



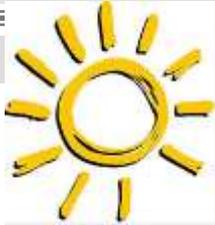
COP21:
A ciência da
SUSTENTABILIDADE
na FAPESP



Agricultura de Baixo Carbono e Bioenergia

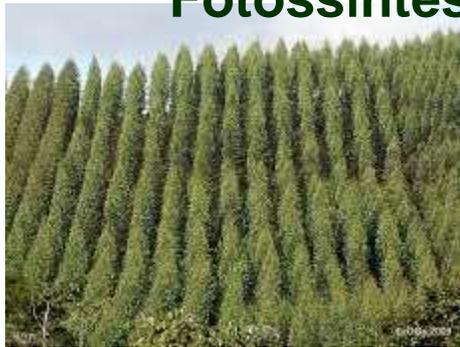
Heitor Cantarella
FAPESP: Programa BIOEN &
Instituto Agronômico de Campinas(IAC)

Bioenergia: energia renovável – recicla o CO₂



CO₂ + H₂O

Fotossíntese



Energia solar armazenada na biomassa



E + CO₂ + H₂O



Energia (biocombustível, biomassa tradicional) utilizada de diferentes formas

A bioenergia seria neutra em termos de CO₂ mas...

- **Gasta-se energia (geralmente fóssil) e emite-se CO₂ para:**
 - **Produzir insumos e agroquímicos para a agricultura**
 - **Combustíveis nas operações agrícolas**
 - **Processar a matéria prima (biocombustíveis ou biomassa tradicional)**
 - **Transportar (matérias primas, produtos agrícolas, produtos processados etc)**

Exemplo: Fertilizantes nitrogenados e gases de efeito estufa

- **N: alto consumo de energia na fabricação (53 MJ/kg N; 1,400 m³/t NH₃) e alto impacto ambiental devido à emissão de N₂O no campo**
 - **3.2 + 5.1 = 8.3 kg CO₂eq/kg N**
- **Fertilizantes: 18% dos GEE da agricultura e 2,5% dos GEE (antropogênica) totais.**
- **Emissões de N₂O de fertilizantes usados na agricultura têm grande peso no balanço de GEE**



N₂O release from agro-biofuel production negates global warming reduction by replacing fossil fuels

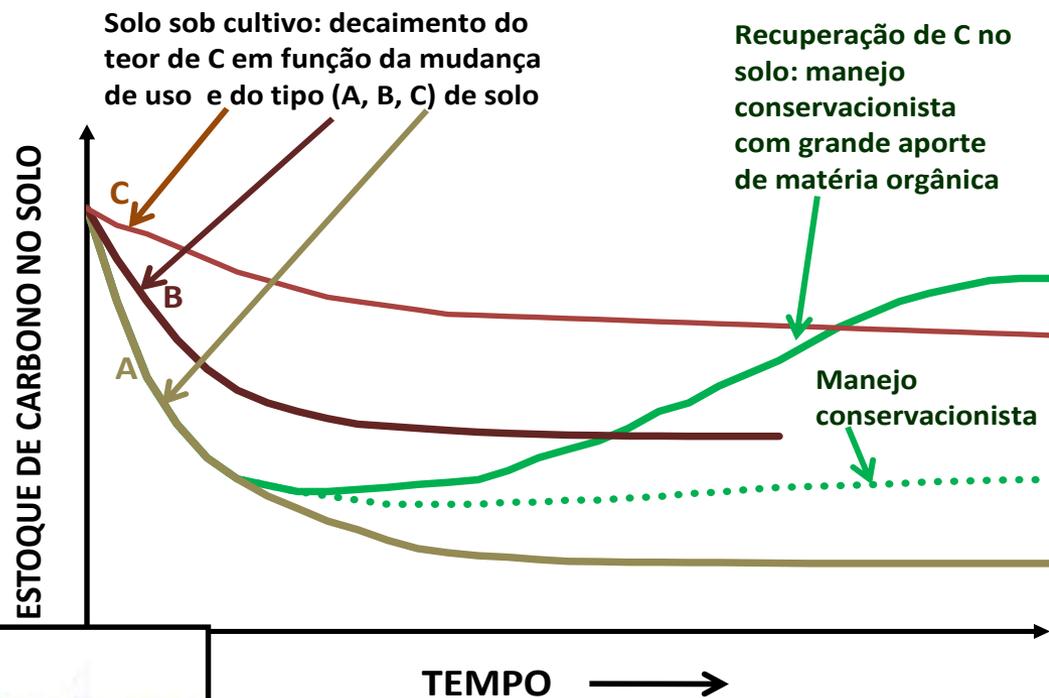
P. J. Crutzen^{1,2,3}, A. R. Mosier⁴, K. A. Smith⁵, and W. Winiwarter^{3,6}

¹Max Planck Institute for Chemistry, Department of Atmospheric Chemistry, Mainz, Germany

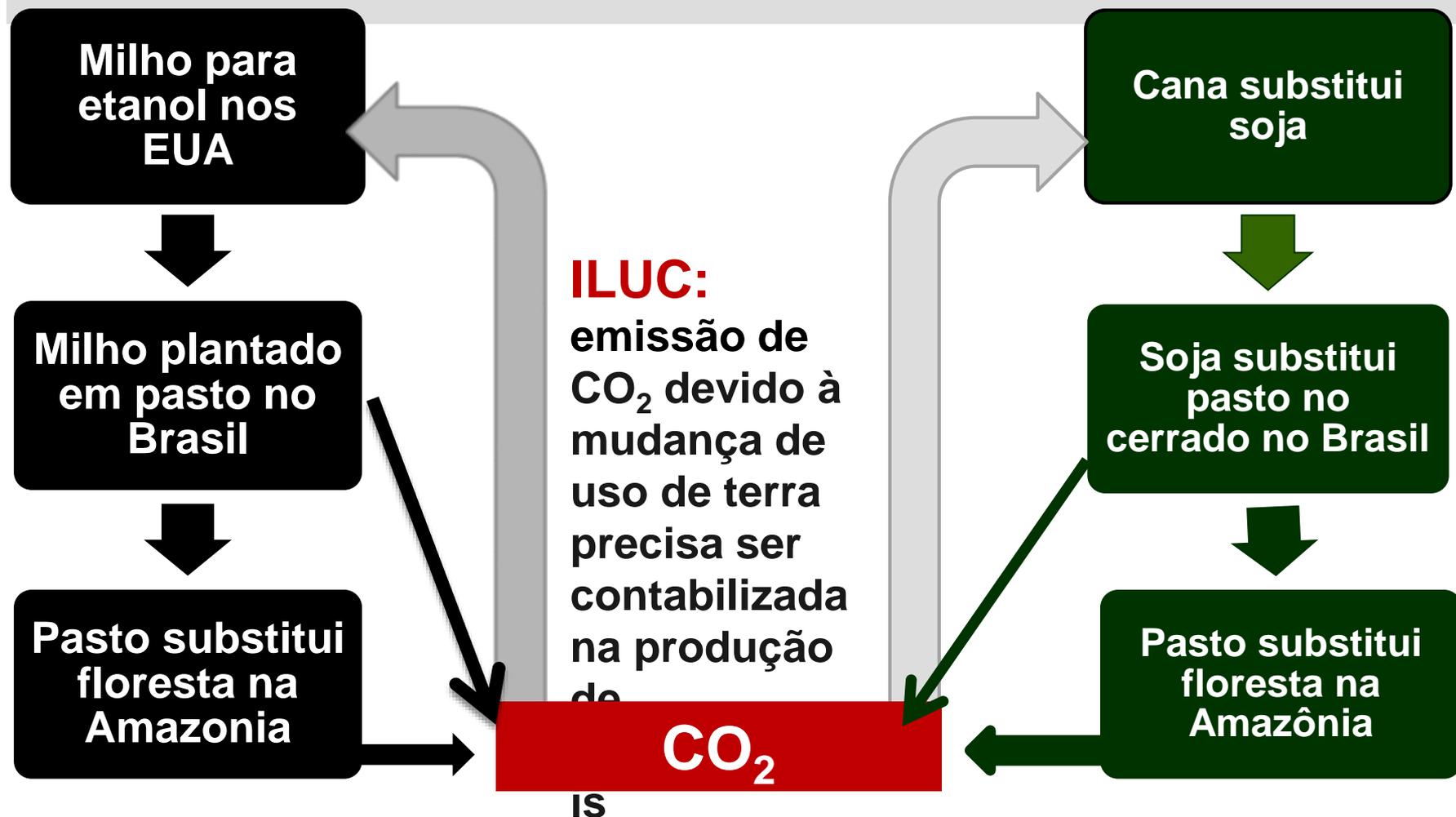
A bioenergia seria neutra em termos de CO₂ mas...

- A produção de biomassa na agricultura pode afetar o estoque de C do solo
- Os solos são grandes reservatórios de C
 - Solo (até 1 m profundidade): 1700 Gt
 - Atmosfera: 750 Gt
 - Vegetação: 560 Gt
- Alterações no estoque de C do solo têm reflexo nas concentrações de CO₂ na atmosfera
 - O solo pode emitir: aração, cultivos
 - Ou reter (mitigar): resíduos agrícolas, alta produção de biomassa

Práticas que podem aumentar ou diminuir o estoque de C do solo



Mudança de uso de terra (LUC/ILUC)



O fato da bioenergia reciclar o CO₂ da atmosfera não é suficiente

Bioenergia no contexto de agricultura de baixo carbono requer análise de todo o ciclo de vida

A sustentabilidade da bioenergia varia com o tipo de biomassas e sistemas de produção

Boas práticas agrícolas são fundamentais

Diferentes Biocombustíveis: Reduções de GEE

Biocombustível	Combustível fóssil de referência	Redução de emissões de GEE (%)
Etanol de milho	Gasolina	35-52
Etanol de cana	Gasolina	80
Biodiesel (soja, colza, palma)	Diesel	29-65

Fonte: Souza et al, 2015 (Scope 72)

Agricultura de baixo C: exemplos do Brasil

Altas temperaturas, chuvas intensas e necessidade de proteger o solo: PLANTIO DIRETO NA PALHA (~30 Mha

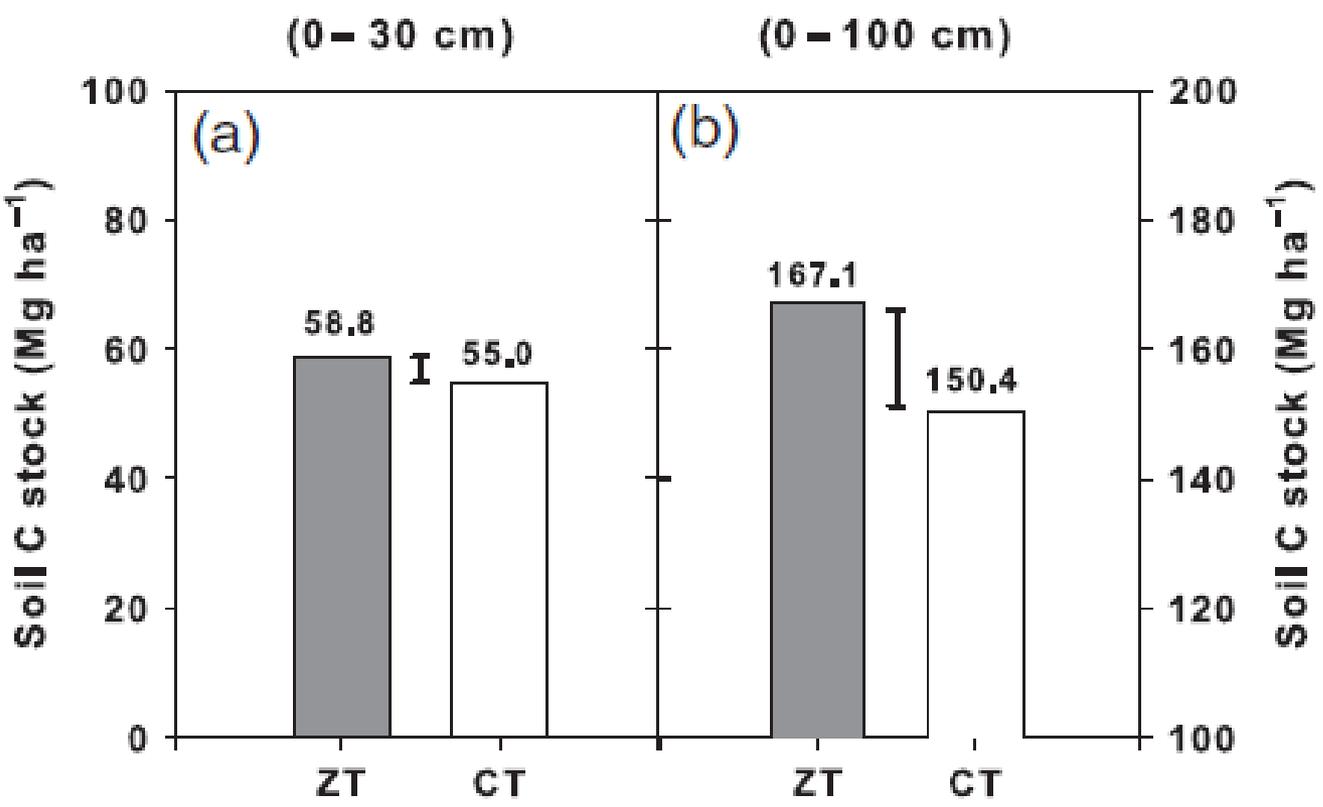


Elimina revolvimento do solo, reduz uso de máquinas: produzir mais com menos CO₂



Permite expandir a produção também em solos frageis, de maior declive (áreas

Maior acúmulo de C no solo sob plantio direto que convencional (mitigando emissões de CO₂) em Latossolos com alto Fe



Global Change Biology

Global Change Biology (2010) 16, 784–795, doi: 10.1111/j.1365-2486.2009.02020.x

Carbon accumulation at depth in Ferralsols under zero-till subtropical agriculture

ROBERT M. BODDEY*, CLAUDIA P. JANTALIA*, PAULO C. CONCEIÇÃO†, JOSILEIA A. ZANATTA†, CIMÉLIO BAYER†, JOÃO MIELNICZUK†, JEFERSON DIECKOW‡, HENRIQUE P. DOS SANTOS§, JOSÉ E. DENARDIN§, CELSO AITA¶, SANDRO J. GIACOMINI¶, BRUNO J.R. ALVES* and SEGUNDO URQUIAGA*

Substituição do sistema antigo de queima para colher trouxe benefícios ambientais



Poluição ambiental
Perda de nutrientes (N, S)
Perda de biomassa
Solo desprotegido



Cana colhida sem despalha a fogo

Conserva o solo
Reduz evaporação de água
Menores emissões



Cana-de-açúcar: preservação da palha ajuda a aumentar o estoque de C do solo (mitigação do CO₂)

Altas taxas médias de acúmulo de C: 1,5 Mg ha⁻¹ yr⁻¹
(Menores em outros estudos)

Tipo de solo, clima e condições locais afetam o acúmulo de C

Número de locais	Tempo (anos)	Estoque de C a 0-30 cm (Mg ha ⁻¹)		Variação annual do C no solo (Mg ha ⁻¹ ano ⁻¹)	
		Sem queira	Queimado	Faixa	Média
Arenosos (5)	4 a 16	29 a 59	33 a 57	-0.14 to 1.45	0.73
Argilosos (7)	3 a 12	44 o 70	57 a 83	1.59 to 2.38	2.04
					1.50 ±0.82

Dados de 12 locais no Brasil, de diversos autores (Galdos et al. 2010)

Cana: reciclagem de subprodutos (matéria orgânica) e nutrientes



Florestas são opção para bioenergia

Crescem bem em solos pobres (baixos insumos)
Cobertura de solo a longo prazo
Alta produção de biomassa
Uso de áreas marginais ou degradadas



Programa ABC do MAPA

Várias ações previstas no Programa têm relação com a produção de bioenergia



Processo Tecnológico	Compromisso (aumento de área/uso)	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

2012: Mapa. Plano Setorial...
http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/download.pdf

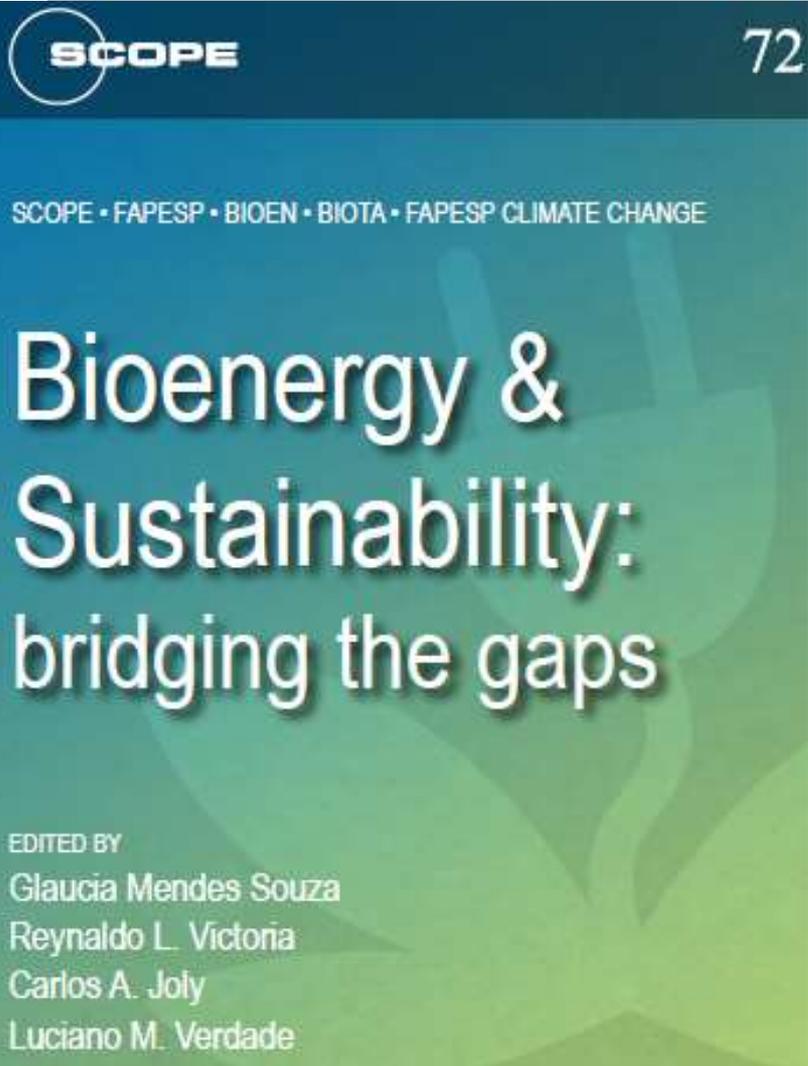
Bioenergia em agricultura de baixo C

- **Contabilidade correta dos fluxos de C**
- **Governança: induzir, implementar boas práticas agrícolas e monitorá-las**
- **Intensificar a agricultura: ganhos de produtividade, otimizando o uso de recursos naturais (solo, água...)**
- **CIÊNCIA: correta avaliação dos impactos, novos métodos para produzir mais e melhor; enfrentar desafios**

Comentários finais

- **O Brasil tem demonstrado que é possível produzir bioenergia de forma sustentável**
 - ❖ **Etanol com redução de ~80% de emissão de GEE e retorno energético de 7-8 unidades de energia por unidade gasta**
- **Práticas desenvolvidas para agricultura tropical tais como SPD melhoram sustentabilidade e são exemplos para outras regiões**
- **Potencial para replicar o sucesso da cana com outras espécies vegetais**

Informações: Bioenergia & Sustentabilidade



Publicado em 2015, 700 páginas,
contou com a colaboração de 137
especialistas de 24 países,
representando 82 instituições

O relatório disponível no site
[http://bioenfapesp.org/scope
bioenergy/index.php](http://bioenfapesp.org/scope/bioenergy/index.php)

Obrigado

Heitor Cantarella
cantarella@iac.sp.gov.br