

QUÍMICA VERDE

(*green chemistry*, química sustentável)

Baseia-se na utilização de técnicas químicas e metodologias que reduzem ou eliminam o uso de solventes e reagentes ou geração de produtos e sub-produtos tóxicos, que são nocivos à saúde humana ou ao ambiente.

A química verde pode ser encarada como a associação do desenvolvimento da química à busca da auto-sustentabilidade.



Os 12 Princípios

1. **Prevenção:** evitar a formação de resíduos tóxicos
2. **Eficiência Atômica:** incorporar o maior número possível de átomos dos reagentes no produto final
3. **Síntese Segura:** metodologias sintéticas que utilizam e geram substâncias com pouca ou nenhuma toxicidade à saúde humana e ao ambiente
4. **Desenvolvimento de Produtos Seguros:** produtos que não causem danos ao ambiente
5. **Uso de Solventes e Auxiliares Seguros:** utilização de substâncias auxiliares inócuas ou facilmente reutilizáveis como solventes, agentes de purificação e secantes
6. **Busca pela Eficiência de Energia:** desenvolvimento de processos que ocorram à temperatura e pressão ambientes
7. **Uso de Fontes de Matéria-Prima Renováveis:** uso de biomassa como matéria-prima deve ser priorizado
8. **Evitar a Formação de Derivados:** evitar processos que envolvem intermediários com grupos bloqueadores, proteção/desproteção, ou qualquer modificação temporária da molécula
9. **Catálise (Seletividade):** em substituição aos reagentes estequiométricos
10. **Produtos Degradáveis:** biocompatibilidade; não devem permanecer no ambiente, degradando-se em produtos inócuos
11. **Análise em Tempo Real para a Prevenção da Poluição:** possibilidade de formação de substâncias tóxicas deverá ser detectada antes de sua geração
12. **Química Intrinsecamente Segura para a Prevenção de Acidentes:** minimização do risco de acidentes, como vazamentos, incêndios e explosões

Química Verde – P&D

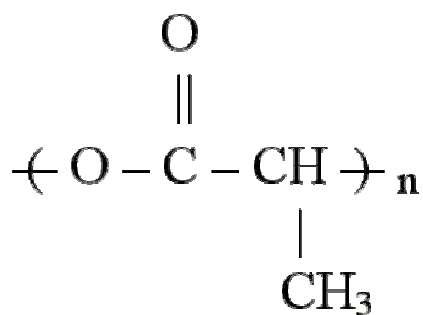
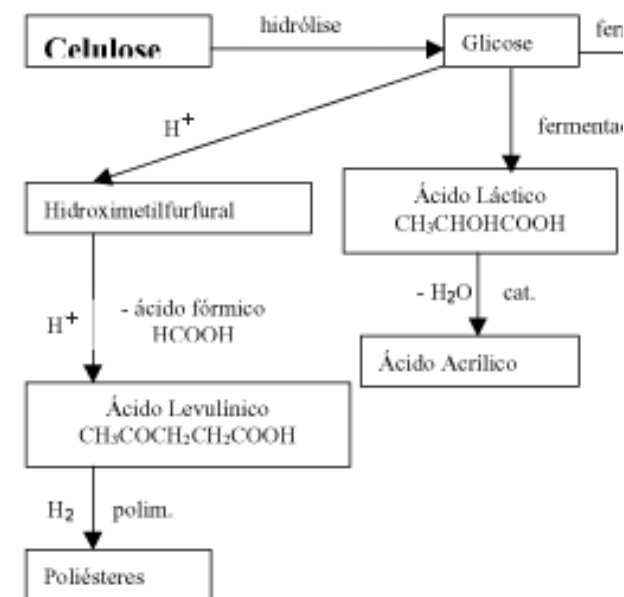
As áreas de P&D incluem o desenvolvimento de:

- a) processos que contribuam para a *minimização dos lançamentos de poluentes* na atmosfera e a *formação de sub-produtos e resíduos sólidos e líquidos*;
- b) sistemas tecnológicos ou operacionais que reduzam o consumo de energia e investimento e *promova a utilização cíclica de materiais e reagentes*;
- c) tecnologias inovadoras que reduzam a dependência de matéria-prima não renovável através do *incentivo à utilização de fontes renováveis*;
- d) novos produtos que *viabilizem a sua reciclagem após o uso* em materiais de partida úteis para a indústria química;
- e) ...

Química Verde – Indústria

Avanços do setor industrial:

- obtenção de ácido levulínico a partir do efluente da indústria de papel;
- síntese verde do ibuprofen;
- desenvolvimento de máquinas de lavar roupa à base de CO₂ super-crítico;
- síntese de inseticidas e praguicidas biodegradáveis e mais seletivos;
- síntese de polímeros biodegradáveis (PLA, PHB, etc.)
- ...



Poly(lactic acid)



PHB em *Vibrio* sp.

Energia Renovável – Uma necessidade

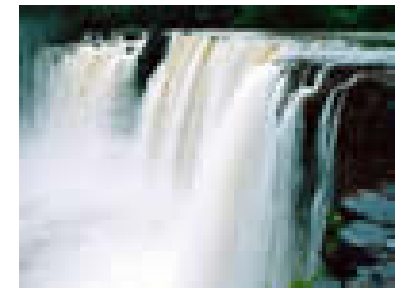
Atualmente → cerca de **5%** de toda a energia produzida no planeta é de fonte renovável

Oito países possuem 81% de toda a reserva mundial de petróleo

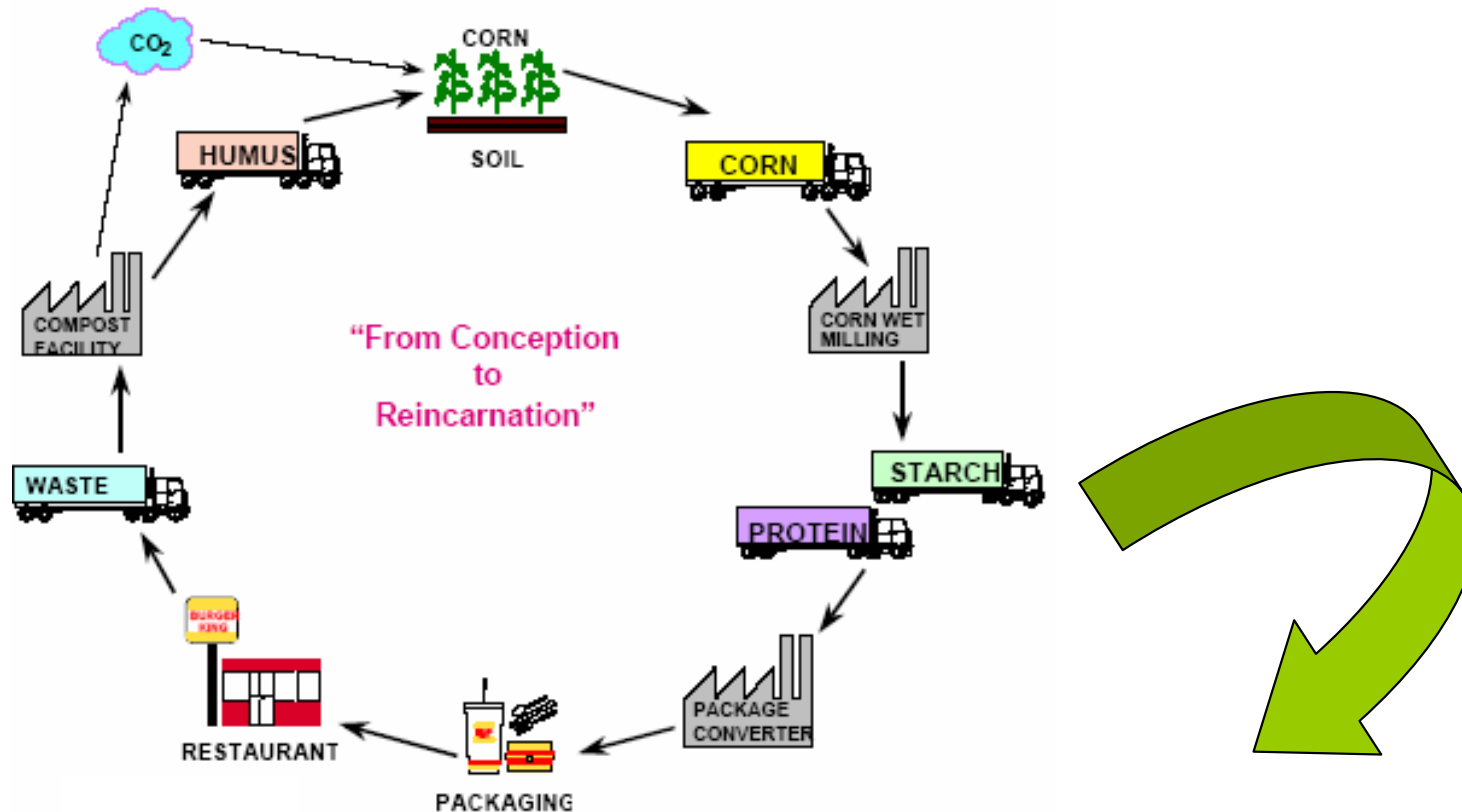
Seis países detêm 70% de todas as reservas de gás natural

Oito países possuem 89% da reserva total de carvão mineral

Em 2060 → população do planeta deverá ser de 12 bilhões de pessoas
70% de toda a energia produzida será renovável.



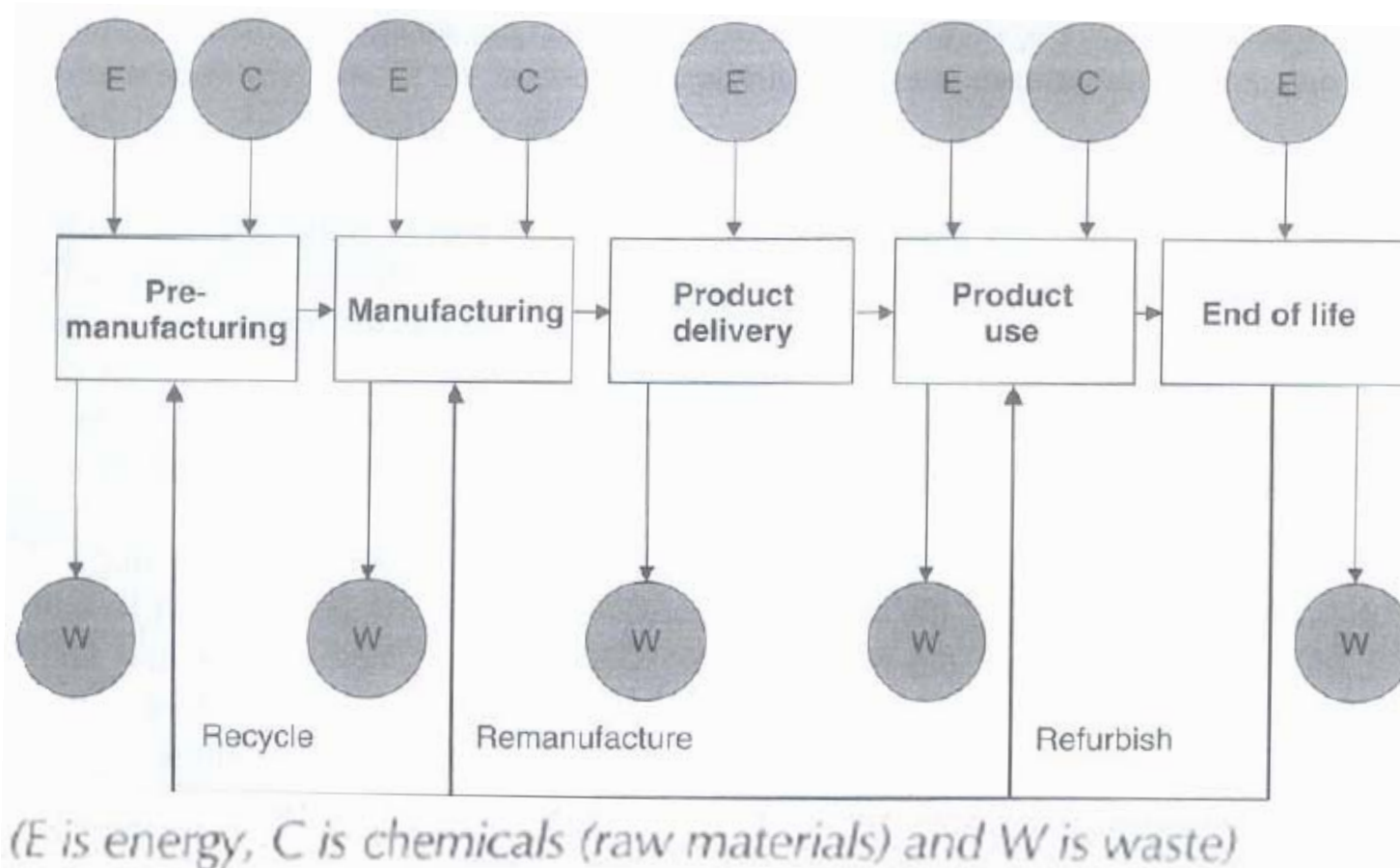
da Concepção à Re-incorporação



Análise do Ciclo de Vida

Análise do ciclo de vida (ACV) ou "análise ambiental do ciclo de vida" é uma ferramenta que permite a quantificação das emissões ambientais ou a análise do impacto ambiental de um produto, sistema ou processo

Representação do Ciclo de Vida de um Produto

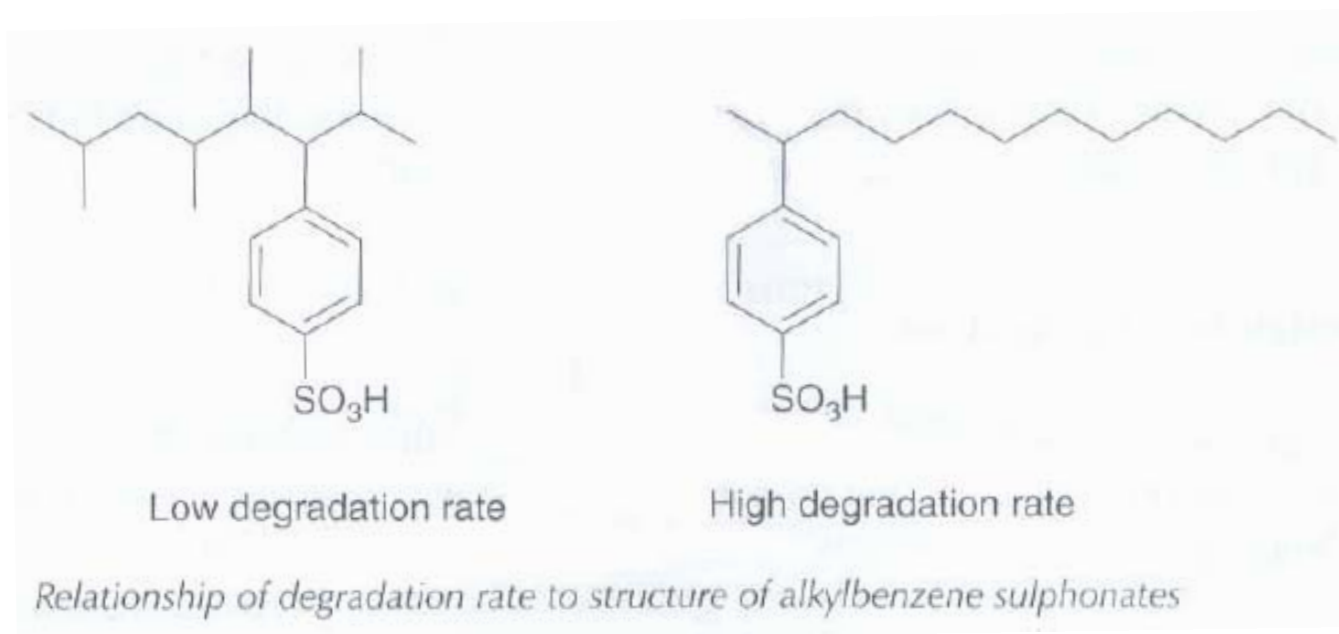


Considera toda a "vida" do produto ou processo, desde o seu início (desde a extração das matérias-primas no caso de um produto) até o final da vida (quando o produto deixa de ter uso e é descartado como resíduo), passando por todas as etapas intermediárias (manufatura, transporte, uso)

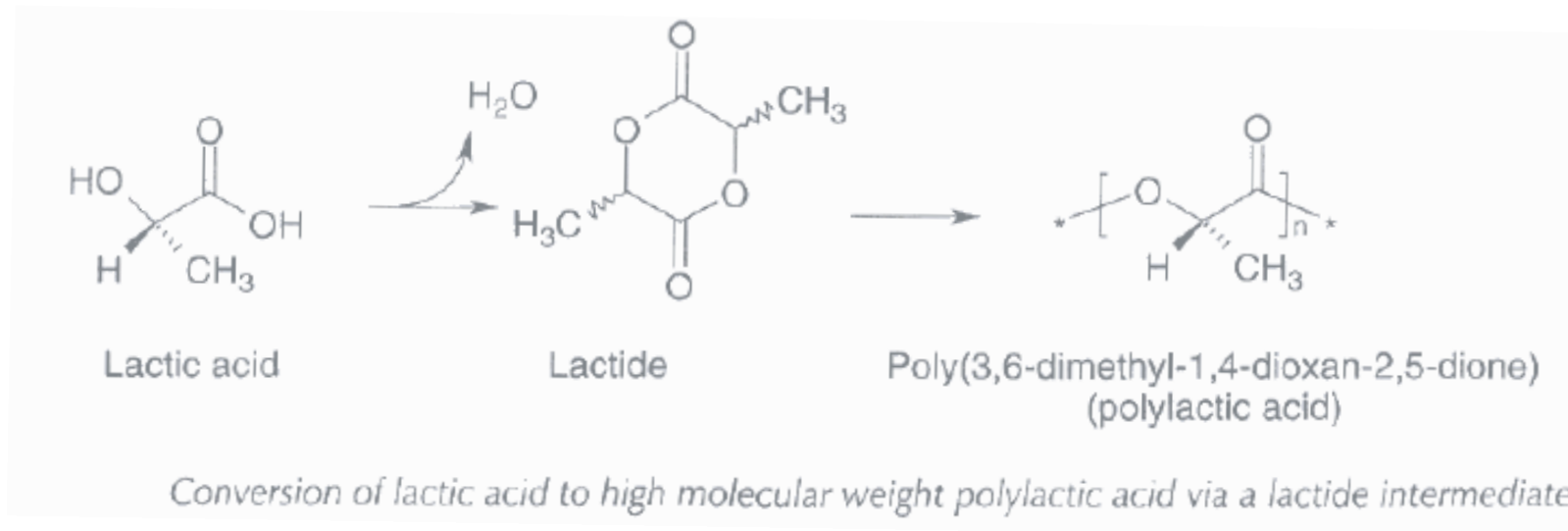
Também chamada de "análise do berço à cova"

Desenvolvimento de Produtos Degradáveis

Surfactantes:



Desenvolvimento de Produtos Degradáveis



Comparison of the petrochemical and renewable feedstock routes to the manufacture of lactic acid

Petrochemical route		Renewable route	
Advantages	Disadvantages	Advantages	Disadvantages
Highly atom efficient	Uses HCN as reagent – handling problems	Renewable feedstock	High dilution (problems with product separation)
Good yield	Product requires purification	Inexpensive feedstock (corn starch)	Slow reaction (4–6 days)
		Low-temperature reaction (biocatalysis)	Calcium sulphate produced as waste
		High selectivity	Product requires purification

SUSTAINABLE MATERIALS TECHNOLOGY

- **ECOLOGIC + ECONOMIC -- ECOEFFICIENCY**
- **provide for the **economic** and societal needs without comprising the health of the ecosystem/biosphere**
- **long-term implications from a holistic ecological perspective**

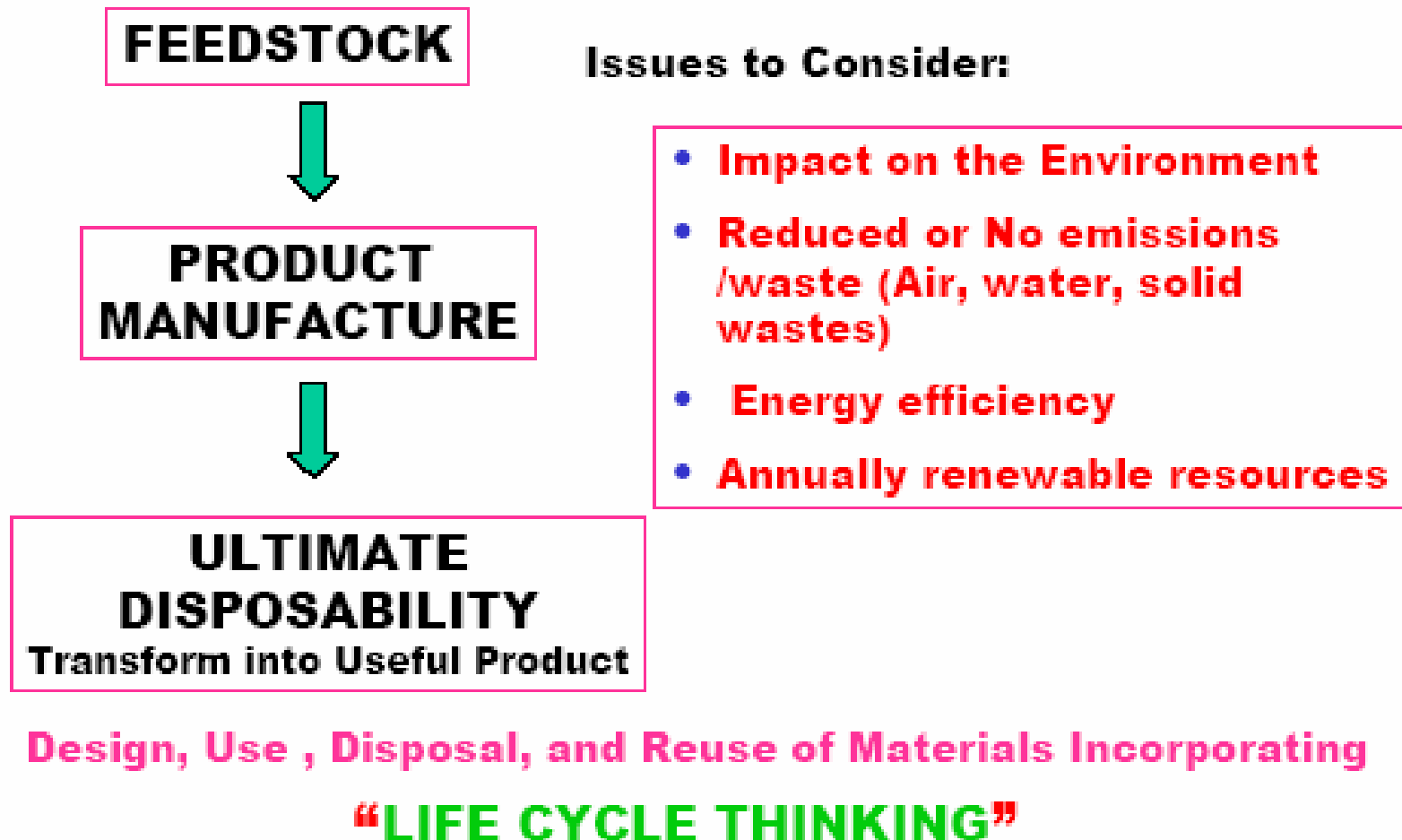


LIFE CYCLE ASSESSMENT CONCEPTS

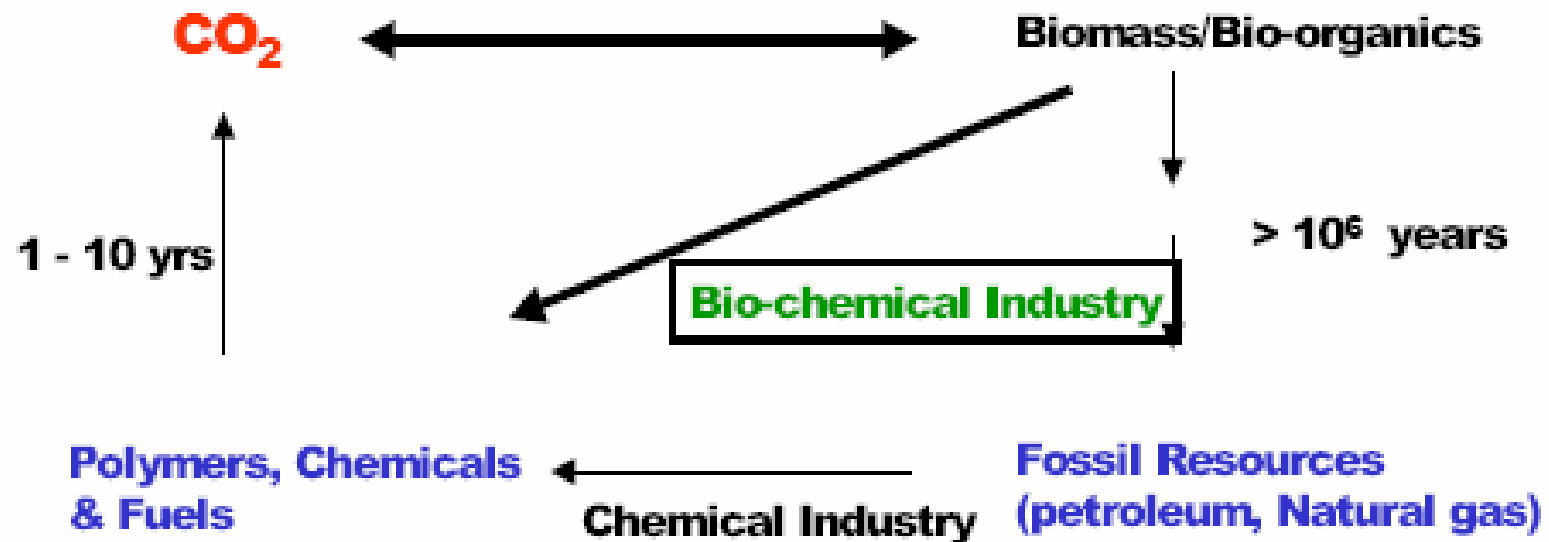
ECOEFFICIENT PRODCUTS

MATERIALS DESIGN PRINCIPLES FOR THE ENVIRONMENT

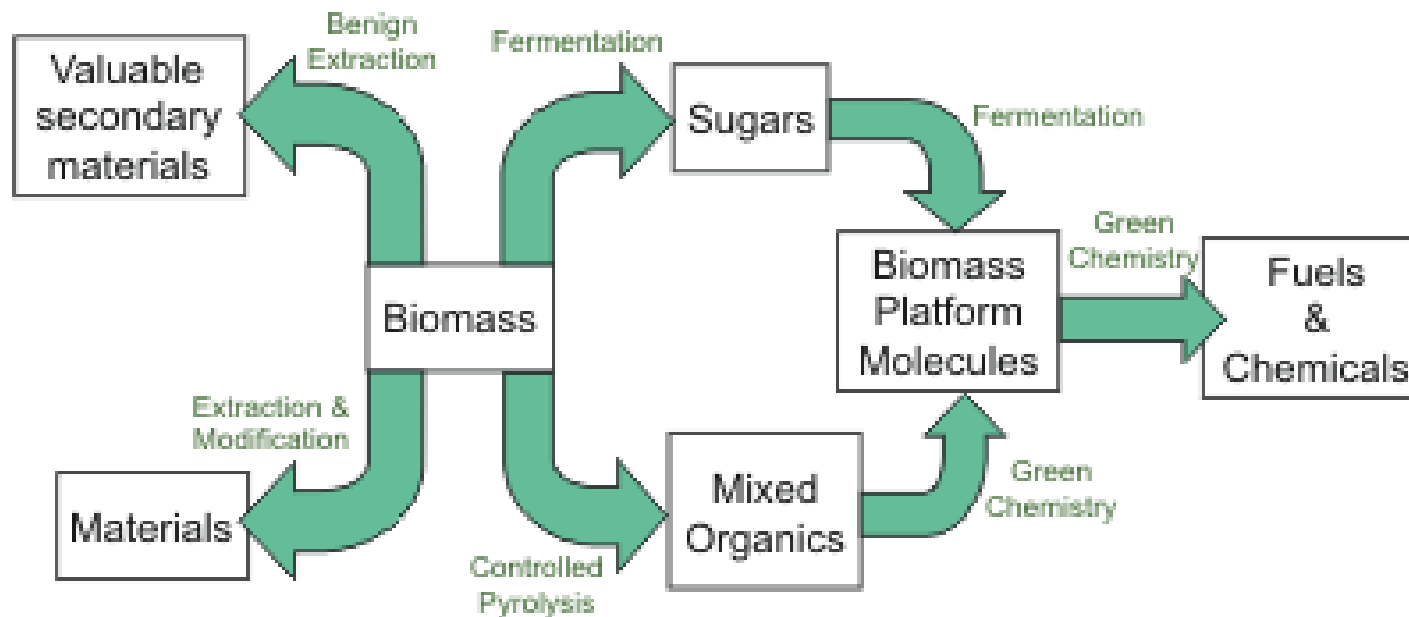
FROM “CONCEPTION TO REINCARNATION”



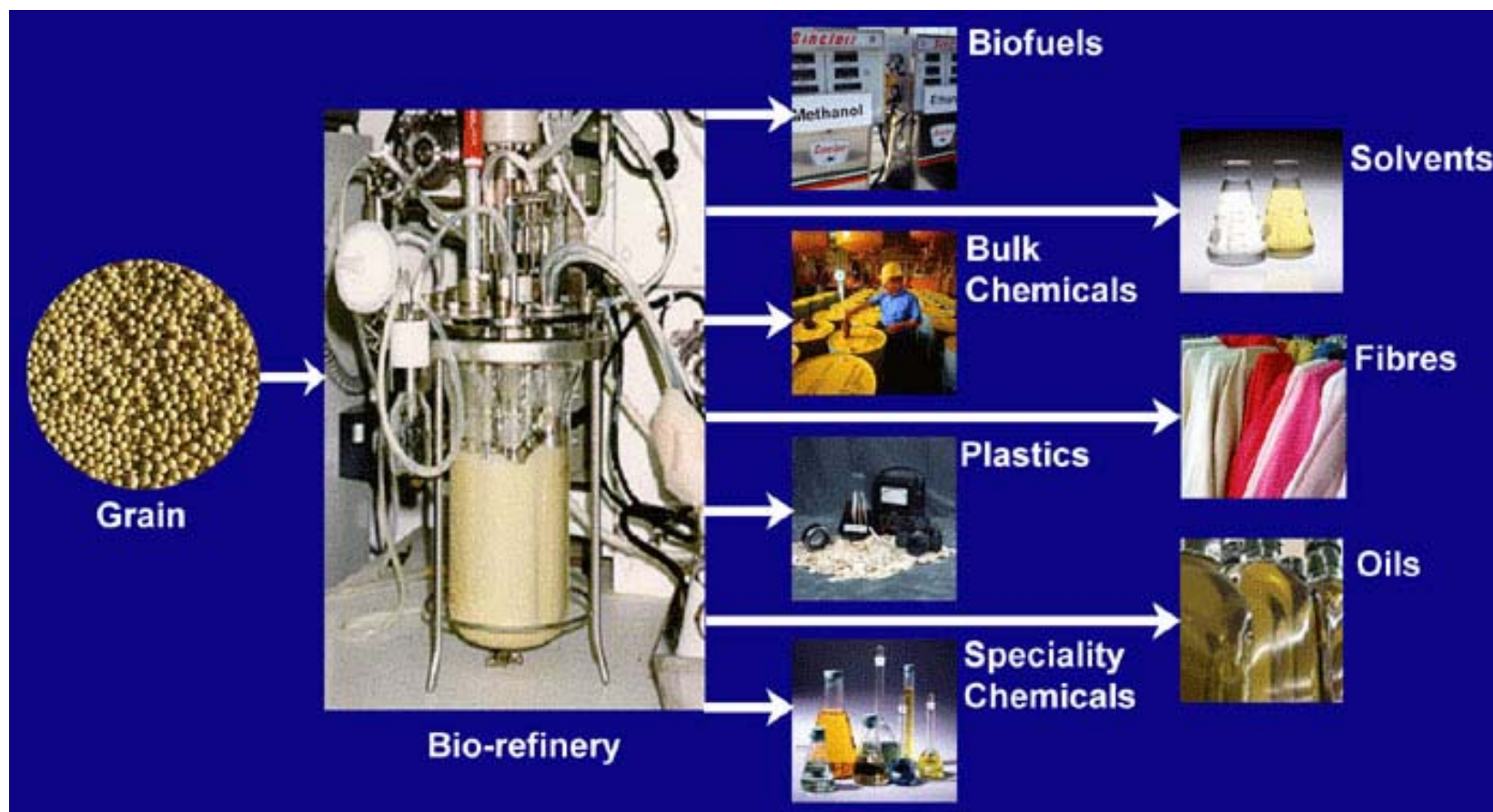
GLOBAL CARBON CYCLING THE ECO DRIVER



Green Chemistry and the Biorefinery



Biorrefinaria utiliza biomassa para gerar uma variedade de combustíveis, produzir calor e eletricidade, produtos químicos e materiais



- ✓ Biorrefinaria Verde – folhagens;
- ✓ Biorrefinaria Lignocelulósica – madeira e palha;
- ✓ Biorrefinaria a base de Resíduos Agrícolas – grãos (milho).

Fontes de Biomassa



Raw material	Current resources (dry) Mton/yr	Future resources (dry) Mton/yr
Short rotation forestry	5	75-150
Wood wastes	50	70
Energy crops	-	250-750
Agricultural wastes	100	100
MSW and refuse	60	75
Industrial wastes	90	100

Resíduos

Produzidos em todos os estágios das atividades humanas, os resíduos variam em função das práticas de consumo e dos métodos de produção tanto em termos de composição como de volume.

Classificação dos resíduos

→ Quanto às características físicas:

✓ **Seco:** papéis, plásticos, metais, couros tratados, tecidos, vidros, madeiras, guardanapos e tolhas de papel, pontas de cigarro, isopor, lâmpadas, parafina, cerâmicas, porcelana, espumas, cortiças.

✓ **Molhado:** restos de comida, cascas e bagaços de frutas e verduras, ovos, legumes, alimentos estragados, etc.

Nem todo lixo é lixo.

Saco colorido:
plástico, papelão
embalagem,
vidro, lata.



Saco preto:
erva-mate
chiclês,
restos de comida,
café, açúcar.



Caixa:
folhas de rascunho
ou inutilizadas
jornal, revistas,
guia telefônico



Tem coisas que não podemos nos dar ao luxo de colocar no lixo. Quase tudo pode ser reciclado. Adotando essa idéia, o Detran estará doando papel para a cooperativa de papeleiros da Vila Pinto. Cuide, portanto, onde joga seu lixo. No lugar certo, ele será muito mais valioso do que você pensa.

Detran
Há vida após o lixo.

GOVERNO DO RIO GRANDE DO SUL
Estado da Participação Popular
Secretaria de Justiça e da Cidadania

Classificação dos resíduos

→ Quanto à composição química:

✓ **Orgânico:** é composto por pó de café e chá, cabelos, restos de alimentos, cascas e bagaços de frutas e verduras, ovos, legumes, alimentos estragados, ossos, aparas e podas de jardim.

✓ **Inorgânico:** composto por produtos manufaturados como plásticos, vidros, borrachas, tecidos, metais (alumínio, ferro, etc.), tecidos, isopor, lâmpadas, velas, parafina, cerâmicas, porcelana, espumas, cortiças, etc.

→ Quanto à origem:

✓ **Domiciliar:** originado da vida diária das residências.

✓ **Comercial:** originado dos diversos estabelecimentos comerciais e de serviços.

✓ **Serviços públicos:** originados dos serviços de limpeza urbana

✓ **Hospitalar:** descartados por hospitais, farmácias, clínicas veterinárias.

Deve ser incinerado e os resíduos levados para aterro sanitário.

✓ **Portos, aeroportos, terminais rodoviários e ferroviários:** resíduos sépticos

Podem conter germes patogênicos

✓ **Industrial:** originado nas atividades dos diversos ramos da indústria

✓ **Radioativo:** resíduos provenientes da atividade nuclear

✓ **Agrícola:** resíduos sólidos das atividades agrícola e pecuária

✓ **Entulho:** resíduos da construção civil

Classes dos resíduos:

→ **Classe 1** - Resíduos perigosos:

apresentam riscos à saúde pública e ao meio ambiente, exigindo tratamento e disposição especiais em função de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade.

→ **Classe 2** - Resíduos não-inertes:

não apresentam periculosidade, porém não são inertes; podem ter propriedades tais como: combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água. São basicamente os resíduos com as características do lixo doméstico.

→ **Classe 3** - Resíduos inertes:

ao serem submetidos aos testes de solubilização, não têm nenhum de seus constituintes solubilizados em concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água. Muitos destes resíduos são recicláveis.

Origem	Possíveis Classes
Domiciliar	2
Comercial	2, 3
Industrial	1, 2, 3
Público	2, 3
Serviços de saúde	1, 2, 3
Portos, aeroportos e terminais ferroviários	1, 2, 3
Agrícola	1, 2, 3
Entulho	3

Resíduos Sólidos de Agroindústrias:

- Usinas sucro-alcooleiras: bagaços, tortas, etc.
- Cultivo agrícola: restos de plantas não aproveitados comercialmente (“cana” de milho, “palha” de feijão, “palha” de soja, etc.)
- Indústria da celulose e papel: resíduos da madeira, lodo do processo de produção e do tratamento de águas residuárias
- Produção de frutas e hortaliças: bagaço, tortas, refugo e restos
- Matadouros e indústrias do processamento de carnes: vísceras e carcaça de animais, sangue, banha, sólidos orgânicos ou inorgânicos, sais e químicos
- Processamento de pescado: pedaços de peixes, escamas e peles, vísceras, etc.
- Curtumes: aparas de couro e lodo do processo e tratamento de águas residuárias
- Criatórios de animais em confinamento (suínos, aves, bovinos, eqüinos, ovinos): esterco



Esterco Animal:

A produção de resíduos é variável de acordo com o estágio de desenvolvimento do animal, tipo e quantidade de ração fornecida, condições climáticas, etc.



- ✓ **Suínos** (15 - 100 kg): *2,35 kg esterco/ dia*
- ✓ **Bovinos de corte** (400 kg): *27 kg de dejetos fresco / dia*
- ✓ **Vaca leiteira** (400 kg): *28 - 32 kg fezes / dia*
- ✓ **Frangos**: *0,20 - 0,23 L / dia* (sem considerar as “camas” de serragem de casca de arroz, casca de amendoim, pó-de-serra, etc.)
- ✓ **Cavalos** (450 kg): *7 a 8 kg / dia*

Concentração média de nutrientes, em dag kg⁻¹, na massa fresca de esterco de animais.

Esterco	Nutrientes						
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe
gado de leite	0,53	0,35	0,41	0,28	0,11	0,05	0,004
gado de corte	0,65	0,15	0,30	0,12	0,10	0,09	0,004
cavalo	0,70	0,10	0,58	0,79	0,14	0,07	0,010
frango	1,50	0,77	0,89	0,30	0,88	0,00	0,100
ovelha	1,28	0,19	0,93	0,59	0,19	0,09	0,020
suíno	0,58	0,15	0,42	0,57	0,08	0,14	0,020

1 dag = 10 g

Resíduos de Cultivo Agrícola:

Depende da espécie cultivada, do fim a que se destina, das condições de fertilidade do solo, condições climáticas, etc.

Ex.: **Cultura da Soja**, produz-se cerca de 2.700 t de biomassa para cada 1.000 t de grãos colhidos.



Composição química da matéria seca de alguns resíduos de vegetais

Resíduo	N _{total}	P _{total}	K _{total}
	dag kg ⁻¹		
Palha de trigo	0,5	0,08	0,75
Palha de milho	0,68	0,16	0,68
Palha de aveia	0,54	0,08	0,98

Beneficiamento de Produtos Agropecuários:

Sazonal, uma vez que a matéria-prima é de produção irregular no ano.

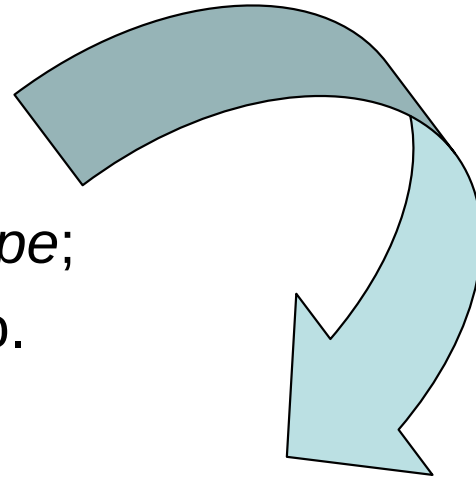
- ✓ **Casca de Arroz:** 20 a 25% do peso do grão
- ✓ **Casca do Café:** 39% do peso do fruto do cafeeiro
- ✓ **Bagaço de Cana:** 280 toneladas / 1000 toneladas de cana
- ✓ **Matadouros de Bovinos:** 23 kg barrigada e 18 kg dejetos / animal abatido
- ✓ **Abatedouros de Frango:** 30% (penas, intestinos, pé, cabeça e sangue) da massa total do animal

Composição química da matéria seca de alguns resíduos sólidos agroindustriais.

Resíduo	N _{total}	P _{total}	K _{total}	C/N
	----- dag kg ⁻¹ -----			
Torta de mamona	5,4-5,5	0,8-0,9	1,2-1,3	10/1
Bagaço de cana-de-açúcar	0,3-0,8	0,05-0,12	0,15-0,8	64-108/1
Torta de filtro	0,6-2,2	1,0	1,0	20-28/1
Serragem de madeira	0,06-0,18	<0,04	0,1-0,15	865/1
Bagaço de laranja	0,71	0,08	0,34	18/1
Borra de café (solúvel)	1,91	0,07	0,02	25/1
Casca de semente de algodão	0,68	0,03	1,00	78/1
Casca de arroz	0,78	0,25	0,41	39/1
Polpa de sisal	1,38	0,21	0,73	27/1
Torta de babaçu	3,70	0,85	0,90	14/1
Torta de cacau	3,28	1,06	1,21	11/1
Torta de coco	4,37	0,82	3,14	12/1
Sangue seco	11,8	0,52	0,58	4/1
Torta de linhaça	5,66	0,75	2,61	9/1
Pó de couro	8,7	0,10	0,37	6/1

O Custo do Resíduo

- Perda de matéria-prima;
- Gasto de energia;
- Tecnologia ambiental *end-of-pipe*;
- Custo de disposição do resíduo.



Resíduo é desperdício, é material que se comprou e está sendo colocado fora
Pode reduzir a *competitividade econômica* de um processo

Triple bottom line "TBL", "3BL" ou People, Planet, Profit
resultados de uma empresa medidos em termos
econômicos, ambientais e sociais



SUSTENTABILIDADE

