

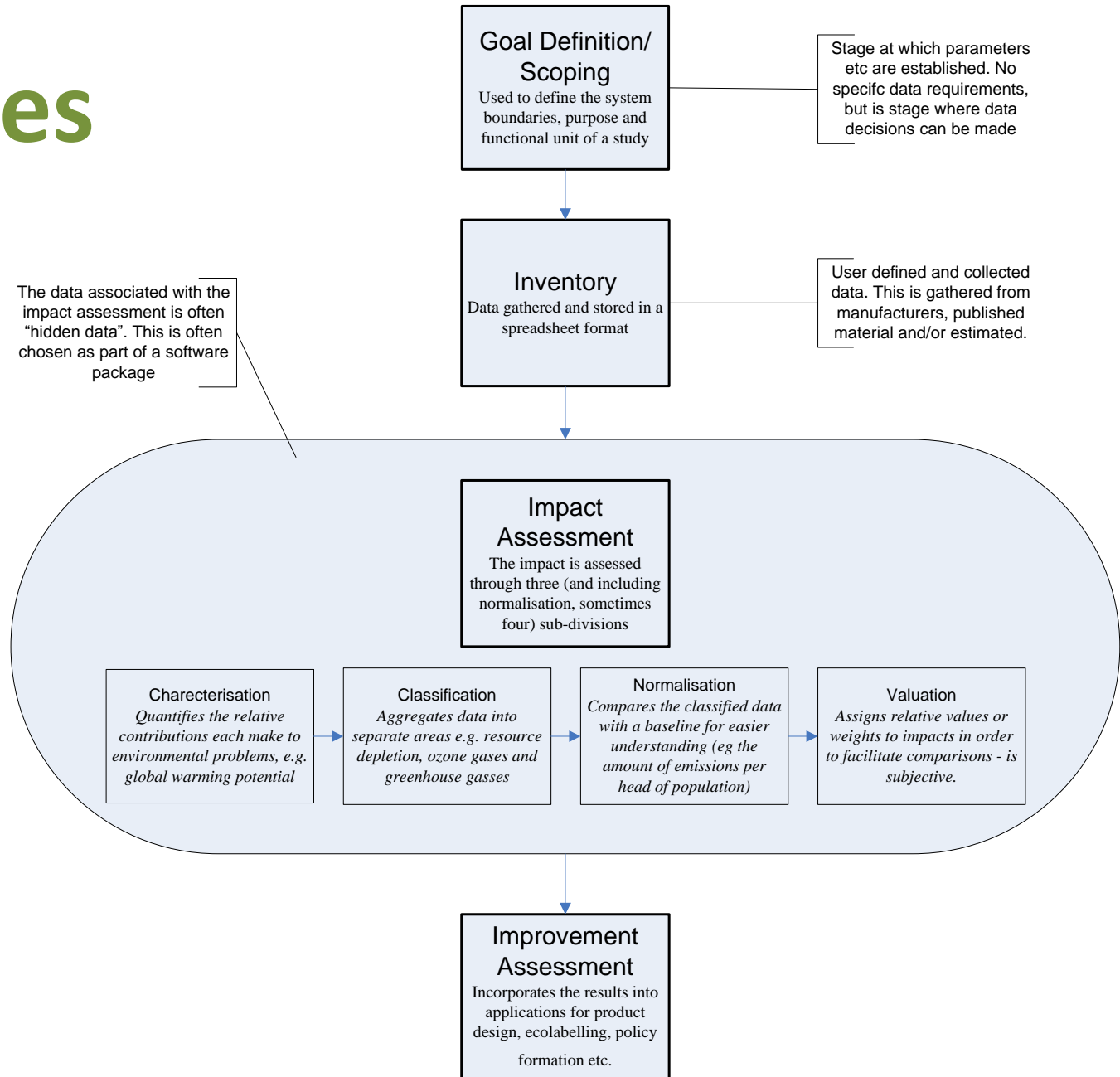
Life Cycle Assessment (LCA) of bioenergy systems

Otávio Cavalett

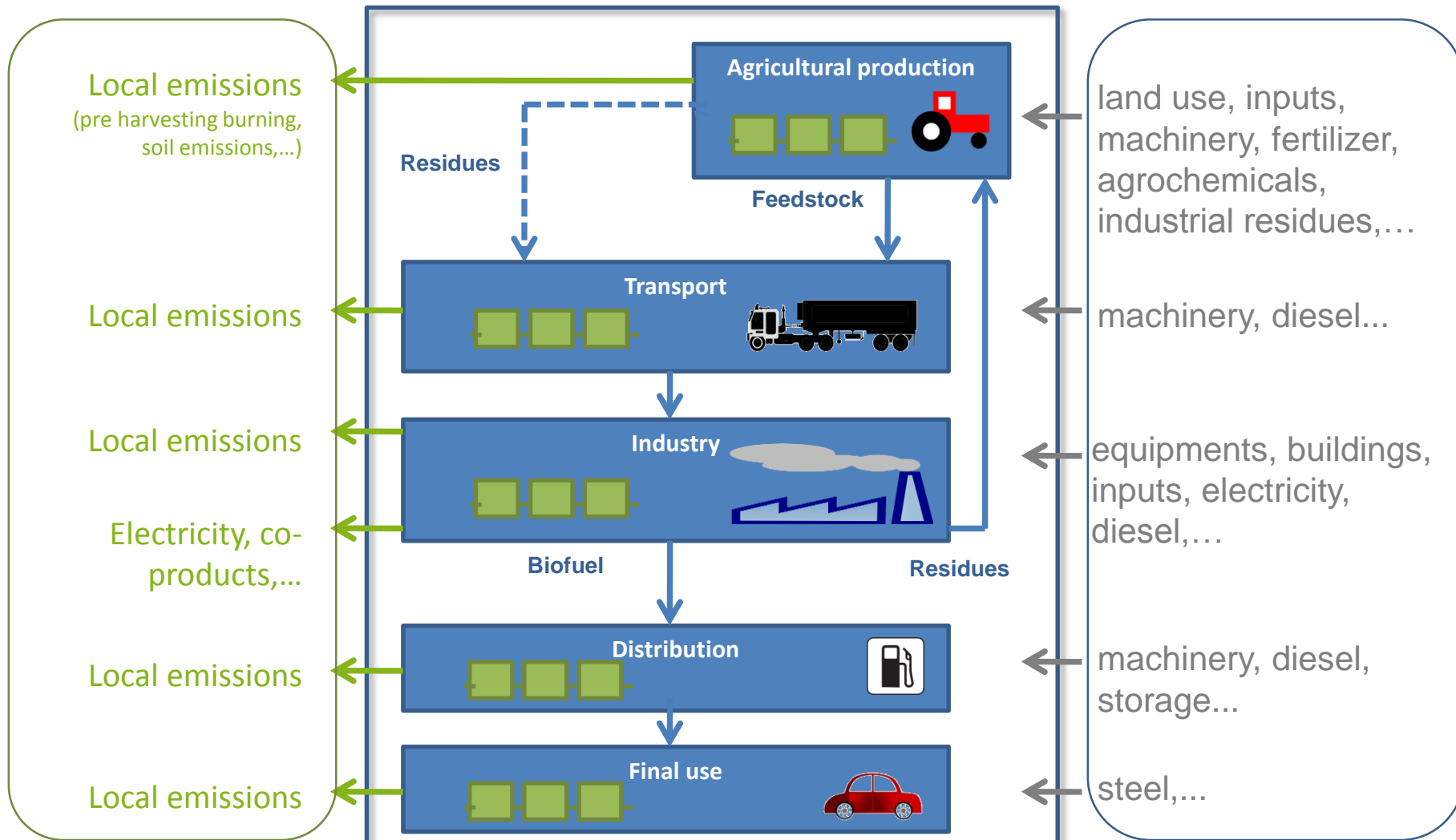
*Division of Integrated Assessment of Biorefineries (PAT)
Brazilian Bioethanol Science and Technology Laboratory (CTBE)
Brazilian Center of Research in Energy and Materials (CNPEM)*



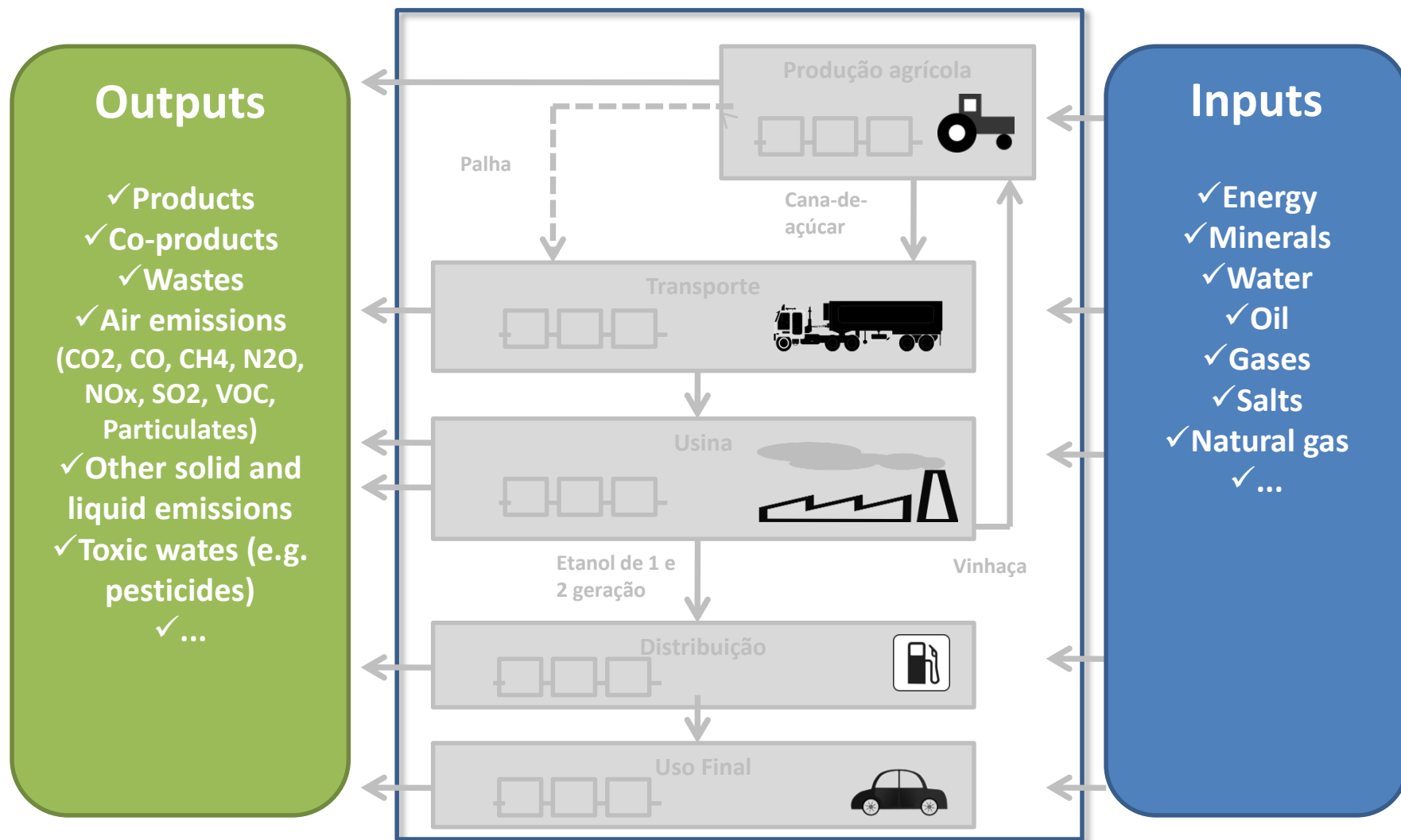
LCA stages



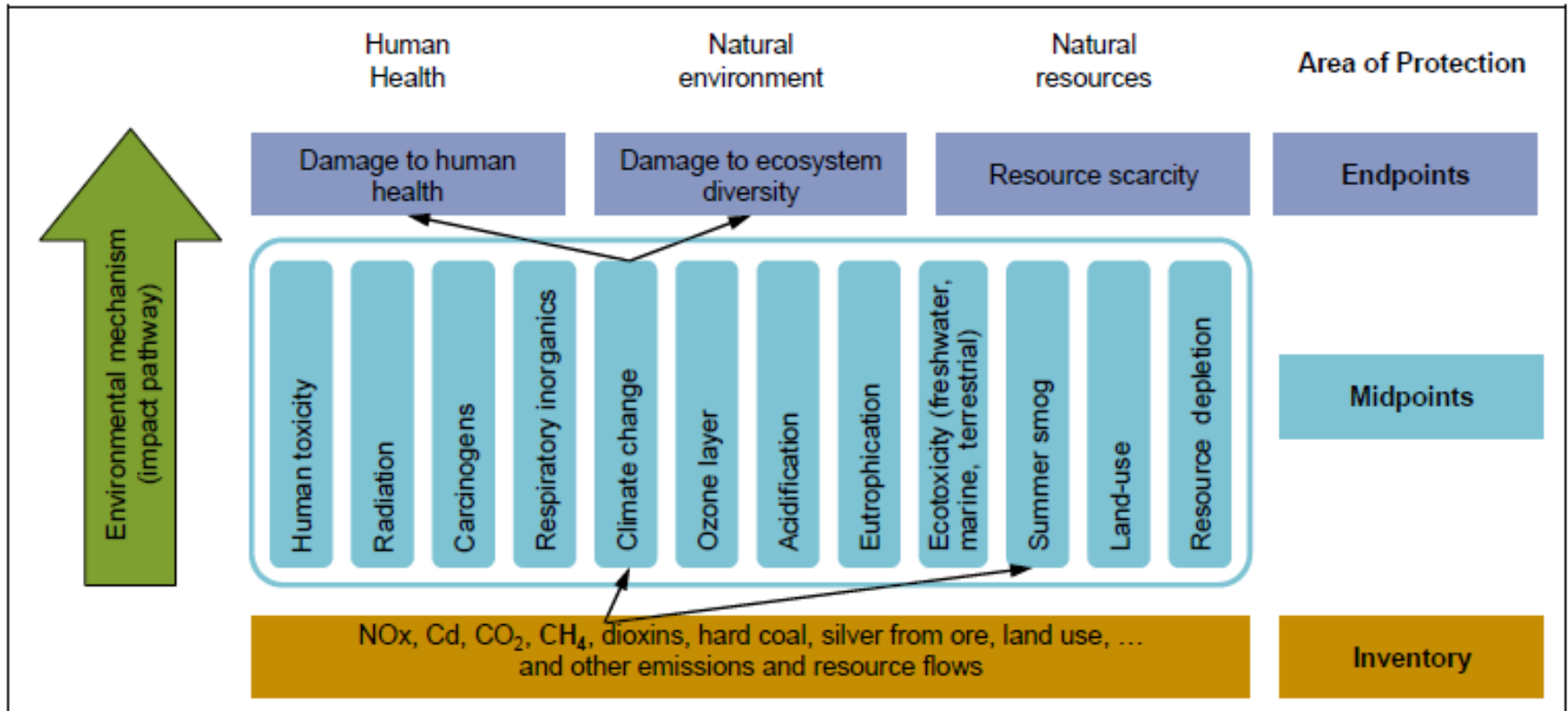
Life cycle inventory – Inputs and Outputs



Life cycle inventory – Elementary flows



LCIA methods structure



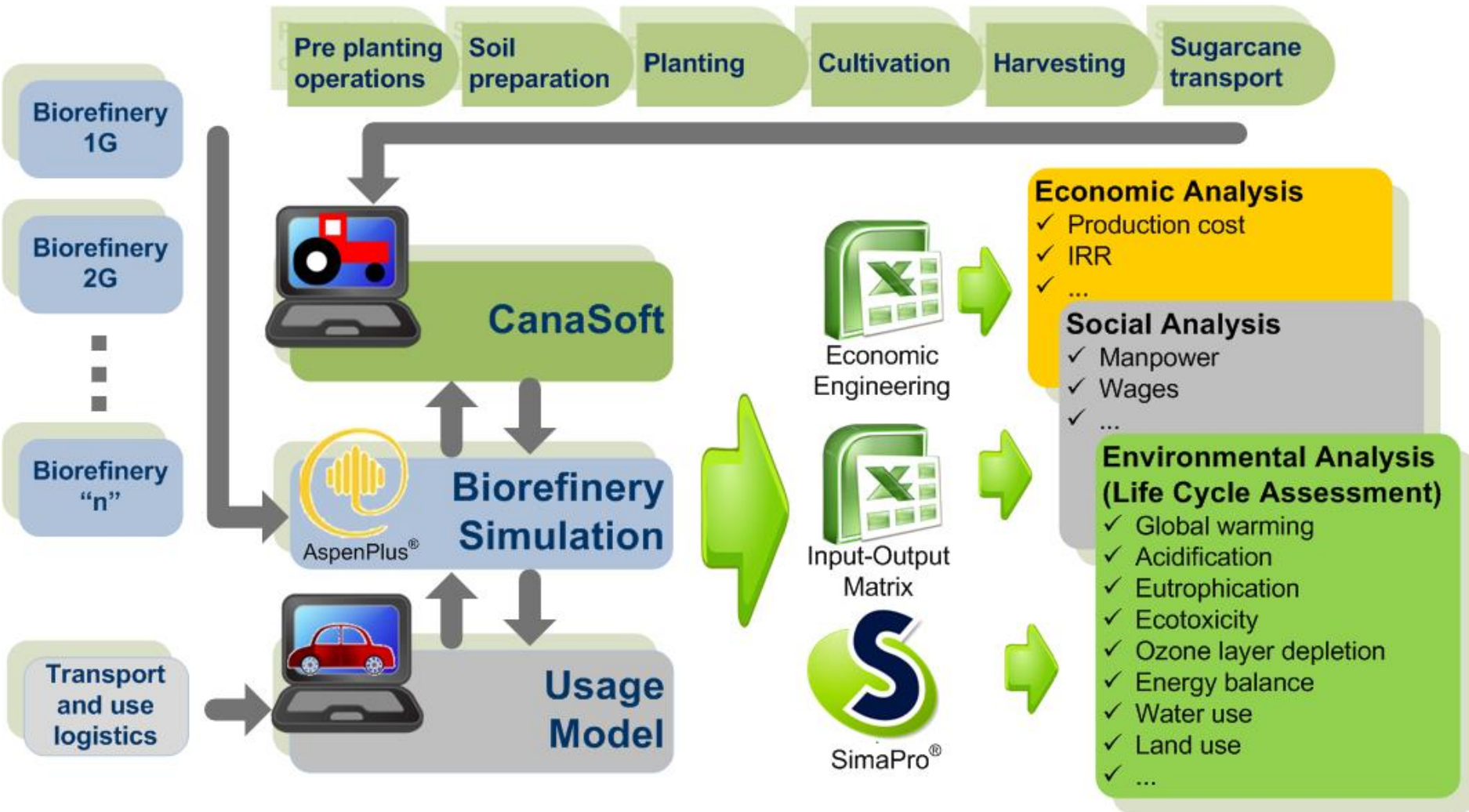
Some of the environmental issues that can be considered

- The Greenhouse Effects
- Ozone Depletion
- Acidification
- Eutrophication
- Summer Smog
- Winter Smog
- Heavy Metals
- Carcinogenic Substances
- Waste
- Respiratory Effects
- Ionising Radiation
- Ecotoxic Substances
- Land Use
- Raw Materials
- ...

Some remarks on LCA

- **LCA is simple!!** – but ensure the methodology used is understood, clear and transparent
- Use to check system and improve where necessary/possible
- Sensitivity analysis and improvement analysis are important steps
- Data availability and reliability may be a problem

Virtual Sugarcane Biorefinery





Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol



Microsoft Excel - Planilha Agrícola - BVC_V16

A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z AA AB AC AD AE AF AG AH AI AJ AK AL AM AN AO AP AQ AR AS AT AU AV AW AX AY AZ BA BB BC BD BE BF BG BH BI BJ BK BL BMBN BO BP BQ



CanaSoft

Biorrefinaria Virtual de Cana-de-Açúcar



Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais



Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol

Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação

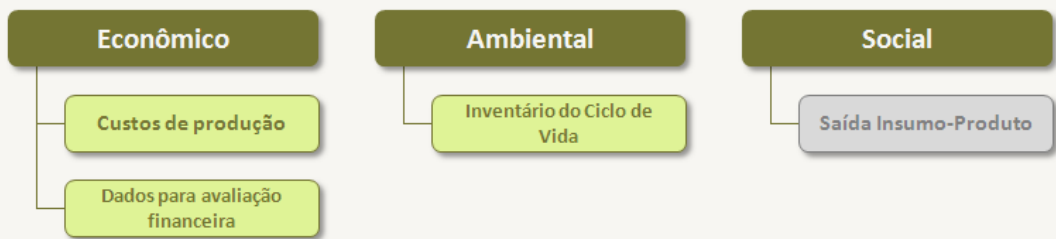


entrance inicial cenário descrip Resultados Econômicos Inventário Agrícola Operações Maquinário Transporte transport Caminhões Insumos

Entrada de dados



Resultados



Microsoft Excel ribbon showing tabs: Início, Inserir, Layout da Página, Fórmulas, Dados, Revisão, Exibição, Aspen ASW. The ribbon includes various toolbars for font, alignment, numbers, and cell formatting.

F305 APTA, 2007. Workshop Tecnológico sobre vinhaça. Painél 2: Métodos de Utilização e Aplicação de Vinhaça. Palestrante: Sérgio Antônio Veronez de Souza

Excel grid header showing columns A through J.

5 Colheita

5.1 Forma de colheita

Referência:

- 0 Fração da área com colheita manual
- 0 Fração da área com colheita mecanizada
- 1 Fração da área com colheita com ETC

Fraction of area with mechanical harvesting

5.2 Queima

Referência:

- 1 Fração de queima em área de colheita manual
- 0 Fração de queima em área de colheita mecanizada
- 0 Fração de queima em área de colheita com ETC
- 0 Fração de cana crua em área de colheita manual
- 1 Fração de cana crua em área de colheita mecanizada
- 1 Fração de cana crua em área de colheita com ETC
- 0,000 Fração da área com cana queimada
- 1,000 Fração da área com cana crua

5.3 Perdas

Referência:

- 0,1 Fração de perdas em colheita manual
- 0,1 Fração de perdas em colheita mecanizada
- 0,05 Fração de perdas em colheita com ETC

Voltar

Quantity of straw transported with stalks

6 Palha

6.1 Produção

Referência:

- 139 Palha produzida por tonelada de cana kg(bs)/tc
- 13,28 Quantidade de palha produzida por hectare t bs/(ha.ano)

6.2 Transporte de palha aderida aos colmos

Referência:

- 0,048 % de palha na carga %
- 4,336 Quantidade (bu) de palha na carga t bu/(ha.ano)
- 0,521 Umidade da palha (limpeza convencional) %
- 2,1 Quantidade (bs) de palha na carga t bs/(ha.ano)

6.3 Disponibilidade e recolhimento

Referência:

Microsoft Excel ribbon showing tabs: Início, Inserir, Layout da Página, Fórmulas, Dados, Revisão, Exibição, Aspen ASW. The Font section is expanded, showing options for font face (Calibri), size (11), bold, italic, underline, text color, and background color. The Alignment section shows options for text alignment and orientation. The Number section shows options for number format, percentage, and decimal places. The Styles section shows options for conditional formatting, table styles, and cell styles. The Cells section shows options for inserting, deleting, and formatting cells. The Editing section shows options for auto-sum, fill, clear, and classification.

	A	B	C	D	E	F	G	H
	Operação Mecanizada		Ocorre em:	Mão de obra		Tipo de Maquinário	Maquinário	Implemento
			Descrição	R\$/h				
112		Gessagem	Pré-plantio/Prepar	Operador máquinas e imple	7,24	Trator	Trator pneu 88 cv (4x4)	Distr. Calcario 2,3 m3 - 4 pneus (
113		Construção de carregadores	Pré-plantio/Prepar	Operador máquinas e imple	7,24	Trator	Trator pneu 125 cv (4x4)	Plaina 2,3 m/PTL Marchesan
114		Manutenção de estradas	Toda a área	Operador máquinas e imple	7,24	Outros	Retroescavadeira Cat 416 E (Caterpillar)	-
115		Terraceamento	Pré-plantio/Prepar	Operador máquinas e imple	7,24	Trator	Trator pneu 125 cv (4x4)	Terrace. 20x26" TACR Baldan ser
116		Gradagem pesada	Pré-plantio/Prepar	Operador máquinas e imple	7,24	Trator	Trator pneu 280 cv (4x4)	Grade pesada 32"x 9,0 mm (GAPM
117		Subsolagem	Pré-plantio/Prepar	Operador máquinas e imple	7,24	Trator	Trator pneu 220 cv (4x4)	Subsolador SP 9x9, 9 hastes/ Picc
118		Gradagem niveladora	Pré-plantio/Prepar	Operador máquinas e imple	7,24	Trator	Trator pneu 125 cv (4x4)	Grade niveladora mancal graxa/!
119		Abertura dos sulcos	Plantio	Operador máquinas e imple	7,24	Trator	Trator pneu 125 cv (4x4)	Sulc/adub. 2 linhas leve Marches
120		Aplicação de torta de filtro	Plantio	Operador máquinas e imple	7,24	Trator	Trator pneu 88 cv (4x4)	Distr. Torta de filtro (Com sulcadd
121		Operação de cobrição	Plantio	Operador máquinas e imple	7,24	Trator	Trator pneu 75 cv (4x4)	Cobridor de 2 linhas (linha cana/
122		Plantio Mecanizado	Plantio	Operador máquinas e imple	7,24	Trator	Trator pneu 175 cv (4x4)	Plantadeira de Cana Picada - PCP
123		Aplicação de Herbicida			7,24	Trator	Trator pneu 75 cv (4x4)	v. barra 18 m Advance 3000 Vc
124		Operação quebra lombo (nivelamento)			7,24	Trator	Trator pneu 85 cv (4x4)	ativador c/ quebra (linha cana/
125		Adubação da soqueira (tríplice operação)			7,24	Trator	Trator pneu 88 cv (4x4)	ativador c/ quebra (linha cana/
126		Enleiramento da Palha			7,24	Trator	Trator pneu 120 cv (4x4)	eirador Giro-palha (linha cana
127		Carregamento com carregadora - Colheita manual	CCT	Operador máquinas e imple	7,24	Carregadora	Trator pneu 125 cv (4x4)	
128		Transbordo - Colheita manual	CCT	Operador máquinas e imple	7,24	Trator	Trator pneu 130 cv (4x4)	ansbordo de arrasto para cana
129		Colheita mecanizada	CCT	Operador de colhedora	7,24	Colhedora	Trator pneu 140 cv (4x4)	
130		Transbordo - Colheita mecanizada	CCT	Operador máquinas e imple	7,24	Trator	Trator pneu 150 cv (4x4)	Colhedora esteira A 8800 (Case)
131		Colheita mecanizada de mudas	Plantio	Operador de colhedora	7,24	Colhedora	Trator pneu 180 cv (4x4)	Transbordo de arrasto para cana
132		Aplicação de cinzas	Plantio				Colhedora esteira A 8800 (Case)	
133		Plantio com ETC	Plantio				Trator pneu 88 cv (4x4)	Distr. Calcario 2,3 m3 - 4 pneus (
134		Subsolagem com ETC	Pré-plantio				ETC	Módulo de plantio da ETC
135		Colheita com ETC	CCT				ETC	Módulo de subsolagem da ETC
136		Colheita com ETC - integral	CCT				ETC	Módulo de colheita da ETC (2 linh
137		Colheita com ETC - integral sem ponteiro	CCT	Operador máquinas e imple	7,24	Outros	ETC	Módulo de colheita da ETC (2 linh
138		Colheita com ETC - integral sem ponteiro repicada	CCT	Operador máquinas e imple	7,24	Outros	ETC	Módulo de colheita da ETC (2 linh
139		Colheita com ETC - enfardamento	CCT	Operador máquinas e imple	7,24	Outros	ETC	Módulo de colheita da ETC (2 linh
140		Transbordo - ETC	CCT	Operador máquinas e imple	7,24	Trator	Trator pneu 180 cv (4x4)	Transbordo de arrasto para ETC 2
141		Aplicação de fertilizantes com pulverizador autopropelido	Toda a área	Operador máquinas e imple	7,24	Outros	Pulverizador Jacto Uniport 3030	
142		Enfardamento da palha	Toda a área	Operador máquinas e imple	7,24	Trator	Trator pneu 175 cv (4x4)	Enfardadora New Holland BB9080
143		Enfardamento da palha - ETC	Toda a área	Operador máquinas e imple	7,24	Trator	Trator pneu 175 cv (4x4)	Enfardadora New Holland BB9080
144		Carregamento dos fardos (palha)	Toda a área	Operador máquinas e imple	7,24	Carregadora	Carregadora Civismasa CIV 180 (com trator) - fardo-	

Herbicide application

Selecting type of tractor
for this operation

CanaSoft outputs

Inventário da Cana-de-Açúcar

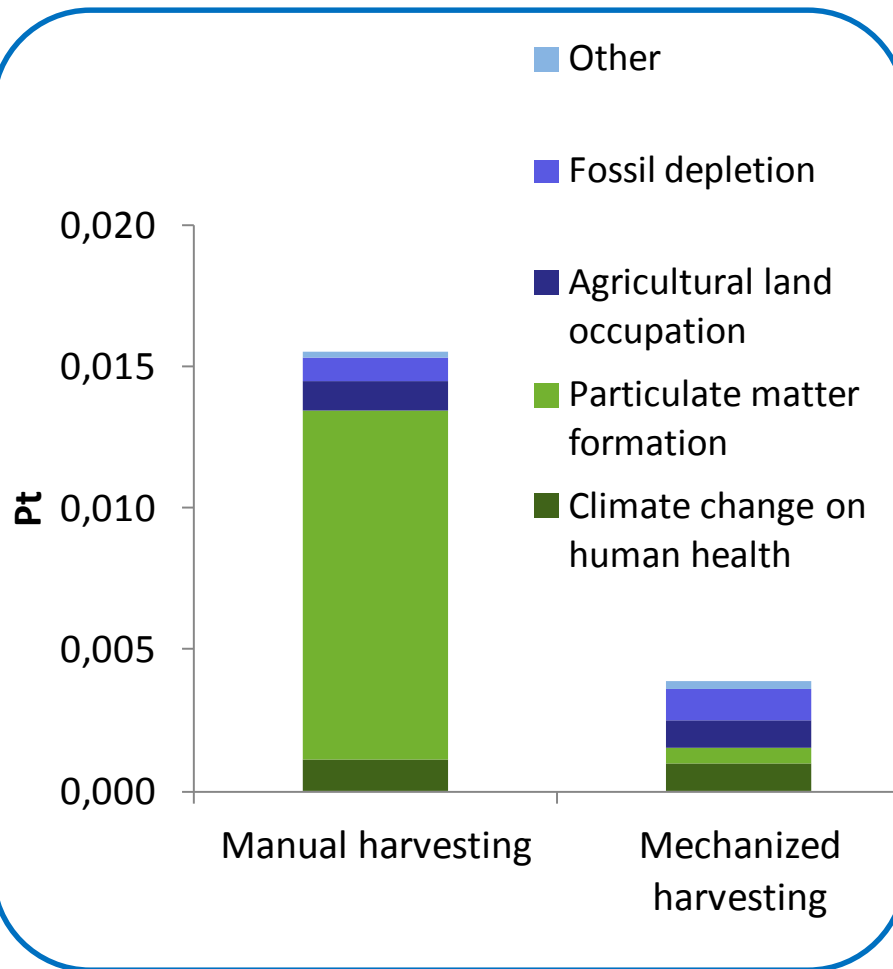
Products				
Sugarcane, BRS506/Sorgo (2012)/CTBE BR U	86000.0	kg	Produtos	
Straw, BRS506/Sorgo (2012)/CTBE BR U	6723.1	kg		
Inputs from nature				
Occupation, arable, non-irrigated	1.000	ha		
Transformation, from pasture and meadow, extensive	0.00E+00	ha		
Transformation, from arable, non-irrigated	0.00E+00	ha		
Transformation, from permanent crop	0.00E+00	ha		
Transformation, from shrub land, sclerophyllous	0.00E+00	ha		
Transformation, from forest	0.00E+00	ha		
Transformation, to arable, non-irrigated	0.00E+00	ha		
Water, unspecified natural origin/m3	0.00E+00	m3		
Water, river	0.00E+00	m3		
Water, lake	0.00E+00	m3		
Water, well, in ground	0.00E+00	m3		
Inputs from technosphere				
Vinasse	0.00	m3		Resíduos industriais
Filter cake	665.1	kg		
Ammonia, liquid, at plant, market mix/CTBE BR U	6.65	kg	Fertilizantes	
Urea, as N, at regional storehouse, market mix/CTBE BR U	41.55	kg		
Ammonium sulphate, as N, at regional storehouse, market mix/CTBE BR U	0.00	kg		
Ammonium nitrate, as N, at regional storehouse, market mix/CTBE BR U	0.00	kg		
Monoammonium phosphate, as P2O5, at regional storehouse, market mix/CTBE BR U	1.44	kg		
Monoammonium phosphate, as N, at regional storehouse, market mix/CTBE BR U	0.27	kg		
Diammonium phosphate, as P2O5, at regional storehouse/CTBE BR U	0.00	kg		
Diammonium phosphate, as N, at regional storehouse/CTBE BR U	0.00	kg		
Single superphosphate, as P2O5, at regional storehouse, market mix/CTBE BR U	7.73	kg		
Triple superphosphate, as P2O5, at regional storehouse, market mix/CTBE BR U	0.00	kg		
Potassium chloride, as K2O, at regional storehouse, market mix/CTBE BR U	60.22	kg		
Potassium sulphate, as K2O, at regional storehouse/RER U	0.00	kg		
Potassium nitrate, as K2O, at regional storehouse/RER U	0.00	kg		
Potassium nitrate, as N, at regional storehouse/RER U	0.00	kg		

Exportar ICVs da Cana-de-açúcar
SimaPro

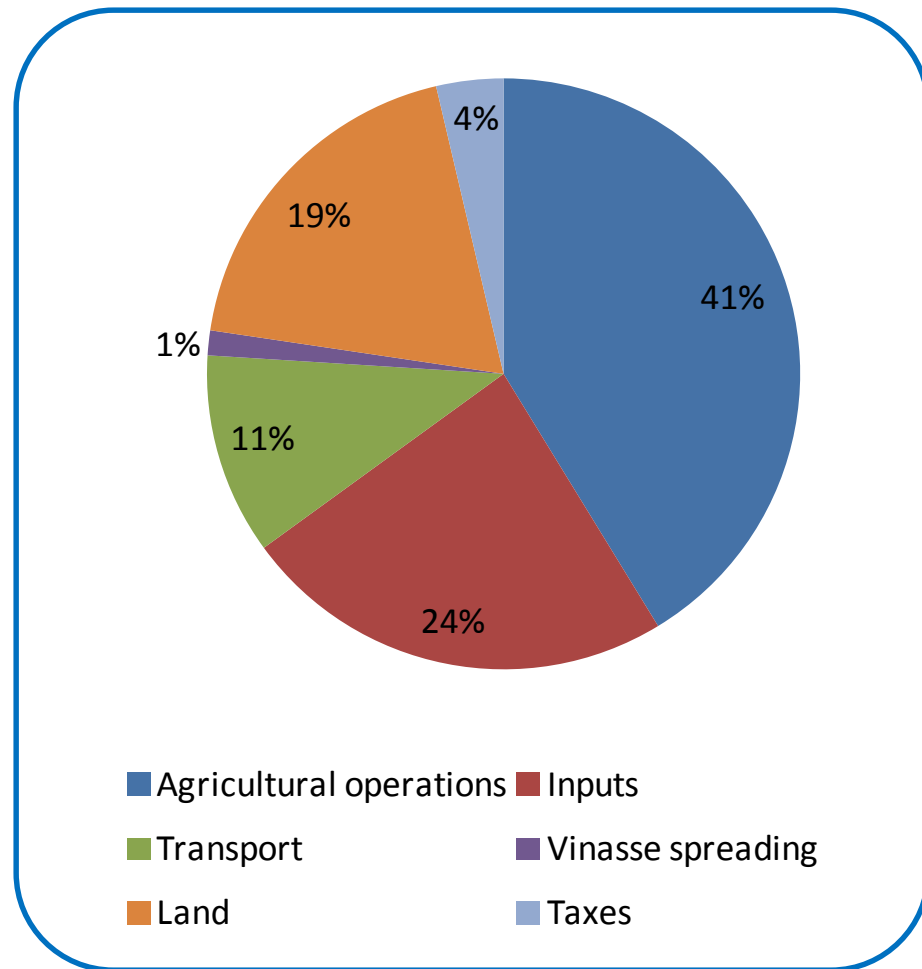
Documentação
Time period
Geography
Technology
Representativeness
Comment

CanaSoft outputs

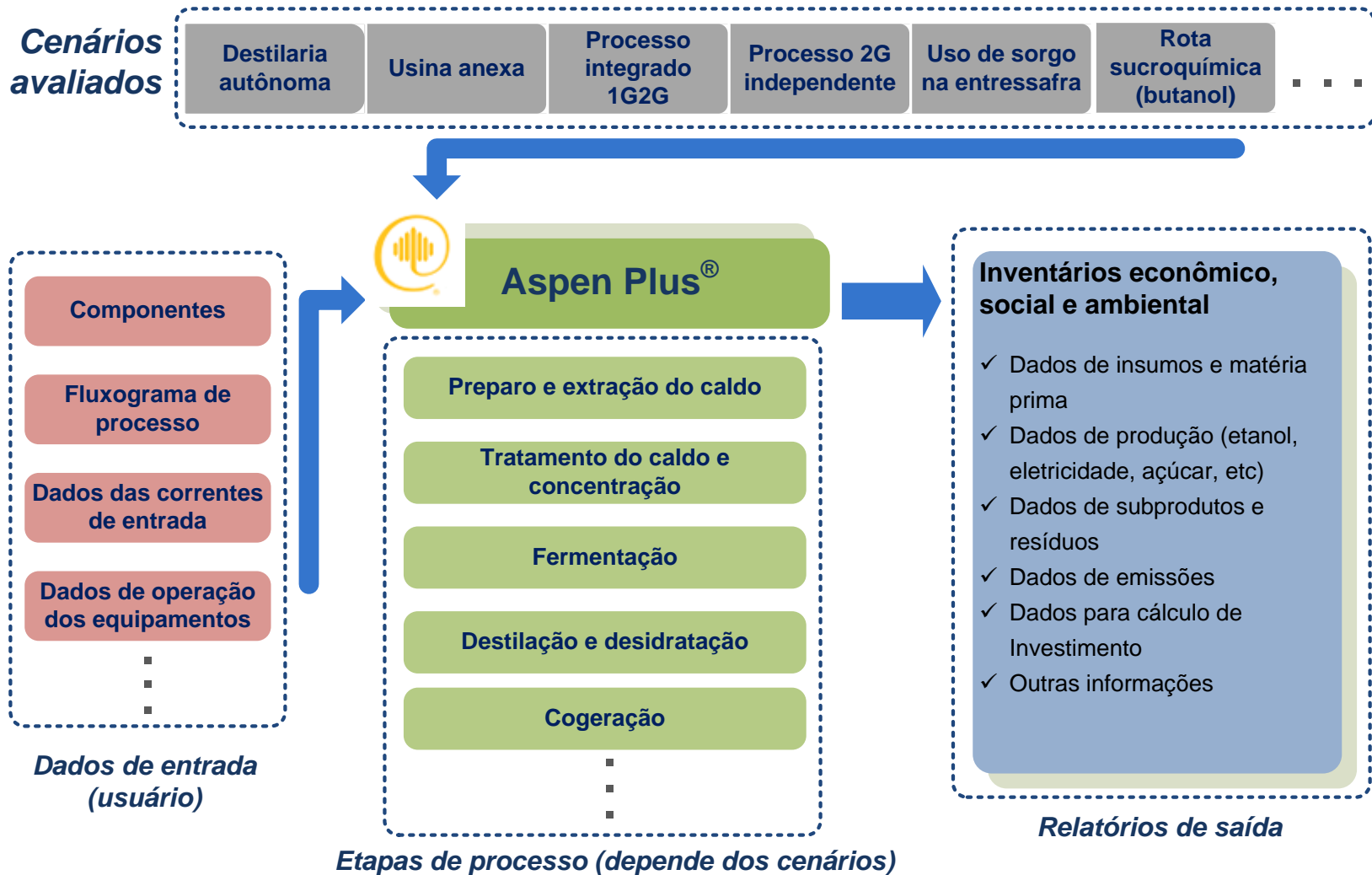
environmental results



economic results

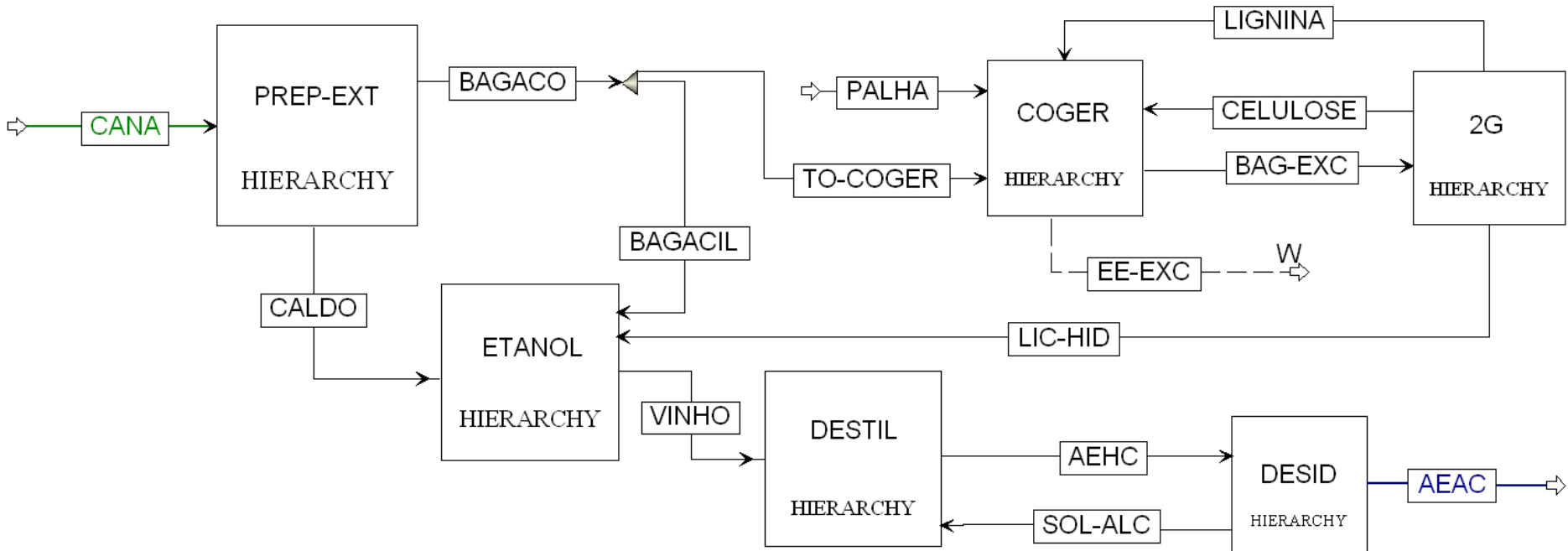


Biorefinery system assessment

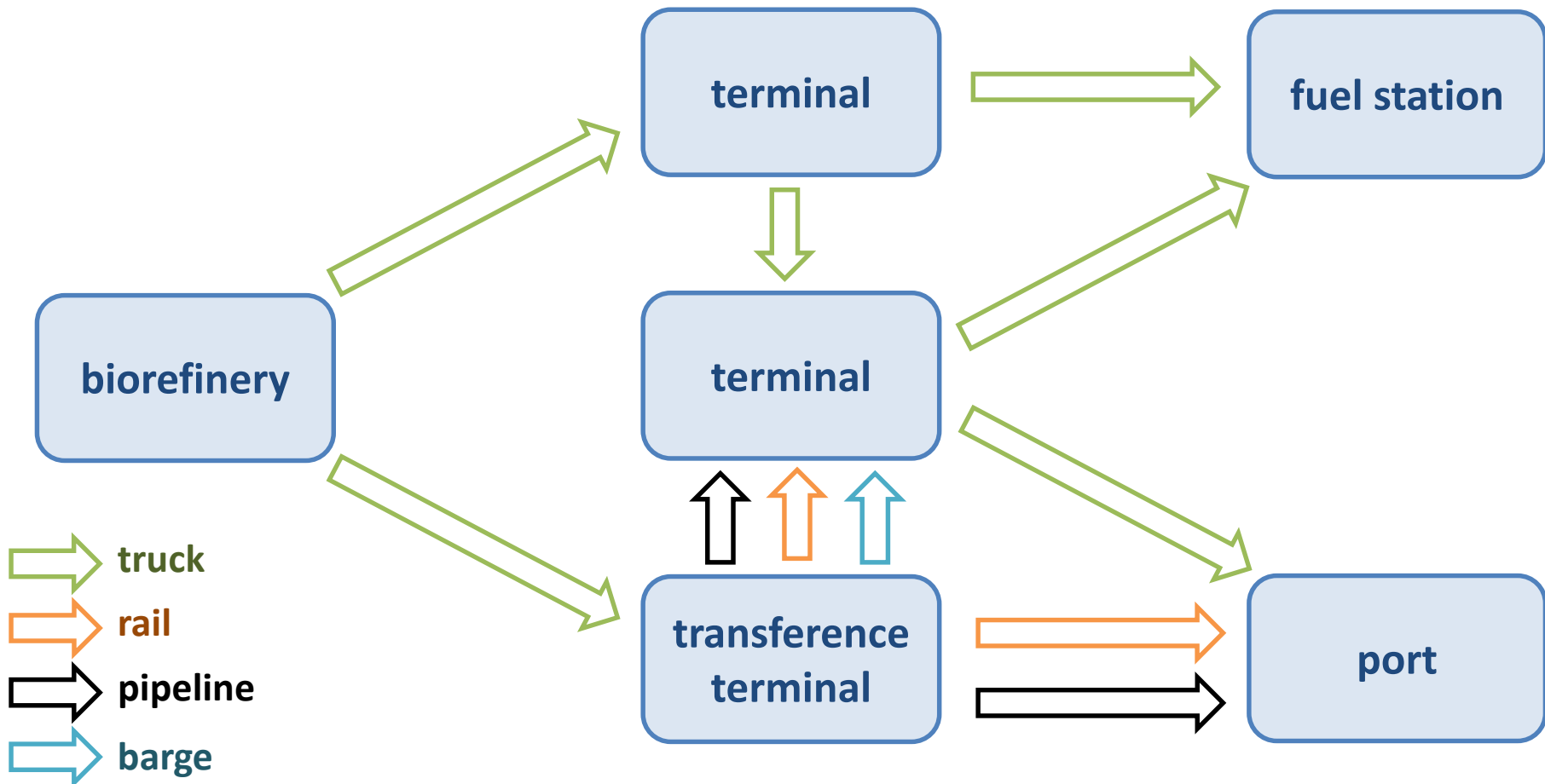


Process computer simulation

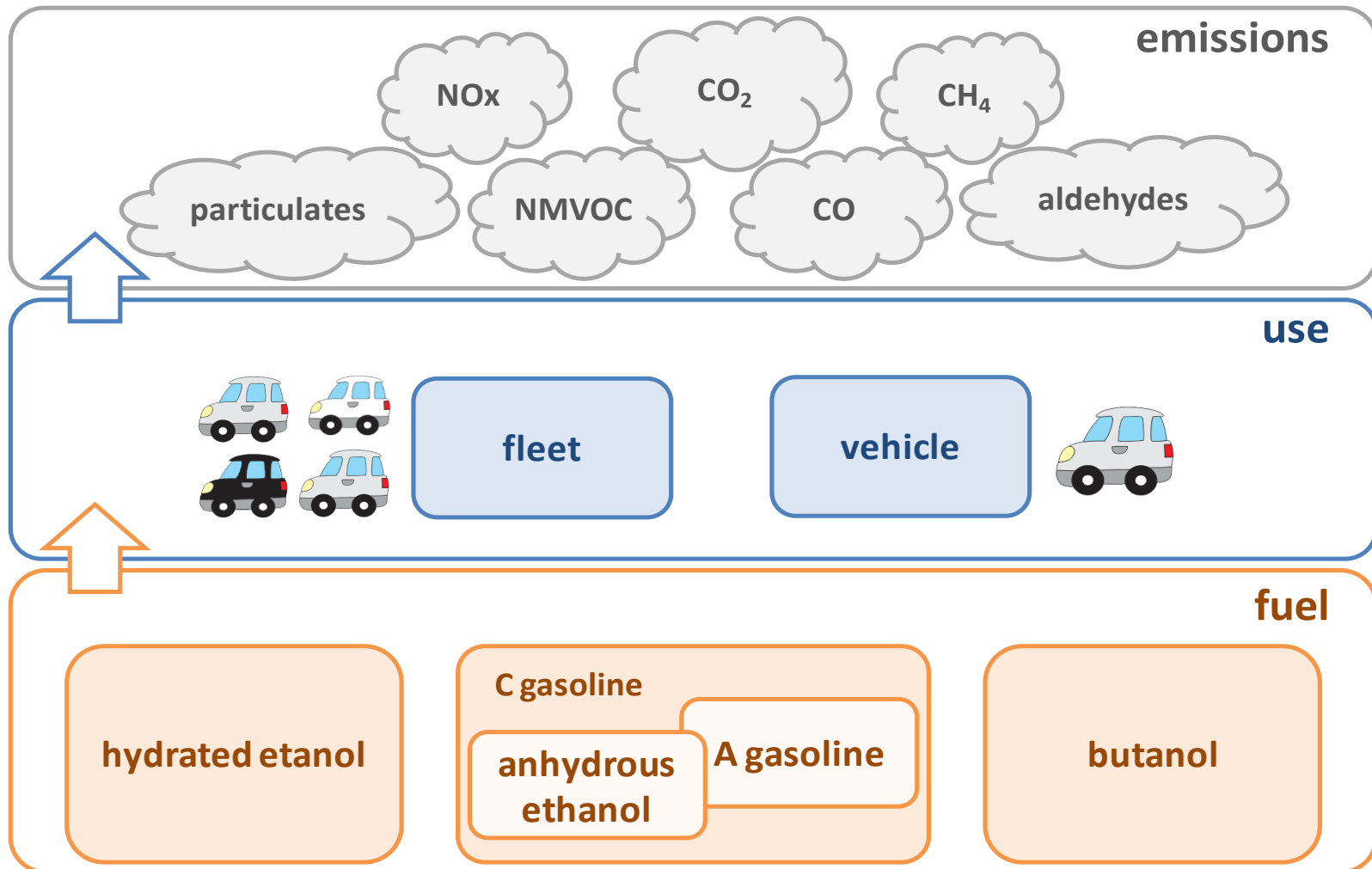
Aspen Plus®



Ethanol distribution system



Ethanol use emissions



An exploratory economic and environmental analysis of sugarcane harvest extension using sweet sorghum in the Brazilian sugarcane industry



Otávio Cavalett, Mateus F. Chagas, Marina O. S. Dias, Tassia L. Junqueira, Lucas G. Pavanello, Marcelo P. Cunha, Manoel R. L. V. Leal, Carlos E. V. Rossell, Antonio Bonomi

Sugarcane production cycle in Brazil



year

- ✓ sugarcane cycle (about 200 days)
 - ✓ seasonality
 - ✓ harvesting problems (rain season)
 - ✓ maintenance
- ✓ inefficient use of equipment (capex)
- ✓ alternatives? other biomass?

Sweet sorghum varieties

Sugarcane



Sweet sorghum

BRS 506



BRS 508

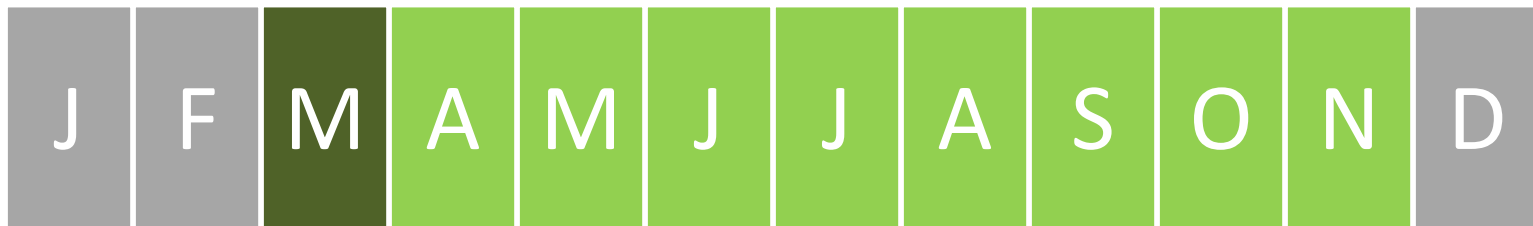


BRS 511

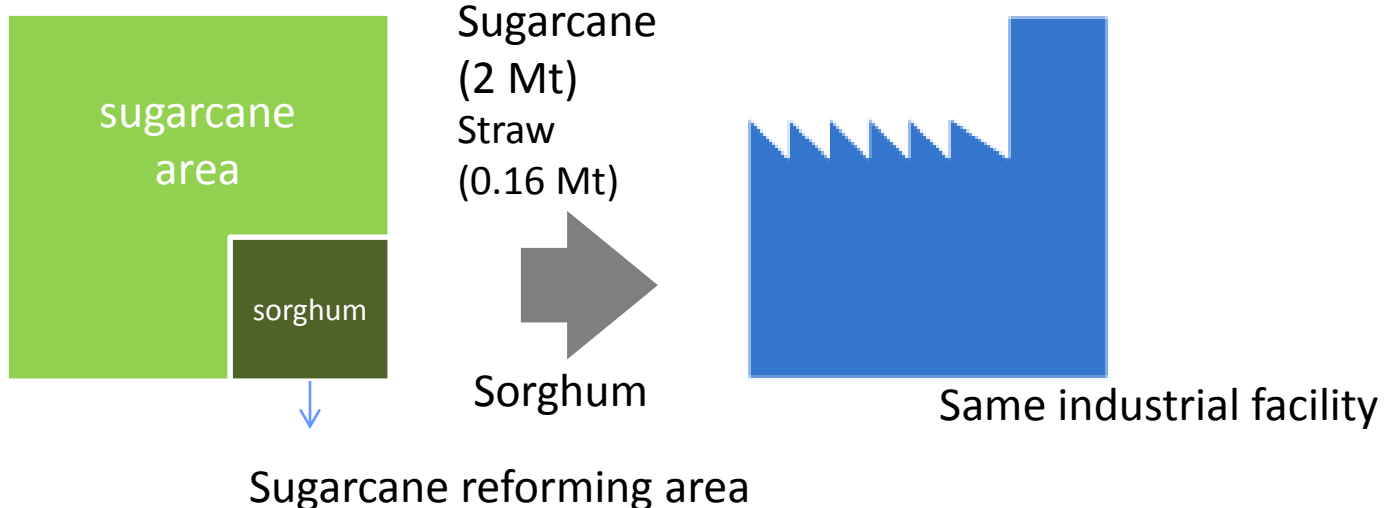


integrated to sugarcane biorefinery

Sugarcane + Sweet sorghum (only reforming area)



Processing sweet sorghum (sugarcane replanting areas)



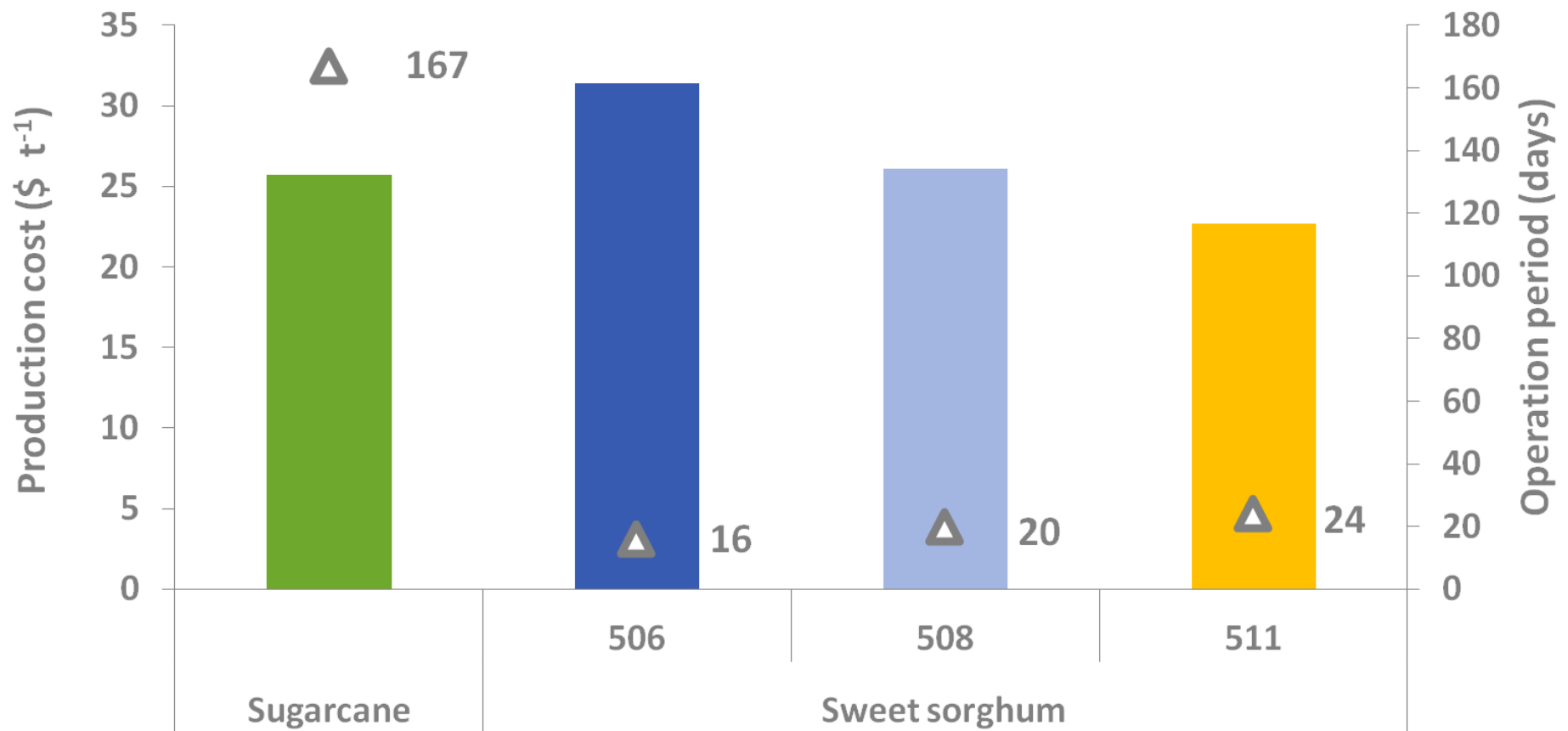


Biorefinery feedstock

Parameter	Sugarcane	Sorghum		
		<i>BRS506</i>	<i>BRS508</i>	<i>BRS511</i>
Fibers (%)	13.00	10.57	13.02	11.14
Soluble solids (°Brix)	16.71	11.51	15.42	14.37
Pol (% sucrose)	14.00	6.30	10.66	10.62
% Reducing sugars (RS)	0.60	1.57	1.10	0.99
% Total reducing sugars (TRS)	15.34	8.21	12.33	12.16
Water content (%w)	70.29	77.92	71.56	74.49
Agricultural yield (t ha ⁻¹)	85	40	50	60

Biorefinery feedstock

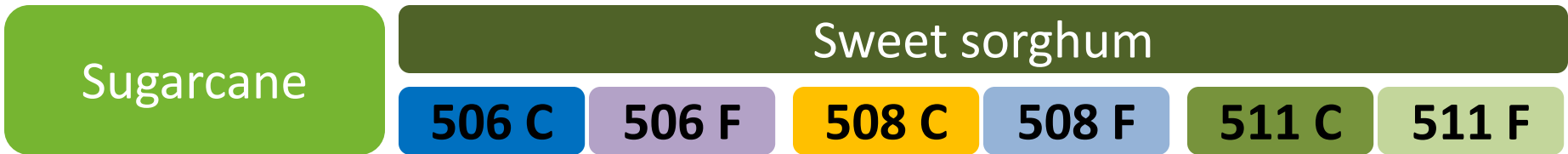
■ Production cost (\$ t⁻¹) △ Operation period (days)



Biorefinery



Scenarios





Sugarcane biorefinery

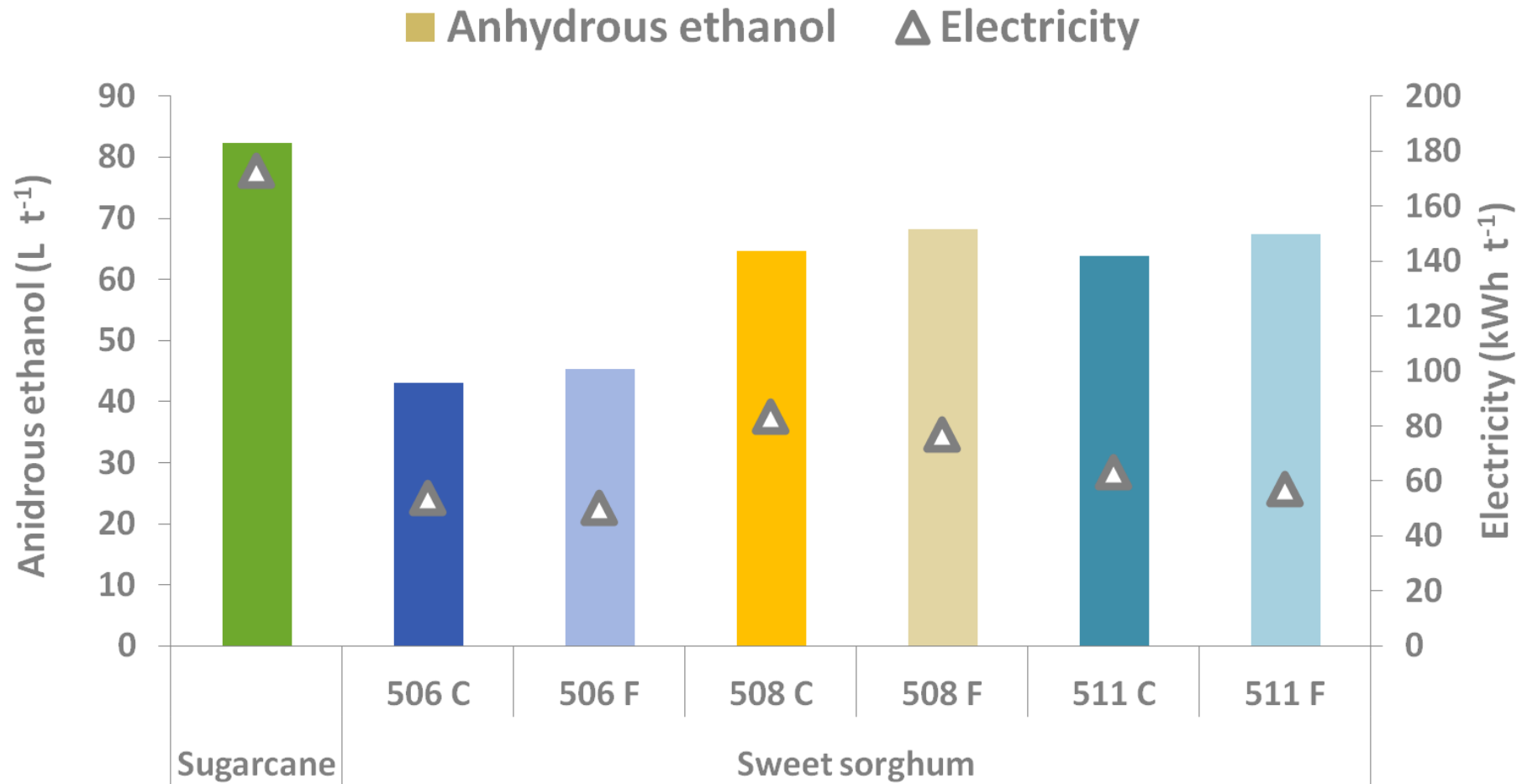
- ✓ autonomous optimized distillery
 - ✓ cogeneration using 90 bar boilers
 - ✓ dehydration using molecular sieves
- ✓ 2 M ton of sugarcane per year
- ✓ 167 effective operation days (sugarcane)
- ✓ 50% of straw recovery in bales



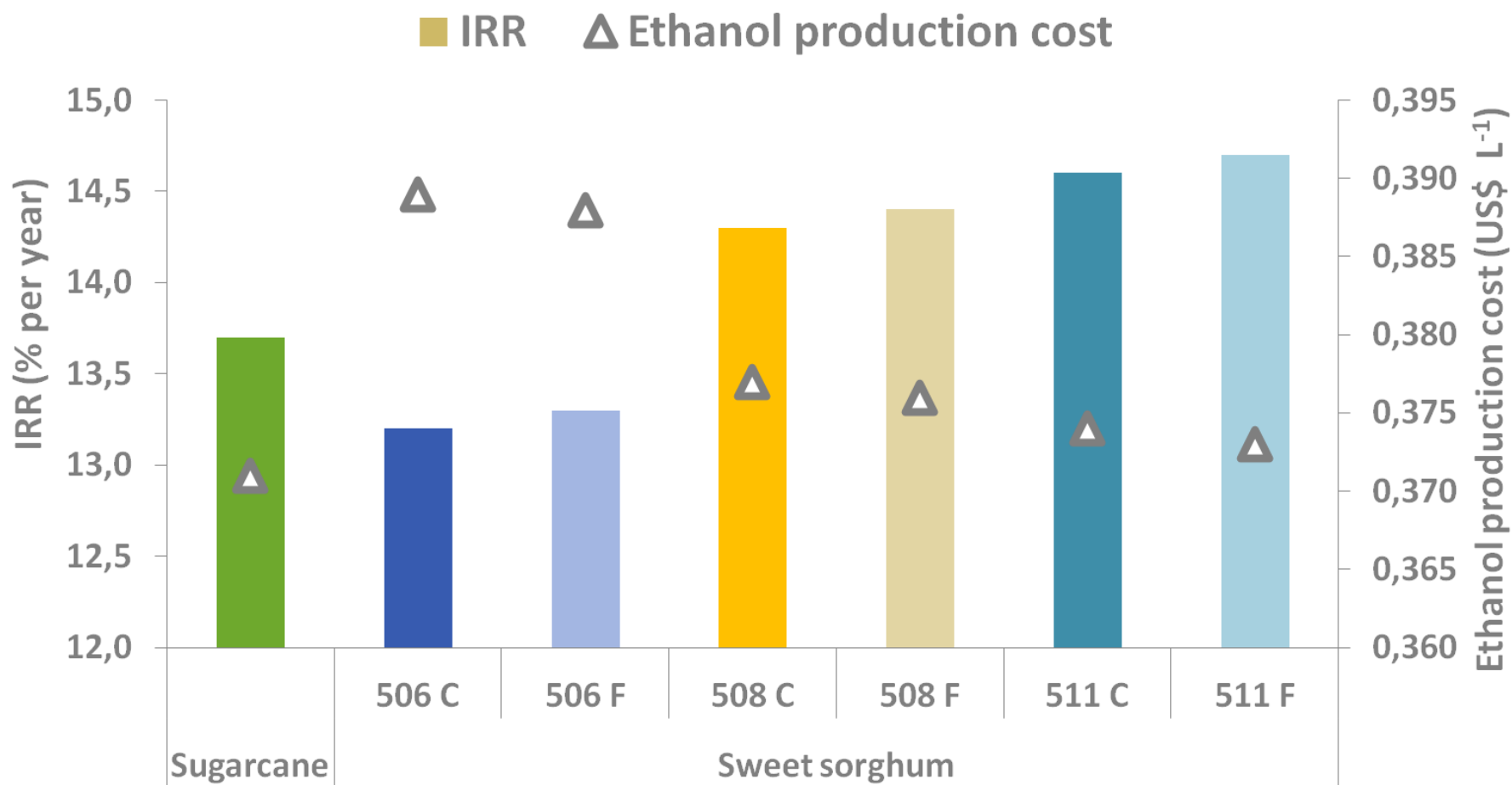
Biorefinery

Parameter	Sugarcane	Sweet sorghum	
		Current	Future
Sugar extraction yield	96%	90%	95%
Fermentation yield	90%	90%	90%
Distillation yield	98%	95%	95%

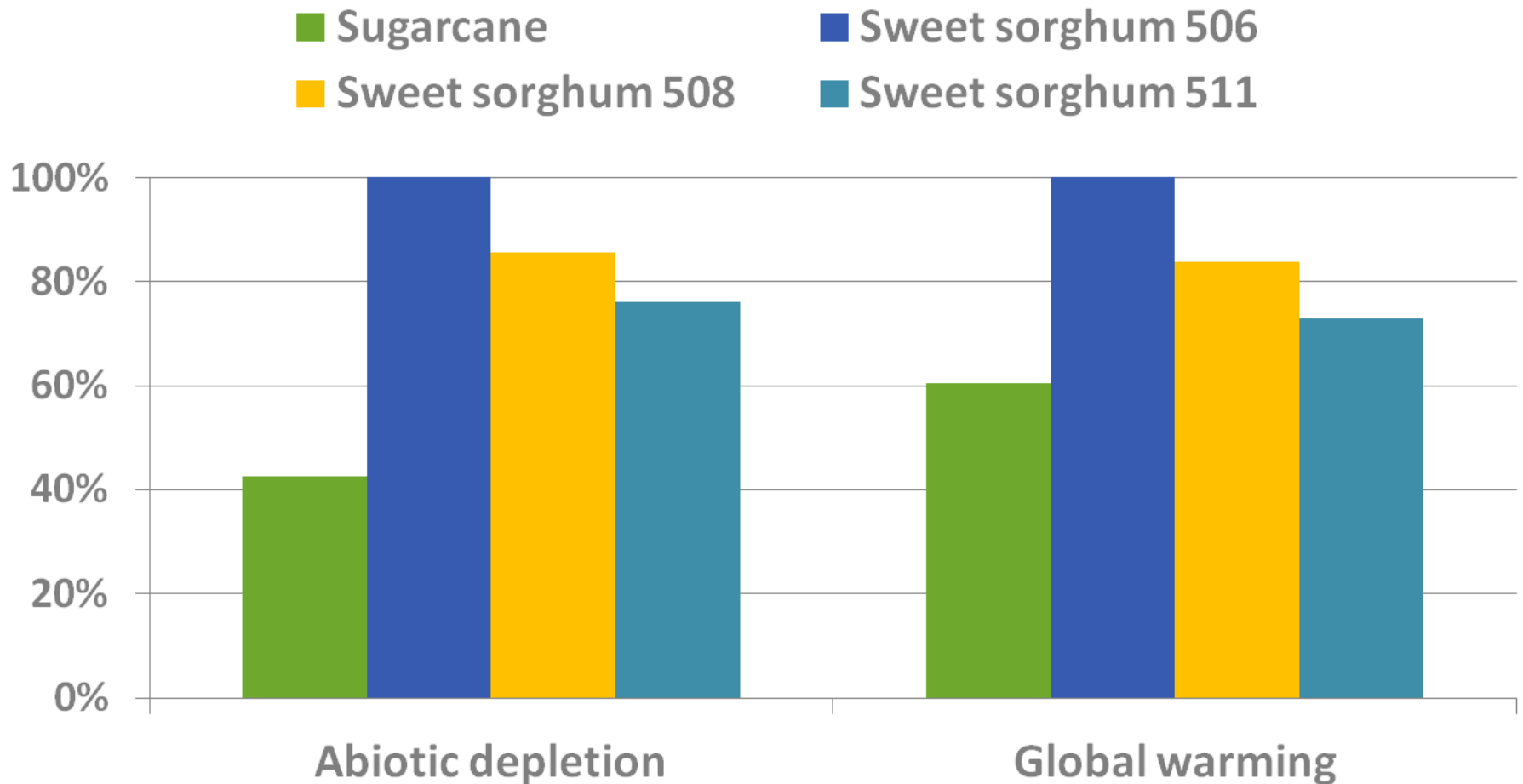
Biorefinery outputs



Economic impacts



Environmental impacts



Obrigado!!

otavio.cavalett@bioetanol.org.br



Antonio Bonomi

Bruna S. Morais

Bruno K. Klein

Charles D.F. Jesus

Daniel H.D. Capitani

Edgardo O. Gomez

Edvaldo R. Morais

Elmer C. Rivera

Henrique C. J. Franco

Igor R.S. Victorino

Isabelle L. M. Sampaio

João Luis N. Carvalho

Juliana M. Prado

Lucas G. Pereira

Marcelo Zaiat

Marcos B. D. Watanabe

Mateus F. Chagas

Mylene C. A. F. Rezende

Otávio Cavalett

Paulo Eduardo Mantelatto

Rubens Maciel Filho

Tassia L. Junqueira

Terezinha F. Cardoso

Vera L. R. Gouveia