“NOVOS” CONCEITOS

Profa. Dra. Dione Mari Morita

Agenda

Contexto

Prevenção à poluição

Ecoeficiência

Ecologia industrial

Cradle to Cradle

Economia Circular

Saneamento 4.0

Referências Bibliográficas

Agenda

Contexto

Prevenção à poluição

Ecoeficiência

Ecologia industrial

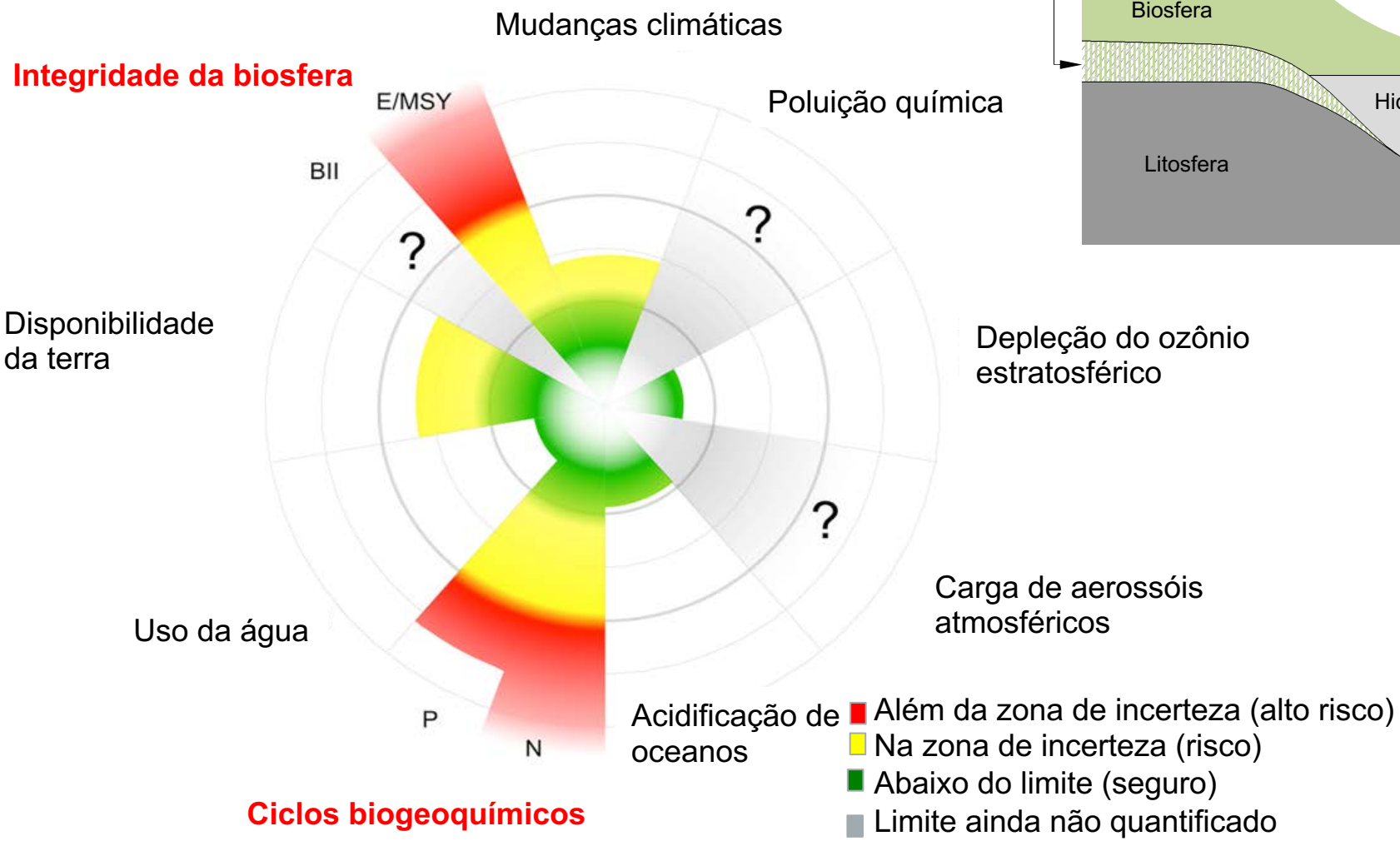
Cradle to Cradle

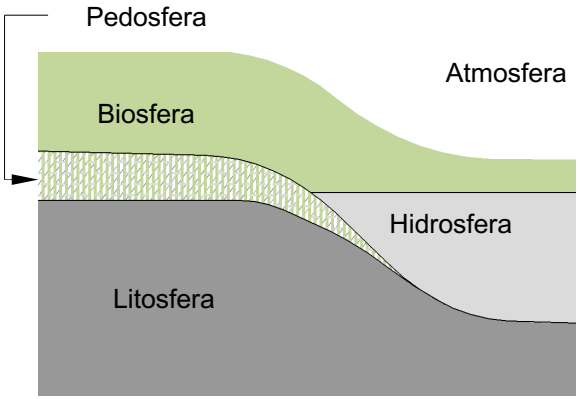
Economia Circular

Saneamento 4.0

Referências Bibliográficas

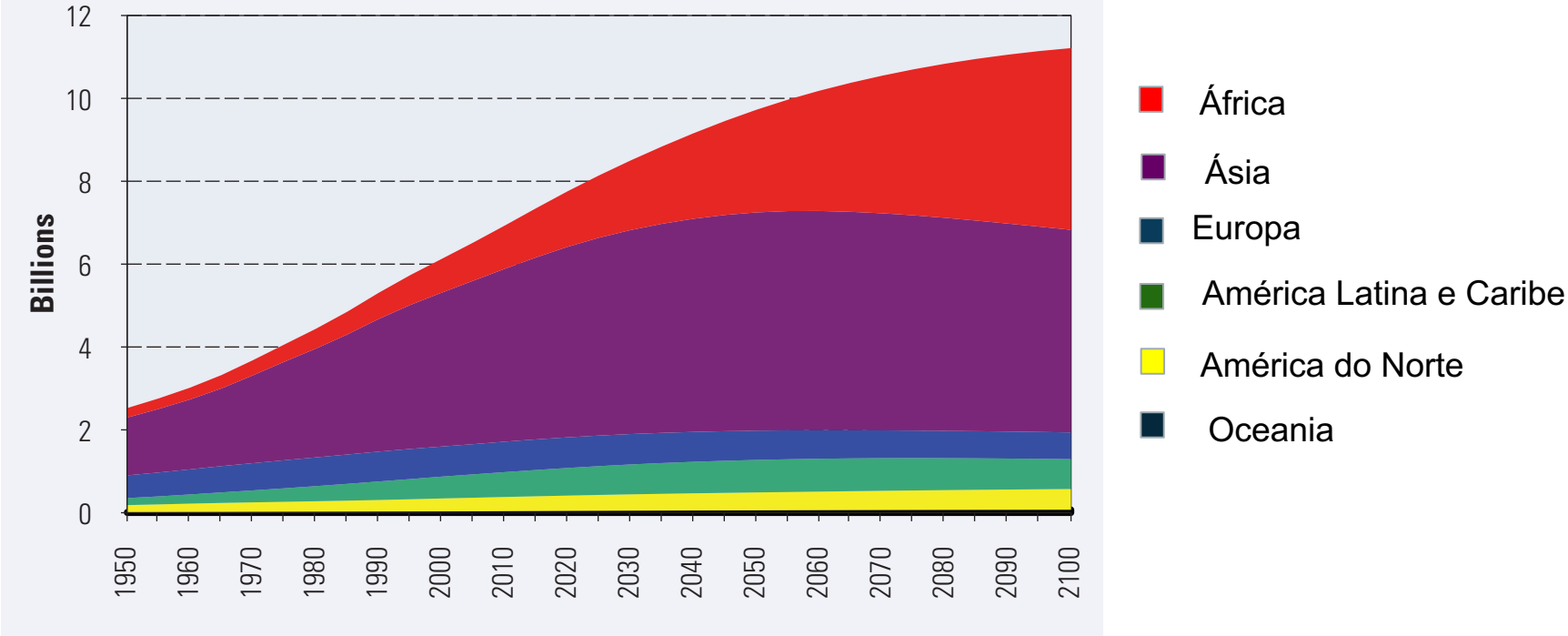
Limites de resiliência globais





Fonte: STEFFEN et al. (2015)

Projeção da população mundial ao longo do tempo



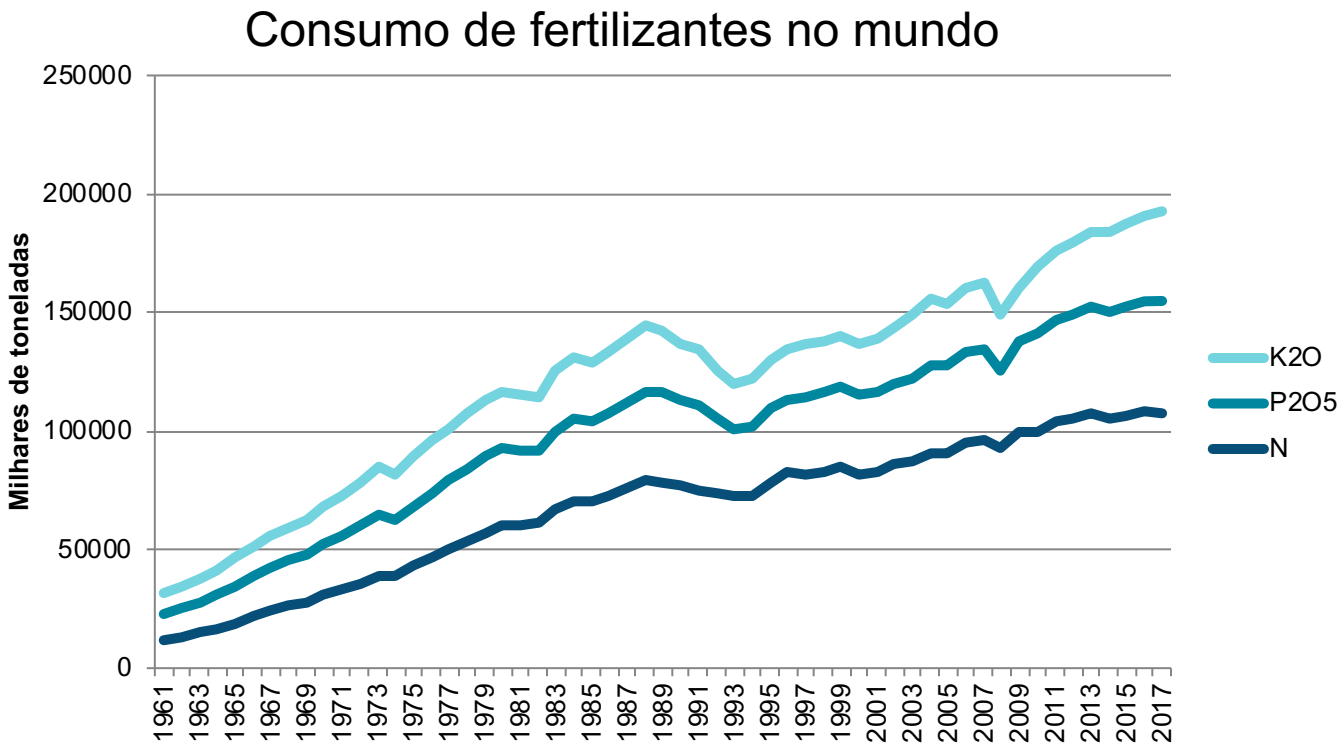
Fonte: ONU (2015)

Alterações na dieta – maior consumo de carne e produtos do leite (Alexandratos; Bruinsma, 2012)

- Aumento de 1,1 % no consumo de produtos agropecuários (2005 a 2050)
- Necessidade de 70 milhões de solo para cultivo (2005 a 2050)

Fertilizantes

- Aumento no uso de fertilizantes
- Previsão para esgotamento das fontes de fósforo - 50 to 400 anos (CORDELL; WHITE, 2014; SMIT ET AL., 2009; VAN KAUWENBERGH, 2010; CALVO, VALERO, VALERO, 2017).
- Gasto energético elevado para produzir fertilizantes nitrogenados



Fonte: https://www.ifastat.org/databases/graph/1_1

Áreas contaminadas: o problema

- **União Europeia:**
  - Em 2016, 648.964 áreas em que foram desenvolvidas atividades potencialmente contaminadoras do solo nos 28 países membros (PÉREZ; EUGENIO, 2018).
  - Principais poluentes: metais pesados e óleos minerais (ITPS, 2015).
  - 67.839 estavam sob investigação; 78.193 não necessitavam de remediação e 63.089 já tinham sido remediadas
- **Estados Unidos:**
  - Em 2013, 39 milhões de pessoas viviam a menos de 5 km das 1.158 áreas contaminadas da lista prioritária do *Superfund*: 9,1 milhões crianças e 4,9 milhões idosos.
  - De 1999 a 2013, a USEPA gastou aproximadamente 23 milhões de dólares para remediar áreas do *Superfund*.
  - Desde 1995, 21 bilhões de dólares foram gastos para a descontaminação de 450.000 *brownfields.*
  - Principais poluentes: metais pesados, solventes organoclorados, bifenilas policloradas, compostos aromáticos mononucleares e bário (USGAO, 2015).

Principais fontes contaminadoras do solo no mundo

América do Norte

- Indústria em geral
- Siderurgia
- Mineração
- Usinas elétricas
- Bases militares
- Portos e aeroportos
- Vazamentos de combustíveis
- Tratamento e disposição de resíduos urbanos e hospitalares
- Laboratórios
- Projetos habitacionais (uso inadvertido de solo contaminado)

Europa

- Indústria química
- Óleo e gás
- Tratamento e disposição de resíduos urbanos e industriais
- Vazamentos de combustíveis
- Mineração
- Usinas de energia
- Bases militares

Ásia

- Agricultura
- Mineração (metais e urânio)
- Óleo e gás
- Energia nuclear
- Indústria química
- Galvanoplastia
- Indústria de fertilizantes

África

- Mineração
- Indústria do petróleo
- Uso de pesticidas e fertilizantes;
- Tratamento e disposição de resíduos e de esgotos

América Latina

- Indústria de base (óleo cru, madeira)
- Mineração
- Siderurgia
- Indústria química
- Disposição de resíduos

Oceania

- Indústria em geral
- Fábricas de pesticidas
- Agropecuária
- Tratamento de madeira

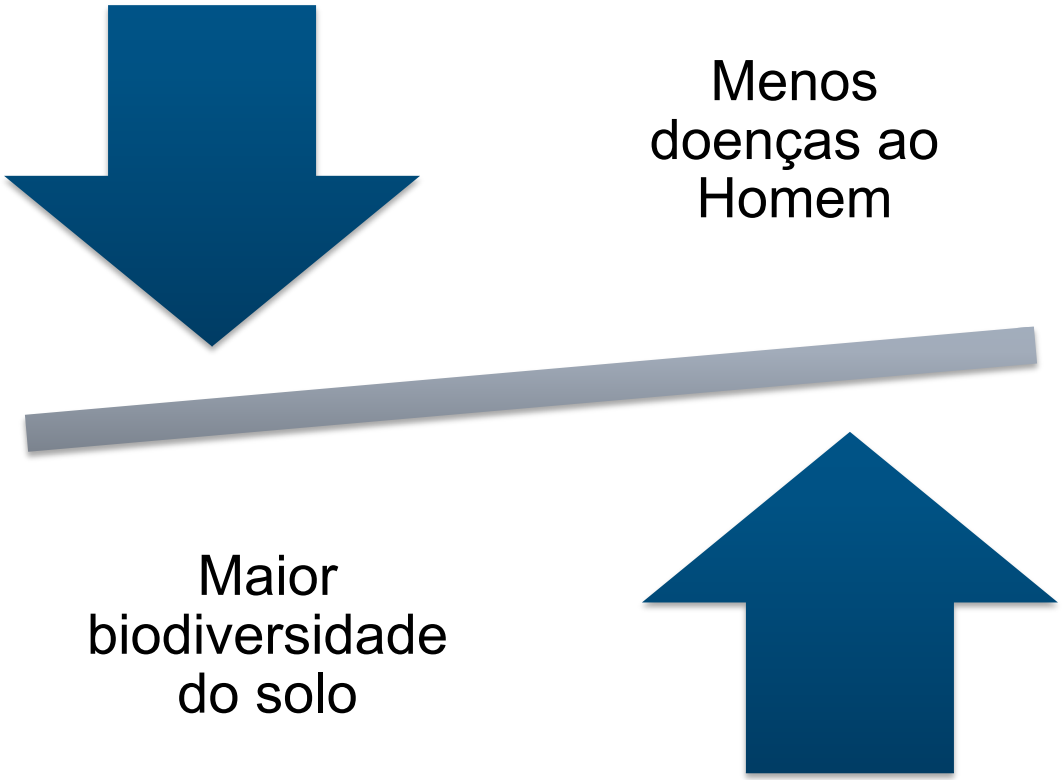
Antártida (e Ártico)

- **Vazamentos de petróleo e diesel**.

Fonte: baseado em BLACKSMITH INSTITUTE (2007), COLES (2008), EEA (2007A, 2007B), KAO (2004), RAE (2006), UNEP (2002) E UNEP; ADEME (2005).

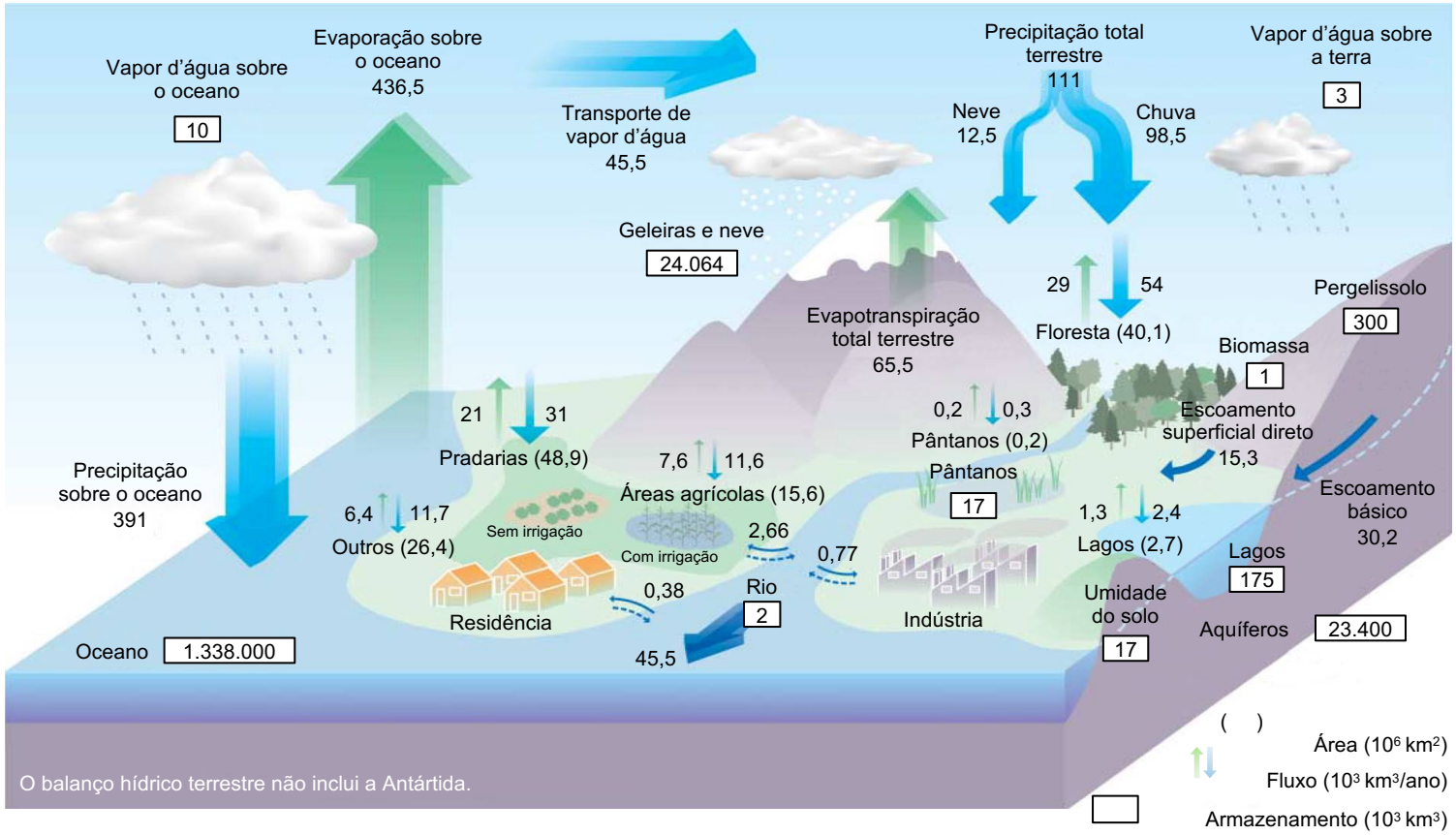
Biodiversidade do solo e saúde do Homem

Estudos recentes (WALL, 2015; FLANDROY *et al*., 2018) têm demonstrado que a biodiversidade do solo possui grande influência sobre a saúde do homem, especialmente no que diz respeito às doenças ligadas ao sistema imunológico.



Balanço hídrico terrestre

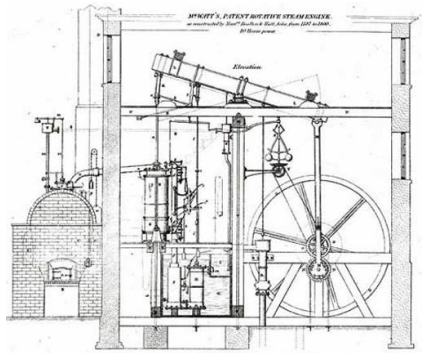
- 30% das reservas de água doce mundiais são subterrâneas
- Somente na zona vadosa, o solo mantém retido um volume de água oito vezes maior do que o que circula em todos os rios do planeta.
- Zona vadosa media uma série de processos biogeoquímicos e não pode ser desprezada.



Fonte: OKI; KANAE (2006).

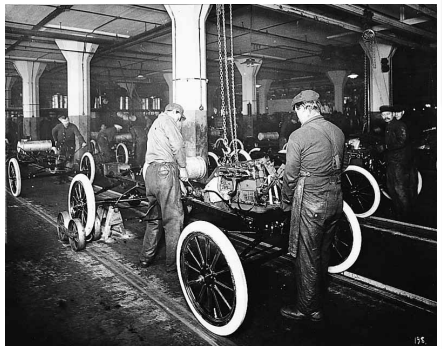
As revoluções industriais

Final do século XVIII



Tecnologia da máquina a vapor

Início do século XX



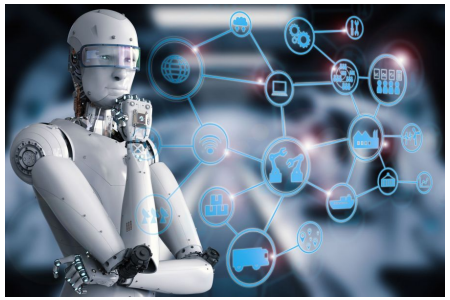
Energia elétrica.
Produção em série

Década de 1960

Controlador Lógico Programável integrado ao controle das máquinas.

Robôs, redes de comunicação

Década de 2010



Automação total das indústrias
Sistemas ciberfísicos, Internet das coisas, *Cloud Computing*, etc

Agenda

Contexto

Prevenção à poluição

Ecoeficiência

Ecologia industrial

Cradle to Cradle

Economia Circular

Saneamento 4.0

Referências Bibliográficas

O início

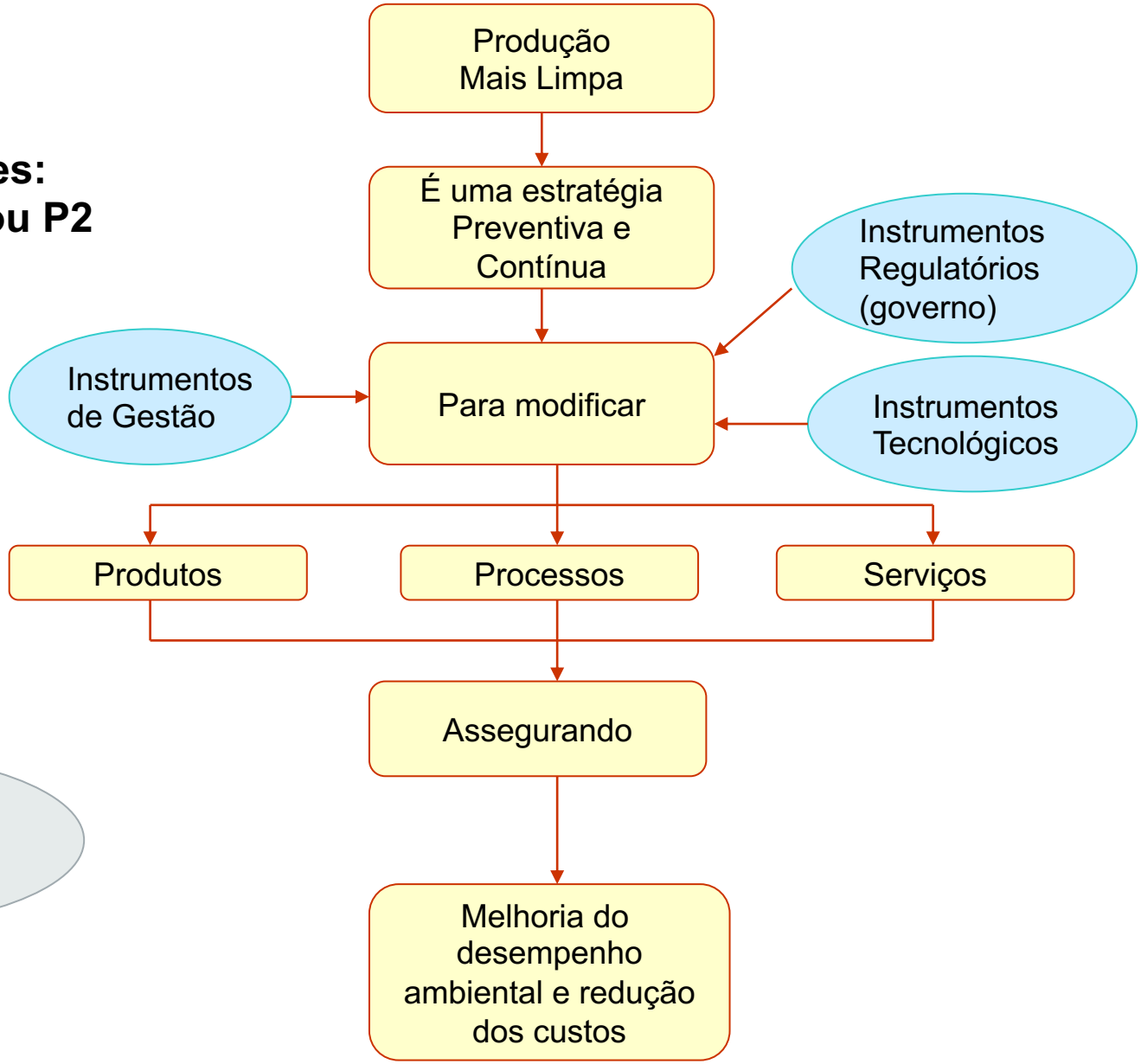
Abordagem tecnológica		1960	1970	1980	1990
Corretiva	• Tecnologia *end-of-pipe* ou final de tubo				
	• Remediação				
Integrativa	• Otimização de processos existentes				
	• Novos processos e tecnologias				
	• Melhores tecnologias disponíveis				
	• Racionalização do uso de energia				
Orientada para fonte ou insumos	• Seleção de insumos e matérias-primas				
	• Reciclagem e reúso				
	• Uso racional de insumos				
Preventiva e orientada para produto	• LCA e design ambiental				
	• Inovação de produtos				

No saneamento brasileiro, ainda predomina o conceito da "Tecnologia de final de tubo"...

Fonte: SPIRINCKX; MEOZZI (1998)

Conceito

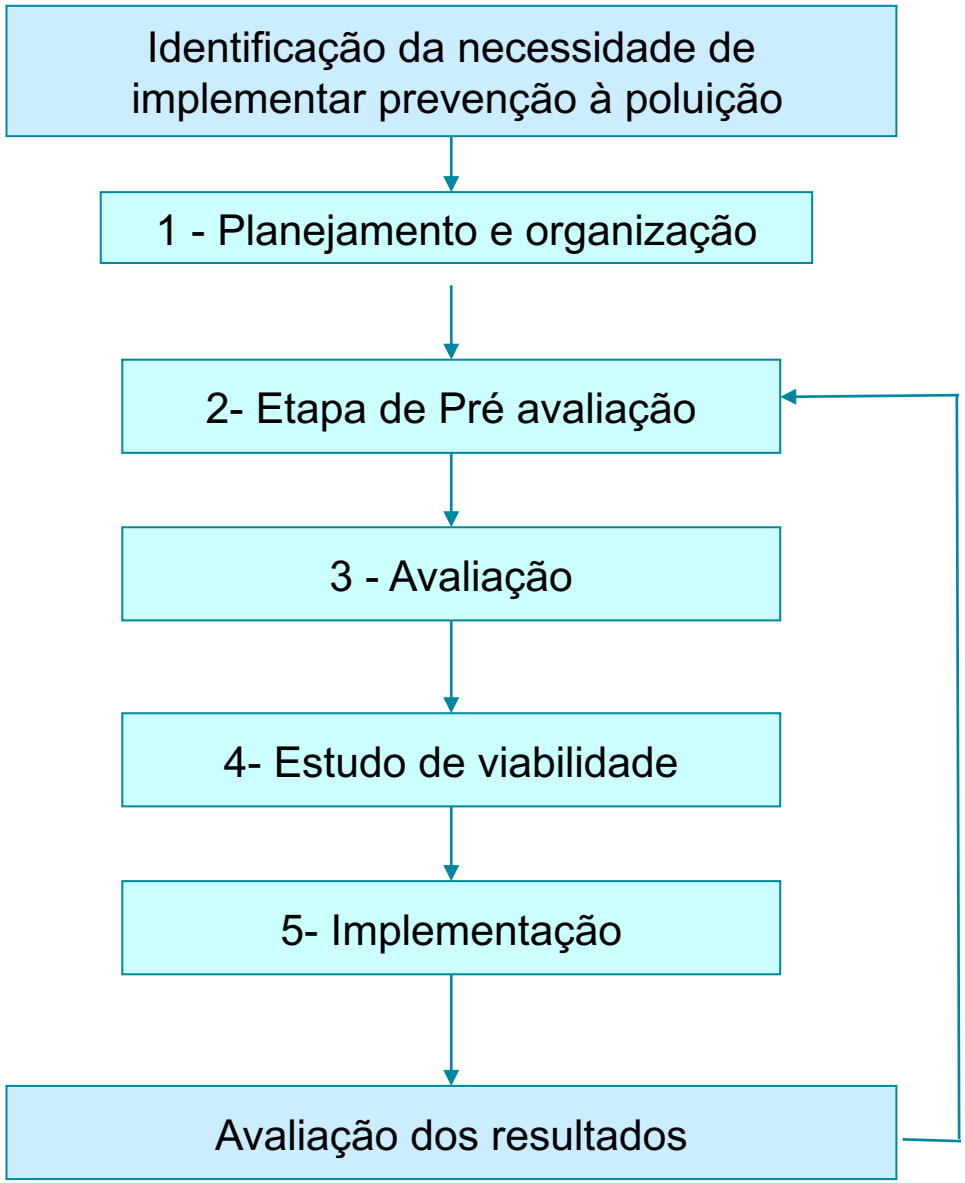
Outras denominações:
Produção mais limpa ou P2



Gate to gate

Fonte: HABICHT II (1992)

Etapas



Planejamento e organização

- Comprometimento da alta gerência:
- Envolvimento dos funcionários
- Controle adequado dos custos
- Abordagem organizada, coordenada por equipe multidisciplinar

Pré-avaliação e avaliação

- Balanço de massa do processo industrial, associado com o fator custo,
- Identificação dos fatores que influenciam o volume, a quantidade, a composição e as propriedades das emissões e dos resíduos;
- Propositura de alternativas para controlar ou eliminar as causas da geração dos resíduos e das emissões

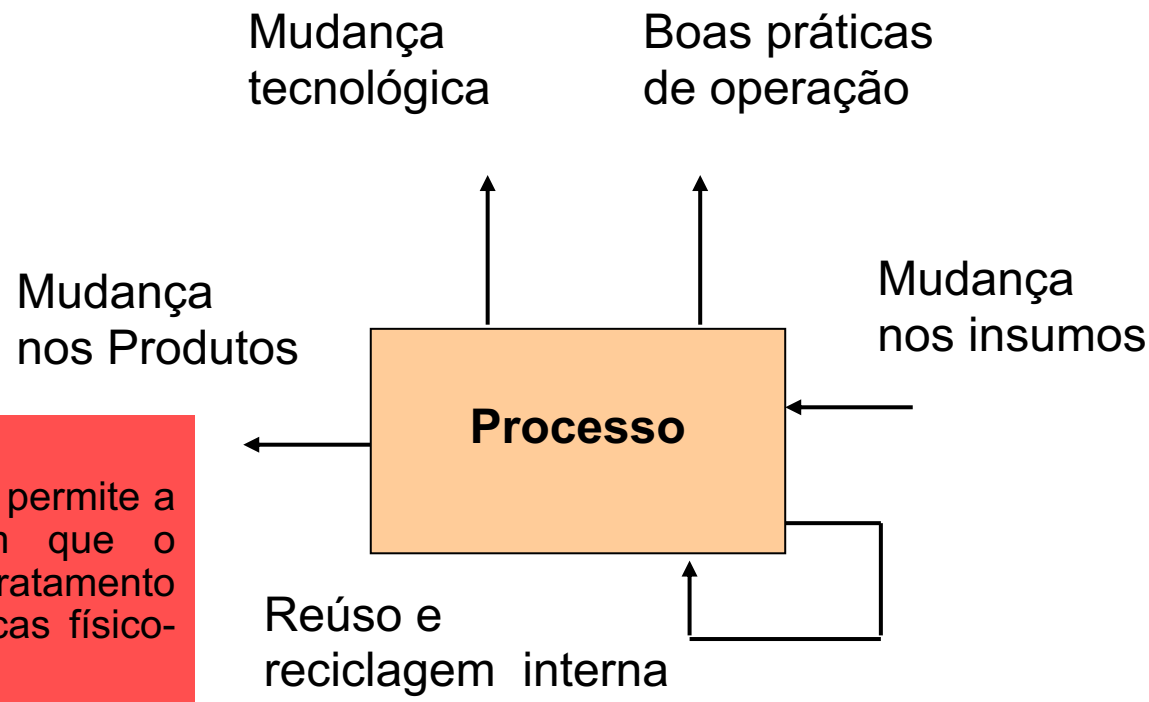
Estudo de viabilidade

- Avaliação Preliminar: decisões gerenciais
- Avaliação Técnica
- Avaliação Econômica
- Avaliação Ambiental
- Seleção das alternativas viáveis

Fonte: FREEMAN et al (1982)

Alternativas para prevenção à poluição

Etapa de avaliação



Reúso:

- qualquer prática ou técnica que permite a reutilização do resíduo, sem que o mesmo seja submetido a um tratamento que altere as suas características físico-químicas.

Reciclagem:

- qualquer técnica ou tecnologia que permite o reaproveitamento de um resíduo, após o mesmo ter sido submetido a um tratamento que altere as suas características físico-químicas.

Produção científica da minha equipe

Tema: Usos benéficos de lodos e ETAs				
Autor(es)	**Título do trabalho**	**Ano**	**Tipo**	**Instituição**
Dione Mari Morita	• Watershed Management 2000 (Prevenção à Poluição em Indústrias de Revestimentos Cerâmicos)	1999 a 2003	• Acordo de Cooperação Internacional entre Governo do Estado de São Paulo e Canadá	• SMA
Iara Regina Soares Chao; D. M. Morita	• Remoção de fósforo de efluentes de estações de tratamento biológico de esgotos utilizando lodo de estação de tratamento de água	2006	• Dissertação (Mestrado em Eng. Hidráulica e Sanitária)	• Universidade de São Paulo

Problemas ocasionados devido ao lançamento de ENDs no sistema público de esgoto

Consequências negativas relacionadas ao recebimento de ENDs no sistema de coleta e transporte de esgoto

Corrosão	Inflamabilidade	Explosividade	Vapores tóxicos	Incrustação

Explosão provocada por despejo com hexano em Louisville, Kentucky, em 1981

Corrosão Provocada por H_2S

Há mais de 15 anos, a USEPA mostrou que é mais vantajoso economicamente aplicar os conceitos de prevenção à poluição às indústrias perigosas do que implantar modificações na ETE para reduzir a toxicidade

Fonte: USEPA (2003)

Problemas ocasionados devido ao lançamento de ENDs no sistema público de esgoto

Principais efeitos relacionados ao lançamento de ENDs na estação de tratamento de esgoto
1 Volatilização, danos aos operadores e à população que vive ao redor da estação
2 Inibição dos processos biológicos de tratamento
3 Geração de lodo com características inadequadas ao uso benéfico
4 Efluente final apresentando toxicidade e portanto, causando danos à vida aquática e ao Homem ou impedindo o reúso

Critérios de recebimento de ENDs no sistema público de esgoto além das descargas proibidas:

	Base Conceitual	Questões práticas
Padrões por categoria industrial	• Padrões nacionais, uniformes, baseados na melhor tecnologia disponível e economicamente suportável, por categoria industrial	• A USEPA fixou os padrões de lançamento para fontes novas e existentes, enquadradas em 51 categorias industriais.
Limites locais	• Controle das fontes de poluição através da limitação de cargas de poluentes específicos. Estas cargas são obtidas levando-se em consideração normas e padrões pré-estabelecidos e eficiências de remoção na estação	• Para aplicação desta metodologia, é necessário o conhecimento de todas as fontes potenciais, já interligadas ou não ao sistema de coleta e a caracterização completa dos respectivos efluentes.
Programa de redução da toxicidade refratária	• Testes realizados com micro-organismos encontrados comumente nos sistemas biológicos de tratamento ou representativos do corpo d'água receptor, visando avaliar o impacto do lançamento do efluente não doméstico.	• Permite avaliar o efluente como um todo pelos efeitos sobre os organismos-teste e que já traduzem o resultado final das ações aditivas, sinérgicas e antagônicas das substâncias biodisponíveis que o compõe

Produção científica da minha equipe

Tema: Recebimento de efluentes não domésticos em sistema público de esgoto (1/2)				
Autor(es)	**Título do trabalho**	**Ano**	**Tipo**	**Instituição**
Dione Mari Morita	• Participação nos programas de recebimento de efluentes não domésticos nos sistemas públicos de esgoto da RMSP; de Jundiaí, do Estado do Paraná; Estado do Ceará	1991 a 2004	• Consultoria	• -
Jader Vieira Leite; D. M. Morita	• Avaliação da Toxicidade do Fenol em Sistemas de Lodos Ativados. Utilização da Técnica do *Fed-Batch Reactor* (FBR) modificado	1997	• Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)	• Universidade de São Paulo
Murilo Damato; Pedro Além Sobrinho; D. M. Morita	• Estudo da influência do nível de tratamento de efluentes de refinaria de petróleo na remoção de hidrocarbonetos aromáticos polinucleares e na toxicidade aguda para *Daphnia similis*	1998	• Artigo nos anais do XXVI Congreso Interamericano de Ingenieria Sanitaria y Ambiental, 1998, Lima (Perú).	• Universidade de São Paulo
Dione Mari Morita	• Projeto *Watershed Management 2000*	1999 a 2003	• Cooperação internacional entre Governo do Estado de São Paulo e Canadá	• Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo
Paula Márcia Augusti Sápia; D. M. Morita	• Proposta de critérios de recebimento de efluentes não domésticos para o sistema público de esgotos da Região Metropolitana de São Paulo	2000	• Dissertação (Mestrado em Eng. Hidráulica e Sanitária)	• Universidade de São Paulo

Produção científica da minha equipe (continuação)

Tema: Recebimento de efluentes não domésticos em sistema público de esgoto (2/2)				
Autor(es)	**Título do trabalho**	**Ano**	**Tipo**	**Instituição**
Gabriela Nenna Ferraresi; D. M. Morita	• Avaliação do impacto de efluente de indústria de borracha ao sistema de lodos ativados pelo método *Refractory Toxicity Assessment* - RTA modificado	2001	• Dissertação (Mestrado em Eng. Hidráulica e Sanitária)	• Universidade de São Paulo
Irineu Delatorre Junior; D. M. Morita	• Avaliação da eficácia dos critérios de recebimento de efluentes não domésticos em sistemas de coleta e transporte de esgotos sanitários	2005	• Dissertação (Mestrado em Eng. Hidráulica e Sanitária)	• Universidade de São Paulo
Roseli Dutra Spósito; D. M. Morita	• Definição de alternativas de pré-tratamento de efluentes não domésticos em sistemas públicos de esgotos, utilizando o teste de avaliação da toxicidade refratária	2006	• Dissertação (Mestrado em Eng. Hidráulica e Sanitária)	• Universidade de São Paulo
Roberto Caffaro Filho; Dione Mari Morita; Roger Wagner e Lúcia R. Durrant	• Toxicity directed approach of polyester manufacturing industry wastewater provides useful information for conducting treatability studies	2009	• Artigo no Journal of Hazardous Materials (Print), v. 163, p. 92-97, 2009.	• Universidade Estadual de Campinas e Universidade de São Paulo

Agenda

Contexto

Prevenção à poluição

Ecoeficiência

Ecologia industrial

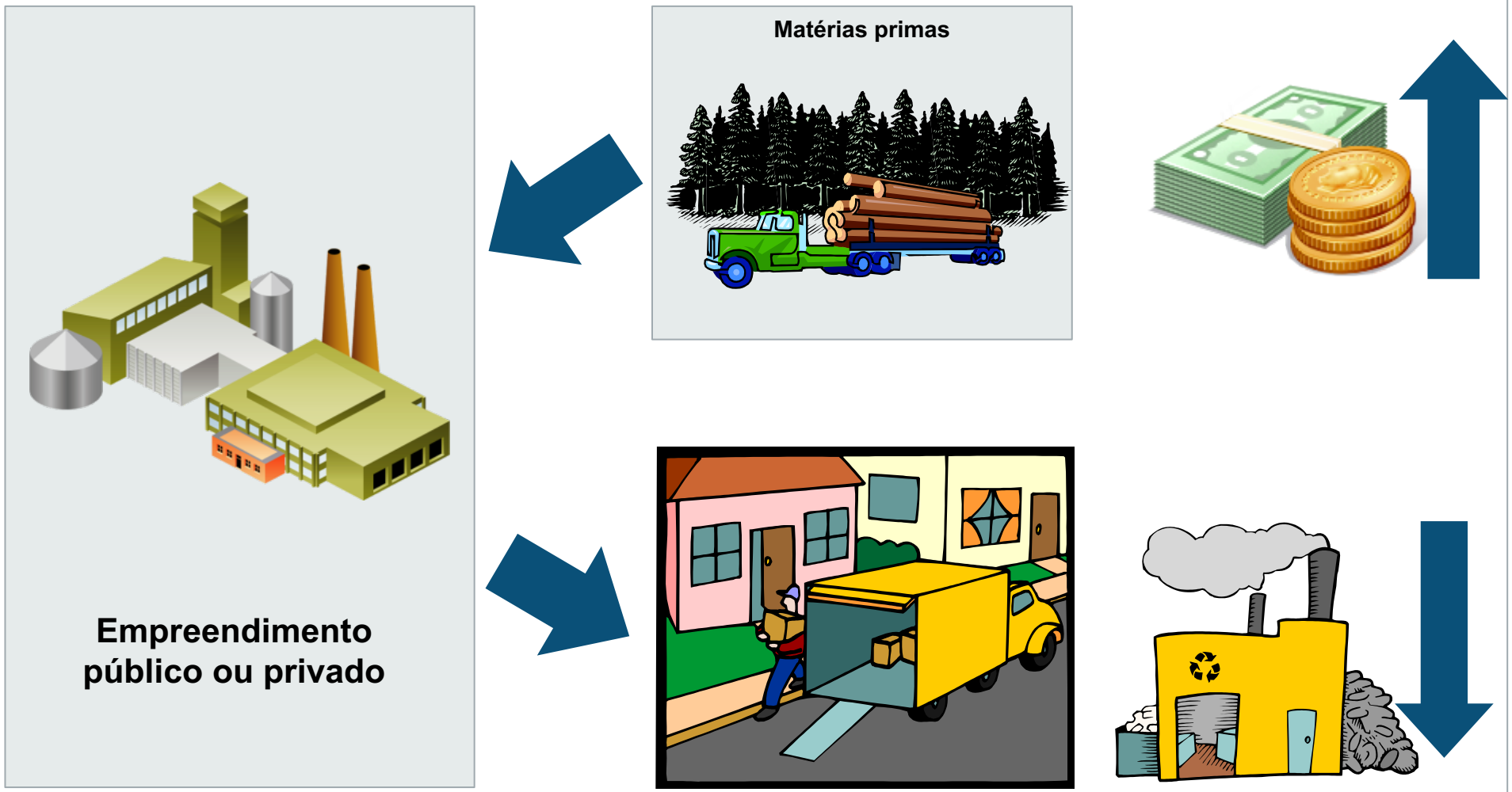
Cradle to Cradle

Economia Circular

Saneamento 4.0

Referências Bibliográficas

Conceito



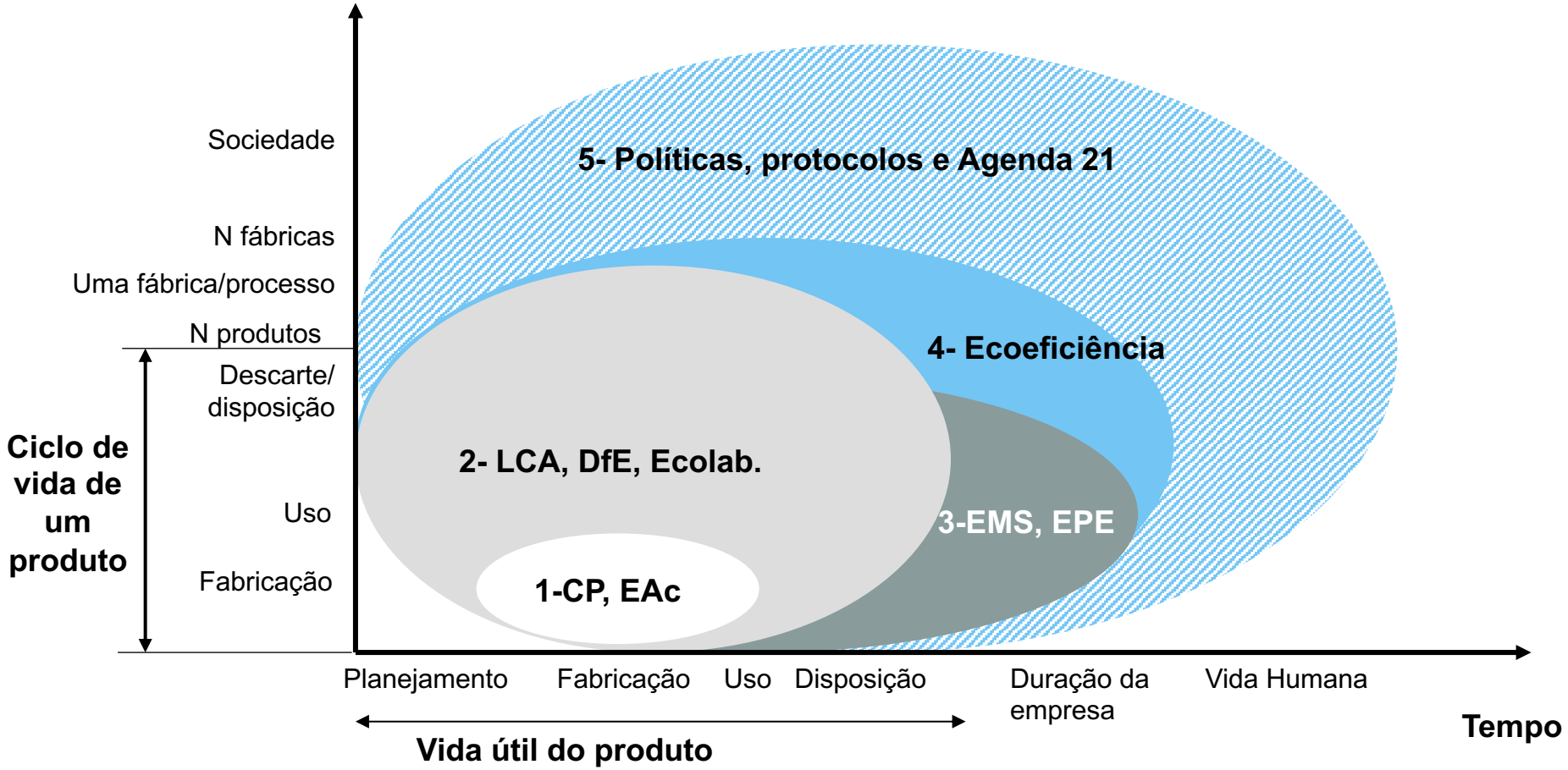
Fonte: SCHMIDHEINY (1992)

Dimensões da ecoeficiência

1. Reduzir a intensidade do uso de materiais em produtos e serviços;
2. Reduzir a intensidade do uso de energia em produtos e serviços;
3. Reduzir a dispersão de produtos tóxicos;
4. Permitir/estimular a reciclabilidade dos produtos;
5. Maximizar o uso sustentável de recursos renováveis;
6. Estender a durabilidade dos produtos;
7. Aumentar a intensidade dos serviços

Instrumentos

- Ecolab- Selos verdes
- LCA- Avaliação de ciclo de vida
- EAc- Contabilidade ambiental
- CP- Prevenção à poluição
- DfE- Design ambiental
- EMS- Sistema de gestão ambiental
- EPE- Avaliação de desempenho ambiental



Fonte: FET (1997)

Ciclo de vida do produto água

Visão do gestor

Matéria prima

Adução

Produtos químicos

Insumos

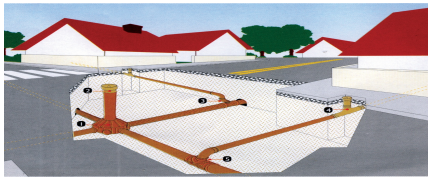
ETA

Geração de resíduos

Lodos

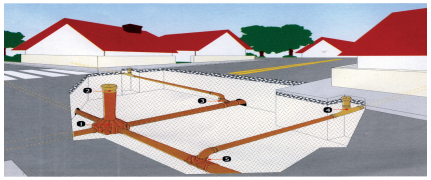
Distribuição

População



Energia

Esgoto doméstico



ENDs[1] – Industriais, comerciais e de serviços

Produtos químicos

Coleta e transporte

Insumos

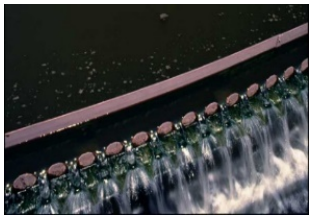
Visão do gestor

ETE

Geração de resíduos

Lançamento

Efluente final



Lodos

Energia

(1) Efluentes não domésticos

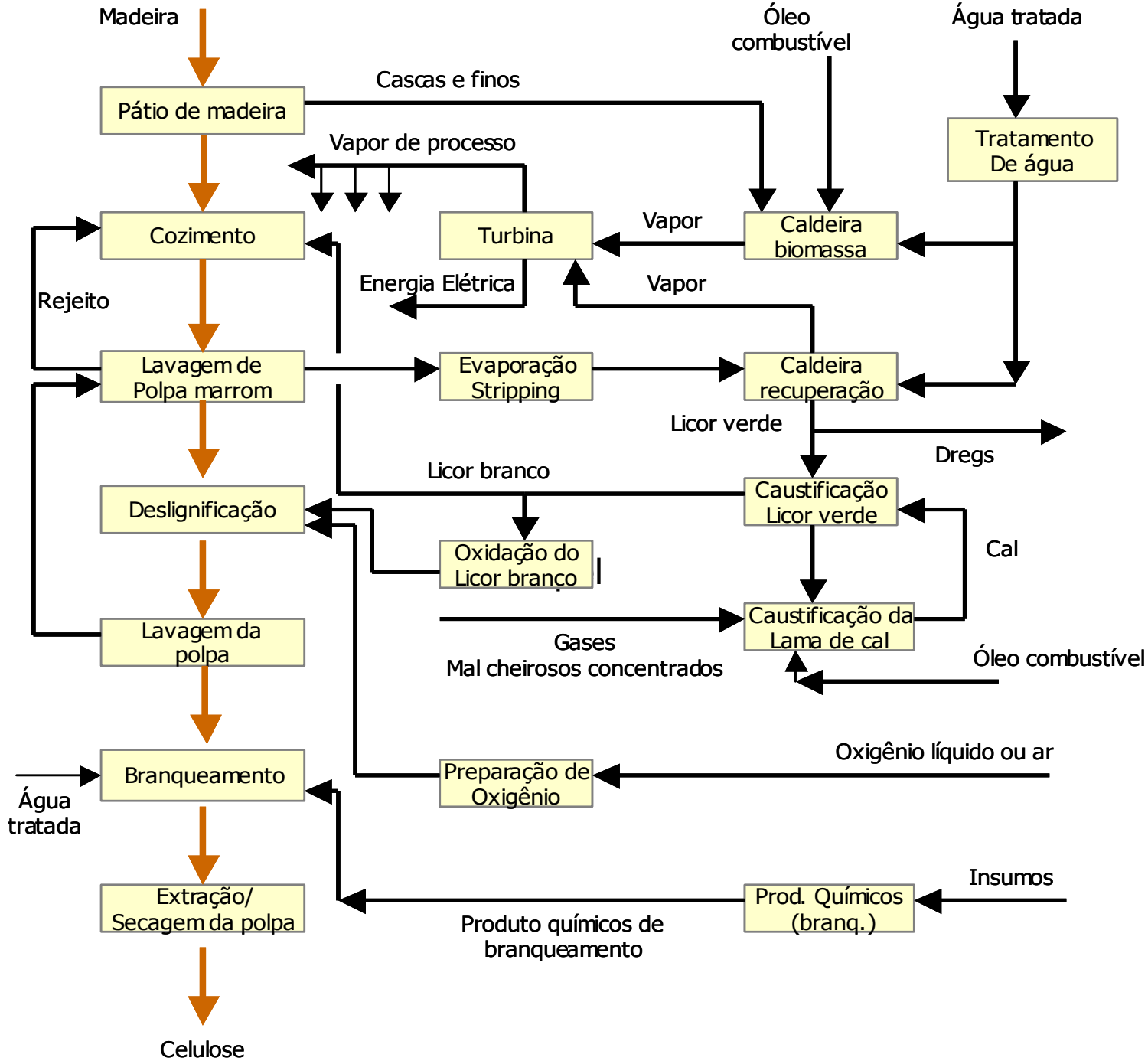
Produção científica da minha equipe

Tema: Ecoeficiência				
Autor(es)	**Título do trabalho**	**Ano**	**Tipo**	**Instituição**
Zeila Chittolina Piotto; D. M. Morita	• Ecoeficiência na indústria de celulose e papel	2003	• Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Sanitária)	• Universidade de São Paulo
Rita de Cássia Monteiro Marzullo; D. M. Morita; Patrícia H. L. dos Santos Matai	• Metodologia para o cálculo da pegada hídrica ecotoxicológica de produtos dentro de uma perspectiva de ACV com o uso de GIS: estudo piloto para o etanol hidratado	2016	• Tese (Doutorado em Energia e Ambiente)	• Universidade de São Paulo

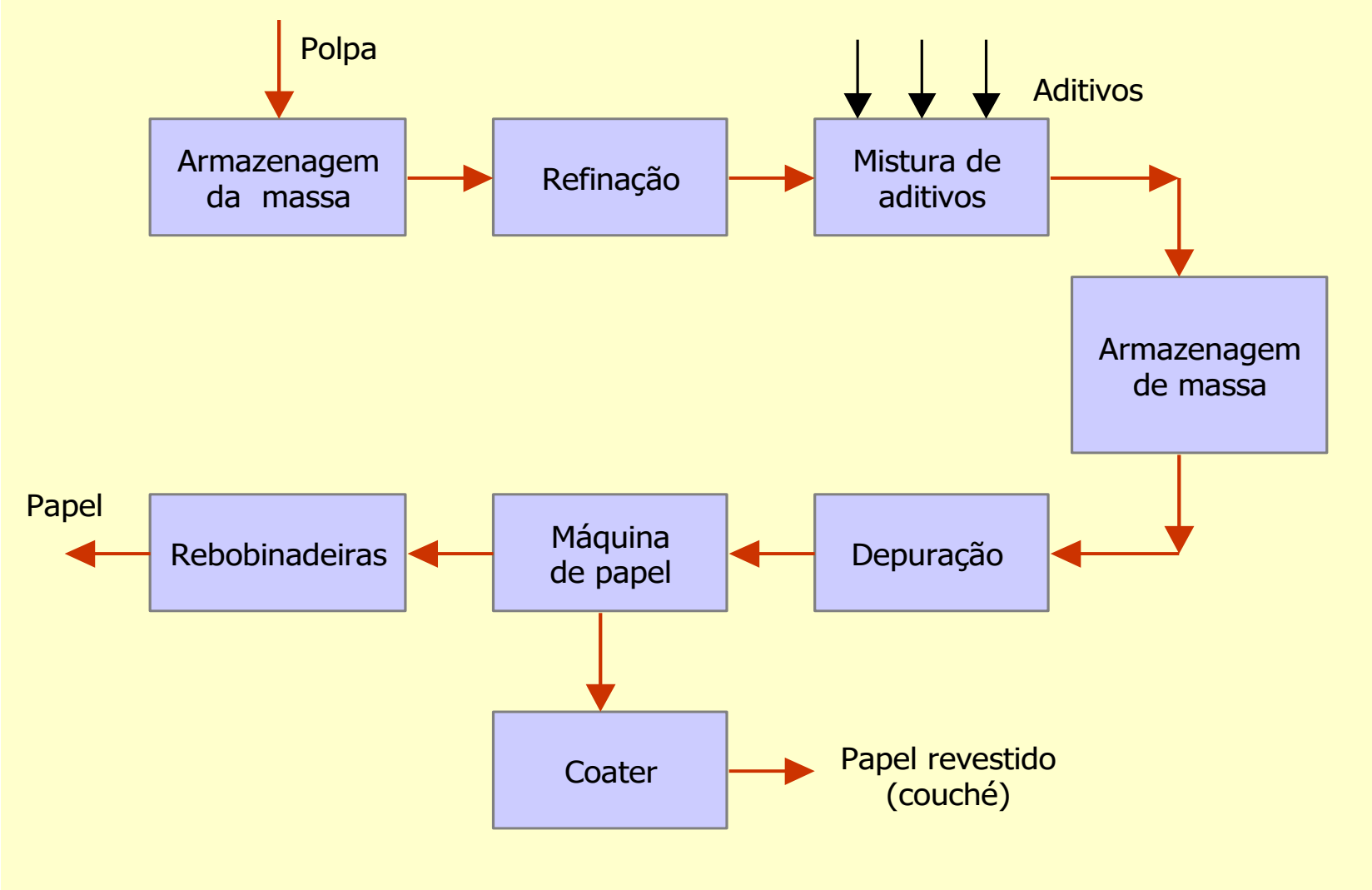
Ecoeficiência

Exemplo

Votorantim Celulose



Produção de papel



Vista da VCP Celulose e Papel

P-600 (1992 a 1994)

Objetivo : Dar continuidade operacional a unidade

- Nova caldeira de recuperação
- Novo sistema de evaporação
- Novo sistema de caustificação
- Turbogerador

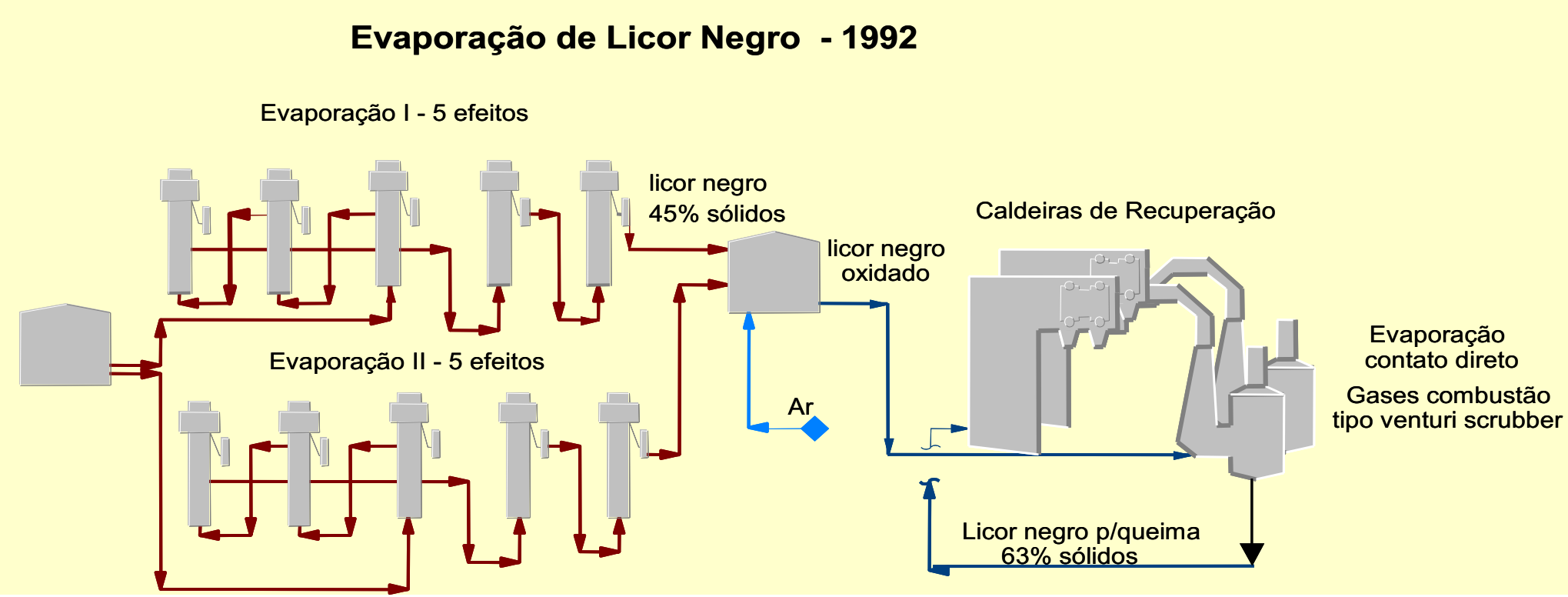
US$ 150 milhões

Principais problemas ambientais:

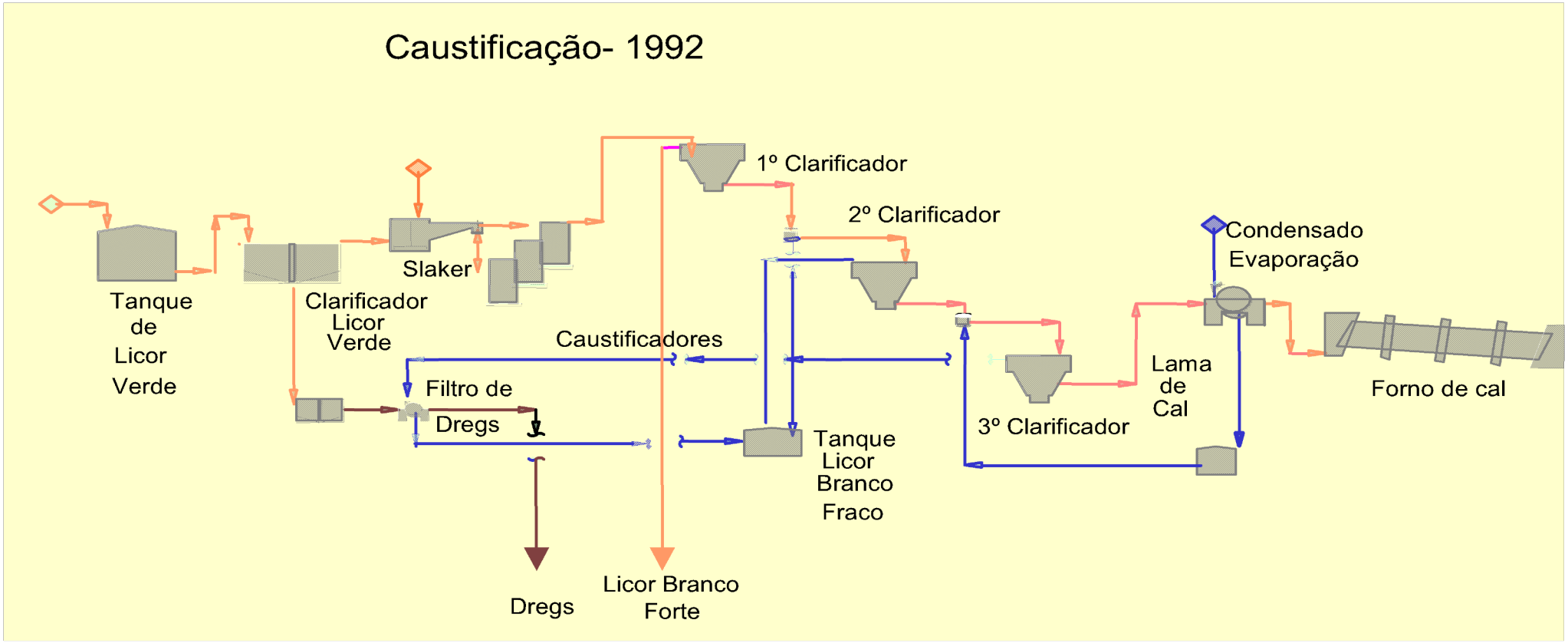
- **Elevada emissão de gases reduzidos de enxofre (TRS);**
- **Elevada emissão de MP;**
- **Cor elevada das águas residuárias;**
- **Consumo elevado de água e alta geração de efluente industrial**

Rio Jaguari
Rio Paraíba do Sul

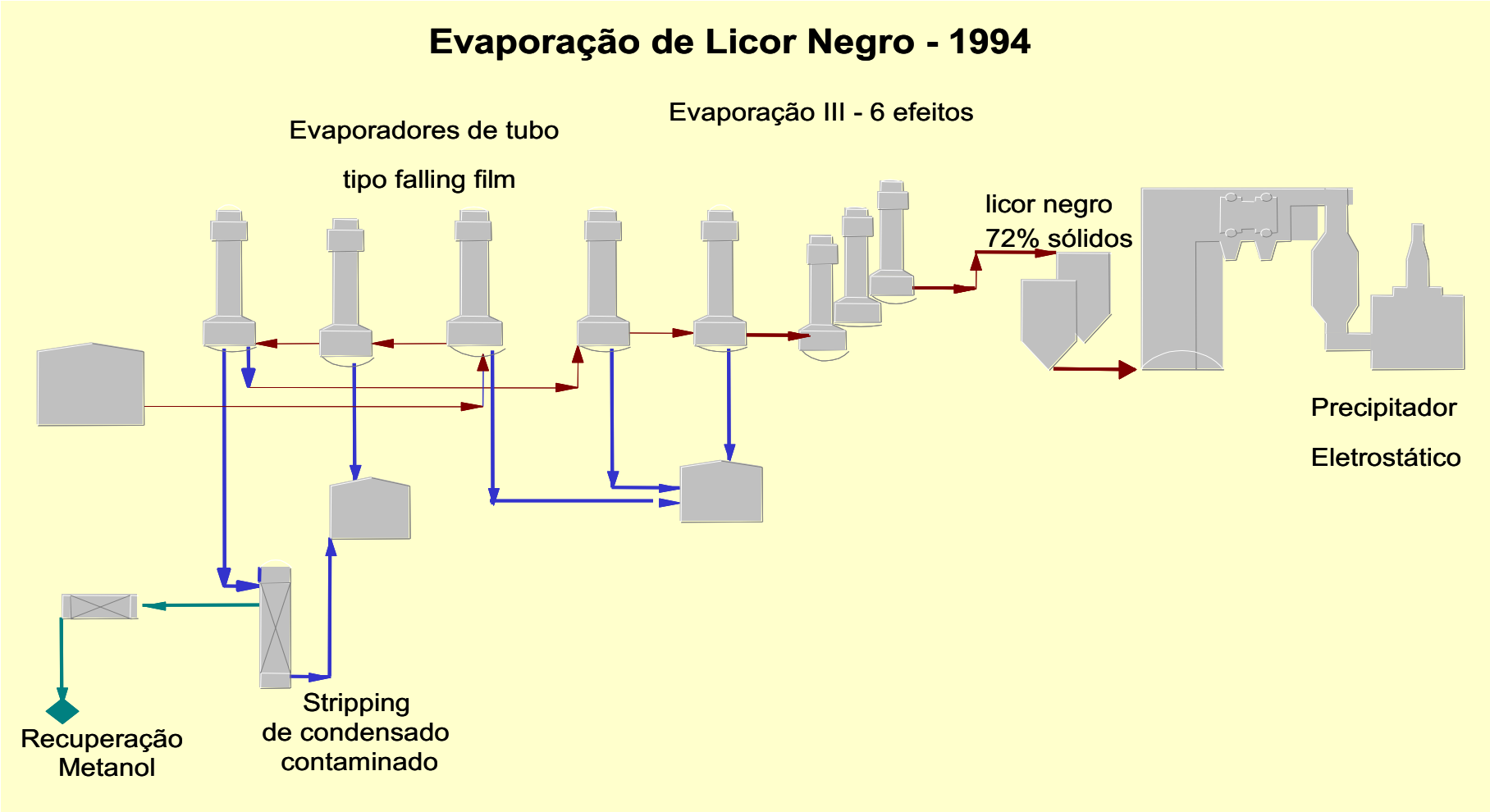
Evaporação de licor negro (1992)



Caustificação (1992)



Novo sistema de evaporação do licor negro (1994)



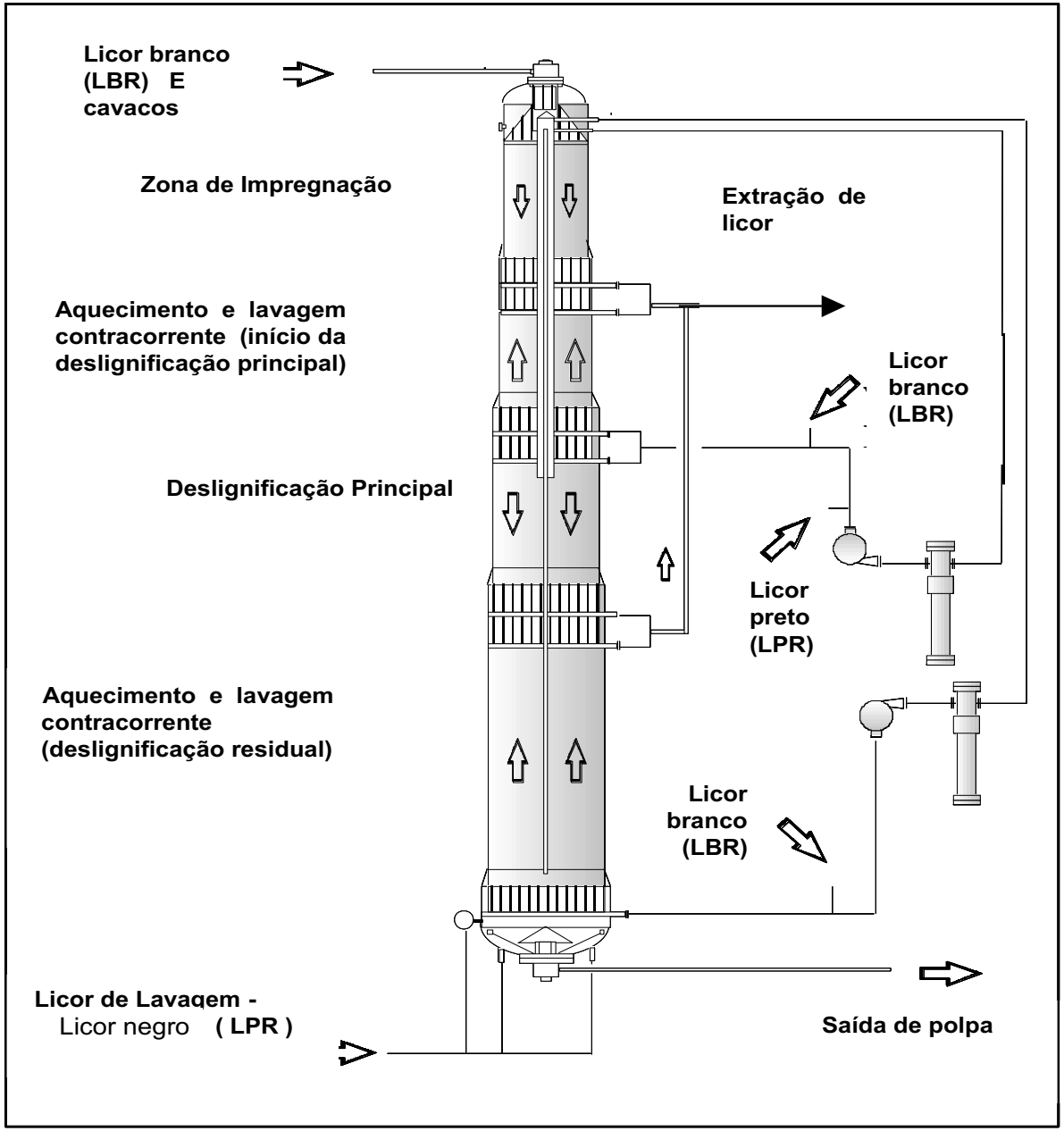
P-ECF (1995 a 1997)

Objetivo : Ampliar a produção de celulose de mercado

Novo digestor (BAT)
Sistema de deslignificação (BAT)
Nova linha de branqueamento (ECF e TCF) (BAT)
Nova máquina extratora de celulose
Novo sistema de caustificação e evaporação (BAT)

US$ 225 milhões

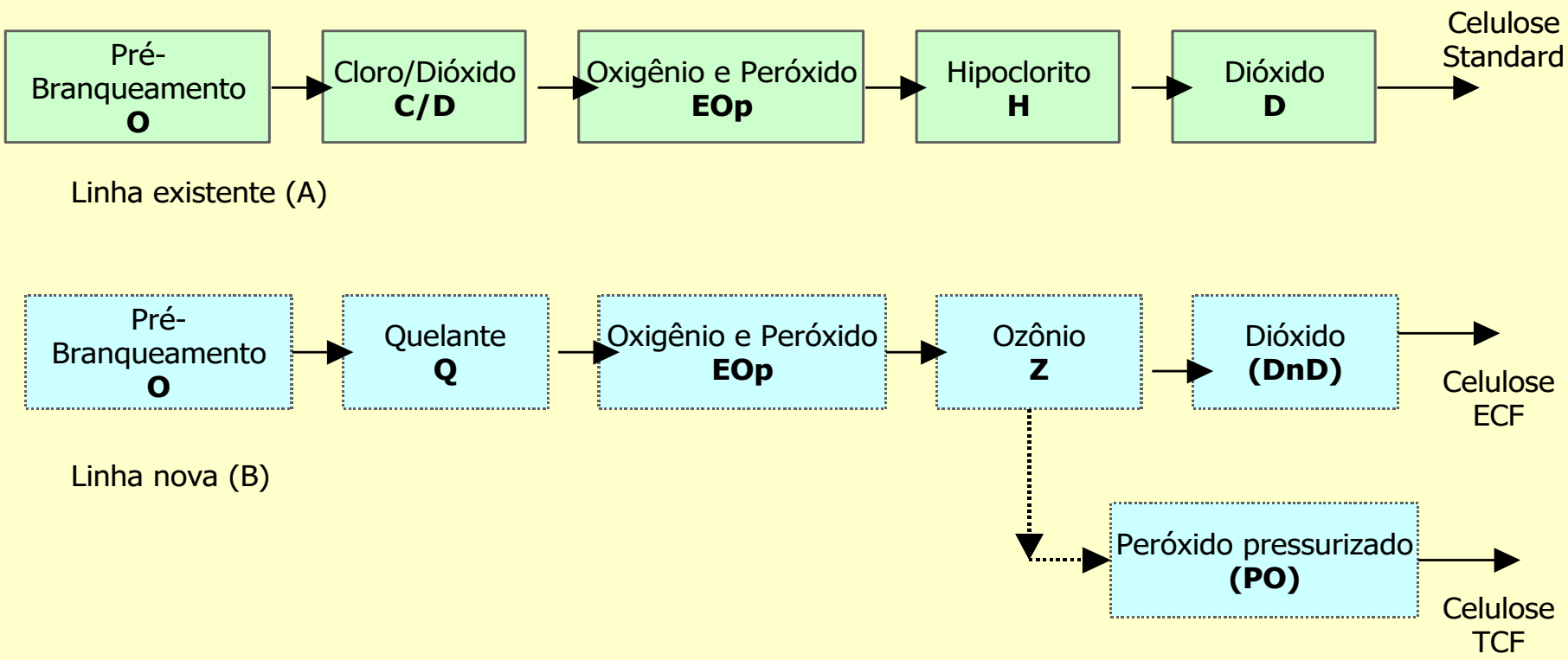
Foi o projeto mais importante do ponto de vista de melhoria do desempenho ambiental em virtude do uso das melhores tecnologias disponíveis



digestor Lo-solids®.

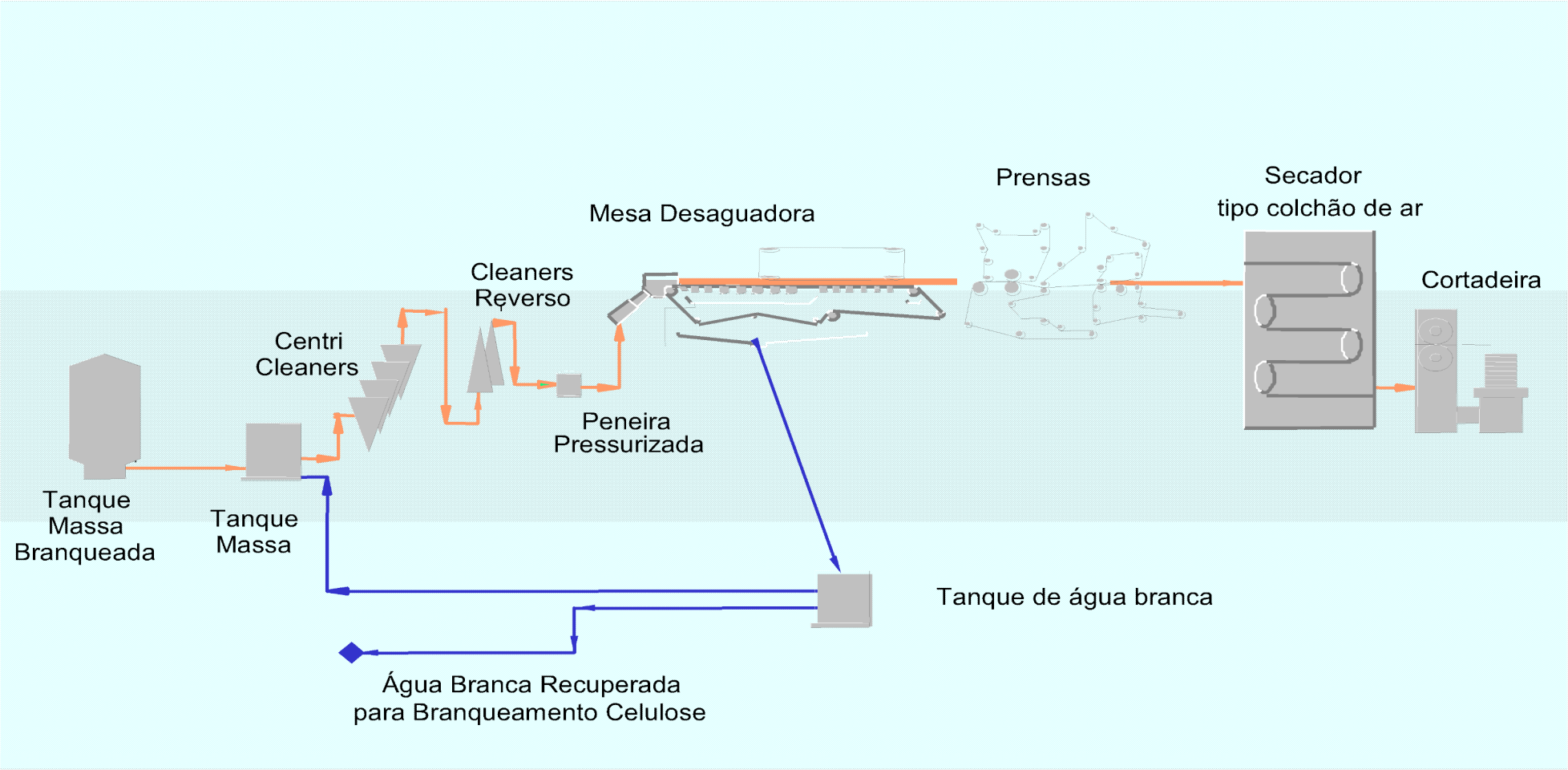
Fluxograma do branqueamento – Linhas A (existente) e B (nova)

Sequência de branqueamento

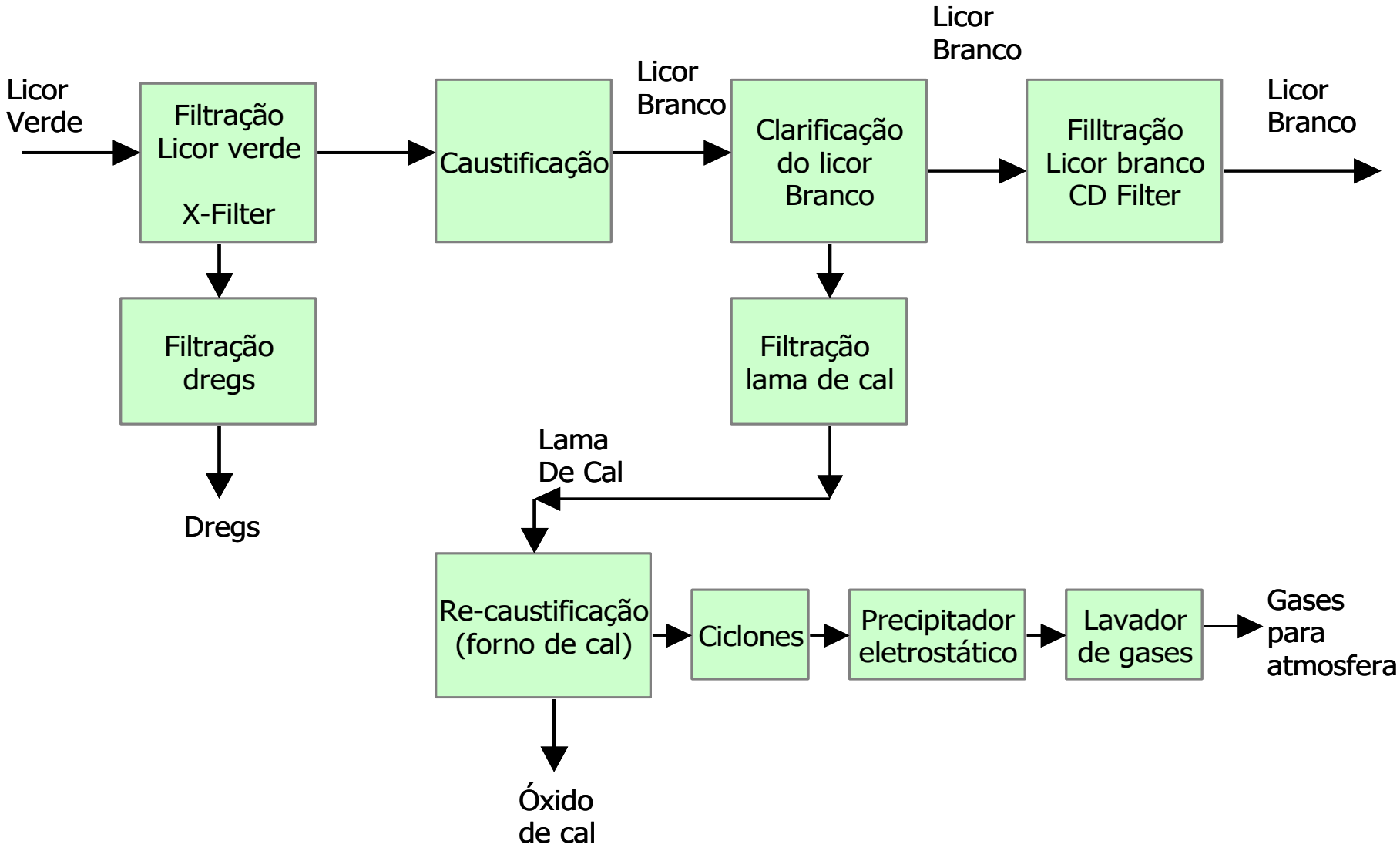


Nota: O parênteses ( ) indicam que não há lavagem da massa entre os dois estágios

Máquina extratora de celulose



Representação esquemática do sistema de caustificação do licor



P-1200 (1998-2000)

Objetivo : Otimização ambiental e pequeno aumento na produção de celulose

US$ 35 milhões

Eliminação do estágio de hipocloração da linha de fibras,

Conversão do branqueamento (possibilidade de produção de polpa ECF),

Nova ESTAR- Estação de tratamento de águas residuárias,

Instalação do 7º estágio de evaporação e reforma no stripper,

Instalação do precipitador eletrostático na caldeira de biomassa,

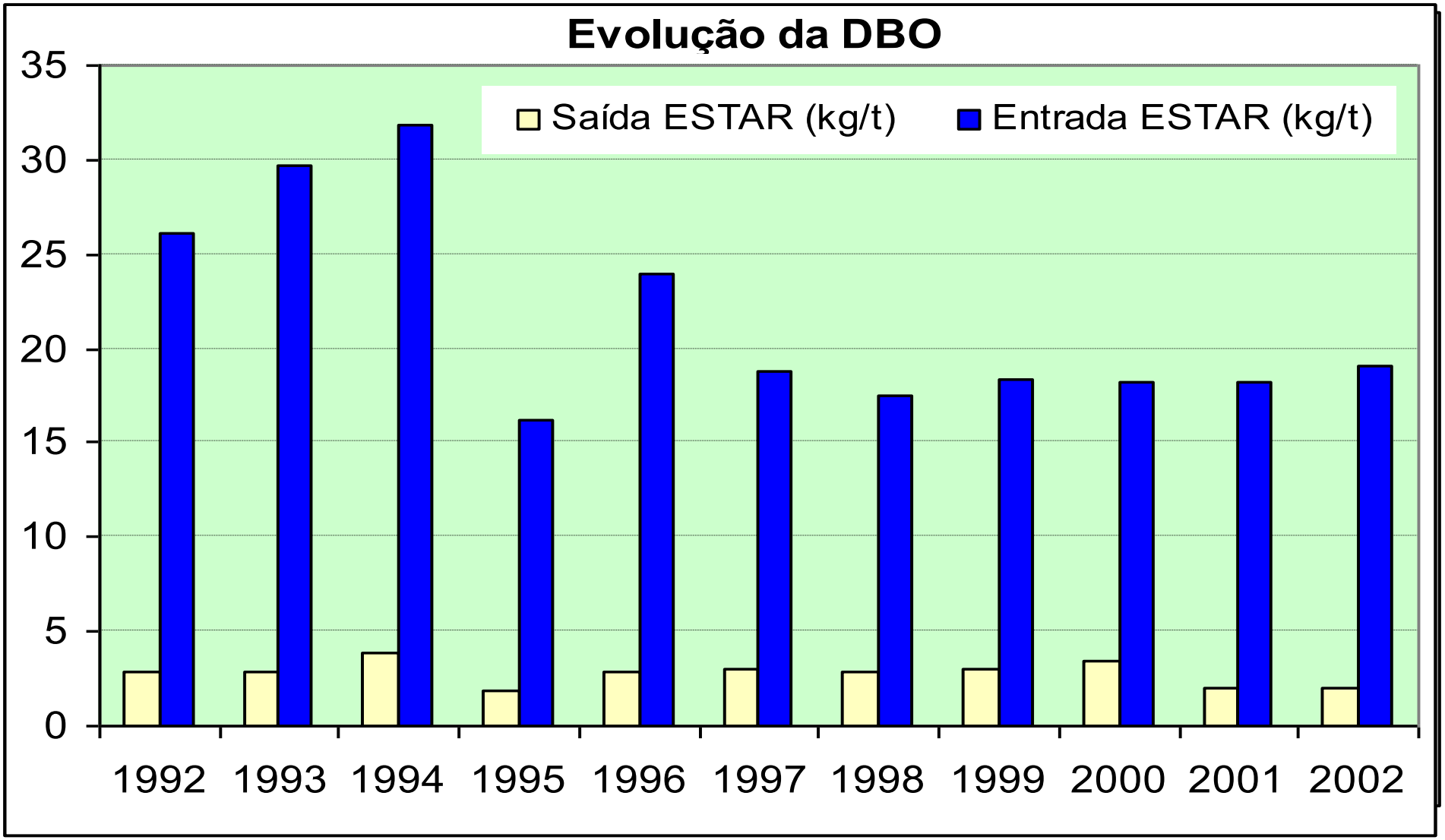
Alteração no branqueamento (linha B),

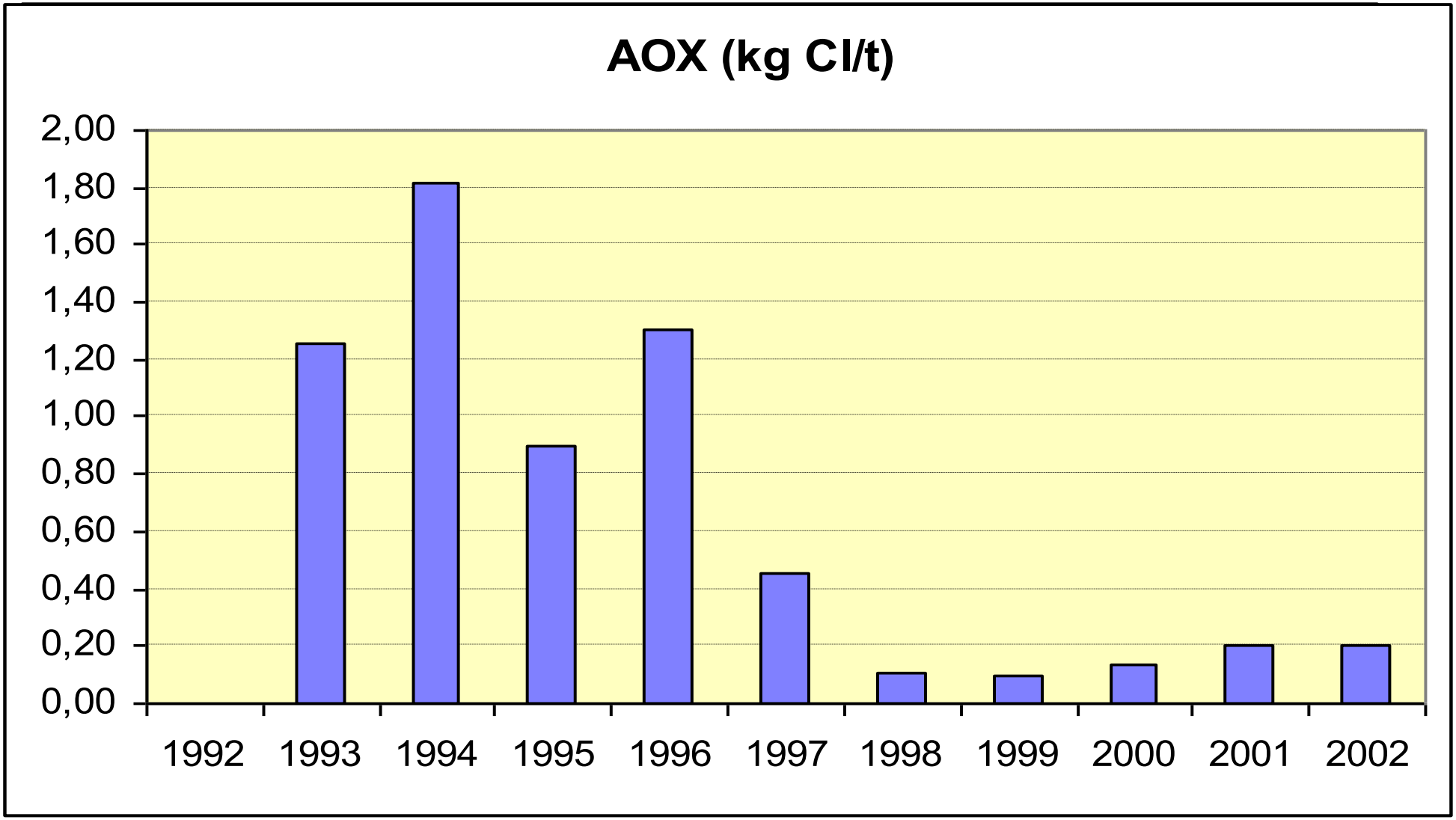
Fechamento de circuitos,

Torre de resfriamento, e

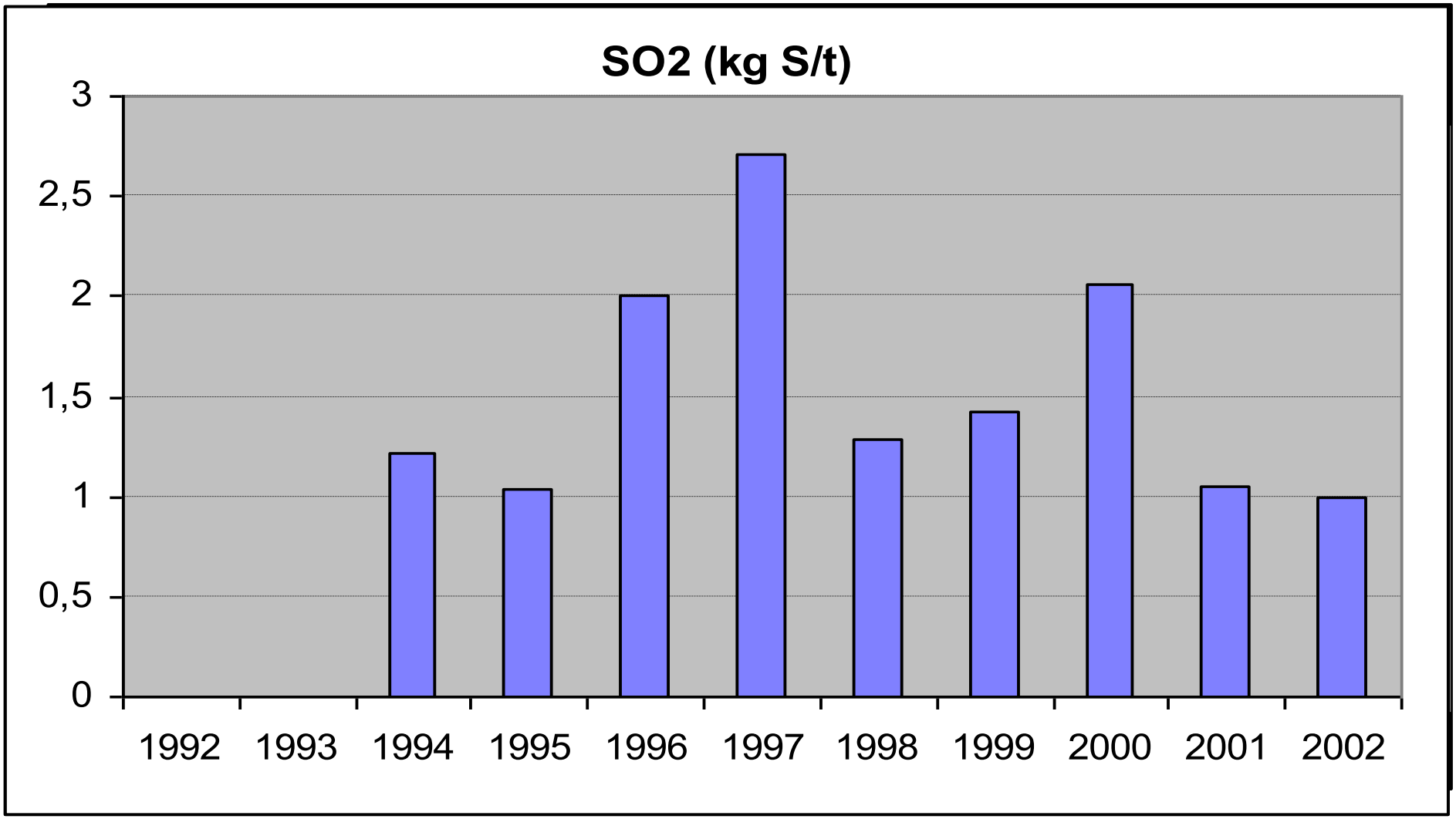
Otimização da extratora de celulose

Resultados - prevenção à poluição (CP) e Avaliação de Desempenho Ambiental (EPE)

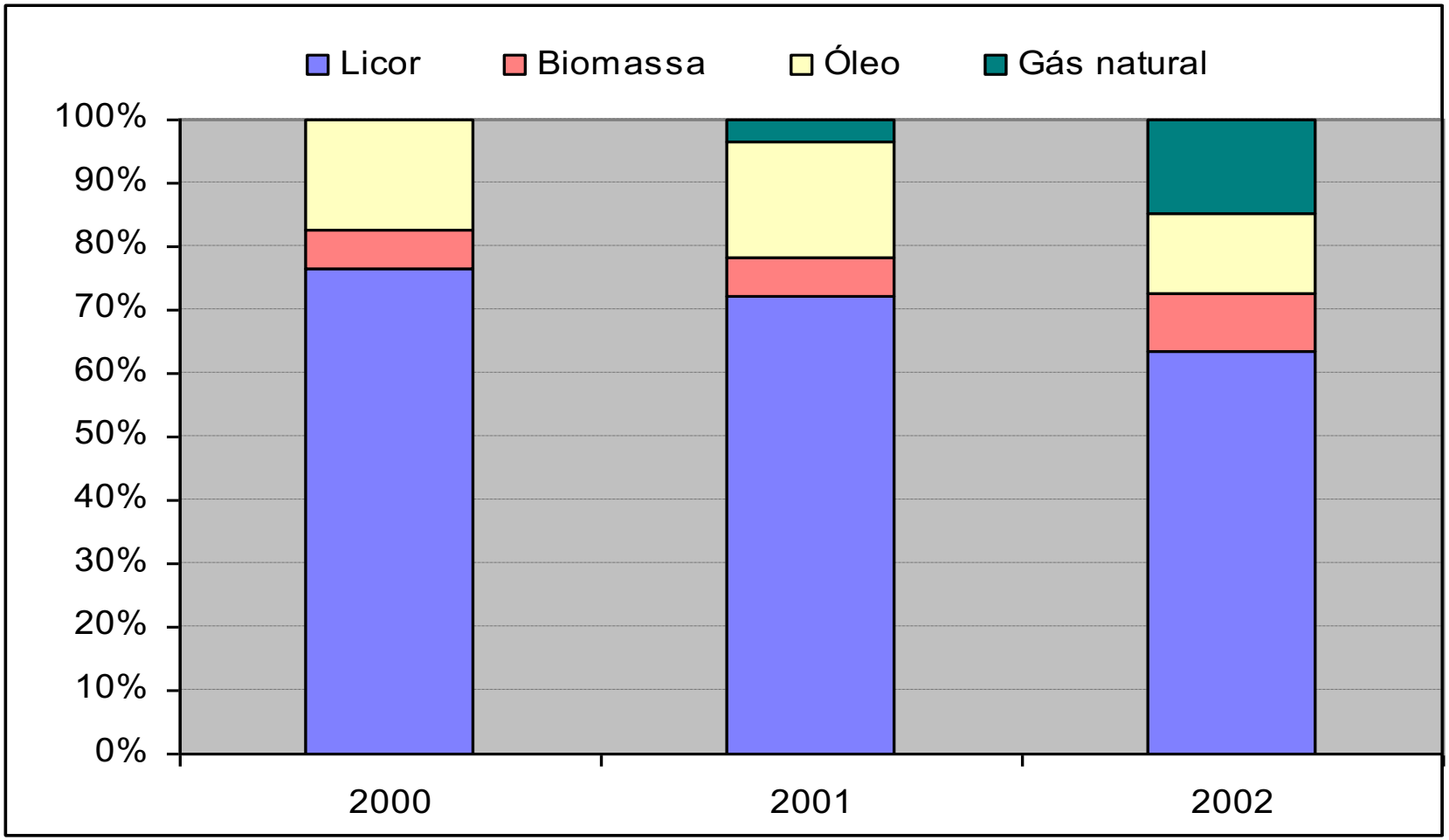



AOX (kg Cl/t)
2,00
1,80
1,60
1,40
1,20
1,00
0,80
0,60
0,40
0,20
0,00
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002

Resultados - Avaliação de Desempenho Ambiental (EPE)

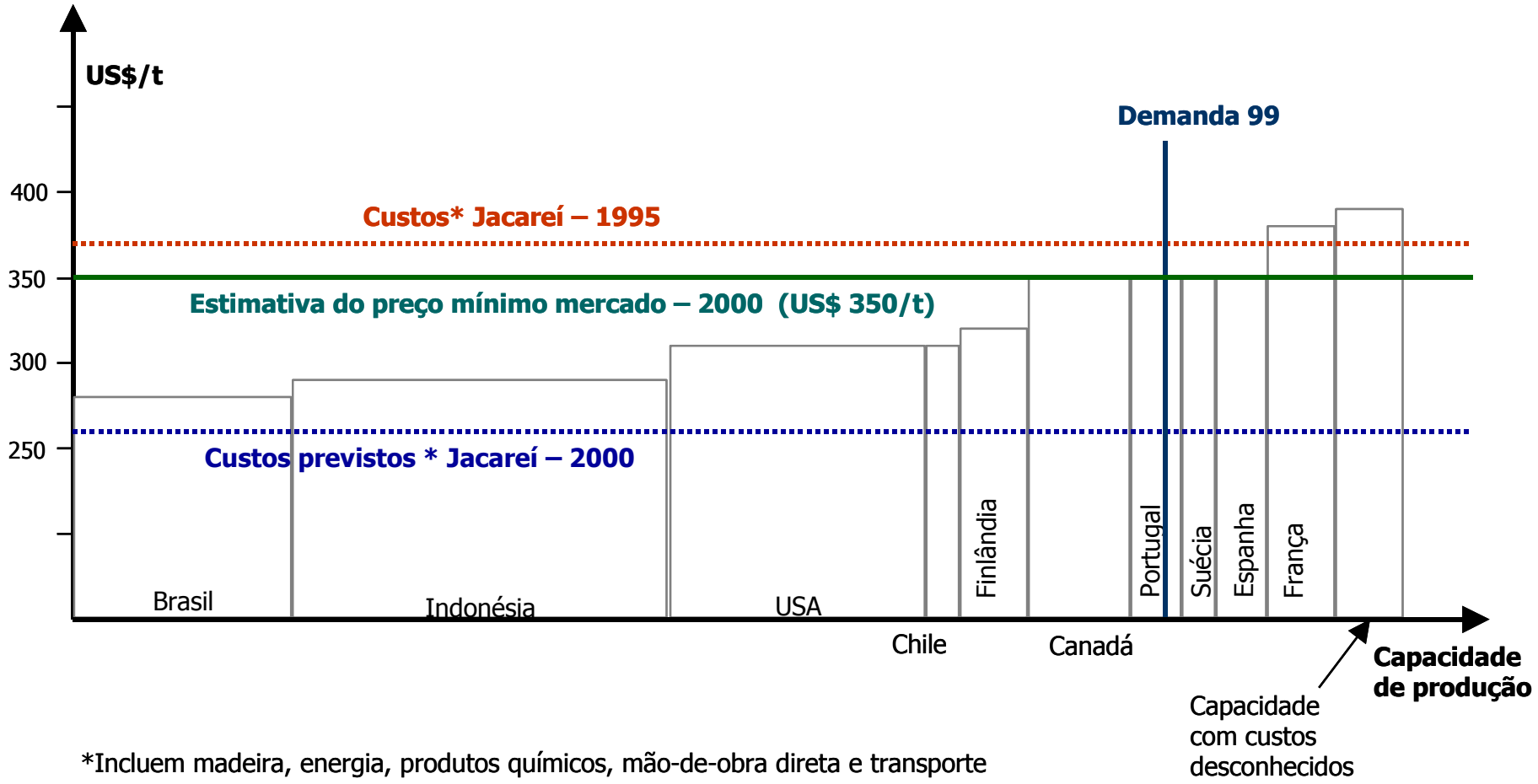


Resultado da prevenção à poluição - Matriz energética



Resultados - Contabilidade Ambiental (EAc)

Redução no custo de produção de celulose de 30%



*Incluem madeira, energia, produtos químicos, mão-de-obra direta e transporte

Resultados – Sistema de Gestão Ambiental (EMS)

- Mais de 70% dos produtos químicos usados no processo passaram a ser fornecidos em embalagens retornáveis;
- Redução de mais de 60% na quantidade de resíduo sólido encaminhada ao aterro municipal;
- Alguns resíduos oleosos, após implementação de sistemas de recuperação mais eficientes, foram reduzidos em mais de 90%;
- Substituição de 100% dos trapos utilizados para limpeza de peças por toalhas retornáveis.
- Revisão de contratos com fornecedores, responsabilizando-os pela coleta e disposição de embalagens
- Implementação da sistemática de qualificação de todos os receptores de resíduos sólidos.

Agenda

Contexto

Prevenção à poluição

Ecoeficiência

Ecologia industrial

Cradle to Cradle

Economia Circular

Saneamento 4.0

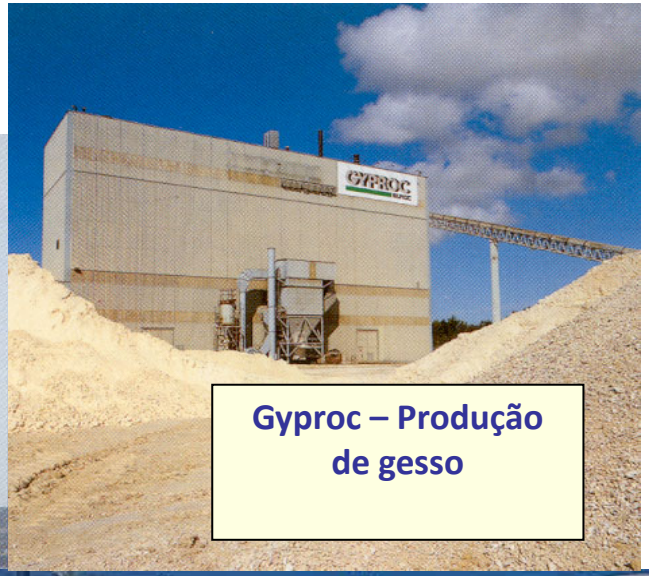
Referências Bibliográficas

Conceito

A região, a cidade ou a nação é vista como um ecossistema, no qual há transferência de massa e de energia

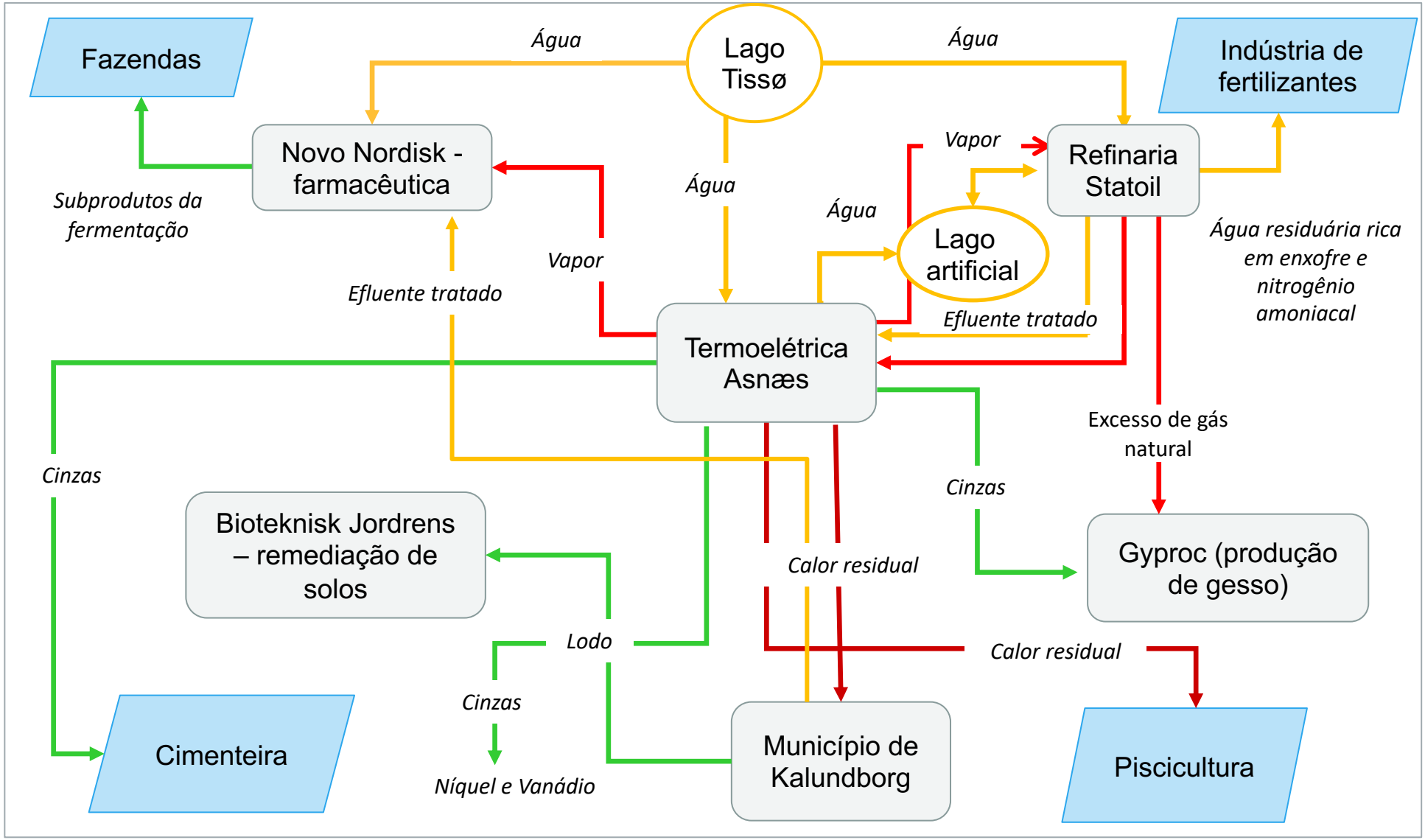
Fonte: Ehrenfeld (1997)

Exemplo: Kalundborg, Dinamarca



Fonte: Ehrenfeld; Gertler (1997)

Simbioses industriais em Kalundborg hoje



Exemplo: National Industrial Symbiosis Programme (NISP)

LINK:
https://www.youtube.com/watch?v=cGsu73UwHfE&feature=player_detailpage

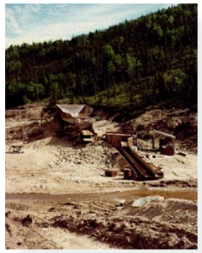
Exemplo: Uso benéfico de lodo de ETA

Experimentos em escala real

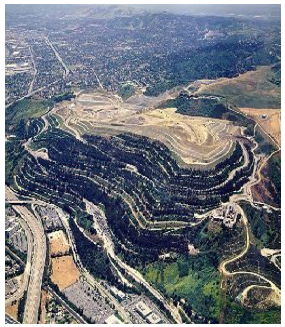
Em operação

Agricultura/Controle de eutrofização

Recuperação de áreas degradadas



Cobertura de aterros sanitários



Revestimento Cerâmico

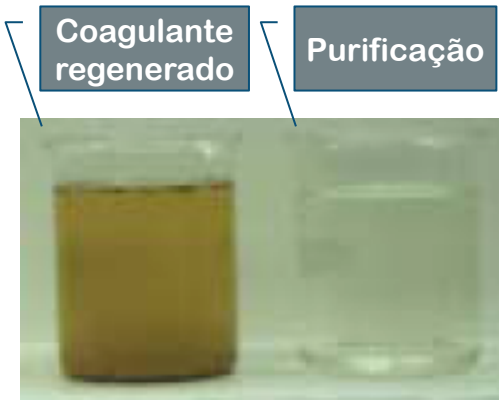
Cerâmica Vermelha

Cimenteira

Siderurgia

Curto Prazo

Recuperação de coagulantes



Produção científica da minha equipe

Tema: Ecologia industrial				
Autor(es)	**Título do trabalho**	**Ano**	**Tipo**	**Instituição**
Rafael Menni Novaes; D. M. Morita; Ricardo L. Isaac	• Viabilidade técnica da incorporação dos lodos das estações de tratamento de água do município de Campinas em blocos cerâmicos	2005	• Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)	• Universidade Estadual de Campinas
Patrícia de Souza Andrade; D. M. Morita	• Avaliação do impacto ambiental da utilização de resíduos de estações de tratamento de água em indústrias de cerâmica vermelha: estudo de caso	2005	• Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)	• Universidade Estadual de Campinas
Álvaro Chávez Porras; D. M. Morita, Ricardo L. Isaac	• Uso de lodo de estação de tratamento de água e agregado reciclado miúdo na fabricação de elementos de alvenaria	2007	• Tese (Doutorado em Engenharia Civil)	• Universidade Estadual de Campinas
Felipe Oliva Avancine; Dione M. Morita	• Analysis of Brazilian Industrial Symbiosis Program	2013	• Dissertação (Mestrado em Ecologia Industrial)	• Delft University of Technology
Vitor T. Chaves, D. M. Morita; Iara R. S. Chao; Ronan C. Contrera	• **Phosphorus recovery from sewage with a decentralized, sustainable and, low-cost treatment system**	2019	• Artigo decorrente de pesquisa conjunta com o Prof. Dr. Ronan Cleber Contrera	• Universidade de São Paulo

Agenda

Contexto

Prevenção à poluição

Ecoeficiência

Ecologia industrial

Cradle to Cradle

Economia Circular

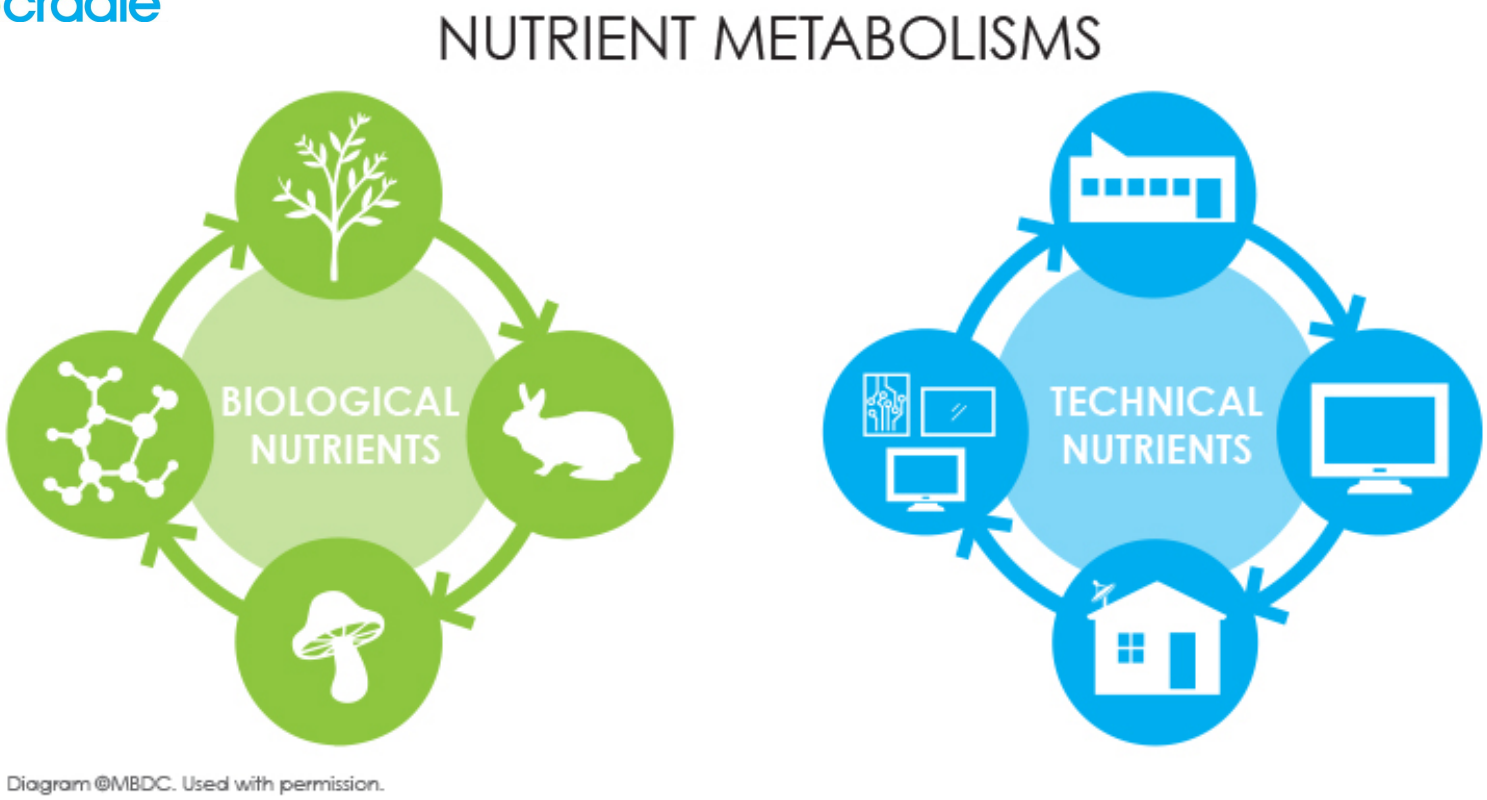
Saneamento 4.0

Referências Bibliográficas

Conceito

Michael Braungart e William MacDonough (2002)

Ecoefetividade em vez de ecoeficiência



Fonte: https://mcdonough.com/cradle-to-cradle/

Exemplos

SteelCase
(Holanda)

Puma (Alemanha)

Prédio do
Youtube (EUA)

Prédio da
Nasa
(EUA)

Fotos: https://epea-hamburg.com/

Agenda

Contexto

Prevenção à poluição

Ecoeficiência

Ecologia industrial

Cradle to Cradle

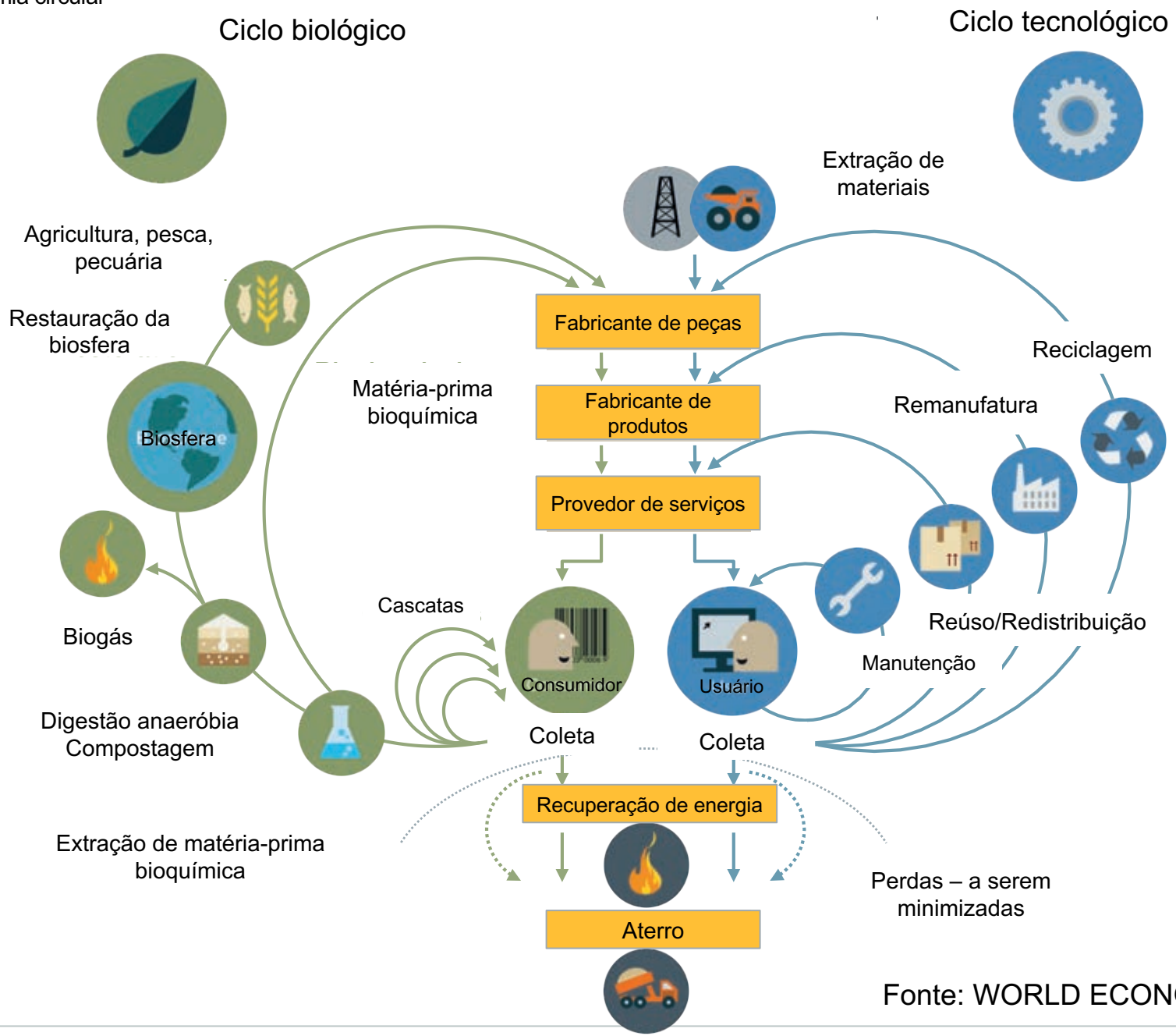
Economia Circular

Saneamento 4.0

Referências Bibliográficas

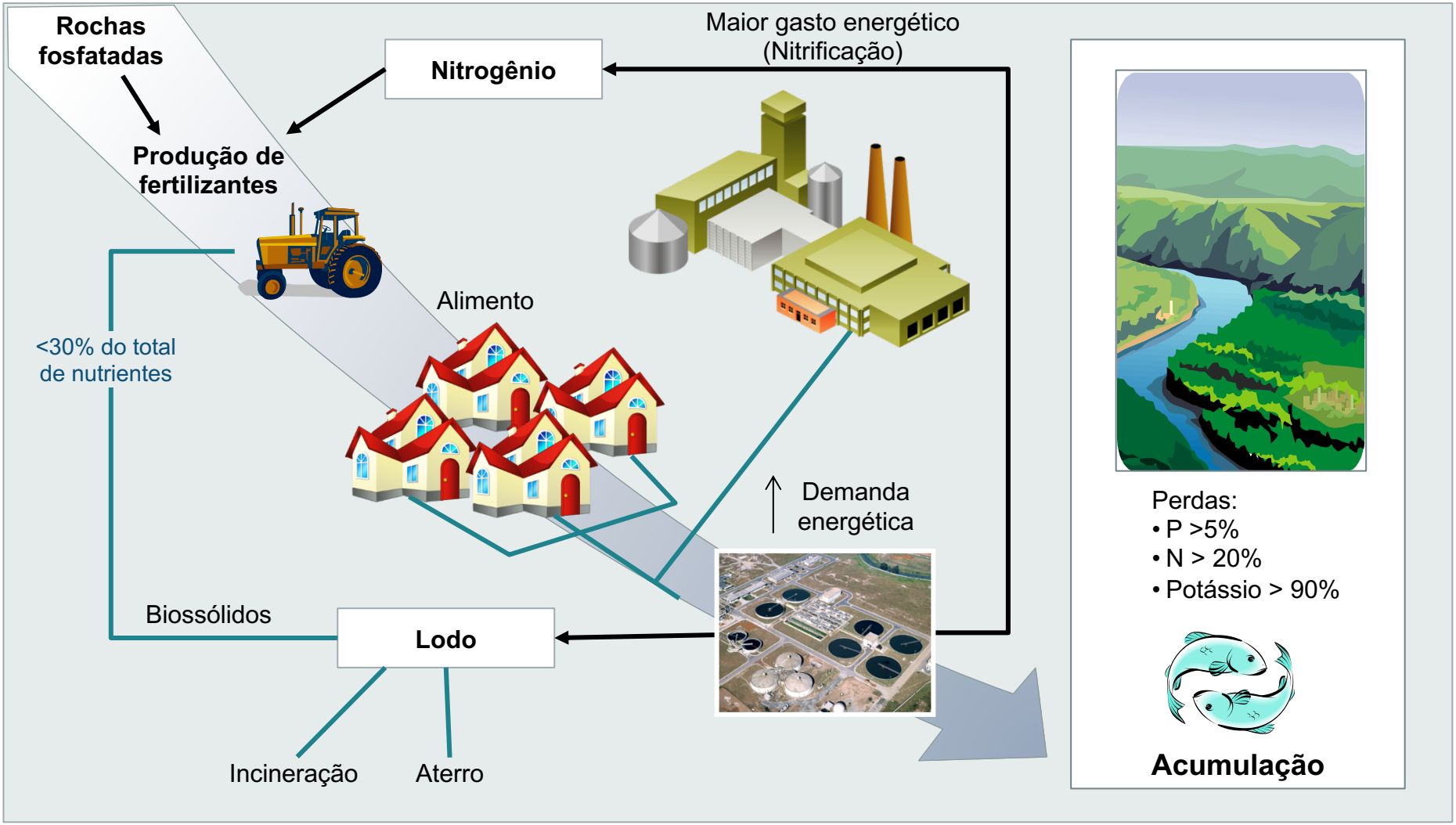
Conceito
Ano: 2010

LINK: https://www.youtube.com/watch?v=A5wn_iinbxw&feature=youtu.be



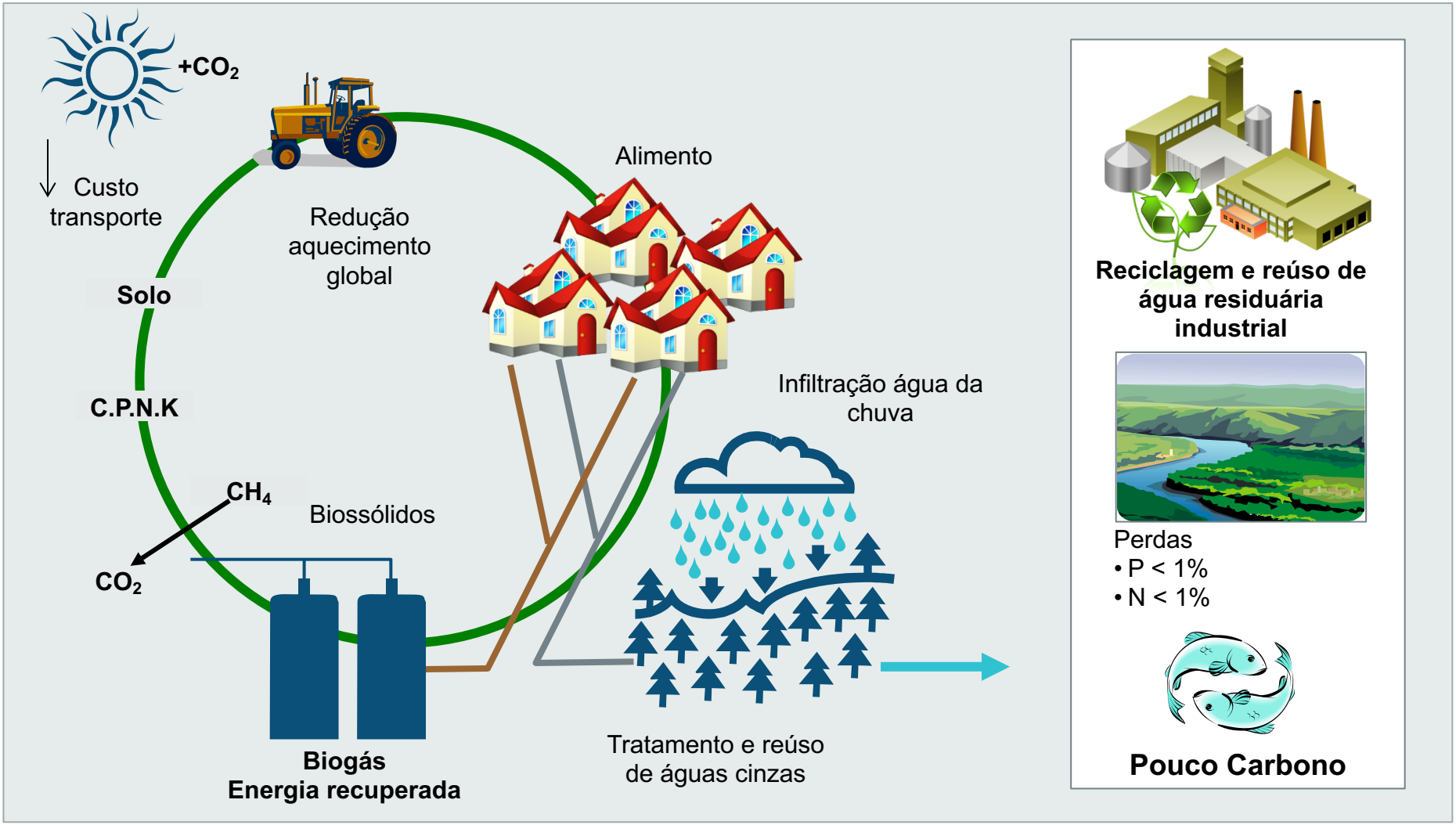
Fonte: WORLD ECONOMIC FORUM (2014)

Saneamento Convencional



FONTE: OTTERPOHL; GROTTKER; LANGE (1997)

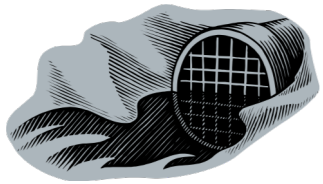
Saneamento Ecológico



FONTE: OTTERPOHL; GROTTKER; LANGE (1997)

Separação das águas

Esgoto doméstico

Água amarela (urina)	**Água Marrom** (Fezes)	 **Água Cinza** (Chuveiro, pia, etc.)	**Água Azul** (Chuva)
Estocagem, congelamento, precipitação e evaporação	Digestão anaeróbia, compostagem	Wetlands, tratamento biológico com membrana	Filtração, tratamento biológico, etc
Fertilizante líquido ou sólido	Biogás, condicionador de solo	Irrigação, reúso, etc.	Fonte de água

Fonte: GANROT (2005)

Saneamento Ecológico

Mictório sem água

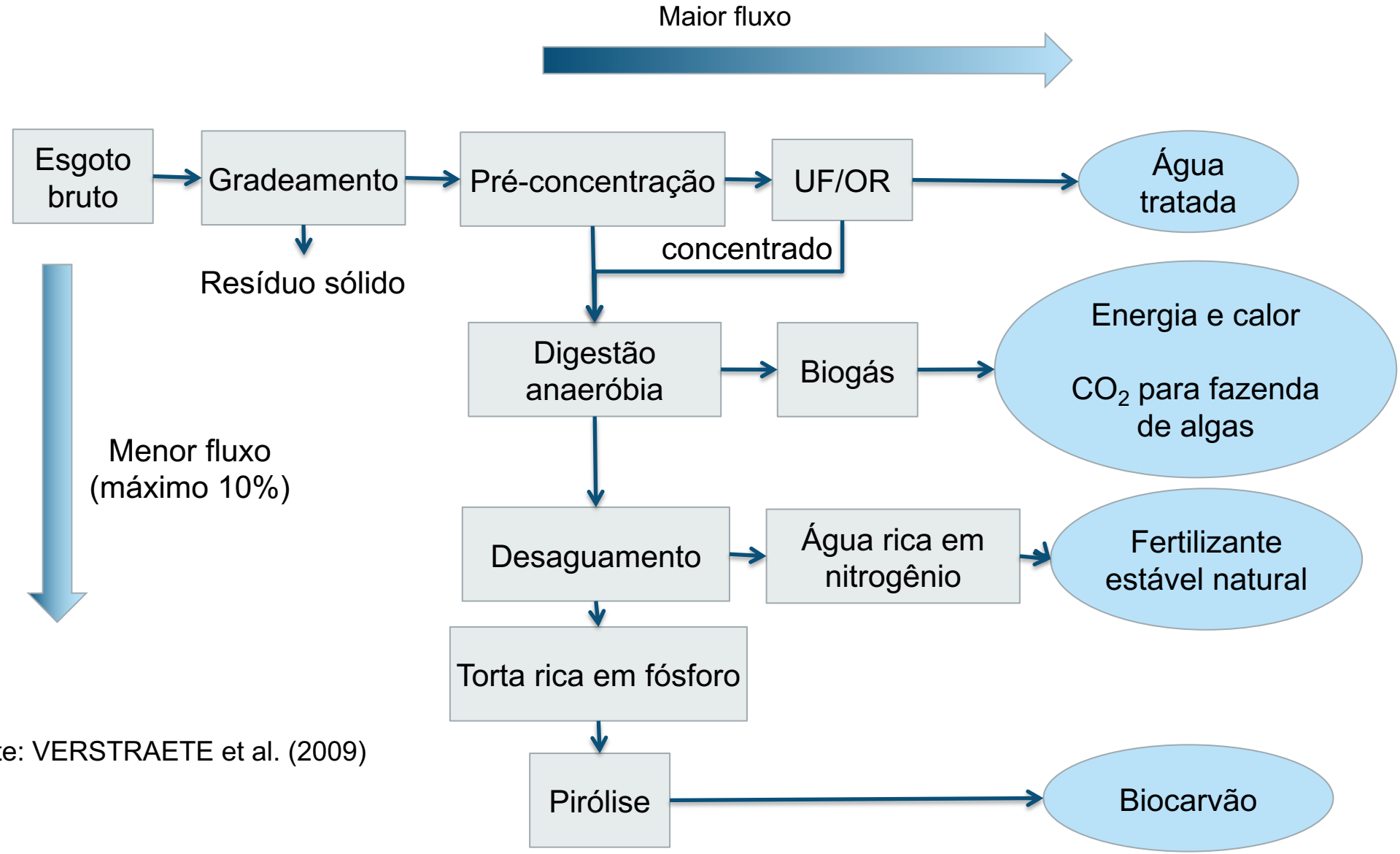
Separação de urina e fezes

SEI STOCKHOLM ENVIRONMENT INSTITUTE

Bacia sanitária sem água

LINK: https://www.youtube.com/watch?v=iX0jAn-iNng

Máxima utilização dos recursos do esgoto – sistema centralizado



Fonte: VERSTRAETE et al. (2009)

Produção científica da minha equipe

Tema: Saneamento Ecológico				
Autor(es)	**Título do trabalho**	**Ano**	**Tipo**	**Instituição**
Fernando Ngan Aidar; D. M. Morita	• Fatores intervenientes na cristalização da estruvita para a recuperação do fósforo de esgoto	2012	• Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)	• Universidade de São Paulo
Lina Marcela Sánchez Ledesma; D. M. Morita	• Produção de estruvita a partir do esgoto doméstico	2014	• Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)	• Universidade de São Paulo
Amanda de Melo do Nascimento; D. M. Morita	• Produção de estruvita a partir de urina humana e sua utilização como fertilizante em plantação de arroz	2016	• Iniciação científica (Engenharia Ambiental, Escola de Engenharia de Lorena)	• Universidade de São Paulo
Renan de Luca Ávila; Dione M. Morita; Fernando A. Kurokawa	• Modelo matemático para previsão de potencial de produção de estruvita a partir de águas residuárias e de urina humana	2017	• Iniciação científica (Engenharia de Computação da Escola Politécnica)	• Universidade de São Paulo

Agenda

Contexto

Prevenção à poluição

Ecoeficiência

Ecologia industrial

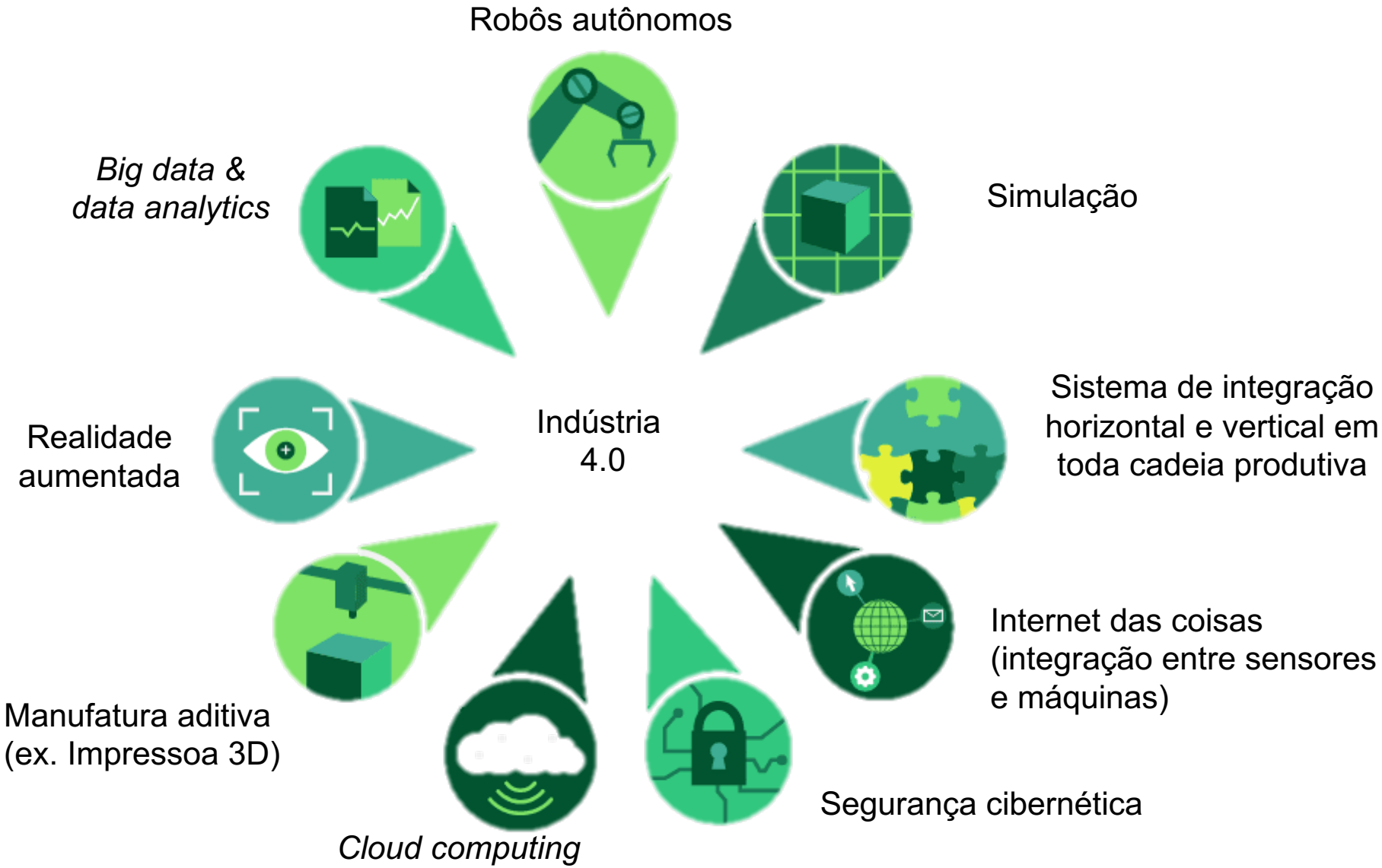
Cradle to Cradle

Economia Circular

Saneamento 4.0

Referências Bibliográficas

Tecnologias usadas na indústria 4.0



Fonte: https://www.bcg.com/capabilities/operations/embracing-industry-4.0-rediscovering-growth.aspx

Sistema de integração horizontal e vertical em toda cadeia produtiva: não é possível ter uma visão fragmentada

Visão do gestor

Matéria prima

Produtos químicos

Adução

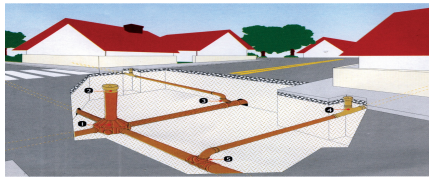
Insumos

ETA

Geração de resíduos

Distribuição

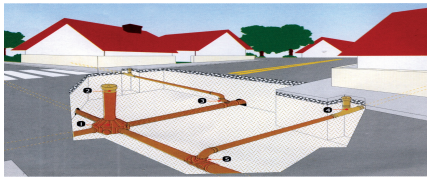
População



Energia

Lodos

Esgoto doméstico



ENDs[1] – Industriais, comerciais e de serviços

Produtos químicos

Coleta e transporte

Insumos

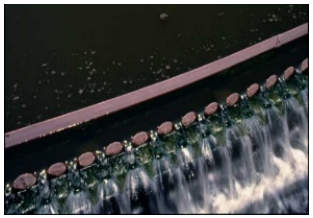
Visão do gestor

ETE

Geração de resíduos

Lançamento

Efluente final



Lodos

Energia

(1) Efluentes não domésticos

Monitoramento na atualidade

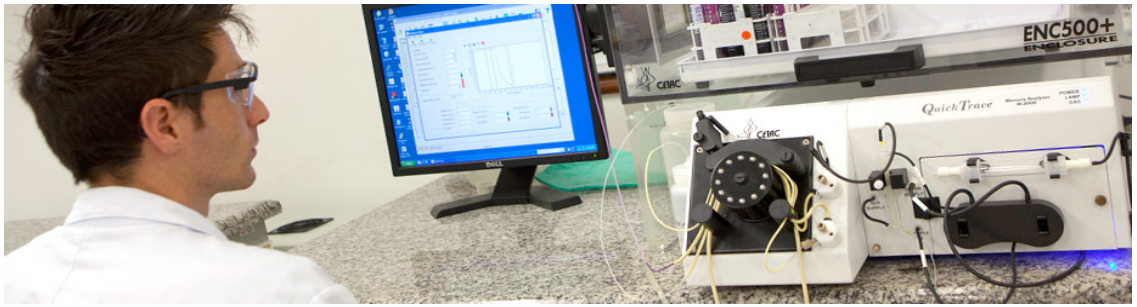
Monitoramento em mananciais, corpos d'água receptores, ETEs e ETAs

- Amostras simples, que só representa as características da amostra em um determinado espaço e tempo
- Dados qualitativos sem correlação com dados quantitativos
- Baixa frequência de amostragem
- Falta análise mais aprofundada dos dados obtidos
- Dados obtidos não permitem a aplicação imediata de modelos de previsão
- Linguagem inadequada para informar a população

Amostragem

http://www.cetesb.sp.gov.br/tecnologia-ambiental/laboratorios/59-servicos---amostragem

Análises



http://www.anatech.com.br/servicos/analises-ambientais

Monitoramento no contexto do Saneamento 4.0

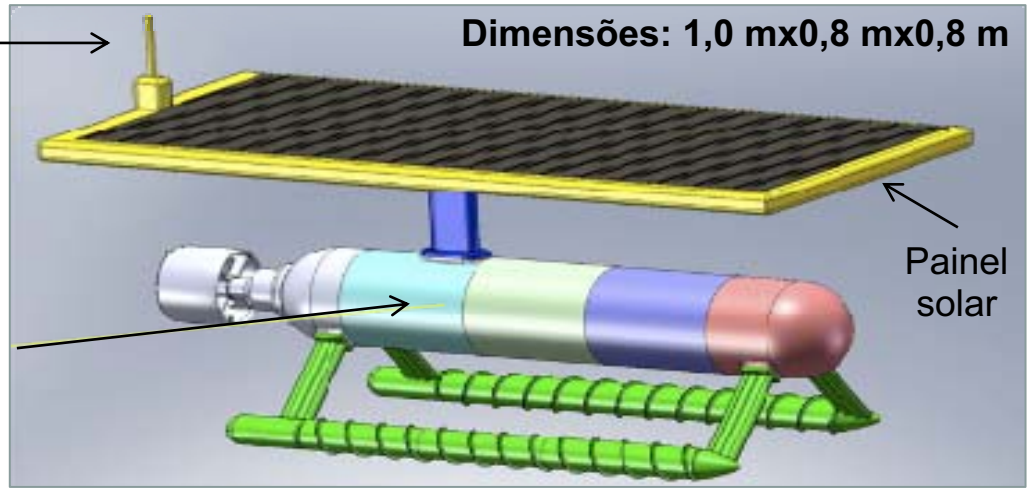
Flutuador e microsensores

Permite a determinação das concentrações de diversas variáveis, através da integração de diferentes sensores

Principais vantagens:

- Autocalibração;
- Análise em tempo real;
- Determinação das concentrações em diferentes pontos de monitoramento;
- Fácil transporte;
- Menor custo em relação aos sistemas convencionais (p. ex. boias);
- Armazenamento de dados na nuvem
- Baixo consumo de energia

GPS, antena

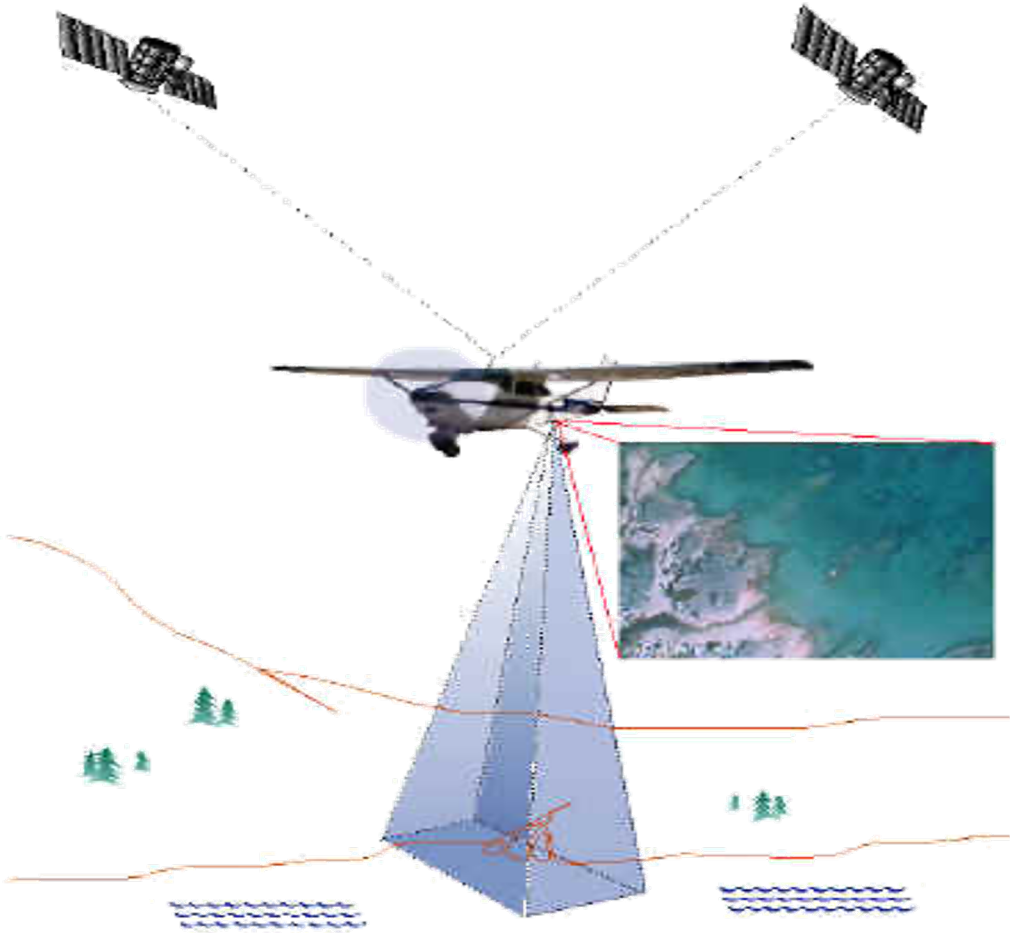


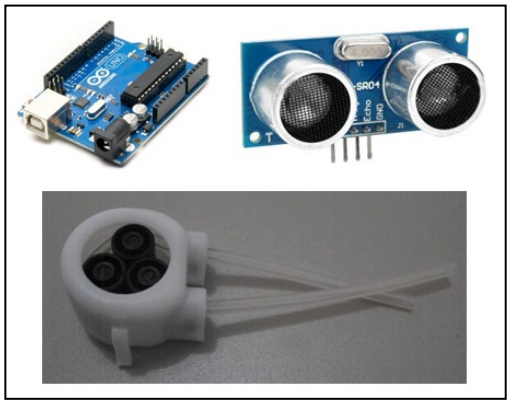
Sensores, sistema de controle, bateria, etc

Sensores: temperatura, salinidade, turbidez, pH, metais pesados, óleos e graxas, PCR

Monitoramento em áreas remotas

Sensores aeroportados





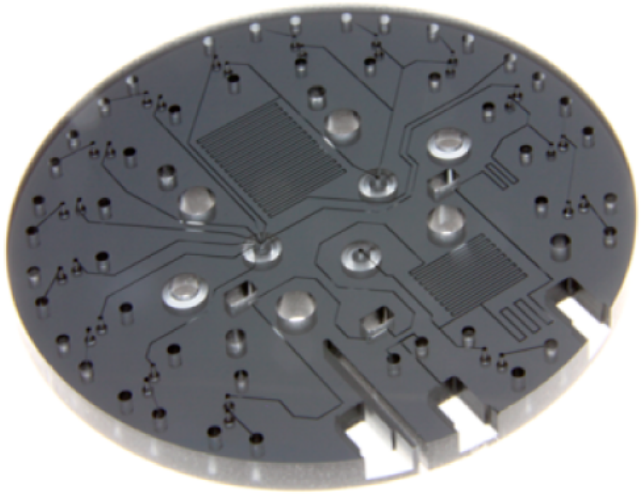
Substituição ao laboratório convencional

Laboratório em um chip (*Lab on a chip*)

Todas as etapas do procedimento analítico para determinação da concentração de uma variável de qualidade de água são realizadas em um microlaboratório (chip), cujas dimensões são bastante reduzidas

Principais vantagens:
- Análise em tempo real
- Fácil transporte
- Baixo custo
- Baixo consumo de reagentes
- Baixa geração de resíduos

Lab on a chip para determinação das concentrações de nitrato e nitrito em águas

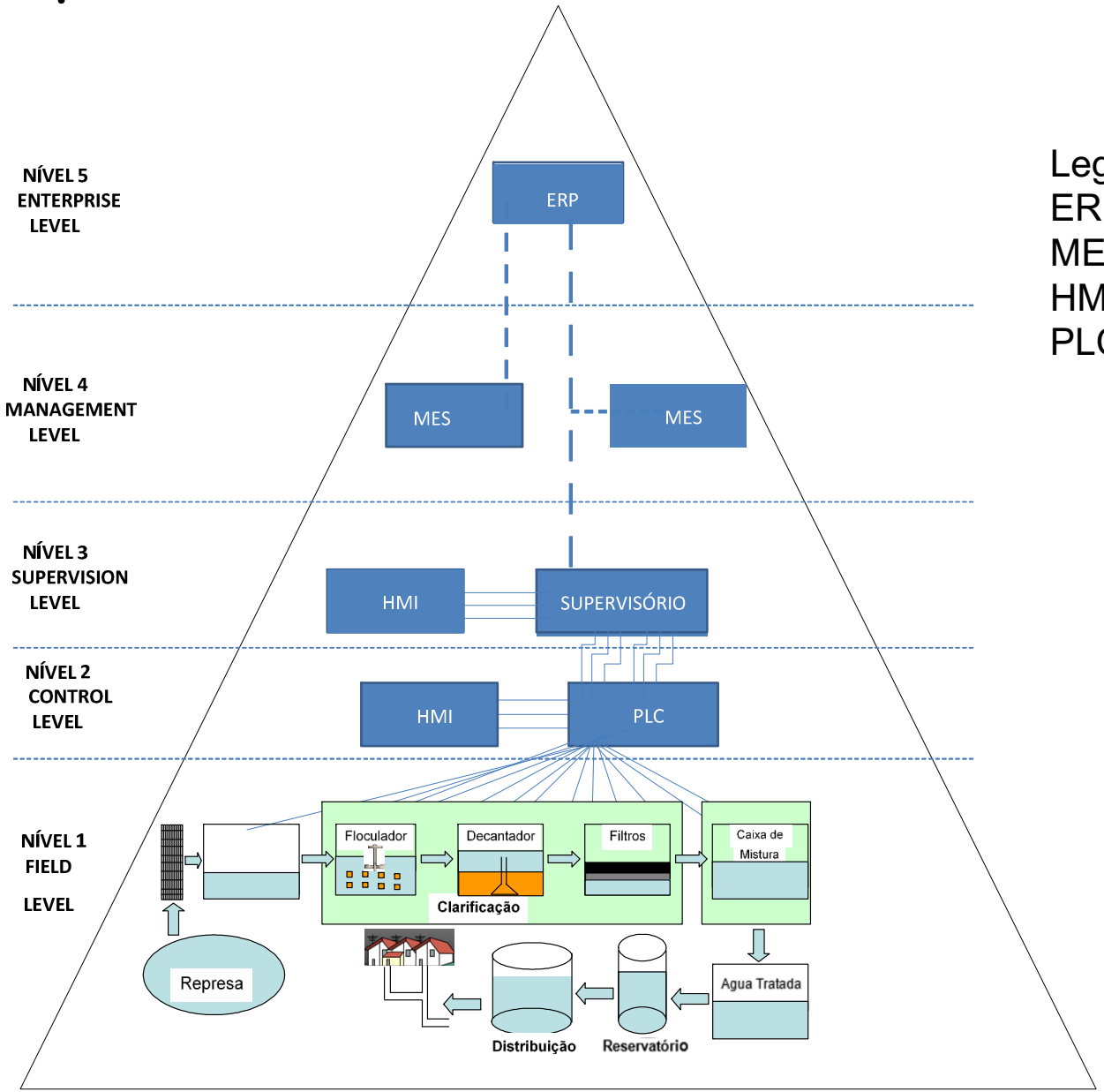


Fonte: BEATON et al. (2012)

Impressora 3D

LINK: https://www.youtube.com/watch?v=nH-zpnoNLEU&app=desktop

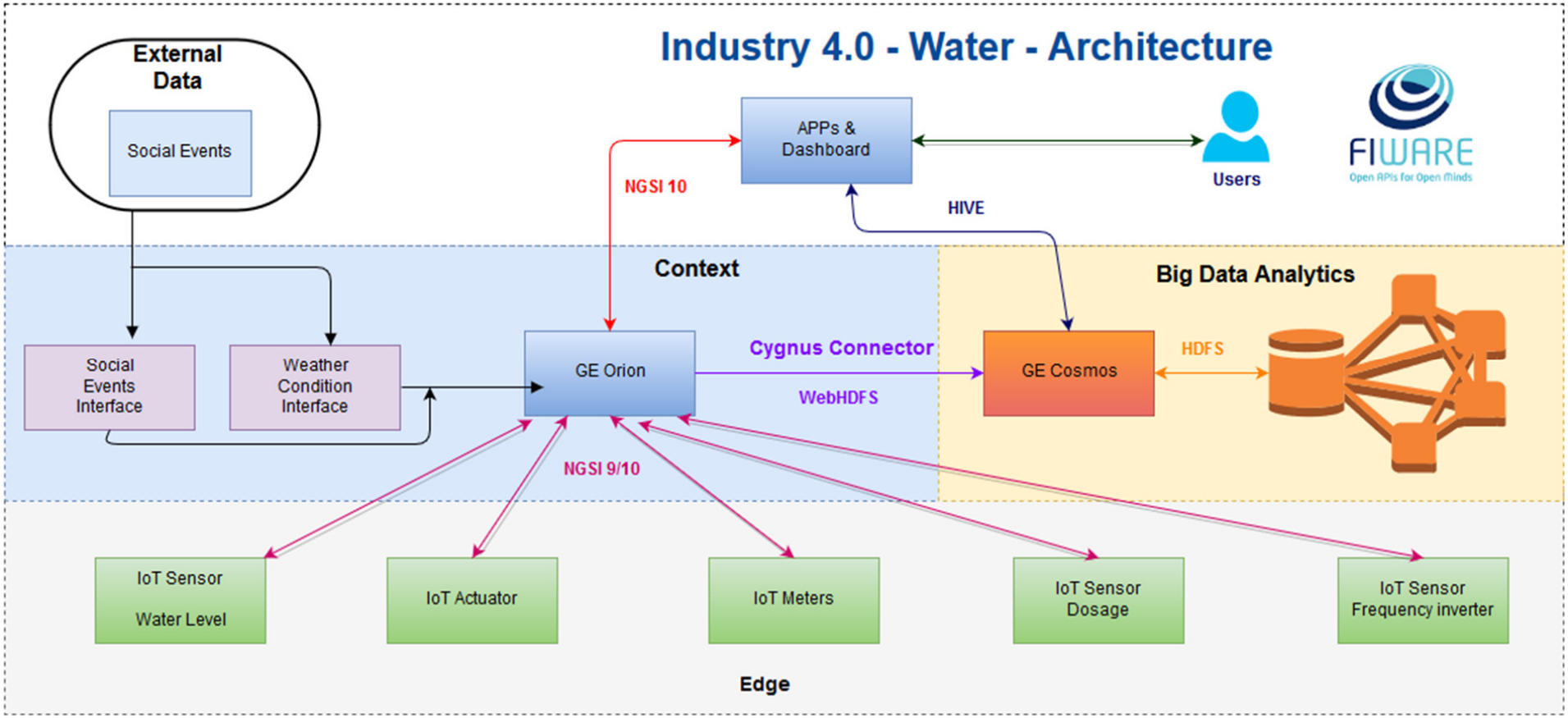
Arquitetura de controle de uma ETA no contexto atual



Legenda:
ERP – *Enterprise Resources Planning*
MES – *Manufacturing Execution System*
HMI – *Human Machine Interface*
PLC – *Programmable Logic Controler*

Fonte: AZEVEDO (2017)

Arquitetura de controle de uma ETA no contexto do Saneamento 4.0



Fonte: AZEVEDO (2017)

Agenda

Contexto

Prevenção à poluição

Ecoeficiência

Ecologia industrial

Cradle to Cradle

Economia Circular

Saneamento 4.0

Referências Bibliográficas

ALEXANDRATOS, N.; BRUINSMA, J. **World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision. ESA Working paper No. 12 - 03.** 2012. 147p. Rome, FAO, 2012. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/016/ap106e/ap106e.pdf>. Acesso em: 16 jan. 2013.

AZEVEDO, M. T. Transformação digital na indústria: indústria 4.0 e rede de água inteligente no Brasil. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo, Escola Politécnica. São Paulo, 177p. 2017

BEATON, A. D. et al. Lab-on-chip measurement of nitrate and nitrite for in situ analysis of natural waters. **Environmental Science and Technology**, v. 46, p. 9548-9556, 2012

BLACKSMITH INSTITUTE. **The global pollution remediation fund**: Bellagio Principles. [S.l.]: 2007. Disponível em: <http://www.hpfund.org/docs/ bp1.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2014.

CALVO, G.; VALERO, A.; VALERO, A. Assessing maximum production peak and resource availability of non-fuel mineral resources: Analyzing the influence of extractable global resources. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 125, p. 208–217, 2017.

COLES, J.E. **The challenge of environmentally sustainable development in Africa**. Princeton, Princeton University, 11 abr. 2008. Palestra proferida por ocasião do Princeton Colloquium on Public and International Affairs, Princeton, 2008. Disponível em: <http://www.africare.org/news/edits/ ChallengeofEnvironmentallySustainableDevelopmentinAfrica.php>. Acesso em: 22 abr. 2014.

CORDELL, D.; WHITE, S. Life's Bottleneck : Sustaining the world's phosphorus for a food secure future. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 39, p. 161-188, 2014.

EHRENFELD, J.; GERTLER, N. Industrial ecology in practice: the evolution of interdependence at Kalundborg. **Journal of Industrial Ecology**, v. 1, p. 67-79, 1997

EHRENFELD, J. R. Industrial ecology: a framework for product and process design. **Journal of Cleaner Production**, v. 5, p. 87-95,1997

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (EEA). **Europe's environment**: the fourth assessment. Copenhagen, 2007b. 452 p. Disponível em <http://www.eea.europa.eu/publications/state_of_environment_report_2007_1/full-report-europes-environment-the>. Acesso em: 22 abr. 2014.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (EEA). **Progress in management of contaminated sites (CSI 015/LSI 003).** Copenhagen, 2007a. Disponível em: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/progress-in-management-of-contaminated-sites/progress-in-management-of-contaminated-1>. Acesso em: 22 abr. 2014.

FET, A.M. Systems Engineering methods and environmental life cycle performance within ship industry. Ph.D. thesis, Norwegian University of Science and Technology, Norway.1997

FLANDROY, L. et al. The impact of human activities and lifestyles on the interlinked microbiota and health of humans and of ecosystems. **Science of The Total Environment,** v. 627, p. 1018-1038, 2018.
FREEMAN, H. et al. Industrial Pollution Prevention! A Critical Review, **Journal of the Air &#x26**; Waste Management Association, v.42, n. 5, p. 618-656, 1982

GANROT, Z. Urine processing for efficient nutrient recovery and reuse in agriculture. Thesis (Doctor of Philosophy). Göteborg University, 170 p, 2005

ITPS - Intergovernmental Technical Panel of Soils. **Status of the world's soil resources**. Rome: FAO, 2015. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i5199e.pdf>. Acesso em 10 de fevereiro de 2016.

KAO, J. Groundwater cleanup in developing countries. **Practice Periodical of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste Management**, v. 8, n. 2, p. 66, 2004.

OKI, T.; KANAE, S. Global hydrological cycles and world water resources. **Science**, v. 313, p. 1068-1072, 2006.

OTTERPOHL, R.; GROTTKER, M.; LANGE, J. Sustainable water and waste management in urban areas**. Water Science Technologies**. v. 35, p. 121-133, 1997.

PÉREZ, A. P.; EUGENIO, N. R. **Status of local soil contamination in Europe: revision of the indicator "Progress in the management contaminated sites in Europe.** Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2018.

RAE, I. **Chemicals in the environment**. Canberra: Parliament of Australia, 2006. 3 p. (Evidence to State of the Environment Committee).

SCHMIDHEINY, S. **Changing course: a global business perspective on development and the environment.** Cambridge, MA: MIT Press, 1992

SMIT, A. L. et al. **Phosphorus in agriculture: global resources, trends and developments.** Report 282. Wageningen, The Netherlands: Plant Research International, 2009 Disponível em: <http://edepot.wur.nl/12571>. Acesso em 3 de dezembro de 2010.

SPIRINCKX, C.; MEOZZI, P. G. Cleaner production: a guide to information sources. **Environmental engineering series**, p. 145-154, 1998.

STAHEL, W. R. Circular economy. A new relationship with our goods and materials would save resources and energy and create local jobs. **Nature**, v. 531, p. 435-438, 2016

STEFFEN, W. et al. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. **Science**, v. 347, p. 1-16, 2015.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP); AGENCE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA MAÎTRISE DE L'ENERGIE (ADEME). **Identification and management of contaminated sites**: a methodological guide. Paris, 2005. 117 p. Disponível em: <http://www2.ademe.fr/servlet/ getBin?name=05040BBBAF3E6D3DA52279565B06FB5C1165580922091.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2014.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). **Global environment outlook 3**: past, present and future perspectives. London, Earthscan, 2002. 426 p. Disponível em: <http://www.unep.org/geo/GEO3/english/pdf.htm>. Acesso em: 22 abr. 2014.

USEPA (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **EPA's National Pretreatment Program, 1973-2003: thirty years of protecting the environment.** Washington:USEPA, 2003

_____. **New Releases. EPA Announces $10.7 Million in Supplemental Funds to Clean up Contaminated Brownfield Sites in Economically Disadvantaged Communities Across the Country**. Washington, DC: USEPA, 2016. Disponível em: <https://www.epa.gov/newsreleases/epa-announces-107-million-supplemental-funds-clean-contaminated-brownfield-sites/>. Acesso em: 27 de agosto de 2016.

USGAO – UNITED STATES GOVERNMENT ACCOUNTABILITY OFFICE. **Trends in Federal Funding and Cleanup of EPA's Nonfederal National Priorities List Sites**. Washington, DC: US Government Printing Office, 2015. Disponível em: <https://www.gao.gov/assets/680/672734.pdf>. Acesso em: 22 de abril de 2016.

VAN KAUWENBERGH, S. J. **World Phosphate Rock Reserves and Resources**. Muscle Shoals, AL: International Fertilizer Development Center (IFDC), 2010

VAN RENSSEN, S. Waste not want not. **Nature Climate Change**, v. 2, p. 388-391, 2012.

VERSTRAETE, W. et al. Maximum use of resources present in domestic “use water”. **Bioresource Technology**, v.100, p. 5537-5545, 2009

WALL, D. H.; NIELSEN, U. N.; SIX, J. Soil biodiversity and human health. **Nature**, v. 528, p. 69-76, 2015.

WORLD ECONOMIC FORUM. **Towards the circular economy: accelerating the scale-up across global supply chains**. Geneva: World Economic Forum, 2014.