



ODS, Economia Circular, Química Sustentável e Análise de Ciclo de Vida

Prof Renato S Freire

Instituto de Química
USP



novembro/2020



Desenvolvimento x Meio Ambiente

Crescimento populacional e Urbanização Rápida

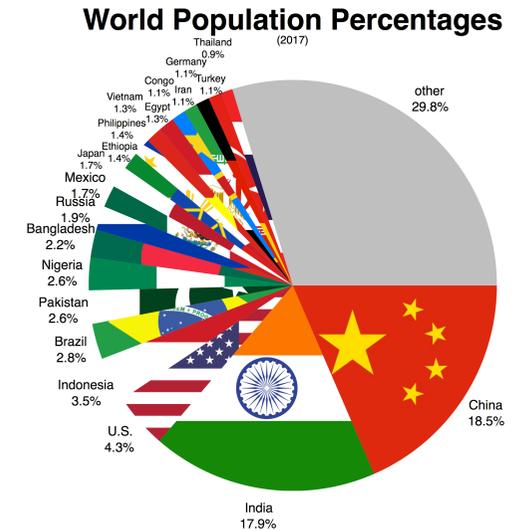
2040: > 8,6 bilhões

2050: > 9,8 bilhões

Metade do crescimento populacional do mundo ocorrerá em apenas nove países: Índia, Nigéria, Congo, Paquistão, Etiópia, Tanzânia, USA, Uganda e Indonésia

Atualmente: 54% vive em áreas urbanas. 2050 > 66%

Redução vegetação, alteração dos fluxos da água superficial, aumento consumo de energia (eletricidade, transporte e aquecimento), aumento de resíduos



Alteração dos padrões de consumo

Níveis de renda aumentam → os gastos com alimentos caem ↓ (↑ bens e serviços)
China: geladeira por famílias rurais aumentou de 1/mil (1980) 890/mil (2015)

Alimentos: ↑ nível de renda → consumo de proteína animal ↑ (carne, leite, ovos, etc)

Uso de energia

consumo global de energia: aumento em 50% entre 2010 e 2040

combustíveis fósseis continuarão a fornecer a maior parte da energia do mundo (combustíveis líquidos, gás natural e carvão representam 78% do total mundial em 2040)





Desenvolvimento x Meio Ambiente

Escassez de matéria-prima

↑ extração de material → demanda produtos de consumo (telefones celulares, sintéticos combustíveis, baterias de íon de lítio, energia fotovoltaica de camada fina, etc)

extração global anual de materiais → 200 bilhões toneladas até 2050 (2015: 100 bi ton)

Degradação da água

2030: demanda ultrapassará a oferta em 40% (55% em 2050)

Aumento na demanda ocorrerá principalmente:

fabricação (+400%), eletricidade (+140%) e uso doméstico (+130%).

2050: 40% da população do mundo (4 bilhões) sob forte estresse hídrico

>80% das águas residuais do mundo (>95% em alguns países menos desenvolvidos) são liberadas no meio ambiente sem tratamento

Resíduos

2020: mundo gera 1,3 bilhão de toneladas de resíduos sólidos (residenciais, industriais, comerciais, institucionais, municipal, de construção, etc)

2030: > 2,2 bilhões de toneladas/ano (acelerando, particularmente em áreas urbanizadas)



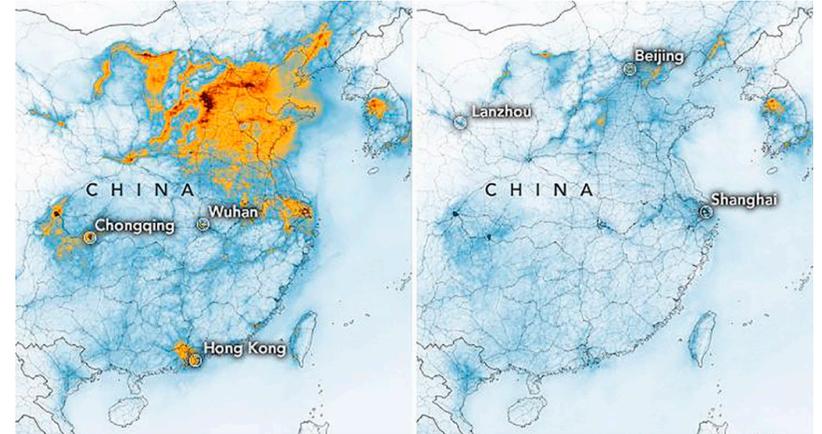


Desenvolvimento x Meio Ambiente

Poluição do ar

A poluição do ar emergiu como um dos principais riscos à saúde do mundo. Cada ano, mais de 5,5 milhões de pessoas em todo o mundo morrem prematuramente de doenças causadas pela respiração de ar poluído.

A poluição do ar é particularmente severa nas áreas urbanas que mais crescem no mundo, onde aumentou atividade econômica.



Mudanças Climáticas

Com o aumento das emissões de gases de efeito estufa, espera-se que as mudanças climáticas levem a inundações mais frequentes e severas, períodos prolongados de ondas de calor

Alguns dos impactos:

produção agrícola, perda de terras (aumento do nível do mar), aumento da mortalidade por estresse térmico, mudanças na demanda de energia para aquecimento e resfriamento e mudanças na disponibilidade de água potável





Desenvolvimento x Meio Ambiente

Erosão dos Serviços do Ecosistema

Nos últimos 300 anos, a floresta global encolheu cerca de 40%

Desde 1900, o mundo perdeu cerca de 50% de suas áreas úmidas

Estima-se que a taxa de extinção de espécies causada pelo homem seja 1000 vezes mais rápido que a taxa "natural".

Exauribilidade

Capital natural não pode ser produzido pela atividade humana. se estiver esgotado ou degradado, muitas vezes é difícil substituir ou restaurar (ciclos naturais que são longos para escala humana)



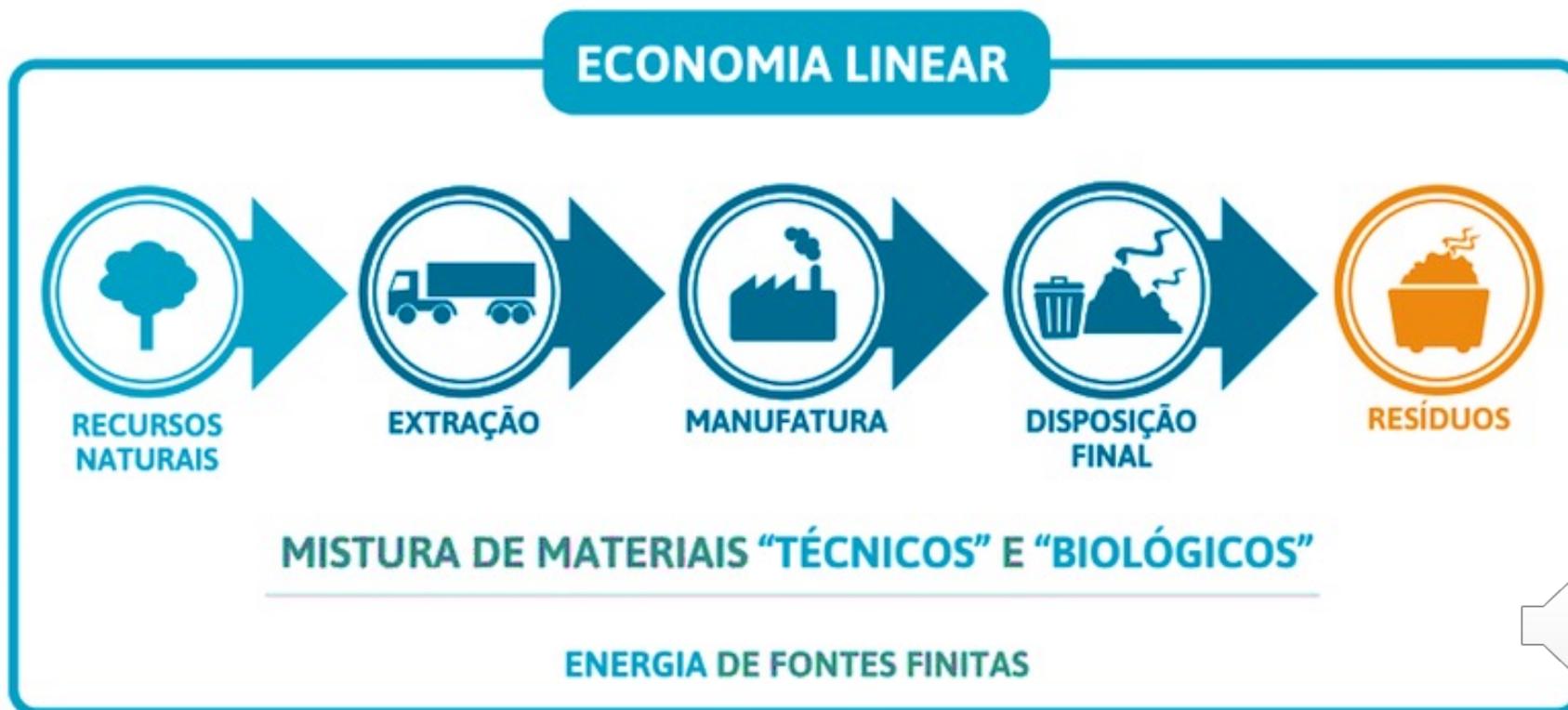


Desenvolvimento x Meio Ambiente

Crescimento econômico



Consumo





Desenvolvimento x Meio Ambiente

- Década de 50/60: problemas ambientais e aprovações de leis ambientais
- 1962: publicação do livro “Primavera Silenciosa”
- 1968: Fundação do clube de Roma
- 1972: publicação do relatório “Os limites do crescimento” (se o crescimento da população e da economia se mantiverem, o meio ecológico não terá condições de suprir a demanda de produção e consumo)
- 1972: Conferência de Estocolmo: codesenvolvimento





Desenvolvimento x Meio Ambiente

- 1987: Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente publicou o relatório “Nosso Futuro Comum” (Relatório Brundtland)
 - Necessidade de uma conferência global que estabelecesse uma nova forma de relação com o meio ambiente
 - **Utilizado pela primeira vez a expressão “Desenvolvimento Sustentável”**
- 1992: Rio/92

Agenda 21: “Enquanto a pobreza tem como resultado determinados tipos de pressão ambiental, as principais causas da deterioração ininterrupta do meio ambiente mundial são os padrões insustentáveis de consumo e produção, especialmente nos países industrializados. Motivo de séria preocupação, **tais padrões de consumo e produção provocam o agravamento da pobreza e dos desequilíbrios**”.
- 2012: Rio+20: não trouxe muitas mudanças, manteve o desenvolvimento sustentável como um desafio (emergiu o conceito de economia verde)





ODS e Química



2015: novos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que se baseiam nos oito Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM).

Os 17 Objetivos (169 metas) são integrados e indivisíveis, e mesclam, de forma equilibrada, as três dimensões do desenvolvimento sustentável: econômica, social e ambiental

Os **produtos químicos** desempenham **papel fundamental** em quase todas as **atividades humanas** (medicamentos, purificadores de água, produtos químicos agrícolas, brinquedos, produtos eletrônicos, baterias, peças automotivas).





ODS e Química

A ACS identificou ODS prioritários para a comunidade química



Existem muitos exemplos de como a química ajudará a sociedade a alcançar a meta da Fome Zero:

- sementes de alto rendimento, combinadas com novas abordagens à fertilização, aumentarão a produção de alimentos e ajudarão a reduzir a erosão do solo;
- proteger melhor as plantas das infestações por pragas;
- prazo de validade dos alimentos por meio de avanços nas embalagens;
- fortificação de alimentos ajudará a combater a desnutrição em áreas com acesso limitado a alimentos saudáveis.



- compreensão profunda de como a saúde humana é afetada por doenças e produtos químicos;
- papel crítico no diagnóstico médico e no desenvolvimento de medicamentos, permitindo que as pessoas tenham vidas mais longas e saudáveis.
- química também oferece novas soluções para reduzir a poluição e seus impactos na saúde humana. A aplicação de química verde e sustentável pode ajudar a eliminar ou reduzir a poluição.





ODS e Química



- novos métodos de purificação de água e processos de dessalinização de baixo custo → acesso universal a água potável;
- implantação de tecnologias mais ecológicas e estratégias de prevenção da poluição (práticas de fabricação que minimizem o uso da água e de gerenciamento de resíduos que evitam a poluição).



- desenvolvimento de novos materiais para energia renovável;
- processamento químico mais eficiente em termos de energia nas indústrias (exemplo: novos catalisadores)
- desenvolvimento de combustível mais limpo.
- Priorizar o desenvolvimento de materiais avançados usando elementos/substâncias abundantes na Terra para produção de energia renovável, incluindo energia fotovoltaica, turbinas eólicas, coleta de energia térmica, baterias, supercapacitores e soluções de armazenamento de energia.





ODS e Química



- indústrias de processamento químico podem atualizar a infraestrutura e modernizar as instalações de produção para se tornarem mais sustentáveis;
- projetar, sintetizar e fabricar materiais e revestimentos avançados e inovadores que tornam a infraestrutura mais sustentável e resiliente;
- inovação para aplicações comerciais.



- A pesquisa química será essencial para mitigar e adaptar-se às mudanças climáticas. Materiais avançados para energia renovável, agricultura de precisão (sementes e fertilizantes de alto rendimento para aumentar a produção de alimentos);
- A indústria química está se movendo em direção a uma economia de baixo carbono;
- matérias-primas circulares (uso carbono proveniente de resíduos, biomassa e CO₂ e CO de gases de combustão).





ODS e Química Sustentável

Química sustentável

Abordagem holística todo o ciclo de vida de produtos químicos é considerado. Isso inclui desenho molecular, demanda/origem de recursos, síntese, distribuição, uso e reciclagem para problemas de fim de vida.

Química sustentável não aborda apenas os efeitos em seres humanos e meio ambiente, mas também desafios em termos de condições sociais (inclusão), pesquisa, ciência e cultura, sucesso de longo prazo, gestão sustentável e respeitosa dos limites de capacidade do planeta.

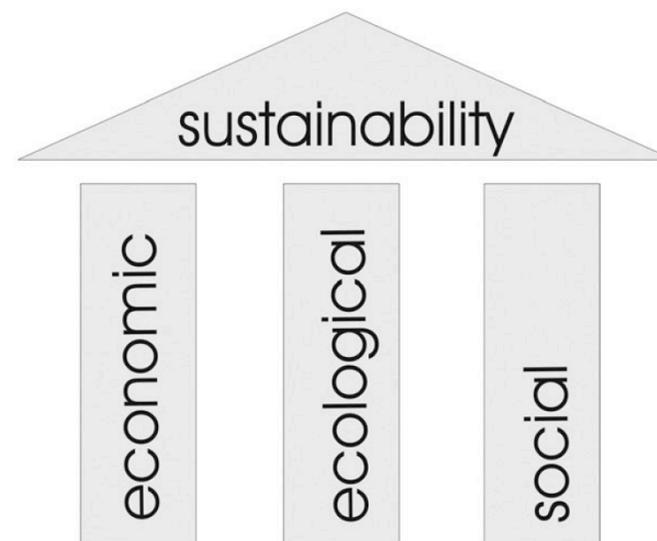
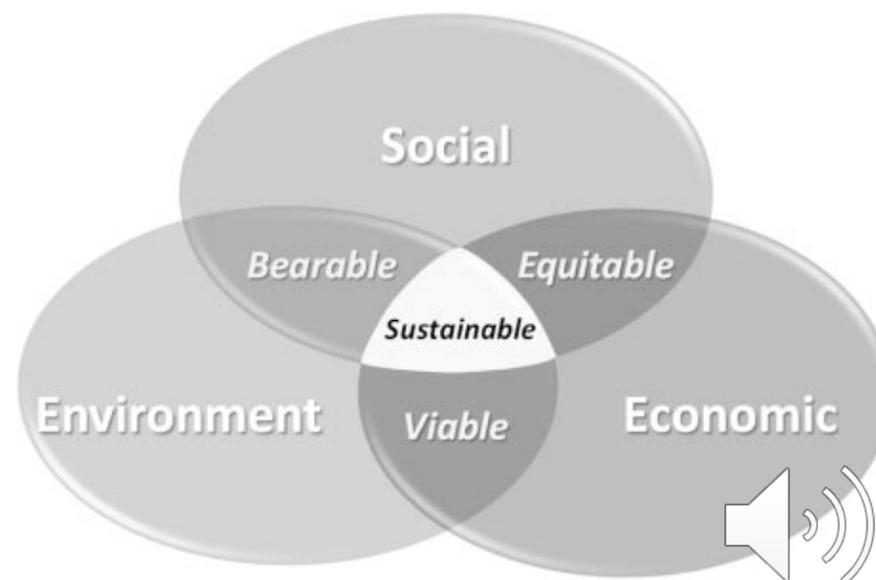


Fig. 1 The three pillars model of sustainability.





ODS e Química Sustentável

- Escolha de produtos que utilizam menos recursos naturais em sua produção, que garantem emprego decente aos que os produzem, e que são facilmente reaproveitados ou reciclados.
- Comprar aquilo que é realmente necessário, estendendo a vida útil dos produtos tanto quanto possível
- Escolhas de compra são conscientes, responsáveis, com a compreensão de que terão consequências ambientais e sociais – positivas ou negativa

Necessidade de redução e modificação dos padrões de consumo

não simples “esverdeamento” dos produtos e serviços





Abordagens para gestão ambiental empresarial

CONTROLE DA POLUIÇÃO

Cumprimento da legislação
Postura reativa
Ações corretivas (*end-of-pipe*)
Custo adicional (sem agregar valor ao produto)

PREVENÇÃO DA POLUIÇÃO

Uso eficiente dos insumos
Postura reativa e proativa
Ações preventivas e corretivas (mudança de processo e uso de tecnologias limpas)
Ações centralizadas na área produtiva
Redução do custo e aumento da produtividade

ESTRATÉGICA

Competividade
Postura proativa
Ações preventivas
Ações em toda a cadeia de valor
Vantagens competitivas

1970

atual





Economia Circular

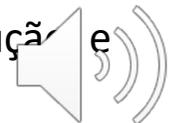
“Seu objetivo é manter produtos, componentes e materiais em seu mais alto **nível de utilidade e valor** o tempo todo”

Ellen Macarthur Foundation

Uso dos recursos naturais não pode ultrapassar a capacidade do meio ambiente em se renovar

Não descartar resíduos além da capacidade de assimilação pelo ambiente

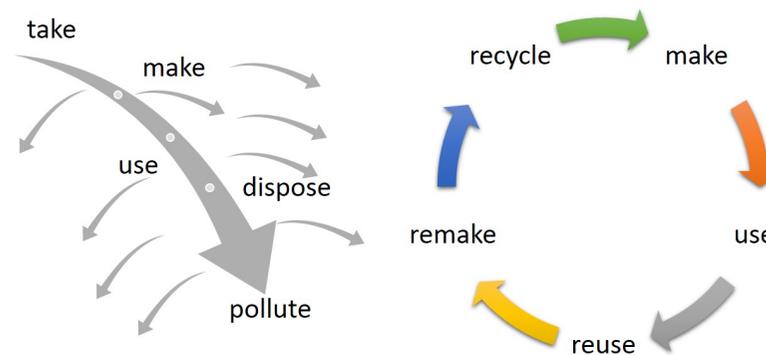
- **Reduzir o consumo de recursos** (materiais, energia, aumento da reciclabilidade do produto)
- **Reduzir o impacto sobre a natureza** (uso sustentável dos recursos renováveis, minimizar a emissão de resíduos tóxicos)
- Fornecer aos clientes **produtos e serviços de melhor qualidade** (aumento da durabilidade do produto, aumento dos serviços aliados aos produtos/serviços → modelo de produção e consumo sustentáveis)





Resíduo é um recurso!!

DO PONTO DE VISTA DO PLANETA, NÃO EXISTE JOGAR LIXO FORA: PORQUE NÃO EXISTE "FORA" !



As equipes olímpicas e paraolímpicas de “2020” do Japão: roupas esportivas feitas de “resíduos” reciclados



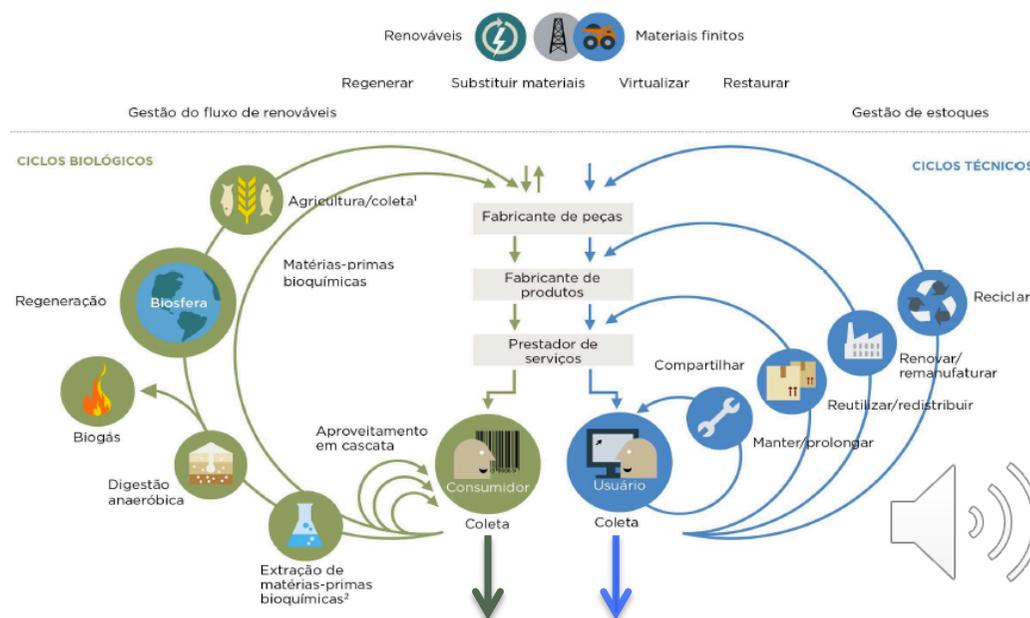
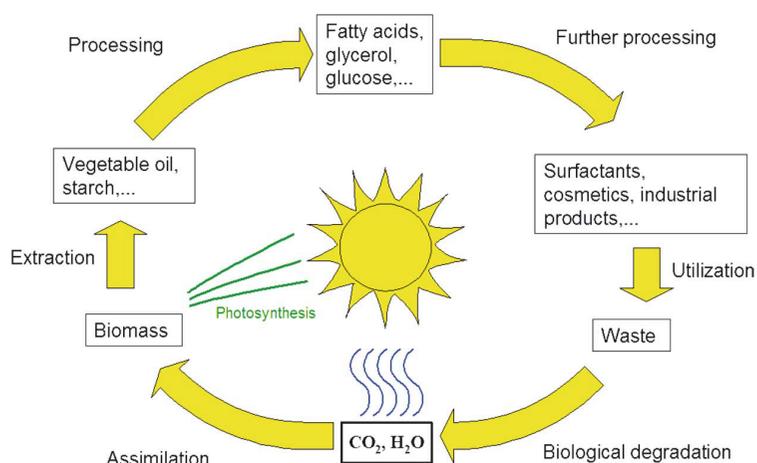


Economia Circular e Química

– Tentativa de aproximar os sistemas de produção humanos do que ocorre com os organismos de um ecossistema

Um conjunto de empresas poderia formar uma comunidade empresarial, na qual os resíduos de produção de uma empresa, seriam insumos para outros

Aplicar na área industrial os princípios da Lei de conservação de massa de Lavoisier (“nada se cria e nada se perde, tudo se transforma): ideia de um ciclo fechado





Leasing Químico



Pay-per-kilometer pneus



Review article

Exploring Green Chemistry, Sustainable Chemistry and innovative business models such as Chemical Leasing in the context of international policy discussions

Petra Schwager^a, Nils Decker^{a, *}, Ingrid Kaltenecker^b

^a Global Chemical Leasing Programme, UNIDO, Environment Department, Vienna International Centre, P.O. Box 300, A-1400 Vienna, Austria
^b Joanneum Research, Leonhardstraße 59, A-8010 Graz, Austria

interesse do fornecedor e ao usuário otimizar o uso do produto químico para reduzir a quantidade consumida, (reduz custos, diminui riscos do gerenciamento de produtos químicos e minimiza o impacto negativo no meio ambiente).





Leasing Químico

Demanda: limpeza de 1 milhão de tubos



Modelo tradicional de negócios

Vender a maior quantidade possível de solvente
100 ton solvente → \$100.000 (faturado)
Lucro → \$10.000 (\$100/ton)



Modelo Leasing Químico

Tubo limpo (\$0,1/tubo)
Quanto menos solvente melhor!

Pode haver ganho econômico se plano de negócios bem feito:
Exemplo: redução de 30% volume solvente (maior custo)
serviço = **\$90.000**

Cliente “ganha” \$10.000
Vendedor = \$20.000 (+\$10.000 comparado com modelo anterior)
Ambiente **-30 ton de solvente**
(menos geração de resíduos, menos consumo de insumos, CO2 transporte,
etc)





Economia Circular e Química

Projetar a não geração de resíduos
(*design waste*)

Conectar os elementos dos sistemas pelos fluxos (waste is food) - *upcycling*

Usar fontes de energia renováveis

Estimular a diversidade

Pensar de forma sistêmica

Promover o uso racional dos recursos

Refletir os custos econômicos, ambientais e sociais





Economia Circular e Química

- Programa de atuação responsável
- Gestão da qualidade total ambiental
- Produção mais limpa (P+L)
- Produção e consumo sustentáveis (PCS)
- Ecoeficiência
- Projeto para o meio ambiente (*ecodesign*)





O QUE É ACV?

É uma ferramenta para avaliar as **consequências ambientais** e à **saúde humana** associadas a um produto, serviço, processo ou material ao longo de todo o seu **ciclo de vida** (do berço ao túmulo), desde a extração e processamento da matéria-prima até o descarte final, passando pelas fases de transformação e beneficiamento, transporte, distribuição, uso, reuso, manutenção e reciclagem.

“What gets measured gets managed”





Análise de Ciclo de Vida

Normas e passos para ACV

Os passos da ACV estão internacionalmente padronizados pela Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC) e pela International Organization of Standardization (ISO).

A expressão do *berço ao túmulo* (‘cradle to grave’) tem caracterizado o significado da ACV.

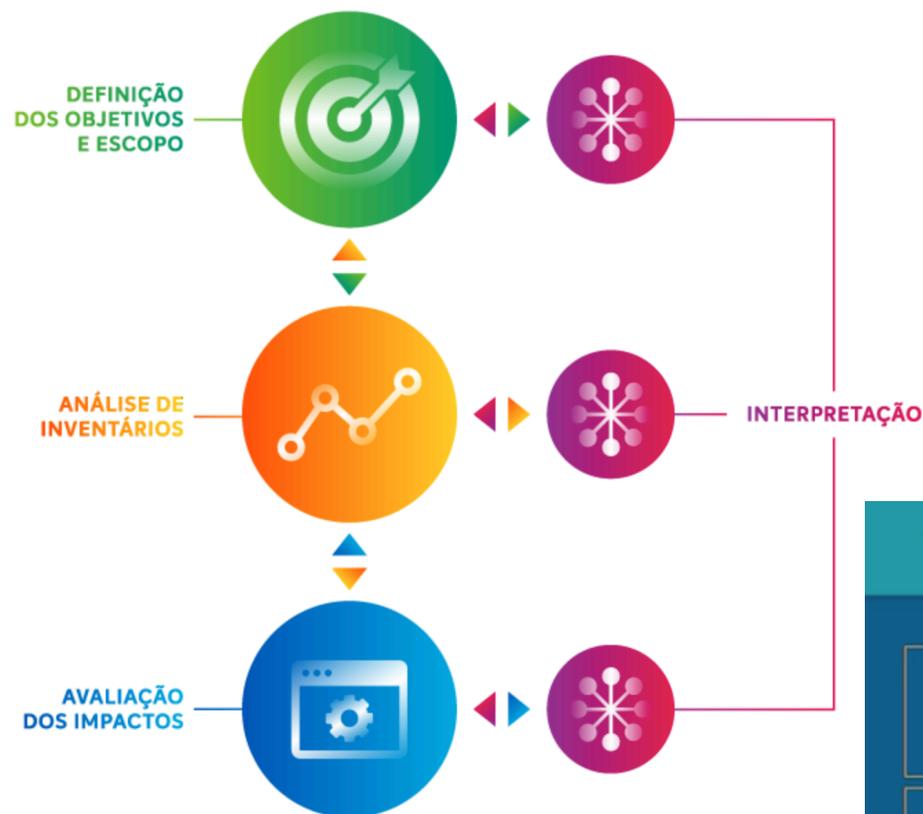
‘cradle to cradle’, do *berço ao berço*, considerando a possibilidade da reutilização e da reciclagem.





Análise de Ciclo de Vida

FLUXOGRAMA DE FASES DA ACV



São norteadas pelas normas ISO 14.040 e 14.044

Definição de objetivo e escopo	- Propósito - Escopo - Unidade Funcional - Definição dos requisitos de qualidade
Análise de Inventário	- Entrada / Saída - Coleta dos dados - Tratamento - Validação
Avaliação do Impacto	- Seleção - Classificação - Caracterização
Interpretação	- Identificação dos problemas - Recomendações - Análise de sensibilidade - Conclusões





Análise de Ciclo de Vida

A solicitação de um estudo de ACV pode ser por vários motivos ou setores, como, por exemplo, o departamento de vendas de uma empresa, para comparar produtos disponíveis no mercado (com a mesma função) e escolher o com menor carga ambiental.

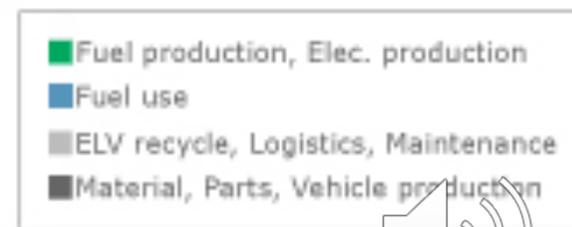
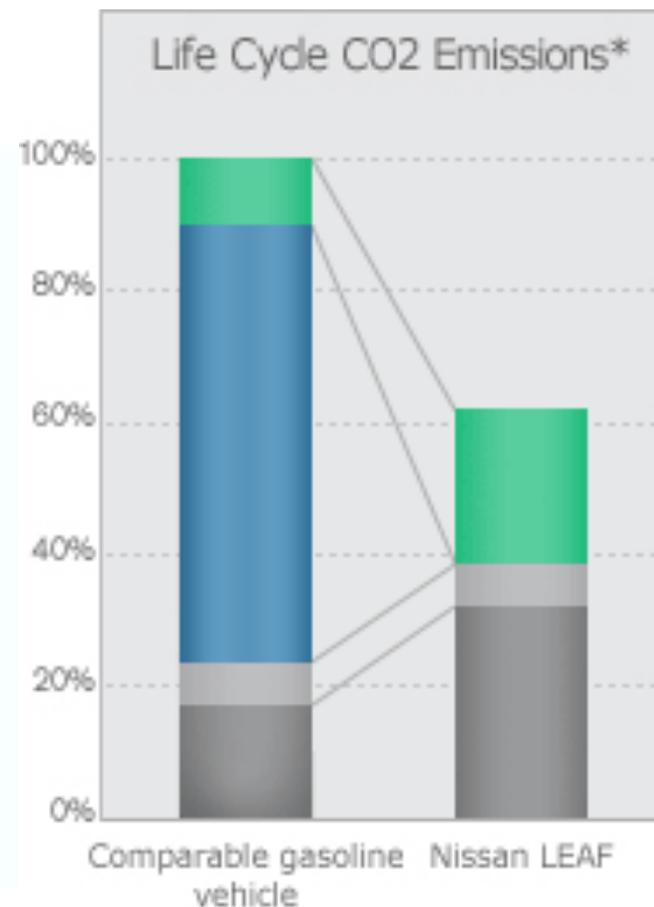
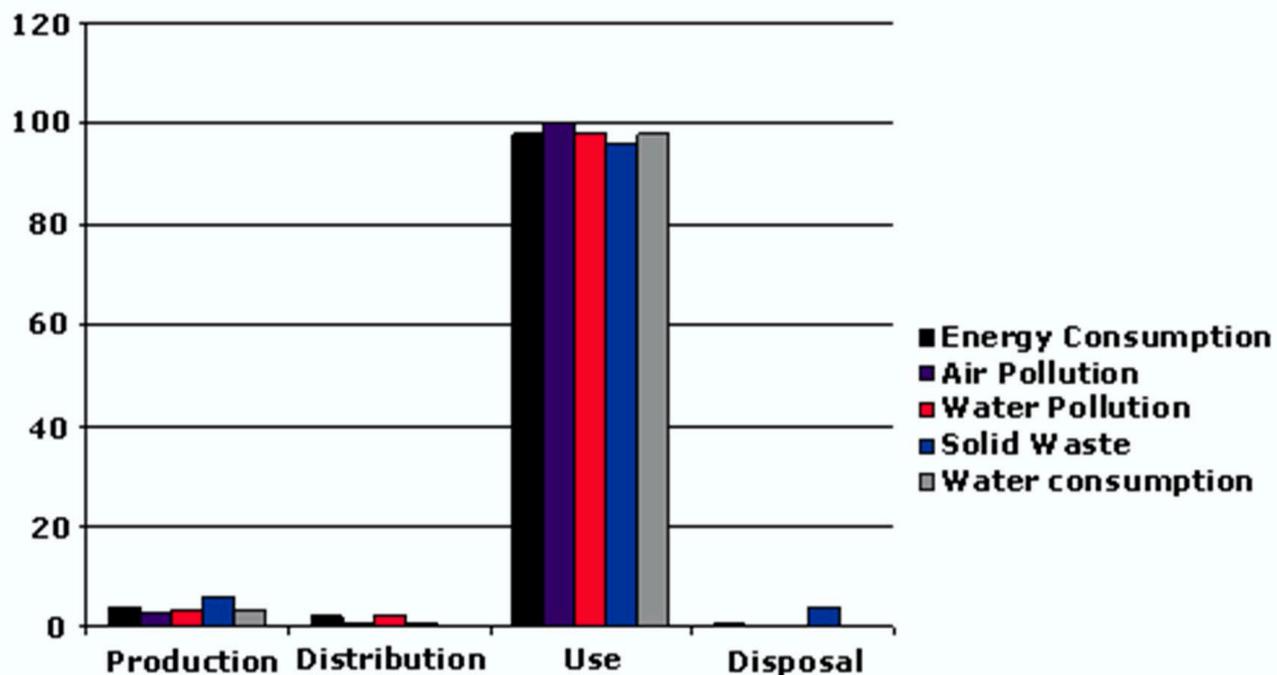
Pode ser empregado para mostrar os principais impactos ambientais ao fabricante de um produto compreendendo todo o estágio de seu ciclo de vida, possibilitando a minimização da carga ambiental total do produto, e ainda, pode ser usado por autoridades para um entendimento da importância referente às diferentes etapas do ciclo de vida de um produto





Análise de Ciclo de Vida

Exemplos de ACV Máquina de lavar

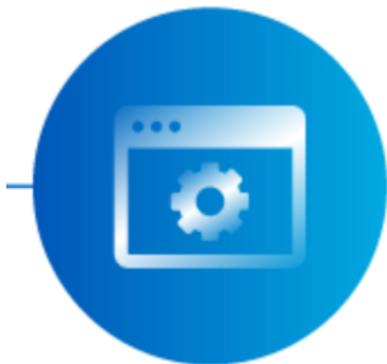


*Note: Production, Driving in 'par' (100,000km)





Análise de Ciclo de Vida



CATEGORIAS DE IMPACTO AVALIADAS (EXEMPLOS)

→ AQUECIMENTO GLOBAL

→ EUTROFIZAÇÃO

→ DEPLEÇÃO DO OZÔNIO

→ TOXICIDADE, ECOTOXICIDADE

→ OXIDAÇÃO FOTOQUÍMICA

→ ESGOTAMENTO DOS RECURSOS NATURAIS

→ ACIDIFICAÇÃO

→ USO DO SOLO



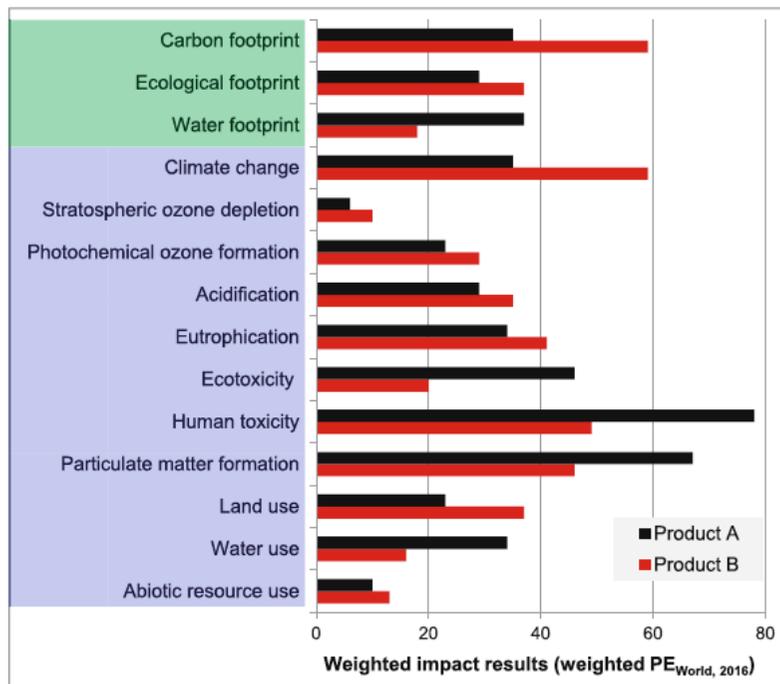
CASE 2 FRALDAS

ESTUDO DE ACV PARA AVALIAR A
O USO DE FRALDAS DE PANO VS.
FRALDAS DESCARTÁVEIS

↓
Fraldas de pano duráveis: menor
geração de resíduos sólidos, maior
geração de efluentes

↓
Fraldas descartáveis: menor
pegada hídrica, maior geração de
resíduo sólido

↓
Conclusão: o uso mais indicado
depende das condições ambientais
locais e comportamento do
consumidor. Comportamentos de
lavagem a quente, passar com
ou secagem em máquinas
am fortemente o impacto am-
tal das fraldas de pano



Comparando dois produtos, qual alternativa você escolheria?



Análise de Ciclo de Vida

Valorização da produção local de alimentos

grupo de consumidores que prefere não comprar produtos importados ou que são transportados por distâncias muito longas a fim de reduzir a emissão de poluentes decorrentes do transporte desses produtos.

Estudo do Reino Unido, cálculo de ACV comparando a emissão de poluentes de duas carnes bovinas: uma que era produzida localmente (no próprio Reino Unido) e outra que era importada da Nova Zelândia.

Consideraram: energia gasta no consumo de água, na colheita, no uso de fertilizantes, no transporte, no descarte de embalagens, no armazenamento e inúmeros outros fatores.

carne produzida na Nova Zelândia, que viajava 17700km = 670kg de CO₂ / ton
carne produzida localmente = 2850kg de CO₂ / ton (4 vezes mais!)

*fazendeiros britânicos usam uma alta quantidade de insumos agrícolas, devido a infertilidade de suas terras





Análise de Ciclo de Vida

É essencialmente comparativa, compara o impacto de dois produtos.

comparação entre dois produtos: PVC e polietileno
(produtos intermediários)

comparar 1 metro de tubo de PVC e 1 metro de tubo de polietileno (produtos que chegam ao uso final)

churrasco tem mais impacto ambiental que o uso de carro?

mistura dados que não podem ser comparados

Só podemos comparar impacto ambiental em produtos que exercem a mesma função
(não se alimenta com o carro ou se transporta com carne)

etanol vs. gasolina.

Preciso ter claro a comparação (capacidade de gerar energia? capacidade de transportar uma carga por uma determinada distância; etc)





Química Sustentável

Até 1900: expectativa de vida média da população mundial < 30 anos

melhoras no padrão de vida → disponibilidade de alimentos, avanços médicos e sanitários → vida média da humanidade ultrapassou os 65 anos no ano 2000

já nasceu a pessoa que vai chegar aos 150 anos de idade



A Química tem papel primordial em nossa compreensão dos fenômenos materiais, em nossa capacidade de agir sobre eles, para mudá-los e controlá-los



As transformações materiais que faremos – como humanos – refletirão o melhor ou o pior de nós

