

Aproveitamento energético de resíduos orgânicos urbanos: BIODIGESTÃO

Esp. Eng. Adv. Christiane Pereira
chrdiasp@tu-bs.de
15.09.2021



- Primeira Universidade Tecnológica na Alemanha – **fundada em 1745**
- Orçamento de 2020: 380 milhões de euros sendo 30% de origem de terceiros
- 18.566 estudantes, sendo 18 % estrangeiros e 41 % mulheres.
- 3.800 colaboradores
- **330 cooperações internacionais** com universidades e centros de pesquisa em 50 países





O ProteGEER é um projeto de cooperação técnica entre o Brasil e a Alemanha para promover uma gestão sustentável e integrada dos resíduos sólidos urbanos, articulada com as políticas de proteção do clima.

www.protegeer.gov.br
www.teach4waste.com



POR ORDEM DO



Ministério Federal
do Ambiente, Proteção da Natu
e Segurança Nuclear



MINISTÉRIO DO
DESENVOLVIMENTO REGIONAL



- 1. Aspectos gerais**
- 2. Diferenciação tecnológica**
- 3. Desafios operacionais**
- 4. Potencialidade de mercado**
- 5. Contratação tecnológica**
- 6. Considerações finais**



1. ASPECTOS GERAIS



III - **compostagem**: processo de decomposição biológica controlada dos resíduos orgânicos, efetuado por uma população diversificada de organismos, **em condições aeróbias** e termofílicas, resultando em material estabilizado, com propriedades e características completamente diferentes daqueles que lhe deram origem; (CONAMA 481/2017)



Biodigestão

Digestão anaeróbia

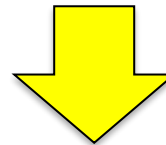
Fermentação

Metanização

A metanização, ou digestão anaeróbia, é o processo de mineralização da matéria orgânica **em condições de ausência de oxigênio livre** (CHERNICHARO, 1997).

A CONCESSIONÁRIA deverá implantar a **unidade de compostagem aeróbica ou anaeróbica** através de processos acelerados da decomposição da matéria orgânica, até o mês 12 do Ano 9 da Concessão. (Anexo II, projeto básico, pág. 14, Minuta de edital Campinas 07.2021)

Processo complexo,
realizado por um
consórcio de
microrganismos (**até 2010,
81 espécies descritas**).



Benefícios DIRETOS: uso do
biogás como fonte de energia
e do material digerido como
fertilizante.

Benefícios INDIRETOS:
redução de massa no
aterro, proteção
ambiental e climática.

■ Origem dos resíduos orgânicos

Influencia direta na qualidade do produto final.

Fontes limpas e livres de contaminantes e impurezas.



Resíduos orgânicos coletados seletivamente tem baixo índice de rejeitos – **Ex. Alemanha 0 - 3% de rejeitos** (Obrigatório em todo território nacional desde 01.01.2015.)



Resíduos coletados de forma mista

- menor valor de comercialização
- maior complexidade tecnológica para segregação
- larga escala

Resíduos coletados seletivamente

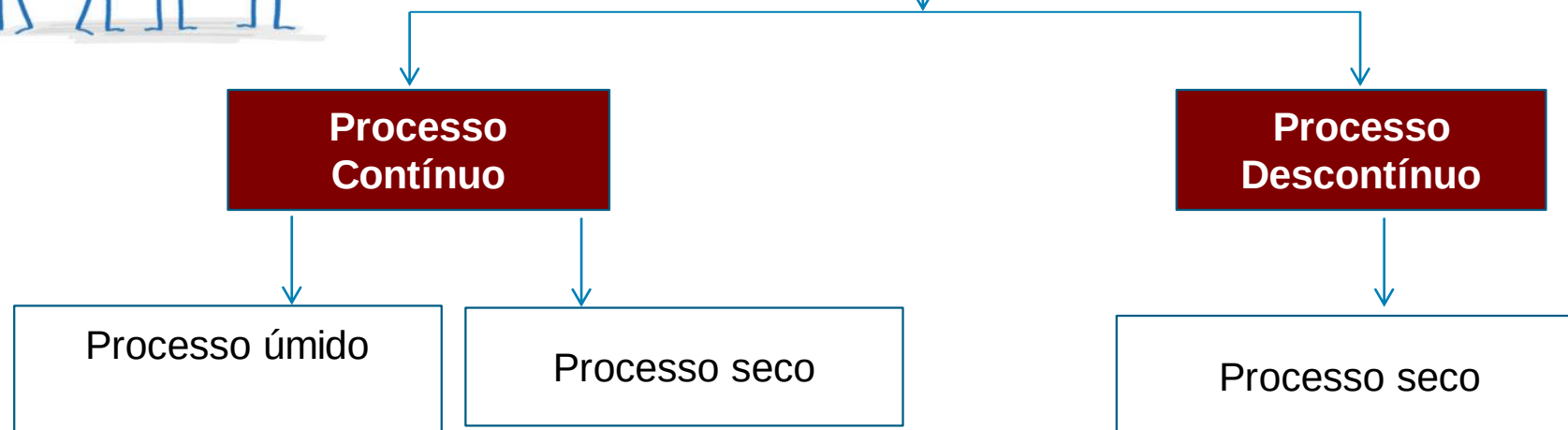
- maior valor agregado no mercado
- sistemas simplificados de triagem e beneficiamento
- escala limitada

2. DIFERENCIAÇÃO TECNOLÓGICA





DIGESTÃO ANAERÓBIA MESOFÍLICO/TERMOFÍLICO



Basicamente, todos os resíduos orgânicos são adequados para tecnologias de processo úmido e seco.
Contudo, resíduos orgânicos muito úmidos são inadequados para tecnologias de processo seco.

Em contraste com o processo aeróbio, existem várias temperaturas ótimas no processo anaeróbio, devido à presença de tipos específicos de microorganismos

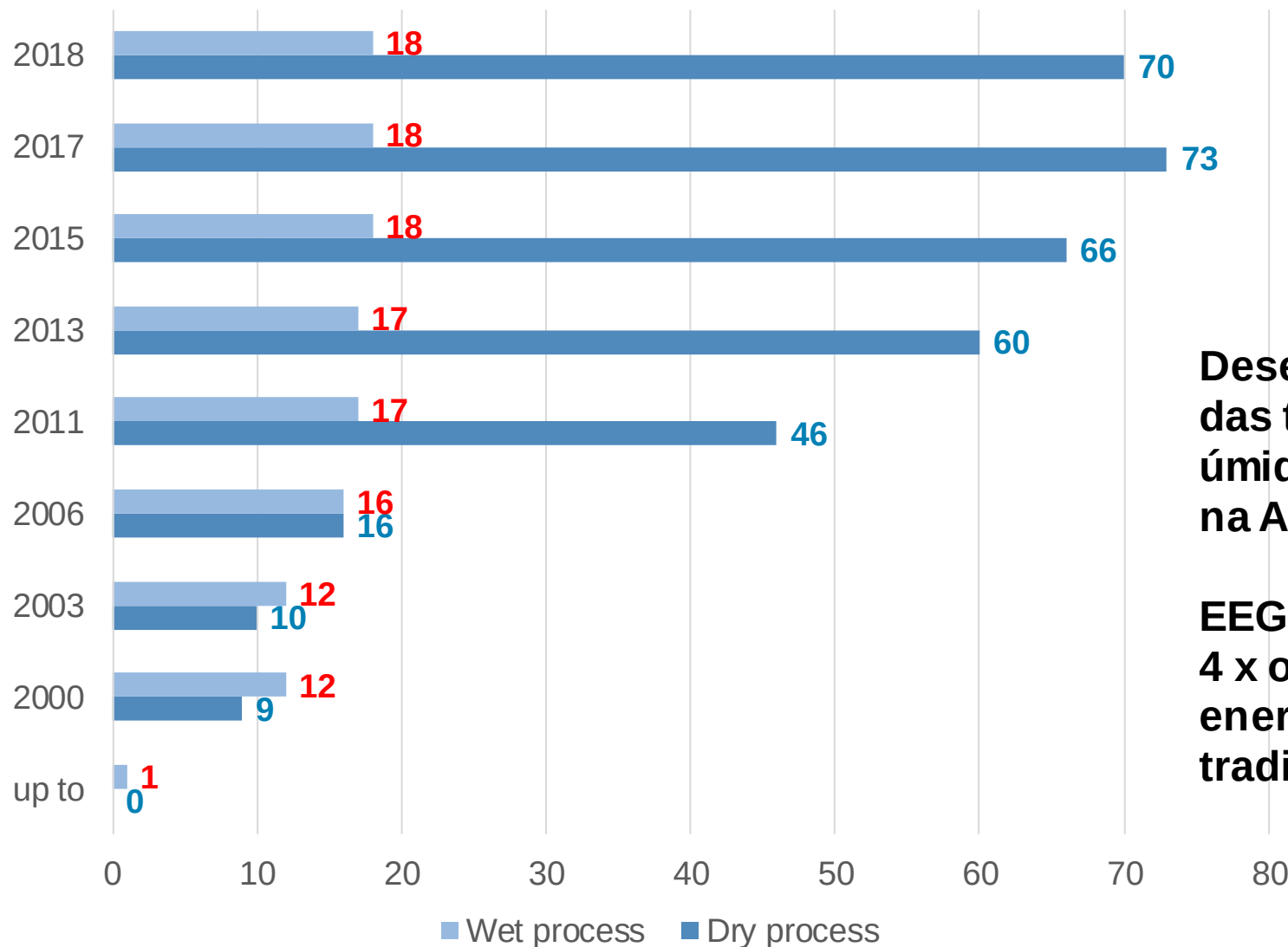
	Temperatura ótimas de performance [°C]	Performance da degradação	Estabilidade do processo
Ambiente mesofílico	30 - 37	+++	+++
Ambiente termofílico	50 - 60	++++	++

Até 15% mais biogás pelo processo termofílico em tempos de retenção iguais

Em contraste com o processo aeróbio, devido à presença de tecnologias de processo específicas, o processo anaeróbio está diretamente relacionado com o teor de umidade.

Processo	Teor de matéria seca [%]	Grau de degradação	Volume do fermentador	Demanda de energia durante o processo
Úmido - Contínuo	1 - 15	+++	+++++	+++++
Seco - Contínuo	25 - 40	+++	++	+++
Seco - Descontínuo	30 - 50	++	++	++

Até 30% do consumo de eletricidade é necessário para o processo de retirada de água



Desenvolvimento das tecnologias úmidas e secas na Alemanha.

EEG garante até 4 x o preço da energia tradicional.



**DRANCO / OWS,
Contínuo**

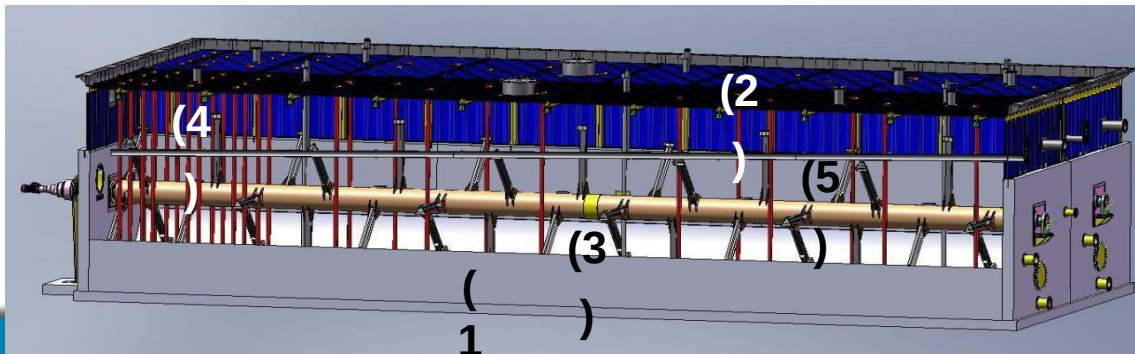
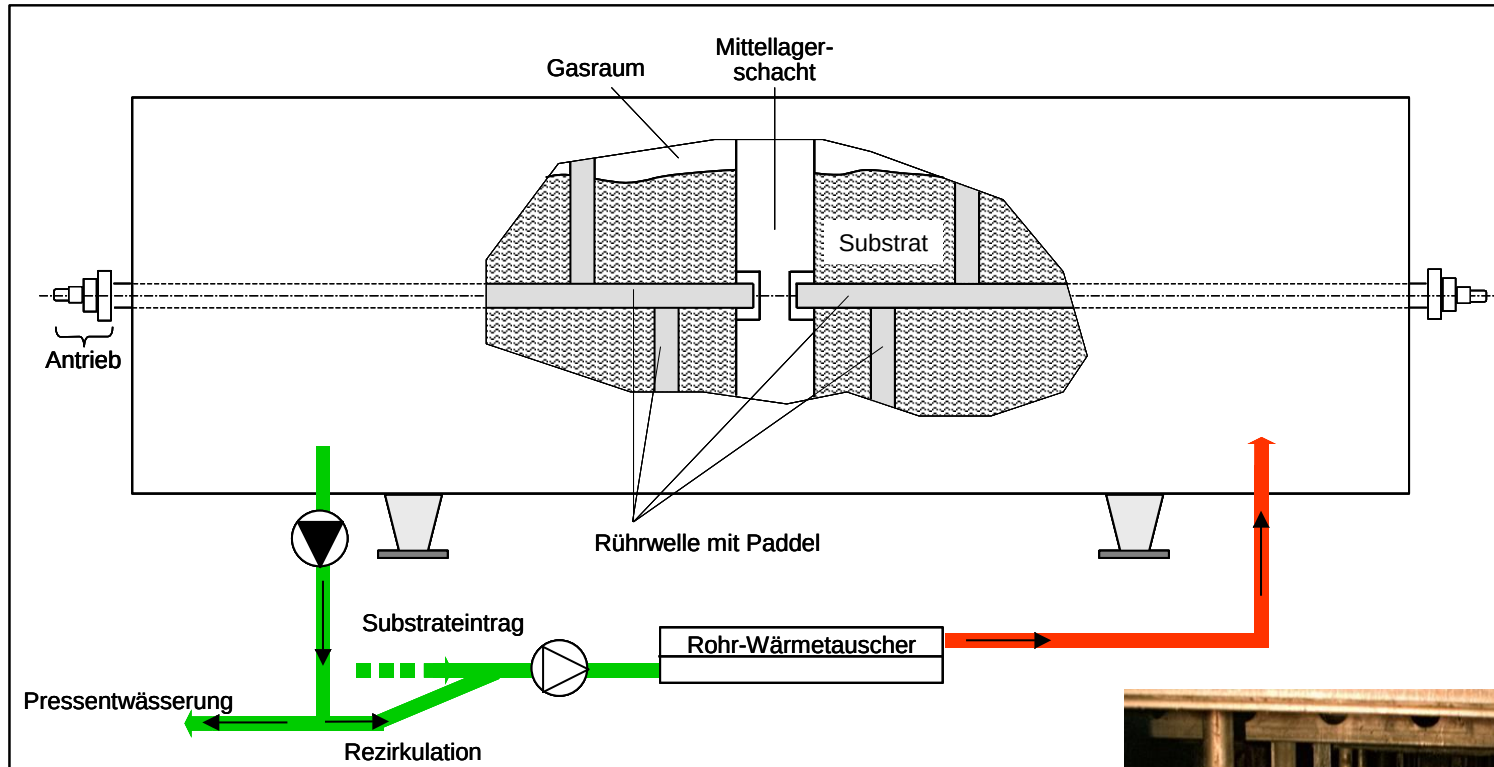


KOMPOGAS / Küttner, Contínuo



**BEKON,
EGGERSMANN
Descontínuo**





Bombeamento



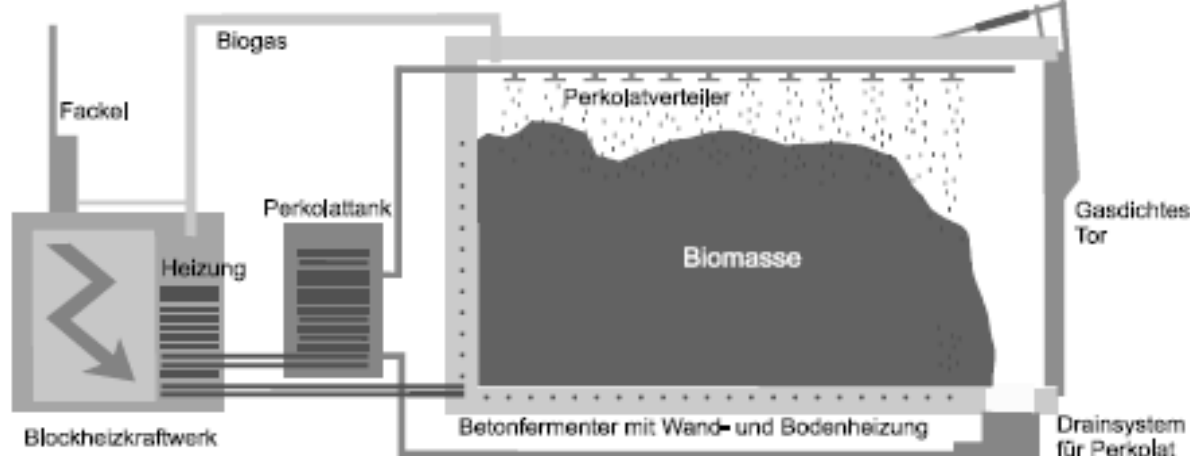
Prensagem



Compostagem

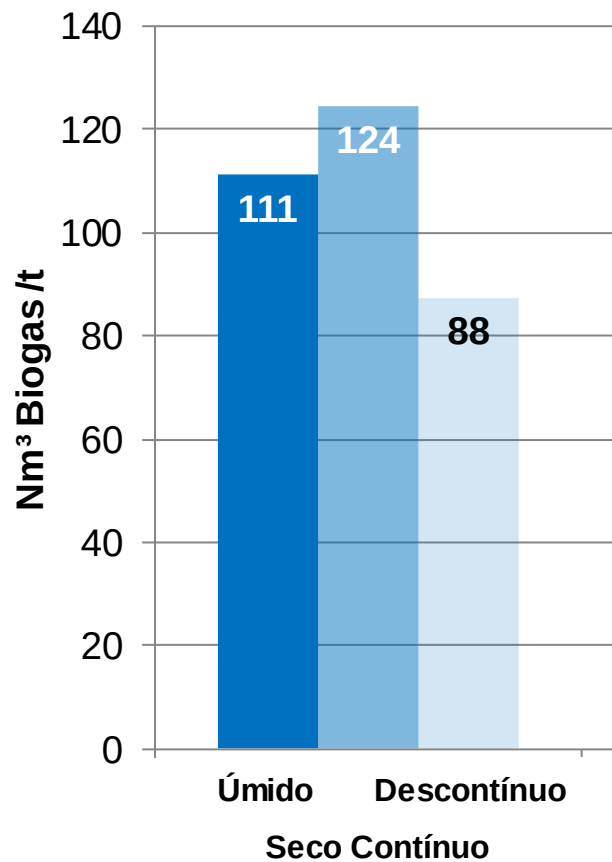


- Cerca de 50% do material da saída do box de fermentação é necessário para a mistura com o resíduo orgânico fresco de entrada.
- A mistura permanece 4 semanas no box de fermentação.
- Enchimento e esvaziamento só realizado através de carregadoras com rodas.
- Antes da abertura, deve-se purgar o CO₂ do box, a fim de extrair o metano. Essa mistura segue para a planta de energia e é queimada.

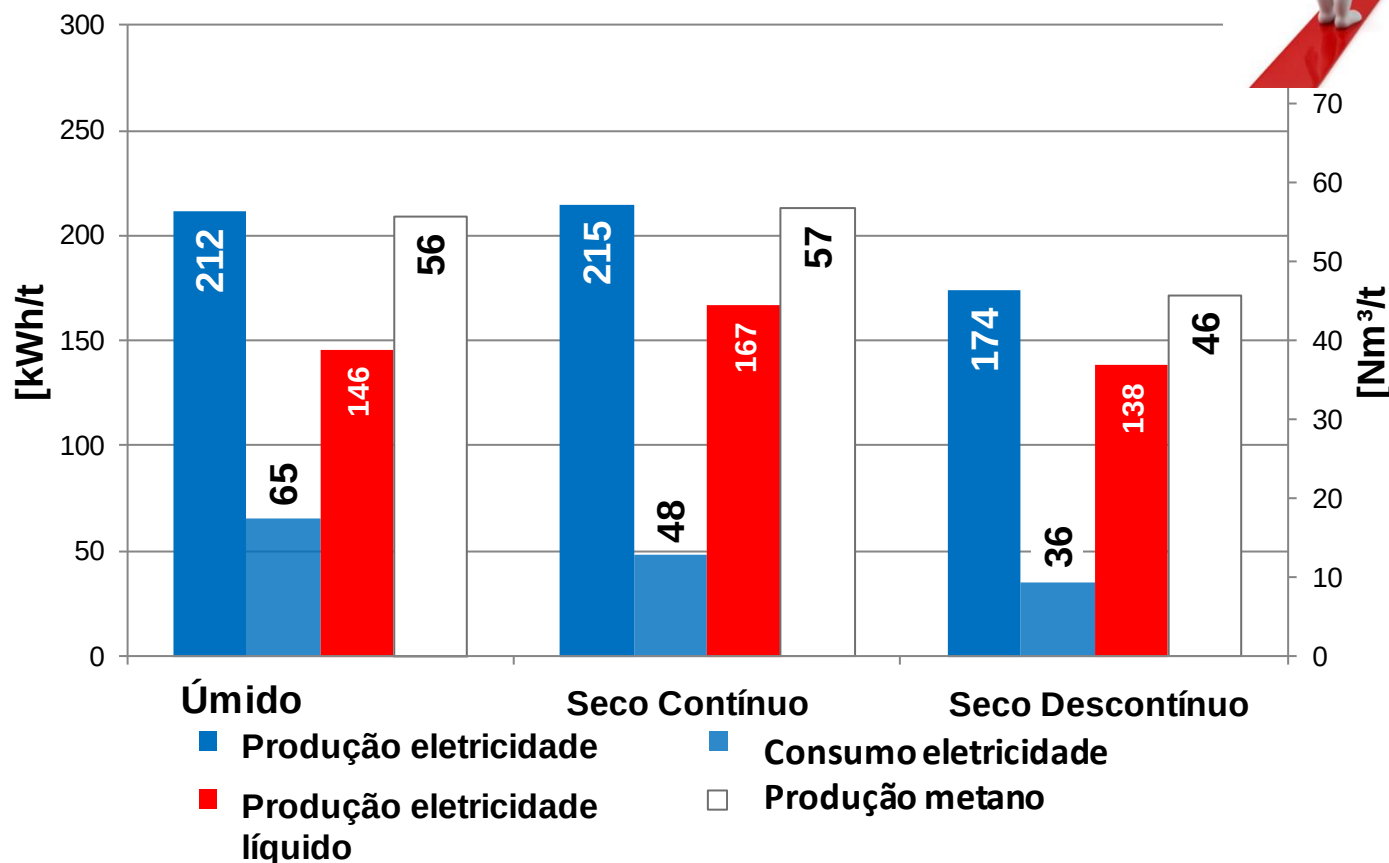




- Opção modular **15 – 30 t/d.**
- Geração de energia – **100 – 200 kW.**

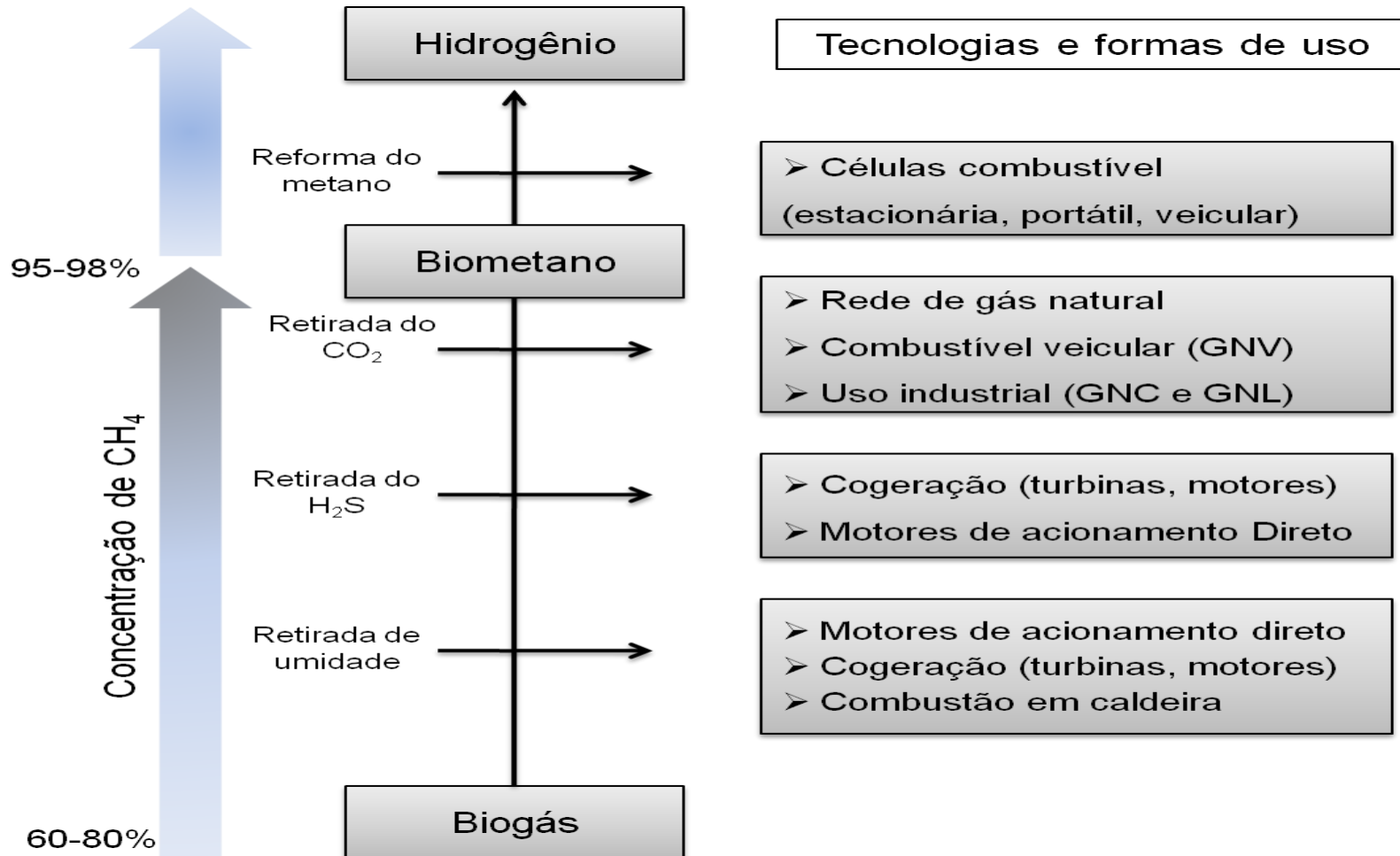


Decisão tecnológica transpassa a discussão de geração bruta de energia.



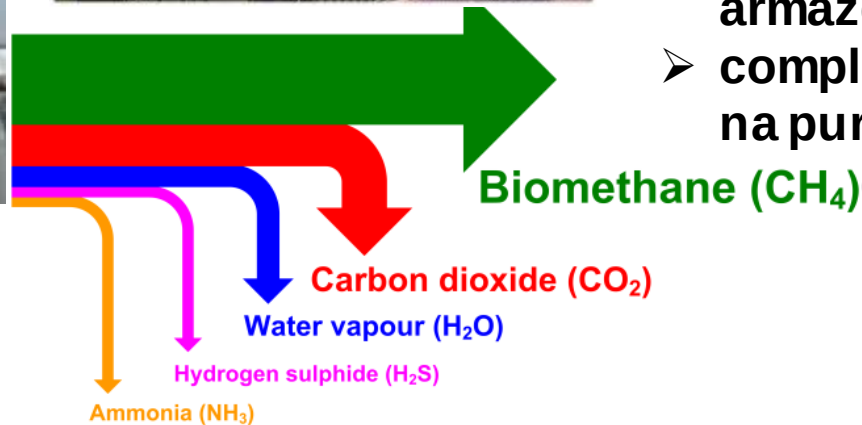
Critério	Úmido Contínuo	Seco Contínuo	Seco Descontínuo
Complexidade dos Equipamentos			
- Pré-tratamento	- -	0	+
- Fermentação	0	0	0
- Retirada de água	-	0	++
Potencial de desastre no fermentador	0	0	+
Disponibilidade da planta	0	0	+
Desgaste / Manutenção	-	0	+
Excedente descarte de água	-	0	++
Facilidade de utilização	-	0	+
Custos de Investimento	.	0	+
Custos Operacionais (depende da receita com eletricidade)	?	?	?

APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DO BIOGÁS





Fotos: BSR Berlin



10 % biometano
90 % CHP

Tendência ... biometano:

- eficiência energética
- capacidade de armazenagem
- complexidade técnica na purificação



3. DESAFIOS OPERACIONAIS

- **Sedimentação no fermentador**
- **Camada sobrenadante no fermentador**
- **Incrustação**
- **Abrasão**
- **Corrosão**
- **Insuficiente qualificação**



Previsão de reinvestimento

Consequências:

- Menor tempo de depreciação
- Maiores custos de manutenção
- Menor disponibilidade e conseqüente menor produção de biogás
- Receitas menores de venda de eletricidade

4. POTENCIALIDADE DE MERCADO

PLANARES	2028	2040
Recuperação energética de fonte biológica em plantas de biodigestão	24 MW	69 MW 4 % da massa total de resíduos



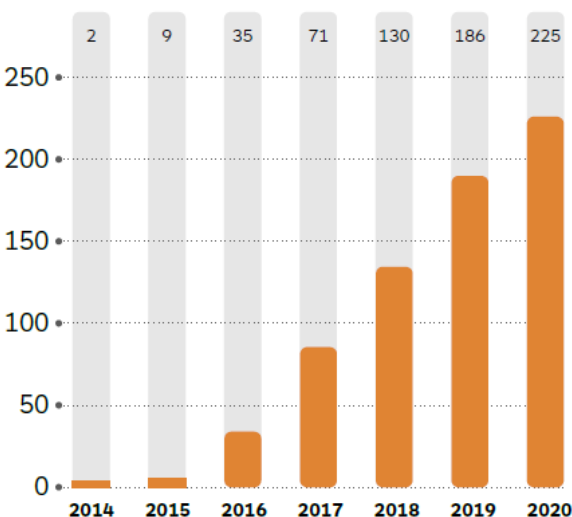
Apesar da reconhecida vocação agropecuária e das aglomerações urbanas, o Brasil pouco tem aproveitado do potencial dos substratos orgânicos disponíveis.

Na Alemanha atualmente a biodigestão de orgânicos urbanos representa 5 % do fluxo tecnológico.

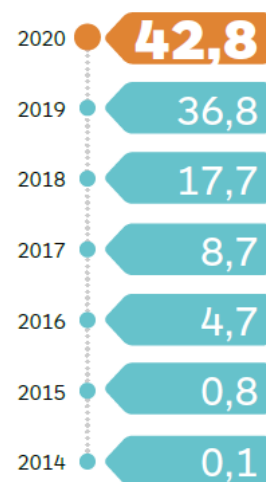
- **Indisponibilidade**
- **Complexidade**
- **Custo**



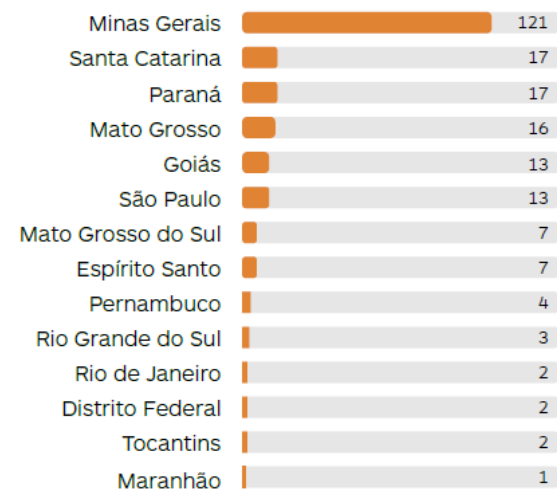
Número de Plantas



Potência Instalada (MW)



Número de Plantas por Estado



**6 % da geração em razão
do saneamento
(6,1 milhões de Nm³/d)**

Fonte : Abiogás, 2021.

Valoração de fontes
alternativas na pauta de
todos os setores
econômicos.

R\$ 175,60 / MWh

**Enquadrado como
térmica a biomassa.**

Fonte: Leilão 03/2018.



R\$ 639,00 / MWh (preço inicial)

**Disponibilidade a partir da recuperação
energética de RSU**

Leilão A-5 (a ser realizado em 30.09.2021)

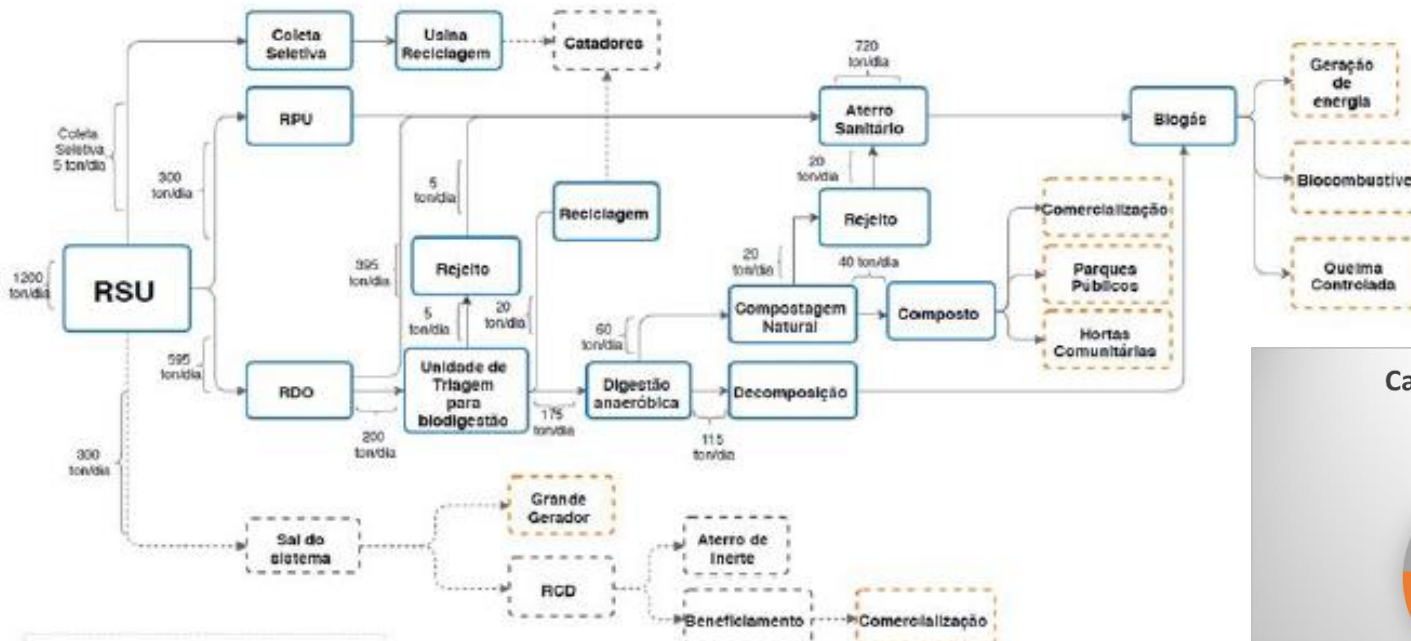
Benefícios com a produção de biogás
dependem principalmente do custo da
energia que será substituída.

5. CONTRATAÇÃO TECNOLÓGICA

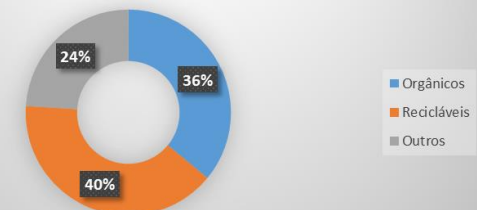


O tratamento anaeróbio não dispensa: tratamento mecânico e provavelmente aeróbio, bem como, a purificação do biogás (complexidade a depender do uso) e a reservas para despesas com tratamento dos líquidos (a depender da tecnologia escolhida).

Apenas se justifica a biodigestão quando há recuperação energética do biogás seja na forma de eletricidade seja como biometano. Caso contrário o tratamento aeróbio é menos custoso, reduz mais massa e tem complexidade operacional baixa.



**Caracterização em Teresina
2018**



Abrelpe 2020: 45,3 % de matéria orgânica.

Balanço de massa comprometido, baixa intervenção mecânica para captação das frações orgânicas, performance tecnológica errônea, custos de investimento e operação subestimados, sem previsão de custos de reinvestimento, purificação do biogás e CHP.



- Rendimento médio de biogás. Ex. **80 Nm³/t** de material que foi alimentado no biodigestor – para técnicas secas descontínuas.
- Alternativamente garante na média mensal uma parte de **70%** do rendimento do gás que o processo obtém em comparação ao resíduo de fermentação conforme VDI 4630 após uma permanência de **21 dias** no digestor.
- Além disso, o biogás gerado deve apresentar na média mensal um teor de pelo menos **50%** de metano.
- Garante-se o grau de eficiência elétrica de **38%** do CHP. Será garantida uma disponibilidade de **90%**.

Estimativa de custo de uma planta de digestão anaeróbia em países em desenvolvimento - valores meramente indicativos

Investimento Inicial	Custos de capital anuais por ton. de resíduos	Custos de O&M por ton.	Custo total por ton.	Receita* por ton.	Custo** por ton. de resíduos	Observações
12 – 20 milhões de EUR	12 – 19 EUR/t	10 – 15 EUR/t	22 – 34 EUR/t	8 – 16 EUR/t	14 – 18 EUR/t	capacidade 50,000 – 150,000 t/a, 20 anos operação, tx. juros 6% ao ano

* Receitas na forma de substituição de combustíveis fósseis. Sem subsídios.

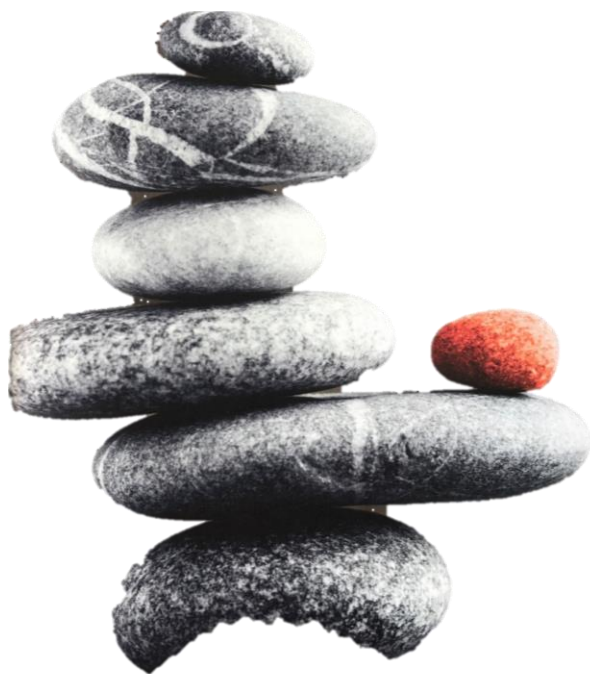
** Custos a serem cobertos por taxas adicionais, subsídios, etc.

A possibilidade de usar material digerido como fertilizante e seu valor monetário dependem, entre outras coisas, da qualidade da matéria-prima, da demanda local ou regional, e da aceitação por parte dos agricultores e agências ambientais.

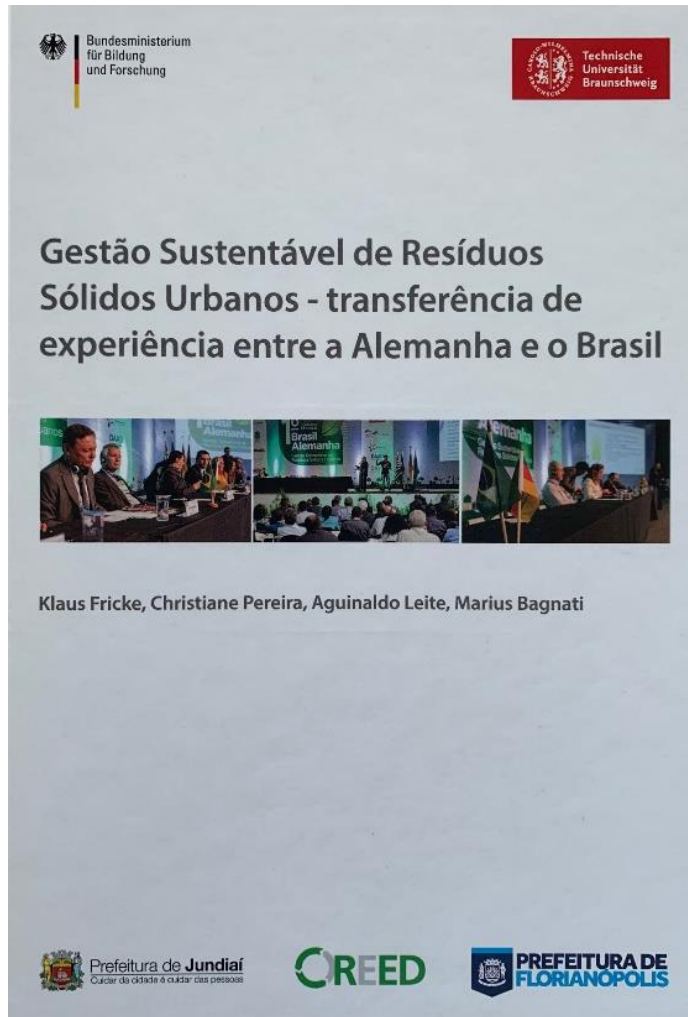
Fonte: Alternativas em Waste-to-Energy na Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos, 2017.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS





- 1. Aposte em escalonamento tecnológico:
aprenda a operar sistemas biológicos**
- 2. Não dispense performance tecnológica**
- 3. Exija demonstração de expertise técnica**
- 4. Contemple reinvestimento**
- 5. Aproveite a potencialidade dos resíduos
orgânicos industriais e comerciais**



EPUB -

<https://drive.google.com/file/d/0B5vLOUqm4ITFZfVHV0RLVExWbFk/view?usp=sharing>

MOBI -

<https://drive.google.com/file/d/0B5vLOUqm4ITFR2ZuUGxuTFR6dDQ/view?usp=sharing>

Prof.Dr.-Eng. Klaus Fricke
Diretor do departamento de
gestão de resíduos e recursos
klaus.fricke@tu-bs.de



Esp. Enga. Civil e Advogada
Coordenadora da componente
acadêmica do ProteGEEr
chrdiasp@tu-braunschweig.de

Obrigada !!!

