginas)  
Multiscale Assessments**

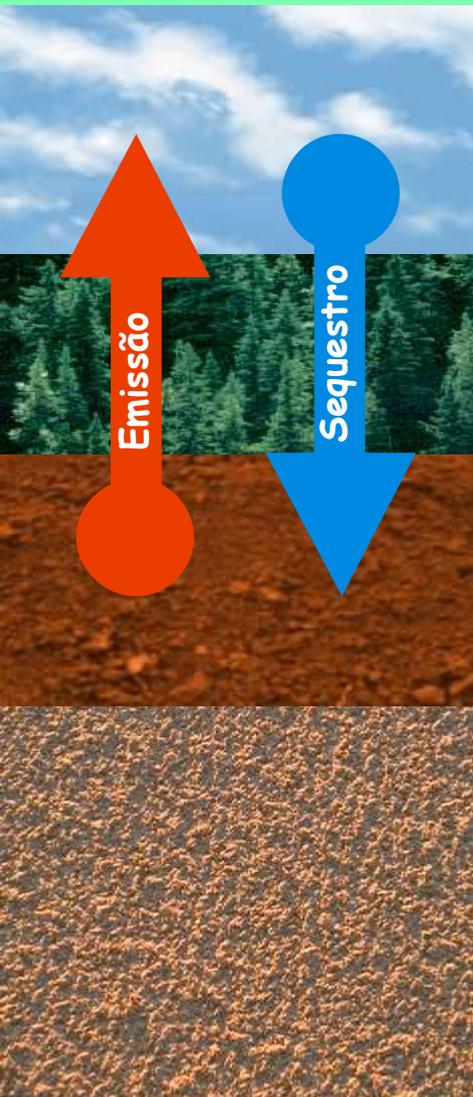
<http://www.millenniumassessment.org/en/index.aspx>

**Encomendado pela ONU  
1300 pesquisadores de 95 países**

# Carbono do solo como indicador



# Importância do solo no ciclo global do C



Atmosfera	Pg 750	- $\Delta$
Vegetação	470-655	
Solo (0-30cm)	~800	
Solo (1m)	1500-2000	

Valores em Gt de C (1Gt =  $10^9$  t = 1 Pg)

# Qual é o tamanho da “Vulnerabilidade”

## Estoques



Atmosfera=750

Vegetação=600

~800  
0-30 cm

Solos = 1500-2000  
(0-1m)

Valores em bilhões de toneladas de C

# Qual é o tamanho da “Vulnerabilidade”

## Estoques

Atmosfera=750

Vegetação=600

~800 no  
0-30 cm **0,1%**  
Perturbação  
minima

Solos = 1500-2000  
(0-1m)

## Fluxos

+4,1 ± 0,1

0,7 ± 0,5

7,0 ± 0,3

2,2 ± 0,5

Quarto relatório do IPCC (2014)

Valores em bilhões de toneladas de C

## Sequestro de Carbono no Solo

**Sequestro de  
C solo**

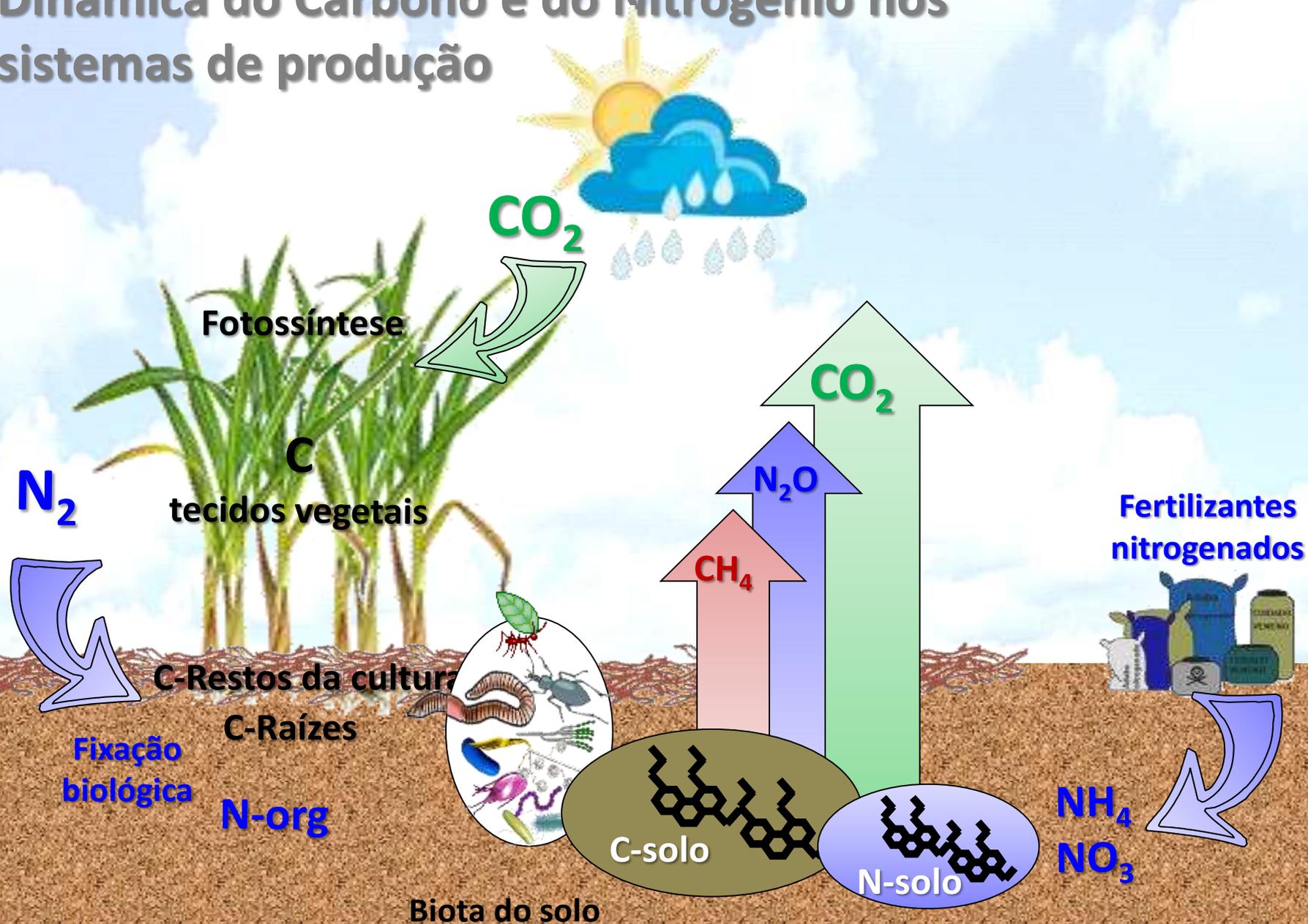
**=**

**Acúmulo  
C solo**

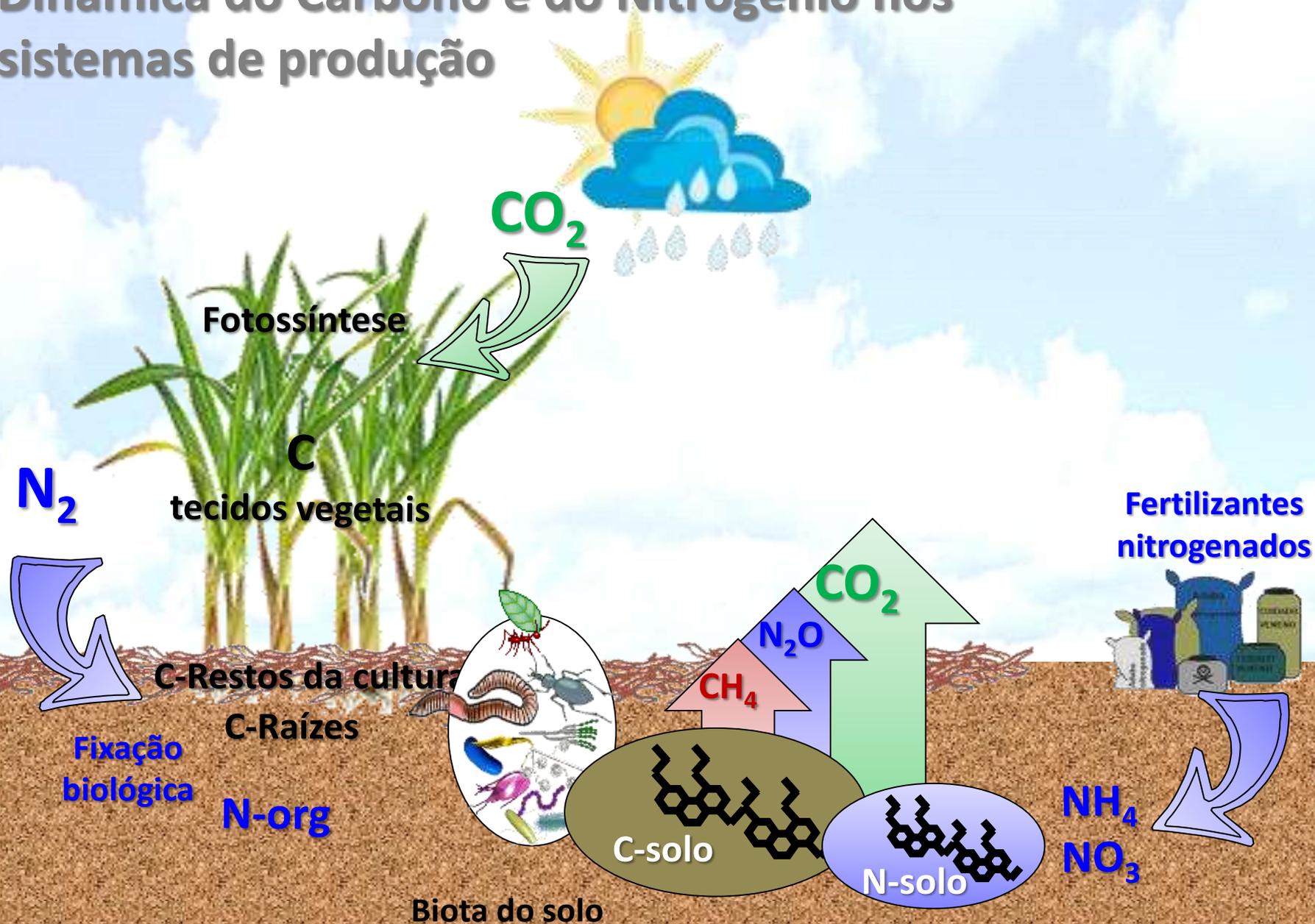
**-**

**Emissão de Gases de  
Efeito Estufa**

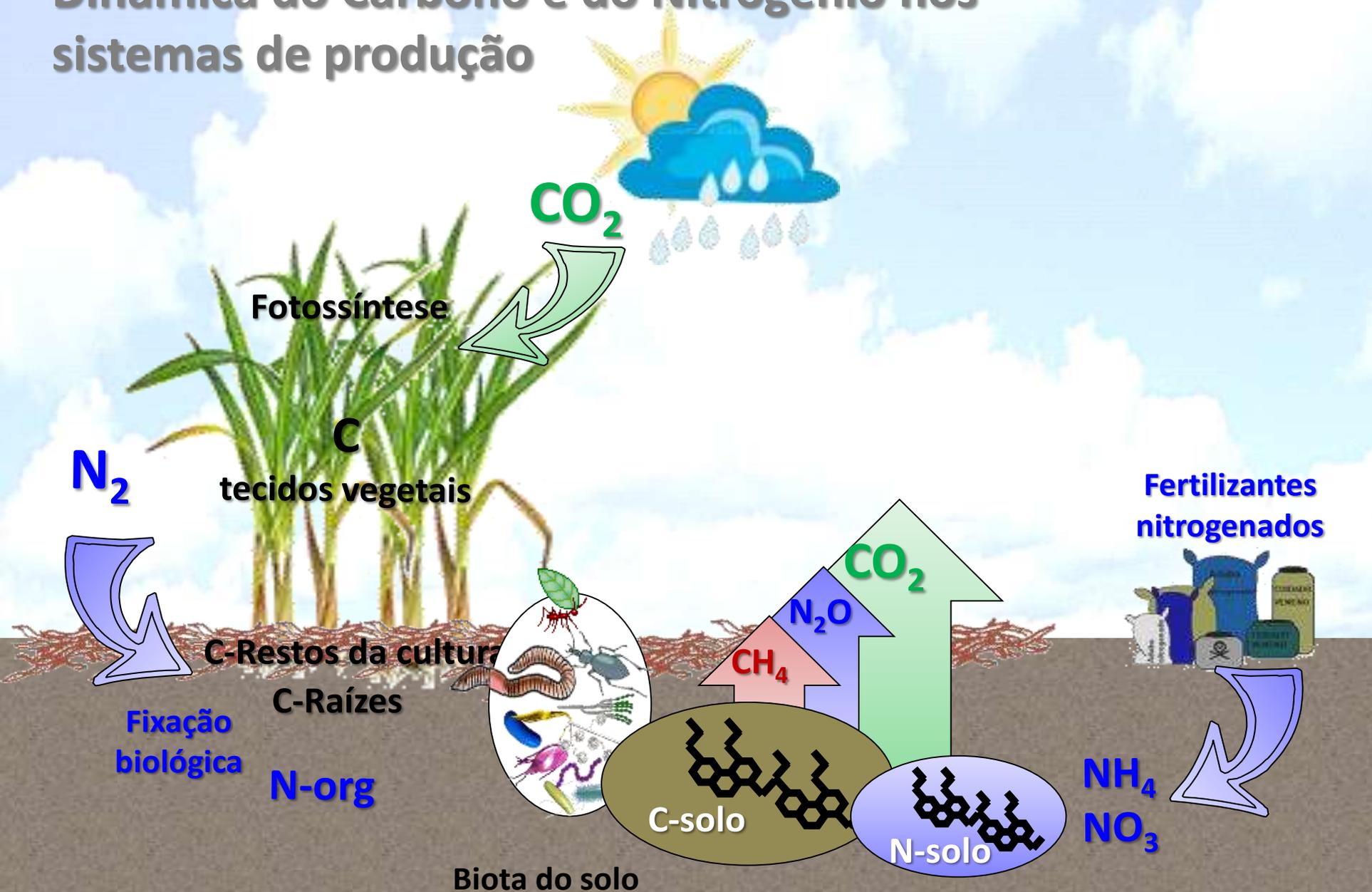
# Dinâmica do Carbono e do Nitrogênio nos sistemas de produção



# Dinâmica do Carbono e do Nitrogênio nos sistemas de produção



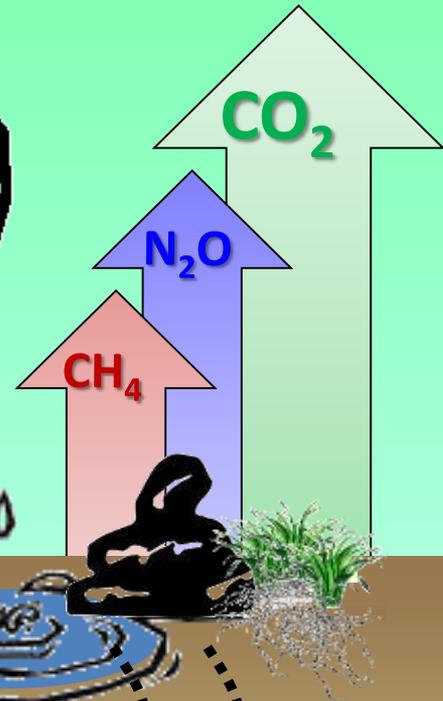
# Dinâmica do Carbono e do Nitrogênio nos sistemas de produção



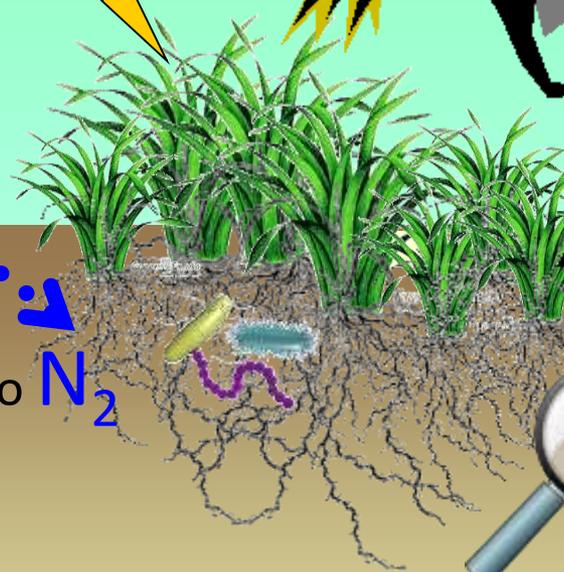
# Dinâmica do Carbono e do Nitrogênio nos sistemas de produção



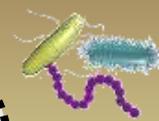
$CO_2$   
Fotossíntese



Fixação  $N_2$



- serapilheira
- exsudatos de raiz
- raízes mortas



decomposição

C e N do solo

HUMUS

# Sequestro de Carbono no Solo

**Sequestro de  
C solo**

**=**

**Acúmulo  
C solo**

**-**

**Emissão de Gases de  
Efeito Estufa**

# Sequestro de Carbono no Solo

Sequestro de  
C solo

=

Acúmulo  
C solo

-

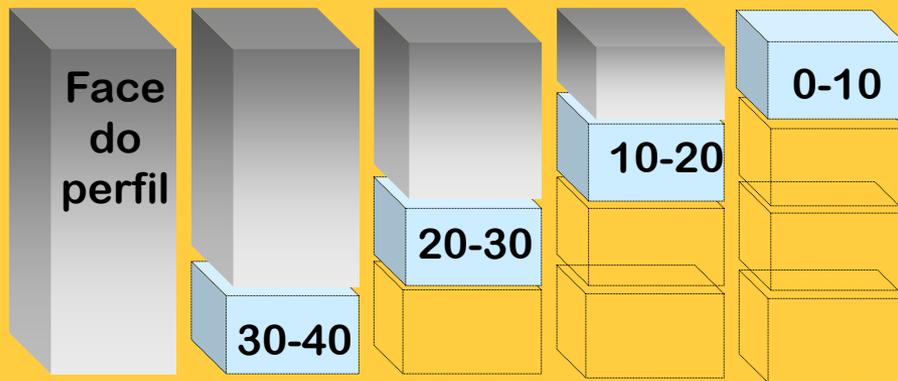
Emissão de Gases de  
Efeito Estufa

# Cálculo do Estoque de carbono no solo

## A amostragem do solo

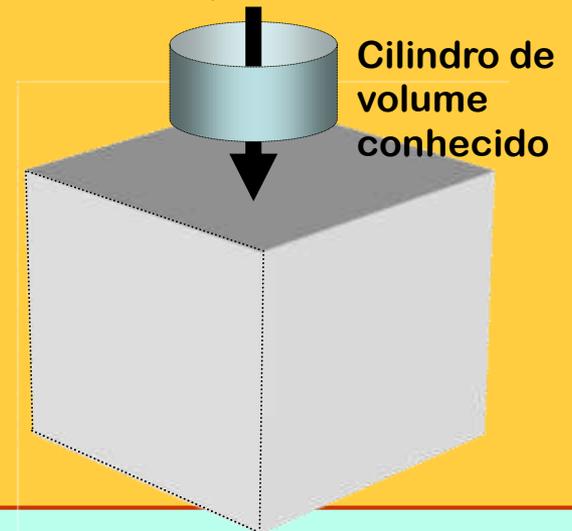
### Teor de Carbono

Amostragem do solo para análise



### Densidade

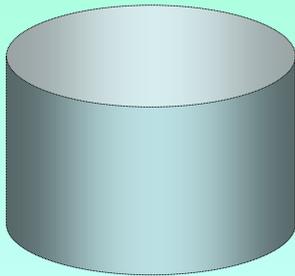
Amostragem na superfície



# Cálculo da densidade das camadas do solo

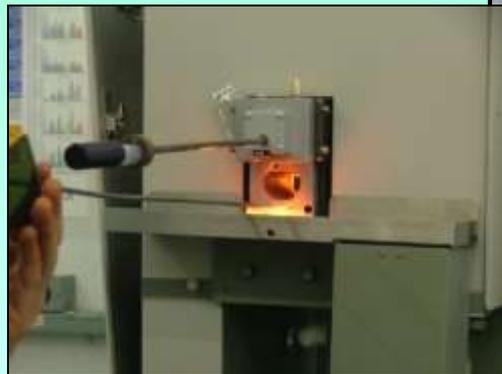


$$d = \frac{m}{v}$$



Peso do solo contido no cilindro = m

Volume do cilindro = v



# A quantificação do teor de carbono nas amostras de solo



**Auto-analisador LECO CN-2000**

**forno**

**C → Infravermelho**

**N → Condutividade térmica**

**Resultados em %C e %N**

# Sequestro de Carbono no Solo

**Sequestro de  
C solo**

**=**

**Acúmulo  
C solo**

**-**

**Emissão de Gases de  
Efeito Estufa**

## Medida da emissão de gases pelo solo



# Emissão de GEE pelo solo, resíduos e fertilizantes









Emissões de dejetos (urina e fezes) de animais





# Coleta de amostras de metano emitido por resíduos líquidos







**Fluxos de gases do  
efeito estufa :  
medição contínua e  
acurada em tempo real**





# Sequestro de Carbono no Solo

**Sequestro de  
C solo**

**=**

**Acúmulo  
C solo**

**-**

**Emissão de Gases de  
Efeito Estufa**

Reduzir as emissões

Aumentar a fixação

Gestão dos sistemas de produção



# Plantio convencional X plantio direto

Sistema convencional

Sistema Plantio Direto

GEE

Redução da emissão

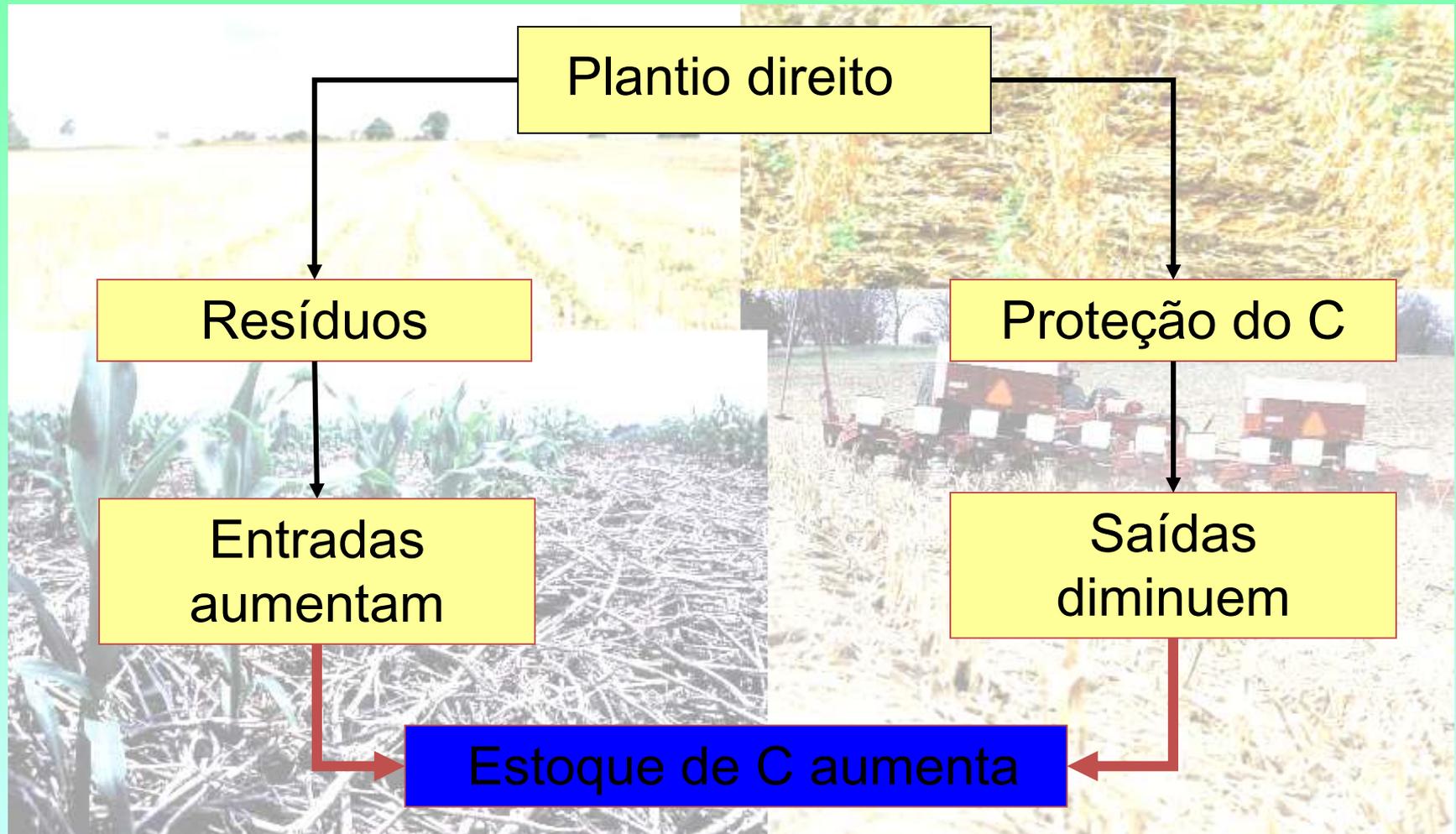


Decréscimo do estoque de C do solo

Aumento do estoque de C solo

Acúmulo de C do solo

## Mecanismos do incremento do C estocado



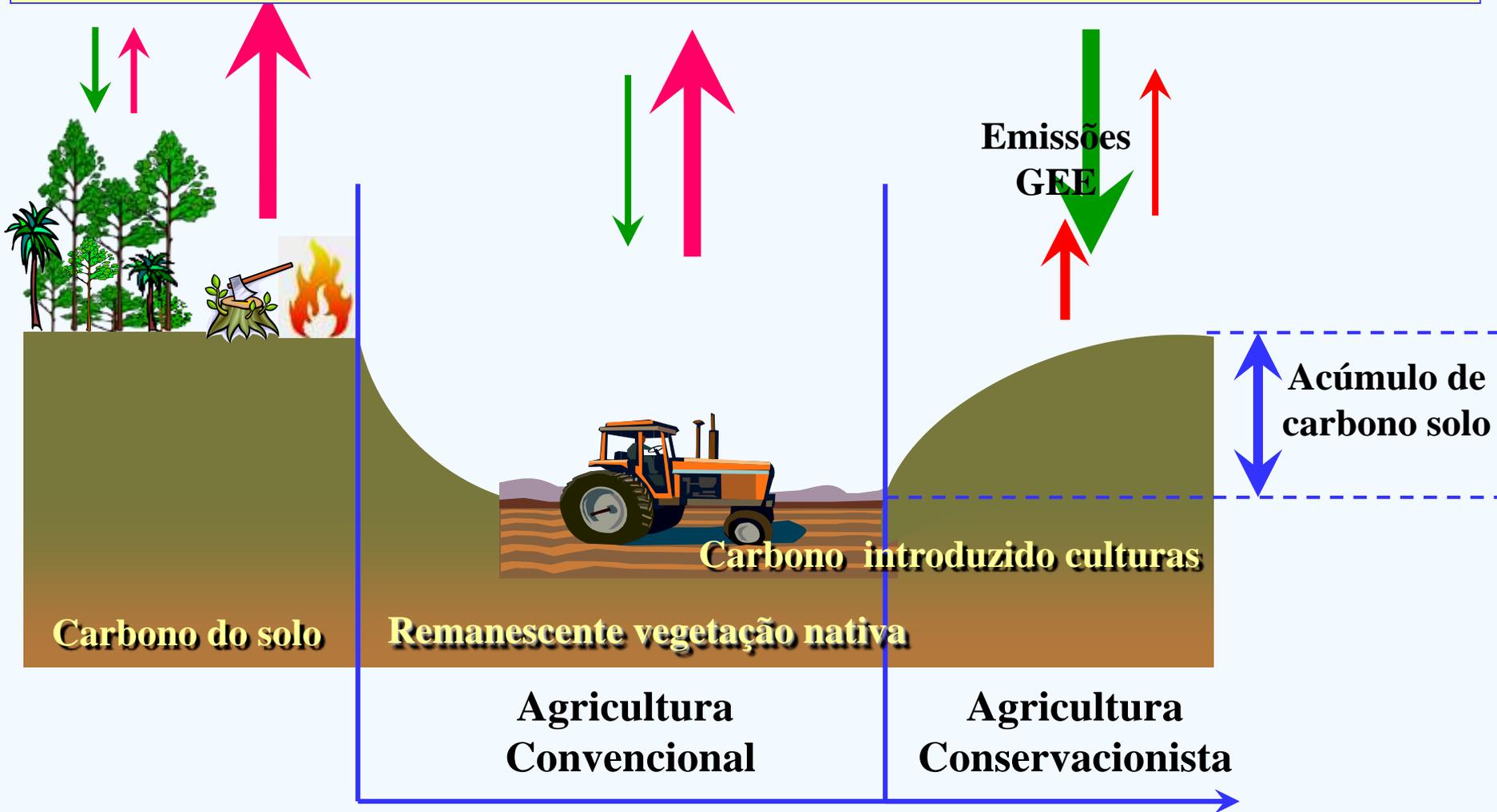
**Seqüestro  
C solo**

**=**

**Acúmulo  
C solo**

**-**

**Emissão de Gases de  
Efeito Estufa**



# MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO: Sistema Plantio Direto



MOS

Locais estratégicos

Sinop

Balsas ?

Vilhena

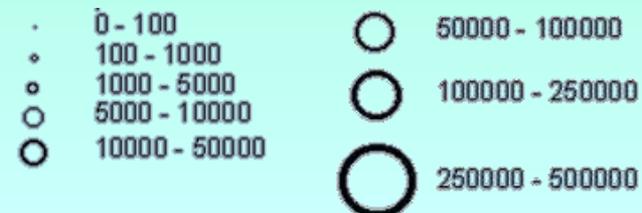
Rio Verde  
Montividiu

Goiania

Tibagi  
Ponta Grossa

RS

Soja (ha plantado)



# MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO: Sistema Plantio Direto



MOS

Locais estratégicos

Sinop

Balsas ?

Vilhena

Rio Verde  
Montividiu

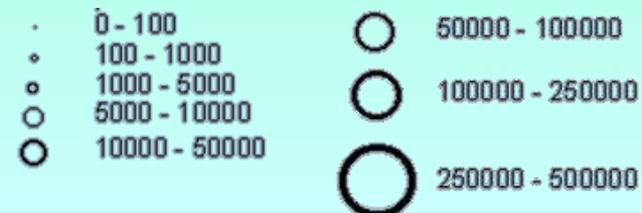
Goiania

Tibagi  
Ponta Grossa

RS

Soja (ha plantado)

- V1 - Open Amazon forest
- V2 - Dense Amazon forest
- V3 - Atlantic forest
- V4 - Seasonal deciduous forest
- V5 - Seasonal semi-deciduous forest
- V6 - Mixed ombrophylous forest
- V7 - South savanna
- V8 - Amazon savanna
- V9 - Savanna (cerrado)
- V10 - South steppe
- V11 - Northeast steppe
- V12 - Western steppe
- V13 - Highland fields
- V14 - Pioneer formations
- V15 - Woody oligotrophic vegetation



## Seqüestro de C no solo

(incremento no solo – fluxo de gases para atmosfera)

	Equivalente em C	
	Tibagi (PR)	Rio Verde (GO)
	Mg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>	
Incremento no solo	1,62	1,26
Fluxo de gases	0,26	0,32
Sequestro C	1,36	0,94

# Substituição do preparo convencional pelo plantio direto

1,1 milhões ha ano<sup>-1</sup>

Mt CO<sub>2</sub>-eq



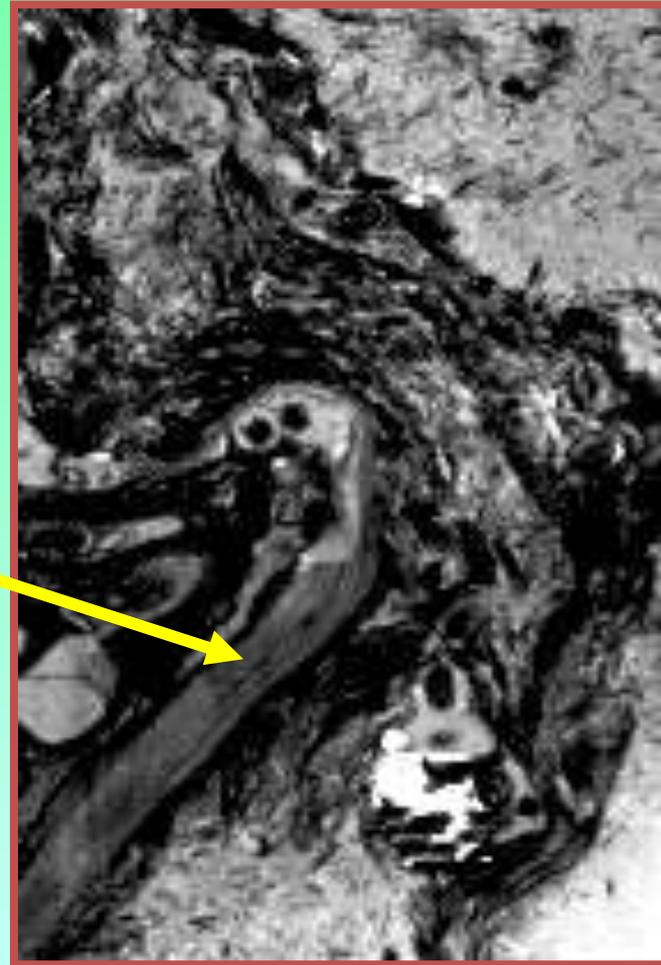
	SOC	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	Maquinário	Taxa líquida de fixação de CO <sub>2</sub> eq
	----- Mg CO <sub>2</sub> -eq. ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> -----				
Plantio direto	-1.98	0.477	-0.035	0.048	
Preparo convencional	-	0.315	-0.038	0.141	<b>1.91</b>
Taxas líquidas	-1.98	0.162	0.002	-0.093	



# Mecanismos de sequestro de C no solo



## Localização da Matéria Orgânica nos Macro e Micro-Agregados

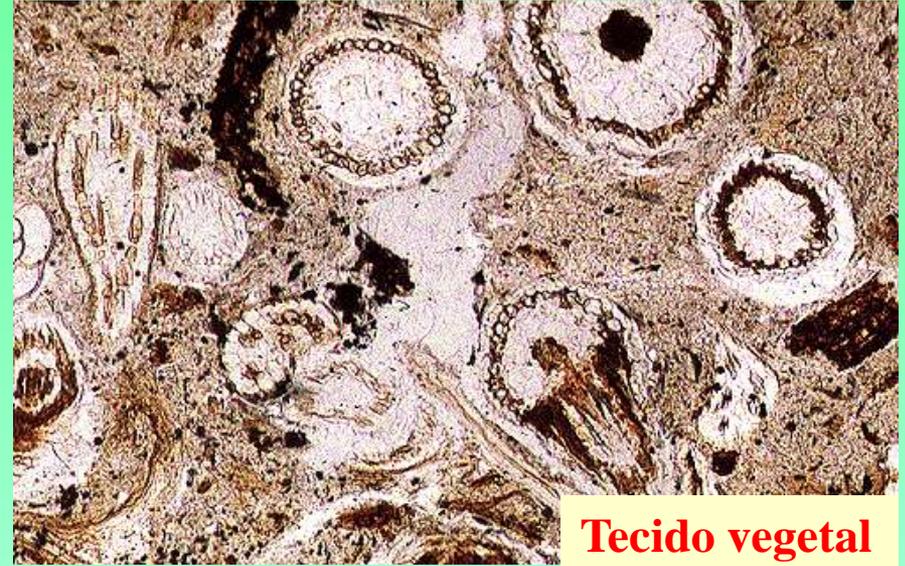


*Agregado com resíduos vegetais*

# Mecanismos de sequestro de C no solo



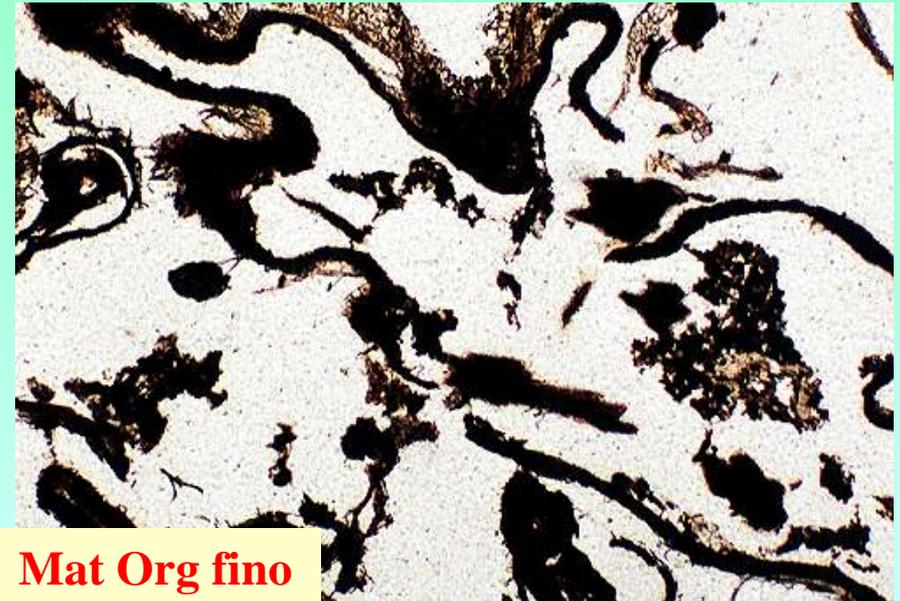
**Restos raízes**



**Tecido vegetal**



**Hifa fúngica**



**Mat Org fino**

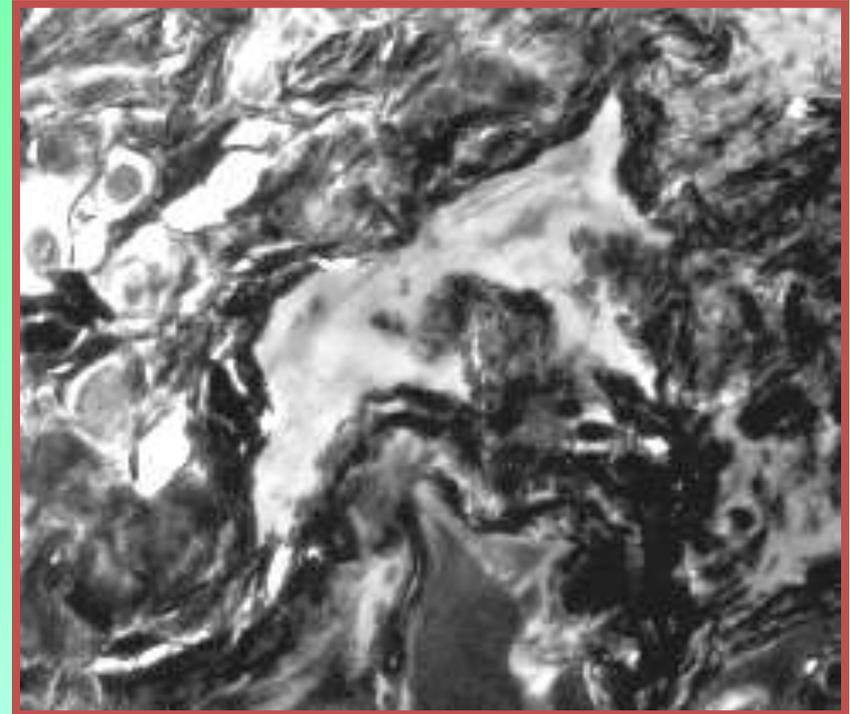
# Mecanismos de sequestro de C no solo



## Localização da Matéria Orgânica nos Macro e Micro-Agregados



*Micro-agregado bacterianos*



*Micro-agregado com  
MO amorfa*

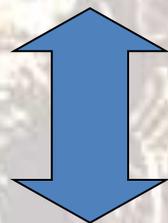
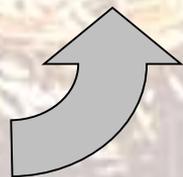
# Colheita de cana-de-açúcar com queima



# Colheita da cana-de-açúcar sem queima



Saída para a atmosfera ( $\text{CO}_2$ )



Camada de palha

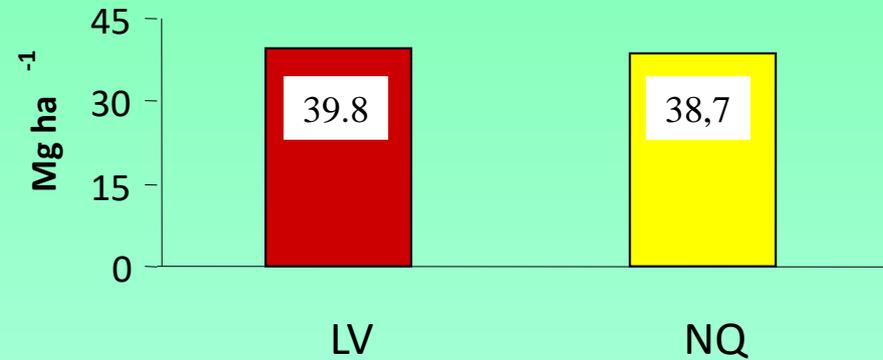


Entrada no solo (C orgânico)

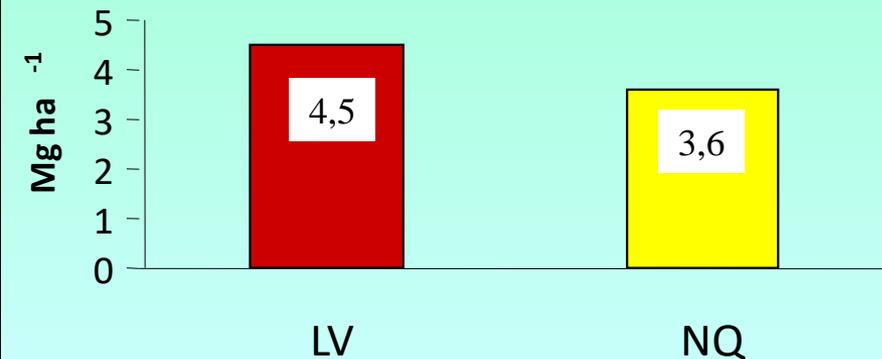
## Entrada de material orgânico

### Adição de palha

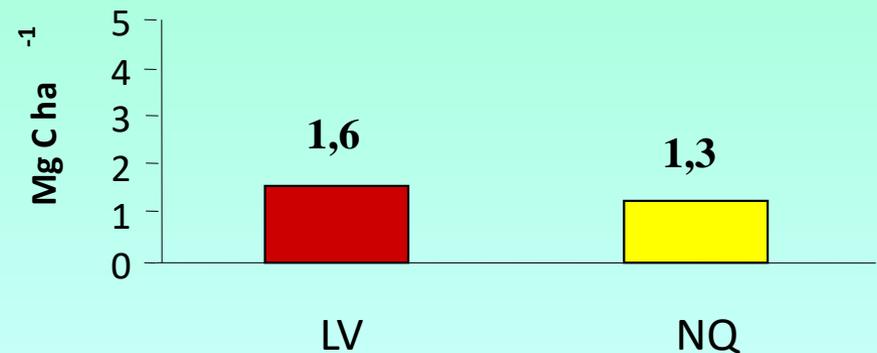
Adição de palha em 3 anos



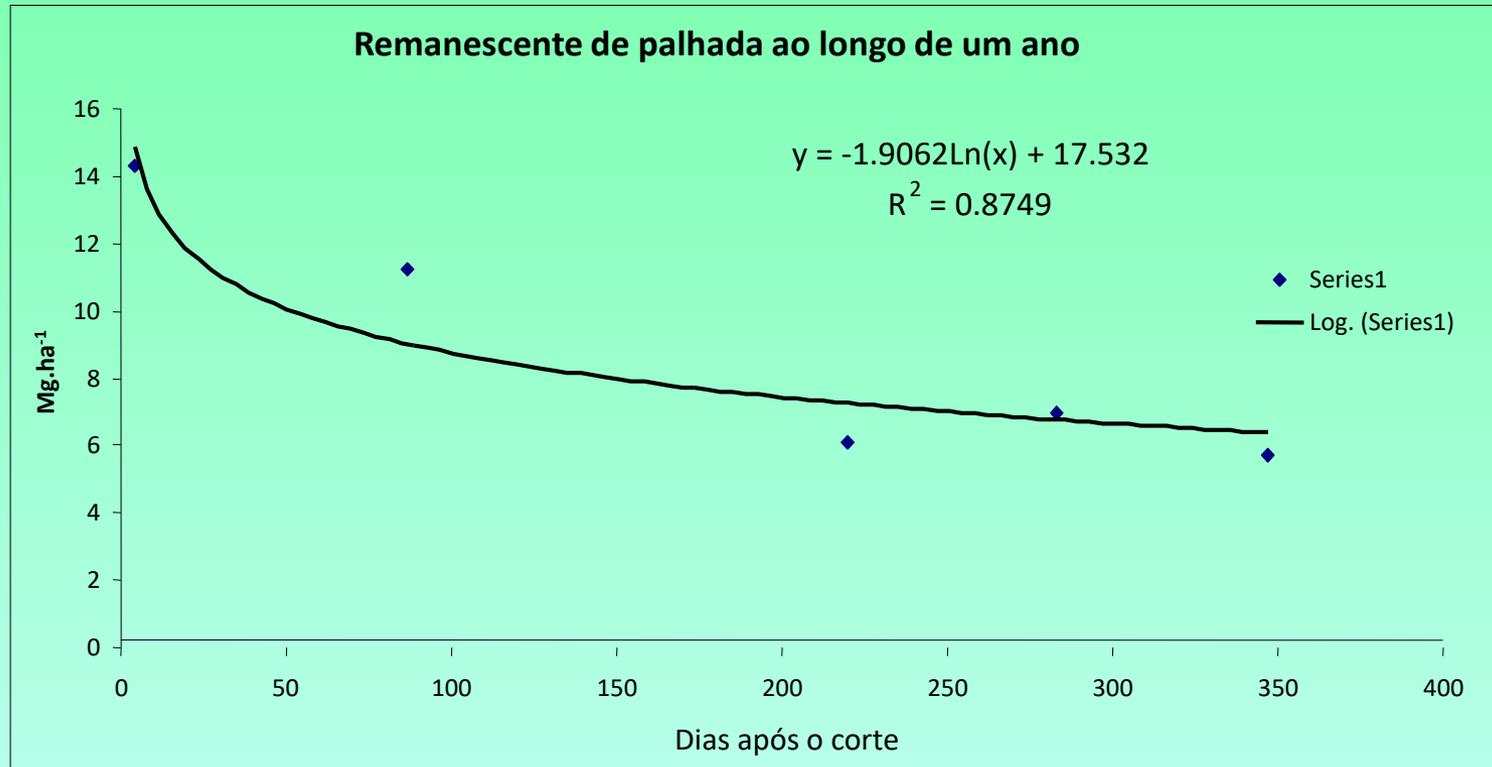
Remanescente de palha após 3 anos



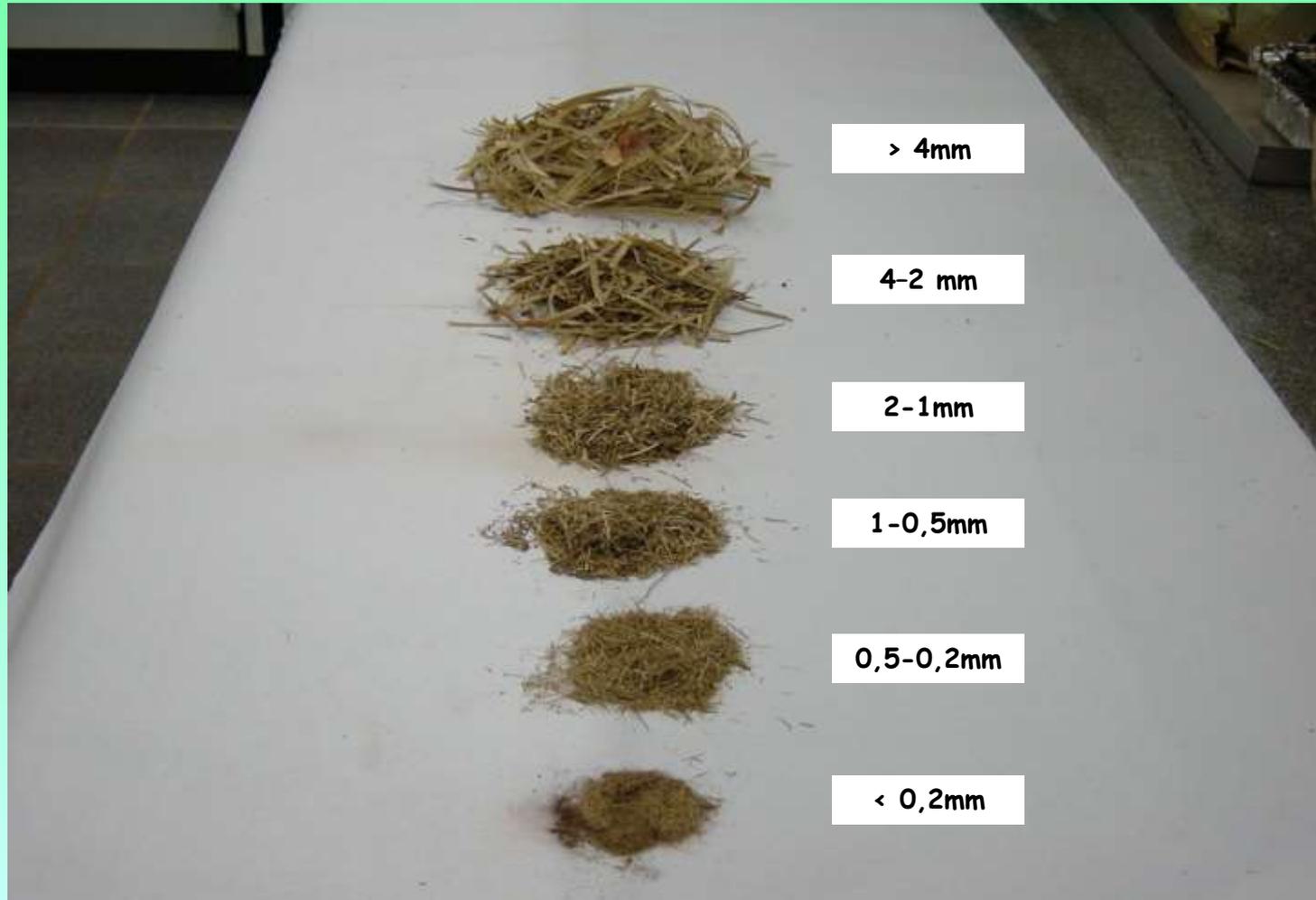
Remanescente em C após 3 anos



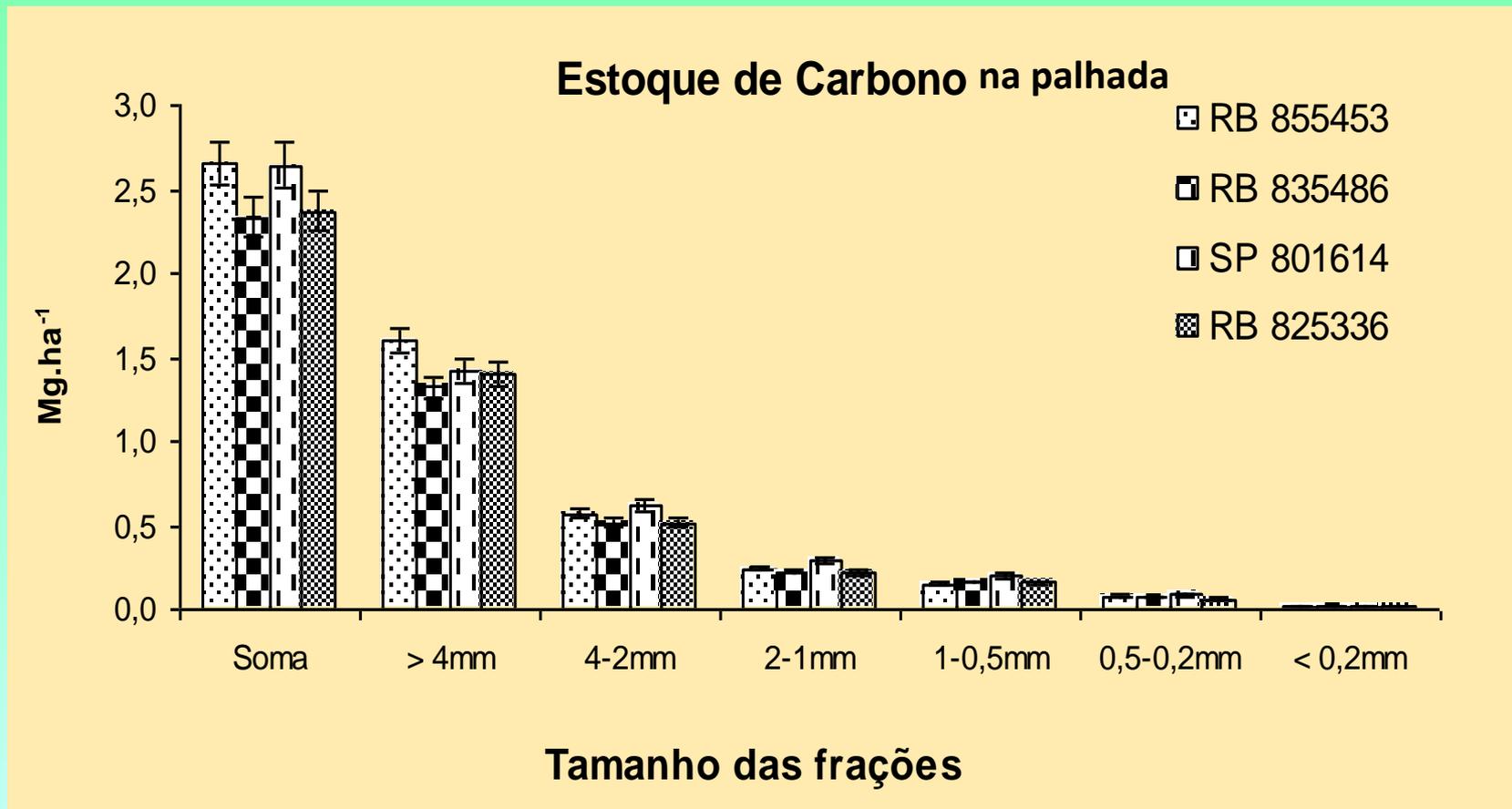
## Decomposição da Palhada



## Fracionamento Físico da Palhada



## Efeito da Variedade da Cana-de-açúcar

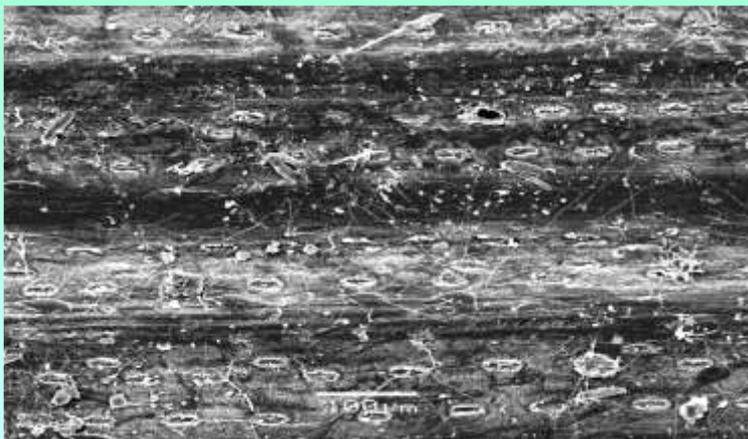


## Microscopia Eletrônica de Varredura

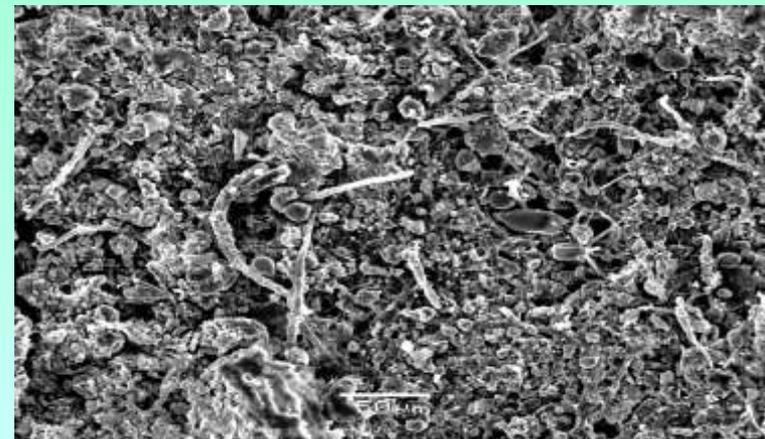
**Nova**



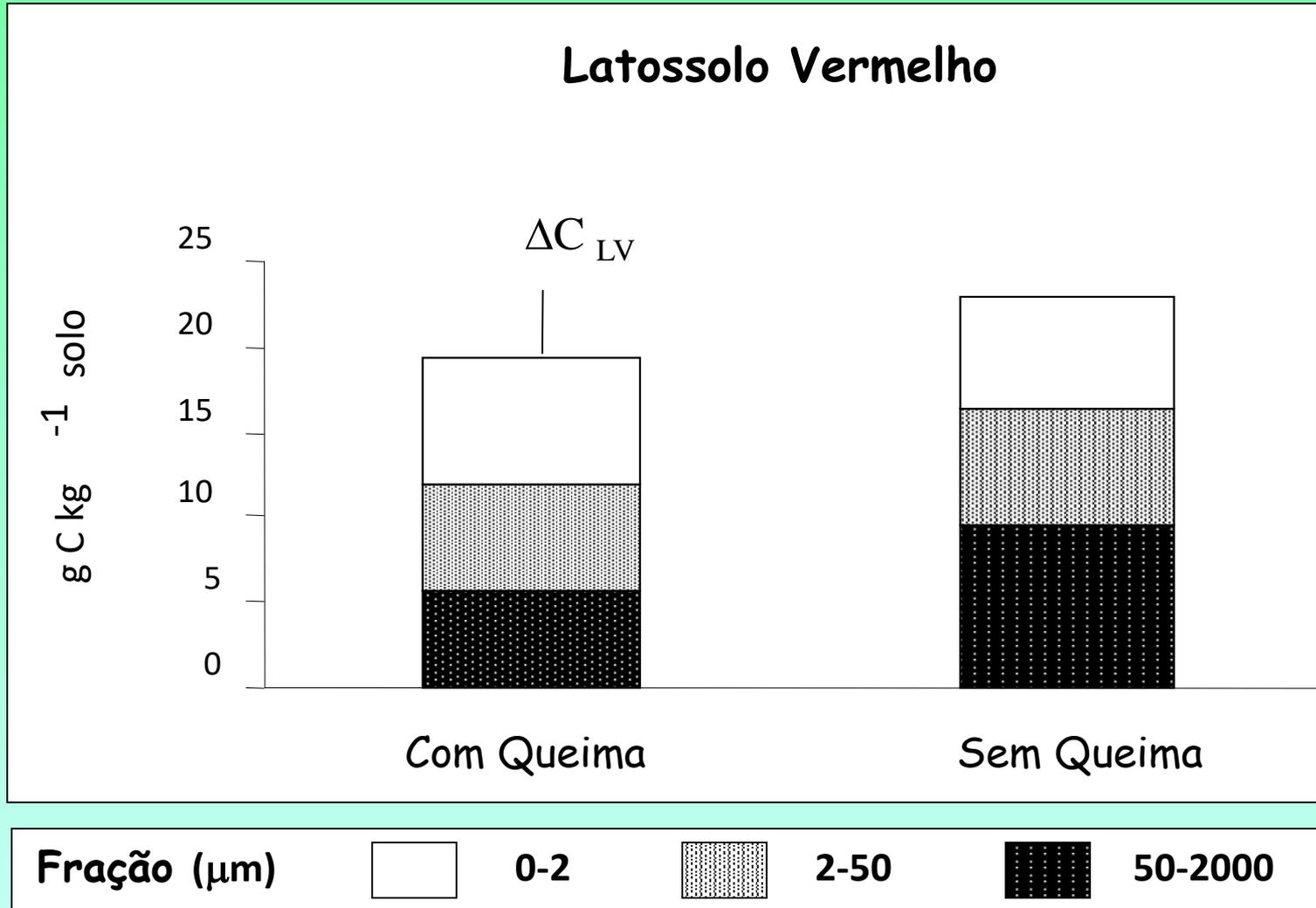
**Velha**



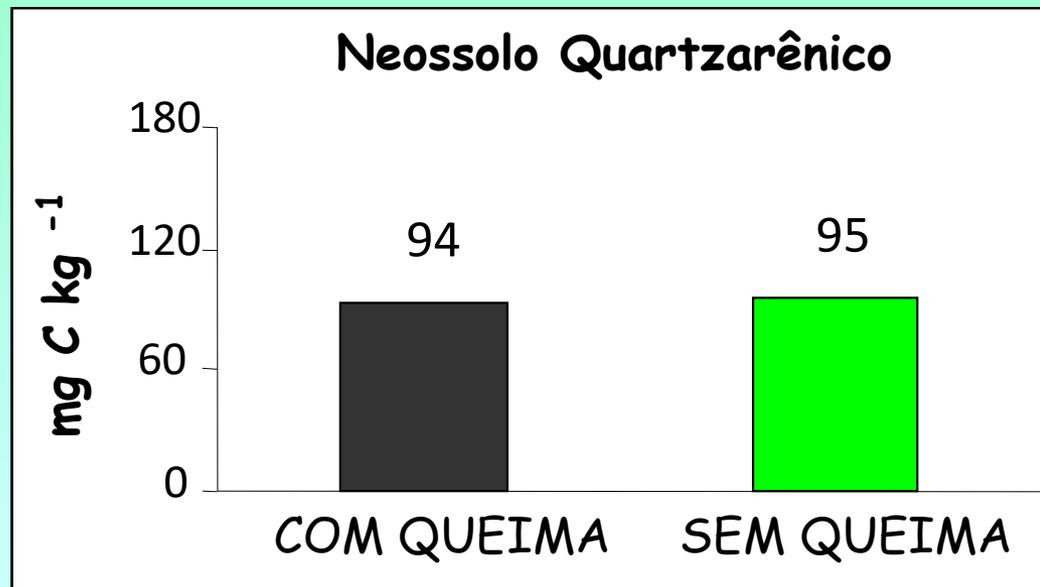
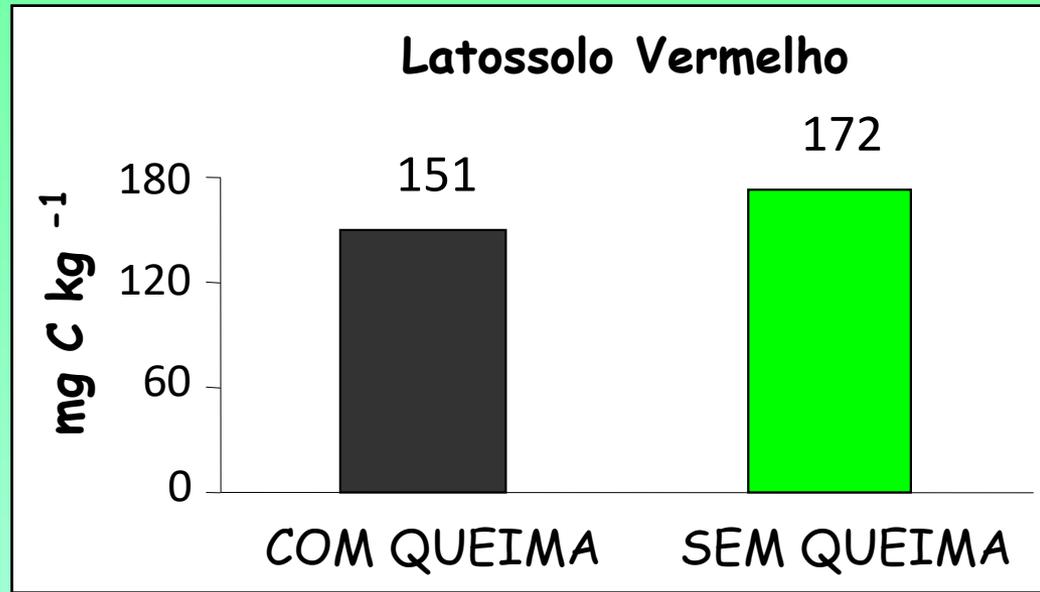
**Muito Velha**



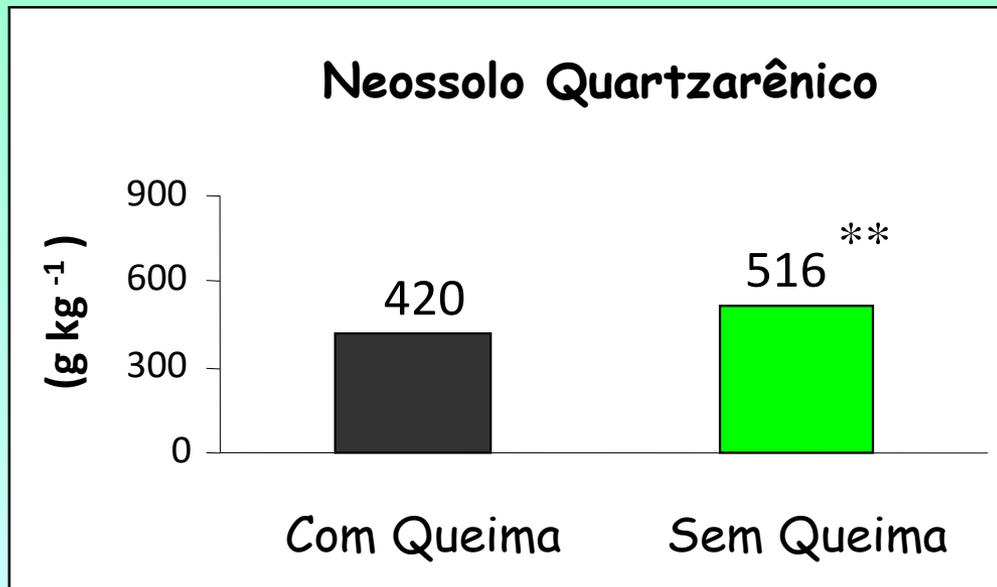
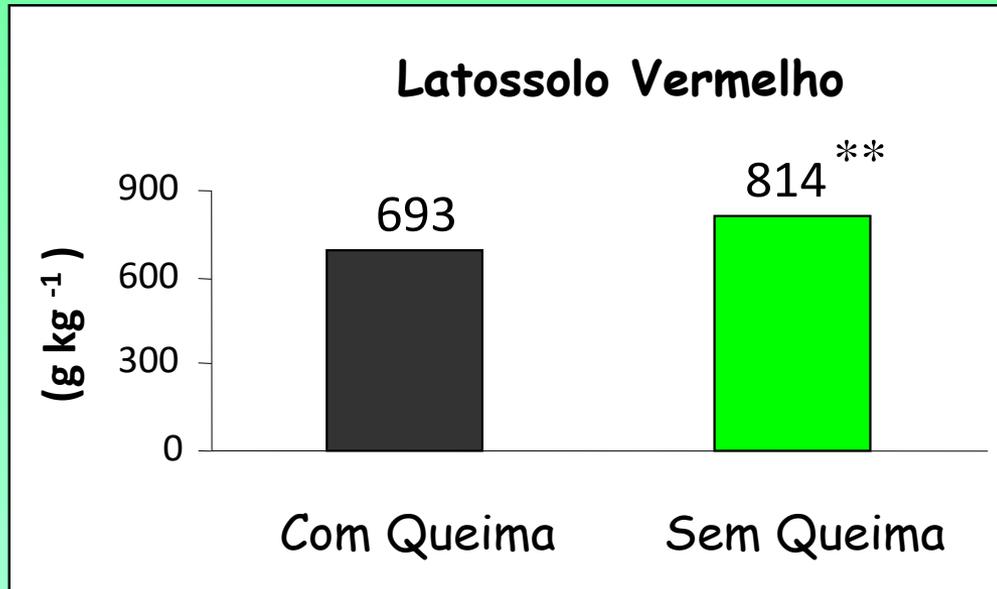
## Fracionamento Granulométrico



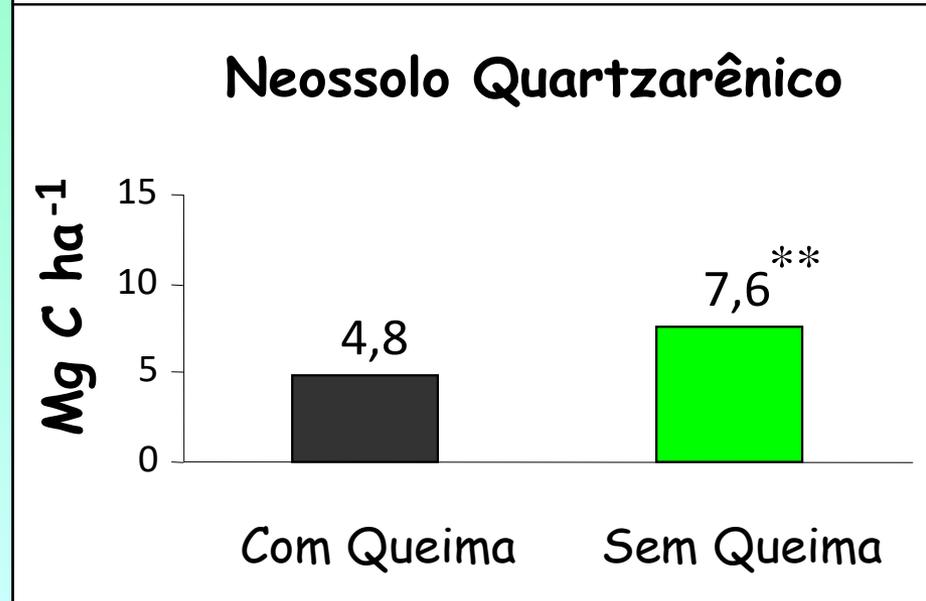
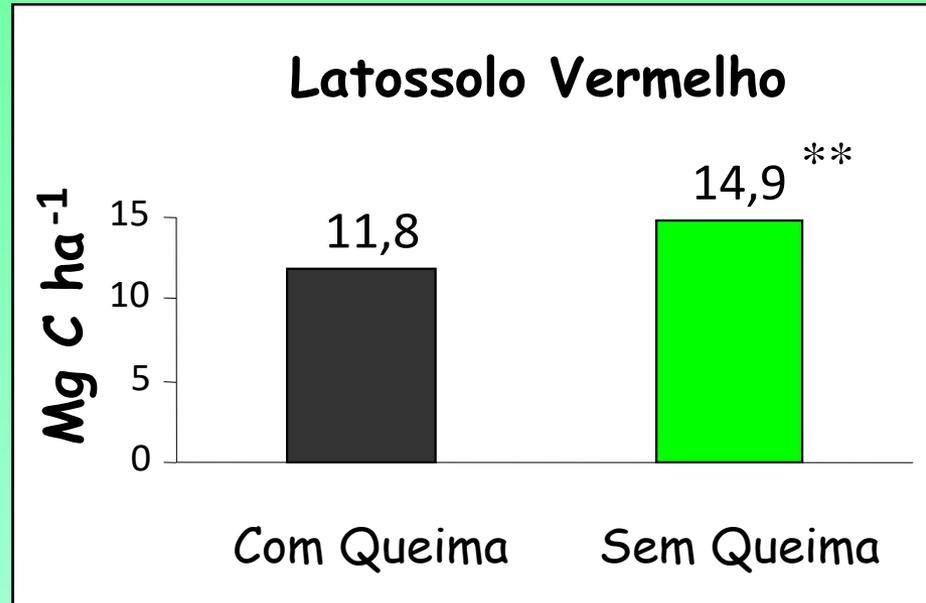
## Carbono da Biomassa Microbiana (camada 0-5 cm)



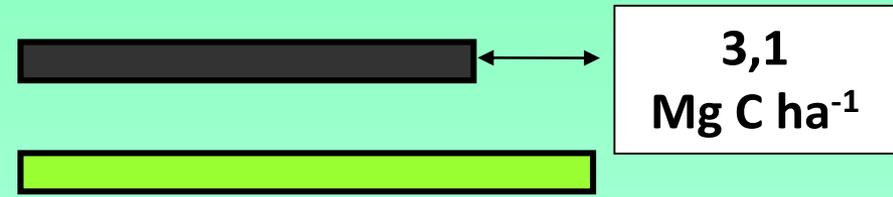
## Macroagregados estáveis em água



## Estoque de carbono no solo (camada 0-10 cm)



## ACÚMULO DE CARBONO



# Balanço parcial do C no solo

(fase agrícola)



48 950



55 450

$\Delta C = 4\ 870\ \text{kg C ha}^{-1}$  em 4 anos (0-30cm)

**Aumento de C no solo =  $1\ 625\ \text{kg C ha}^{-1}\ \text{ano}^{-1}$**







*Eucalipto*



*Pinho*

Fonte	Ano	Fixado	Fixado
		Mt CO <sub>2</sub> -eq	
Biomassa aérea e subterrânea	2010	7,9	1,9
	2020	105,4	25,8
Solo	2010	0,5	0,1
	2020	0,7	1,6
Calcário	2010	-	-
	2020	-	-
Fertilizante nitrogenado	2010	-	-
	2020	-	-
Combustível fóssil	2010	-	-
	2020	-	-



*Eucalipto*



*Pinho*

Fonte	Ano	Fixado	Emitido	Fixado	Emitido
Mt CO <sub>2</sub> -eq					
Biomassa aérea e subterrânea	2010	7,9	-	1,9	-
	2020	105,4	-	25,8	-
Solo	2010	0,5	-	0,1	-
	2020	0,7	-	1,6	-
Calcário	2010	-	1,7	-	0,3
	2020	-	4,3	-	0,5
Fertilizante nitrogenado	2010	-	0,1	-	0,0
	2020	-	0,2	-	0,0
Combustível fóssil	2010	-	0,2	-	0,0
	2020	-	0,4	-	0,1

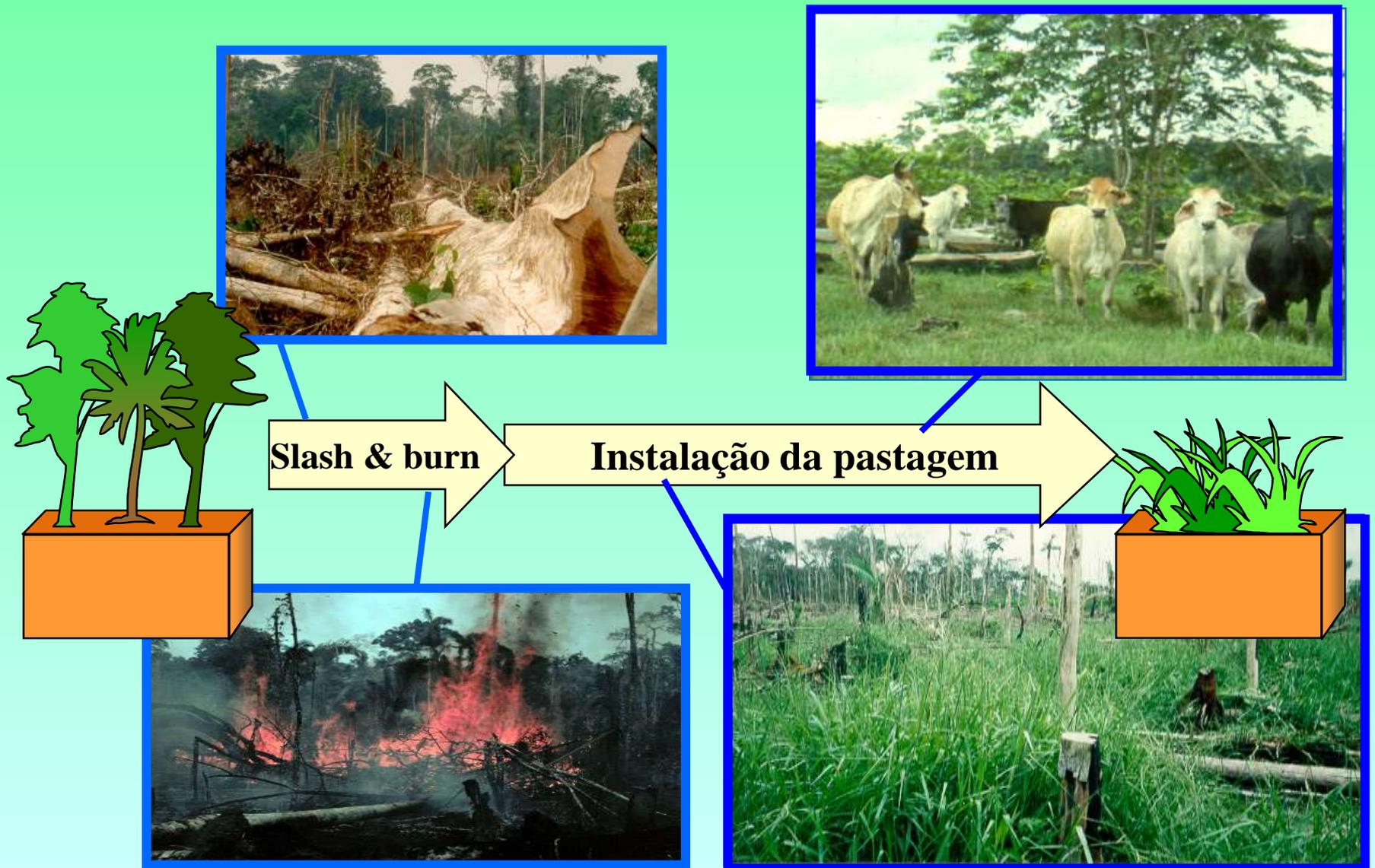
**Balanco 2010-2020**

**574,3**

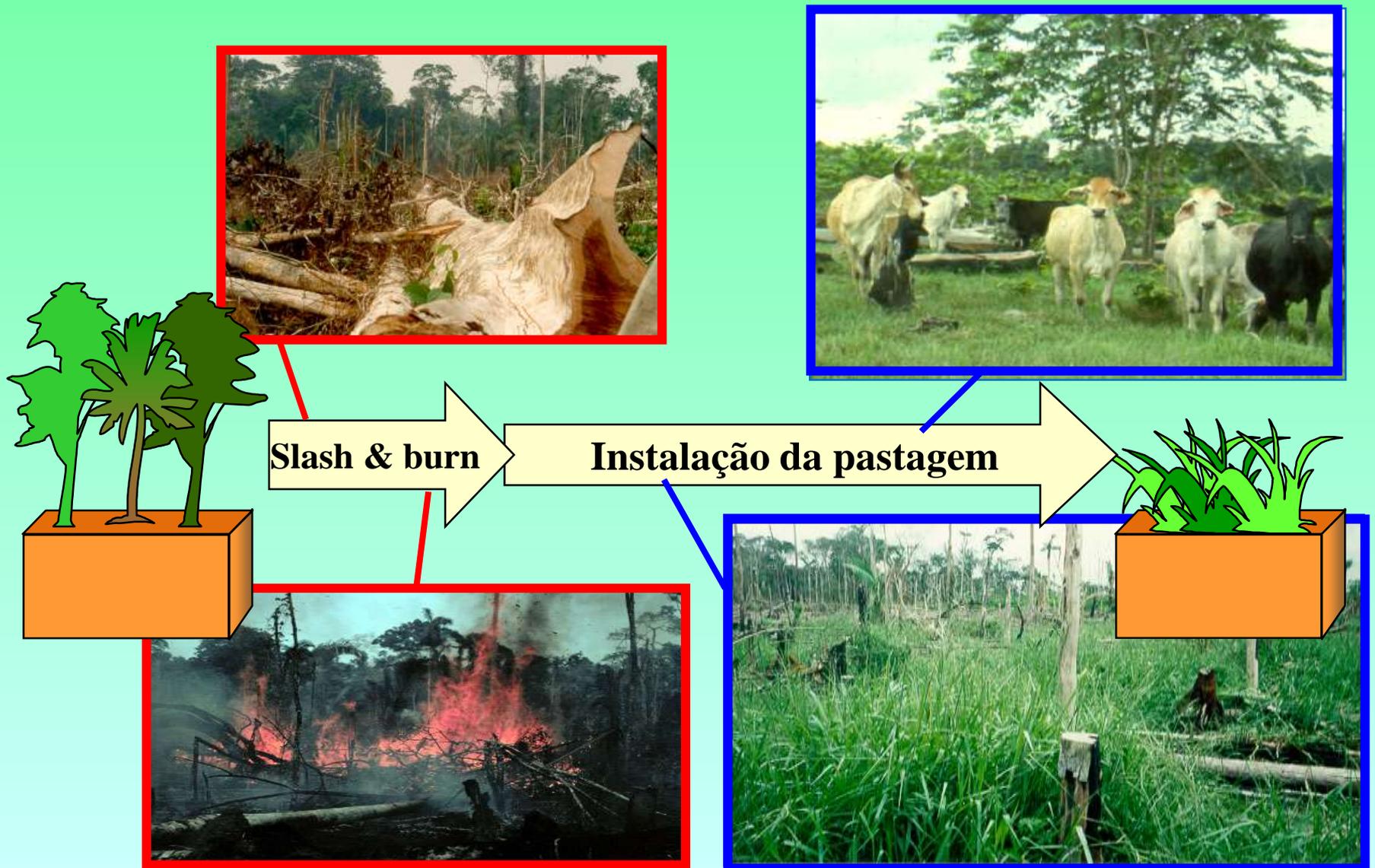
**130,9**

**705**

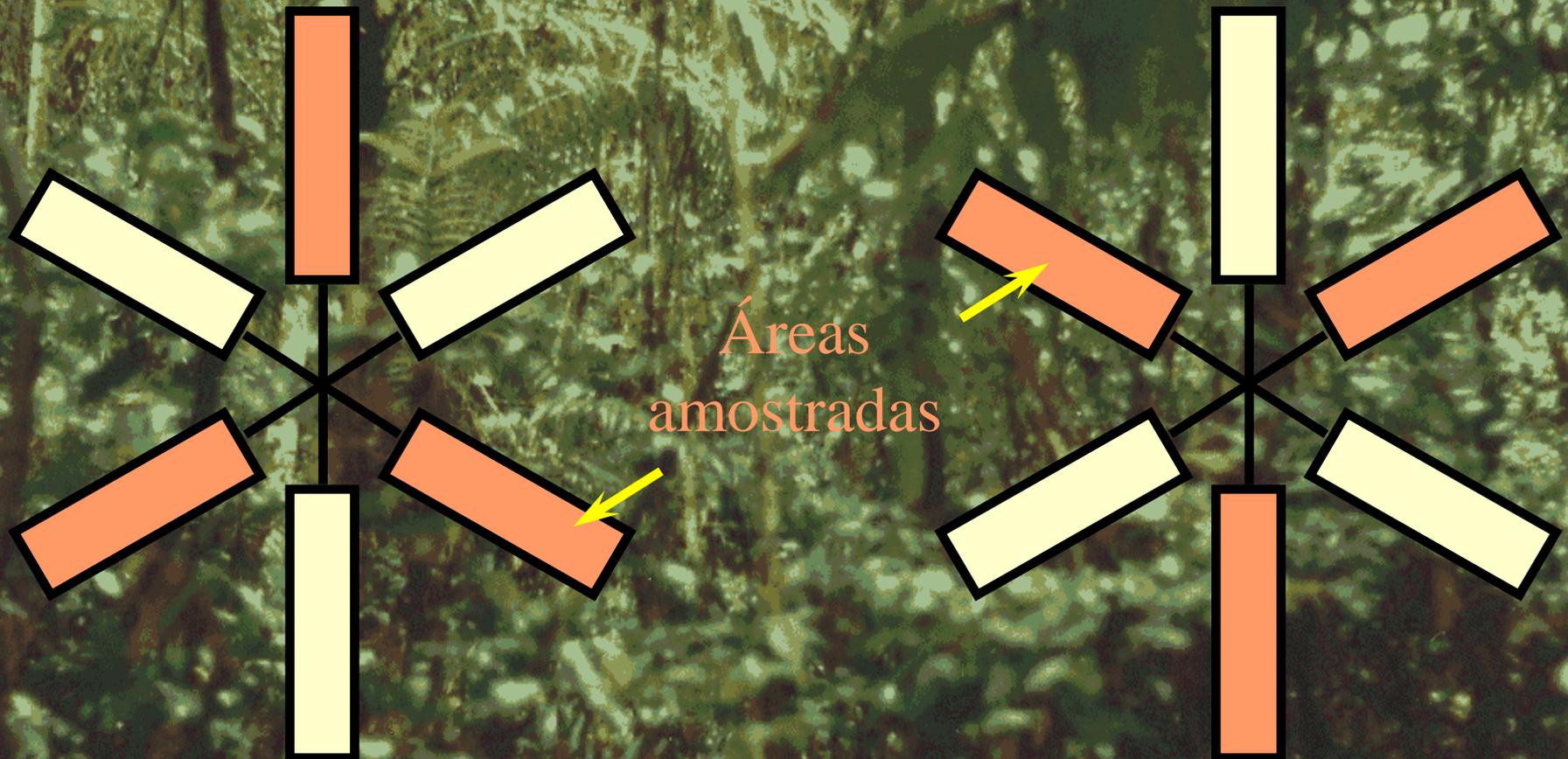
# Conversão Floresta Amazônica em Pastagem



# Conversão Floresta Amazônica em Pastagem



# Amostragem destrutiva



**Antes a  
queima**

**Após a  
queima**



Weighing the biomass fractions in Feliz Natal – MT. Photo: Ciro A. Righi



Charcoal scrapping which were cl  
peaces in Feliz.Natal-MT. Pho



View of a post-burn ray where the remaining biomass and charcoal formation were measured in Feliz Natal – MT. Photo: Ciro A. Righi



Partial view of the area with a tree totally burned in Feliz – MT. Photo: Ciro A. Righi

# CARBONO



**141,3 t C /ha**

Antes da queima

# CARBONO



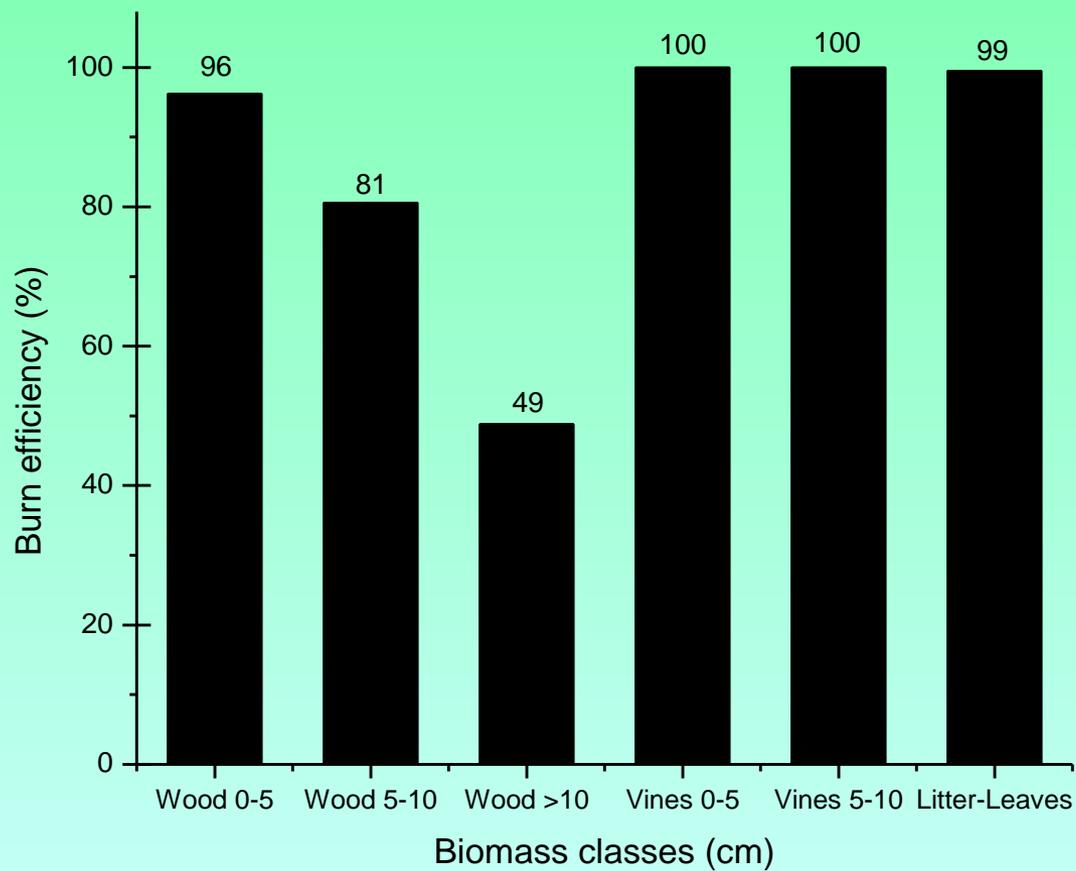
**92,1  
t C/ha**

**49,2  
t C/ha**



Eficiência da queima = 34.8%  
Após a queima

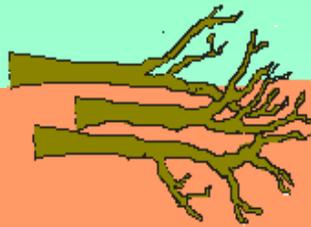
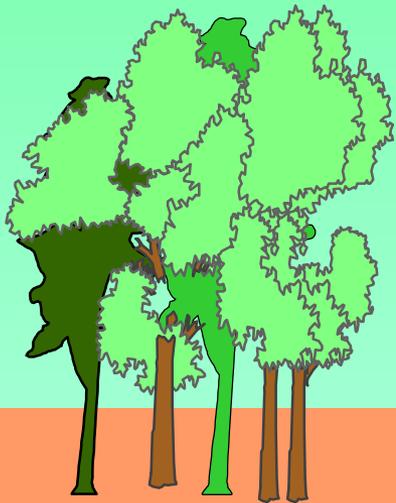
# Eficiência da queima (%)



# Carbono $\text{kg m}^{-2}$

Biomassa inicial

14.3



Corte



Queima

$\text{CO}_2$

4.9

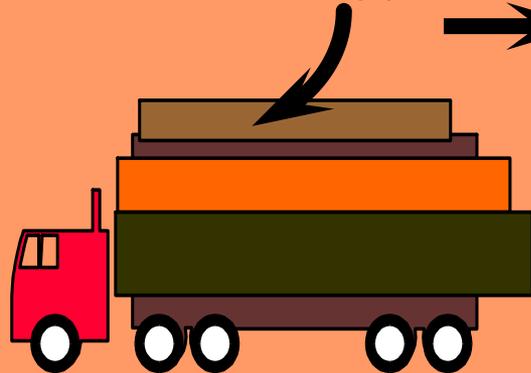
8.9

Biomassa remanescente



Carvão e Cinzas

0.5



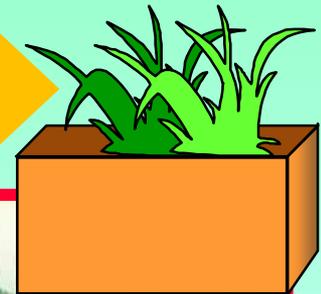
1 árvore/ha = 1.35\*

# Conversão Floresta Amazônica em Pastagem

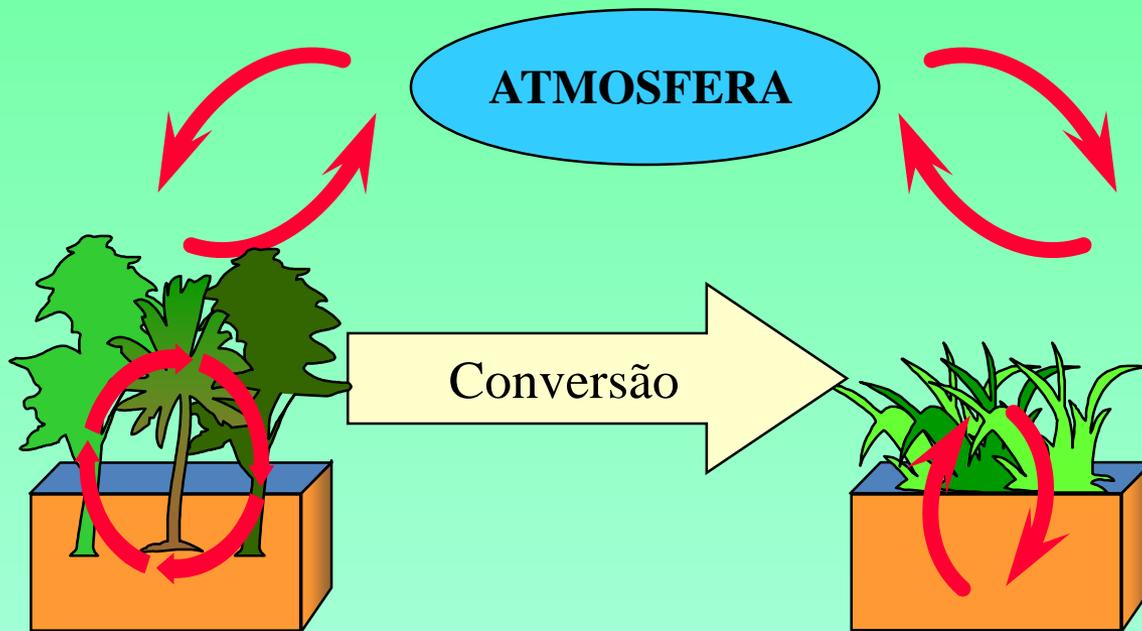


Derrubada e queima

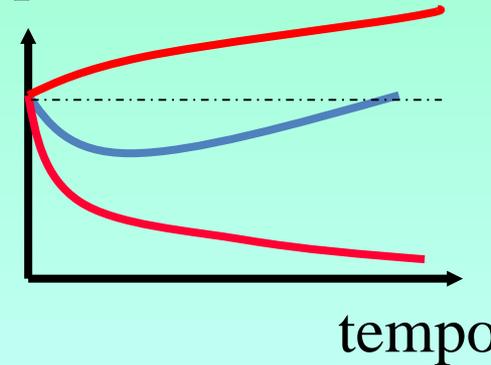
Instalação da Pastagem



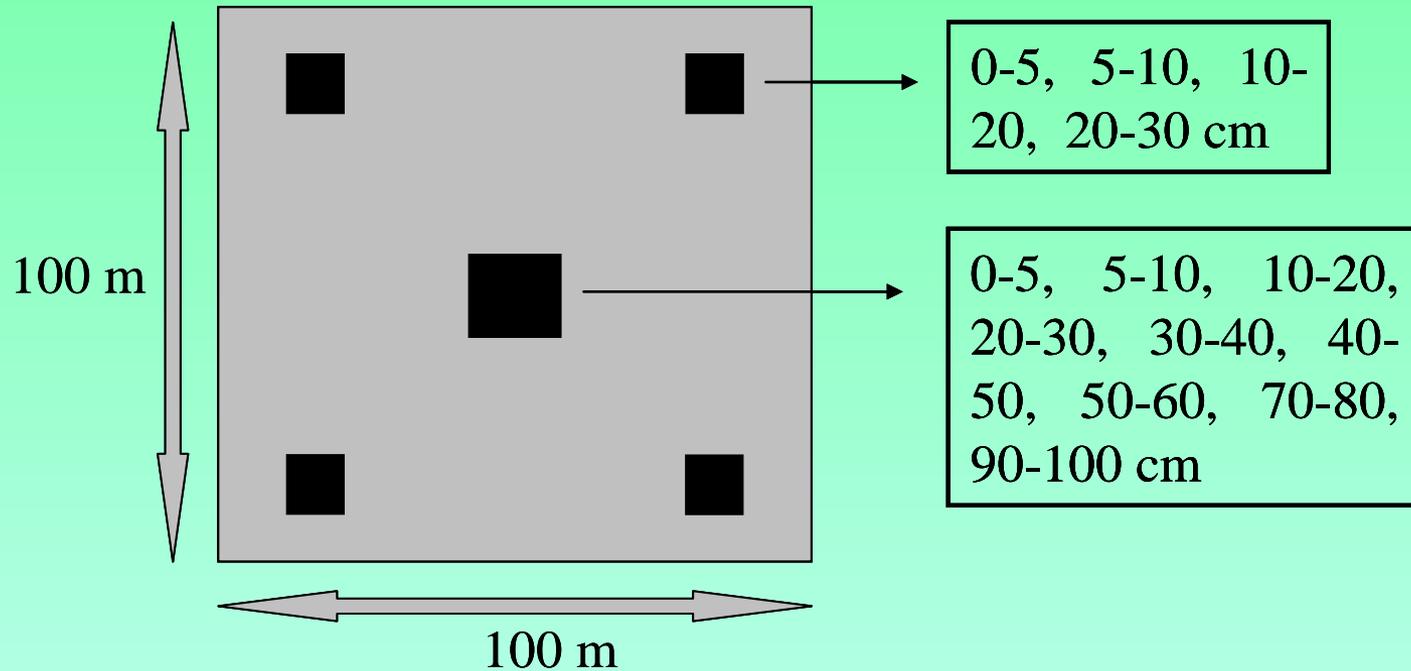
# Conversão Floresta Amazônica em Pastagem



Estoques e fluxos



# Esquema de amostragem do solo

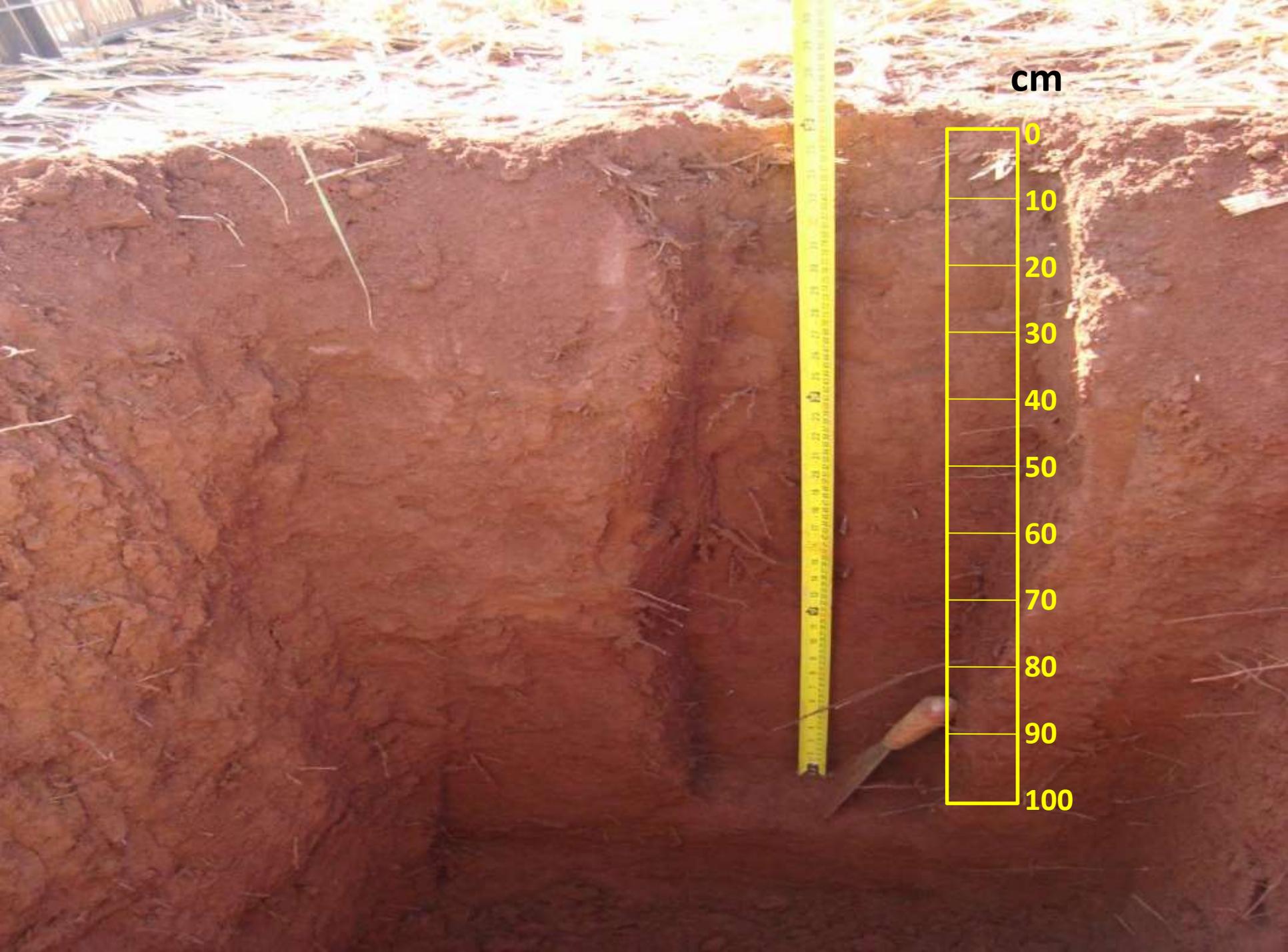


# Amostragem do solo



# Densidade





cm

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

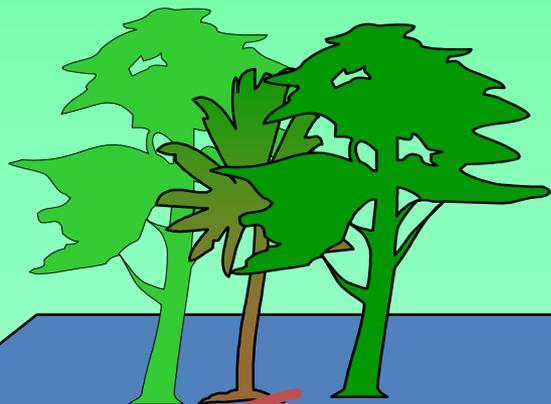
# Preparo das amostras de solo



# Determinação do C e N



**Floresta**



**Pastagem bem  
manejada**

**20 ANOS**



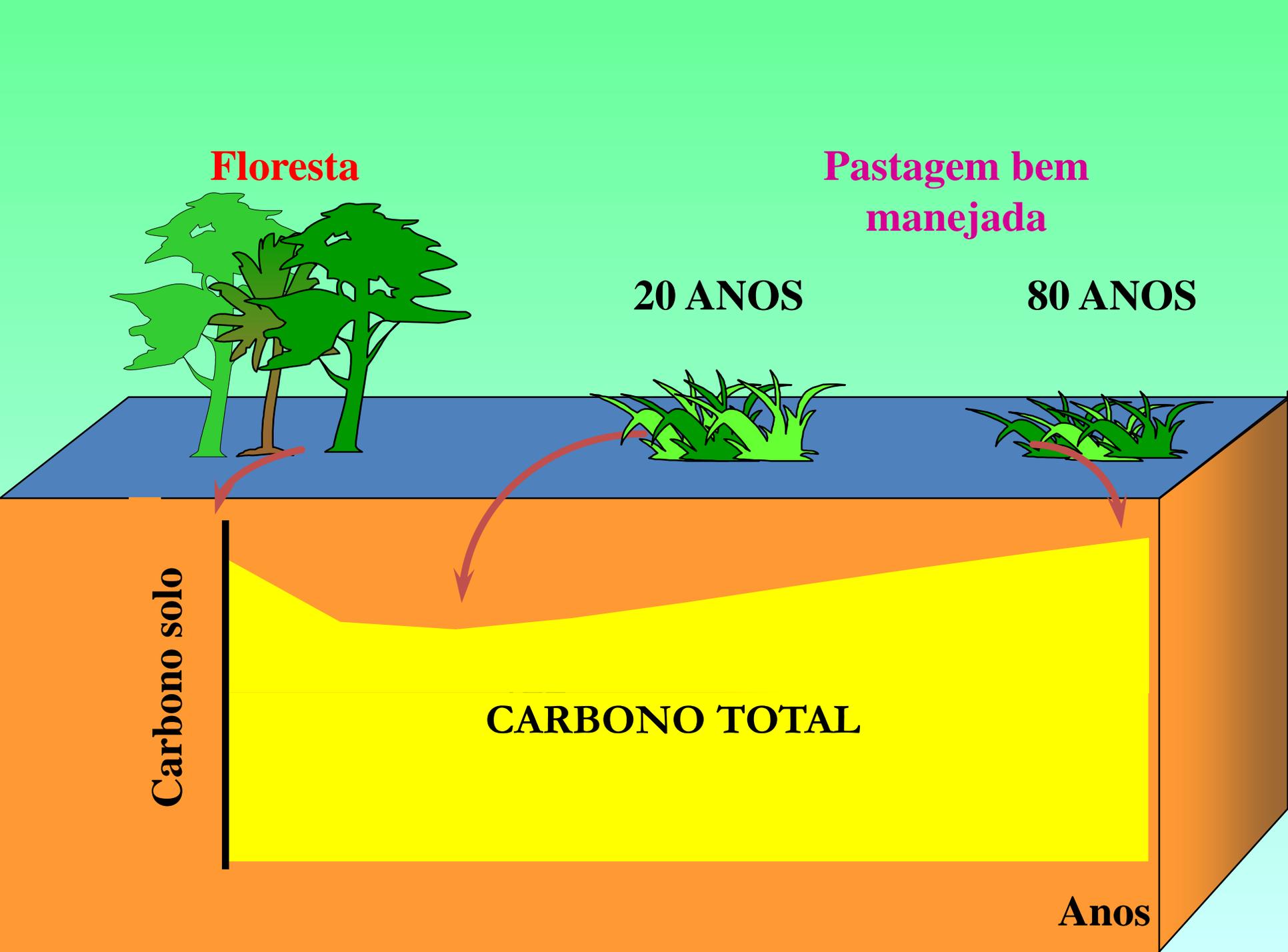
**80 ANOS**



**Carbono solo**

**CARBONO TOTAL**

**Anos**



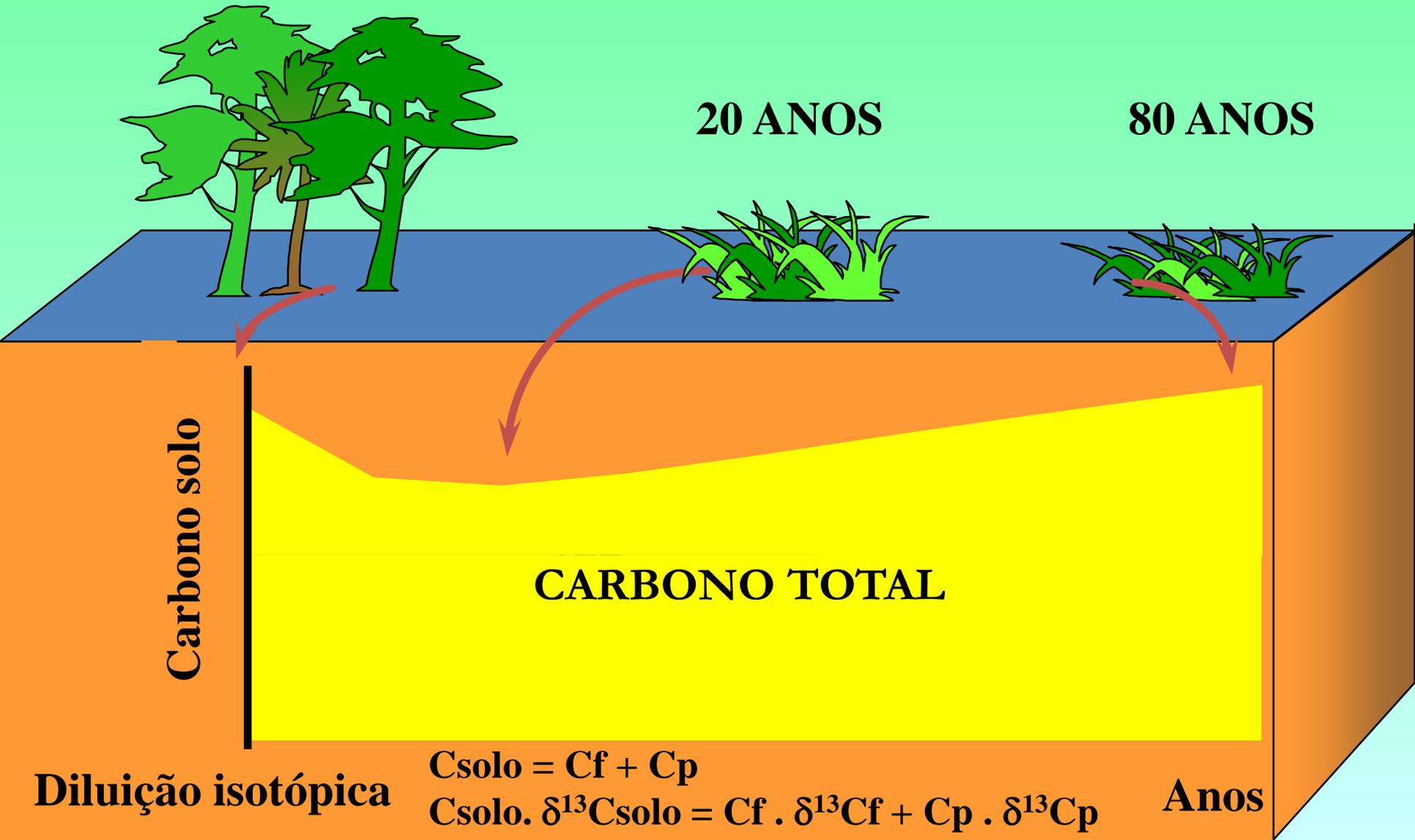
# Origem do carbono do solo

**Floresta (C3)**

**Pastagem bem manejada (C4)**

**20 ANOS**

**80 ANOS**



$$C_{\text{solo}} = C_f + C_p$$

$$C_{\text{solo}} \cdot \delta^{13}C_{\text{solo}} = C_f \cdot \delta^{13}C_f + C_p \cdot \delta^{13}C_p$$

# Origem do carbono do solo

**Floresta (C3)**

$\delta^{13}\text{C} = -29 \text{ ‰}$

**Pastagem bem manejada (C4)**

$\delta^{13}\text{C} = -14 \text{ ‰}$



**20 ANOS**



**80 ANOS**



**Carbono solo**



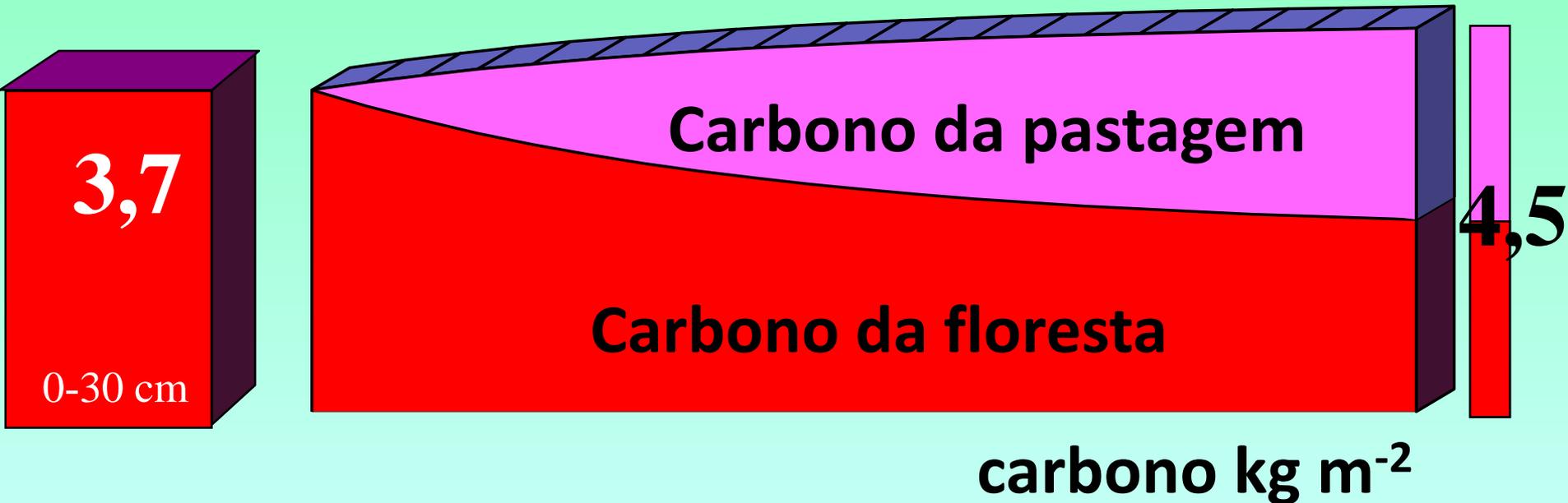
**Cp**

**Cf**

**Anos**

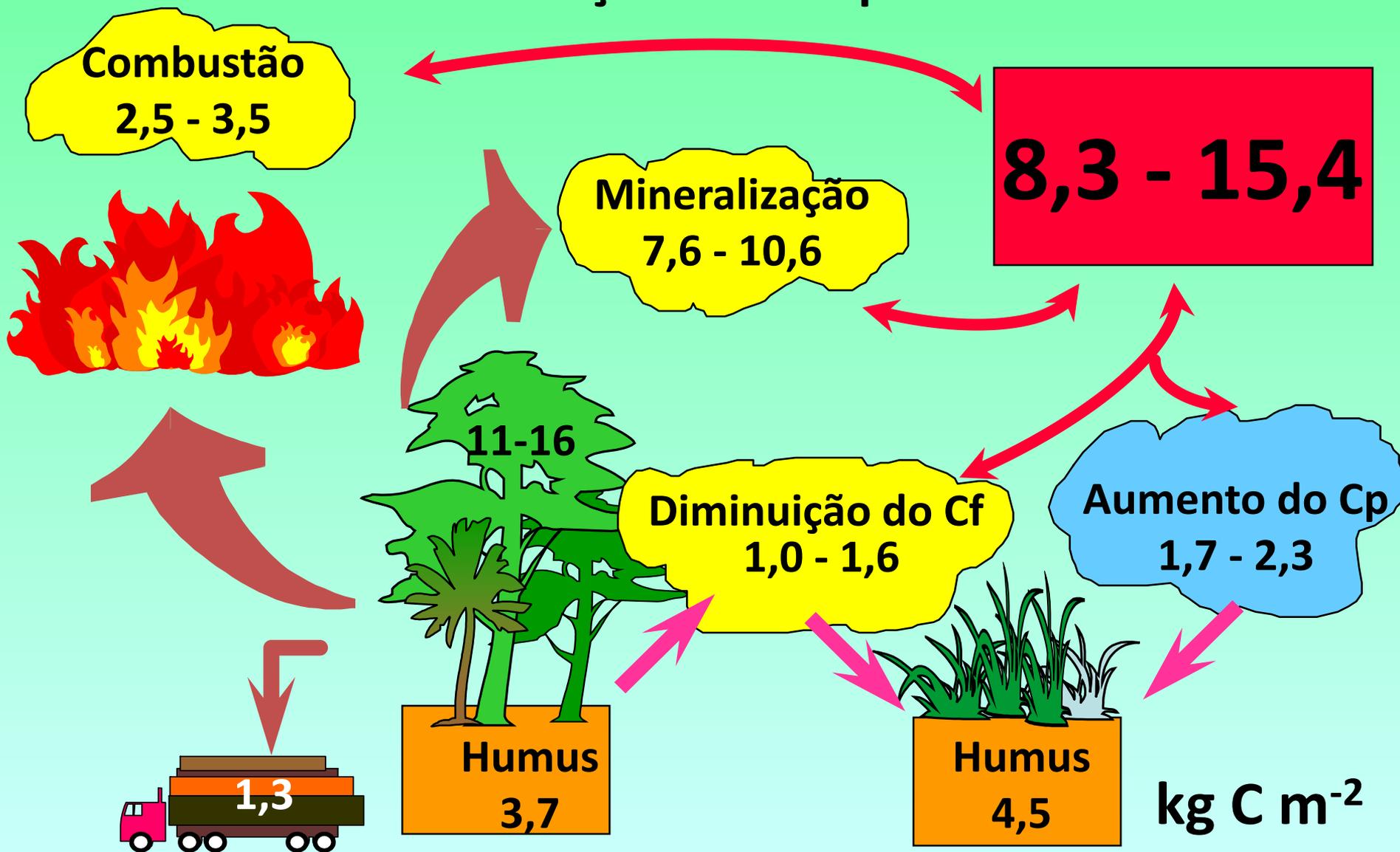
# Origem do carbono do solo

Idade da pastagem (anos)



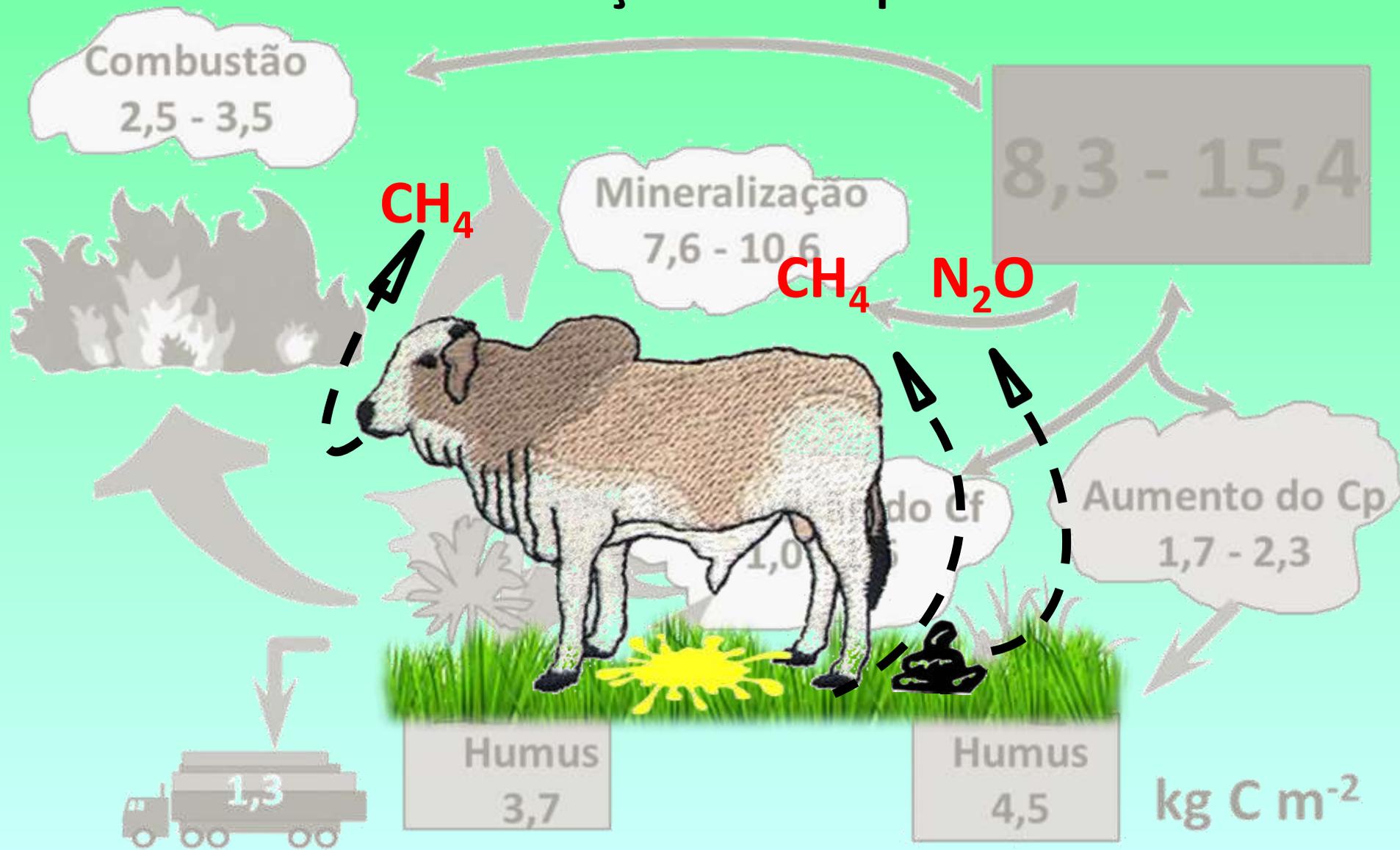
# Dinâmica do carbono na conversão floresta/pastagem

## Mudanças de Estoques

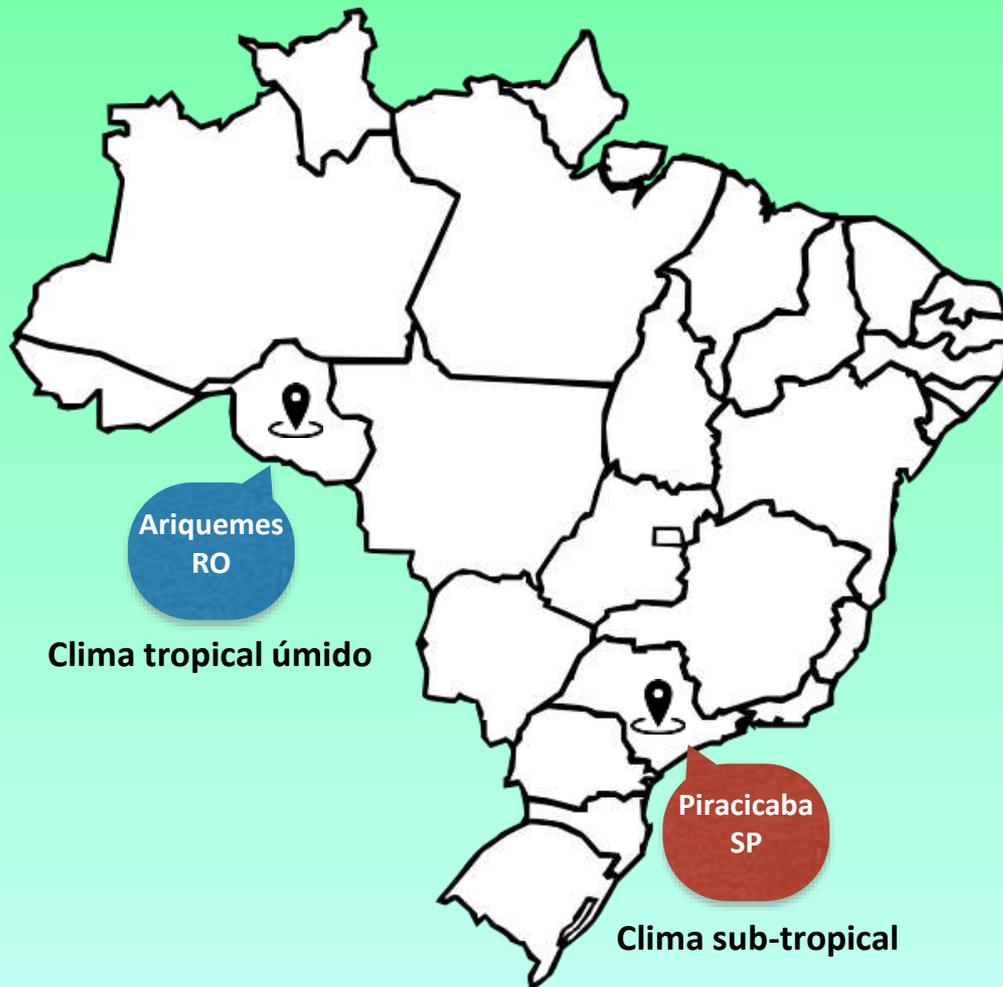


# Dinâmica do carbono na conversão floresta/pastagem

## Mudanças de Estoques



# Temperature and moisture affect methane and nitrous oxide emission from bovine manure patches in tropical conditions.





## Amostragem das fezes dos animais

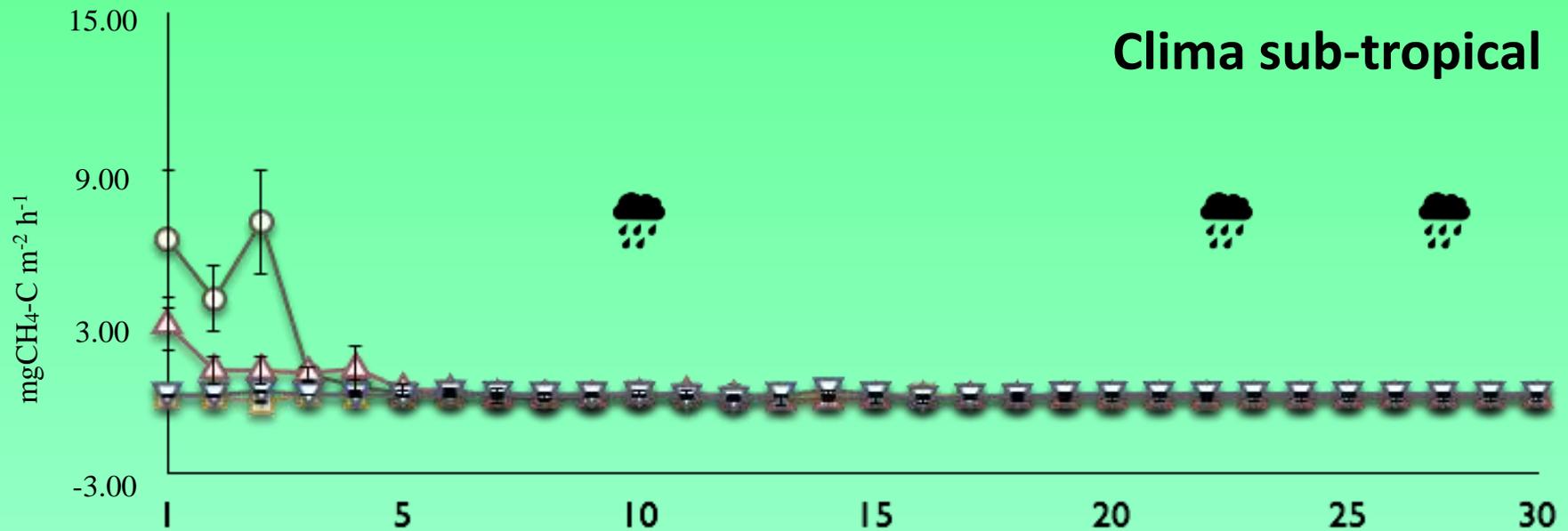


### Frequencia de amostragem

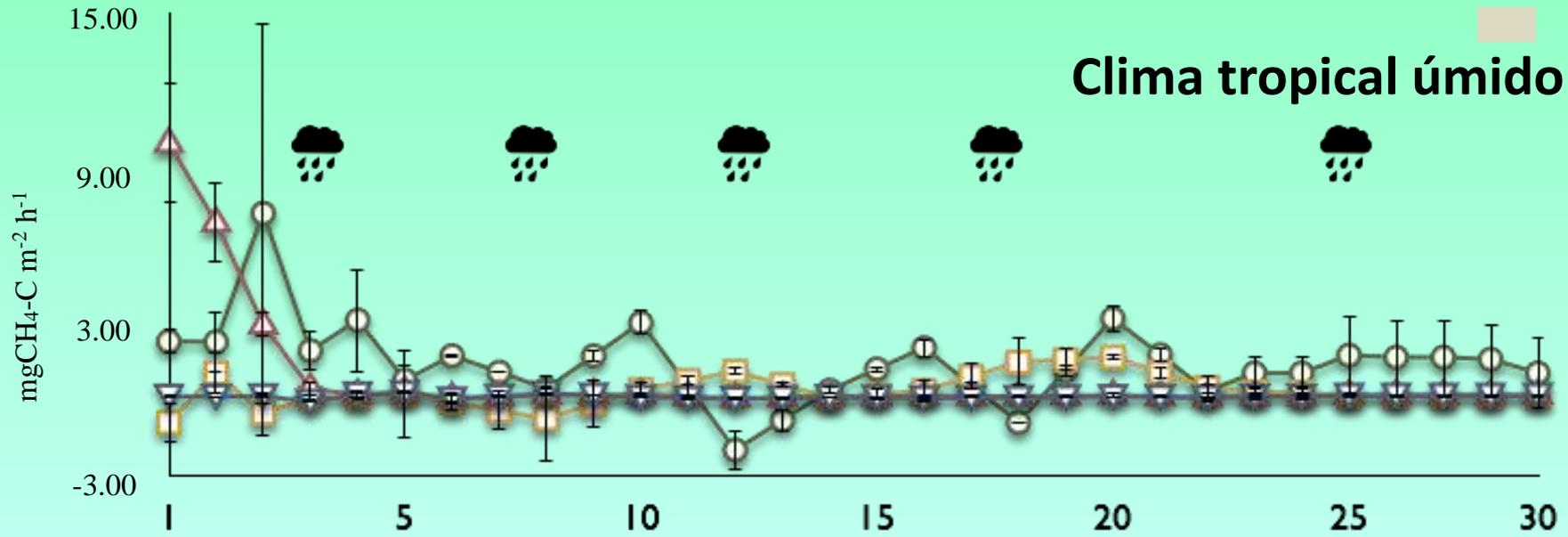
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30					

Coletas: t0, t10, t20

# Clima sub-tropical



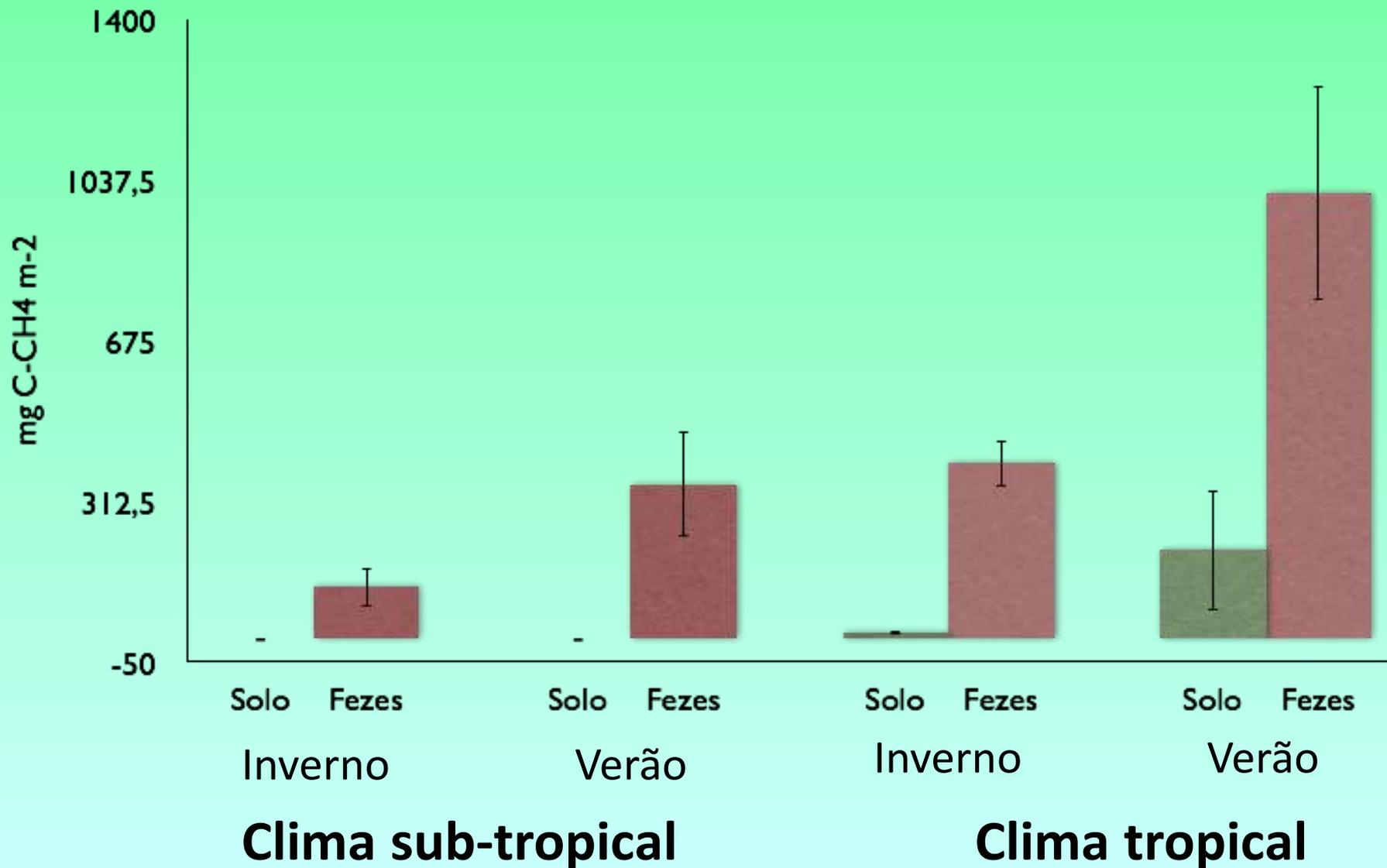
# Clima tropical úmido



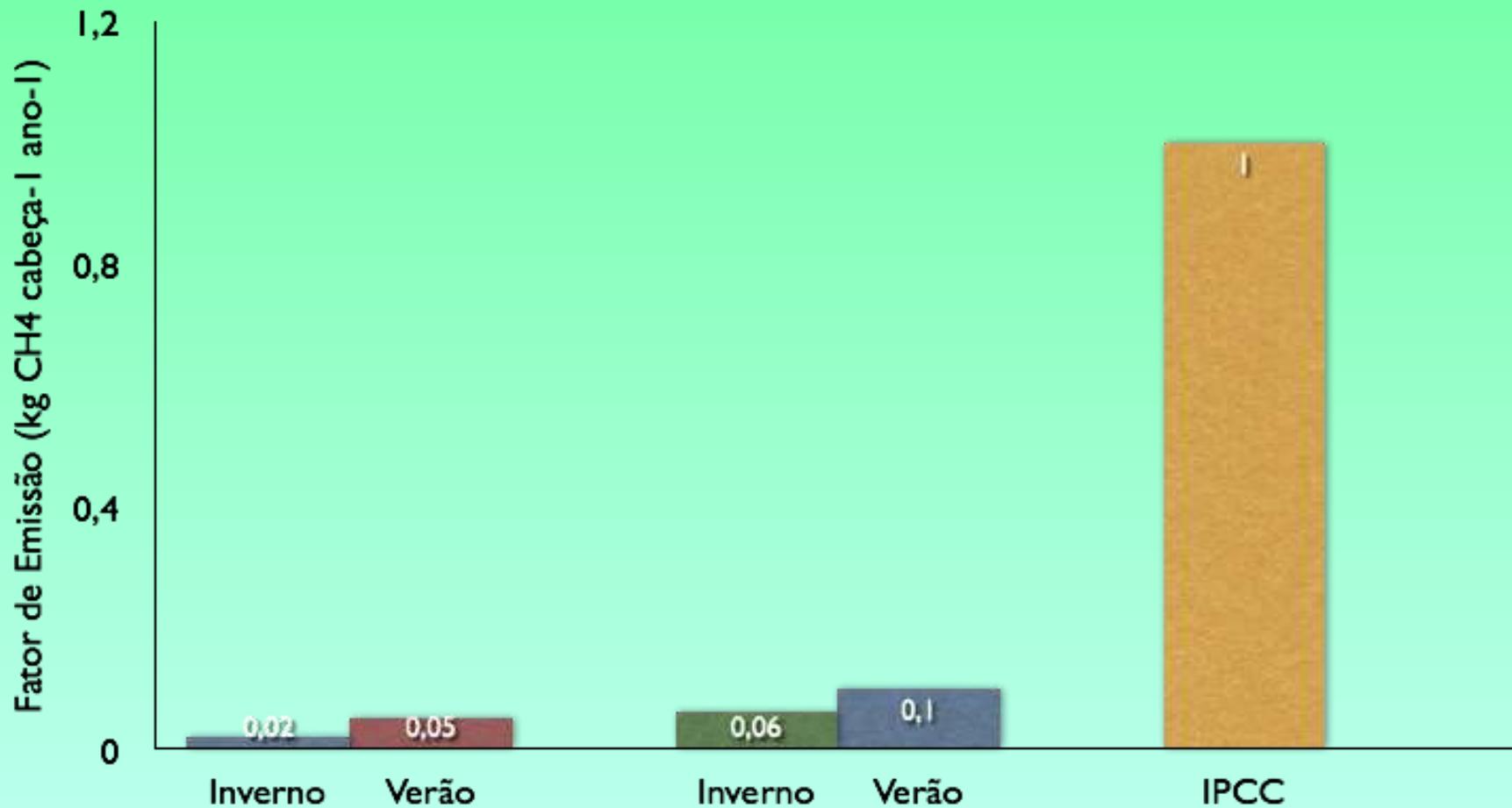
▽ Controle Inverno  
□ Controle Verão

△ Fezes Inverno  
○ Fezes Verão

# Fluxo acumulado no período de 30 dias



# Fatores de emissão regionais para o Brasil

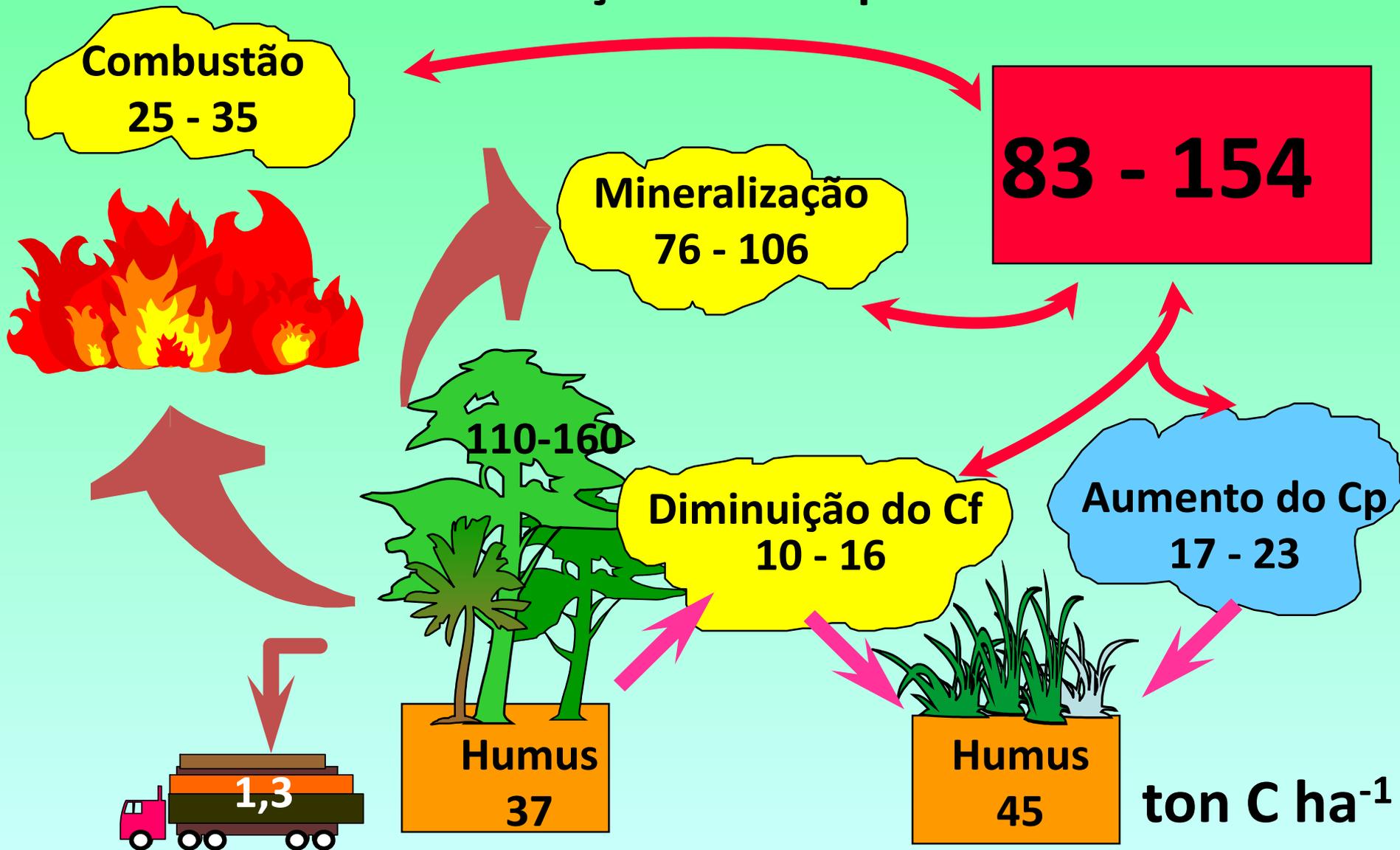


**Clima sub-tropical**

**Clima tropical**

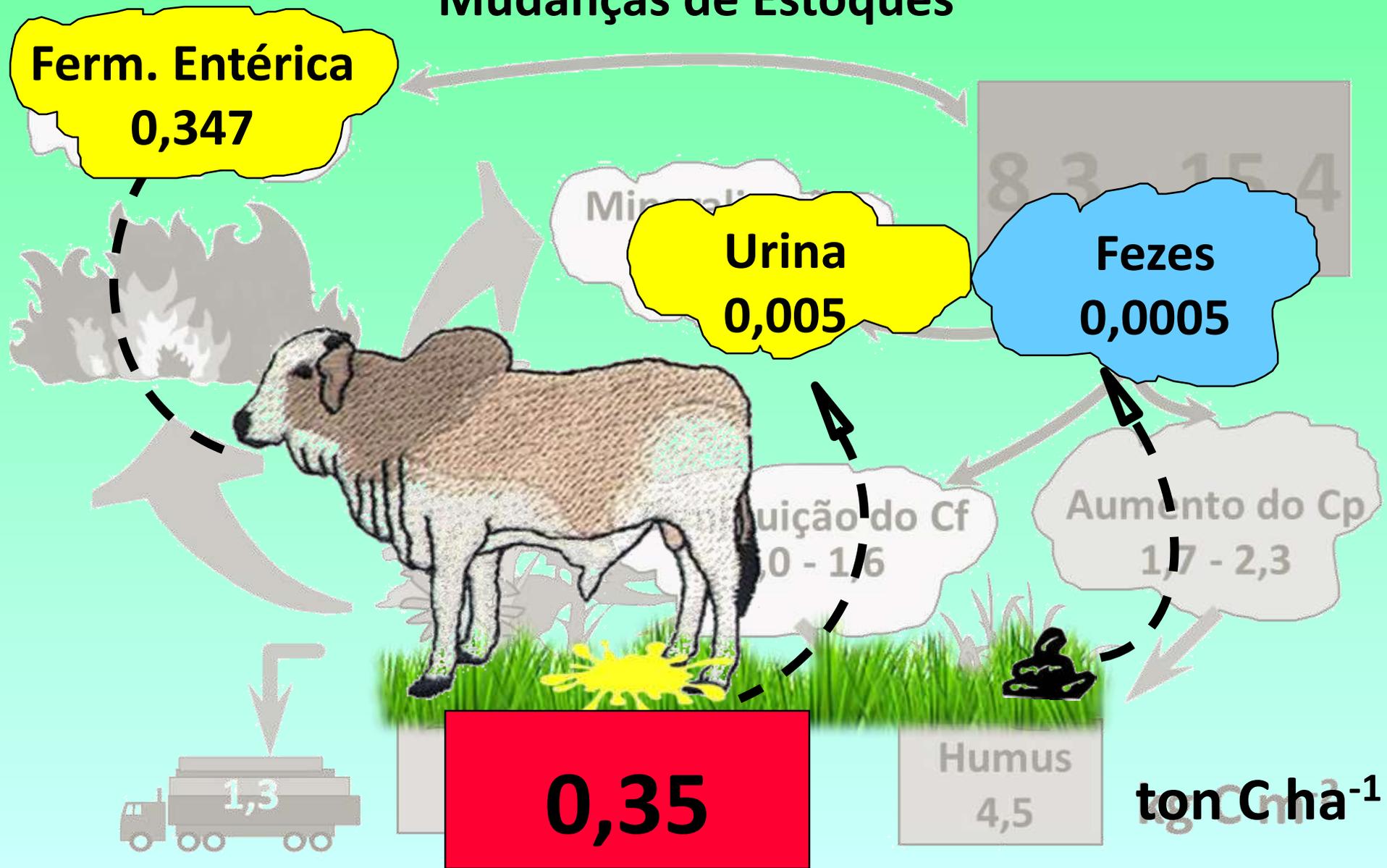
# Dinâmica do carbono na conversão floresta/pastagem

## Mudanças de Estoques



# Dinâmica do carbono na conversão floresta/pastagem

## Mudanças de Estoques



# AÇÕES PARA O SETOR AGROPECUÁRIO

Recuperação/  
reforma de  
pastagens



Melhoramento  
genético



Confinamento



Integração  
Lavoura e Pecuária



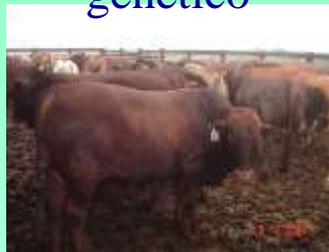
Agricultura de Baixa Emissão de Carbono

# AÇÕES PARA O SETOR AGROPECUÁRIO

Recuperação/  
reforma de  
pastagens



Melhoramento  
genético



Confinamento



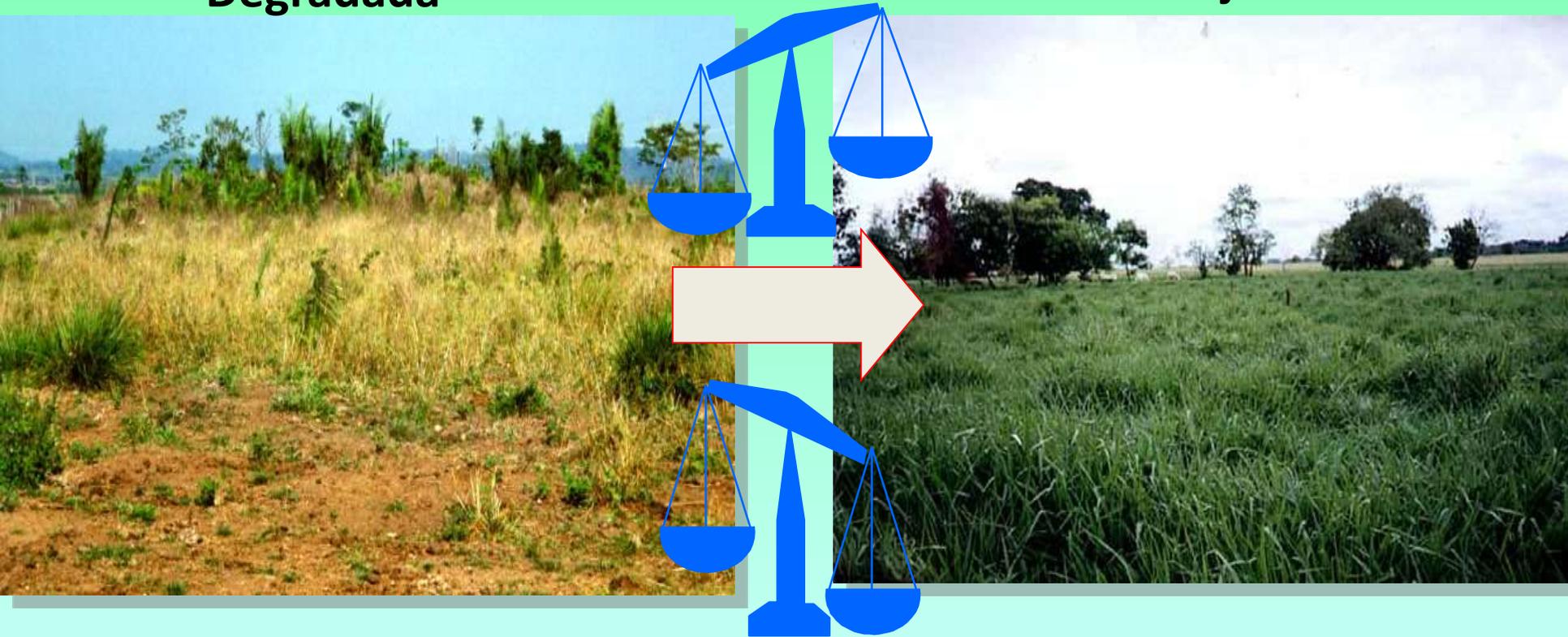
Integração  
Lavoura-pecuária



# Recuperação de Pastagem

Degradada

Bem Manejada



An aerial photograph of a rural landscape. The terrain is hilly and covered with green vegetation, likely a mix of crops and trees. A prominent feature is a large, rectangular area of reddish-brown soil, which appears to be a recently tilled or planted field. A dirt road winds through the landscape, and a small white vehicle is visible on it. The overall scene suggests an agricultural setting in a rural area.

## Tratamentos:

- Controle;
- Plantio direto Arroz;
- Herbicida;
- Gradagem;
- Plantio direto Soja.

# Emissões de (CO<sub>2</sub> e N<sub>2</sub>O) durante 6 meses

kg C-CO<sub>2</sub>

kg N-N<sub>2</sub>O kg eqC

Controle



6780

0,07

6789

Plantio Direto



6120

1,62

6326

Gradagem



8690

2,23

8973

+42%

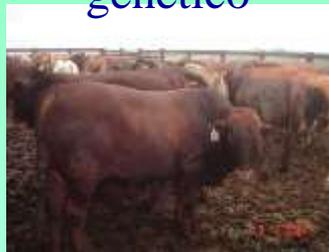


# AÇÕES PARA O SETOR AGROPECUÁRIO

Recuperação/  
reforma de  
pastagens



Melhoramento  
genético



Confinamento



Integração  
Lavoura-pecuária



# Pecuária extensiva

Emissão de GEE  
kg CO<sub>2</sub> eq por kg carne produzida

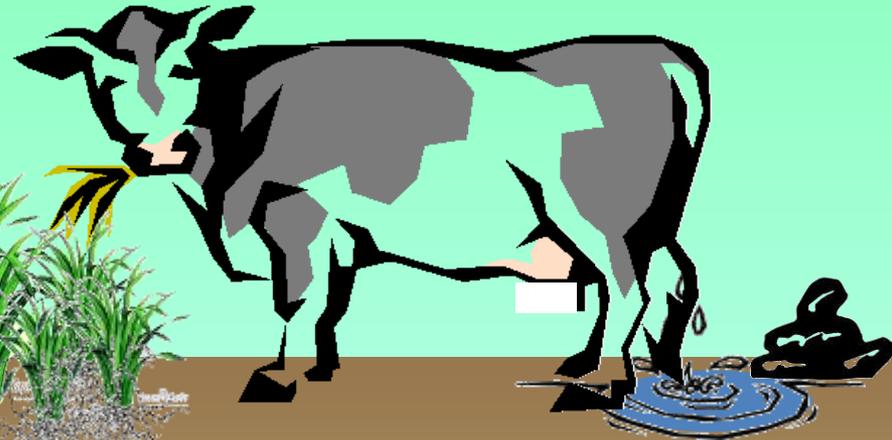
~0

Eletricidade



11,1

Fermentação entérica



0,06

Combustível fóssil



Dejetos

3,6

ACRIMAT, 2009

# Confinamento

Emissão de GEE  
kg CO<sub>2</sub> eq por kg carne produzida

~0

Eletricidade



2,2

Fermentação entérica



0,11

Produção de alimentos



Combustível fóssil

0,70

Dejetos

1,9

ACRIMAT, 2009

# MANEJO DE DEJETOS

*Pecuária  
extensiva*

*Confinamento*



EMISSÃO EM kg CO<sub>2</sub> eq

1,4

por animal por dia

2,3

3,6

por kg carne produzida

1,9

# EMISSÃO DE GEE (EM %)

## *Pecuária extensiva*

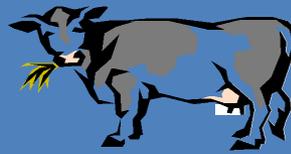
75

24

-

< 1

< 1



## *Confinamento*

44

39

14

2

< 1

Emissão de GEE  
kg CO<sub>2</sub> eq por kg carne produzida

*Pecuária  
extensiva*

15



*Confinamento*

5

# Opções de mitigação pela **PECUÁRIA**



Medidas de manejo e recuperação de pastagens

229-458

Mt CO<sub>2</sub>-eq

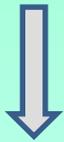


Redução das emissões pelos dejetos no confinamento

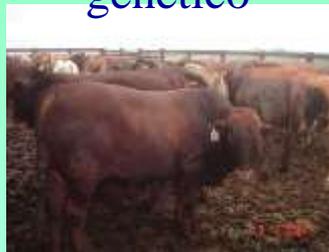
33-86

# AÇÕES PARA O SETOR AGROPECUÁRIO

Recuperação/  
reforma de  
pastagens



Melhoramento  
genético



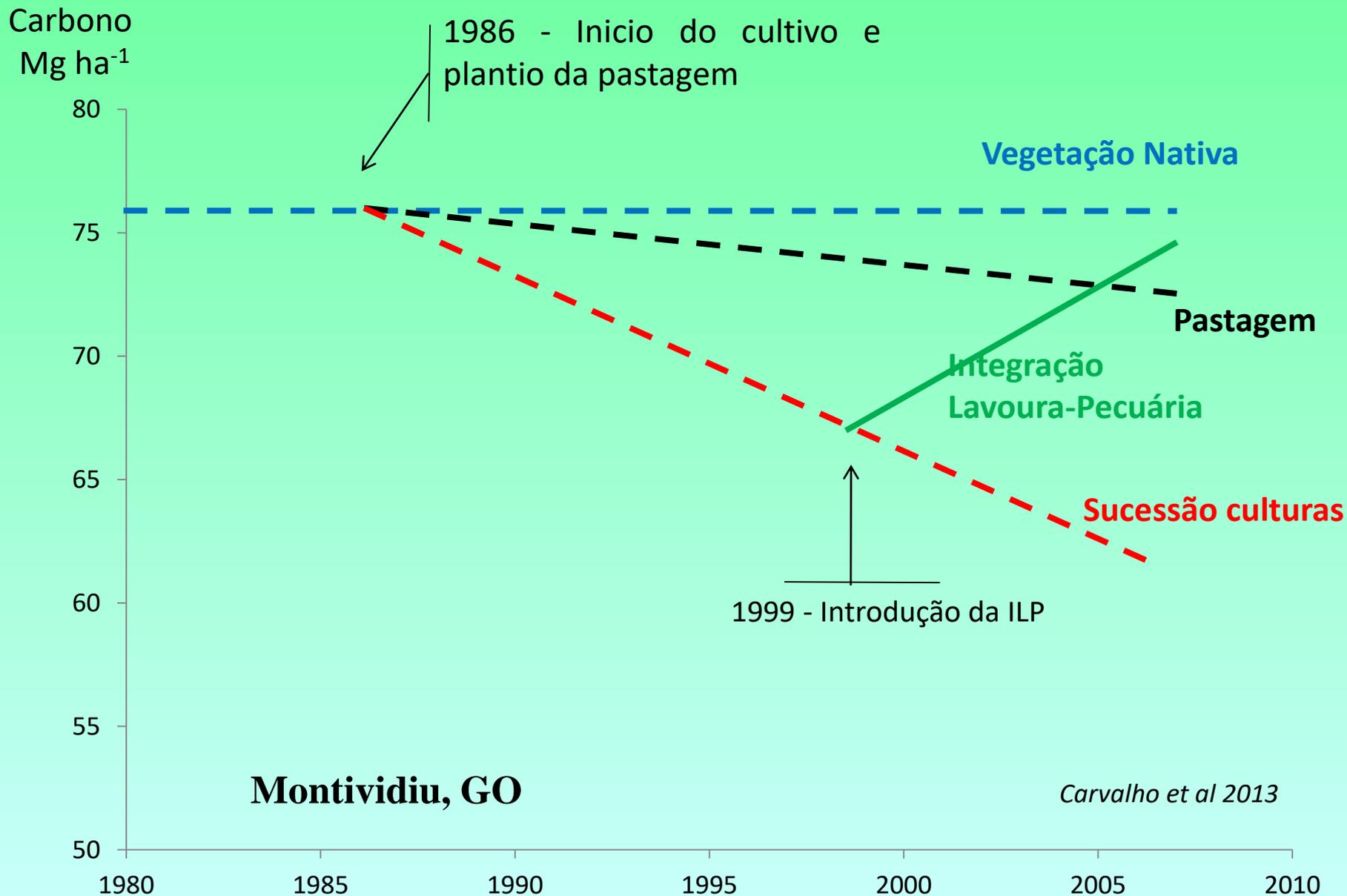
Confinamento



Integração  
Lavoura-pecuária



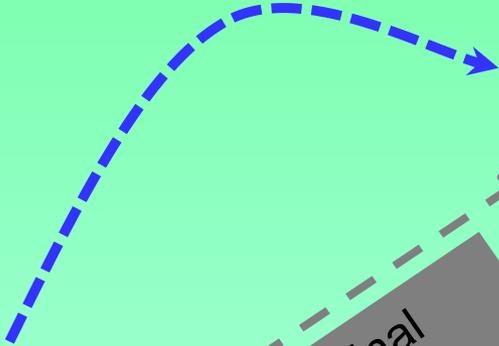
# MUDANÇA NOS ESTOQUES DE CARBONO DO SOLO PELA ADOÇÃO DA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA



# CARBONO NO SOLO NA INTEGRAÇÃO LAVOURA/PASTAGEM

Mg de C ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>

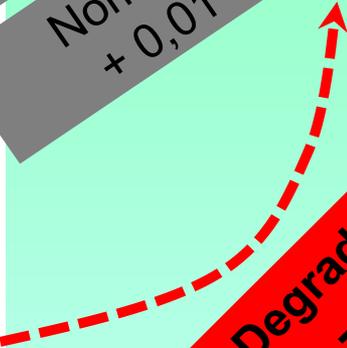
Melhorada  
+ 0,2



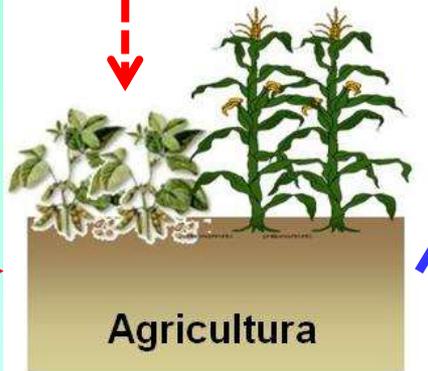
Nominal  
+ 0,01



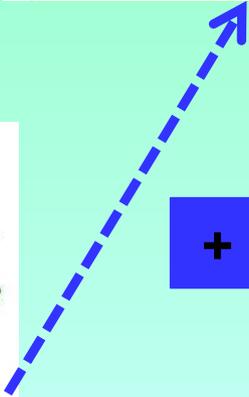
Degradada  
- 0,4



- 0,2



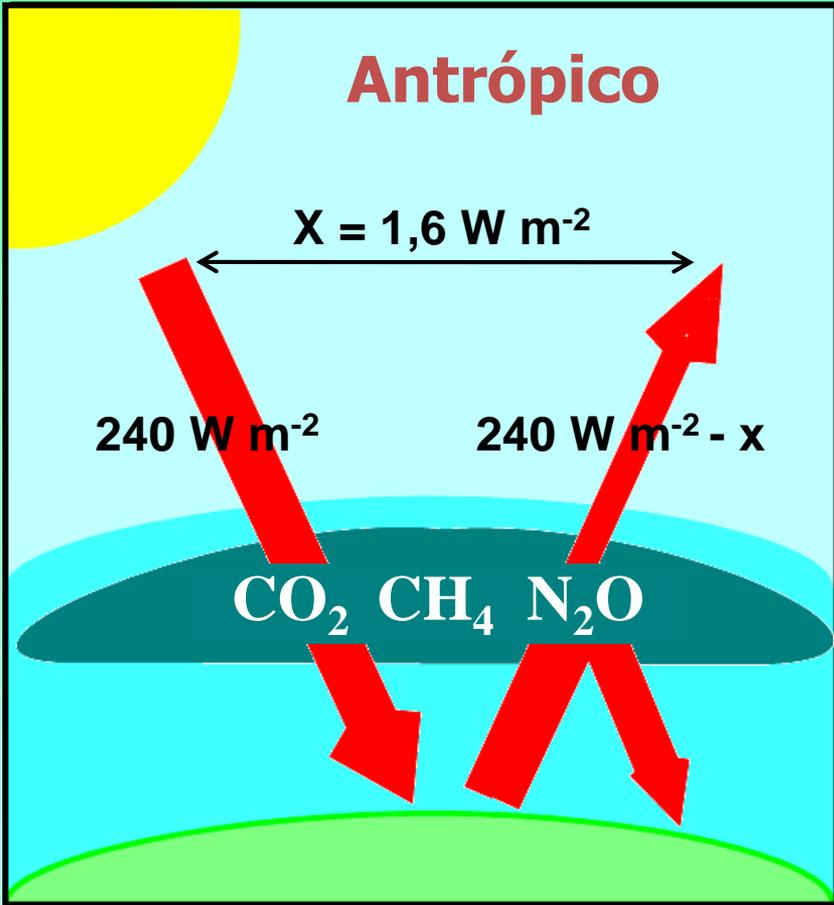
+ 1,1



- 0,2



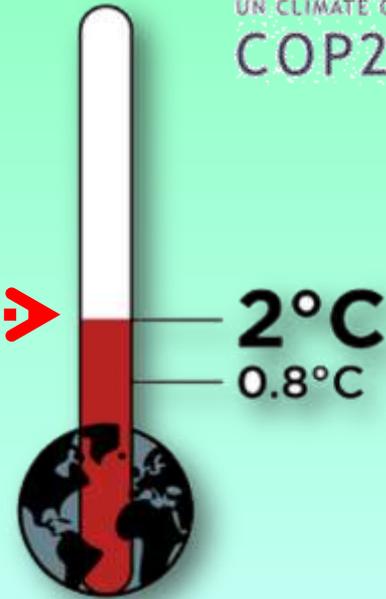
# Antrópico



**T média = 15 °C + 0,8**



PARIS2015  
UN CLIMATE CHANGE CONFERENCE  
COP21·CMP11

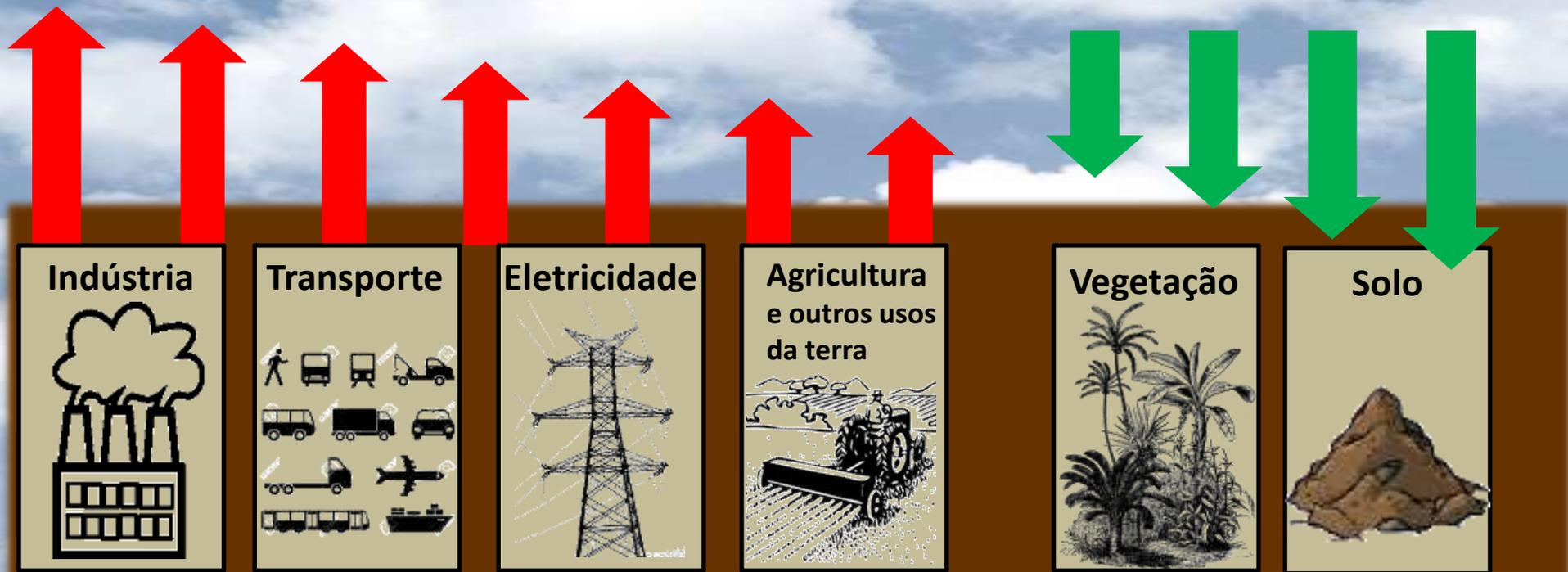


Mudança climática com efeitos irreversíveis

# AÇÕES INTERNACIONAIS FRENTE AO AQUECIMENTO GLOBAL

Diminuir a emissão

Aumentar a fixação



# Compromissos assumidos pelo Brasil



## INDC do Brasil

INTENDED NATIONALLY DETERMINED CONTRIBUTION



PARIS2015  
UN CLIMATE CHANGE CONFERENCE  
COP21·CMP11

Amplo escopo de mitigação, adaptação e metas de implementação, visando atingir o objetivo da Convenção UNFCCC

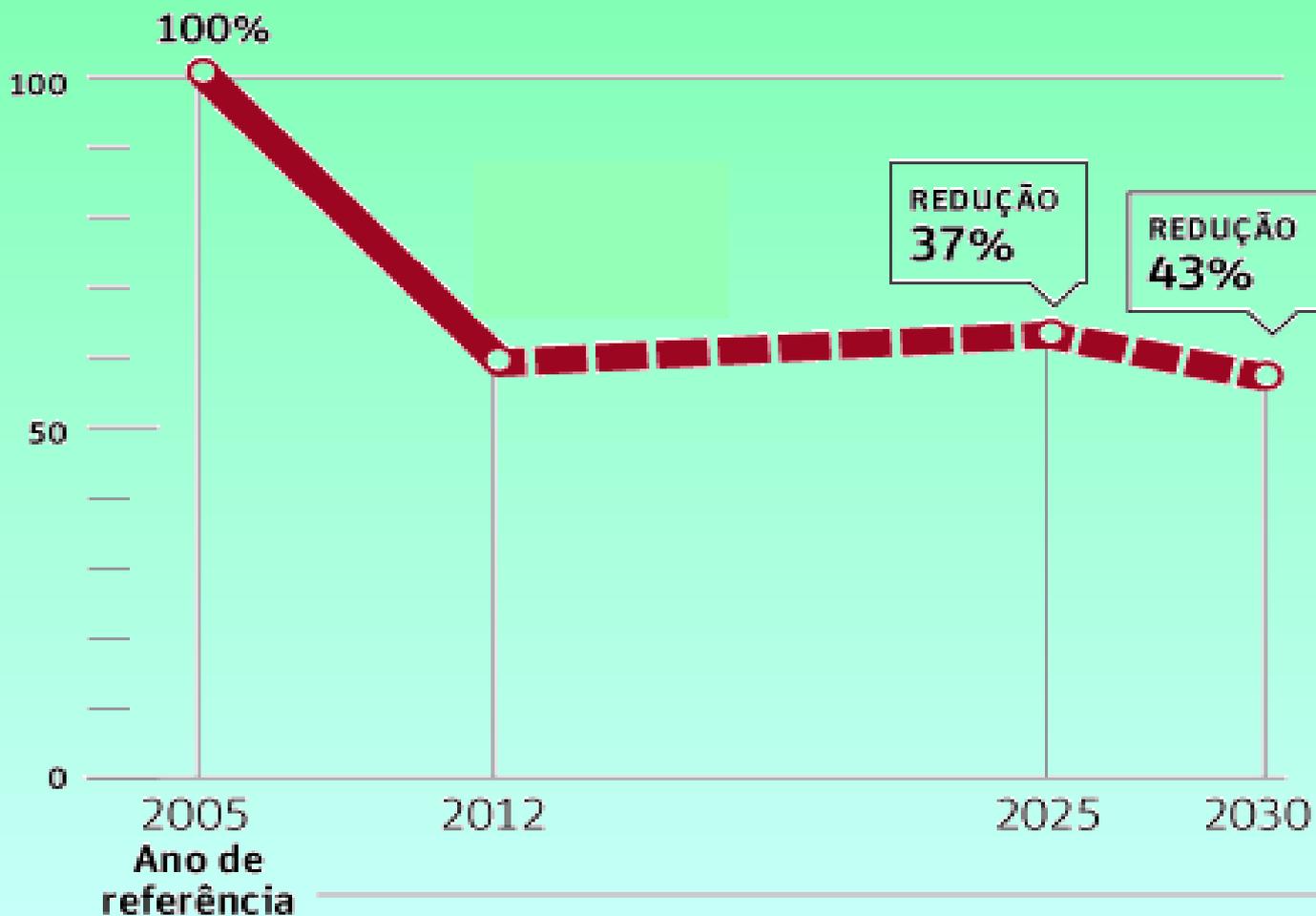


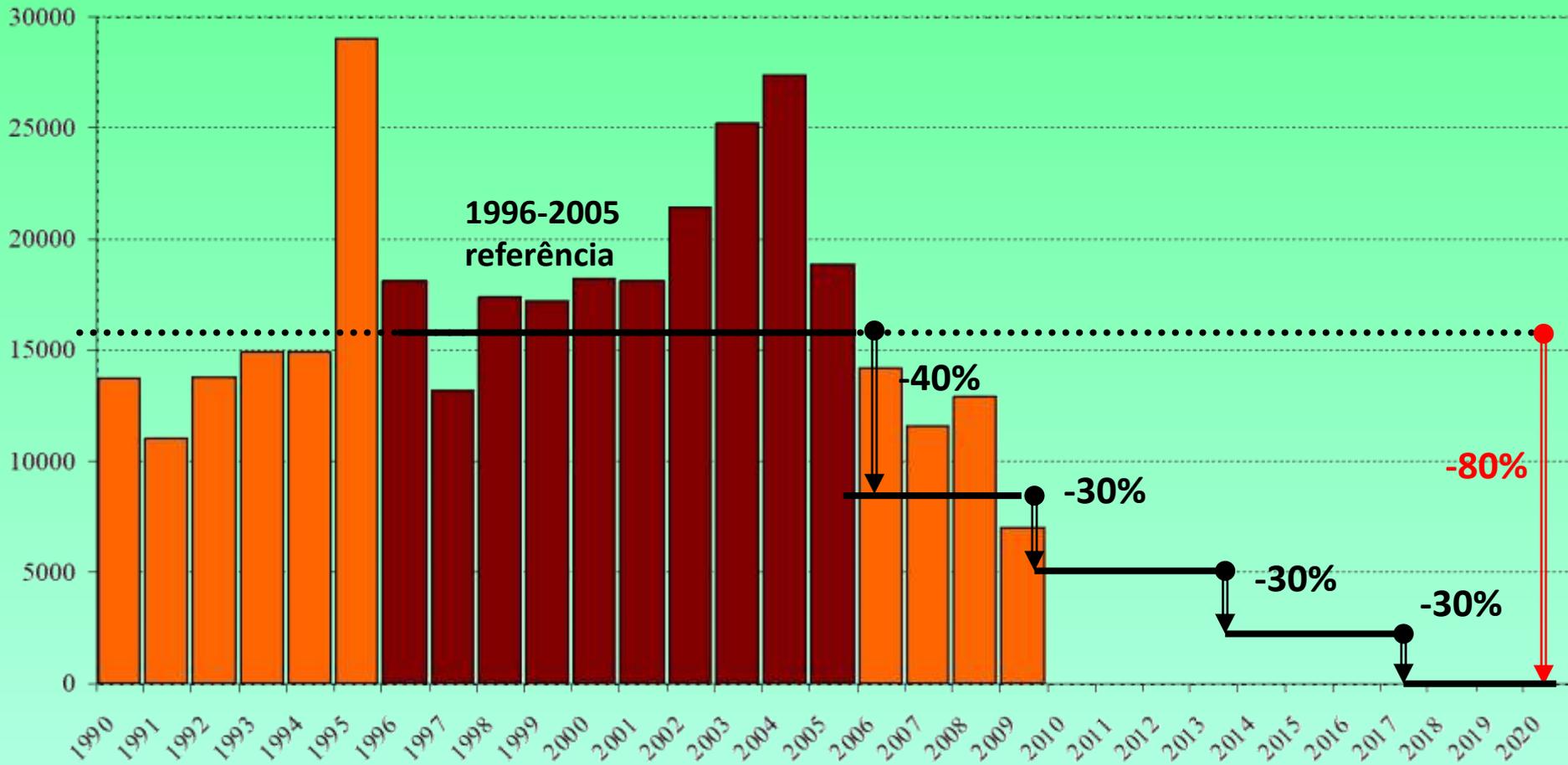
# Metas governamentais do Brasil para redução de emissão



PARIS2015  
UN CLIMATE CHANGE CONFERENCE  
COP21-CMP11

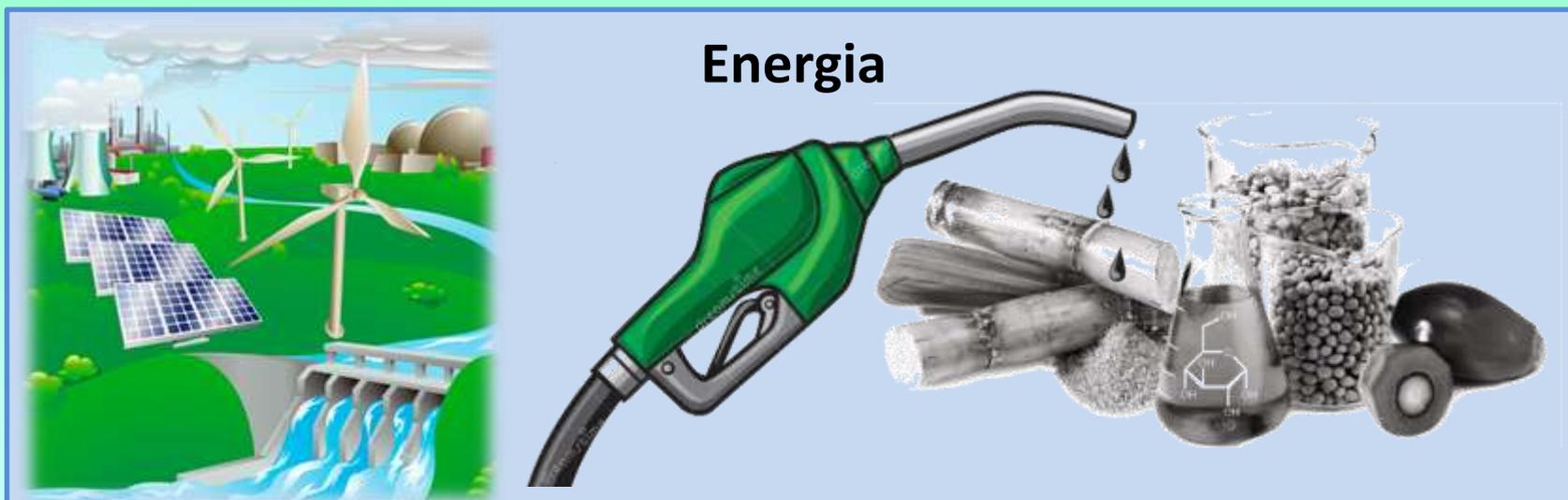
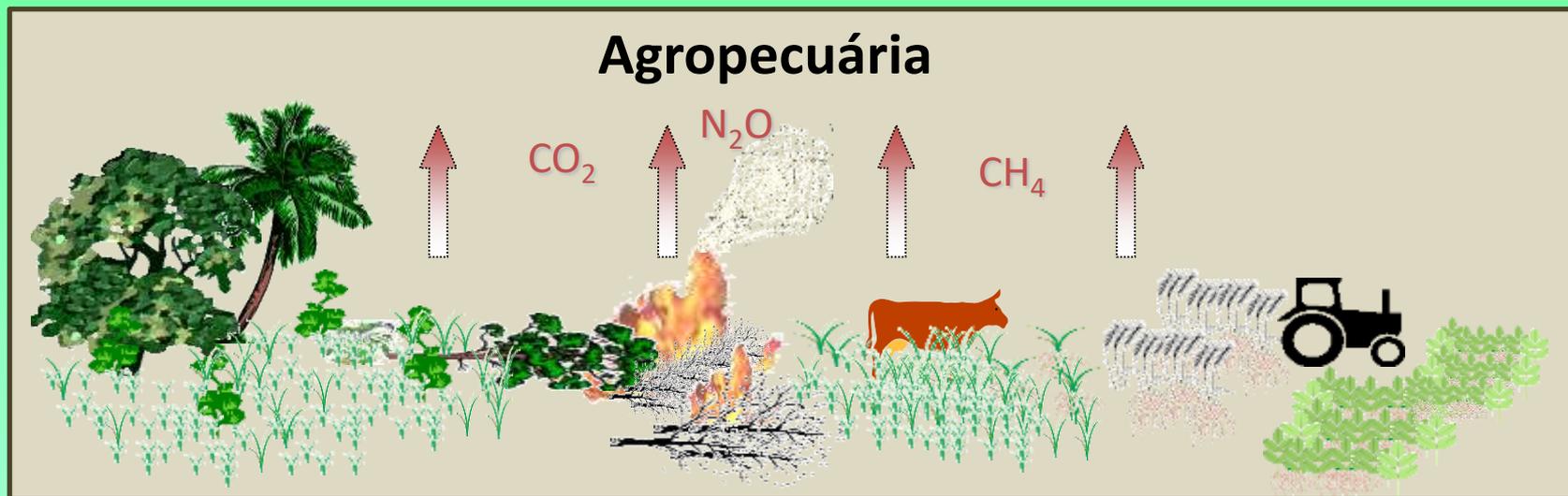
--- Meta de redução de emissões de gases do efeito estufa

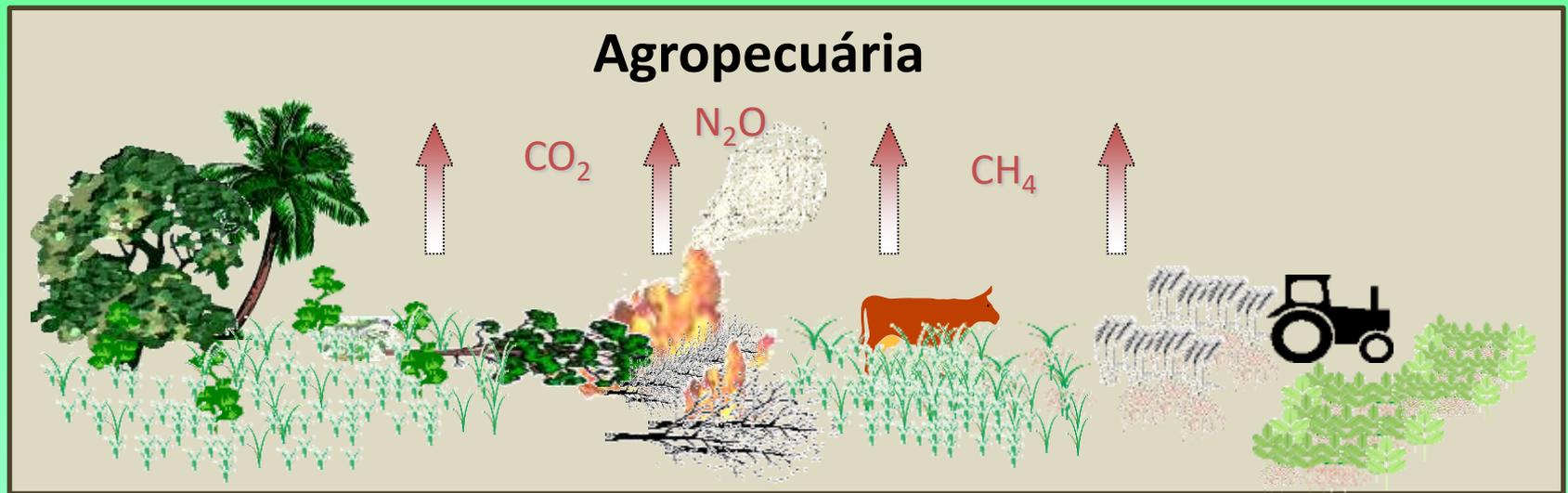




**Taxas de desmatamento (barras) e níveis de redução (linhas) para os quadriênios propostos pelo Plano Nacional de Mudanças Climáticas (Brasil, 2008) em relação à linha de bases 1996-2005.**

# Setores prioritários para a redução de emissão





## Ações para a redução das emissões de GEE e fixação de carbono

### Ações para reduzir o aumento de GEE

- recuperação de 15 milhões de hectares de pastagens degradadas;
- integração de 5 milhões de hectares de lavoura-pecuária-florestas.

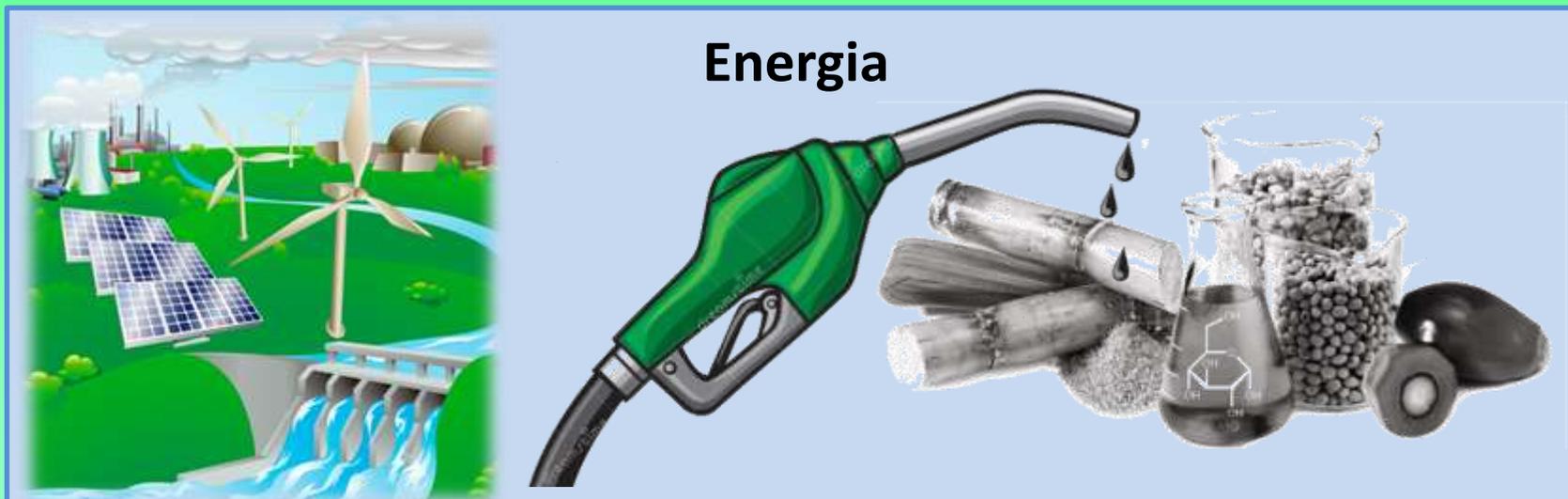
### Ações para fixar o $\text{CO}_2$ atmosférico

- restauração e o reflorestamento de 12 milhões de hectares;



PROGRAMA ABC  
**AGRICULTURA  
DE BAIXO  
CARBONO**

Plante sustentabilidade, colha resultados



## Ações para a redução das emissões de GEE e fixação de carbono

- Garantia de 45% de fontes renováveis no total da matriz energética;
- Participação de 66% da fonte hídrica na geração de eletricidade;
- Participação de 23% das fontes renováveis - eólica, solar e biomassa - na geração de energia elétrica;
- Aumento de cerca de 10% na eficiência elétrica.
- Participação de 16% de etanol carburante e das demais biomassas derivadas da cana-de-açúcar no total da matriz energética.

# BIOMASSA: FONTE ALTERNATIVA DE ENERGIA



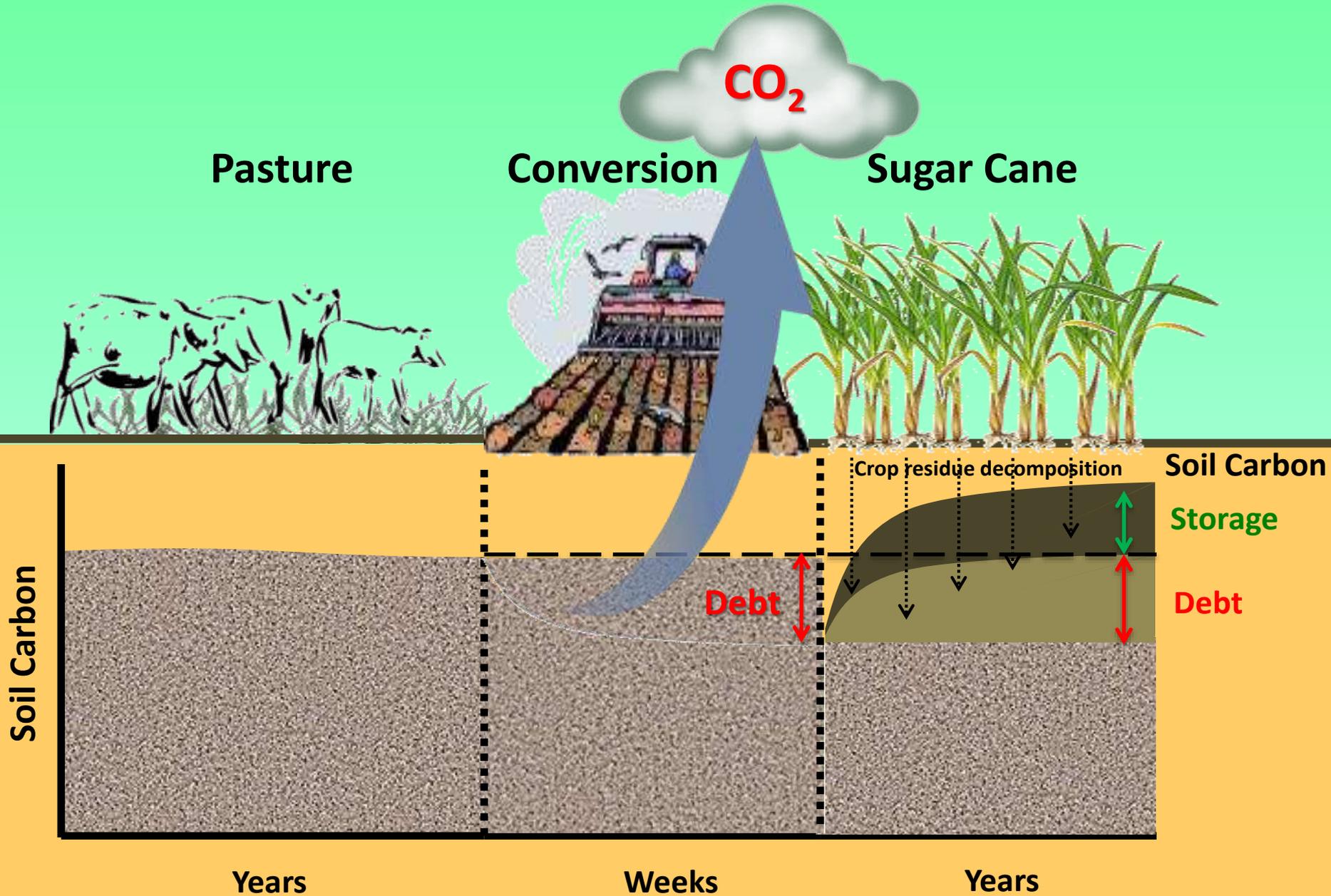


**Etanol de cana-de-açúcar**

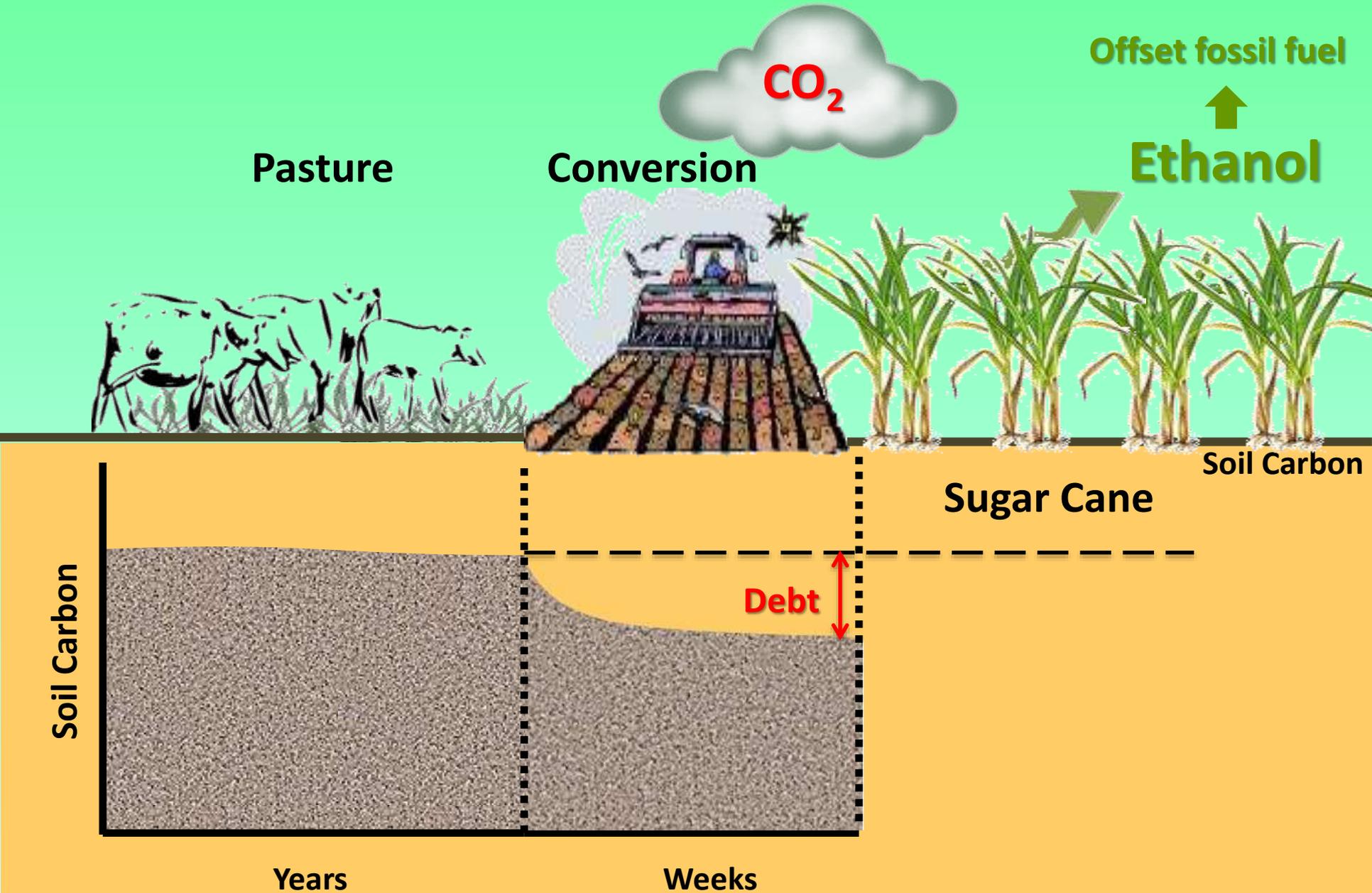
# Conversion from Pasture to Sugar Cane



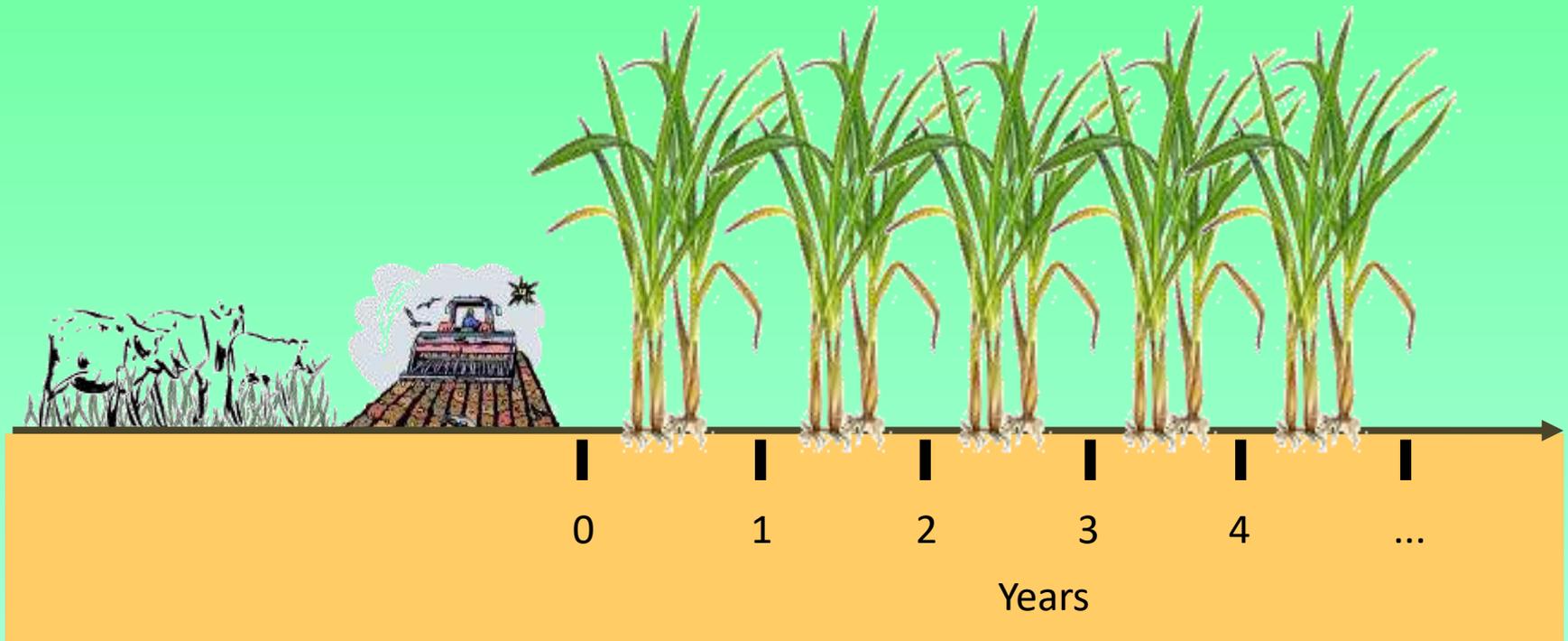
# Soil Carbon stock balance after Land Use Change



# Payback time



# Payback time

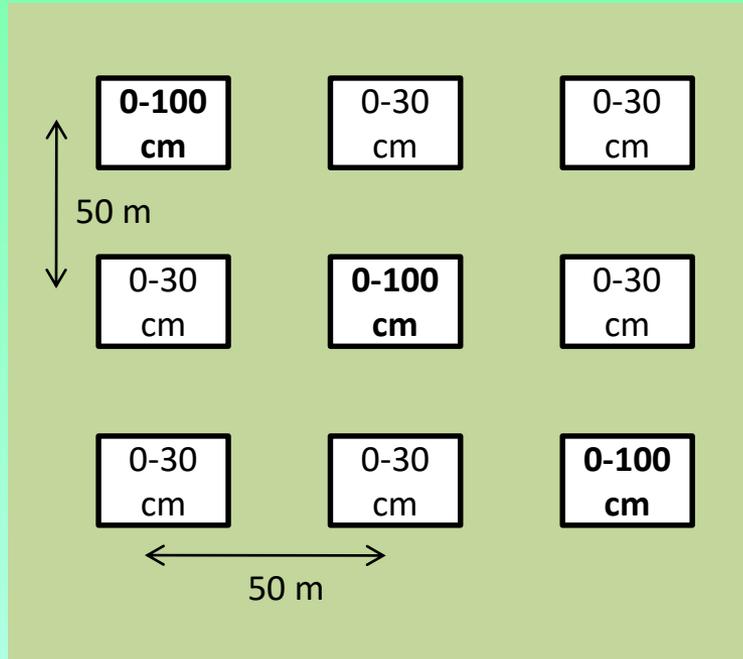


“Time span that the conversion of a specific land into sugarcane would need to compensate emissions resulted from LUC considering the offset associated to the replacement of fossil fuel by sugarcane ethanol.”

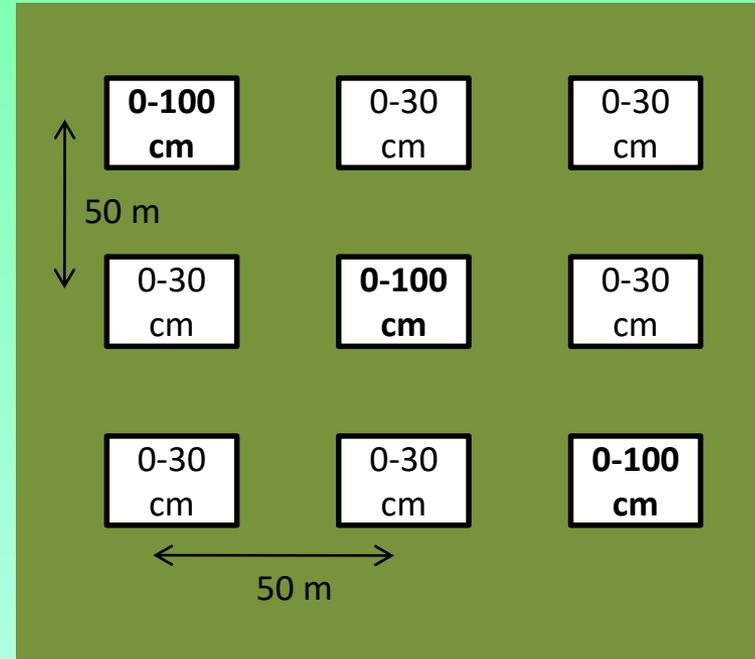
# Soil sampling strategy

## Soil pairs (side by side)

### Pasture



### Sugar Cane



### Soil depths:

0-10, 10-20, 20-30 cm

0-10, 10-20, 20-30, 40-50, 70-80, 90-100 cm

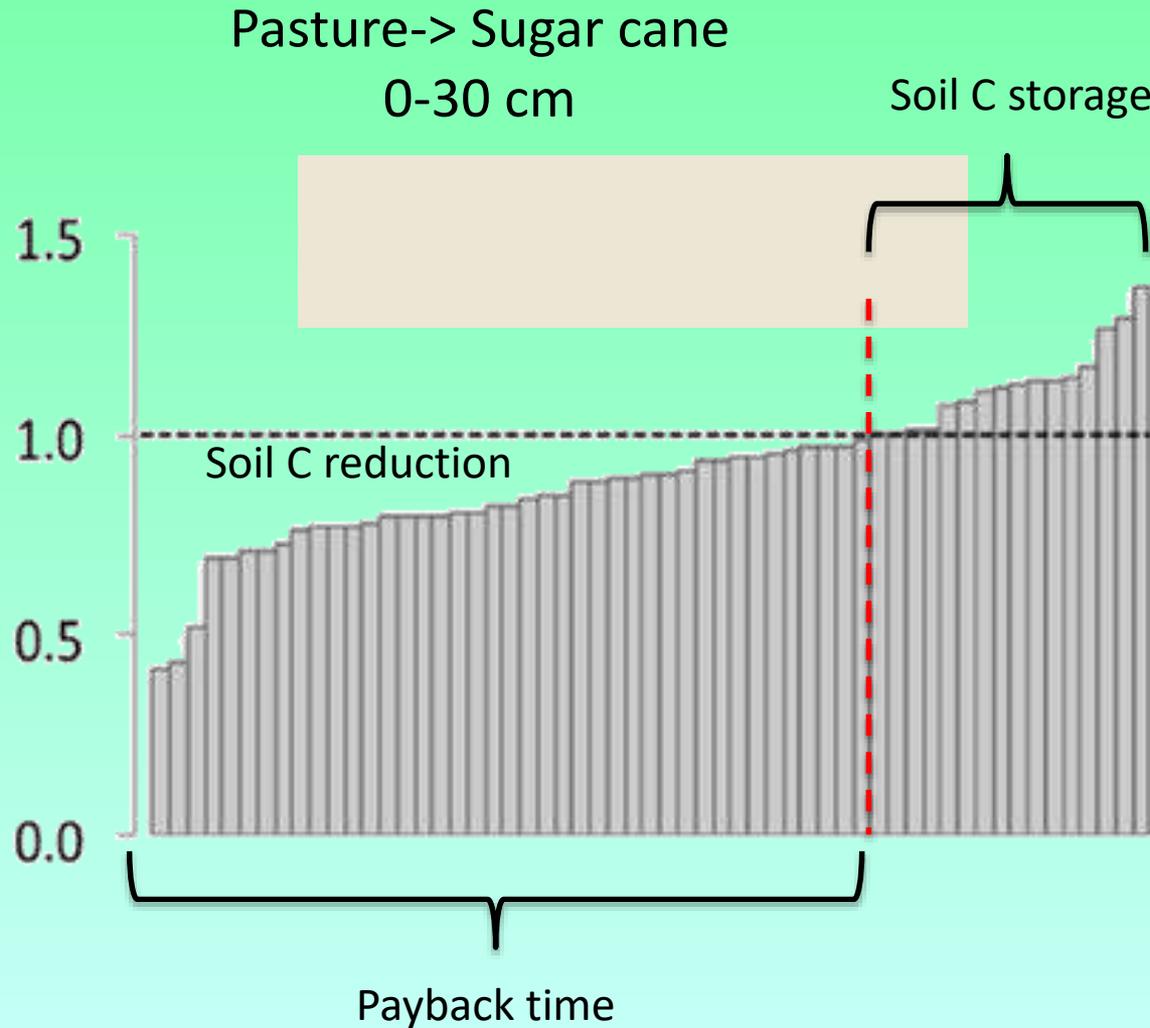
# Conversion from Pasture to Sugar-Cane

70%

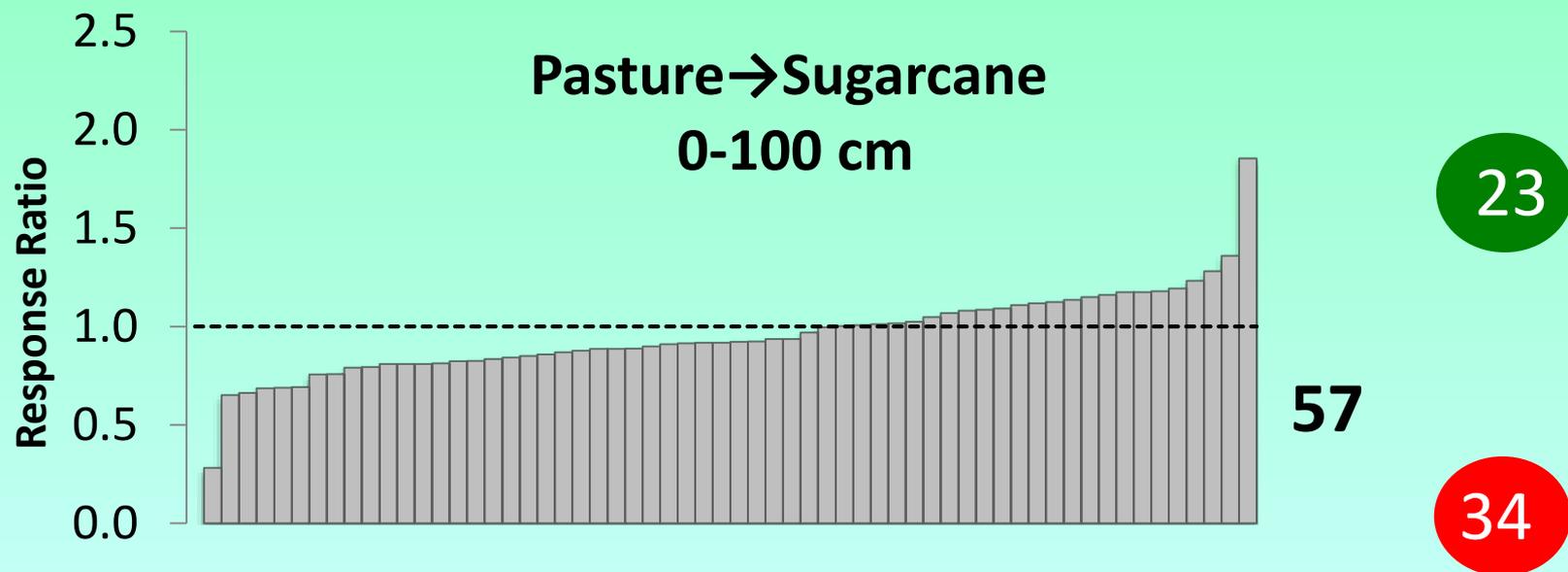
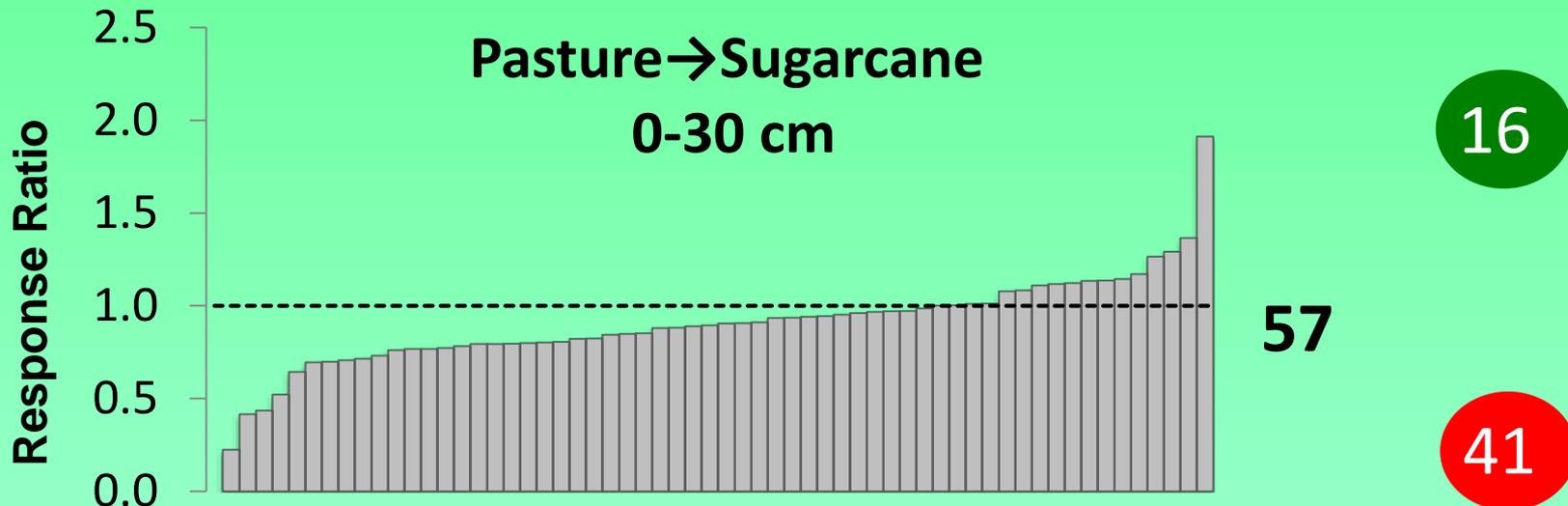


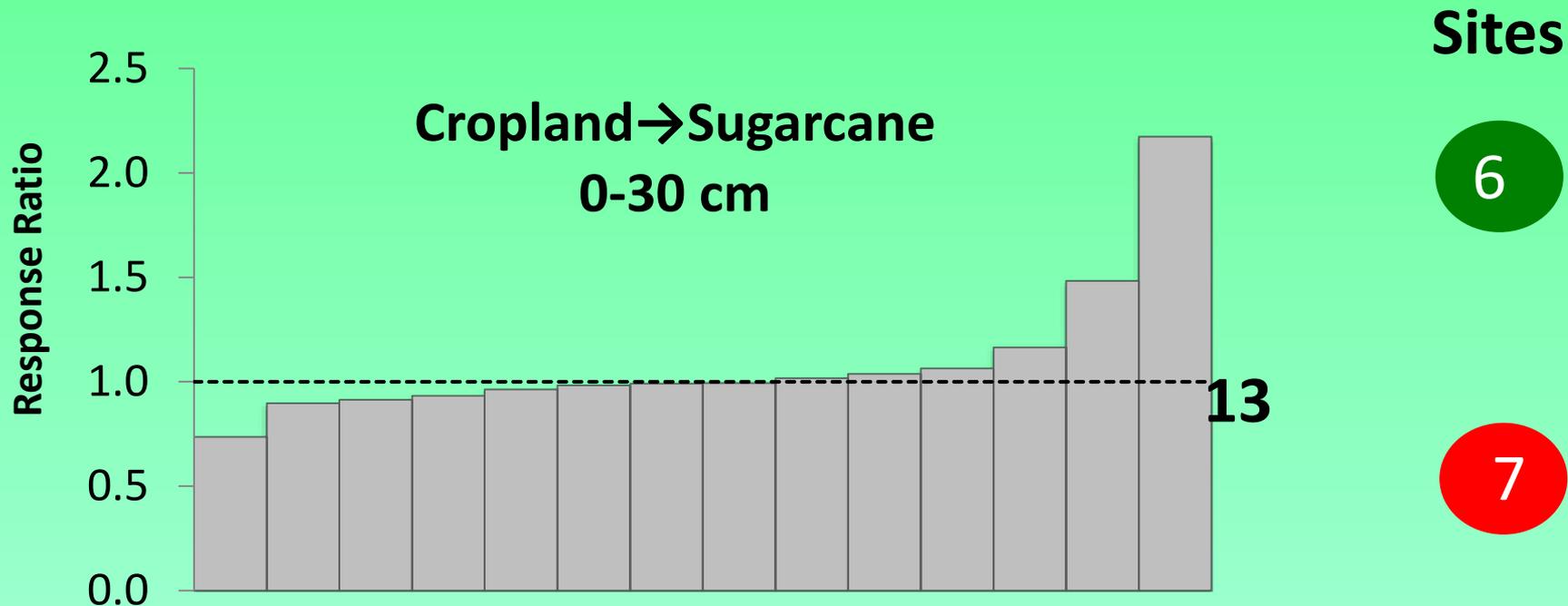
$$\text{Response Ratio (Mg C ha}^{-1}\text{)} = \frac{\text{Soil C stock Sugar Cane}}{\text{Soil C stock References}}$$

Pasture  
Agriculture  
Cerrado



# Sites

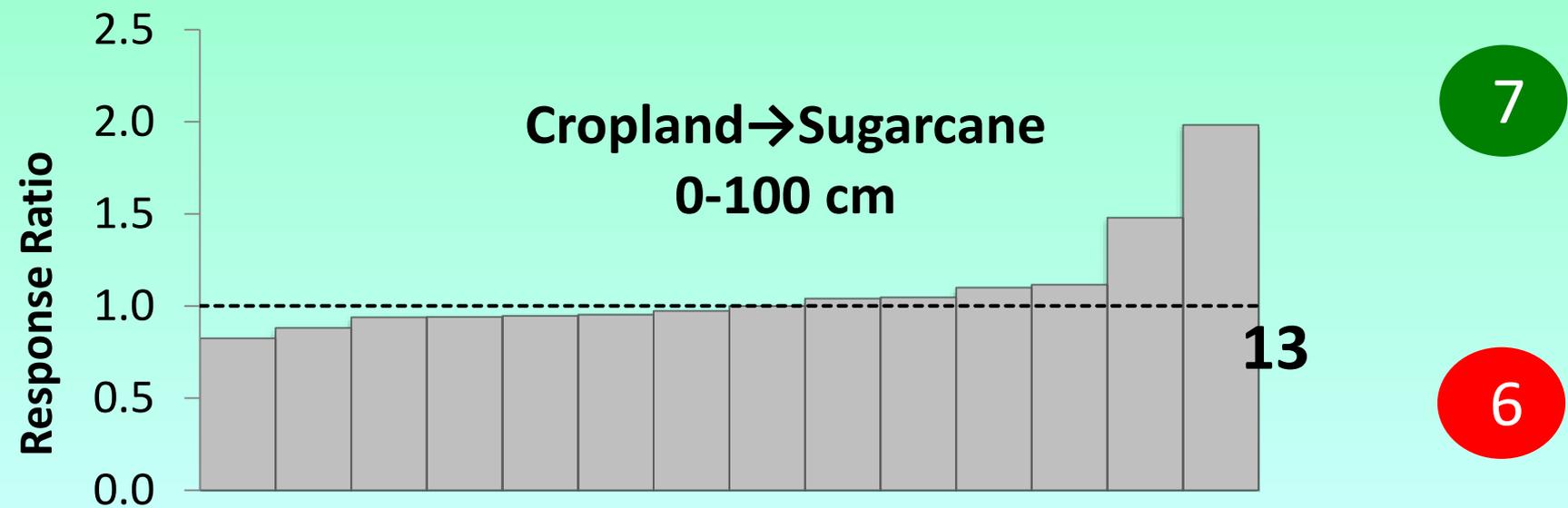




Sites

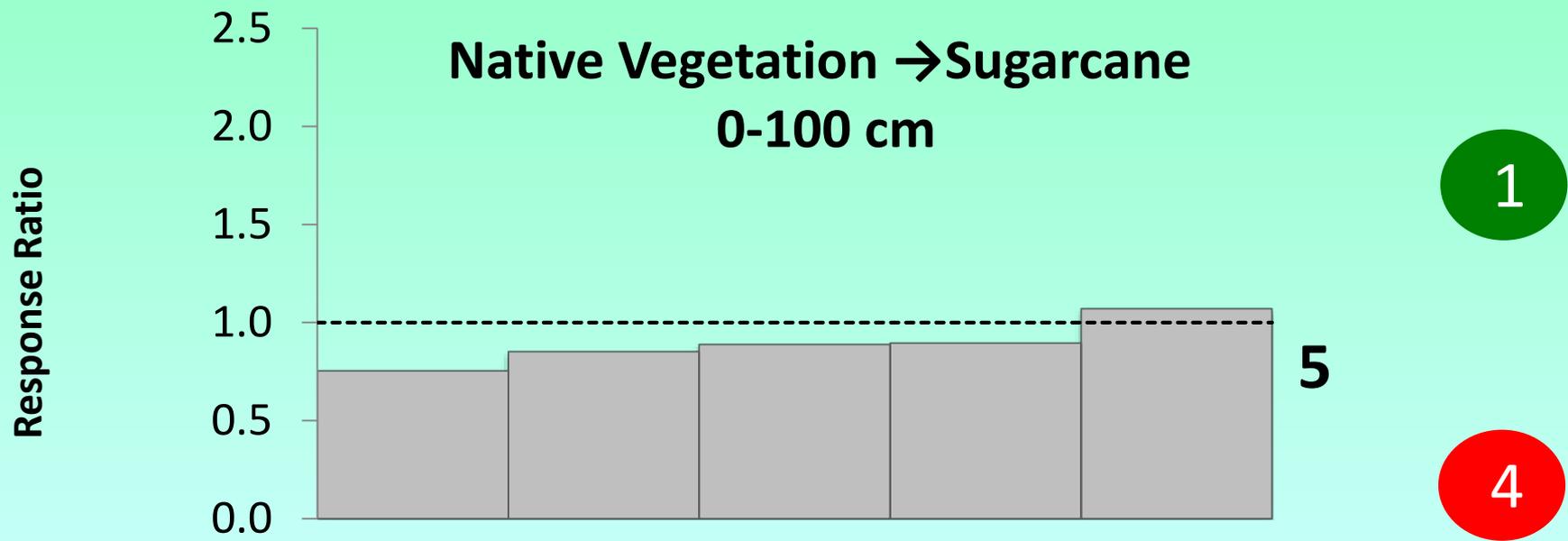
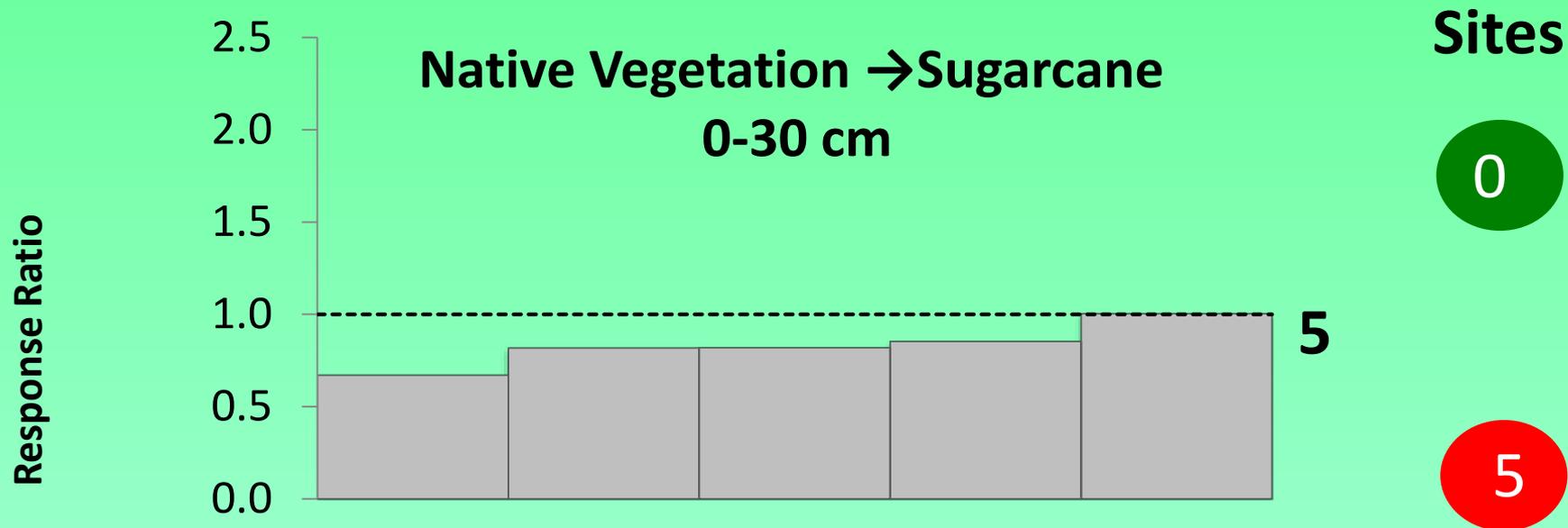
6

7



7

6



# PAYBACK TIME CALCULATION

# **Sugar Cane Ethanol Offset**

**9.8 Mg CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>**

Fargione et al. (2008) Science

# Conversion from Cerrado to Sugar Cane (< 1%)



**Payback time = 8 years**

# Conversion from Pasture to Sugar Cane



## Carbon Debt (20 years)

-20 Mg CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> 0-30 cm

-32 Mg CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> 0-100 cm

# Conversion from Pasture to Sugar Cane

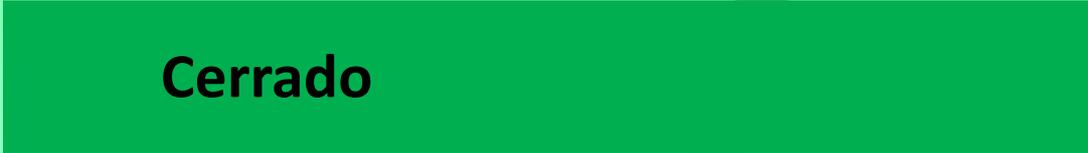


**Payback time = 2 to 3 years**

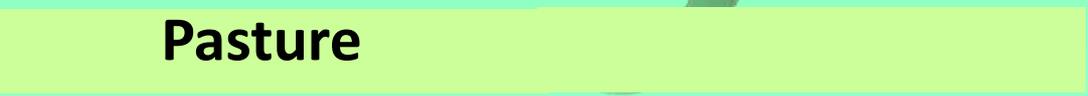


**Conversion**

**Biomass Carbon**



**Cerrado**

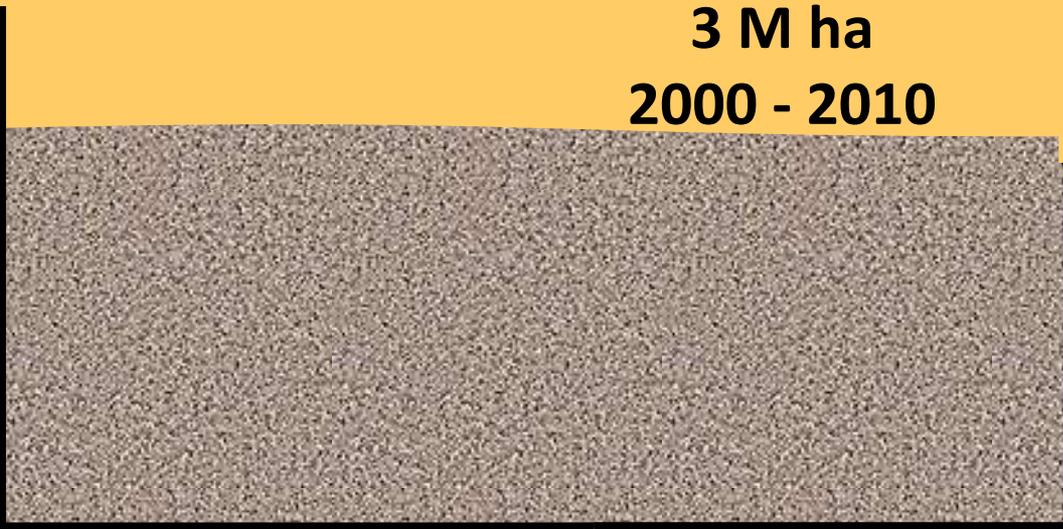


**Pasture**



**Agric land**

**Soil Carbon**



**3 M ha  
2000 - 2010**

**Years**

**Yields Net Ecosystem Emissions**  
 $0.7 - 1.0 \text{ Mg CO}_2 \text{ ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$

**Offset**  
 $9.8 \text{ Mg CO}_2 \text{ ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$

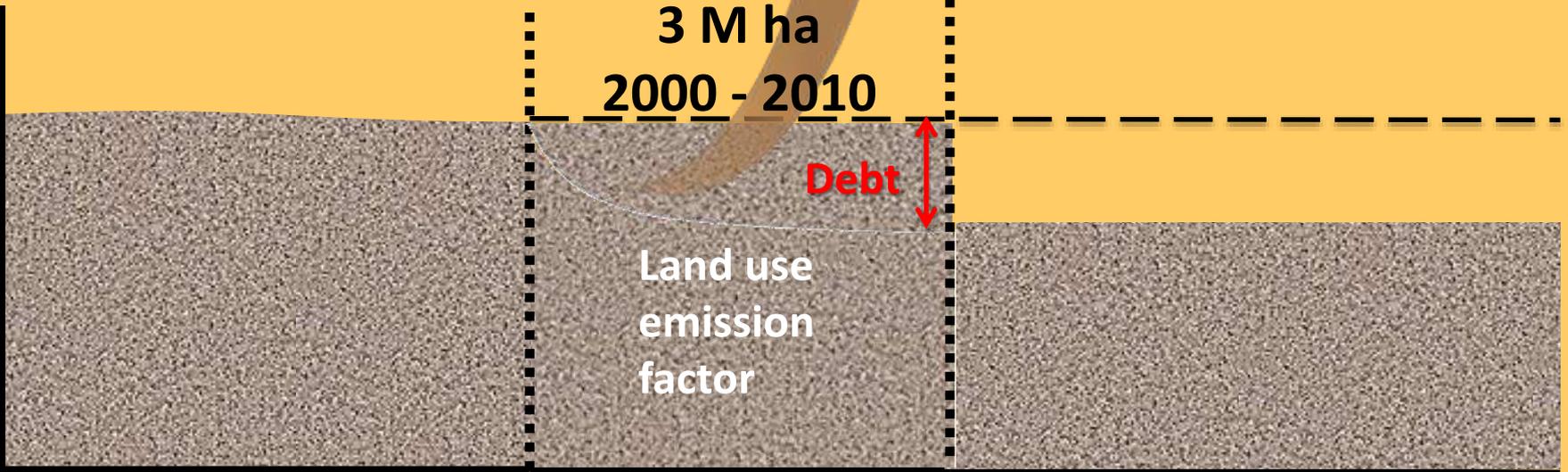


ethanol

Biomass Carbon



Soil Carbon

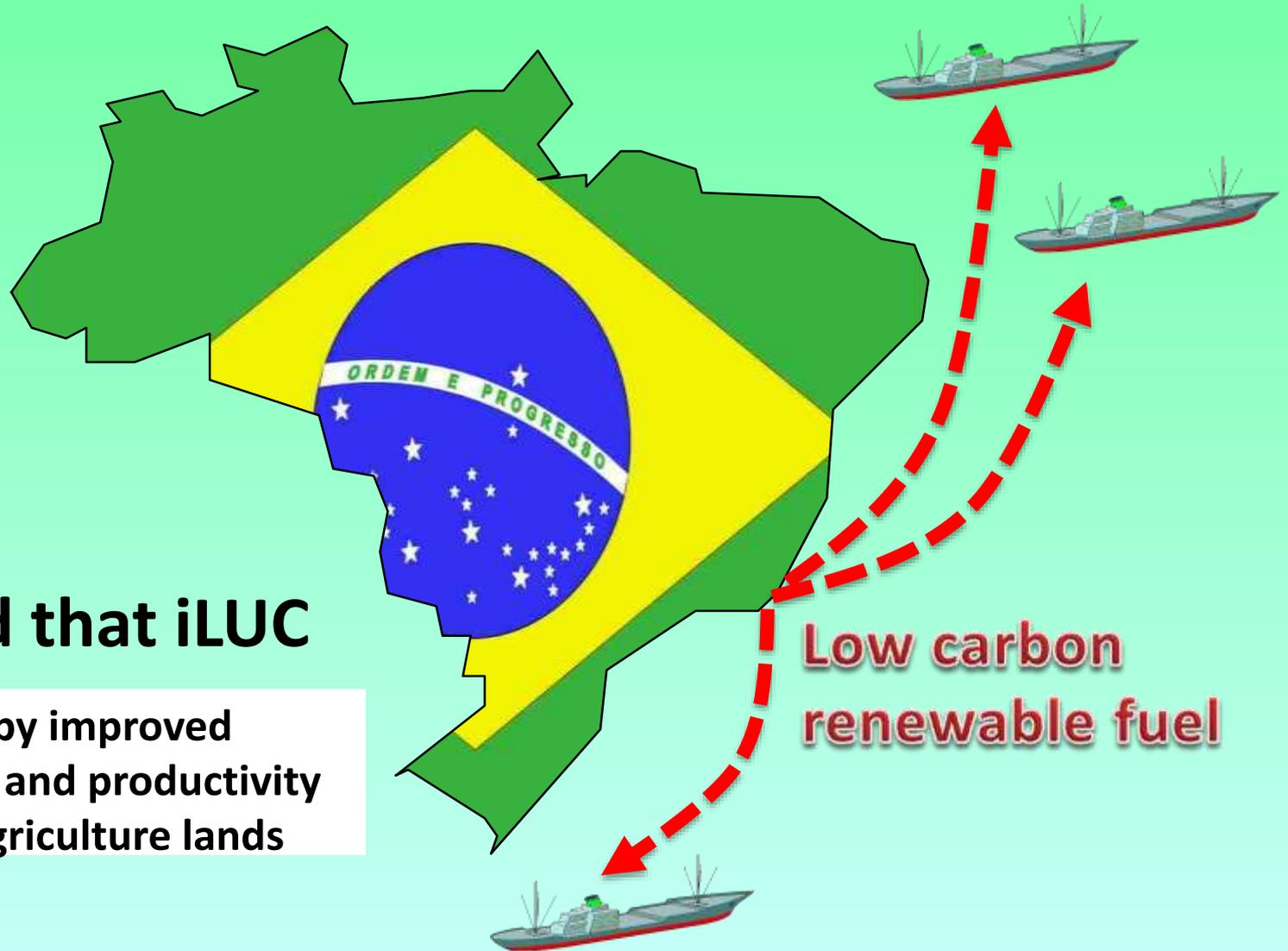


Years

Weeks

Years

# Significant role in delivering



**Provided that iLUC**

Is minimized by improved management and productivity on residual agriculture lands

**Low carbon  
renewable fuel**



Manejo do solo



Manejo da água



Preservação da biodiversidade



Gases do efeito estufa



### Gestão da Matéria Orgânica nos Sistemas de Produção



BIOCOMBUSTÍVEIS



FIBRAS



ALIMENTOS

