



PHD 3513
Ecoeficiência
na Indústria
Aula 5

Professora: Amarilis Lucia
Casteli Figueiredo Gallardo

PHA

1º semestre 2018

Fluxos de matéria e energia nos processos industriais

Prevenção à poluição (PP ou P2)
Produção mais limpa (P+L)

Fluxos de matéria e
energia nos processos
industriais

Orientações para o
Seminário

Fluxos de matéria e energia nos processos industriais

Da aula passada a ecologia industrial pauta-se...

- i) visão sistêmica das interações entre sistemas industriais e o meio;
- ii) estudo do fluxo e transformação da matéria e energia;
- iii) abordagem multidisciplinar;
- iv) reorientação do processo industrial;
- v) mudanças dos processos lineares de produção para processos cíclicos;
- vi) eficiência industrial; e
- vii) promoção de sinergias

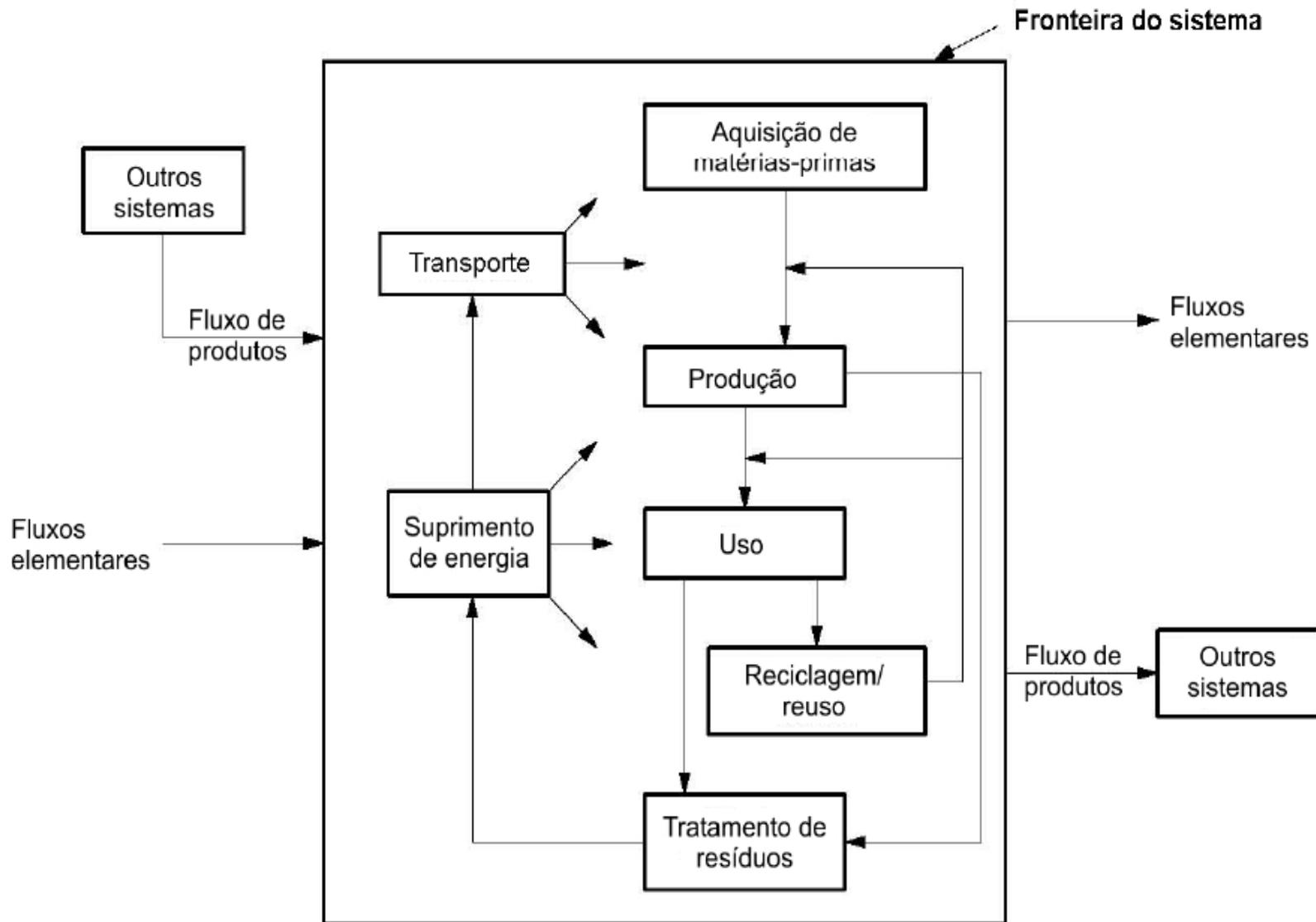
Fluxo de matéria e energia nos processos industriais e cadeias produtivas

- Identificação de etapas de processos, entradas e saídas.
- Tipos de sistemas e formas de balanço de massa (aulas do Professor Mierzwa).

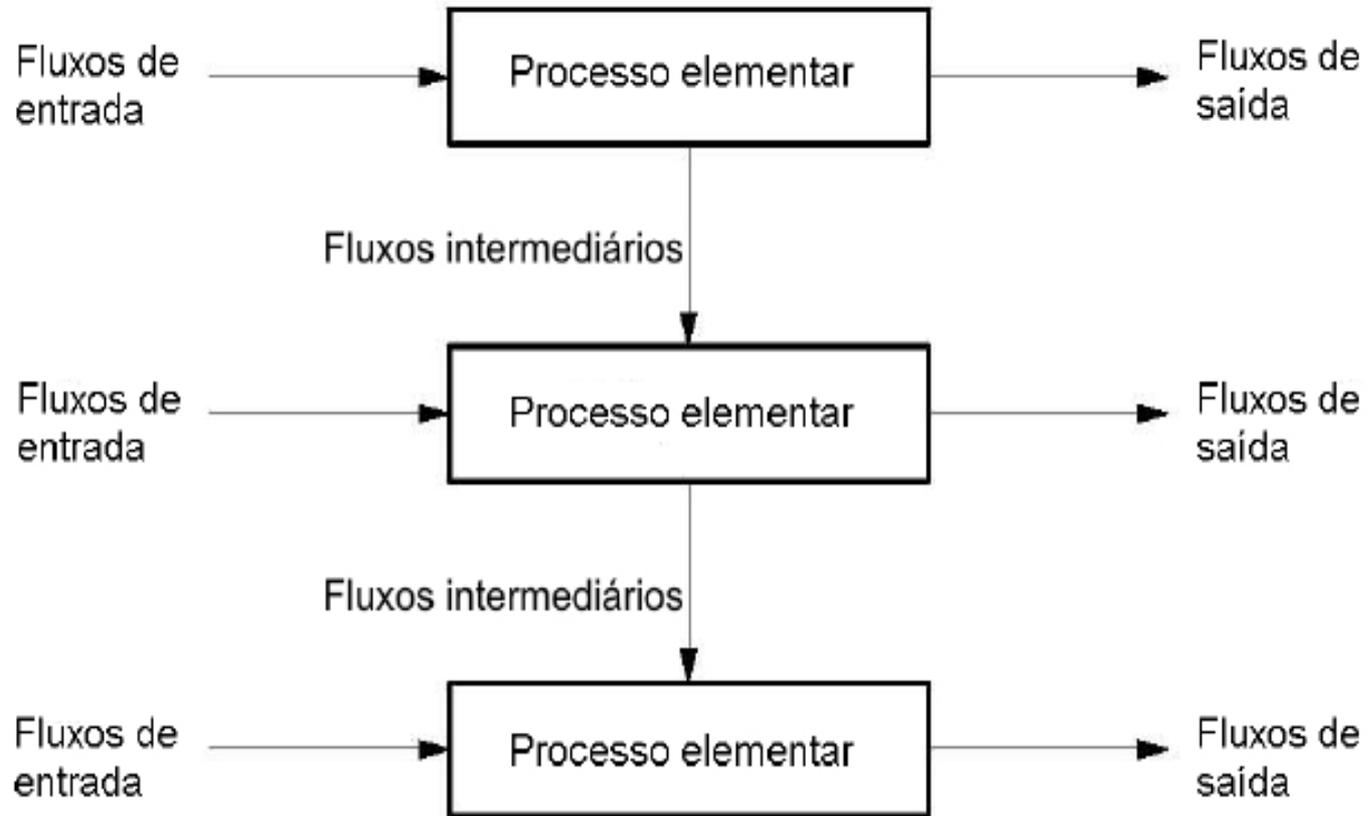
Fundamentos de Balanço de Massa/ Energia

- Para promoção de ecoeficiência nos sistemas produtivos, deve-se conhecer as **variáveis que regem o sistema analisado**
- o conhecimento do **fluxo de matéria (ou balanço de massa) e fluxo de energia** envolvidos é o procedimento primordial para a **tomada de decisões em ecoeficiência**.

Sistema de produto



Processos Elementares: operações unitárias



Fluxograma - um mapa do processo

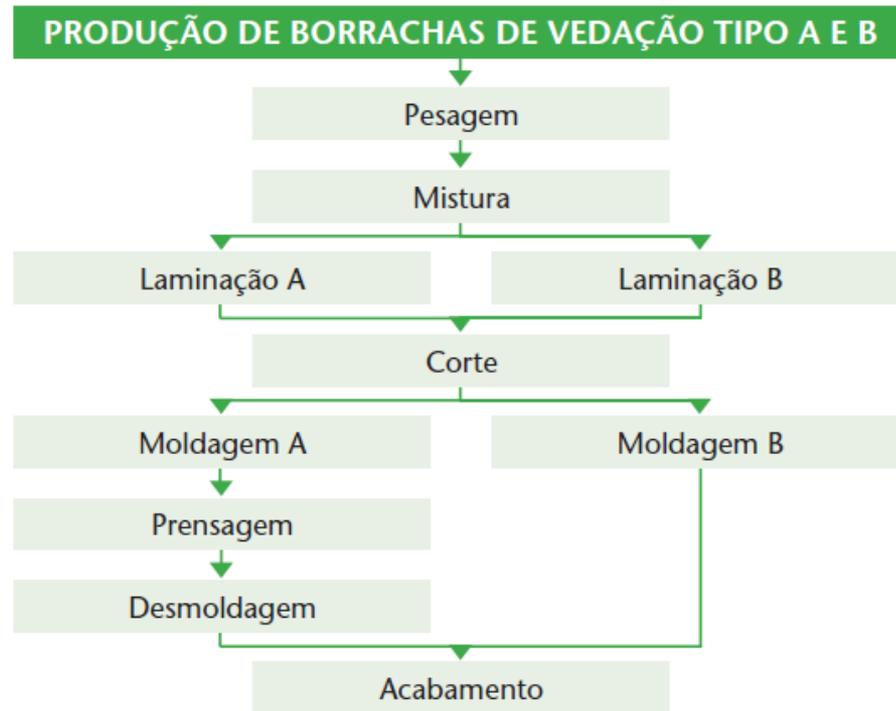
FLUXOGRAMA DE PROCESSO LINEAR

PRODUÇÃO DE BORRACHA DE VEDAÇÃO TIPO A



Fluxograma - um mapa do processo

FLUXOGRAMA DE PROCESSO EM REDE



Fundamentos de Balanço de Massa

Fluxograma Qualitativo Global

ENTRADAS

Acelerador de vulcanização
Água
Antioxidante
Ácido muriático
Borracha
Negro de fumo
Óleo
Sílica
Energia Elétrica

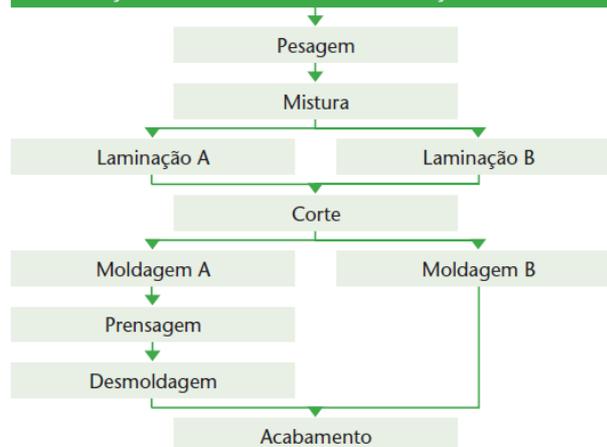
FÁBRICA

Peça de
borracha
de vedação
tipo A e B

SAÍDAS

Resíduo de produtos químicos
Efluente líquido (óleos, ácidos, etc.)
Emissões de particulados
Peças fora de especificação
Ruído

PRODUÇÃO DE BORRACHAS DE VEDAÇÃO TIPO A E B



Um balanço de massa de qualquer processo pode ser representado por:

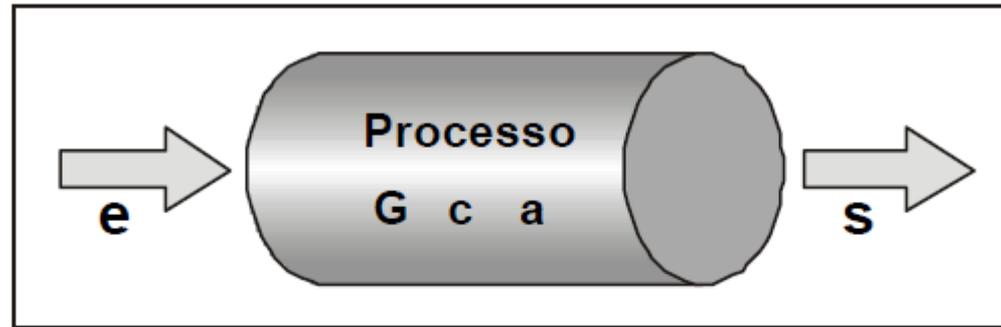


Figura 1: Balanço de massa genérico

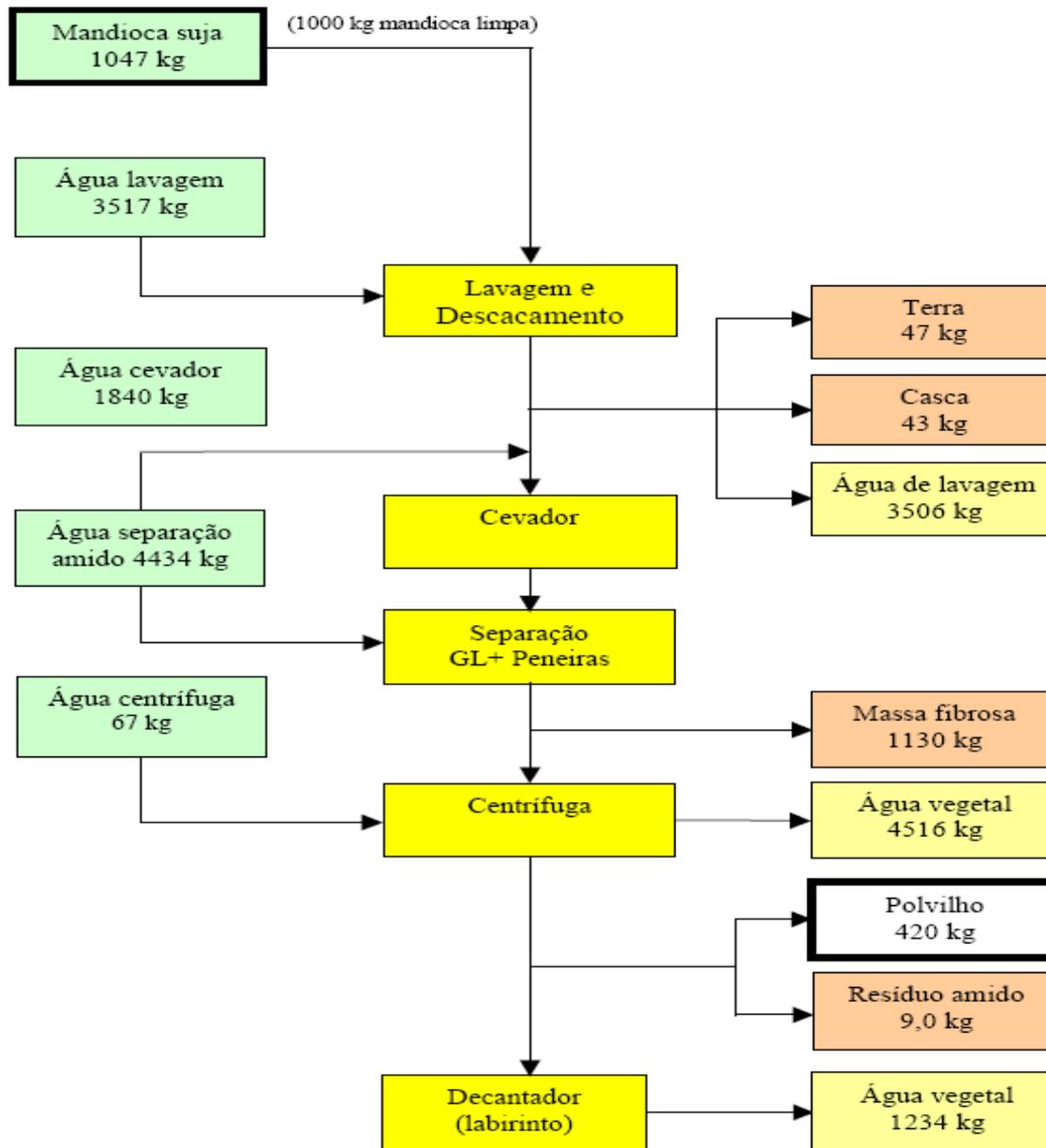
O balanço da grandeza em relação à fronteira definida é dado pela equação 1:

$$\{e\} - \{s\} + \{G\} - \{c\} = \{a\} \quad (1)$$

onde:

- e = quantidade da grandeza que entra através da fronteira
- s = quantidade da grandeza que sai através da fronteira
- G = quantidade da grandeza gerada no interior do sistema
- c = quantidade da grandeza consumida no interior do sistema
- a = quantidade da grandeza acumulada no interior do sistema

Balanzo de massa para a produção de polvilho



Balço de massa em cadeias de suprimentos



A coleta de dados deve considerar as seguintes etapas :

- Conhecimento do sistema considerado (processo de produção, por exemplo)
- Localização dos pontos de produção de resíduos e locais de destinação
- Levantamento completo da rede de coleta dos resíduos
- Medida de vazões e amostragem nas saídas do sistema
- Medida de vazões e amostragem no interior do sistema
- Análise das amostras
- Estabelecimento do balanço poluição propriamente dito
- Estabelecimento do balanço de matérias-primas
- Determinação da poluição associada a uma unidade de referência
- Identificação de poluições concentradas (qualidade/quantidade)

DIAGRAMA DAS ETAPAS INDIVIDUAIS DE UM PROCESSO PRODUTIVO

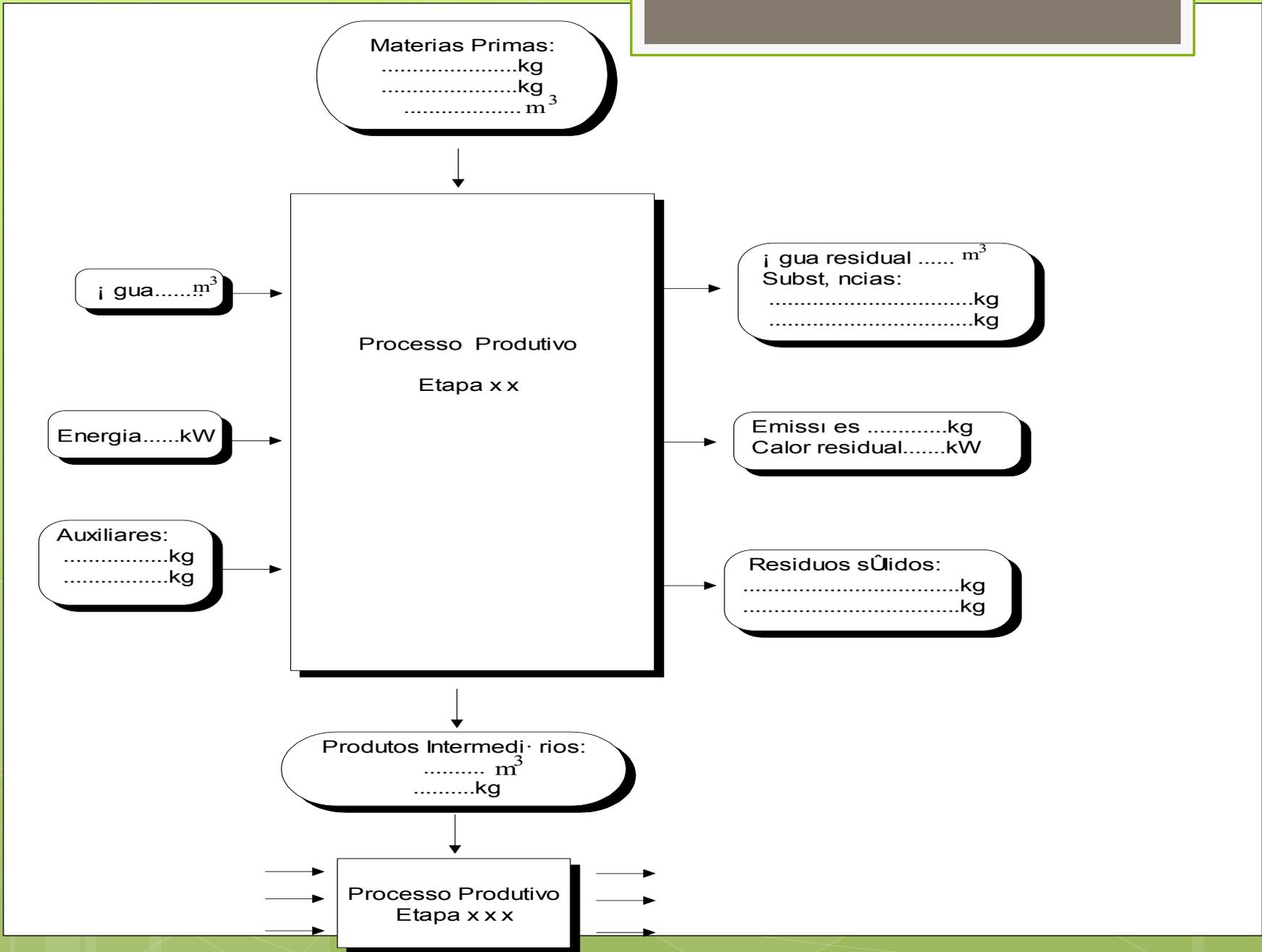
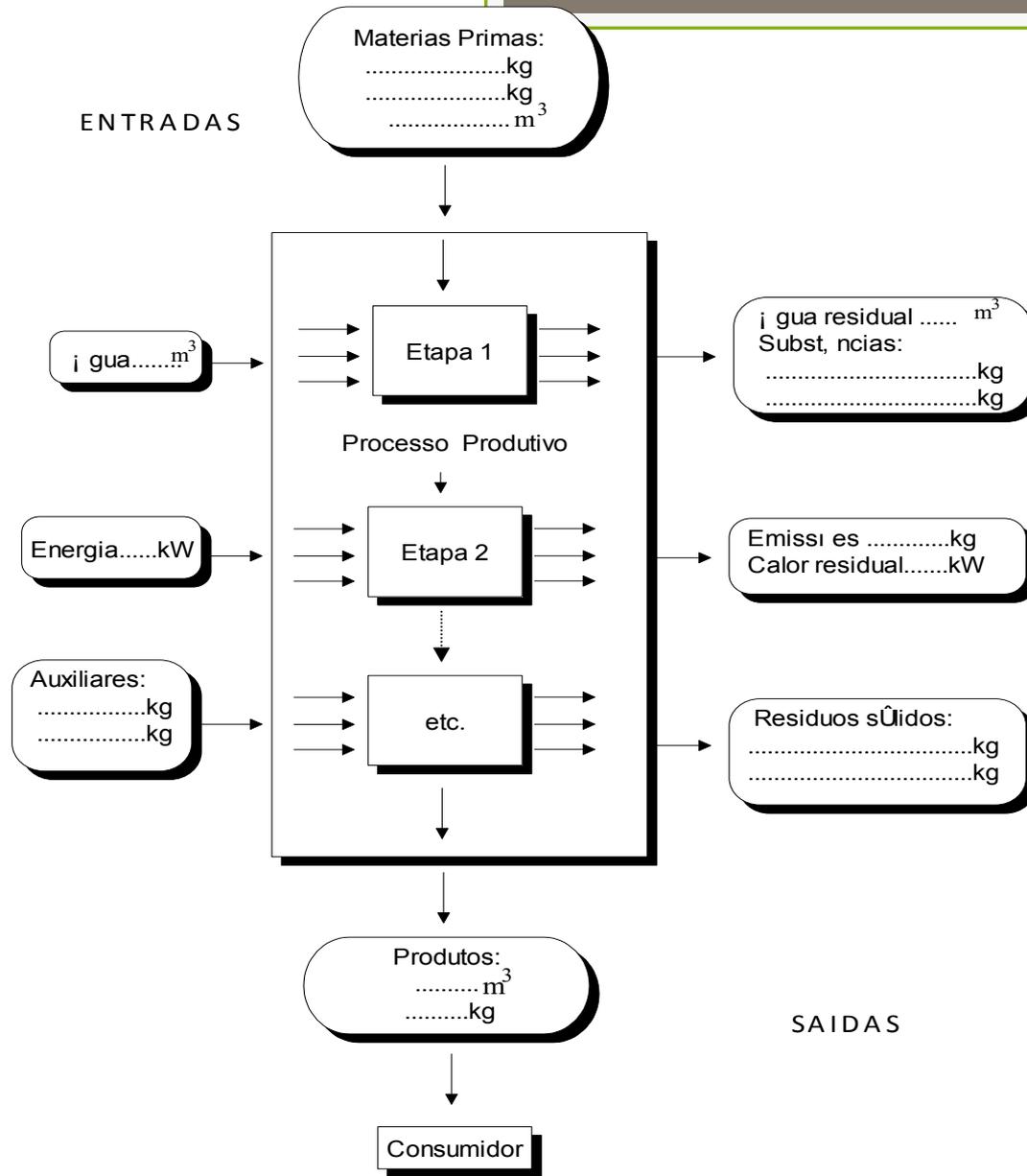


DIAGRAMA DE UM FLUXO COMPLETO DO PROCESSO PRODUTIVO



O que precisa ser realizado?

- Análise quantitativa de entradas e saídas;
- Quantificação de entradas (matérias-primas, água, energia e outros insumos);
- Quantificação de saídas (resíduos, efluentes, emissões, subprodutos e produtos);
- Esboçamento de um plano de amostragem e quantificação
- Obtenção de dados da situação ambiental da empresa;
- Obtenção de dados referentes à estocagem, armazenamento e acondicionamento de entradas e saídas.

O que e como medir?

- **Consumo de água:** hidrômetro, ou horímetro, ou balde e relógio/cronômetro;
- **Vazão de efluente líquido:** medidor de vazão ou balde e relógio/cronômetro;
- **Resíduos sólidos:** balança adequada para as quantidades a serem medidas;
- **Matérias-primas:** balança adequada para as quantidades a serem medidas;
- **Consumo de energia:** horímetro, analisador de energia, amperímetro;
- **Outros materiais:** planilhas em papel definidas pela própria empresa e os meios apresentados acima a depender do tipo de material.

Unidades usuais de medida

- Consumo de água: (m³)/kg produto produzido;
- Consumo de energia: (kW)/kg produto produzido;
- matéria-prima (colocar o nome):/kg produto produzido;
- Resíduo sólido gerado: (kg)/kg produto produzido ou kg de matéria-prima empregada;

Unidades usuais de medida

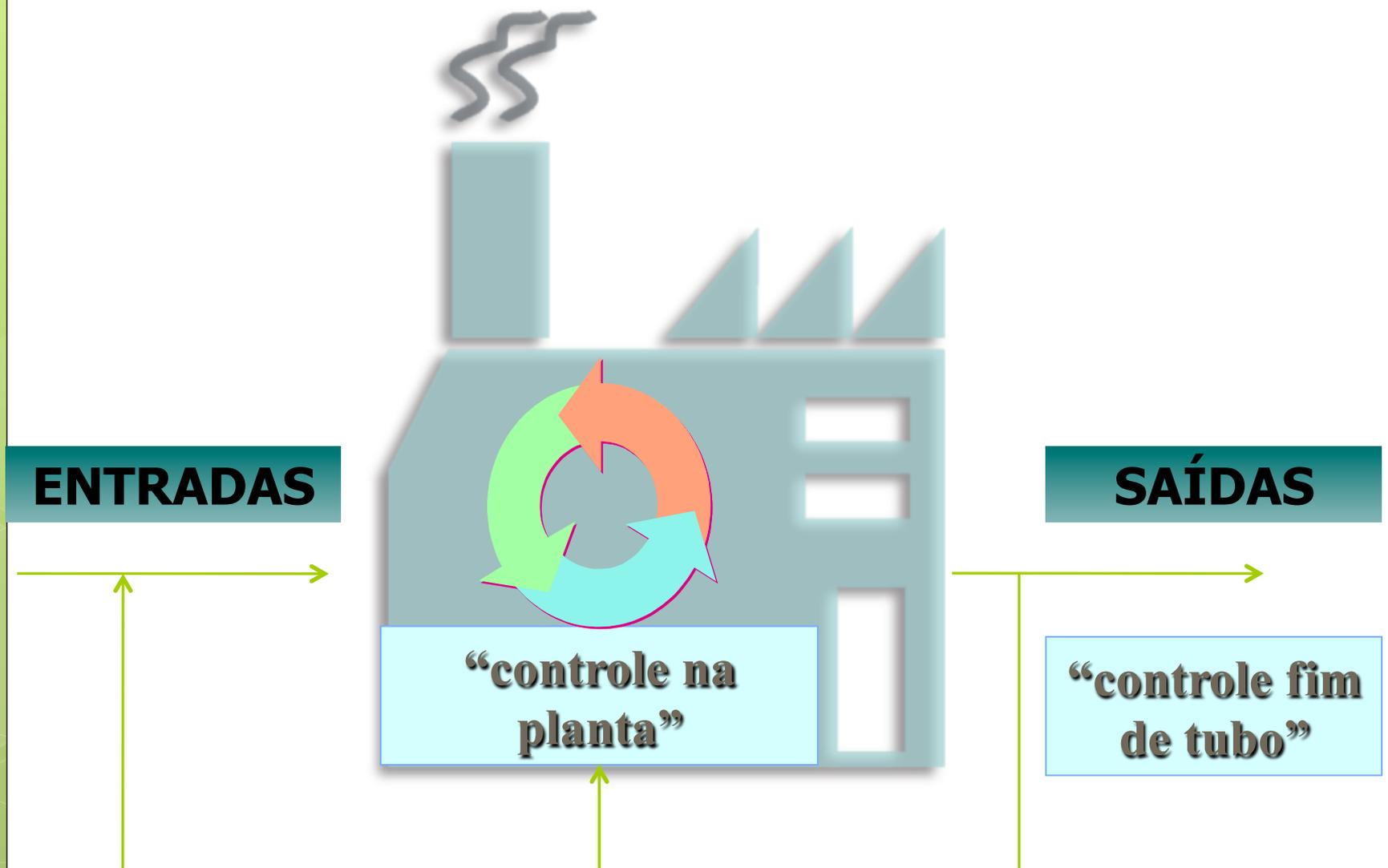
- Resíduo sólido perigoso gerado: $(\text{kg})/\text{kg}$ produto produzido ou kg de matéria-prima empregada;
- Efluente líquido gerado: $(\text{m}^3)/\text{kg}$ produto produzido ou m^3 de água empregada;

*Enfim, é o que se espera que
vocês consigam levantar
durante o seminário no
processo produtivo escolhido....*

Prevenção à poluição (PP ou P2)
Produção mais limpa (P+L)

A P+L é uma estratégia econômica, ambiental e técnica, integrada aos sistemas de produção e produto, a fim de aumentar a eficiência de uso de matérias-primas, água e energia, através da não geração, minimização ou reciclagem dos resíduos gerados, com benefícios ambientais e econômicos para os processos produtivos.

Processo produtivo



Prevenção à poluição (PP ou P2)

o que é?

Prevenção à poluição (PP ou P2)

- Lançado pela EPA no final dos anos 80;
- Empresa deve atuar sobre seus processos e produtos com vistas a prevenir a geração de poluição;
- Abordagem de longo prazo que **visa reduzir a quantidade ou toxicidade dos resíduos**;
- Em termos operacionais: refere-se às práticas que **reduzem ou eliminam as perdas ou resíduos na fonte**;
- A P2 estimula um deslocamento dos controles de “fim de tubo” para as estratégias de redução no início do processo.
- Integração entre meio ambiente, desenvolvimento e tomada de decisões.

Definição de Prevenção da Poluição (EPA)

- Qualquer prática que:
 - **Reduz ou elimina a quantidade de qualquer substância tóxica** pela: substituição de materiais no processo de produção, pela reformulação do produto, pela instalação ou modificação de equipamentos no processo;
 - Implica em redução **na fonte integrada aos processos por meio de substituição de matérias primas**, mudanças tecnológicas, boas práticas operacionais e mudanças nos produtos;
 - Implanta **ciclos fechados de reciclagem**; (qual a diferença com ecologia industrial vista na aula passada??)
 - Desenvolve **novas técnicas** que auxiliem na implantação da P2.

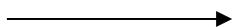
Definição de Prevenção da Poluição (EPA)

- Em termos de resultados de um P2:
 - Redução ou eliminação da quantidade de uma substância perigosa, incorporada aos resíduos, ou que sejam lançada no ambiente antes da reciclagem, tratamento ou disposição;
 - Redução dos riscos à saúde pública e ao meio ambiente associados ao lançamento dessas substâncias;
 - Redução ou eliminação da criação de poluentes por meio do aumento da eficiência no uso de matérias primas ou proteção dos recursos naturais por meio da conservação.
- Quais as diferenças com P+L?

Prevenção da Poluição

- Não estão englobadas em programas P2:
 - Técnicas de remediação;
 - Tratamento de resíduos (final do tubo);
 - Reciclagem em circuito aberto;
 - Incineração para recuperação de energia;
 - Incorporação de resíduos em outros produtos.
- Essas práticas não atuam na redução da quantidade de resíduos ou poluentes; essas práticas atenuam os impactos ambientais causados na geração de resíduos
- **Mudança de paradigma!**

ENTRADAS



**“controle na
planta”**

SAÍDAS

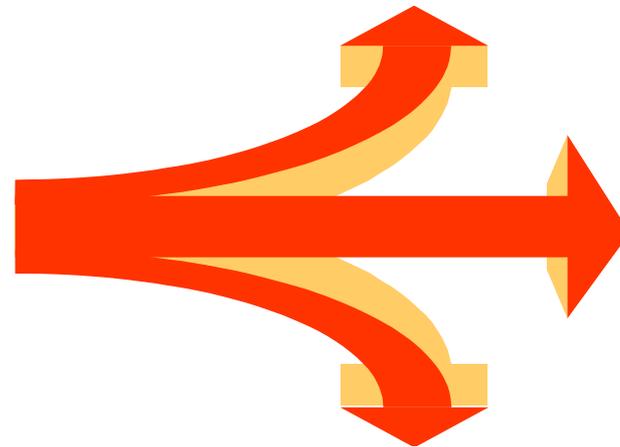


**“controle fim
de tubo”**

EMISSÕES
ATMOSFÉRICAS

RESÍDUOS

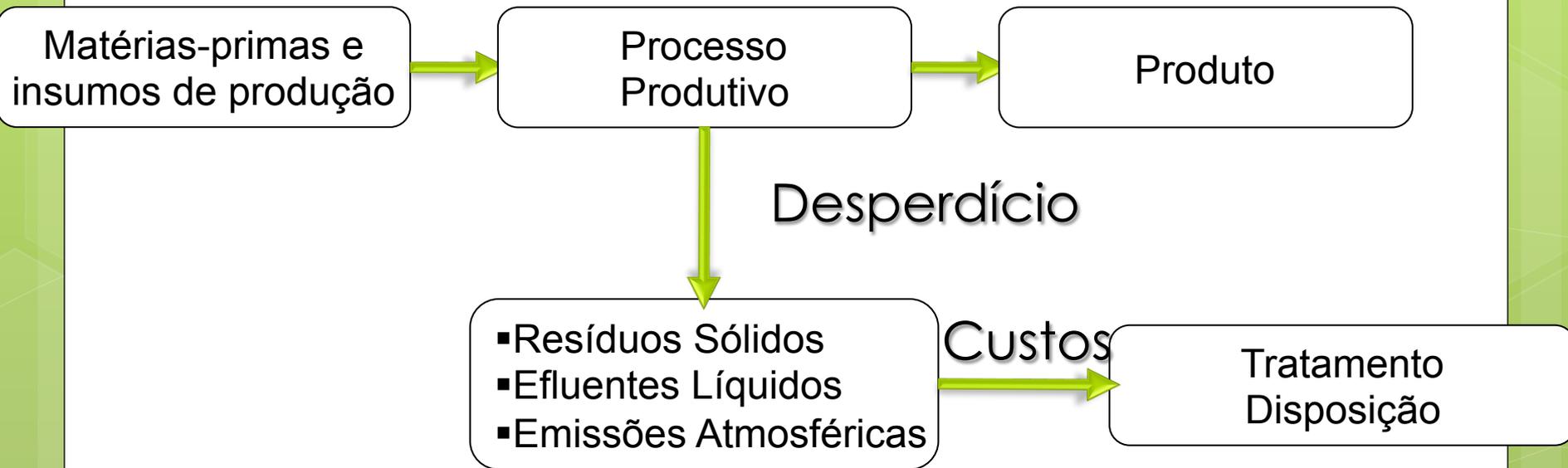
Quais?
Quanto ?
Onde?



RESÍDUOS
SÓLIDOS

EFLUENTES
LÍQUIDOS

Duplo desperdício associado a geração de resíduos



Prevenção à Poluição

Há várias opções viáveis para a implementação de ações de P2 no mercado. Para levantar as tecnologias, deve-se considerar:

- identificar as tecnologias que melhor se apliquem às necessidades do interessado;
- conhecer a legislação em vigor, para avaliar possíveis consequências relativas à alteração e/ou substituição de equipamentos;
- caracterizar e avaliar os efluentes gerados, a fim de propor a sua segregação dentro dos processos.

3. Diferenças entre ecologia industrial e prevenção à poluição

- **Está a P2 inserida no guarda-chuva da Ecologia Industrial:**
- ✓ Ambas apoiam o desenvolvimento sustentável
- ✓ Usam controles diferentes dos de fim de linha
- ✓ Adotam o fluxo cíclico de materiais e aplicam ACV
- ✓ P2: provoca redução dos riscos por meio da minimização ou eliminação de resíduos;
- ✓ Ecologia industrial: favorece o uso de rejeitos como insumos a outros processos industriais;
- ✓ P2: mais apropriada a uma única empresa
- ✓ Ecologia industrial: rede de empresas diferentes, ganhos compartilhados
- ✓ A reciclagem não é uma abordagem preventiva, mas é solução de ecologia industrial
- ✓ P2: orientações do governo; ecologia industrial: não
- ✓ P2: eficiência como ferramenta para atingir objetivos; ecologia industrial considera a eficiência do uso de recursos e fluxo de materiais como o objetivo final.

ALGUNS CONCEITOS RELACIONADOS

- **Produção Mais limpa**, lançado pela UNEP em 1989:
 - ✓ “É a aplicação contínua de uma estratégia integrada de prevenção ambiental a processos, produtos e serviços, para aumentar a eficiência de produção e reduzir os riscos para o ser humano e o ambiente”
 - ✓ Visa melhorar a eficiência, lucratividade, competitividade das empresas, enquanto protege o ambiente, o consumidor e o trabalhador.
 - ✓ Resulta em redução significativa de resíduos, emissões e custos.
- **Tecnologias mais limpas:**
 - ✓ Atividades da produção mais limpa, que se aplicam aos processos de fabricação e manufatura- minimizar danos ambientais e maximizar eficiência em relação à utilização de insumos e geração de resíduos.
 - ✓ Preventiva , também usada em P2 x corretiva – end of pipe.

Hierarquia para a Gestão Ambiental

- A gestão ambiental envolve uma variedade de estratégias para lidar com os resíduos;
- Procura melhorar o desempenho ambiental dos processos;
- Devem ser priorizadas estratégias que reduzem ou eliminam os resíduos antes que eles sejam gerados.

O que eu faço com o meu resíduo?



Lógica da prevenção à poluição

Hierarquia da Gestão Ambiental

Prioridade	Método	Exemplo	Aplicações
1	Prevenção (redução na fonte)	Mudança no processo; Projeto do produto para minimizar impactos ambientais; Eliminação na fonte	Modificação no processo para evitar ou reduzir o uso de solventes; Modificar o produto para estender a vida útil
2	Reciclagem	Reúso; Recuperação.	Reciclagem de solvente; Recuperação de metais de banhos exauridos; Recuperação de compostos voláteis.
3	Tratamento	Estabilização; Neutralização; Precipitação; Evaporação; Incineração.	Destruição térmica de solventes orgânicos; Precipitação de metais pesados de banhos exauridos de galvanoplastia.
4	Disposição	Disposição em aterros.	Disposição de lodos ou lamas de precipitação.

Produção mais limpa (P+L)

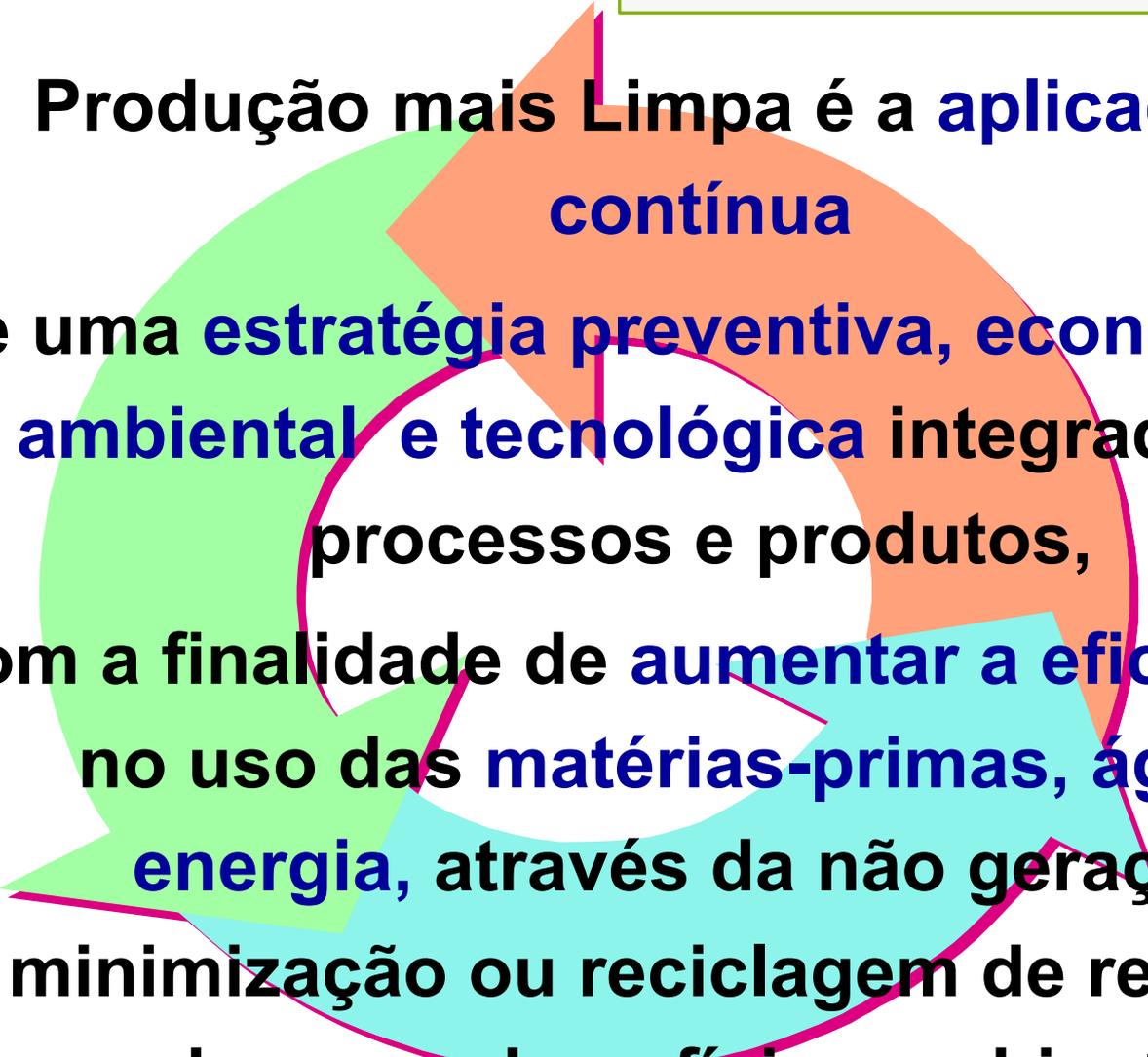
- Unep (United Nations Environment Program), em 1989
- Estratégia para o desenvolvimento das atividades, com base nos conceitos de prevenção da poluição e controle da poluição;
- Pode ser usada em todo o ciclo de vida de um produto ou processo (englobando consumo e destino final)
- Prioriza os esforços dentro do processo.

Produção mais Limpas

- Estratégia ambiental preventiva integrada;
- Aplicada a processos, produtos e serviços:
 - Para aumentar a eficiência global e reduzir riscos para a saúde humana e o meio ambiente;
- Pode ser aplicada a processos de qualquer indústria, a produtos em si e a vários serviços providos para sociedade.

Produção mais Limpas

- Para **processos produtivos**, a P+L resulta em medidas de:
 - Conservação de matérias-primas, água e energia; eliminação de substâncias tóxicas e matérias-primas perigosas; redução da quantidade e toxicidade de todas as emissões e resíduos na fonte geradora durante o processo produtivo, de modo isolado ou combinadas.
- Para **produtos**, a P+L visa:
 - Reduzir os impactos ambientais e de saúde, além da segurança dos produtos em todo o seu ciclo de vida, desde a extração de matérias-primas, manufatura e uso até a disposição final do produto.
- Para **serviços**, a P+L implica em:
 - Incorporar a preocupação ambiental no projeto e na realização dos serviços

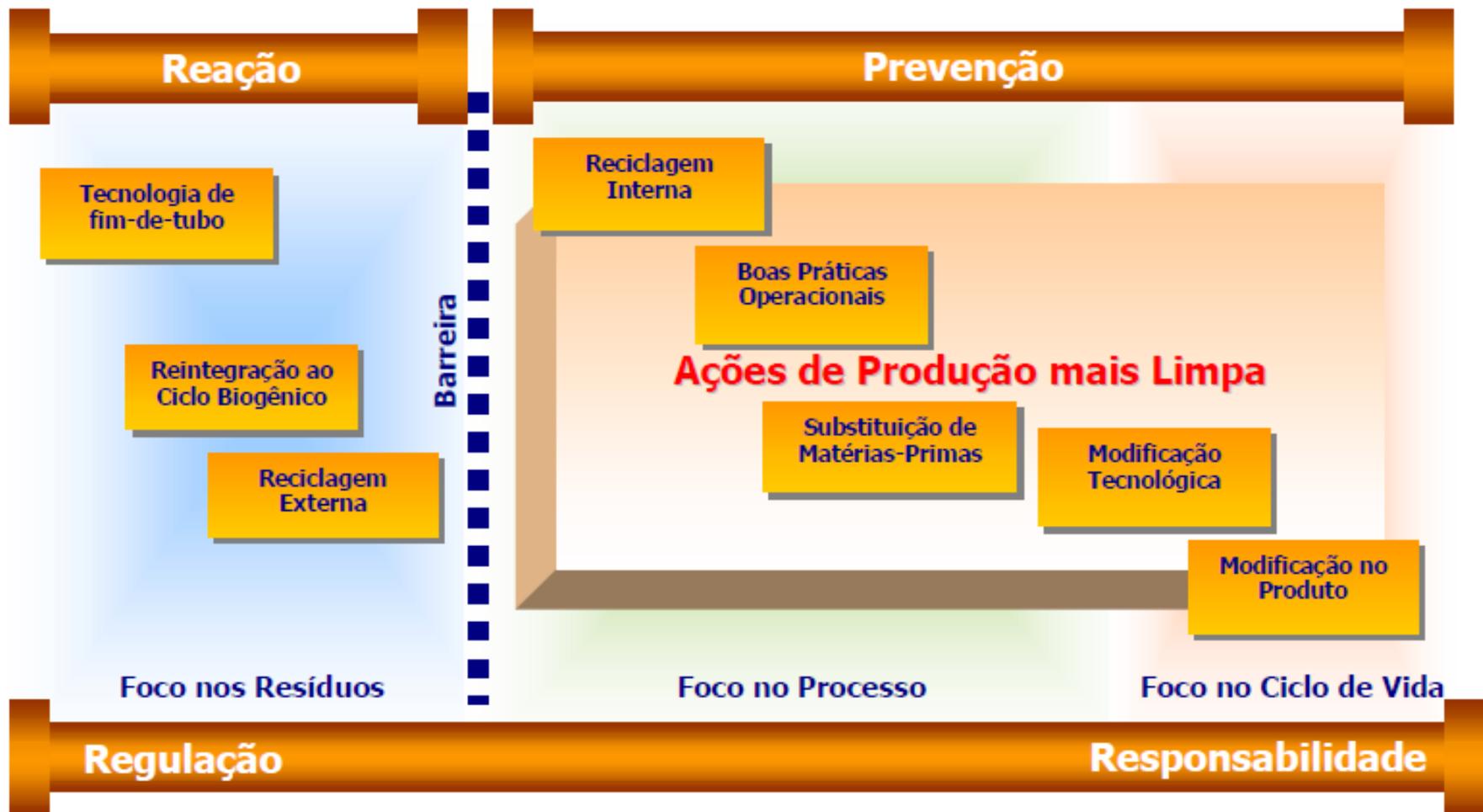


Produção mais Limpa é a aplicação contínua

de uma estratégia preventiva, econômica, ambiental e tecnológica integrada aos processos e produtos, com a finalidade de aumentar a eficiência no uso das matérias-primas, água e energia, através da não geração, minimização ou reciclagem de resíduos gerados, com benefícios ambientais, de saúde ocupacional e econômicos.

OBJETIVOS DA P+L

- 
- ↪ DIMINUIR A QUANTIDADE DE MP UTILIZADA;
 - ↪ DIMINUIR A QUANTIDADE DE ÁGUA USADA;
 - ↪ DIMINUIR A QUANTIDADE DE RESÍDUO GERADO;
 - ↪ DIMINUIR AS PERDAS DE ENERGIA ELÉTRICA, GÁS E ÓLEO;

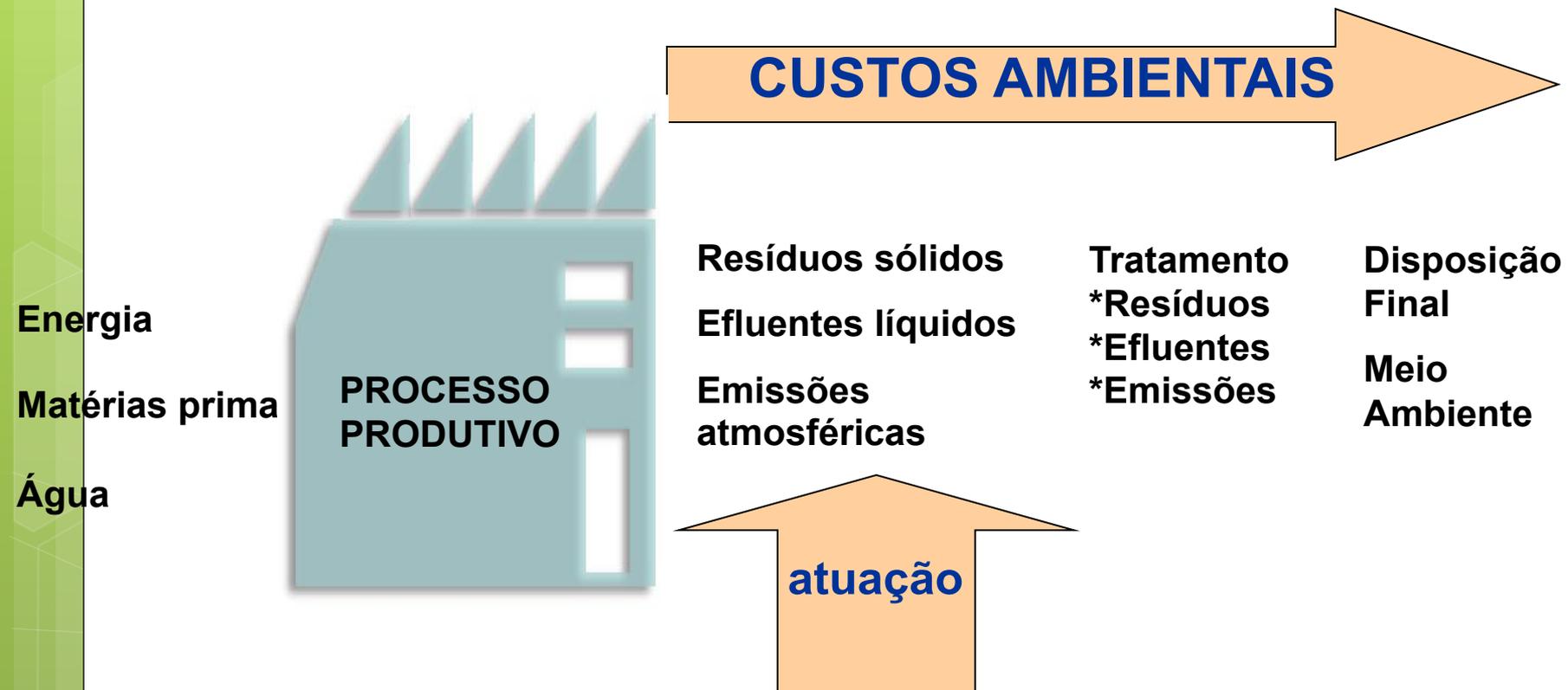


Adaptado de: Prof. Van Berkel, Centre of Excellence in Cleaner Production, Curtin University of Technology, Western Australia

Figura 3: Evolução das empresas rumo à Produção mais Limpa

ABORDAGEM CONVENCIONAL - FIM DE TUBO

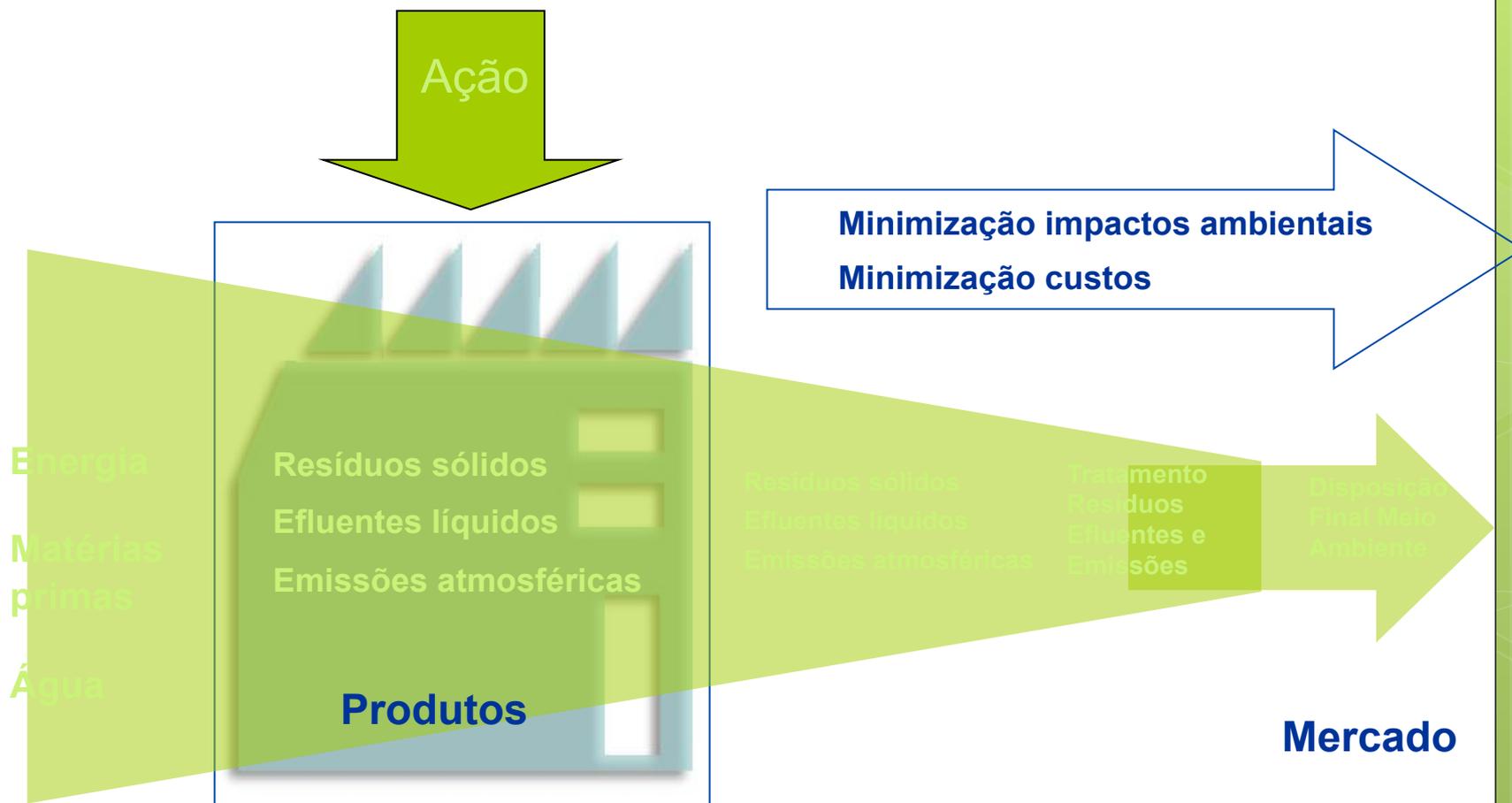
- * Resíduo é gerado!
- * Como tratar e dispor?



ABORDAGEM PRODUÇÃO MAIS LIMPA

* Resíduo é gerado!

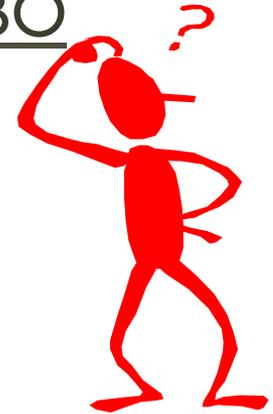
* Porque? Onde? Como? Quanto? e Quando?



DIFERENÇAS DE ABORDAGEM

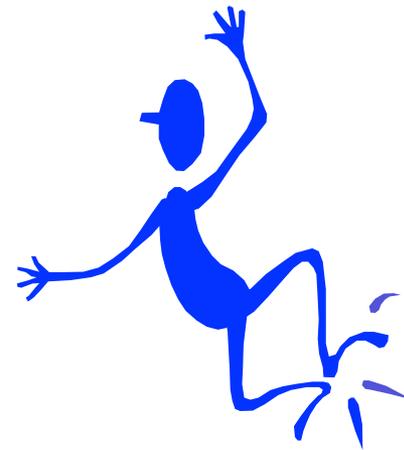
ABORDAGEM CONVENCIONAL: FIM DE TUBO

- ➔ RESÍDUO É GERADO!
- ➔ O QUE DEVO FAZER COM ELE?
- ➔ ONDE DEVO DISPOR?



ABORDAGEM DA PRODUÇÃO MAIS LIMPA:

- ➔ RESÍDUO É GERADO!
- ➔ DE ONDE ELE VEM?
- ➔ COMO ELE É GERADO?
- ➔ QUANDO ELE É GERADO?



TÉCNICAS DE FIM-DE-TUBO

Pretende reação.

Os resíduos, os efluentes e as emissões são controlados através de equipamentos de tratamento.

Proteção ambiental é um assunto para especialistas competentes.

A proteção ambiental atua depois do desenvolvimento dos processos e produtos.

Os problemas ambientais são resolvidos a partir de um ponto de vista tecnológico.

Não tem a preocupação com o uso eficiente de matérias-primas, água e energia.

Leva a custos adicionais.

PRODUÇÃO MAIS LIMPA

Pretende ação.

Prevenção da geração de resíduos, efluentes e emissões na fonte. Procurar evitar matérias-primas potencialmente tóxicas.

Proteção ambiental é tarefa para todos.

A proteção ambiental atua como uma parte integrante do *design* do produto e da engenharia de processo.

Os problemas ambientais são resolvidos em todos os níveis e em todos os campos.

Uso eficiente de matérias-primas, água e energia.

Ajuda a reduzir custos.

Eco-eficiência e governança ambiental

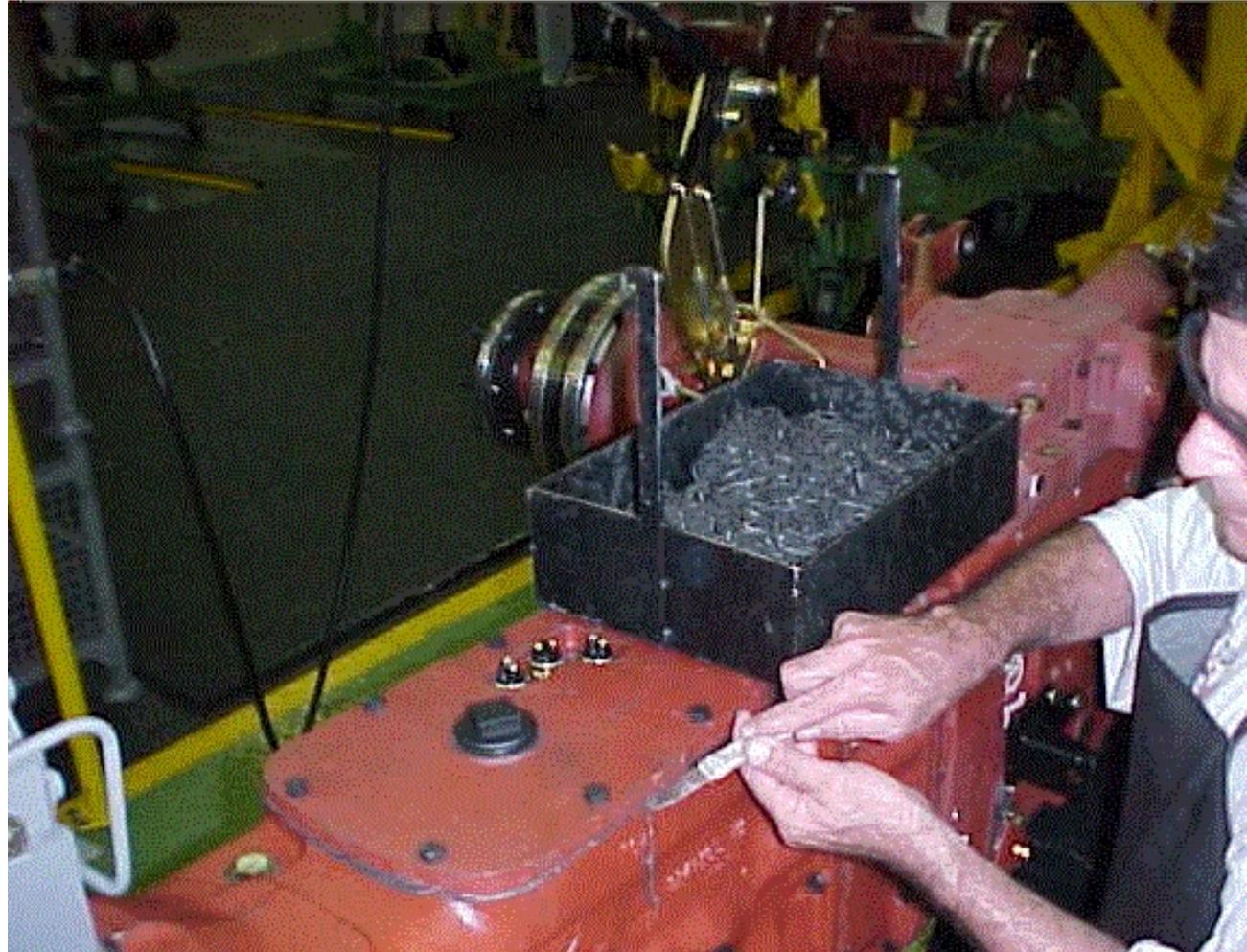
Produção mais limpa no mundo

País	Setor
Austrália	Indústria de celulose e papel, automotiva, petrolífera, plásticos e resinas, municípios, programas para pequenas e médias empresas.
Bulgária	Indústria química; siderurgia; programas para pequenas e médias empresas.
Canadá	Público, pequenas e médias empresas, hospitalar.
China	Celulose e papel
República Tcheca	Serviços de água e esgotos, transportes, alimentício e agricultura.
Dinamarca	Têxtil, galvanoplastia e gráfica
Hungria	Automobilístico, gráfico e indústria química.
Israel	Indústria química e farmacêutica
Itália	Têxtil e beneficiamento de couro
Lituânia	Têxtil, eletroeletrônico e alimentício.
Polônia	Setor público (água e esgotos), alimentício, agricultura e tratamentos metálicos.
Portugal	Galvanoplastia e indústria química
Romênia	Celulose e papel e têxtil
Slovênia	Público, indústria química e alimentícia, agricultura
Turquia	Têxtil, galvanoplastia e indústria de alvejantes
Inglaterra	Indústria química, gráfica e de impressão, galvanoplastia.
Estados Unidos	Indústria química, galvanoplastia e celulose e papel

OPÇÃO DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA - MONTAGEM

ANTES

- Utilização de espátulas para aplicação de cola, com sobra de material após colagem, necessitando limpeza.



OPÇÃO DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA - MONTAGEM

DEPOIS

- Aquisição de pistolas para aplicação de adesivo nas peças;
- Redução do consumo de matéria-prima e menor geração de resíduo.



OPÇÃO DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA - MONTAGEM

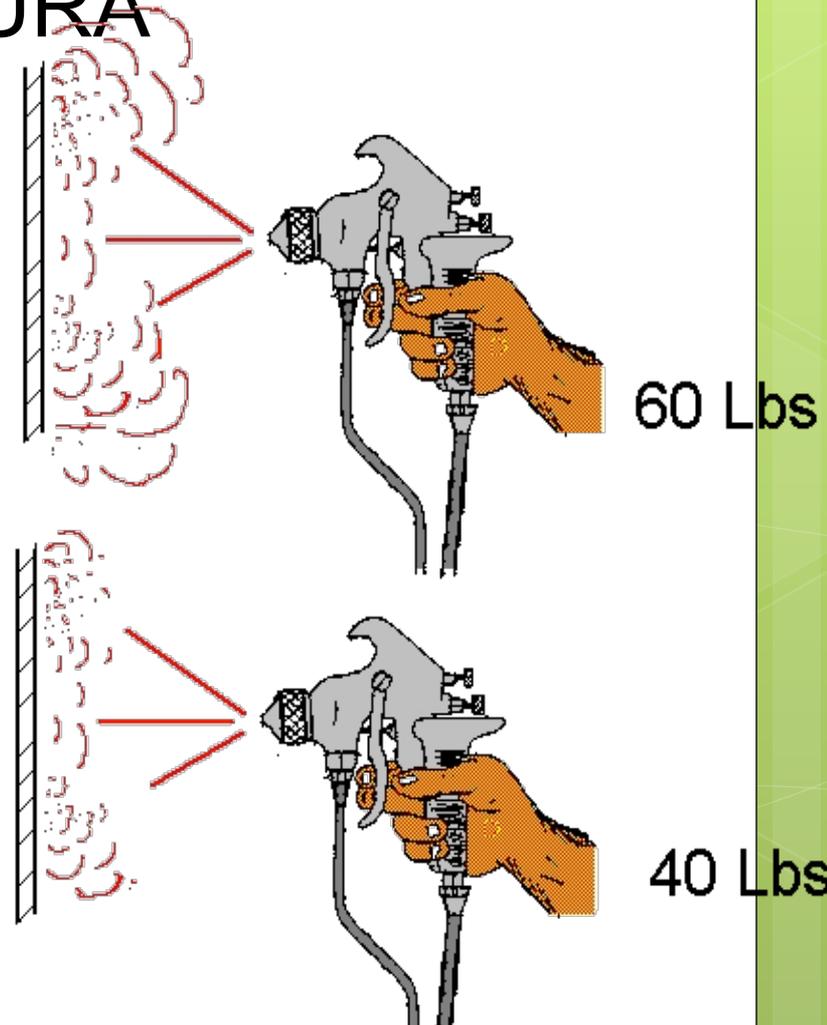
BENEFÍCIOS OBTIDOS

- Investimento:
R\$ 1.194,00;
- Benefício econômico:
R\$ 6.562,00/ano;
- Benefício ambiental:
redução da geração
do resíduo de adesivo
em 51%.



OPÇÃO DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA - PINTURA

- Alteração da pressão de ar das pistolas: Redução no consumo de tinta na pintura;
- Benefício econômico:
R\$ 44.633,28/ano
- Benefício ambiental: redução da geração de borra de tinta

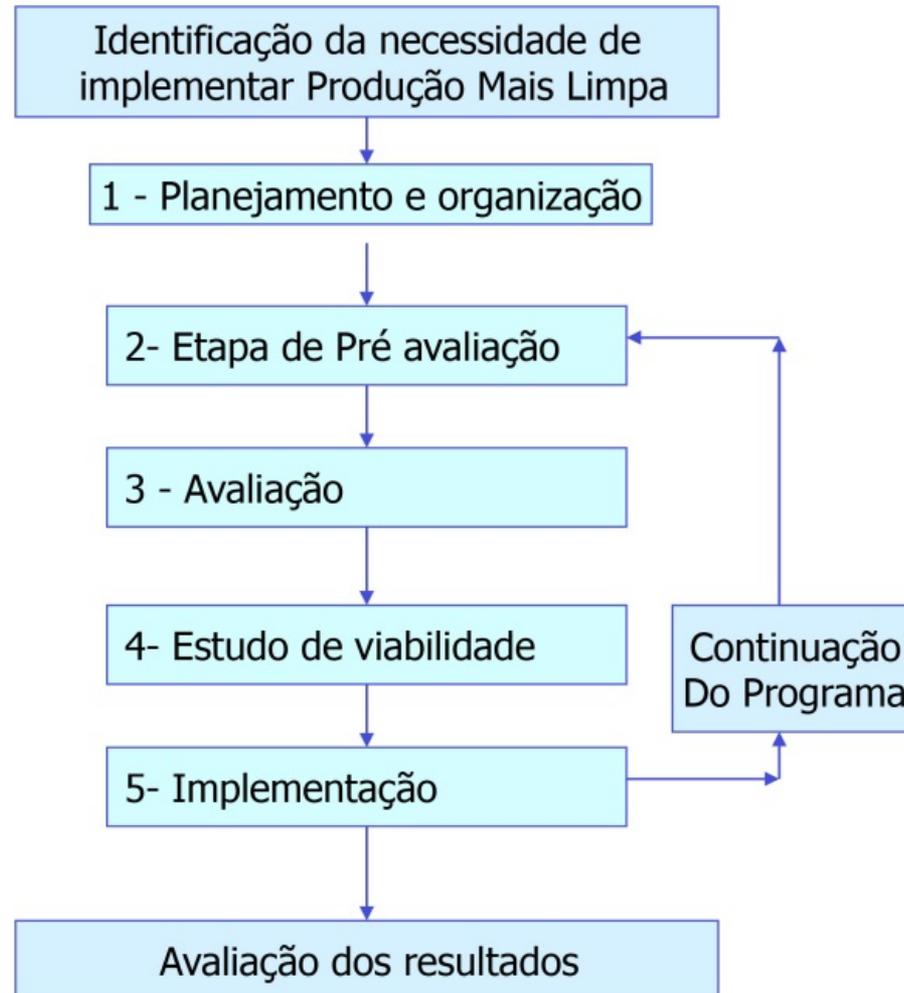


BENEFÍCIOS DA P+L

- Eliminação de desperdícios;
- Minimização ou eliminação de matérias-primas ou insumos impactantes para o meio ambiente;
- Redução na geração de resíduos e emissões;
- Redução dos custos de gerenciamento dos resíduos;
- Minimização dos passivos ambientais;
- Incremento na saúde e segurança do trabalho;
- Melhora a imagem da empresa;
- Conscientização ambiental dos funcionários;
- Redução de gastos com multas e outras penalidades;

Eco-eficiência e governança ambiental

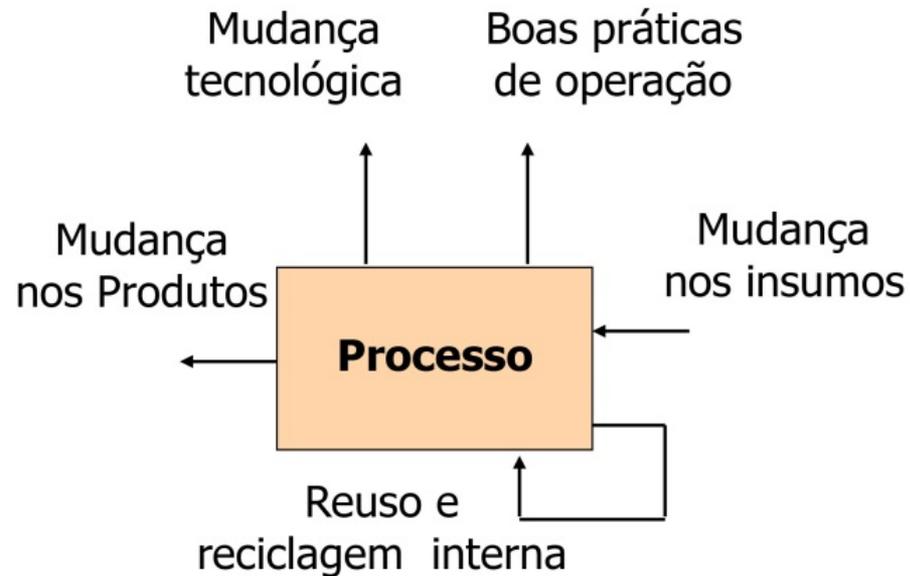
Produção mais limpa- Implementação



Eco-eficiência e governança ambiental

Alternativas para produção mais limpa

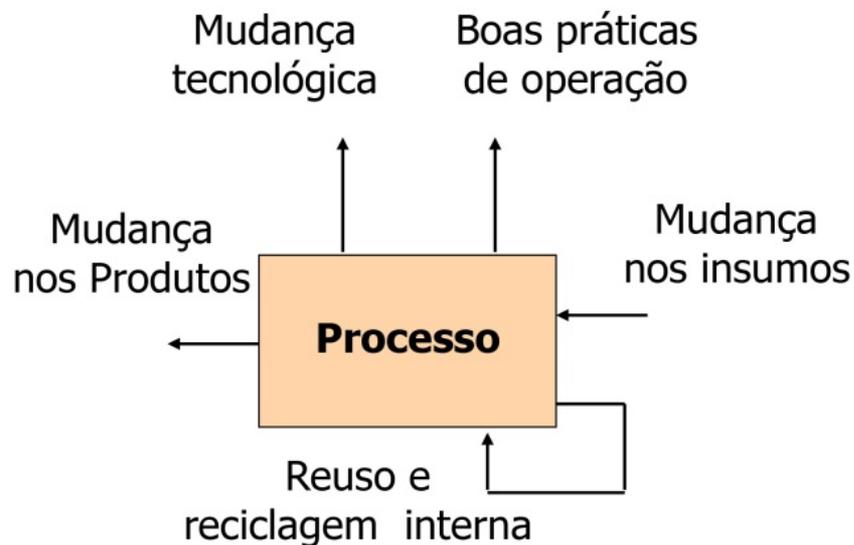
Etapa de avaliação



Eco-eficiência e governança ambiental

Alternativas para produção mais limpa

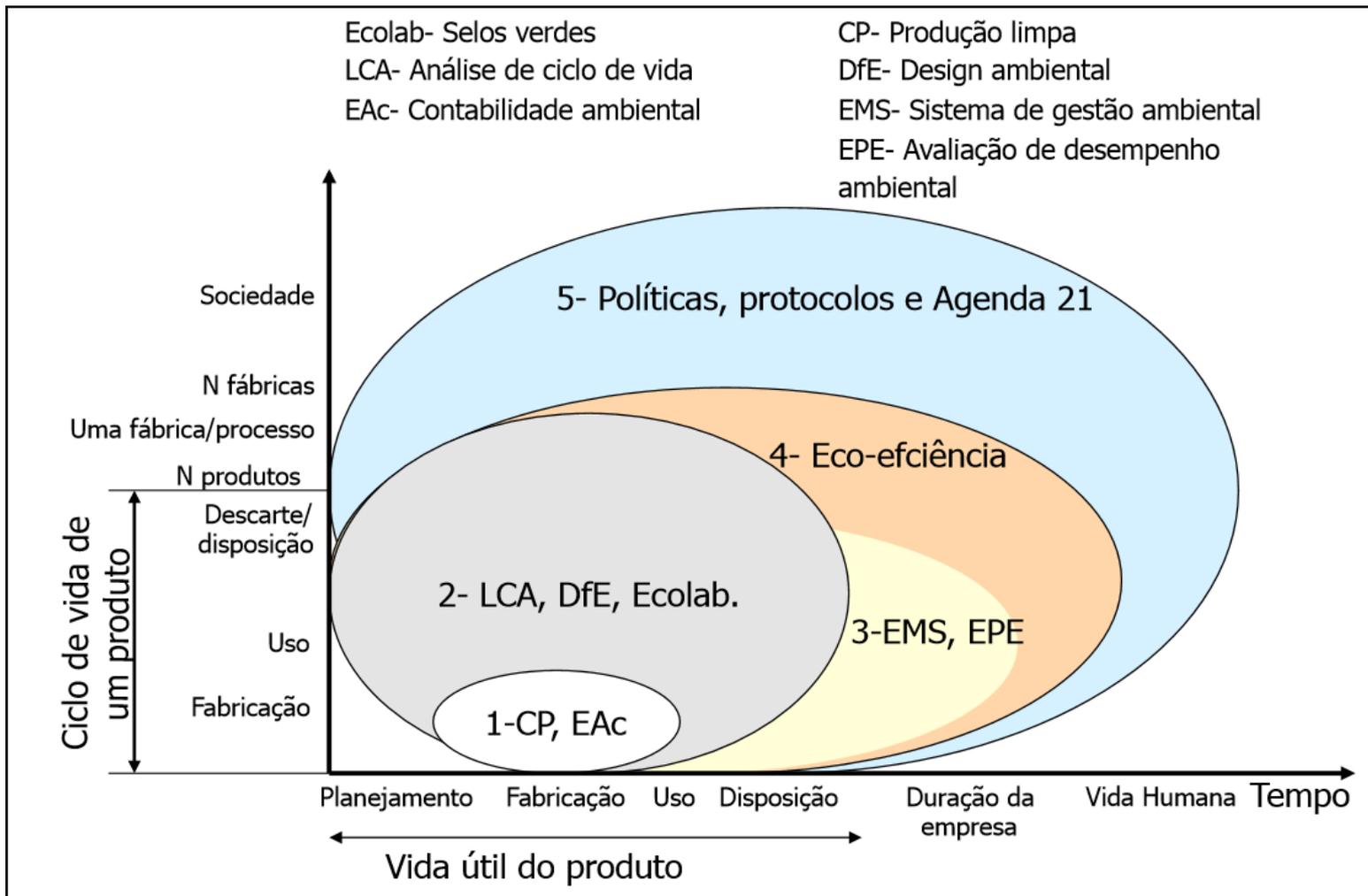
Etapa de avaliação



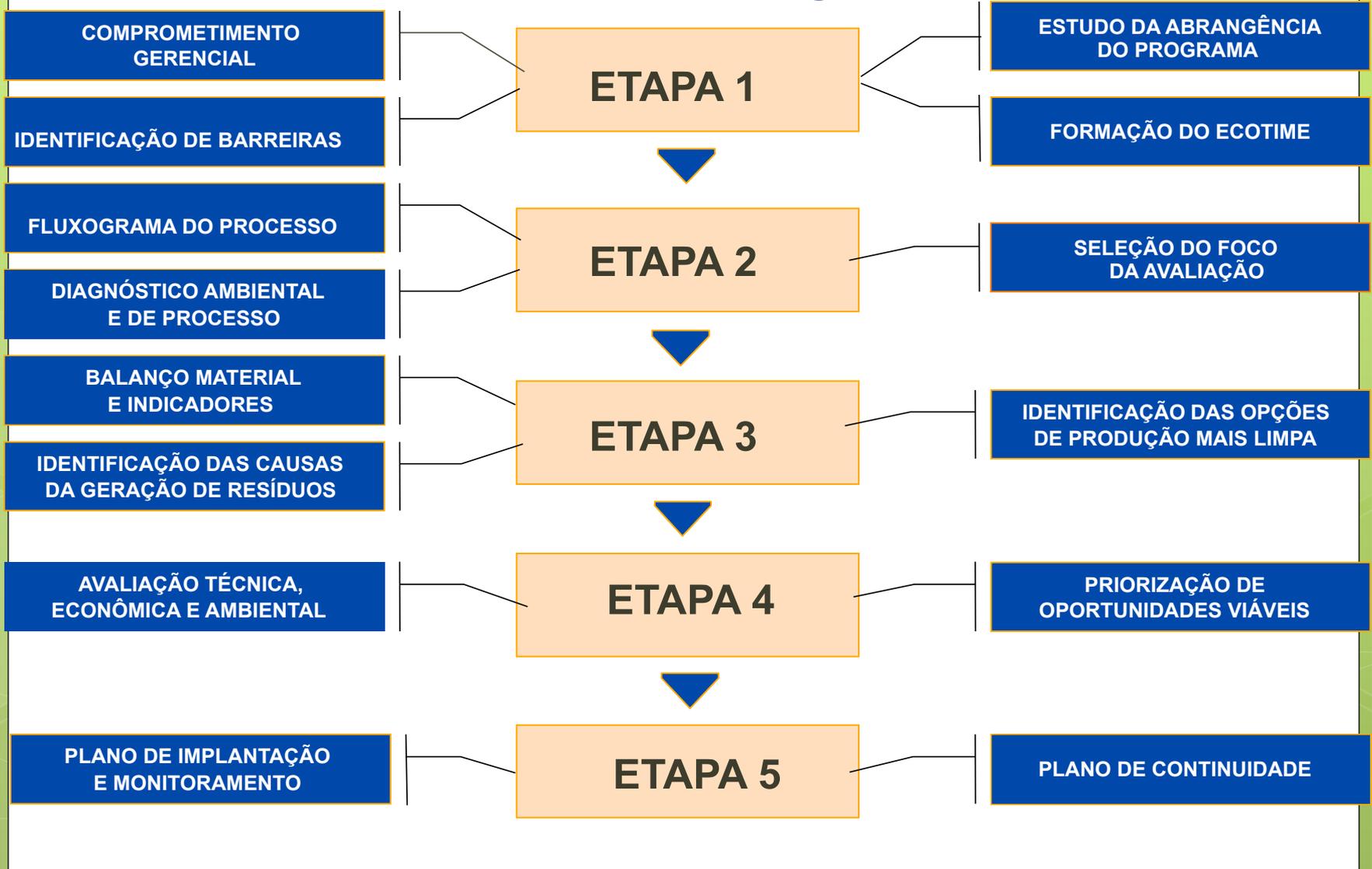
Eco-eficiência e governança ambiental

Produção mais limpa - Visão tecnológica

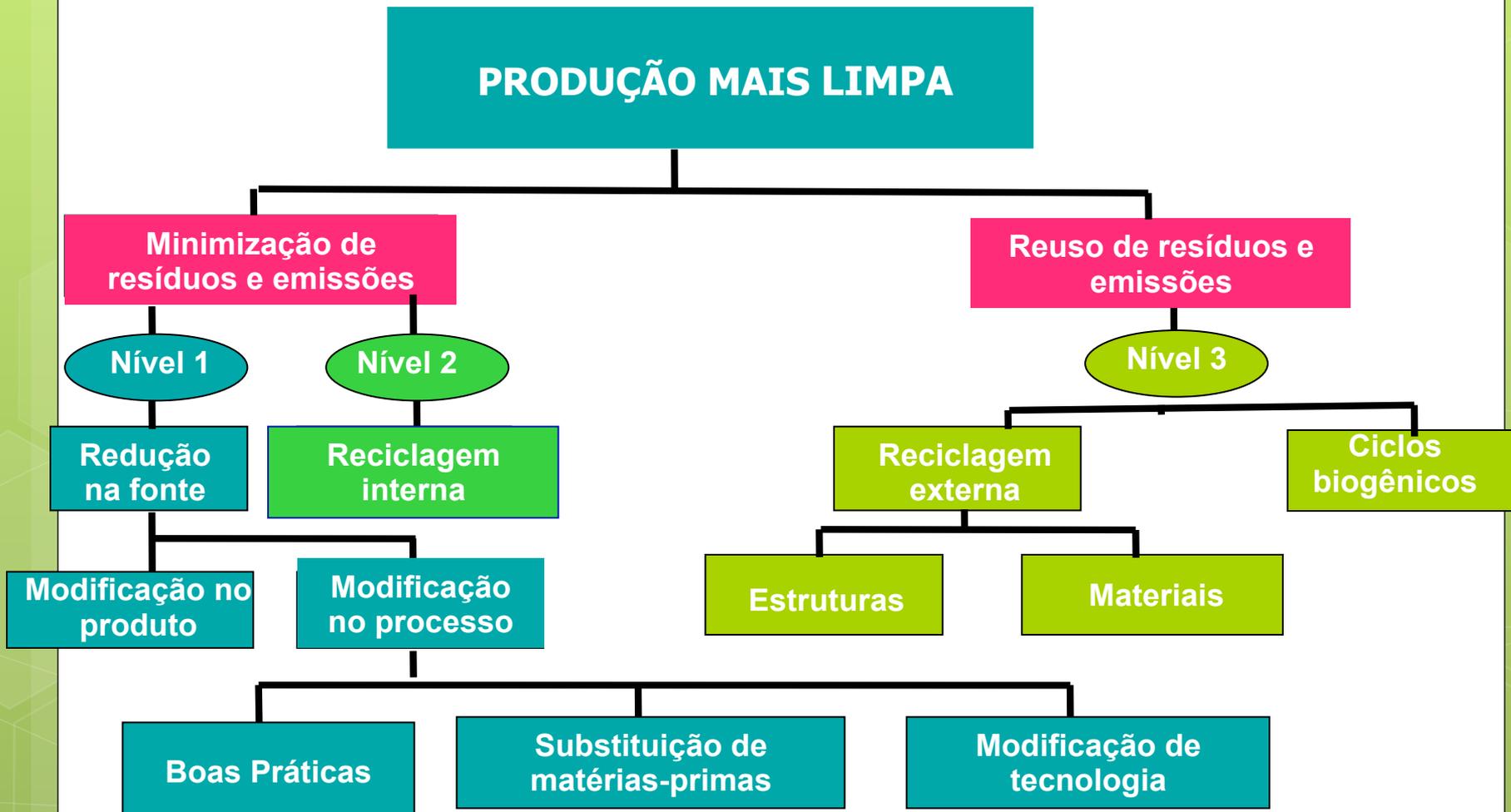
Abordagem tecnológica	1960	1970	1980	1990
Corretiva	Tecnologia "end-of-pipe"			
			Remediação	
Integrativa	Otimização de processos existentes			
	Novos processos e tecnologias			
	Melhores tecnologias disponíveis			
	Racionalização do uso de energia			
Orientada para Fonte ou insumos	Seleção de insumos e matérias-primas			
	Reciclagem e reuso			
			Desenvolvimento sustentável	Uso racional de insumos
Preventiva e orientada Para produto	LCA e design ambiental			
	Inovação de produtos			

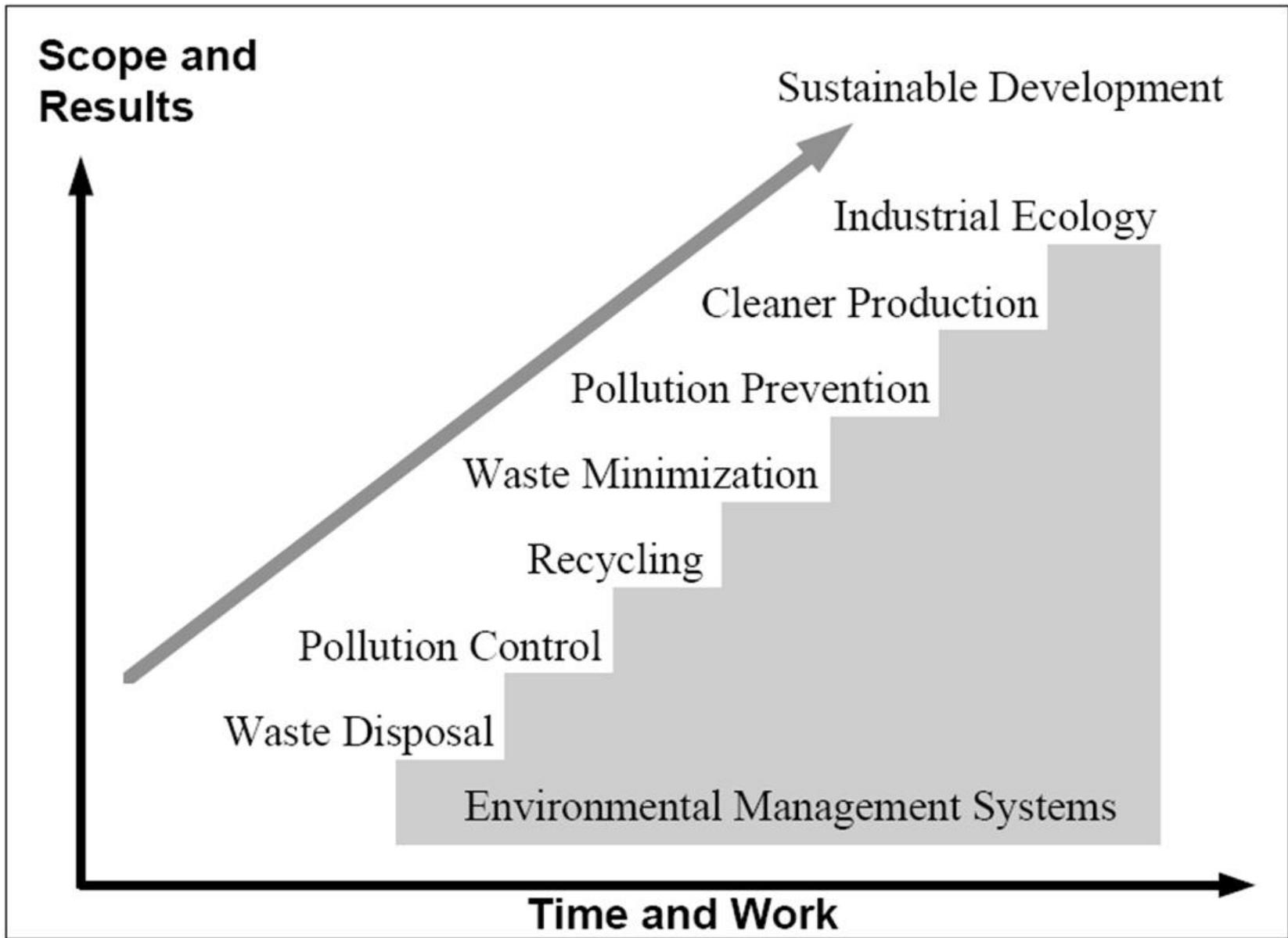


METODOLOGIA PRODUÇÃO MAIS LIMPA



GERAÇÃO DE OPÇÕES DE PmaisL





What is the Relationship Among Cleaner Production, Pollution Prevention, Waste Minimization and ISO 14000? W. Burton Hamner

Conceitos em gestão ambiental

