

Desafios Socioambientais para o século XXI

Homenagem a Aziz Ab'Sáber

Desafios Ambientais: a questão da energia e dos recursos hídricos

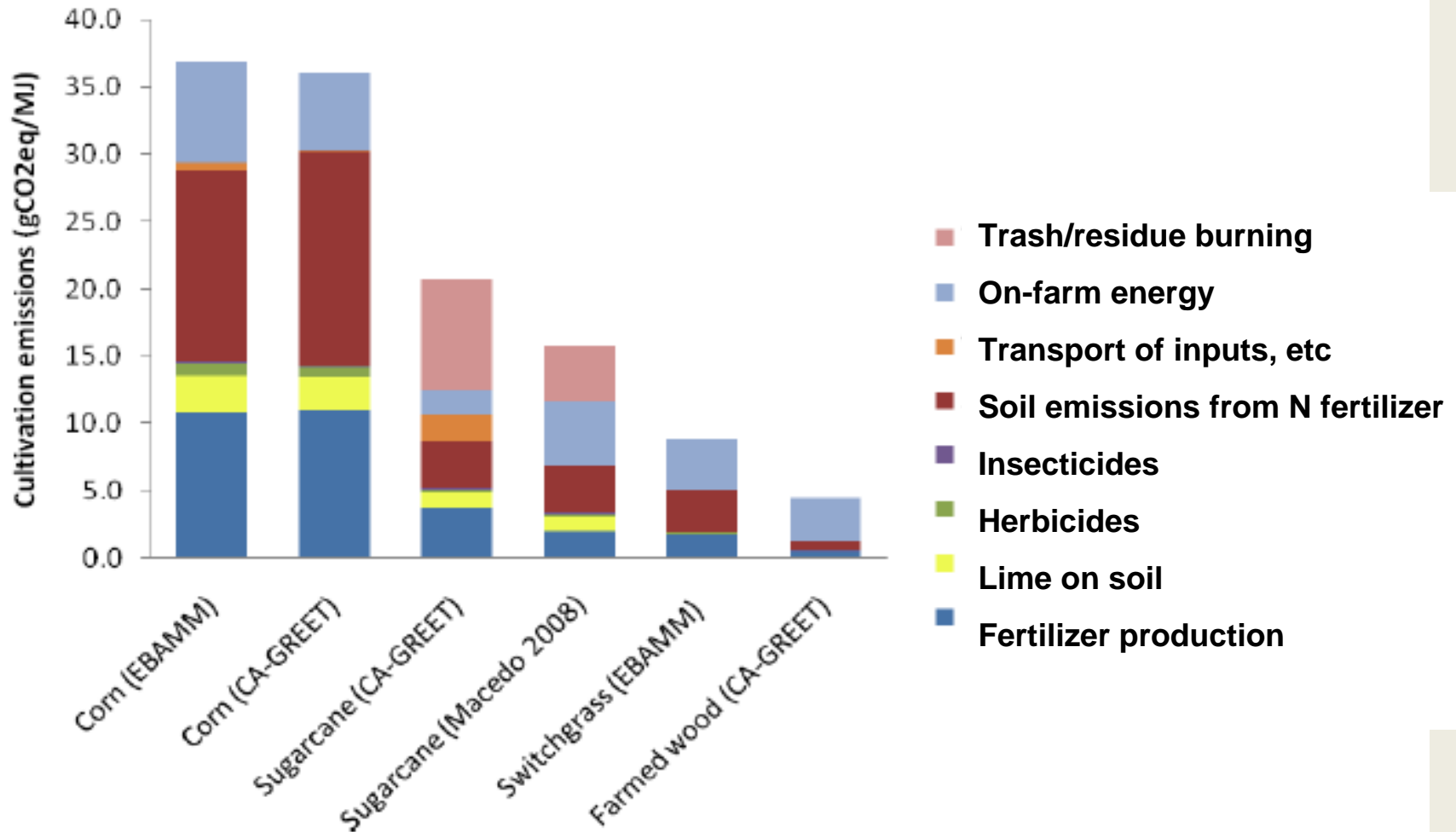
José Roberto Moreira

CENBIO/IEE/USP

20 outubro 2009

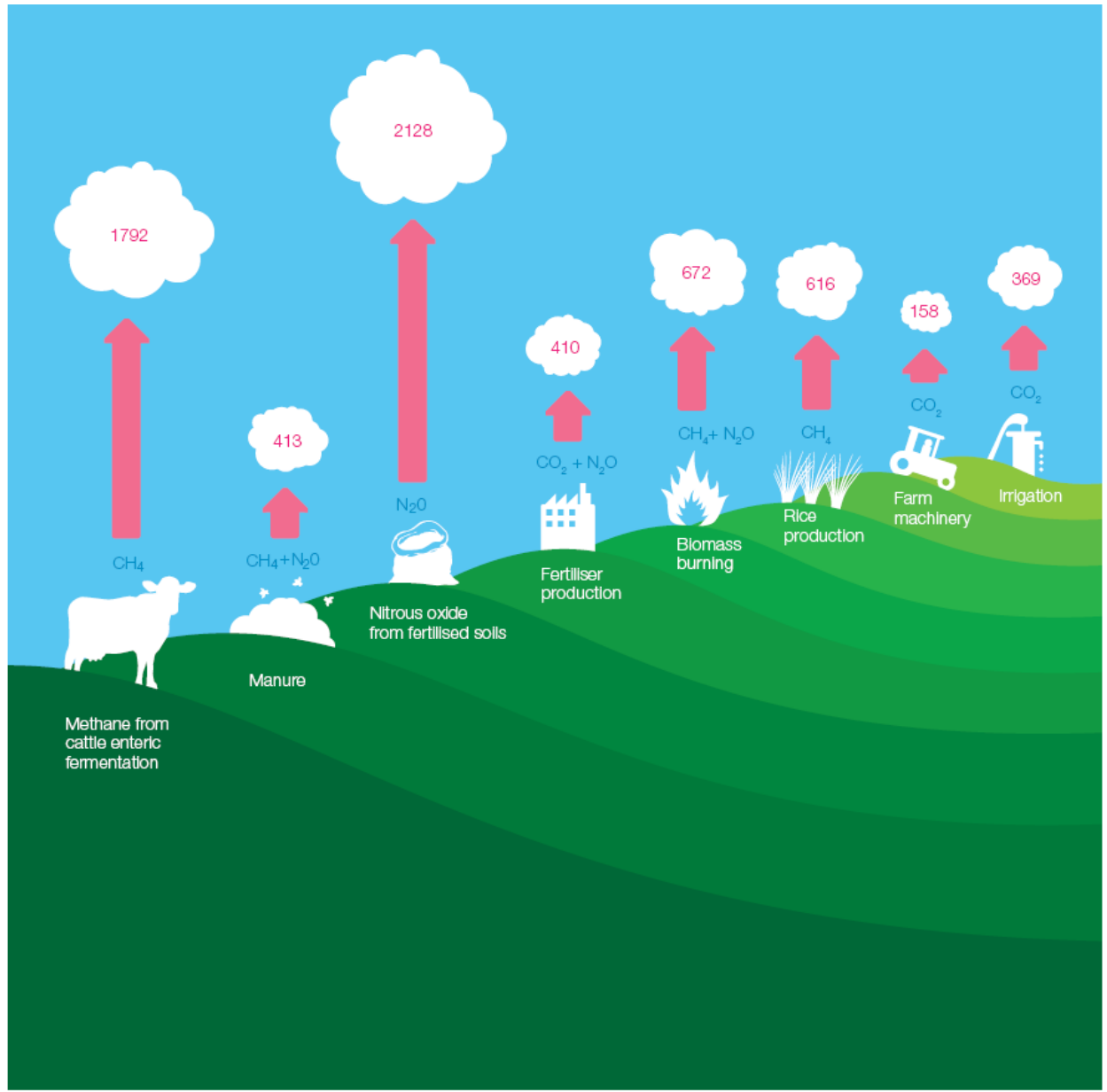
auditório FEA-5 da FEA/USP

Comparação das emissões de GEE associadas ao cultivo de culturas para produzir etanol



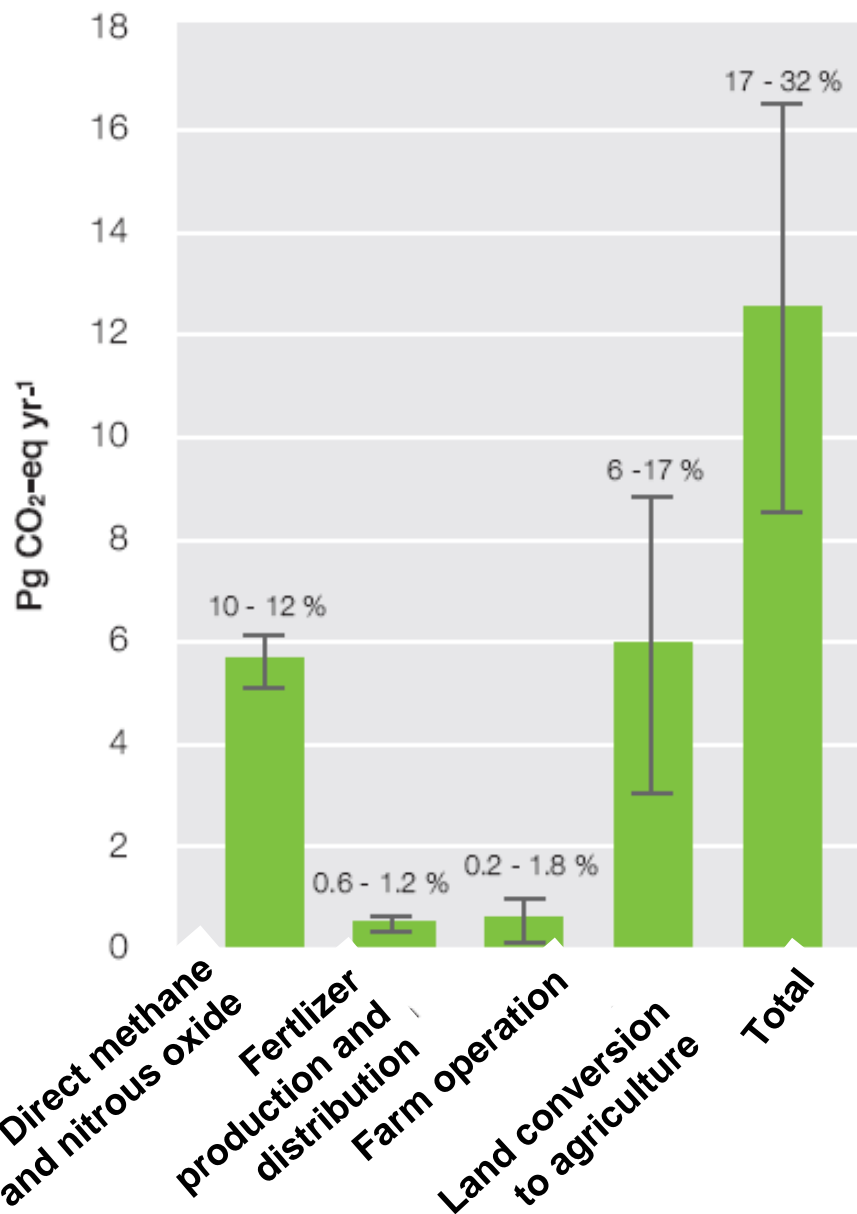
Source: UC Berkeley (2006), CARB v2 (2009), Macedo et al (2008)

Fontes agrícolas de emissões de GEE, excluindo as mudanças no uso do solo em MtCOEq



Source: Cool Farming: Climate impacts of agriculture and mitigation potential, Greenpeace , 2008

Contribuição global da agricultura as emissões de GEE



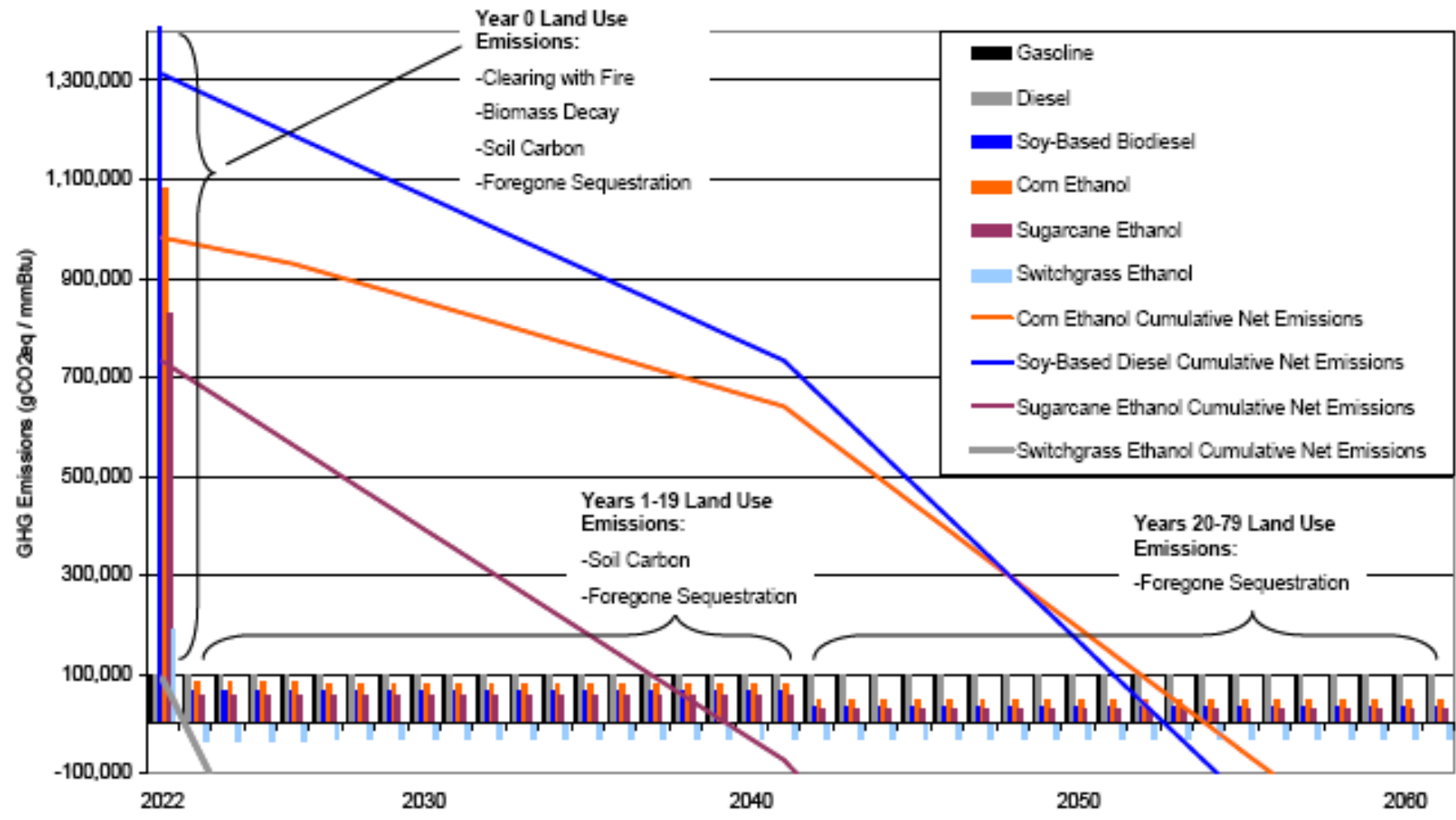
Source: Cool Farming: Climate impacts of agriculture and mitigation potential, Greenpeace, 2008

LUC

Land Use Changes

Mudanças de Uso do Solo

Figure 2.1-5. Annual Lifecycle GHG Emissions Over Time and Payback Periods



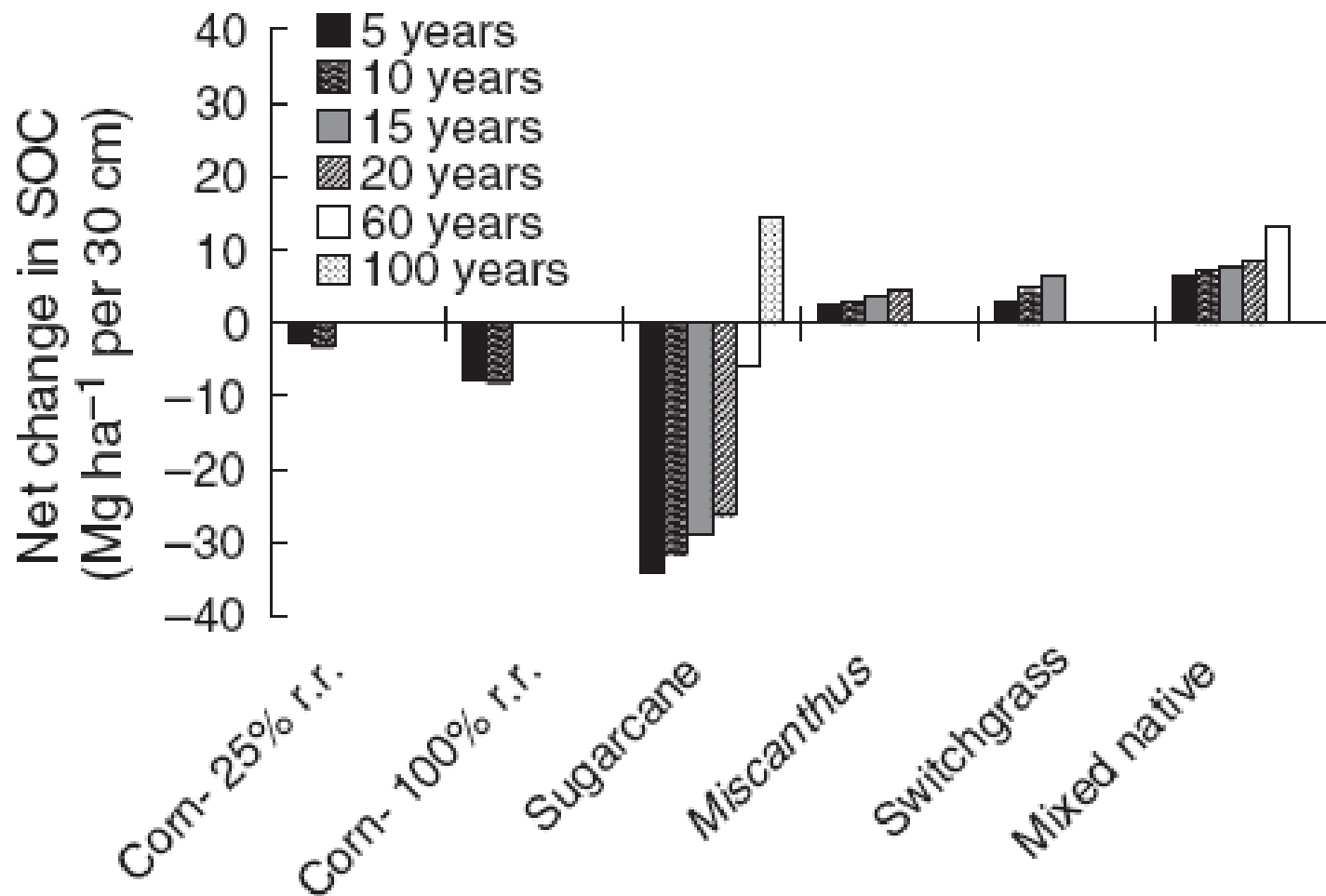


Fig. 3 Projected net changes in SOC_a (MgCha^{-1}) in the top 30 cm of soil under biofuel crops of various ages. Estimates are based on the reduced ANOVA model for SOC_a (Table B2). Ages plotted are those represented in our data set (Table 1).

Emissions associated with LUC to unburned cane

Reference crop	Carbon stock change ^a (t C/ha)	Emissions (kg CO ₂ eq/m ³)		
		2006	2020 Electricity	2020 Ethanol
Degraded pasturelands	10	-302	-259	-185
Natural pasturelands	-5	157	134	96
Cultivated pasturelands	-1	29	25	18
Soybean cropland	-2	61	52	37
Corn cropland	11	-317	-272	-195
Cotton cropland	13	-384	-329	-236
Cerrado	-21	601	515	369
Campo limpo	-29	859	737	527
Cerradão	-36	1040	891	638
LUC emissions^b		-118	-109	-78

a. Based on measured values for below and above ground (only for perennials) Carbon stocks

b. LUC distribution:

2006: 50% pasturelands (70% degraded; 30% natural pasturelands)

50% croplands (65% soybean; 35% other croplands);

2020: 60% pasturelands (70% degraded; 30% natural pasturelands)

40% croplands (65% soybean; 35% other croplands).

Cerrados were always less than 1%.

ILUC

Indirect Land Use Change

Mudanças Indiretas do Uso do Solo

Estudo do Searchinger está baseado na quantidade de milho a ser usado nos EUA para produzir uma certa qte. de etanol

Se esse milho não é usado para alimento ou ração será necessário plantar mais dessa cultura em outro solo ou de outra cultura capaz de substituir o milho

O problema é global pois o milho do EUA não é apenas consumido no país mas também exportado

Seaching conclui que 10,8 Mha de terra precisam ser cultivados no mundo para atender a demanda de alimento:

2,2 Mha nos EUA, 2,8 Mha no Brasil, 1,1 Mha na China, 0,7 Mha na Africa.

Além disso o autor calcula em que tipo de solo essas culturas serão implantadas, ou seja

Floresta, pastagem, terras ociosas

Finalmente, sabendo a intensidade de vegetação nesses solos é possível avaliar as emissões totais de GEE devido ao uso direto do solo (ILUC).

The iLUC Factor Approach (3)

- **Indicative values for iLUC factor (2005)**
 - “low”, assuming 25% of biofuels subject to theoretical full iLUC factor = 5 t of CO₂/ha/year
 - “medium”, i.e. 50% of feedstock subject to theoretical full iLUC factor = 10 t of CO₂/ha/year, and
 - “maximum”, representing 75% share* of feedstock = 15 t of CO₂/ha/year
- **Translating iLUC factor to biofuels: divide by fuel-specific yield, e.g. 25% iLUC factor for 170 GJ/ha/yr (SRC/SG) = 29 g/MJ_{biofuel}**

*= maximum case not 100% of theoretical iLUC factor as – conservatively estimated - 25% of all biofuel feedstocks will come from yield increases (average 1% per year until 2030)

Life-Cycle GHG Emissions of Biofuels and Impacts from Indirect Land-Use Change

biofuel route, <i>life-cycle</i>	kg CO _{2eq} /GJ with iLuc factor			relative to fossil diesel/gasoline		
	including conversion/ by-products, <i>without direct LUC</i>			including conversion/by-products		
	max	med	min	max	med	min
Rapeseed to FAME, EU	260	188	117	201%	118%	35%
palmoil to FAME, Indonesia	84	64	45	-3%	-25%	-48%
soyoil to FAME, Brazil	101	76	51	17%	-12%	-41%
sugarcane to EtOH, Brazil	48	42	36	-44%	-52%	-59%
maize to EtOH, USA	129	101	72	50%	17%	-16%
wheat to EtOH, EU	144	110	77	67%	28%	-11%
SRC/SG to BtL, EU	109	75	42	26%	-13%	-51%
SRC/SG to BtL, Brazil, tropical	34	25	17	-61%	-71%	-80%
SRC/SG to BtL, Brazil, savannah	59	42	25	-32%	-51%	-71%

Source: Fritsche (2008)

EMISSÕES DE N₂O

NOVOS FATOS

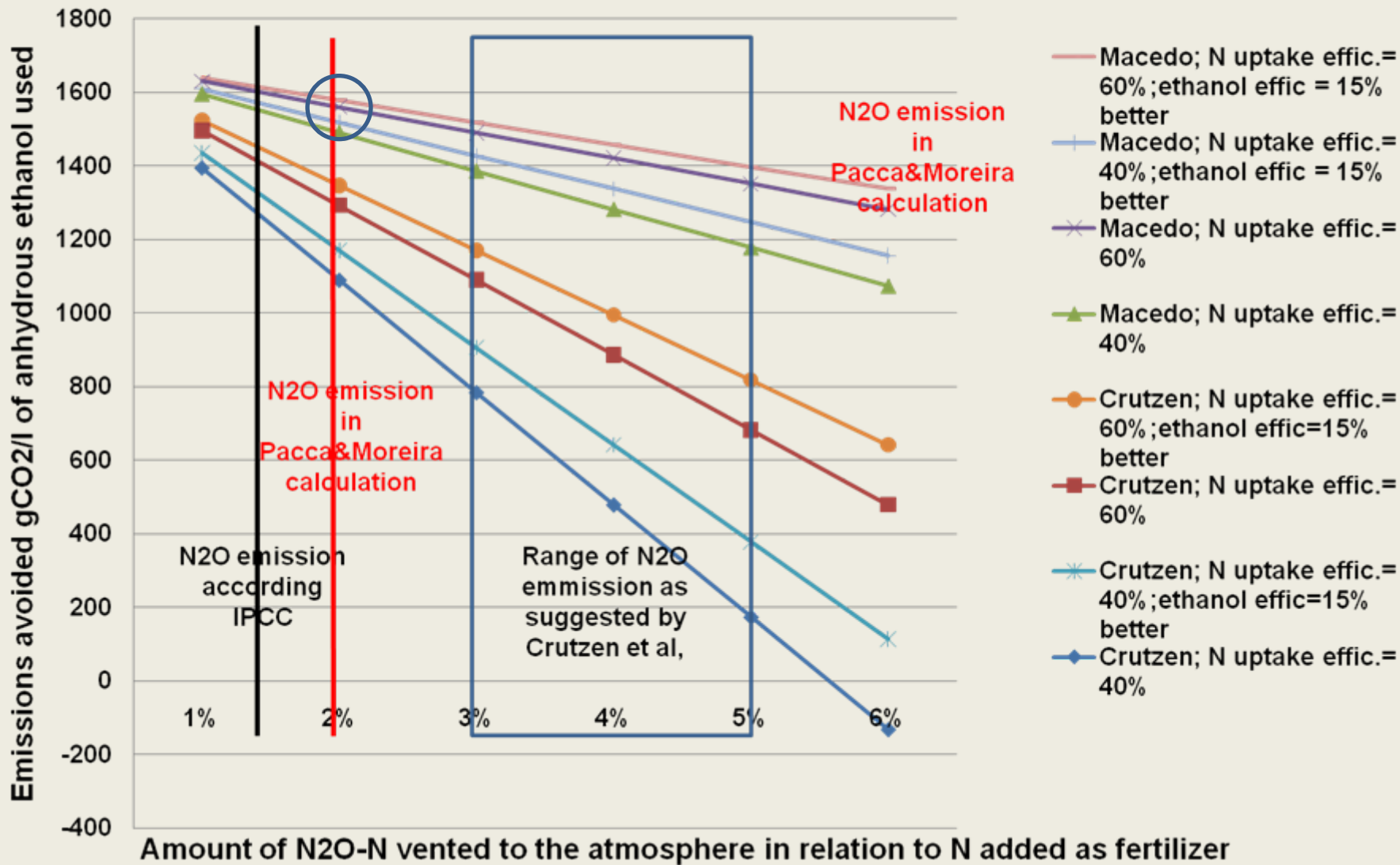
GHGs from Nitrous Oxide For Yield Gains

Through Fertilizer (assuming 7 extra additional lbs of fertilizer/bushel of corn)

N ₂ O Formation Rate	Greenhouse gases grams CO ₂ eq./mega Joule
2%	132
3%	198
4%	264
5%	330
6%	396

Compare 104 g/MJ from land use

Net emissions avoided due the replacement of gasoline by anhydrous sugar cane ethanol considering N₂O for different levels of fertilizer used

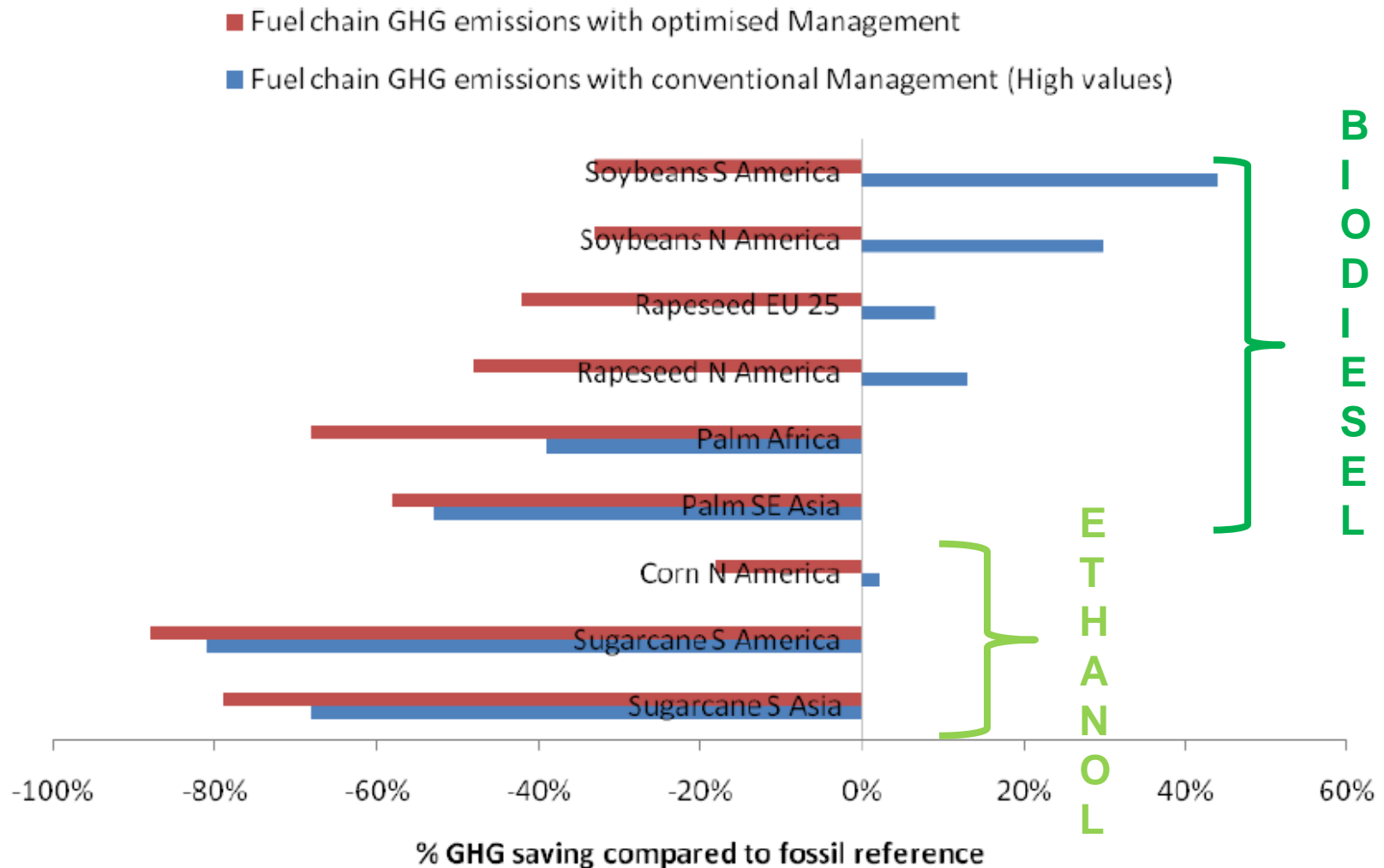


N2O emission evaluation in Smeets et al. 2008

Crop management system

Conventional

Optimised – Optimised nitrogen fertilization & nitrification inhibitor



Pacca, S. & J.R.Moreira

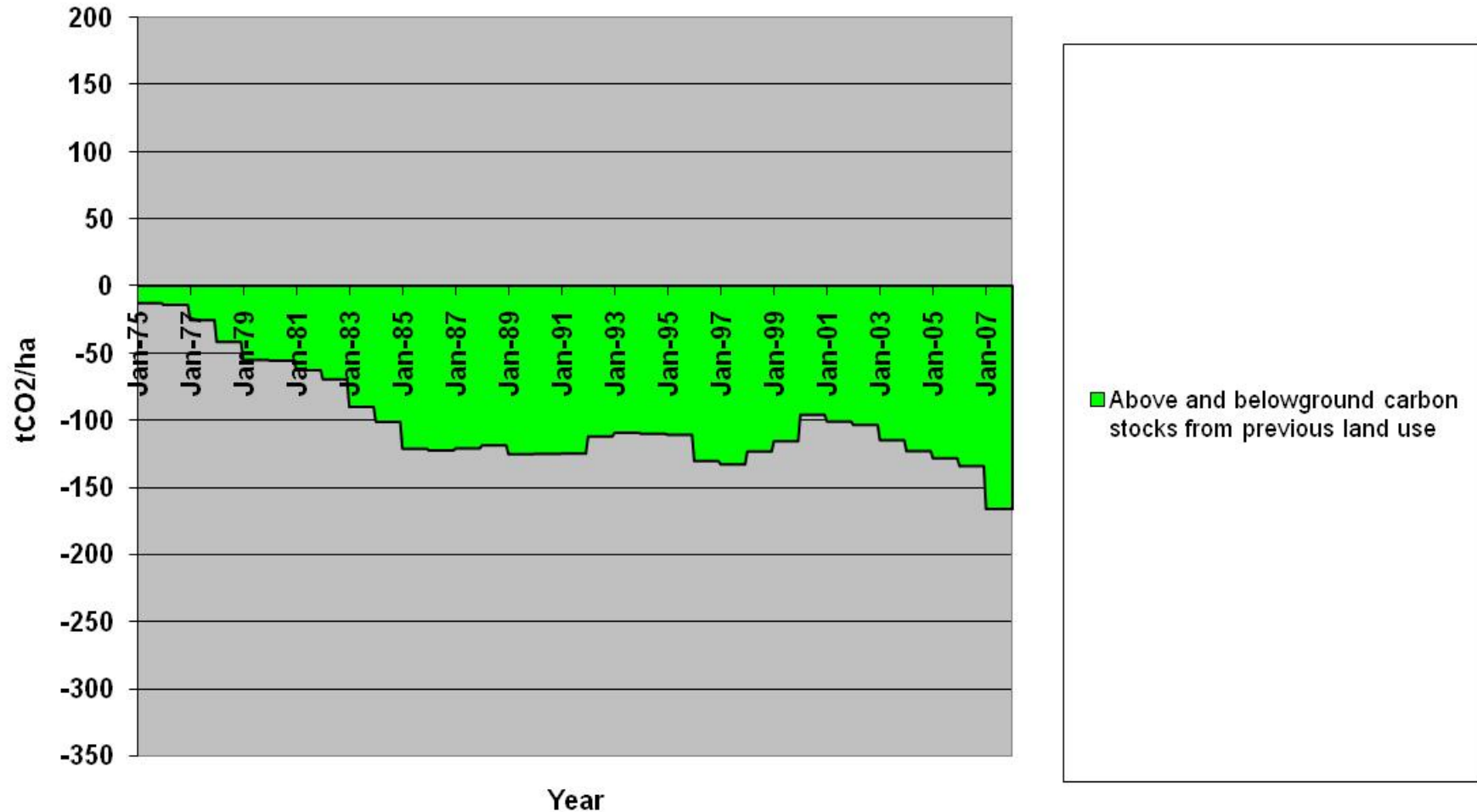
Energy Policy, 2009



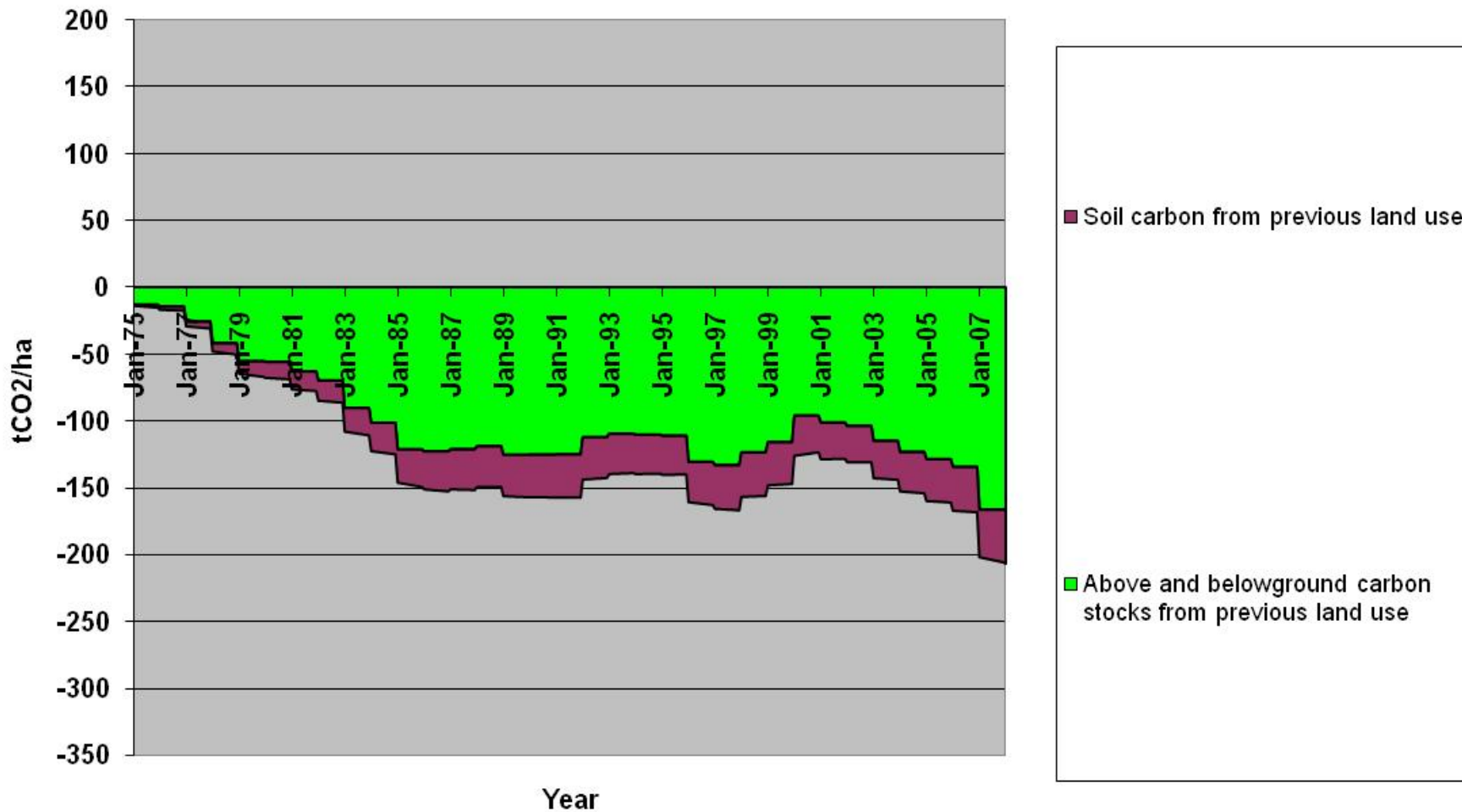
Premissas

- **Produtividade e área plantada históricas de cana-de-açúcar no Brasil entre 1975 to 2007**
- **Vegetação original com intensidade média equivalente a 20% das florestas tropicais (IPCC Guidelines)**
- **Produção de eletricidade vendida à rede elétrica baseada em valores históricos**
- **Emissões devido à plantação, colheita, processamento e distribuição da cana-de-açúcar de Macedo et al, 2006**
- **Emissões de N₂O para a atmosfera de acordo com IPCC Guidelines**
- **Eficiência do etanol combustível - 1.3 litros por litro de gasolina**

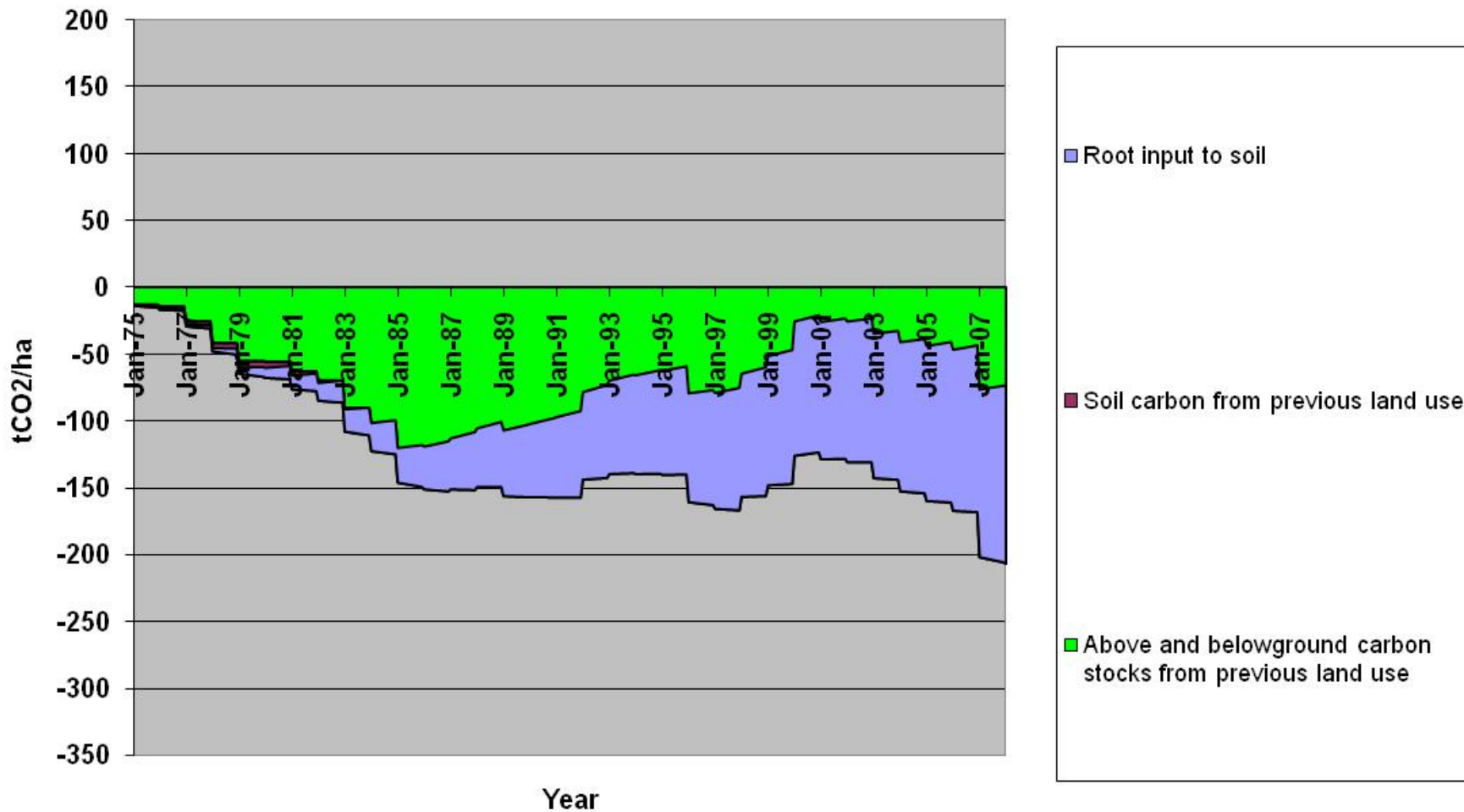
Sugar cane biomass and its real CO2 offsets portfolio- Proalcool Program in Brazil From 1975 to 2007 (32 years)



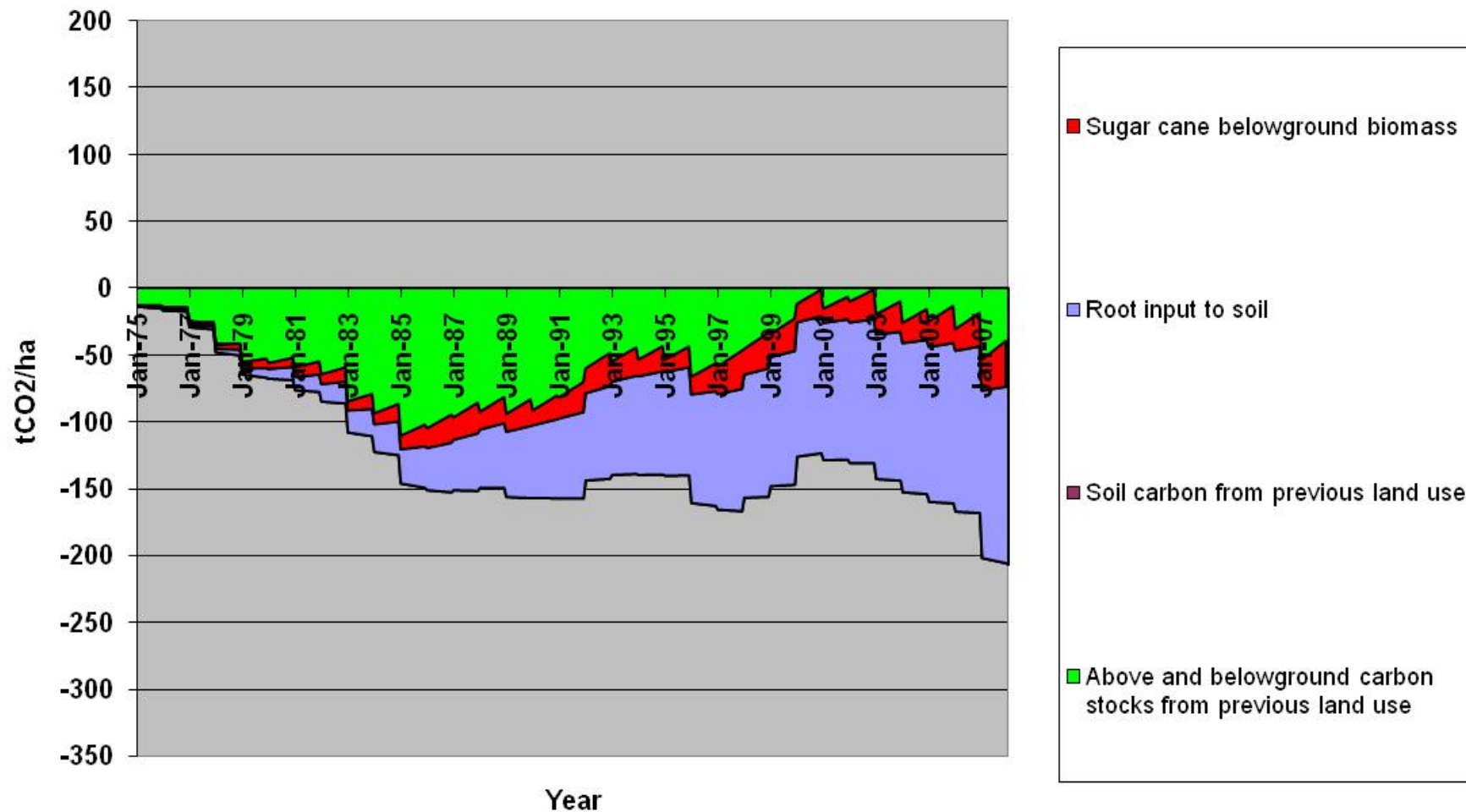
Sugar cane biomass and its real CO2 offsets portfolio- Proalcool Program in Brazil From 1975 to 2007 (32 years)



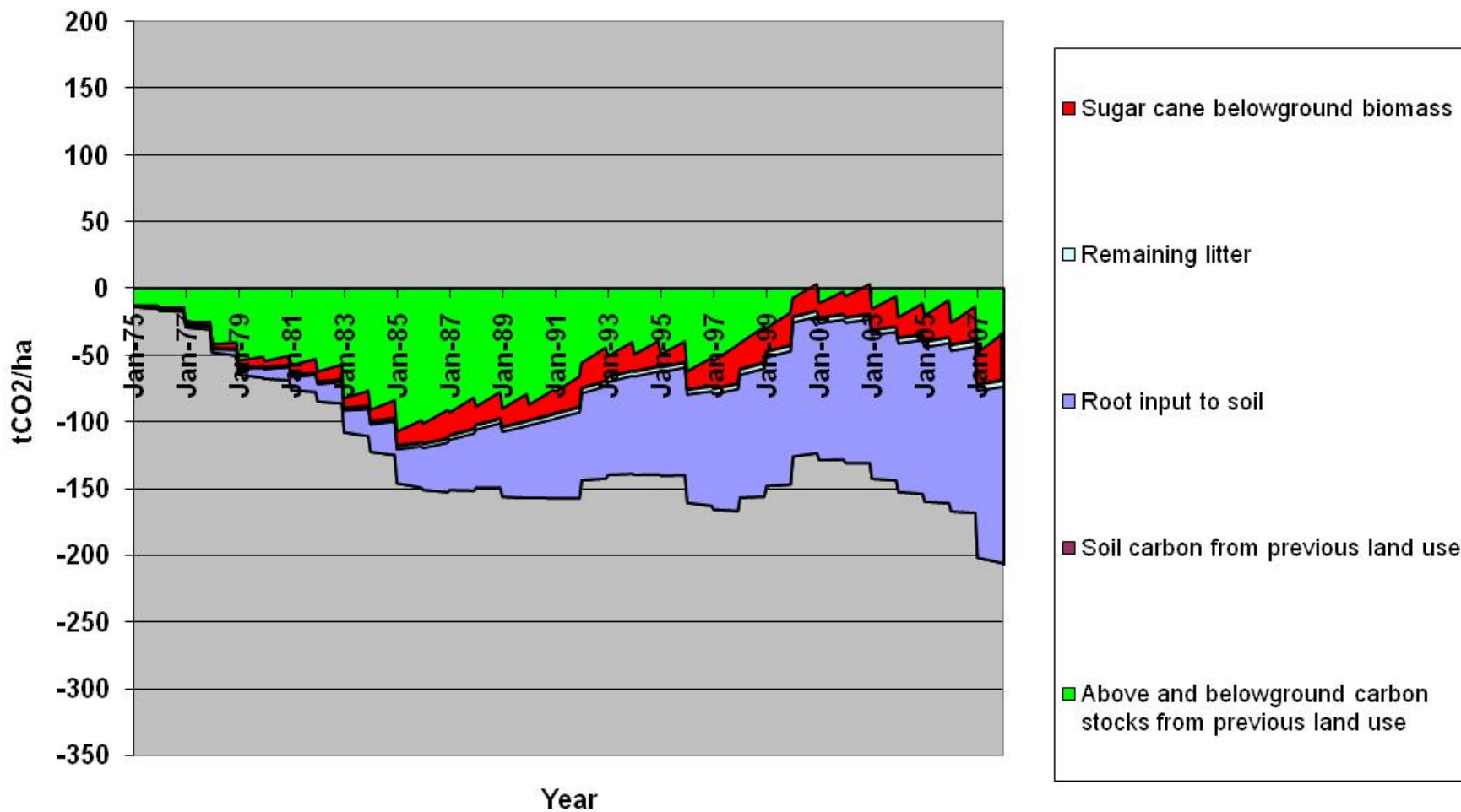
Sugar cane biomass and its real CO2 offsets portfolio- Proalcool Program in Brazil From 1975 to 2007 (32 years)



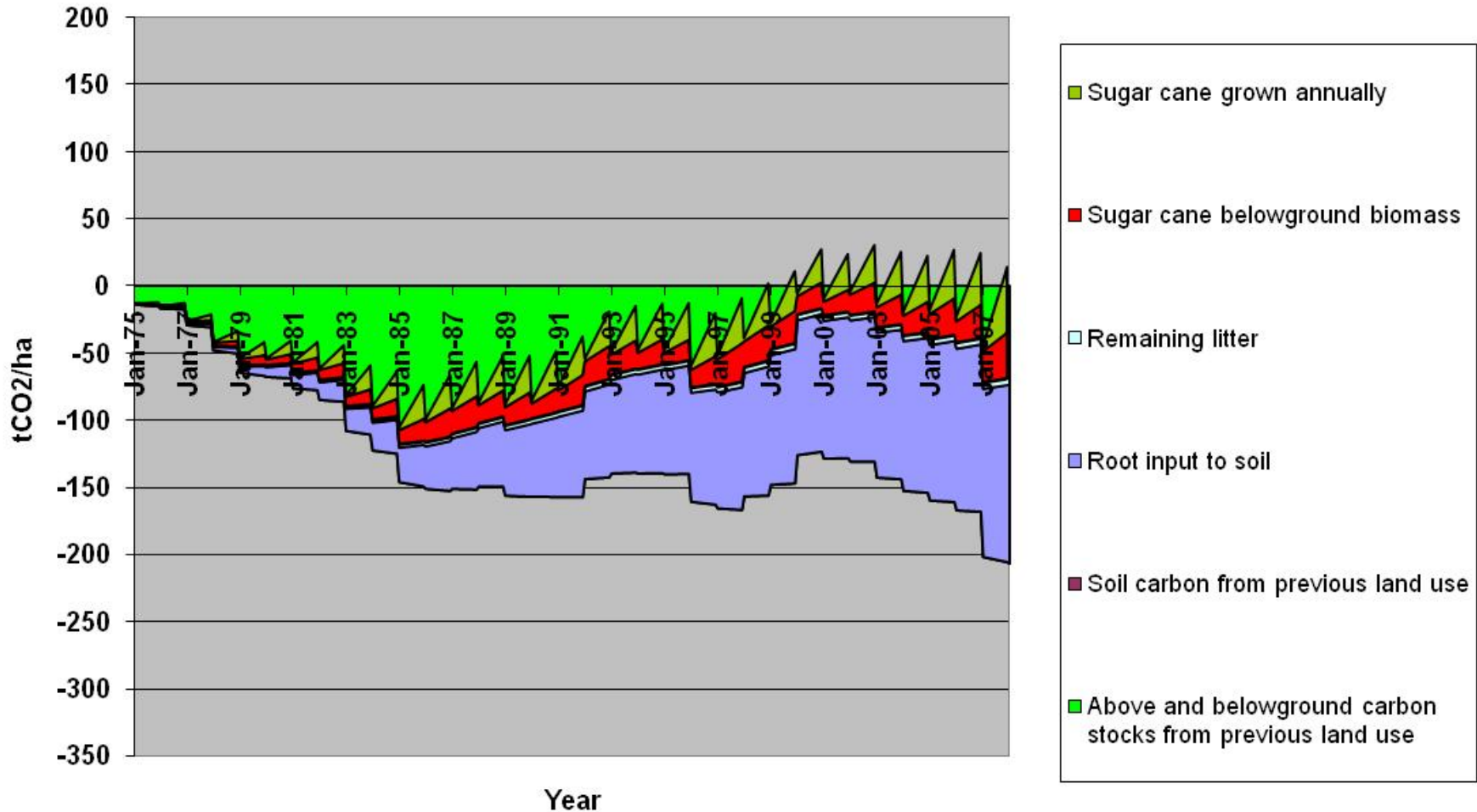
Sugar cane biomass and its real CO₂ offsets portfolio- Proalcool Program in Brazil From 1975 to 2007 (32 years)



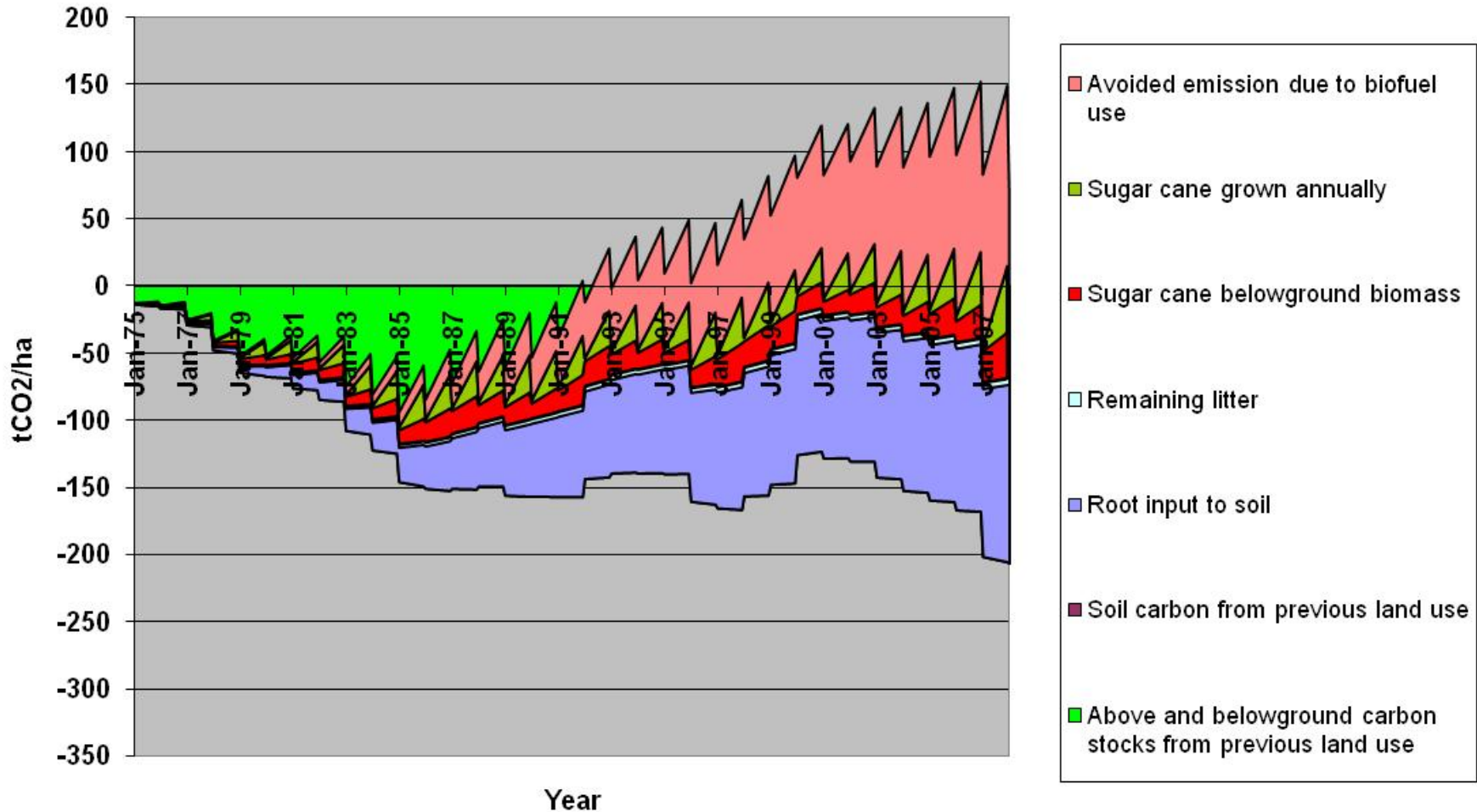
Sugar cane biomass and its real CO₂ offsets portfolio- Proalcool Program in Brazil From 1975 to 2007 (32 years)



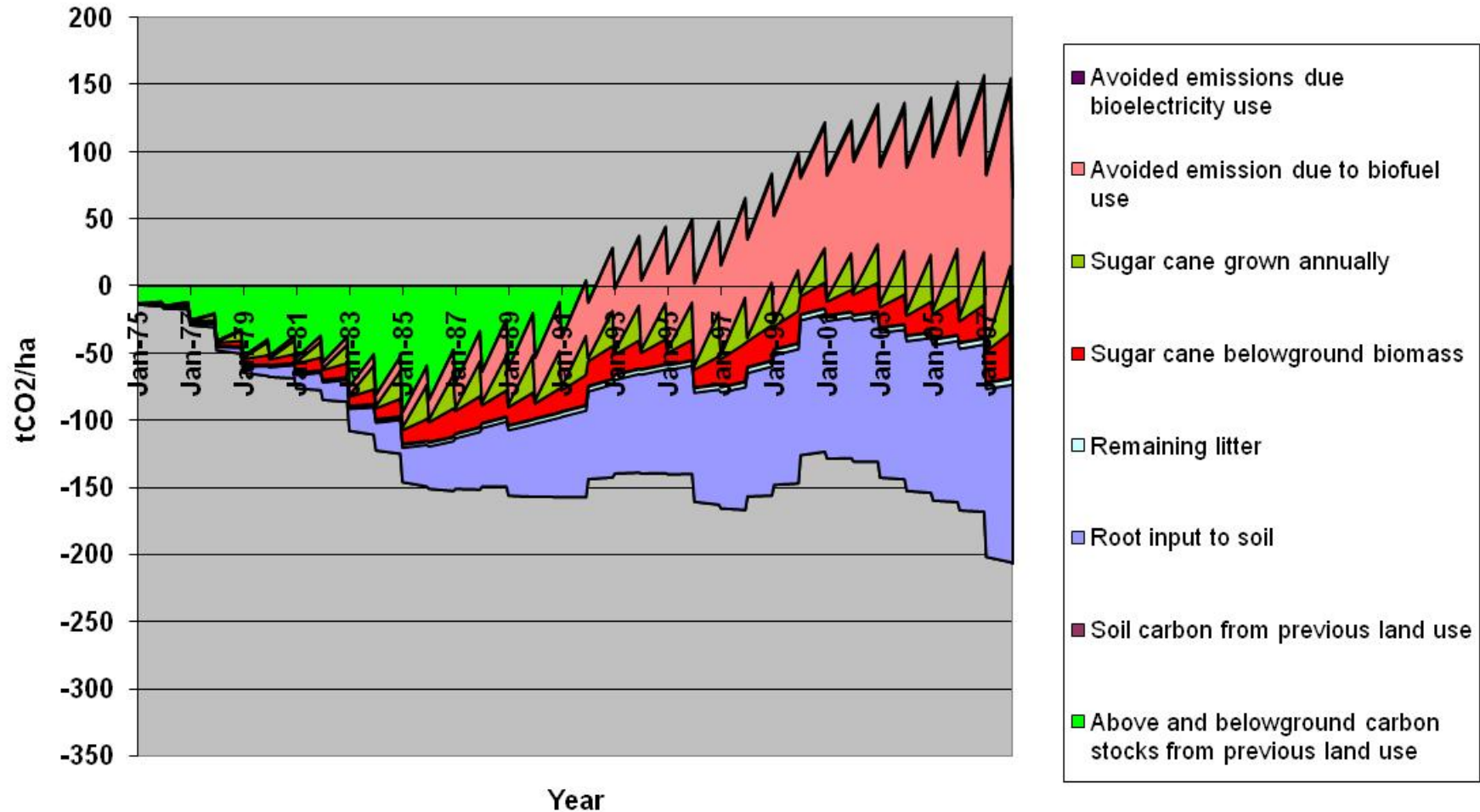
Sugar cane biomass and its real CO2 offsets portfolio- Proalcool Program in Brazil From 1975 to 2007 (32 years)



Sugar cane biomass and its real CO2 offsets portfolio- Proalcool Program in Brazil From 1975 to 2007 (32 years)



Sugar cane biomass and its real CO2 offsets portfolio- Proalcool Program in Brazil From 1975 to 2007 (32 years)



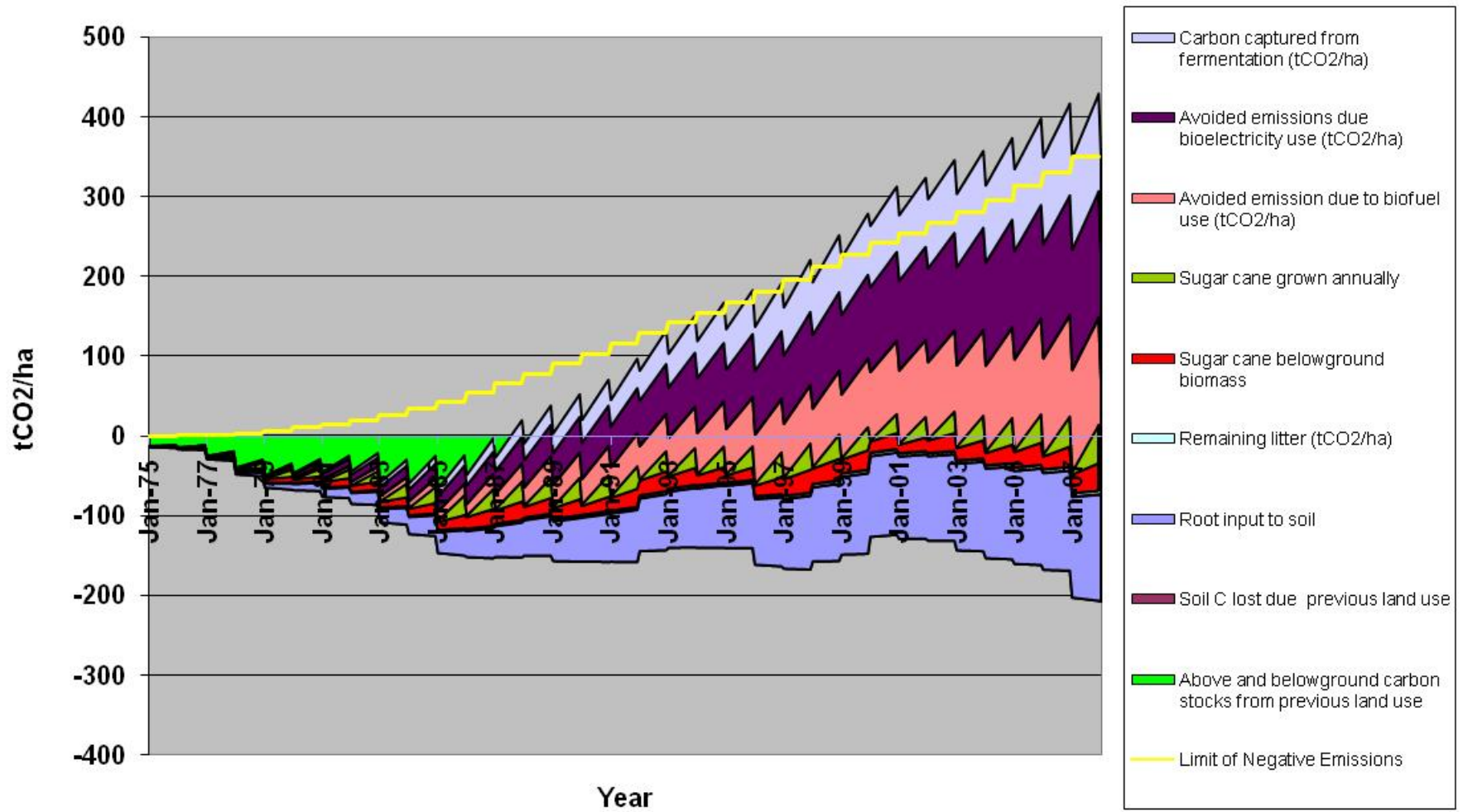
Resultados

- Emissões líquidas acumuladas de CO₂ evitadas até o fim do período (2006) = 1,5 tCO₂/m³
- Tempo de retorno para neutralizar as emissões iniciais = 18 anos (1993)
- Contribuição desprezível da eletricidade gerada e vendida à rede elétrica

Premissas

- **Produtividade e área plantada históricas da cana-de-açúcar no Brasil entre 1975 to 2007**
- **Vegetação original com intensidade média equivalente a 20% das florestas tropicais (IPCC Guidelines)**
- **Uso de todo o bagaço e 50% da palha p/ gerar eletricidade desde 1975**
- **Produção de eletricidade baseada no uso atual da tecnologia de turbinas a vapor (150 kWh/tcana vendida à rede), desde o começo do Programa do Álcool (1975)**
- **Emissões devido à plantação, colheita, processamento e distribuição da cana-de-açúcar de Macedo et al, 2006**
- **Emissões de N₂O para a atmosfera de acordo com IPCC Guidelines**
- **Eficiência do etanol combustível - 1,3 litros por litro de gasolina**
- **Captura e armazenagem do CO₂ da fermentação desde 1975**

Sugar cane biomass and its potential CO₂ offsets - Proalcool Program in Brazil From 1975 to 2007 (32 years)



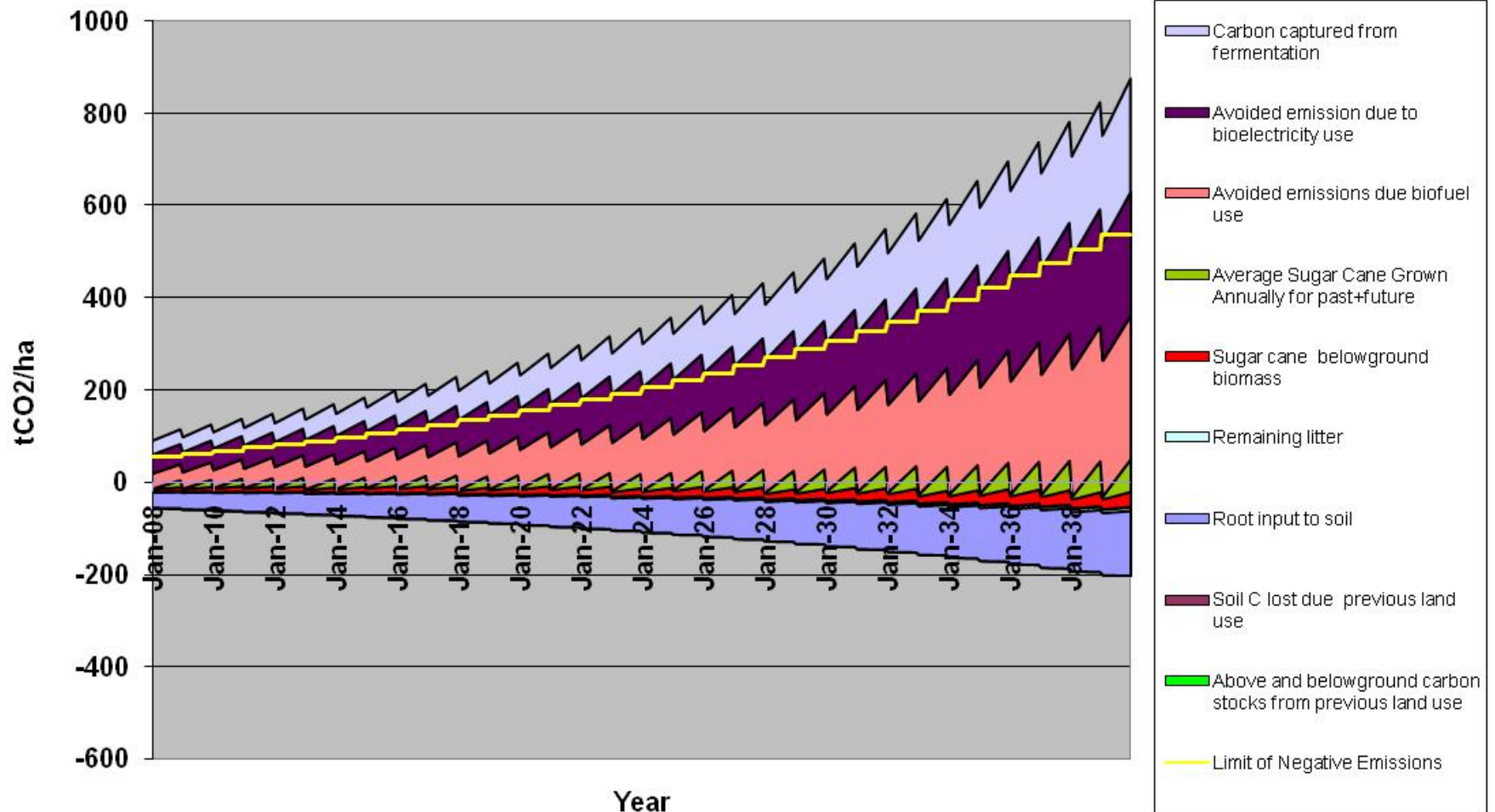
Resultados

- Emissões líquidas acumuladas de CO₂ mitigadas até o fim do período (2006) = 4,77 tCO₂/m³
- Tempo de retorno para neutralizar as emissões iniciais = 12 anos (1987)
- Contribuição do etanol, eletricidade vendida à rede e captura de CO₂ muito semelhantes entre si (1/3 cada um)

Premissas

- **Produtividade futura da cana-de-açúcar aumenta a 1%/ano e o conteúdo de açúcar a 0.5%/ano**
- **Aumento na área plantada de 4,3%/ano. Área total plantada de 11 Mha em 2039**
- **Vegetação original do solo com intensidade equivalente a 20% da floresta tropical (IPCC Guidelines)**
- **Uso de todo o bagaço e 50% da palha para propósito de eletricidade desde 1975**
- **Produção de eletricidade baseada na tecnologia presentemente usada (150 kWh/tcana vendida à rede), desde o começo do programa do Álcool (1975)**
- **Emissões devido à plantação, colheita, processamento e distribuição de cana-de-açúcar de Macedo et al, 2006**
- **Emissões de N₂O à atmosfera de acordo com o IPCC Guidelines**
- **Eficiência do etanol combustível - 1,3 litros por litro de gasolina**

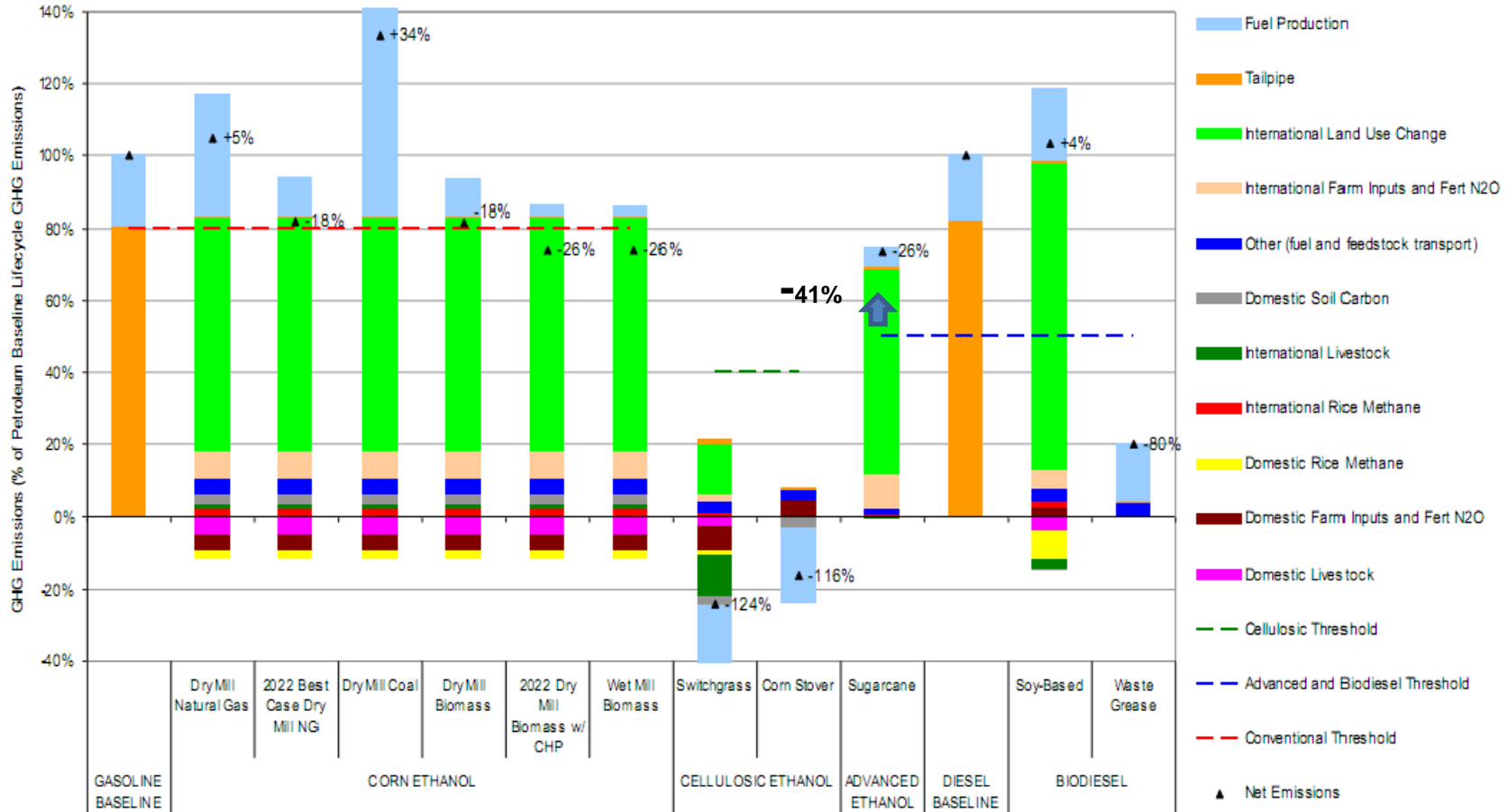
Sugar cane biomass and its potential CO₂ offsets - Proalcool Program in Brazil From 2008 to 2039 (32 years)



Resultados

- **Emissões líquidas acumuladas de CO₂ mitigadas até o fim do período (2006) = 5,51 tCO₂/m³**
- **Tempo de retorno para neutralizar as emissões iniciais = 0 anos (1987)**
- **Contribuição do etanol, eletricidade vendida à rede e captura de CO₂ muito semelhantes entre si (1/3 cada um)**
- **Quantidade total de etanol produzido em 2040 = 110 Billion litros**
- **Quantidade total de eletricidade vendida à rede elétrica em 2040 = 165 TWh/ano**
- **Quantidade total de emissões evitadas de GEE no ano de 2040 = 600 MtCO₂e/anor**

Emissões de gases efeito estufa de diferentes fontes



SOURCE: U.S.EPA; Laughlin 2009

Conclusões (I)

- Ainda muita insegurança nas escolhas metodológicas e nos dados de entrada;
- Nesse contexto, análises desagregadas específicas para cada região são preferíveis; MAS regulamentação exige dados “default”;
- Desenvolvimento de uma metodologia padrão é um processo de “aprender-fazendo” e seu desenvolvimento requer tempo;

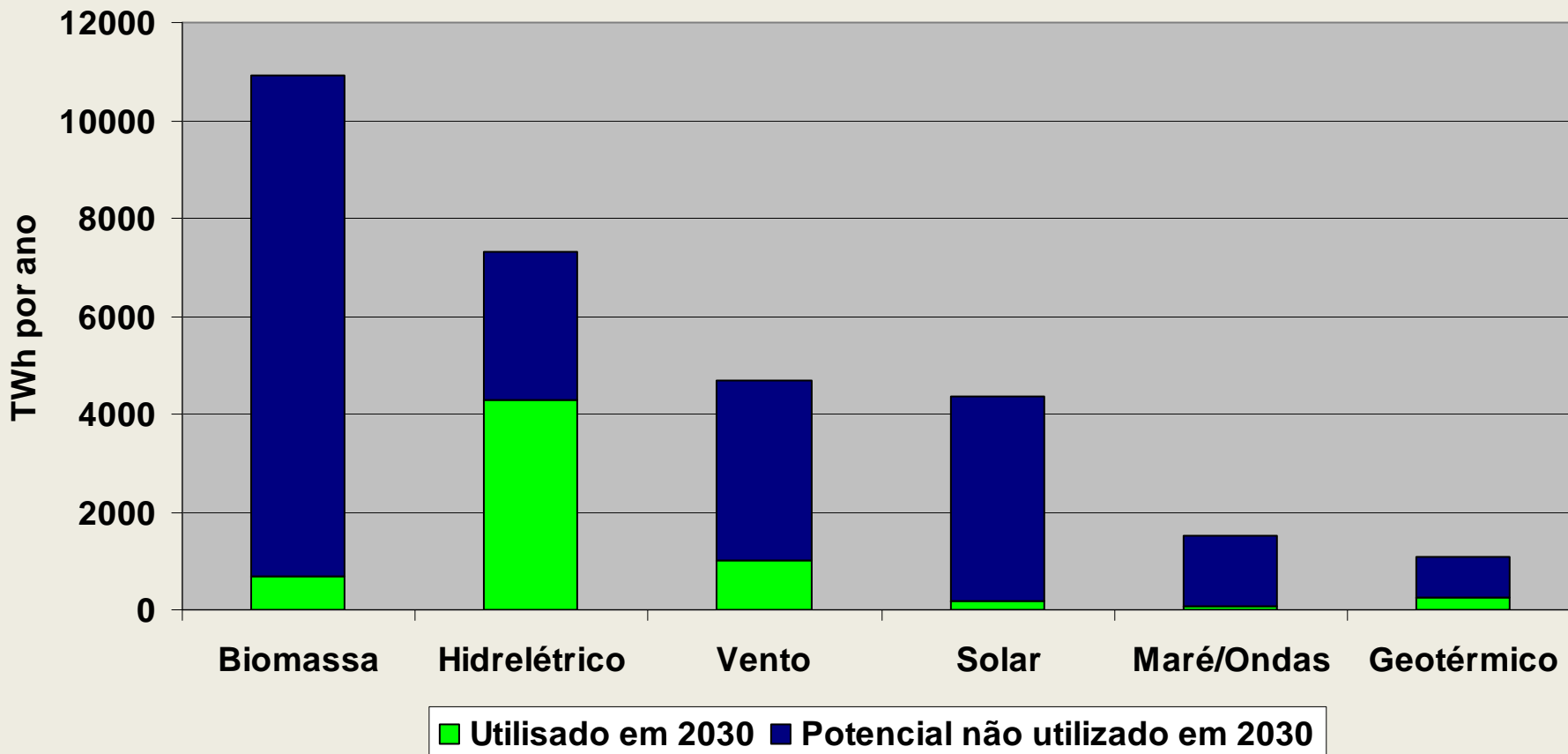
Conclusões (II)

- **Simultaneamente há uma necessidade urgente para demonstrar o balanço de GEE para os biocombustíveis e para biomassa usada na produção de eletricidade;**
- **Terras degradadas não utilizadas, resíduos, lixo são preferidos para evitar todas essas incertezas. Porém o potencial não é tão grande;**

Para limitar as incertezas há necessidade urgente de:

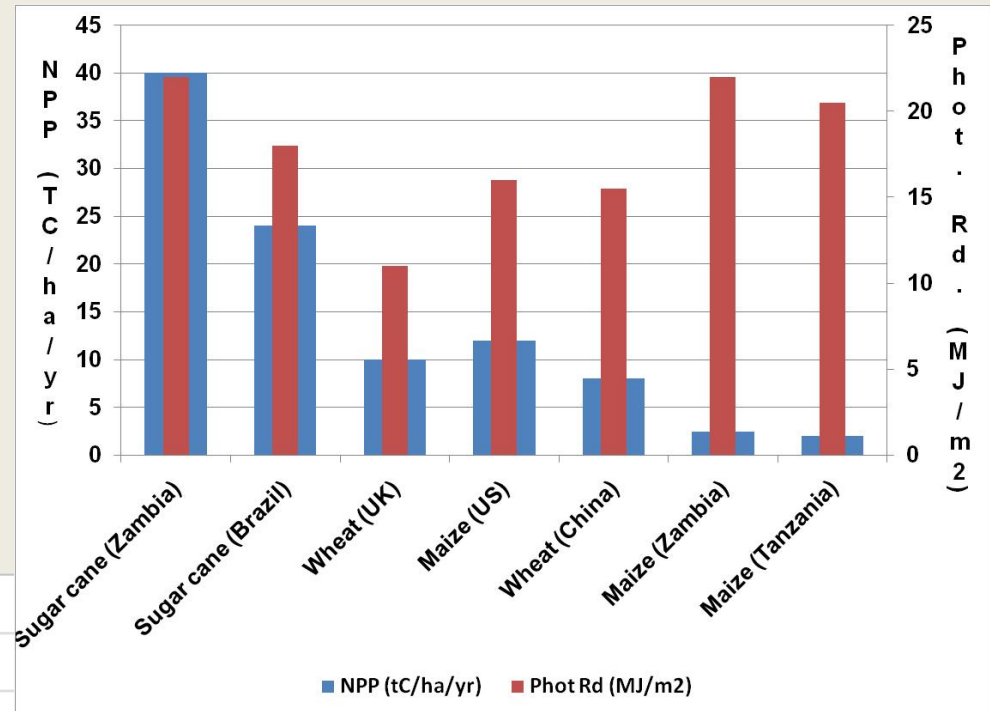
- **Acordo internacional sobre metodologia e dados de entrada (valores default);**
- **Coleta de dados e o desenvolvimento de base de dados (especialmente nos países em desenvolvimento);**
- **Mais transparências, precisão e consistência das análise de Ciclo de Vida (LCA)**

Potencial de Energia Renovável de Longo Prazo para Geração de Eletricidade

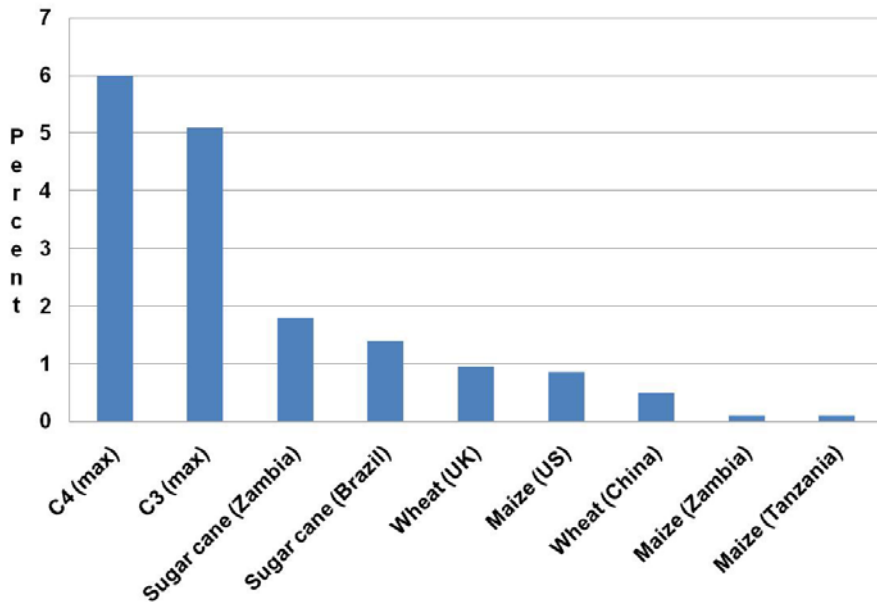


Muito irá depender da produtividade futura das culturas usadas para alimento, energia, materiais e produtos químicos

- Theoretical maximum radiation use efficiency of c. 5%
- In practice sugar cane in Zambia = 2% whilst average maize = 0.1%



Photosynthetic Efficiency (RUE)

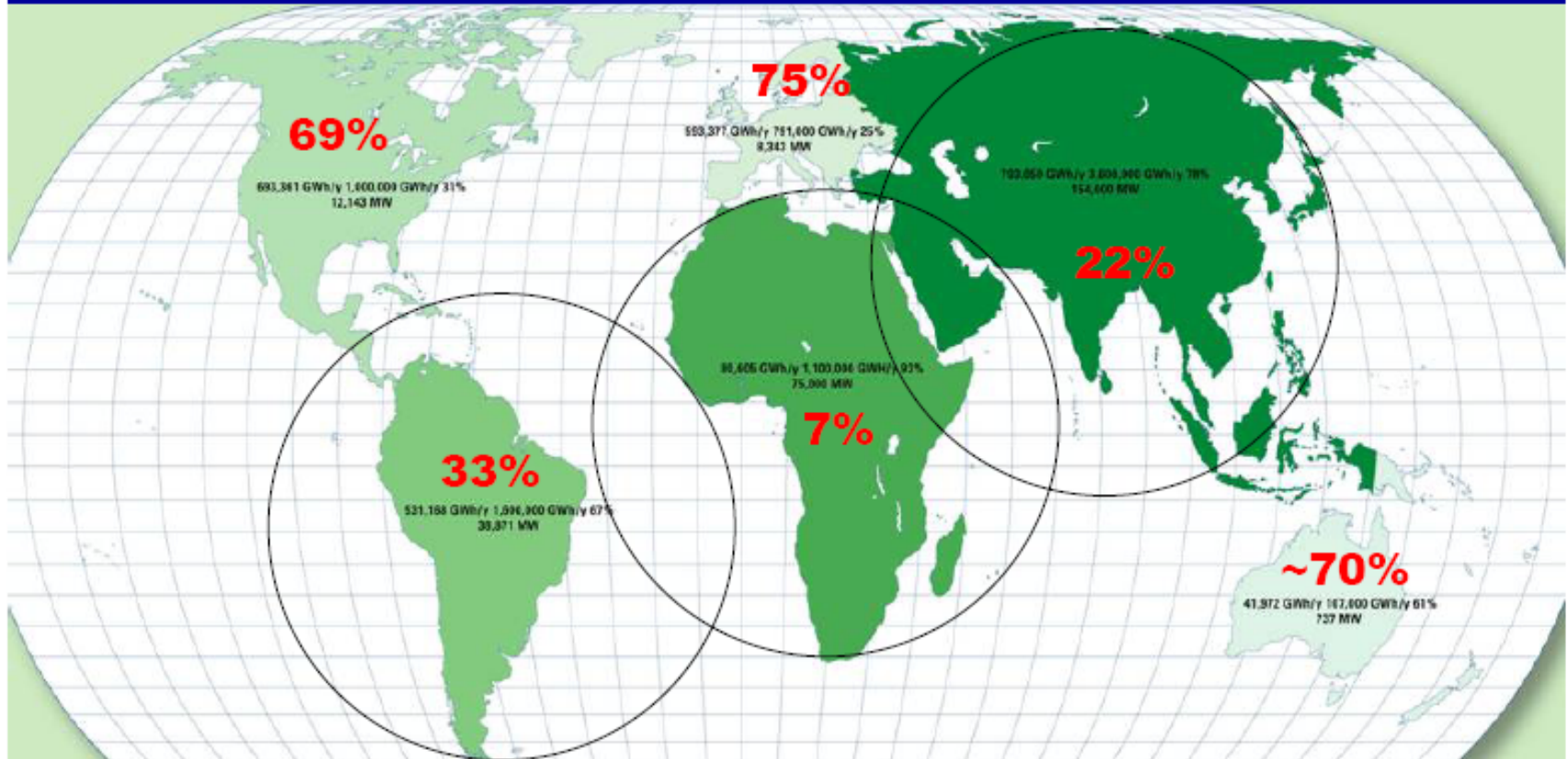


HIDROELETRICIDADE

World's realistic potential developed: ~ 1/3

Current hydro production: 2889 TWh/y

Realistic potential production: ~ 8600 TWh/y



“For non-OECD countries, hydroelectric plants produced 1546 TWh or 21.1% of total gross production reported in 2004.

This represents a 9.8% increase over the previous year.

Hydro production reported by non-OECD countries has increased at an annual average rate of 4.7% since 1973.” – IEA Electricity Information, 2006