



Potencial de produção de hidrogênio com aproveitamento da energia elétrica excedente da cogeração em usinas de açúcar e álcool.

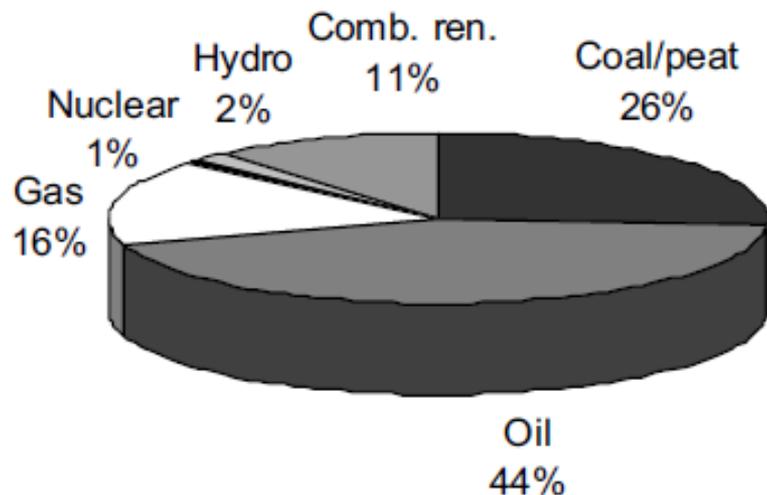
Prof. Dr. Samuel N. M. de Souza
Univ. Est. do Oeste do Paraná - UNIOESTE
Centro de Ciências Exatas e Tecnol.-CCET
ssouza@unioeste.br

- Entre 2006 e 2007, a produção de energia no Mundo aumentou cerca de 2% - 11.940 MtEP (AIE, 2008);
- Devido a um aumento na produção de carvão (4%) e gás natural (2%);
- Em 2007, os combustíveis fósseis responderam por 81% da produção global.

- Os combustíveis renováveis, contribuem com 10% da produção Mundial de energia (AIE, 2008).
- Em 2007 ocorreu um aumento – eólica (32%), solar térmica (15%) e fotovoltaica (48%).

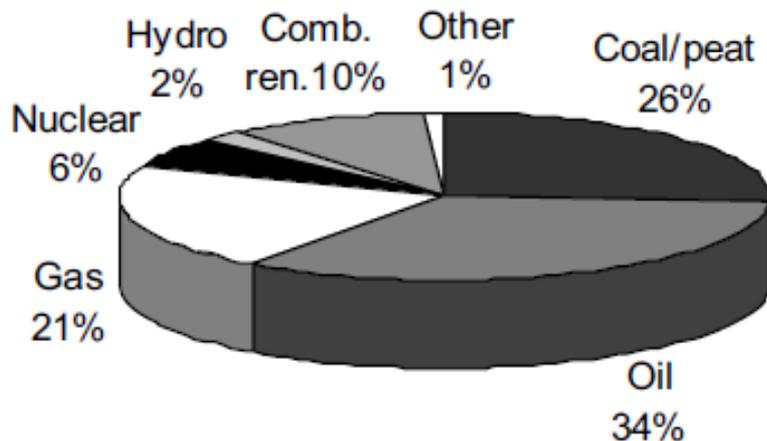
Total primary energy supply by fuel

1971



5 533 Mtoe

2007



12 029 Mtoe

- EU – abril de 2009 lançou a diretiva 2009/20/CE;
- Diminuição das emissões de CO₂ em 20%;
- Até 2020 10% combustíveis renováveis;
- 6% de biocombustíveis;
- 4% de outros comb. (hidrogênio e bioc. De segunda geração)



- Em 2007, a oferta interna de energia no Brasil atingiu 238,8 MtEP (BEN, 2008);
- Deste total, 109,7 MtEP, ou 45,9%, corresponderam a energia renovável;
- A matriz energética brasileira é uma das mais limpas do mundo;
- Sendo que os produtos da cana representam 15,9%.



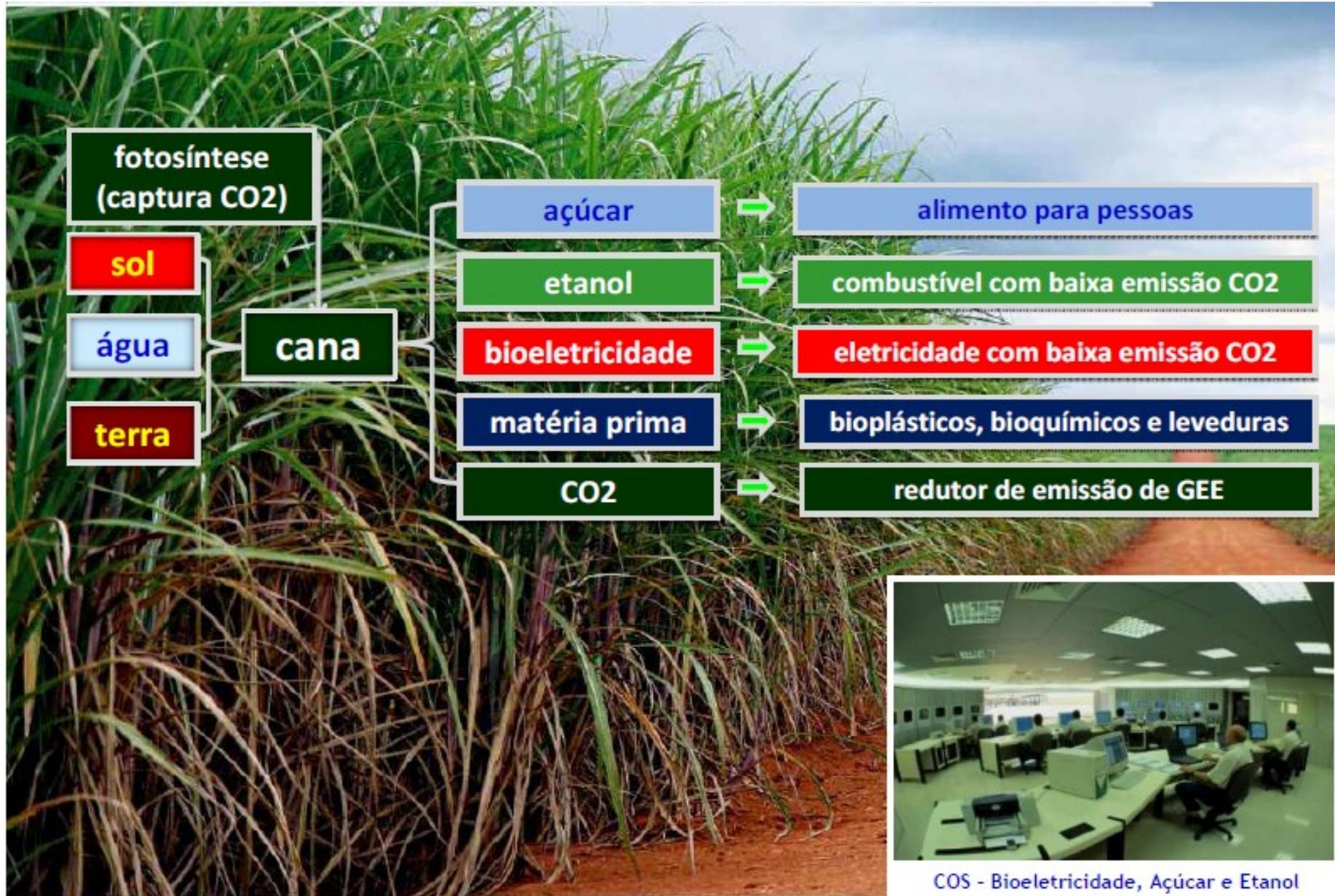
- Hidrogênio (eletrólise da água);
- Processo pelo qual dissocia-se as moléculas da água e obtém-se os gases hidrogênio e oxigênio;
- Eletricidade – Biomassa, energia solar, eólica, geotérmica, entre outras.





- Biomassa – Bagaço de cana – Cogeração;
- Usinas de açúcar e álcool – Bagaço de cana para geração de calor e eletricidade;

Fonte: Silvestrin-Cogen, 2010



SUBPRODUTOS DA CANA-DE-AÇÚCAR

MELAÇO

- * ração animal
- * produção de álcool
- * indústria de alimentos/bebidas
- * exportação

**TORTA DE
FILTRO**

- * fertilizante
- * ração animal
- * ceras e gorduras

LEVEDURA

- * ração animal
- * exportação

VINHOTO

- * fertilizante
- * combustível (biogás)
- * misturas com BPF
- * produção de proteínas

**PONTA DE
CANA**

- * ração animal

BAGAÇO

- * geração de vapor
- * geração de eletricidade
- * adubo
- * ração animal
- * petroquímica
- * aglomerados
- * papel e celulose
- * gás pobre
- * estruturas autoportantes
- * carvão siderúrgico

Álcool

- Safra 2008/09 – 9,6 bilhões de litros de álcool anidro e 18 bilhões e litros de álcool hidratado (27,6 bil);
- 2019 prod de 64 bilhões (Plano dec EPE);
- Álcool preço pouco competitivo em relação ao açúcar;
- 2009/10 – adiamento cancelamento de novas usinas;
- Demanda no Brasil- (2009 foi 22% superior 2008).

**Global potential bagasse availability – 2007
(thousand tonnes, 50% moisture)***

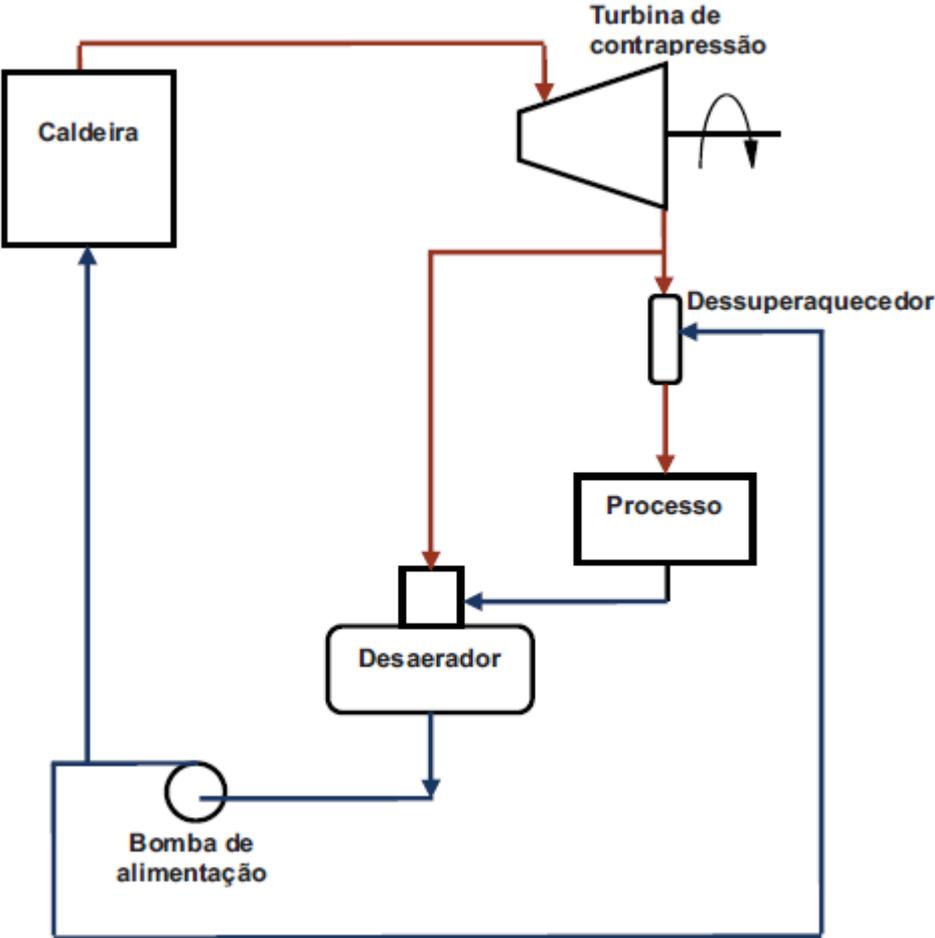
South America	132,182	Asia	198,139
Argentina	7,165	China	40,913
Bolivia	1,223	India	94,834
Brazil	108,228	Indonesia	9,174
Colombia	7,423	Pakistan	14,165
Ecuador	1,614	Philippines	7,000
Peru	2,950	Thailand	23,298
Venezuela	2,282	Vietnam	4,078
Others	1,297	Others	4,677
Central America	20,749	Africa	28,076
Costa Rica	1,215	Egypt	3,810
Cuba	3,890	Ethiopia	1,108
Dominican Republic	1,592	Kenya	1,697
El Salvador	1,825	Mauritius	1,507
Guatemala	7,705	South Africa	7,454
Honduras	1,271	Sudan	2,424
Nicaragua	1,646	Swaziland	2,058
Others	1,605	Zimbabwe	1,139
		Others	6,879
North America	28,166	Oceania	16,034
Mexico	17,669	Australia	15,084
USA	10,497	Others	950
WORLD	424,186		

Source: Energy Data Associates, UK, March 2009

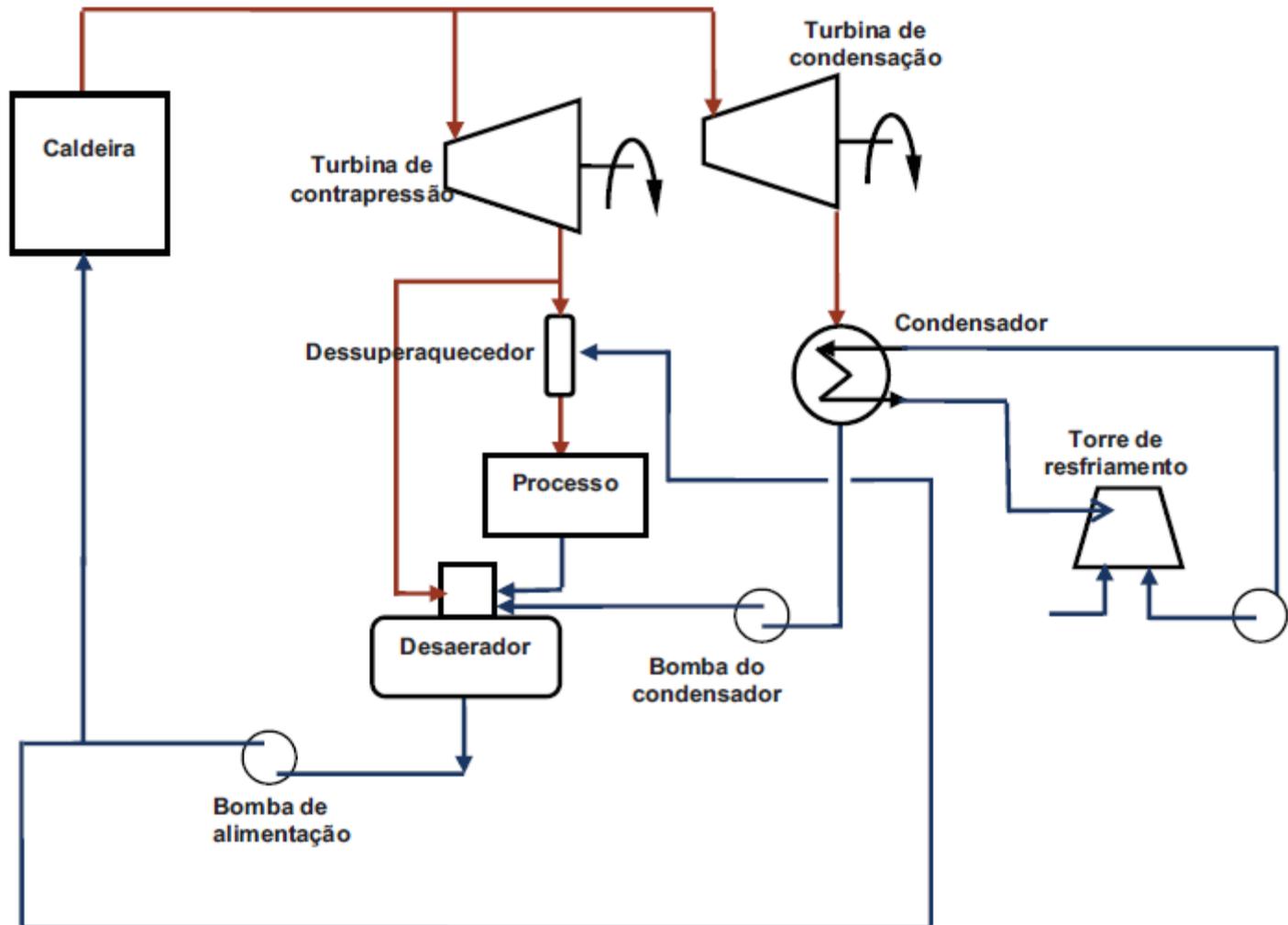
Configurações de plantas de cogeração

- Sistema de cogeração com turbinas de contrapressão (o mais utilizado);
- Sistema de cogeração com turbinas de contrapressão e condensação;
- Sistema de cogeração com turbinas de extração-condensação.

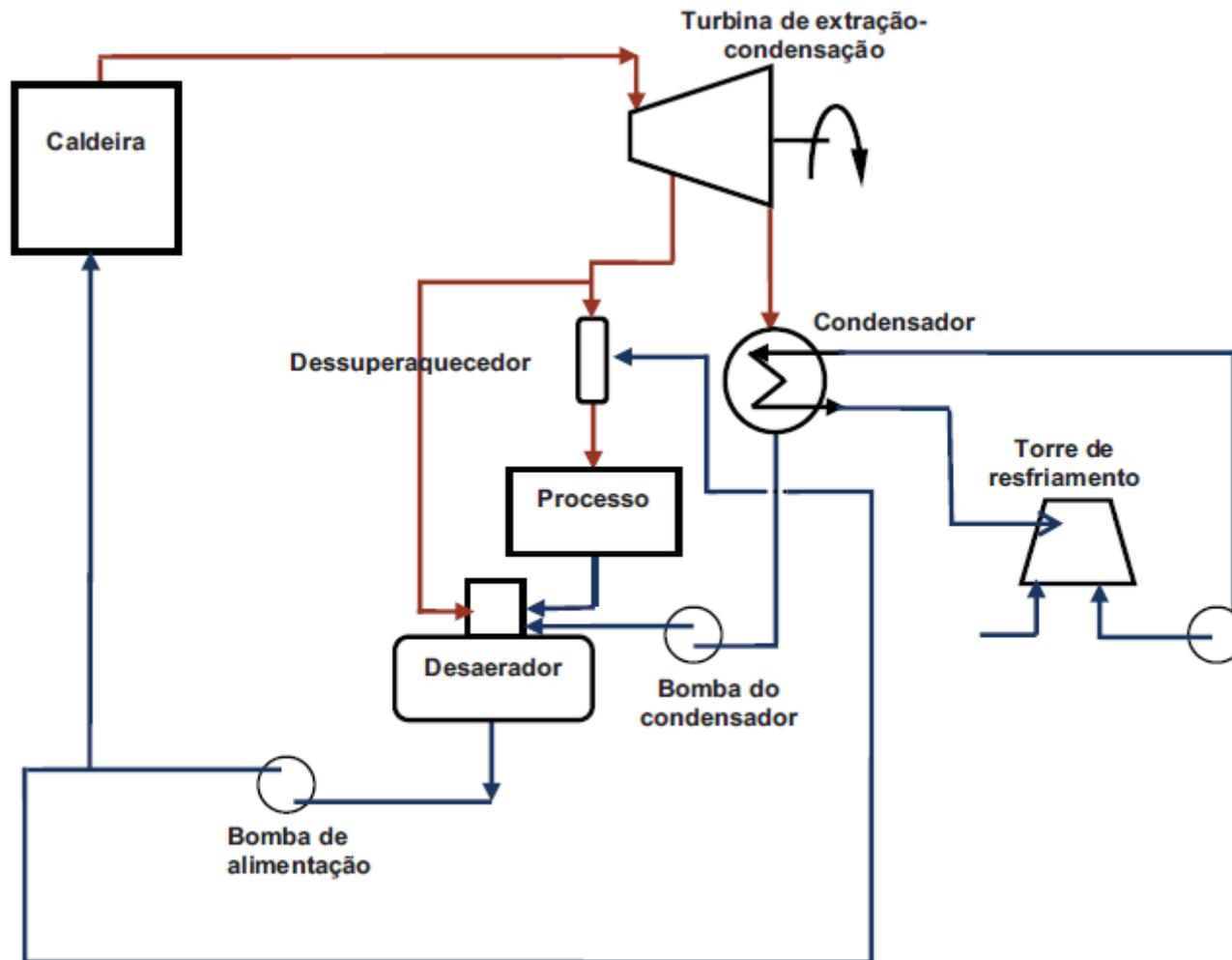
Contrapressão – Fonte: Dantas, 2010



Contrapressão e Condensação Fonte: Dantas, 2010



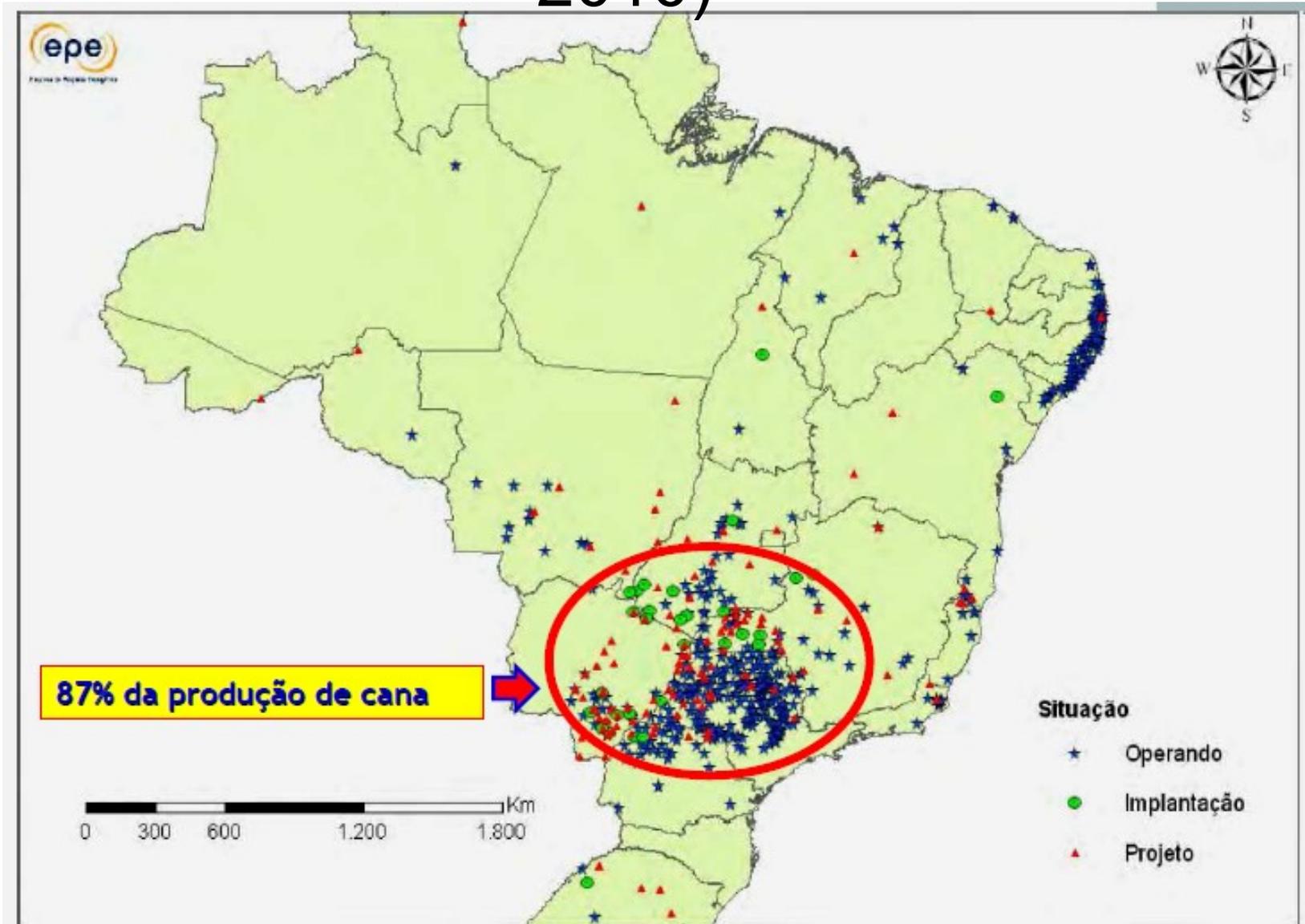
Extração Condensação Fonte: Dantas, 2010



Fonte: Silvestrin-Cogen, 2010



Usinas de etanol do Brasil (Fonte: EPE, 2010)



Fonte: Elaboração EPE a partir de MAPA[156], UDOP [172] (mapa disponível em www.epe.gov.br)

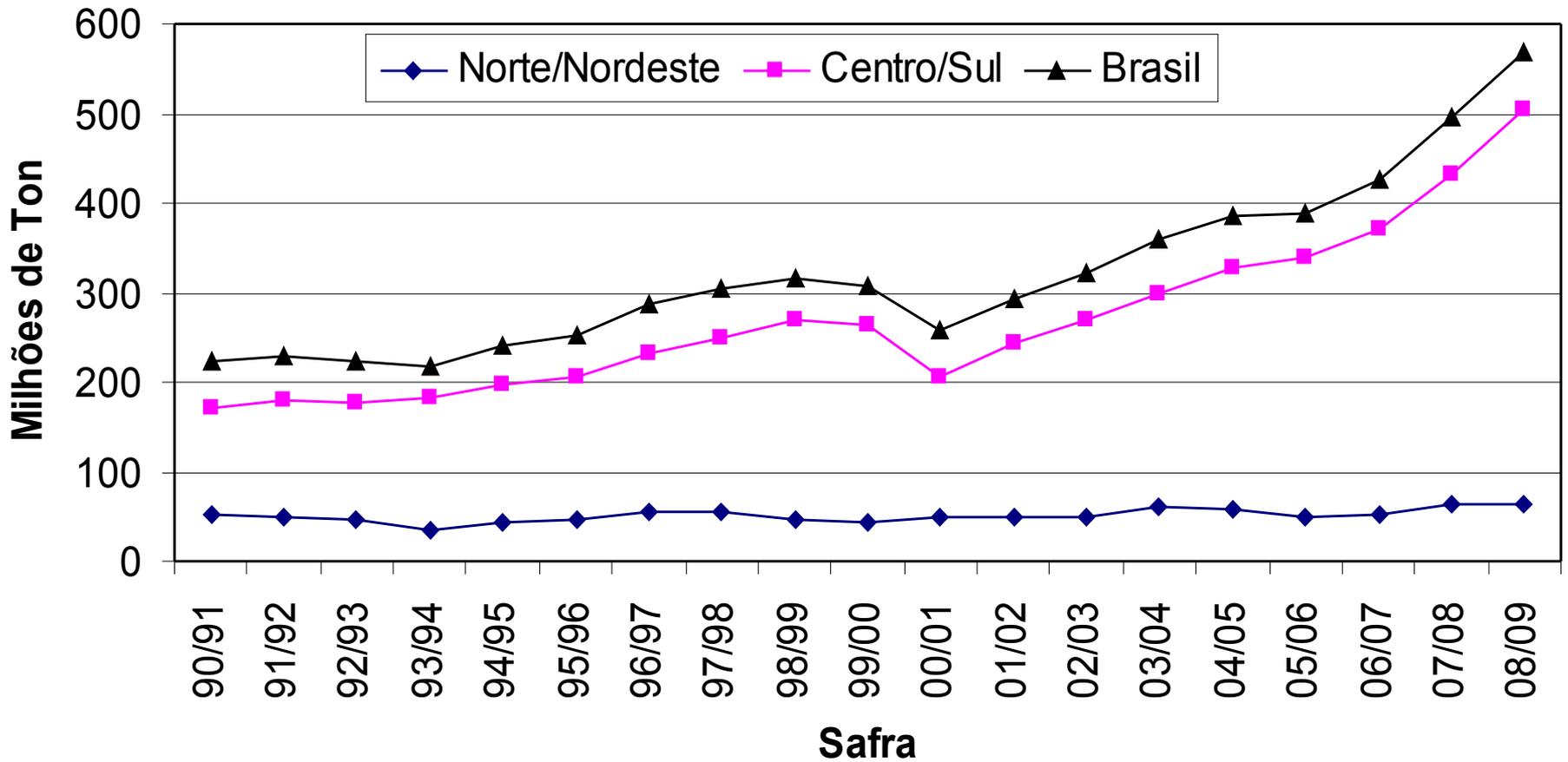
Usinas em operação – Fonte: Silvestrin-Cogen, 2010

Usinas	Existentes	Exporta Bioeletricidade
Brasil	470	88
SP	184	54



Moagem (Fonte: UNICA, 2010)

Moagem de Cana de Açúcar



Moagem (Fonte: UNICA, 2010)

Milhões de Toneladas de Cana/safra			
Safra	Norte/Nordeste	Centro/Sul	Brasil
98/99	45,141192	269,78133	314,922522
99/00	43,016724	263,948899	306,965623
00/01	50,52296	207,099057	257,622017
01/02	48,832459	244,218084	293,050543
02/03	50,243383	270,406693	320,650076
03/04	60,194968	299,120591	359,315559
04/05	57,392755	328,697362	386,090117
05/06	49,727458	337,714418	387,441876
06/07	53,2507	372,285061	425,535761
07/08	64,609676	431,113603	495,723279
08/09	64,099738	504,962891	569,062629

Dados utilizados para estimar a produção de hidrogênio

- **Geração de eletricidade:**
- 132 kWh por tonelada de cana processada (KOBBLITZ, 2007);
- Eletricidade excedente junto as usinas, 7% do kWh (LAMONICA, 2007);

- **Produção de hidrogênio:**
- Consumo do eletrolisador: 5,2 kWh por m³ de hidrogênio produzido (Norsk Hydro, Teledyne & Proton Energy, 2007);
- 1 m³ de hidrogênio tem 0,08988 kg;
- Consumo de 1,25 kg/h de hidrogênio por um ônibus com autonomia de 200-300 km (SOUZA, 2002).

Energia gerada (MWh/Safra) - Safra 202 dias

Safra	Norte/Nordeste	Centro/Sul	Brasil
98/99	5958637	35611136	41569773
99/00	5678208	34841255	40519462
00/01	6669031	27337076	34006106
01/02	6445885	32236787	38682672
02/03	6632127	35693683	42325810
03/04	7945736	39483918	47429654
04/05	7575844	43388052	50963896
05/06	6564024	44578303	51142328
06/07	7029092	49141628	56170720
07/08	8528477	56906996	65435473
08/09	8.461.165	66.655.102	75.116.267

Hidrogênio (kg/h) - 202 dias de safra

Safra	Norte/Nordeste	Centro/Sul	Brasil
00/01	1664	6823	8487
01/02	1609	8045	9654
02/03	1655	8908	10563
03/04	1983	9854	11837
04/05	1891	10828	12719
05/06	1638	11125	12764
06/07	1754	12264	14019
07/08	2128	14202	16331
08/09	2.112	16.635	18.747

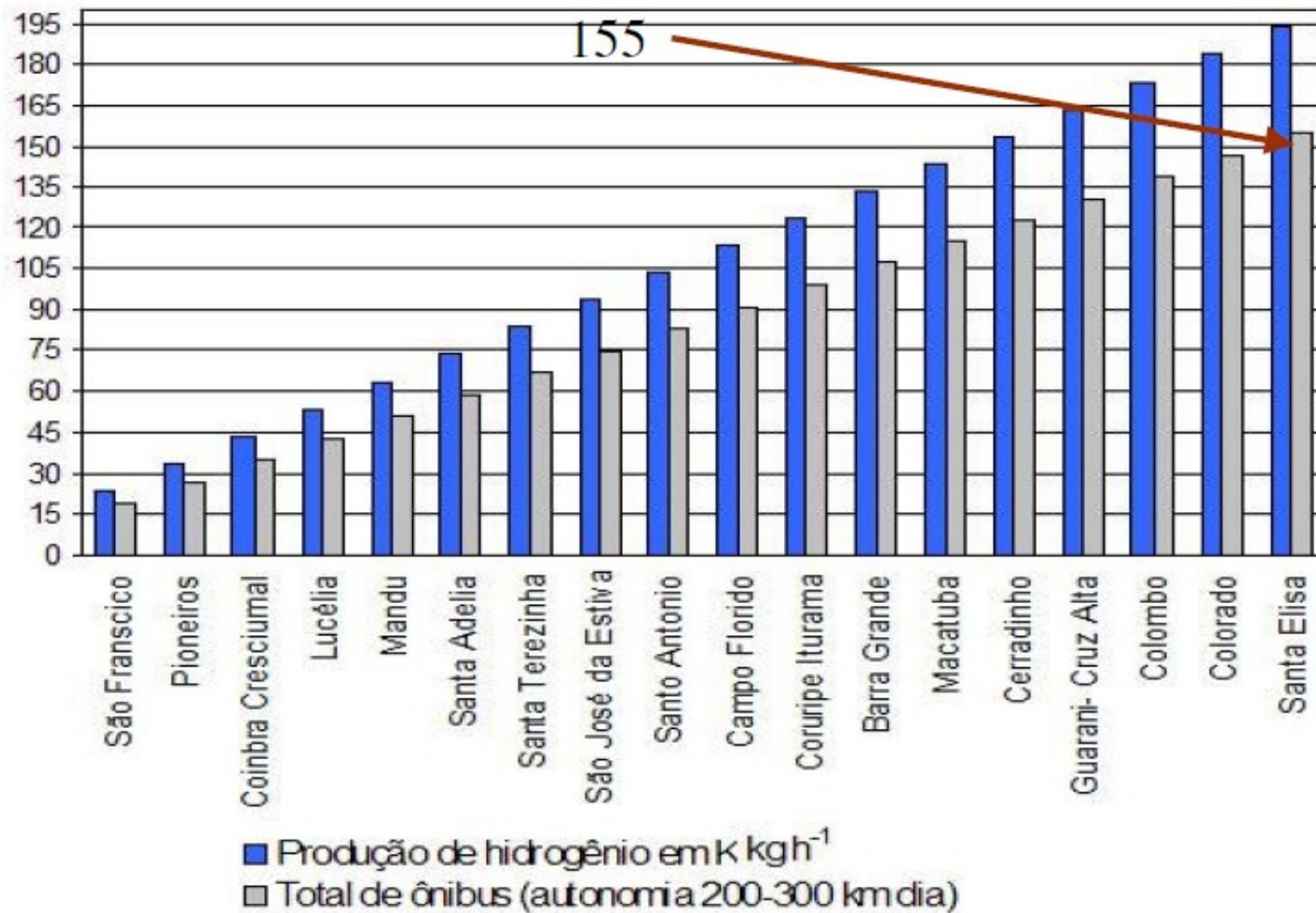
**Número de Ônibus a hidrogênio autonomia 200
– 300 km**

Safra	Norte/Nordeste	Centro/Sul	Brasil
04/05	1513	8663	10175
05/06	1311	8900	10211
06/07	1403	9811	11215
07/08	1703	11362	13065
08/09	1.689	13.308	14.998

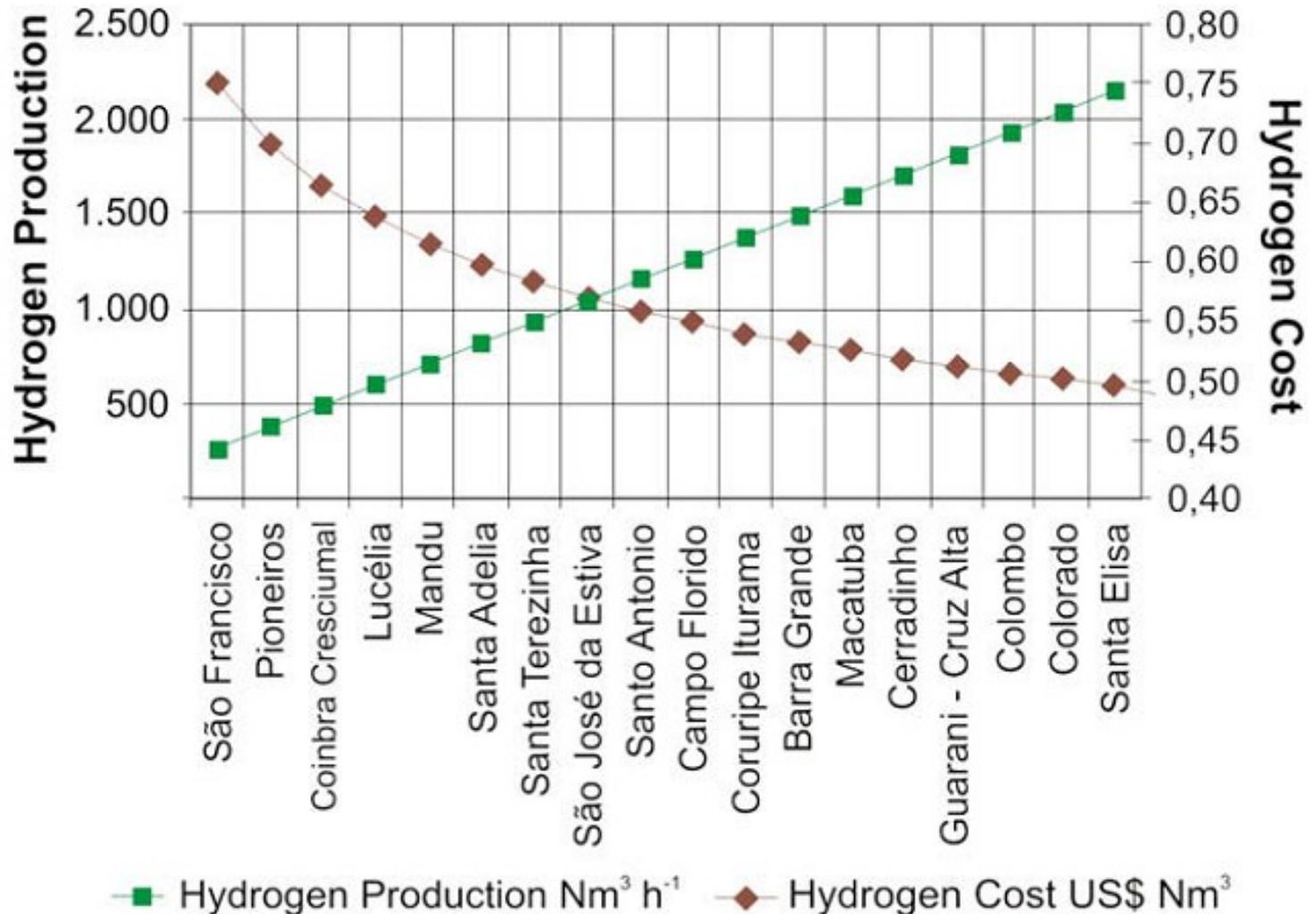
Total de cana-de-açúcar processada por dia, total de bagaço produzido em kg h⁻¹, o total energia gerada em MWh h⁻¹ e a energia excedente em kWh h⁻¹ para safra 2006/2007

Usinas	Cana-de-açúcar processada toneladas dia ⁻¹	Bagaço gerado kg h ⁻¹	Energia gerada MWh ano ⁻¹	Energia excedente kWh h ⁻¹
São Franscico	3500	36458	93678	1353
Pioneiros	5000	52083	133825	1932
Cresciumal	6500	67708	173973	2512
Lucélia	8000	83333	214120	3092
Mandu	9500	98958	254268	3671
Santa Adélia	11000	114583	294415	4251
Santa Terezinha	12500	130208	334563	4831
São José da Estiva	14000	145833	374710	5410
Santo Antonio	15500	161458	414858	5990
Campo Florido	17000	177083	455005	6570
Coruripe Iturama	18500	192708	495153	7149
Barra Grande	20000	208333	535300	7729
Macatuba	21500	223958	575448	8309
Cerradinho	23000	239583	615595	8889
Guarani	24500	255208	655743	9468
Colombo	26000	270833	695890	10048
Colorado	27500	286458	736038	10628
Santa Elisa	29000	302083	776185	11207

Potencial de produção de hidrogênio e a quantidade de ônibus que poderiam ser abastecidos pelas usinas que utilizam bagaço de can-de-áçúcar.



Custo do hidrogênio da energia excedente



Custo do hidrogênio

- US\$ 0,55 /m³ (US\$ 6,12/kg) – pequena planta;
- US\$ 0,75/m³ (US\$ 8,34/kg) – Grandes plantas;
- Energia excedente Itaipu – US\$ 2,86/kg
(GODOY, 2008)