



Laboratório Nacional de Ciência  
e Tecnologia do Bioetanol



**CNPq**  
Centro Nacional de Pesquisa  
em Energia e Materiais

# Brazilian Bioethanol Science and Technology Laboratory - CTBE

Otavio Cavalett

Oct 25th 2016

Energy 34 (2009) 655–661



ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Energy

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/energy](http://www.elsevier.com/locate/energy)



## Can Brazil replace 5% of the 2025 gasoline world demand with ethanol?

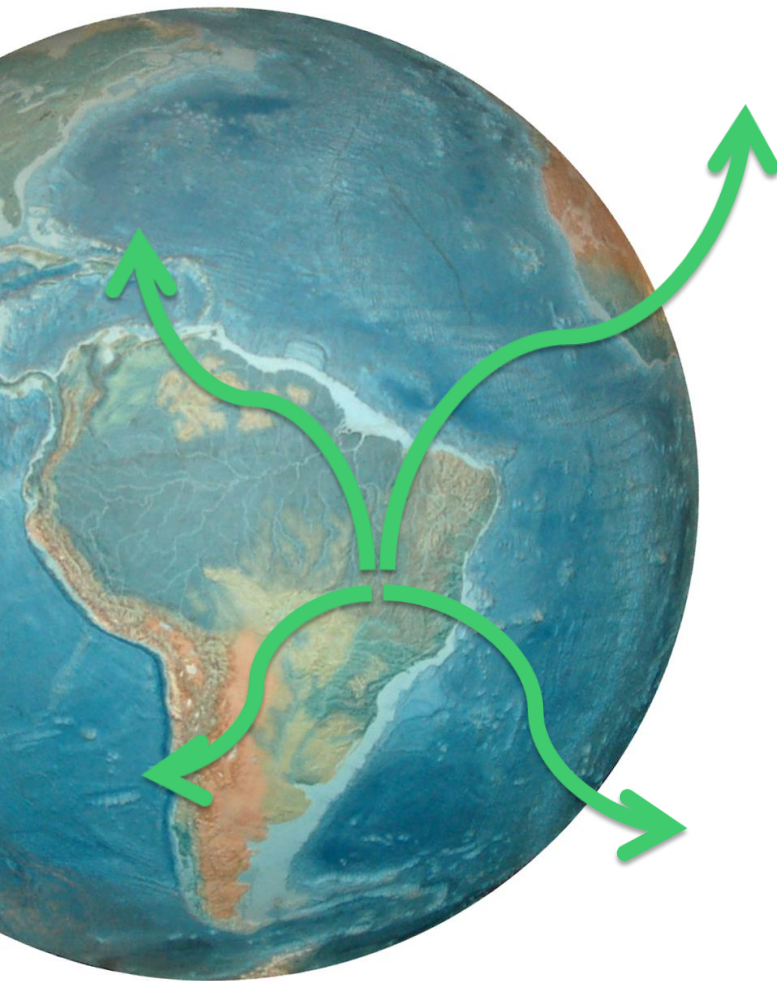
Rogério Cezar de Cerqueira Leite<sup>a,\*</sup>, Manoel Regis Lima Verde Leal<sup>b</sup>, Luís Augusto Barbosa Cortez<sup>a,c</sup>,  
W. Michael Griffin<sup>d</sup>, Mirna Ivonne Gaya Scandiffio<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Interdisciplinary Center for Energy Planning—NIPE, State University of Campinas—UNICAMP, P.O. Box 6192, CEP 13083-970, Campinas, São Paulo, Brazil

<sup>b</sup> Alternative Energies and Environment Center—CENEA, Av. Dom Luis 500, Sala 1610, Bairro Meirelles, CEP 60160-230, Fortaleza, Ceará, Brazil

<sup>c</sup> School of Agricultural Engineering—FEAGRI, State University of Campinas—UNICAMP, P.O. Box 6011, CEP 13083-970 Campinas, São Paulo, Brazil

<sup>d</sup> Green Design Institute, Tepper School of Business/Engineering and Public Policy, Carnegie Mellon University, 5000 Forbes Ave., Pittsburgh, PA, USA



Substituir 10% da gasolina mundial por etanol brasileiro em 2025

### Projeto Etanol (Unicamp e CGEE/MCT)

Produzir 250 bilhões de litros anuais de etanol significa ao Brasil:

- Mais de **9 milhões de novos empregos** (diretos, indiretos e induzidos).
- **Aumento de 13% no PIB** atual do país.
- Criação de **600 novas destilarias**.



**Estratégia:** Criar um laboratório nacional atuante no aprofundamento científico do ciclo do bioetanol, capaz de enfrentar os gargalos tecnológicos.



## Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais - CNPEM Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol - CTBE

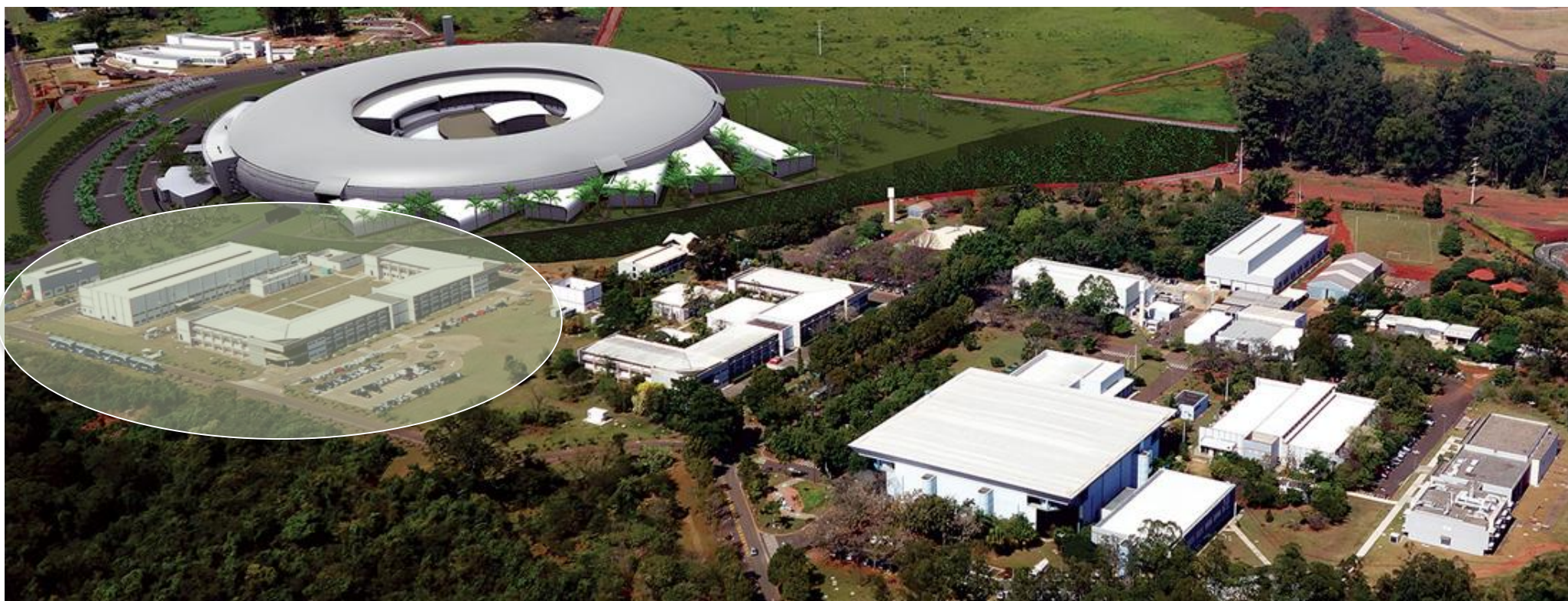
*Ciência básica e Inovação: Iniciativas  
fundamentais para  
manter a liderança brasileira no ciclo  
cana-de-açúcar / etanol.*





# Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais - CNPEM

## Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol - CTBE



Lab. Nacional de Luz Síncrotron

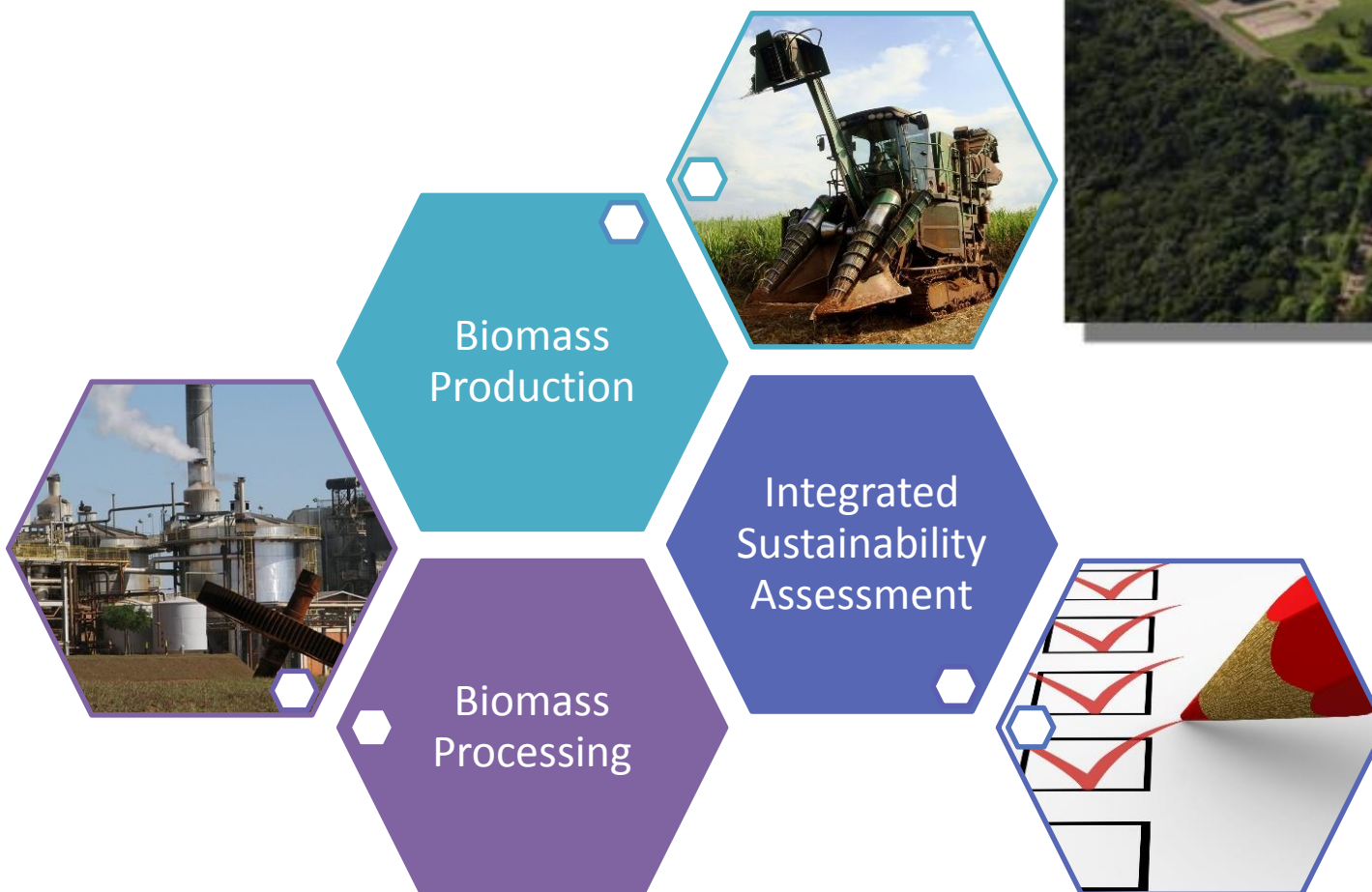


Lab Nacional de Biociências



Lab. Nacional de Nanotecnologia

# CTBE research programs

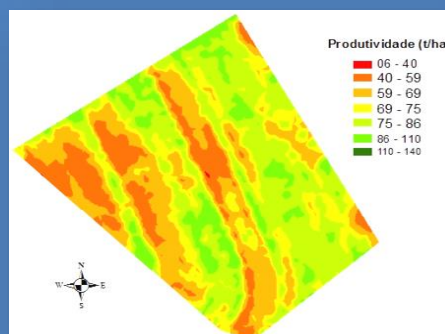




# Biomass Production Division



New machinery for sugarcane



Precision agriculture



No tilling systems for sugarcane

# Divisão de Produção de Biomassa



- ✓ Avaliar os benefícios econômicos e ambientais da utilização de palha da cana para a geração adicional de eletricidade
- ✓ Desenvolvimentos e disseminação próximo a de setor produtivo

Apoio:





# Biomass Processing Division

## New enzymes

- Metagenomics
- Genetic engineering
- Protein chemistry

## Characterization of biomass

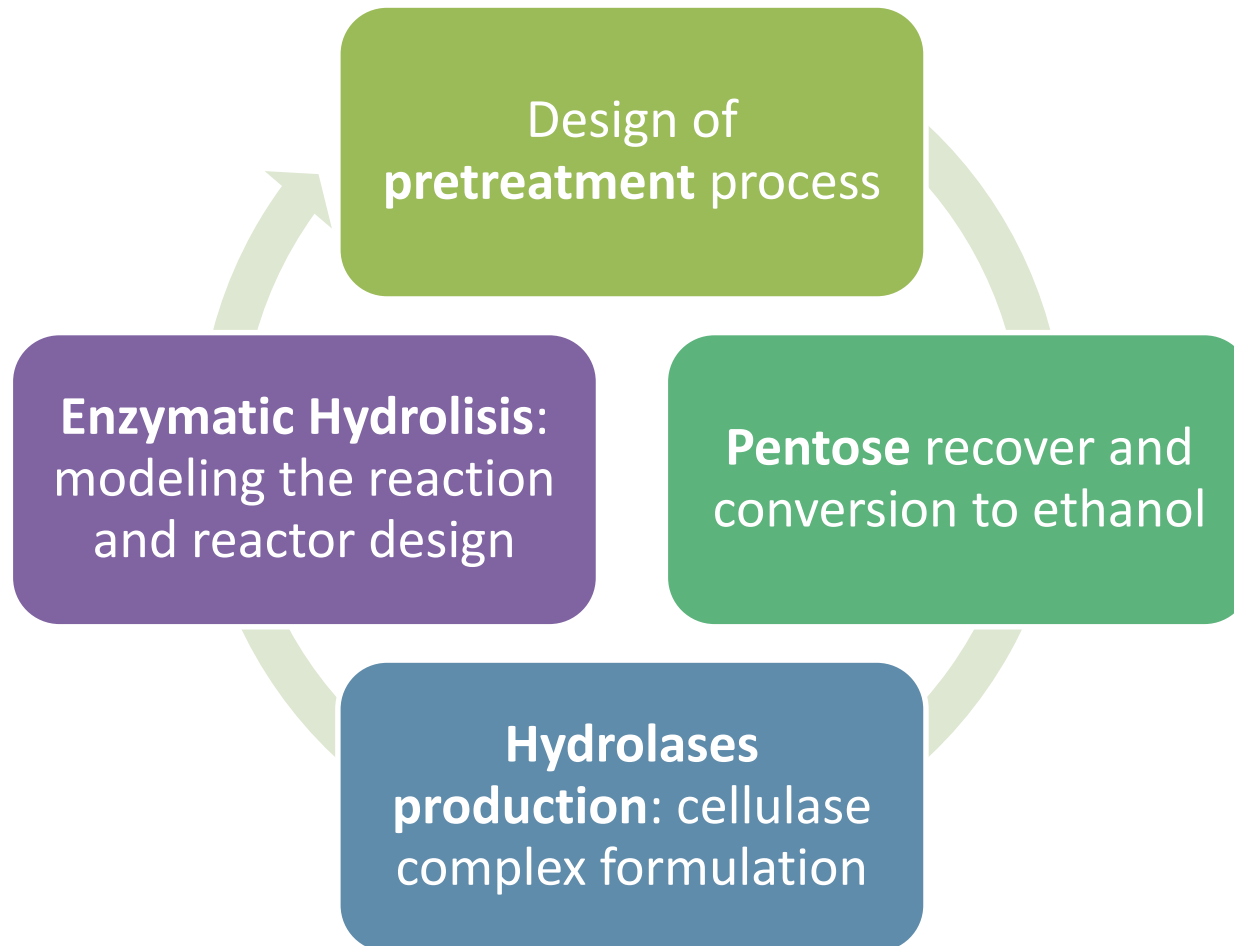
- New products from lignin and cellulignin

## Sugarcane physiology and genomics

- Bioinformatics
- Systems biology

# Biomass Processing Division

## *2G ethanol research*



# Pilot Plant for Process Development (PPDP)

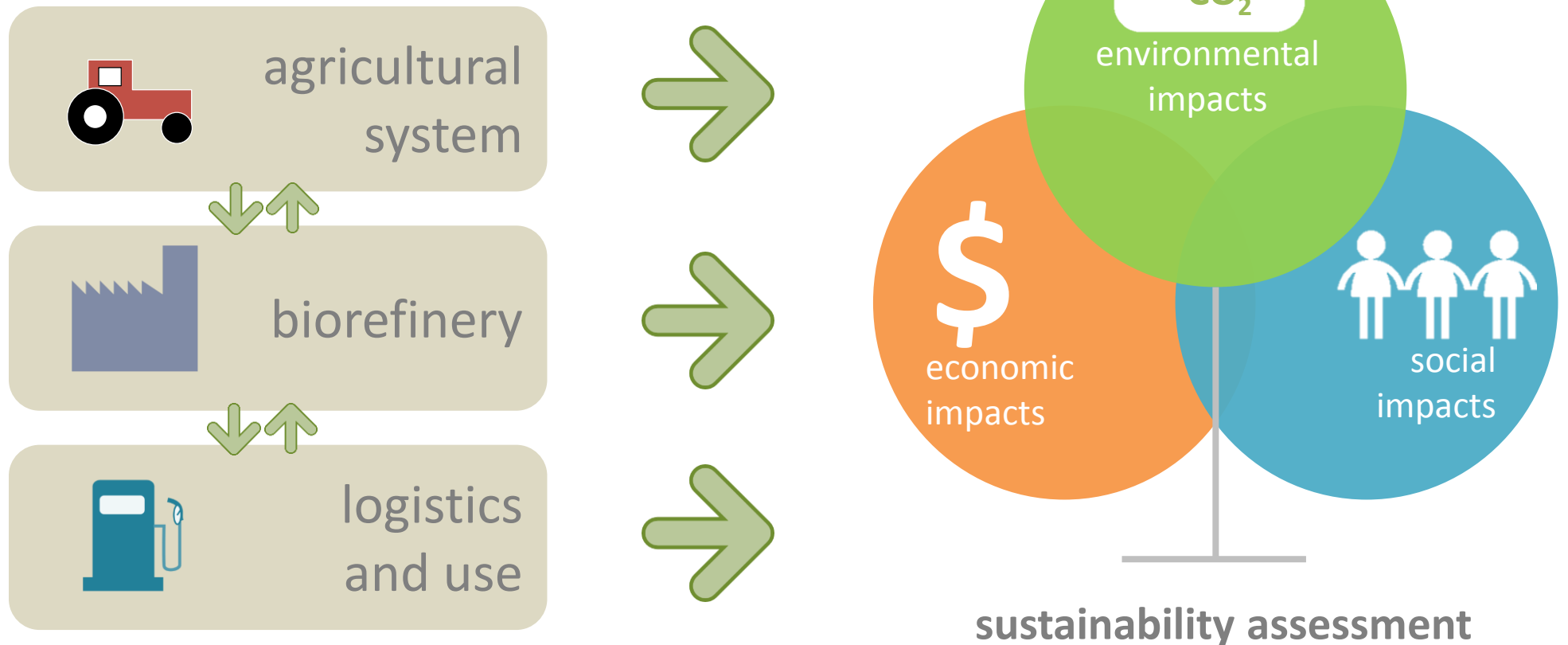


- Physical treatment of sugarcane bagasse
- Physicochemical treatment of sugarcane bagasse.
- Bioprocesses for production of microorganisms and metabolites.
- Enzymatic hydrolysis.
- Separation and purification.
- Alcoholic fermentation.



# Division of Integrated Assessment of Biorefineries

## Virtual Sugarcane Biorefinery



# Some case studies evaluated

1G2G ethanol



biogas from vinasse



straw recovery



integration with other feedstock



butanol



flexibility  
electricity vs 2G



energy  
optimization



new agricultural  
systems



## De promessa a realidade: como o etanol celulósico pode revolucionar a indústria da cana-de-açúcar – uma avaliação do potencial competitivo e sugestões de política pública

Artur Yabe Milanez  
Diego Nyko  
Marcelo Soares Valente  
Luciano Cunha de Sousa  
Antonio Bonomi  
Charles Dayan Farias de Jesus  
Marcos Djun Barbosa Watanabe  
Mateus Ferreira Chagas  
Mylene Cristina Alves Ferreira Reze  
Otávio Cavalett  
Tassia Lopes Junqueira  
Vera Lúcia Reis de Gouvêia\*



**ABBI**  
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE  
BIOTECNOLOGIA INDUSTRIAL



**BNDES**



United Nations  
Framework Convention on  
Climate Change

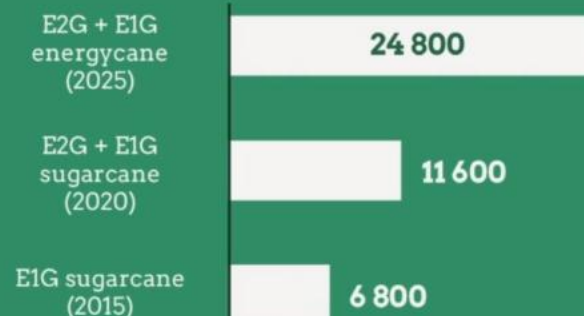
**ACTION DAY**  
5 DEC 15



UNFCCC  
WEBCAST

## ECONOMIC POTENTIAL

ETHANOL PRODUCTIVITY (LITERS/HA)

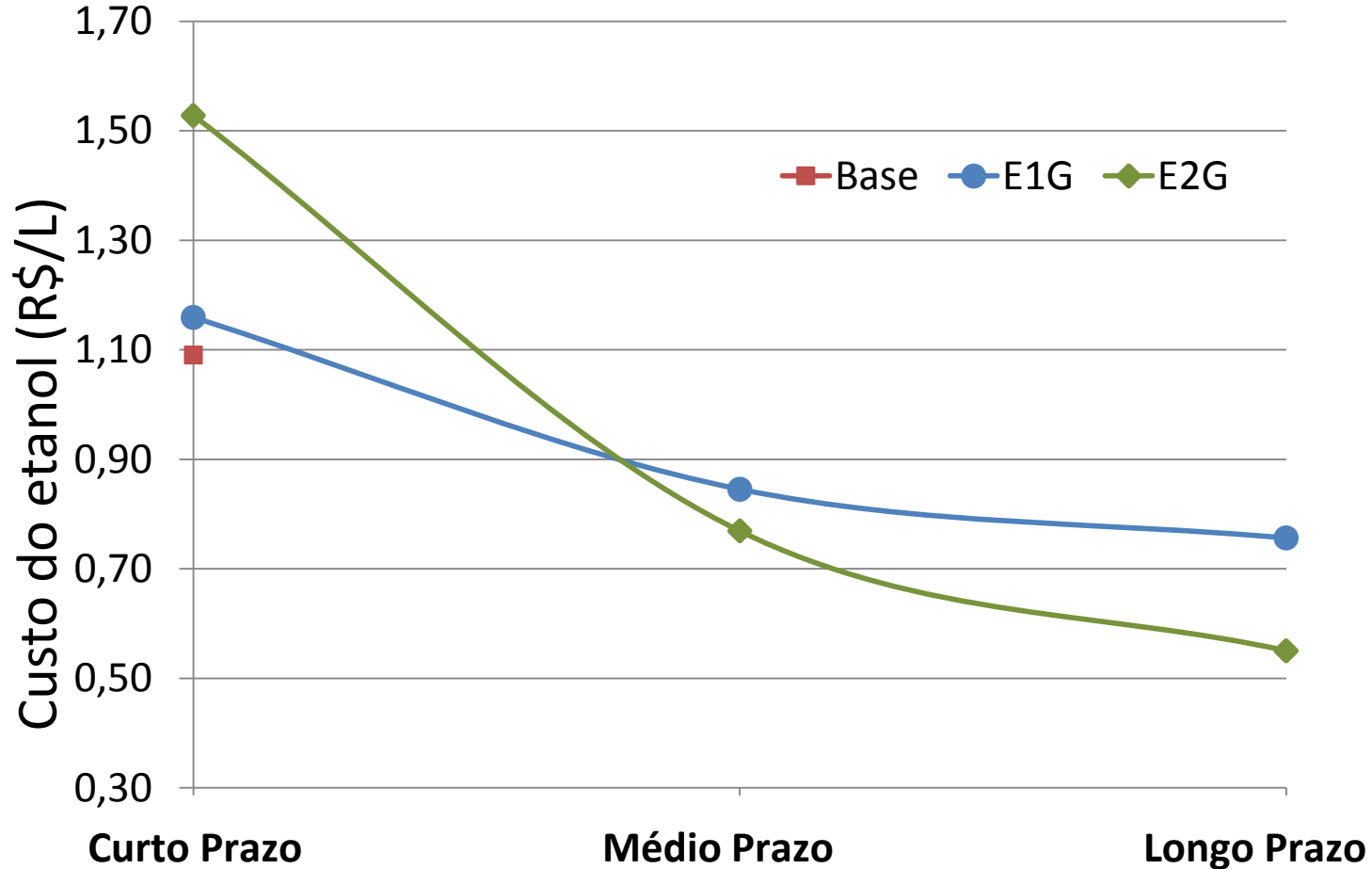


Source: BNDES, CTBE and CGEE



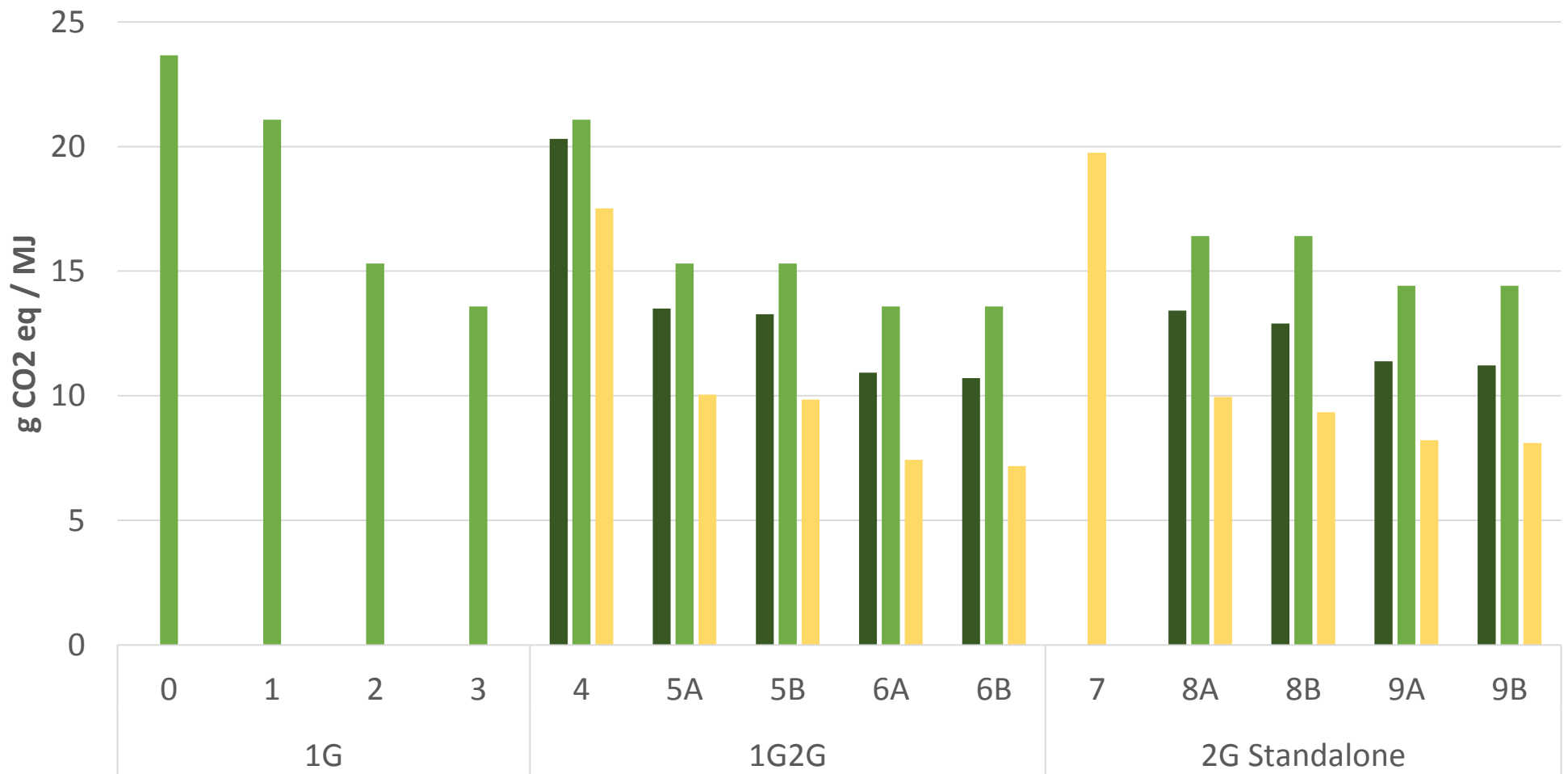
# Economic assessment

## Ethanol production costs (R\$/L)



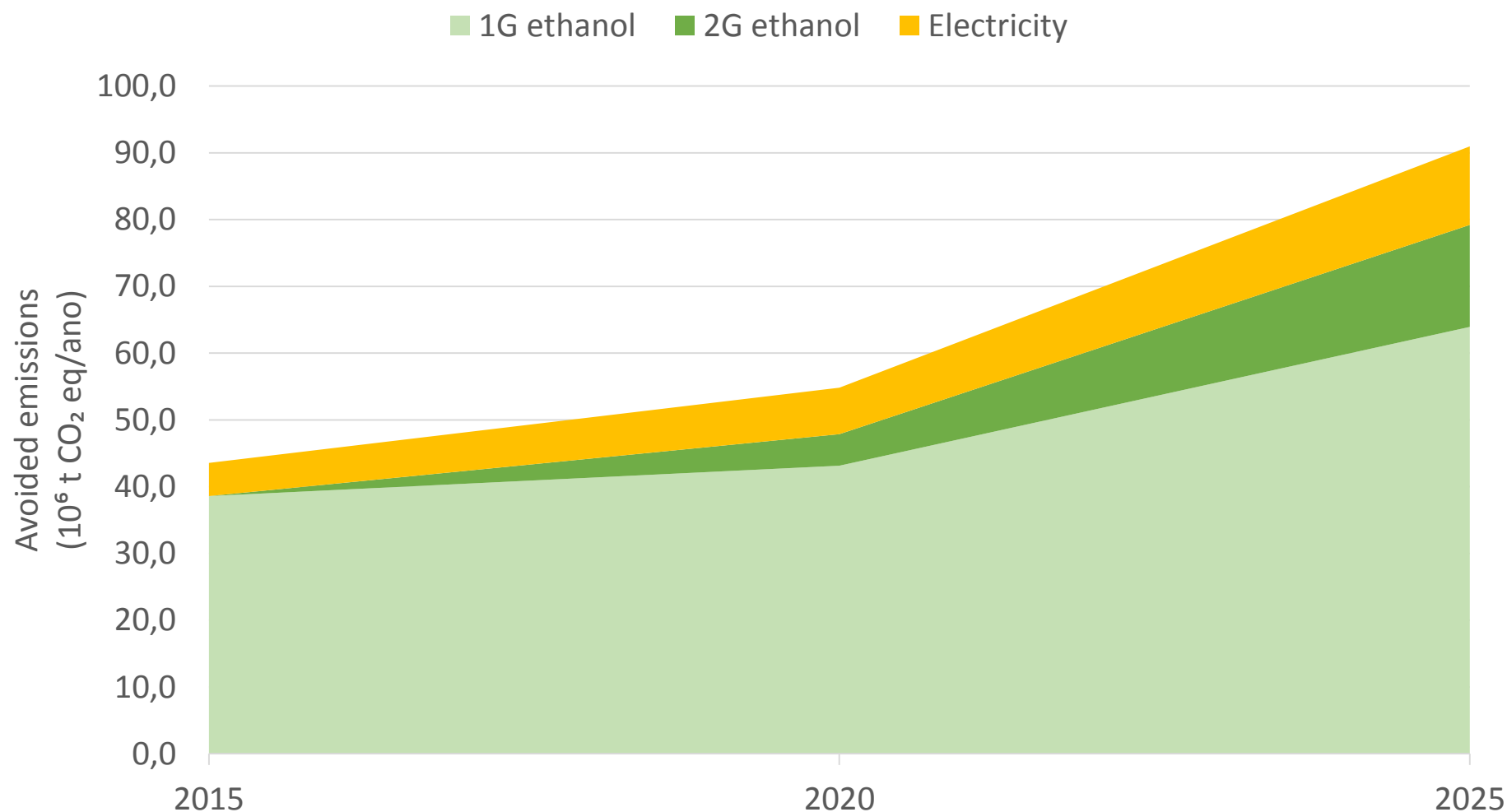
# Alocação energética

1G2G 1G 2G



# Total ethanol and electricity – Expected production by 2025

## Avoided emissions

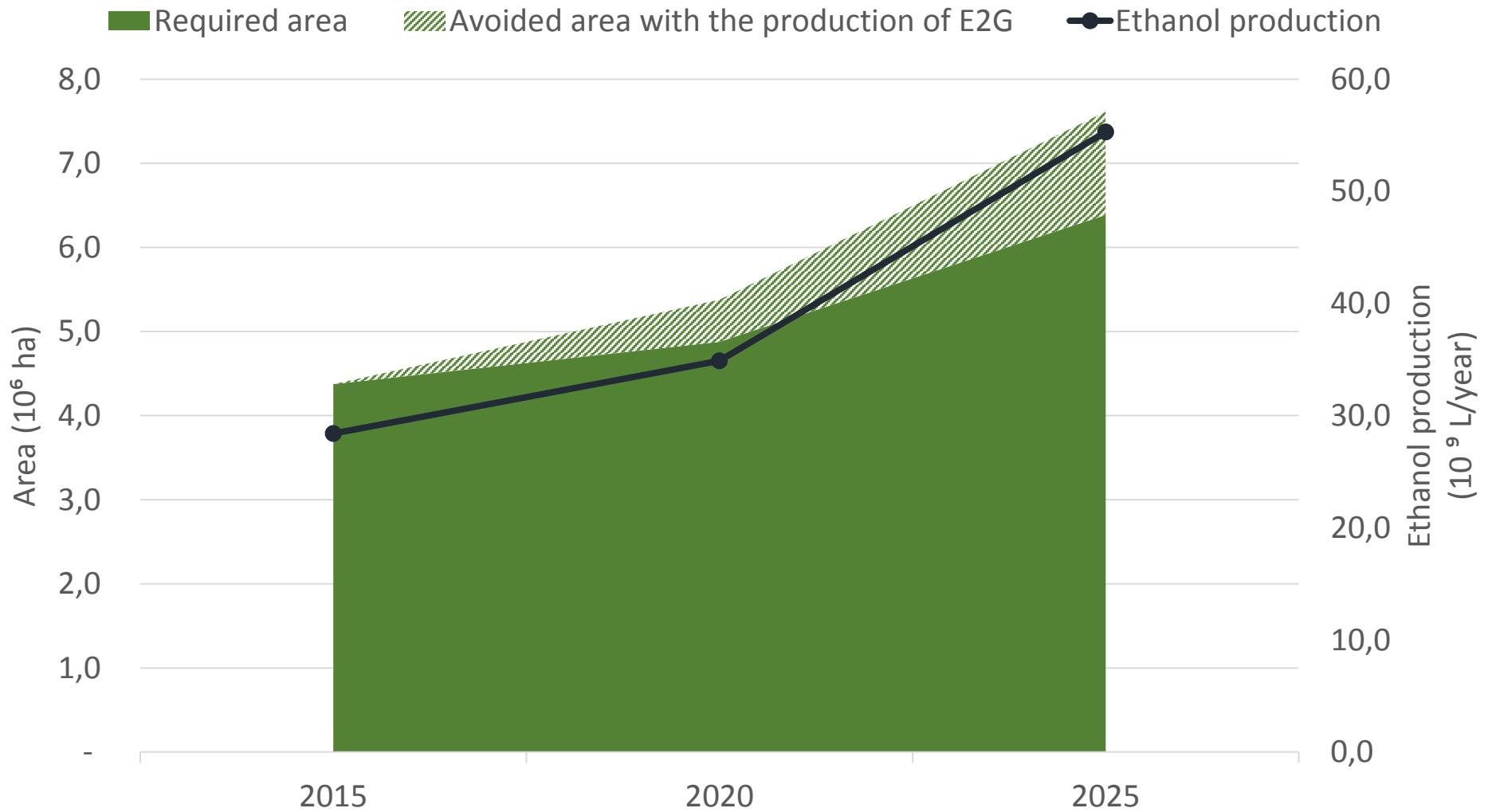


\* avoided emissions when compared to “A” gasoline used in Brazil (87.4 g CO<sub>2</sub> eq/MJ). To calculate the avoided emissions, it must be added the emissions of distribution and usage for ethanol (1.03 g CO<sub>2</sub> eq/MJ) in all the assessed scenarios.



# Total ethanol and electricity – Expected production by 2025

## Required area



## Important aspects

- ✓ Challenges on pretreatment, hydrolysis and C5 fermentation;
- ✓ Challenges in biomass. e.g. costs, impurities, energy-cane;
- ✓ Importance of improvements of 1G process and integration 1G and 2G;
- ✓ Competition electricity vs 2G ethanol?
  - ✓ Future market/needs for electricity in Brazil;
- ✓ Assessment of integration biochemical – thermochemical routes;
- ✓ Studies for increasing sugarcane livestock integration;
- ✓ 2G is here!



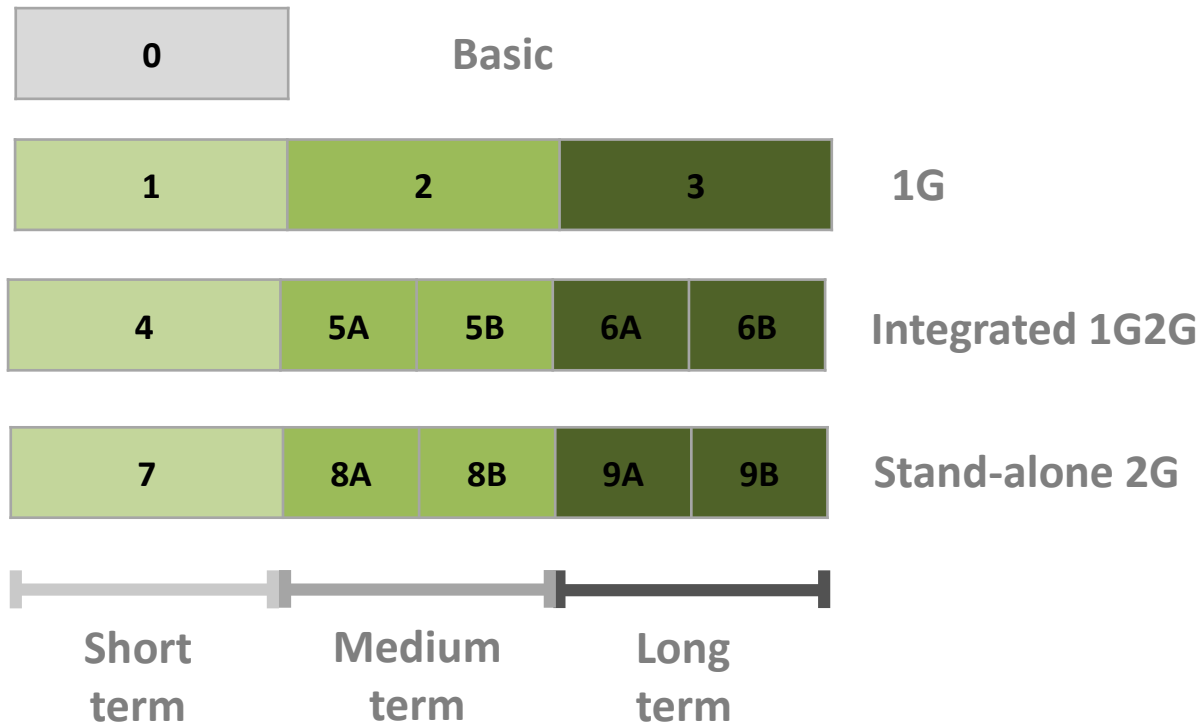
# Obrigado!!

*[otavio.cavalett@bioetanol.org.br](mailto:otavio.cavalett@bioetanol.org.br)*

*[antonio.bonomi@bioetanol.org.br](mailto:antonio.bonomi@bioetanol.org.br)*



# Original scenarios



- Short term and “A” scenarios  
Separated C5 fermentation
- “B” Scenarios  
C5/C6 co-fermentation

## Technical results

| Scenarios | Processing       |                 |             |                         | Annual production        |                 | Yields  |                 |
|-----------|------------------|-----------------|-------------|-------------------------|--------------------------|-----------------|---------|-----------------|
|           | Sugarcane stalks | Sugarcane straw | Energy cane | Lignocelulosic material | Ethanol                  | Electric energy | Ethanol | Electric energy |
|           | M t/year         | M t bs/year     | M t/year    | Mt bs/year              | mil m <sup>3</sup> /year | GWh/year        | L/TC *  | kWh/TC *        |
| 0         | 2,00             | -               | -           | -                       | 170,4                    | -               | 85,2    | -               |
| 1         | 4,00             | 0,252           | -           | -                       | 339,7                    | 697,5           | 84,9    | 174,3           |
| 2         | 4,00             | 0,336           | 1,72        | -                       | 438,3                    | 1153,7          | 76,6    | 201,5           |
| 3         | 4,00             | 0,392           | 4,17        | -                       | 561,6                    | 1769,8          | 68,8    | 216,7           |
| 4         | 4,00             | 0,252           | -           | -                       | 433,9                    | 274,3           | 108,4   | 68,6            |
| 5A        | 4,00             | 0,336           | 1,72        | -                       | 667,4                    | 403,2           | 116,6   | 70,4            |
| 5B        | 4,00             | 0,336           | 1,72        | -                       | 697,9                    | 381,1           | 121,9   | 66,6            |
| 6A        | 4,00             | 0,392           | 4,17        | -                       | 989,1                    | 555,4           | 121,1   | 68,0            |
| 6B        | 4,00             | 0,392           | 4,17        | -                       | 1017,4                   | 567,8           | 124,6   | 69,5            |
| 7         | -                | -               | -           | 0,422                   | 91,6                     | 147,4           | 216,9   | 348,9           |
| 8A        | -                | -               | 4,38        | -                       | 411,4                    | 304,5           | 94,0    | 69,6            |
| 8B        | -                | -               | 4,38        | -                       | 439,2                    | 267,6           | 100,3   | 61,1            |
| 9A        | -                | -               | 6,78        | -                       | 671,6                    | 476,4           | 99,1    | 70,3            |
| 9B        | -                | -               | 6,78        | -                       | 694,9                    | 441,2           | 102,5   | 65,1            |

# Parâmetros 2G

| Pré-tratamento - Explosão a vapor              | Curto prazo  | Médio prazo | Longo prazo |
|--|--|-------------|-------------|
| Temperatura (°C)                               | 190  | 200         | 210         |
| <b>Tempo de residência (min)</b>               | <b>15</b>  | <b>10</b>   | <b>5</b>    |
| Teor de sólidos (%)                            | definido pela quantidade de vapor requerida para atingir a temperatura no reator |             |             |
| Solubilização de celulose (%)                  | 5,0  | 5,5         | 5,5         |
| Conversão de xilana a xilose (%)               | 30   | 45          | 60          |
| Conversão de xilana a oligômeros de xilose (%) | 30   | 25          | 20          |
| Degradação de xilana a furfural (%)            | 10   | 10          | 10          |
| Hidrólise enzimática                           | Curto prazo  | Médio prazo | Longo prazo |
| Temperatura (°C)                               | 50   | 50          | 65          |
| <b>Tempo de residência (h)</b>                 | <b>48</b>  | <b>36</b>   | <b>36</b>   |
| <b>Teor de sólidos (%)</b>                     | <b>15</b>  | <b>20</b>   | <b>25</b>   |
| <b>Conversão de celulose a glicose (%)</b>     | <b>60</b>  | <b>70</b>   | <b>80</b>   |
| Conversão de xilana a xilose (%)               | 60   | 70          | 80          |



# Parâmetros 2G

| Desoligomerização e fermentação C5             | Curto prazo | Médio prazo | Longo prazo |
|--|-------------|-------------|-------------|
| Temperatura (°C)                               | 33          | 33          | 33          |
| <b>Tempo de residência (h)</b>                 | <b>48</b>   | <b>36</b>   | <b>24</b>   |
| Conversão de oligômeros de xilose a xilose (%) | 80          | 90          | 90          |
| Conversão de C6 a etanol (%)                   | 90          | 90          | 90          |
| <b>Conversão de C5 a etanol (%)</b>            | <b>80</b>   | <b>80</b>   | <b>85</b>   |
| Reciclo de células (%)                         | 80          | 90          | 95          |

| Fermentação C6/C12                      | Curto prazo  | Médio prazo  | Longo prazo  |
|---|--------------|--------------|--------------|
| Condições operacionais                  | Iguais as 1G | Iguais as 1G | Iguais as 1G |
| <b>Conversão de C6/C12 a etanol (%)</b> | <b>88</b>    | <b>90</b>    | <b>90</b>    |