Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia

Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação

GOVERNO FEDERAL BRASIL PÁTRIA EDUCADORA

Projeto de Pesquisa e Desenvolvimento para Manutenção e Validação do Sistema de Inventários do Ciclo de Vida do Brasil

Curso de curta duração

Introdução à metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida – ACV

Apostila

Dr. Thiago Oliveira Rodrigues

ACV/Ibict – 61 3217 6286

thiagorodrigues@ibict.br

Apresentação

Este material didático faz parte do curso de Introdução à Metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida (**ACV**) promovido pelo Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia – **Ibict**. O conteúdo serve aos interessados na metodologia de ACV que possam vir a incorporar os conceitos tanto na vida doméstica quanto na profissional. Não se pretende discutir exaustivamente a ACV, o intuito maior é provocar a discussão a partir de pontos chaves que estimulem a reflexão sobre a visão sistêmica do **Pensamento do Ciclo de Vida**. Indicamos o uso deste documento para fins educacionais e de sensibilização sobre o tema. Caso a sua instituição tenha interesse em realizar este curso para os seus colaboradores, entre em contato conosco. Esperamos que os conceitos aqui presentes consigam estimular práticas mais sustentáveis.

Bom proveito,

Thiago O. Rodrigues

Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia – Ibict

http://www.ibict.br/

ACV-Ibict

http://acv.ibict.br/

Esta apostila é um produto do projeto "Pesquisa e Desenvolvimento para Manutenção e Validação do Sistema de Inventário do Ciclo de Vida do Brasil (*upgrade* do SICV)" realizado com o apoio da Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa – FUNDEP

ibict Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia

FUNDEP Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa

Brasília, dezembro 2015

Tópicos

- **Introdução ao Pensamento do Ciclo de Vida –** Consciência ambiental, impactos ambientais, Pensamento do Ciclo de Vida;
- **Avaliação do Ciclo de Vida** – Gestão ambiental, Ecologia Industrial, normas série ISO 14000, ACV;
- **Definição de Objetivos e Escopo** – Função do sistema e unidade funcional, fronteiras do sistema, pressupostos, cortes, qualidade dos dados;
- **Análise de Inventário do Ciclo de Vida** – Panorama do sistema, fluxograma de processos, tipos de dados, coleta de dados;
- **Avaliação de Impactos do Ciclo de Vida** – Categorias de impacto, classificação, caracterização, normalização, agrupamento, ponderação, métodos;
- **Interpretação** – Questões significativas, análise de sensibilidade, cenários, qualidade, integridade, consistência, conclusões, limitações, recomendações.
- **Estudos de caso**
- **Leituras**
- **Reflexões**

Introdução ao Pensamento do Ciclo de Vida

- Consciência ambiental
- Impactos ambientais
- Pensamento do Ciclo de Vida

Introdução ao Pensamento do Ciclo de Vida

CONSCIENTIZAÇÃO AMBIENTAL

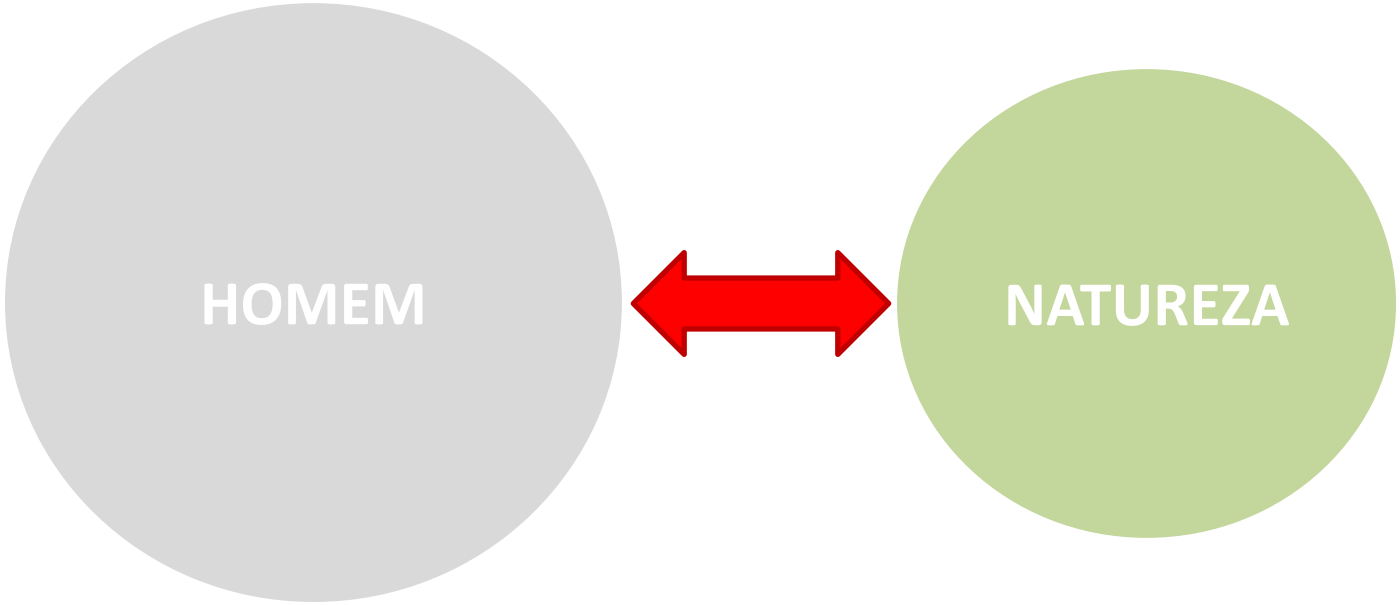
- Qual é a importância?
- Como se desenvolveu?
- Em que grau nos encontramos?

Introdução ao Pensamento do Ciclo de Vida

- Consciência:
  - Percepção da relação entre um ser e um ***ambiente***;
  - Estar ciente;
  - Ser do mundo e no mundo.
- Ambiente:
  - *O conjunto de componentes físicos, químicos, biológicos e sociais capazes de causar efeitos diretos ou indiretos, em um prazo curto ou longo, sobre os seres vivos e as atividades humanas –* ***Estocolmo, 1972.***

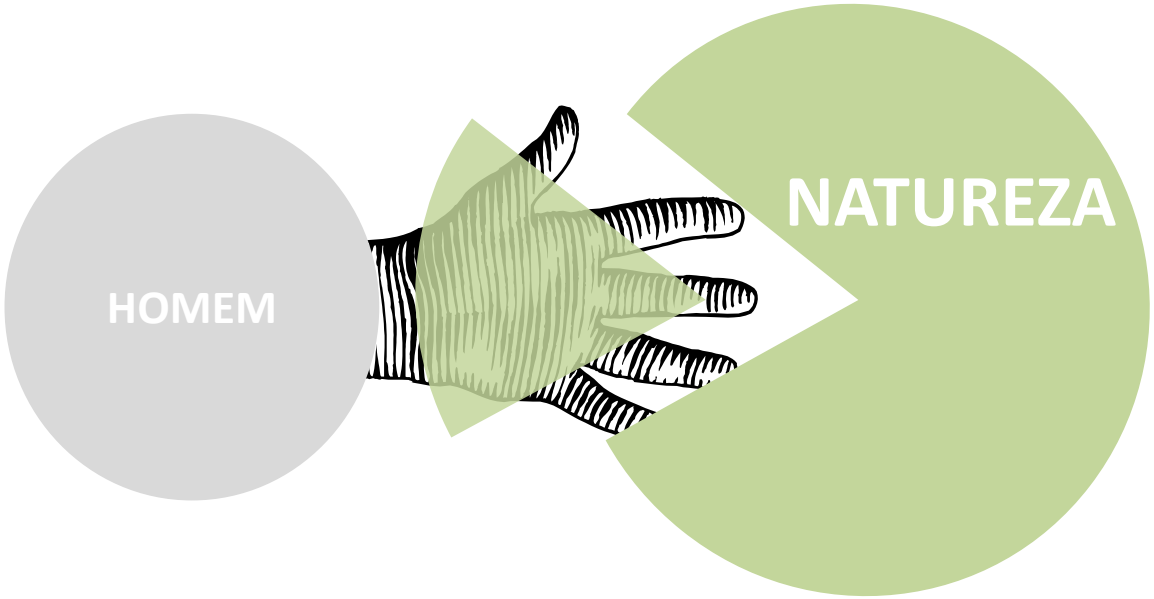
Introdução ao Pensamento do Ciclo de Vida

- Consciência ambiental:
  - Visão dualista = Homem x Natureza



Introdução ao Pensamento do Ciclo de Vida

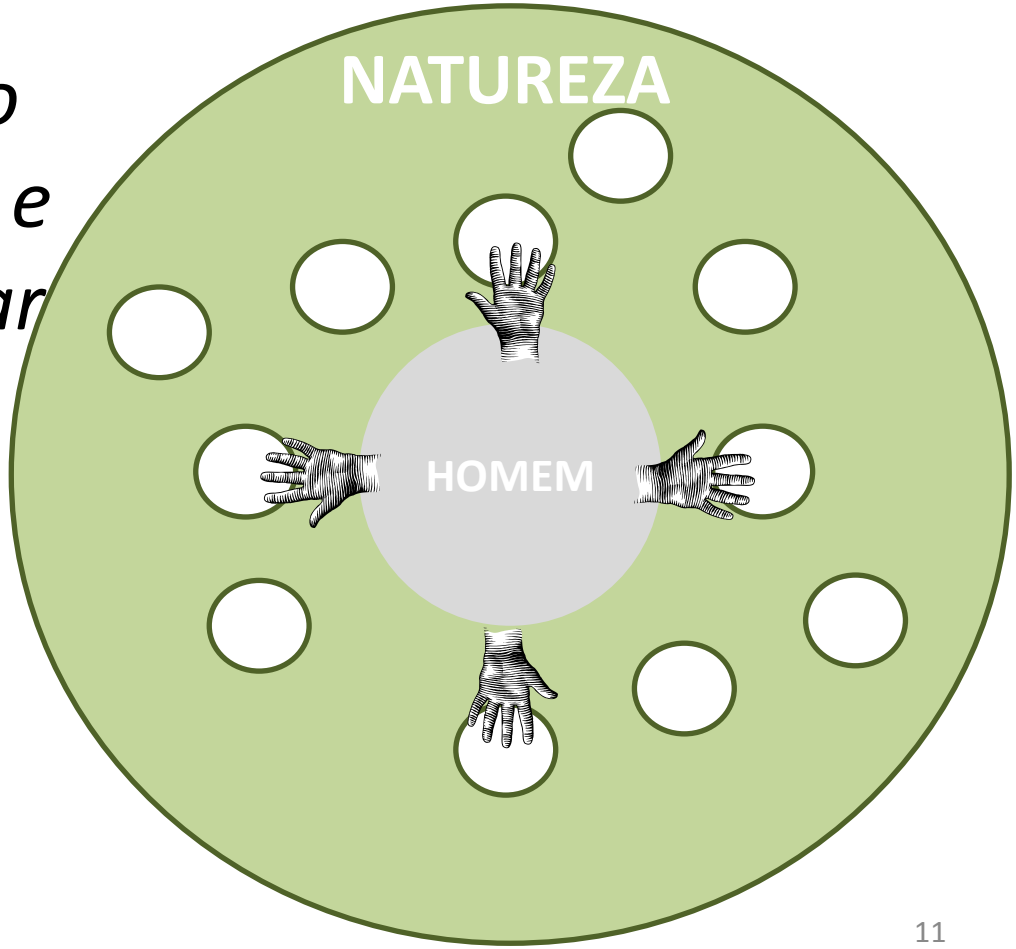
- Consciência ambiental:
  - Natureza = fonte inesgotável de recursos!



Introdução ao Pensamento do Ciclo de Vida

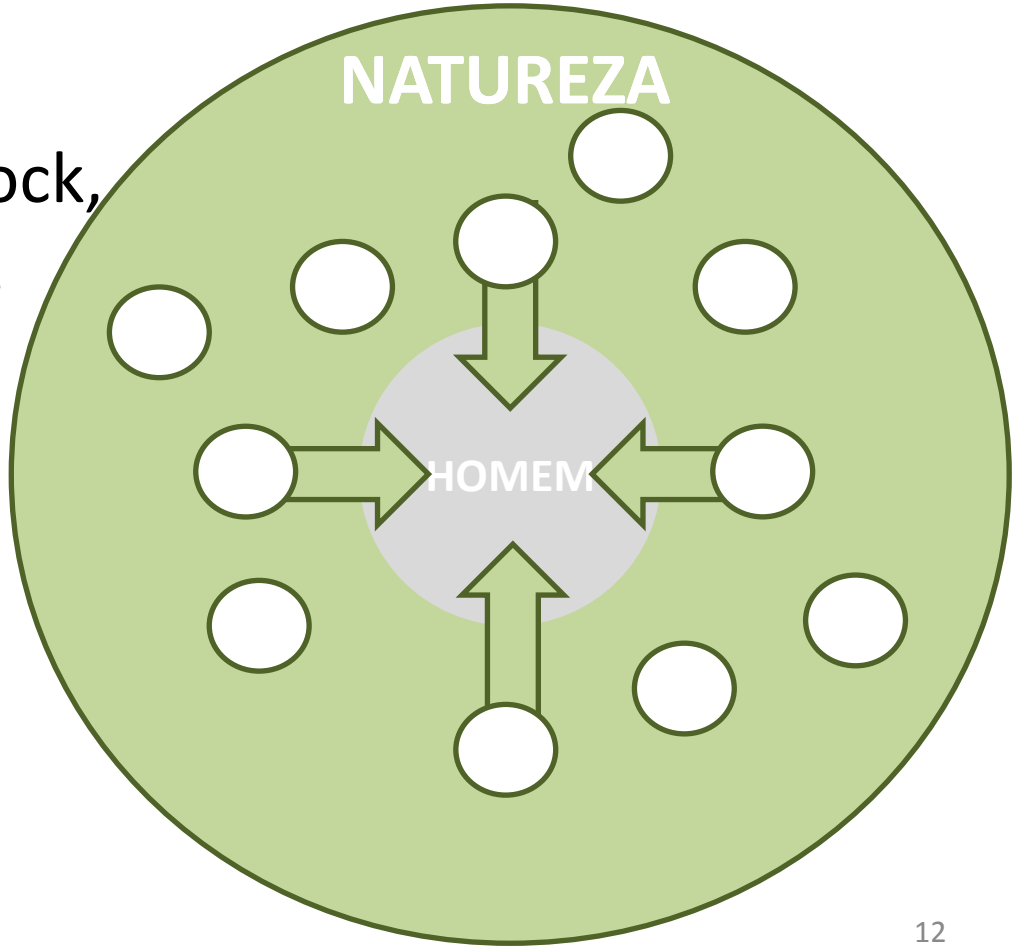
- Consciência ambiental:

"...estamos quebrando o piso, as vigas, as portas e as janelas do nosso lugar de moradia." – George Perkins Marsh (1864)



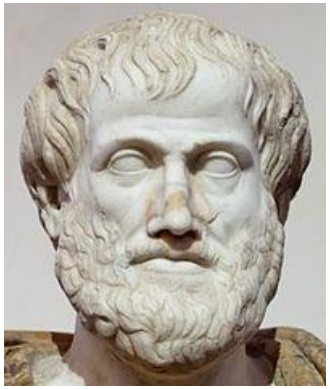
Introdução ao Pensamento do Ciclo de Vida

- Consciência ambiental:
  - Vingança de Gaia! → James Lovelock, Lynn Margulis (1972).



Introdução ao Pensamento do Ciclo de Vida

- Consciência ambiental – Paradigmas
  - Aristóteles → dedução → ***Filosofia Natural***
    - *"**natureza** (physis) é um certo princípio e causa pelo qual aquilo em que primeiramente se encontra **move-se** ou **repousa** por si mesmo"*;
    - *"A **natureza** age em busca de um **objetivo** e discute o modo com que a **necessidade** está presente nas coisas naturais".*



(Física, livro II)

Introdução ao Pensamento do Ciclo de Vida

- Consciência ambiental – Paradigmas
  - Observação e Experimentação → indução → ***Ciência Natural***

- Francis Bacon (1620) → *História Natural* → método;

- René Descartes (1637) → *Discurso do método* → ceticismo metodológico;

→ ***Reducionismo Mecanicista = fragmentação das relações causais.***

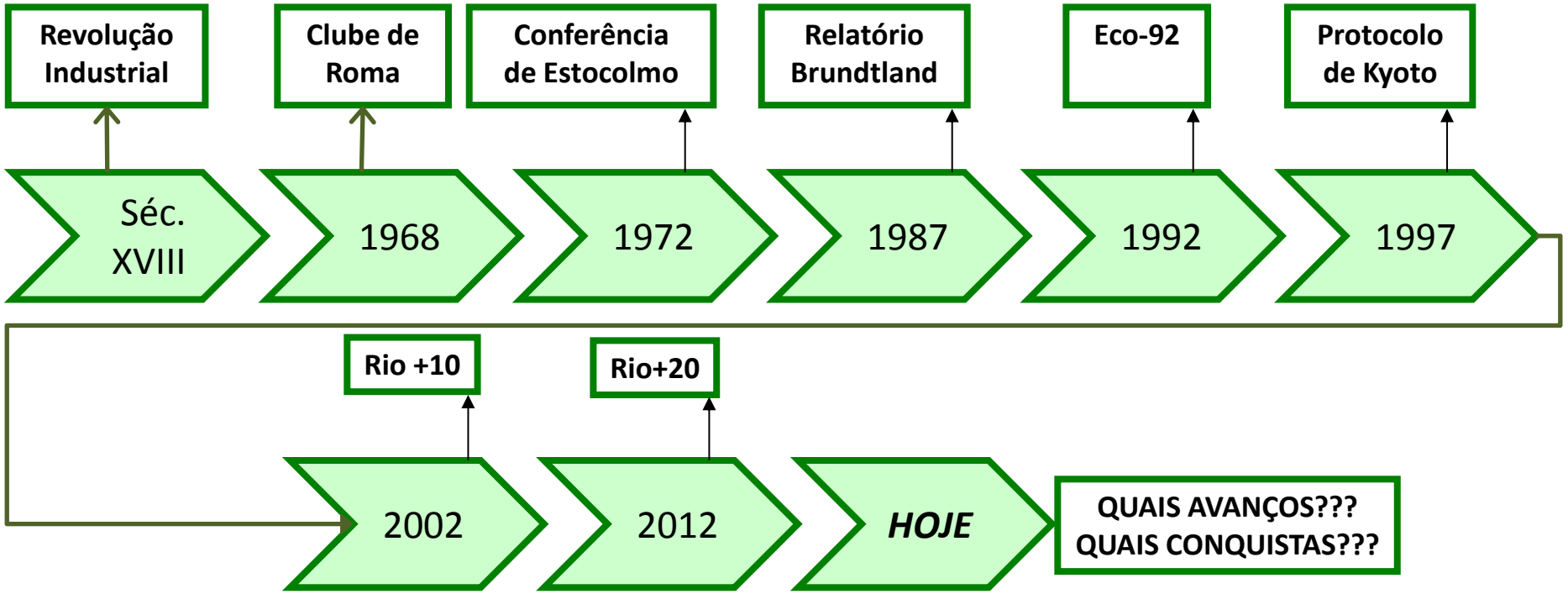
Introdução ao Pensamento do Ciclo de Vida

- Consciência ambiental – Paradigmas
  - Partes → Interdependência → Todo;
  - Bertalanffy (1937) → ***Teoria Geral dos Sistemas***
    → sistema com **função**;
    →Holismo = fortalecimento das relações causais

O todo é maior do que a simples soma das suas partes, ***Aristóteles***.

Introdução ao Pensamento do Ciclo de Vida

- Consciência ambiental
  - Marcos históricos mundiais



Introdução ao Pensamento do Ciclo de Vida

IMPACTOS AMBIENTAIS

- O que são?
- Como acontecem?
- Como classificá-los?

Introdução ao Pensamento do Ciclo de Vida

- Impactos ambientais
  - Resolução CONAMA 001/86: *qualquer* ***alteração*** *das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das* ***atividades humanas*** *que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e a* ***qualidade*** *dos recursos ambientais.*

Introdução ao Pensamento do Ciclo de Vida

- Impactos ambientais
  - Qualquer **modificação** do meio ambiente, adversa ou benéfica resultante da atividade humana;
  - Alteração da **qualidade** do ambiente por ações antrópicas;
  - Cenário base → ***Ação Antrópica*** → cenário impactado: melhor ou pior?
  - Cenário base = cenário ambiental anterior à ação.

Introdução ao Pensamento do Ciclo de Vida

- Impactos ambientais
  - Cenário base → ***Erupção vulcânica*** → cenário impactado = mortes, deslocamentos, interrupção de tráfego aéreo, chuva ácida, aquecimento global,... → **Impactos ambientais?**

Erupção Vulcânica Monte Sinabung, Indonésia, Fevereiro, 2014. Fonte: Associated Press

Introdução ao Pensamento do Ciclo de Vida

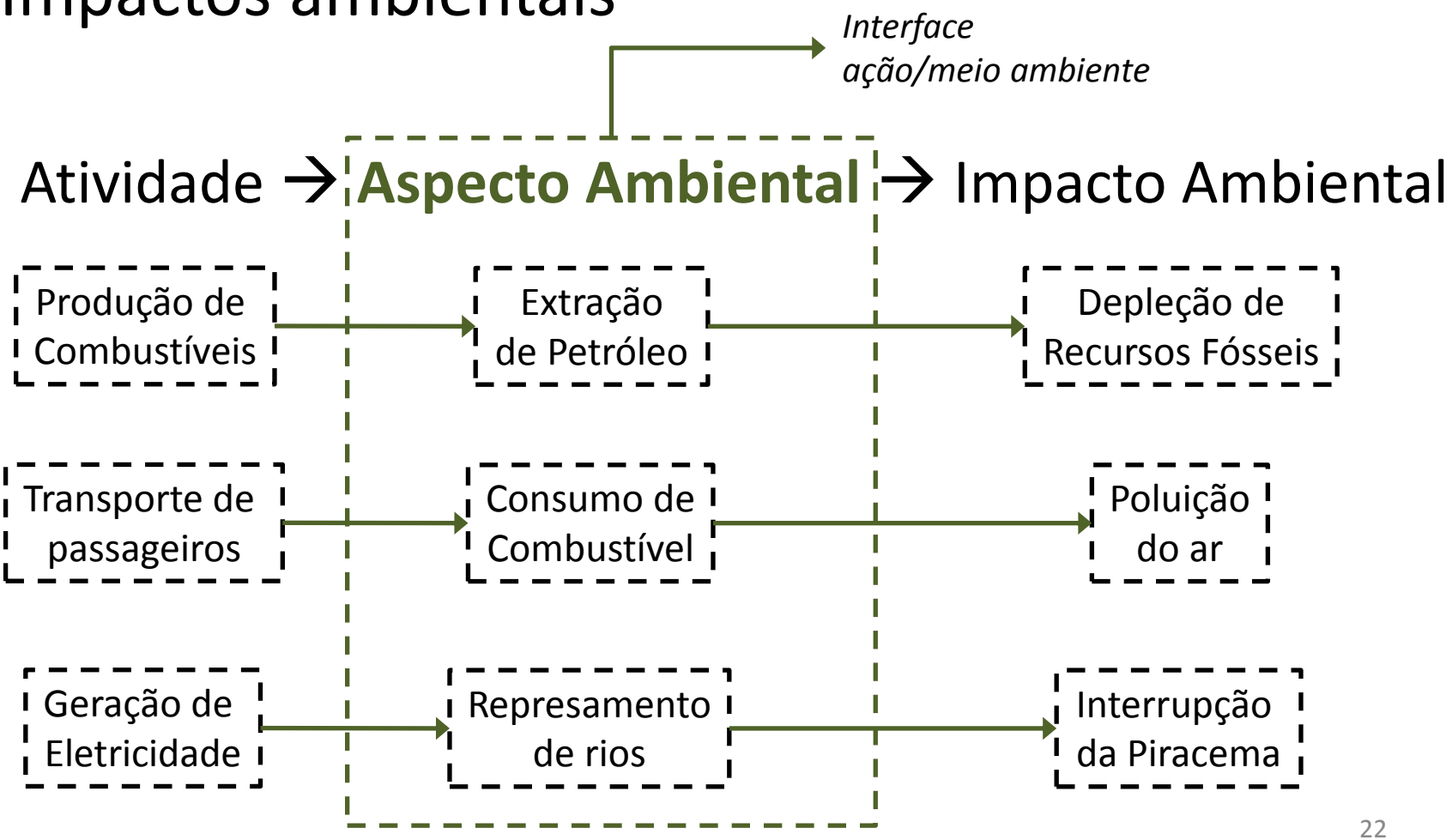
- Impactos ambientais
  - *Cadeia de ação*:

Atividade → **Aspecto Ambiental** → Impacto Ambiental

Atividade: Trabalhar

Introdução ao Pensamento do Ciclo de Vida

- Impactos ambientais



Introdução ao Pensamento do Ciclo de Vida

- Impactos ambientais
  - Interferência no aspecto ambiental (físico, biológico e social) de um cenário base;
  - Componente **físico**: hidrosfera, litosfera e atmosfera;
  - Componente **biológico**: biosfera – fauna, flora e humanos;
  - **Tecnosfera**???

Introdução ao Pensamento do Ciclo de Vida

- Impactos ambientais
  - Podem ser **medidos** quanto à intensidade, abrangência espacial e temporal, periodicidade e probabilidade;
  - Podem ser **classificados** como:
    - Diretos ou indiretos;
    - Positivos ou negativos;
    - Temporário ou permanente;
    - Reversível ou irreversível;
    - Local, regional ou global.

Introdução ao Pensamento do Ciclo de Vida

- Impactos ambientais → **tradicionalmente** medidos como:
  - Fracos, médios ou fortes;
  - Locais, regionais ou globais;
  - Curta, média ou longa duração;
  - Raros, pouco frequentes ou frequentes;
  - Pouco, médio ou muito prováveis.

→ ***Subjetividade!***

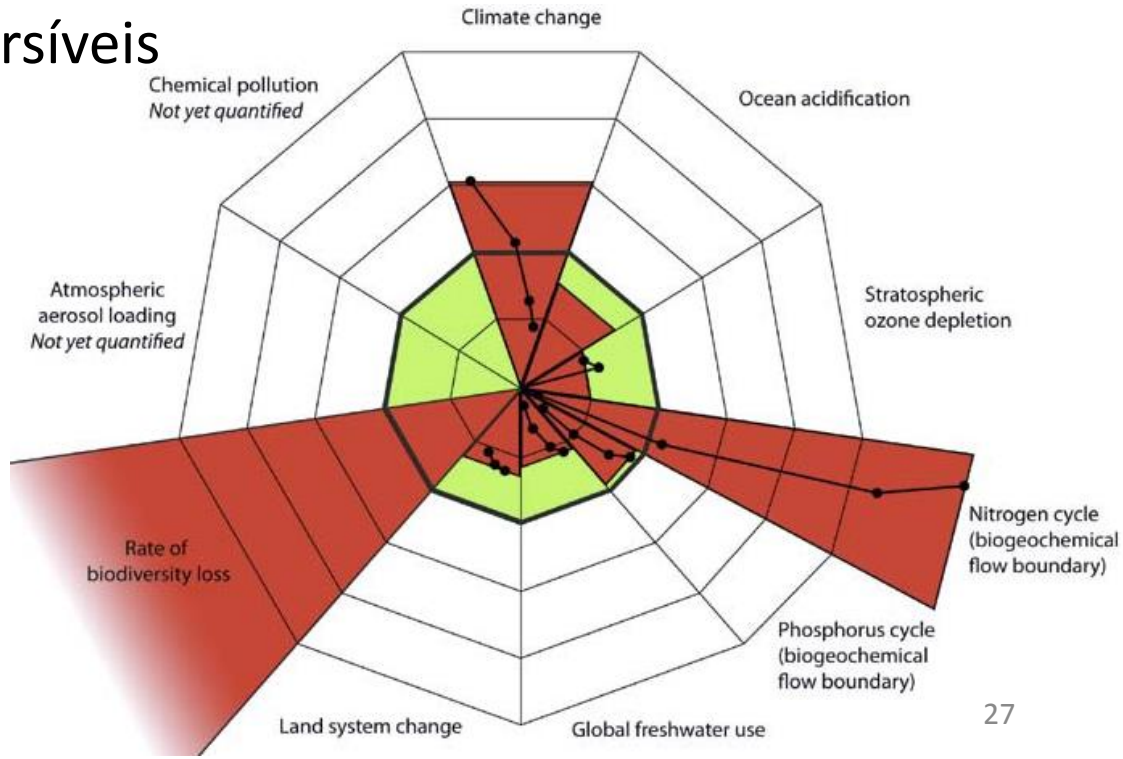
Introdução ao Pensamento do Ciclo de Vida

- Impactos ambientais
  - Degradação ambiental
  - Dano ambiental
  - Poluição ambiental
  - Contaminação ambiental

Impactos ambientais **negativos**

Introdução ao Pensamento do Ciclo de Vida

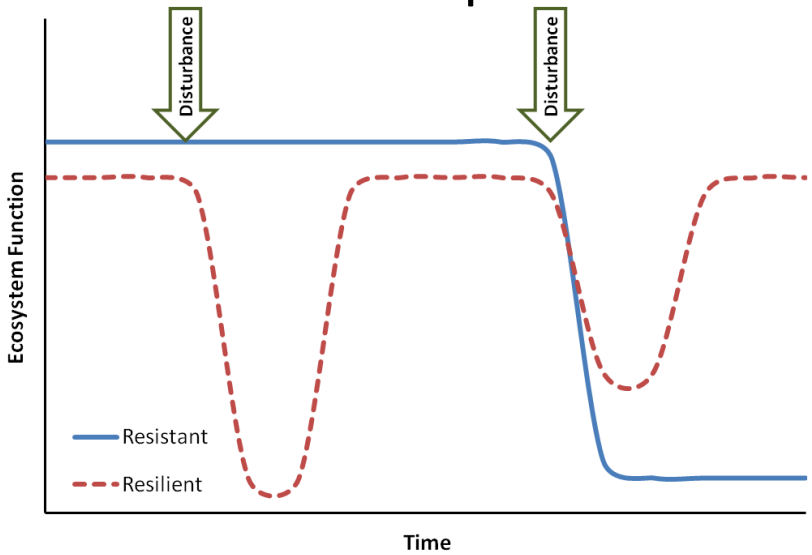
- Impactos ambientais
  - Limites do planeta
    - Transgressão de limites seguros;
    - Mudanças irreversíveis



Rockström, 2009

Introdução ao Pensamento do Ciclo de Vida

- Impactos ambientais
  - ***Resiliência*** → capacidade sistema **restabelecer** seu equilíbrio após este ter sido rompido por um distúrbio;
  - ***Resistência*** → capacidade de um sistema de **manter** sua estrutura e funcionamento após um distúrbio.



http://forestry.sfasu.edu/faculty/stovall/silviculture/index.php/silviculture-textbook-sp-9418/167-disturbances

Introdução ao Pensamento do Ciclo de Vida

- Impactos ambientais
  - Exercício:
    - Mensurar e classificar os seguintes desastres ambientais:
      - Peste bubônica;
      - Dust Bowl;
      - Grande Nevoeiro;
      - Mar de Aral;
      - Chernobyl;
      - Cubatão.

Introdução ao Pensamento do Ciclo de Vida

- Impactos ambientais
  - Peste bubônica, Europa, 1347-1353
    - Urbanização → saneamento inexistente → proliferação de ratos → pulgas → transmissão
    - Milhões de mortos = 1/3 da população europeia.

Introdução ao Pensamento do Ciclo de Vida

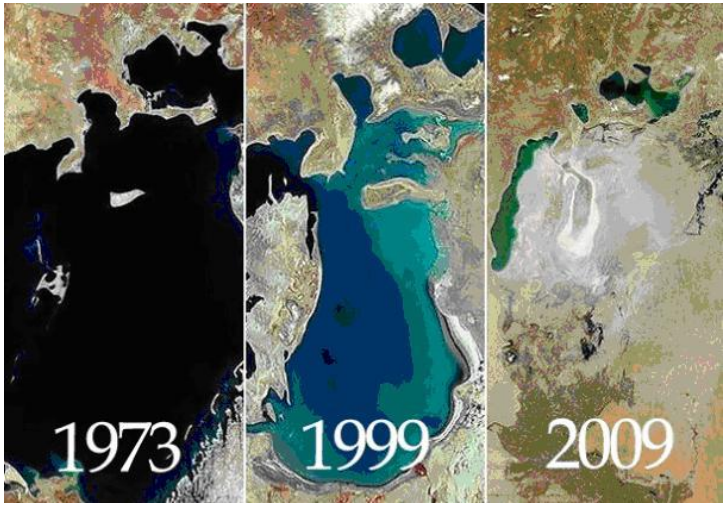
- Impactos ambientais
  - Dust Bowl – 1934, 1936, 1939, EUA
    - Agricultura → supressão da vegetação natural → degradação do solo → Tempestades de Areia;
    - 400 mil km²;
    - Migrações massivas → 3,5 milhões de pessoas ;
    - Terras improdutivas.

Introdução ao Pensamento do Ciclo de Vida

- Impactos ambientais
  - Grande Nevoeiro – Londres, 1952
    - Inverno intenso → Queima de carvão → SO_2;
    - 4.000 mortes em uma semana;
    - 100.000 doentes.

Introdução ao Pensamento do Ciclo de Vida

- Impactos ambientais
  - Mar de Aral, Cazaquistão
    - Agricultura (algodão) → irrigação → desvio de rios → redução da superfície e volume do mar;
    - Aumento da salinidade;
    - Mortandade da fauna e flora;
    - Falência da indústria pesqueira;
    - Alterações climáticas.



Introdução ao Pensamento do Ciclo de Vida

- Impactos ambientais
  - Vale da Morte – 1980, Cubatão
    - Alto grau de industrialização → urbanização desordenada → poluição ;
    - Desmatamento = 60 km²;
    - 30 mil ton poluentes/mês no ar;
    - Desaparecimento de aves e peixes;
    - Natimortos, problemas neurológicos, anencefalia.

Introdução ao Pensamento do Ciclo de Vida

PENSAMENTO DO CICLO DE VIDA

- O que é?
- Qual é a diferença para outras formas de pensar?
- O que são ciclos?

Introdução ao Pensamento do Ciclo de Vida

- Pensamento → você já pensou sobre o que é pensar?
  - Processo mental de construção do **conhecimento**;
  - Veículo do processo de **conscientização**;
    - *"A essência do homem é pensar*". (Por isso dizia): "*Sou uma coisa que pensa, isto é, que duvida, que afirma, que ignora muitas, que ama, que odeia, que quer e não quer, que também imagina e que sente*". (Logo quem pensa é consciente de sua existência) "*penso, logo existo*."

Introdução ao Pensamento do Ciclo de Vida

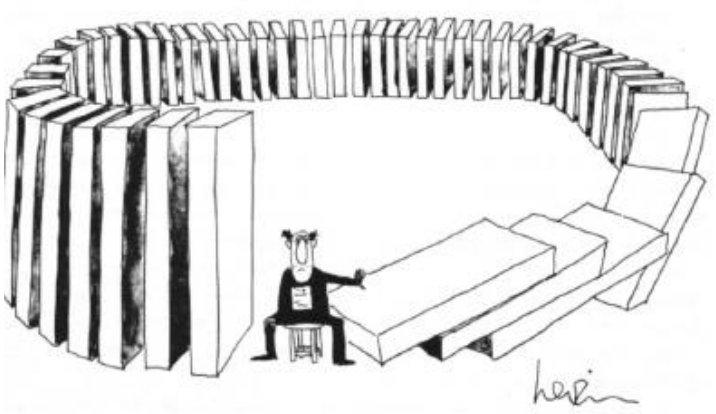
- Pensamento sistêmico
  - Ter o conhecimento do **todo**;
  - Visão completa de múltiplos elementos com suas diversas **inter-relações**;
  - Compreensão dos **sistemas** que influenciam uns aos outros dentro de uma entidade completa, ou um sistema maior;
  - Compreender as partes em relação ao **todo**.

Introdução ao Pensamento do Ciclo de Vida

- Pensamento do Ciclo de Vida
  - Pensamento sistêmico:
    - **Complexidade** da natureza;
    - **Instabilidade** do mundo;
    - **Intersubjetividade** do conhecimento.

Introdução ao Pensamento do Ciclo de Vida

- Pensamento do Ciclo de Vida
  - Pensamento sistêmico:
    - Confronto com paradigma científico tradicional, ***cartesiano*** → limitado e excludente;
    - ***Objetividade*** → impossível!

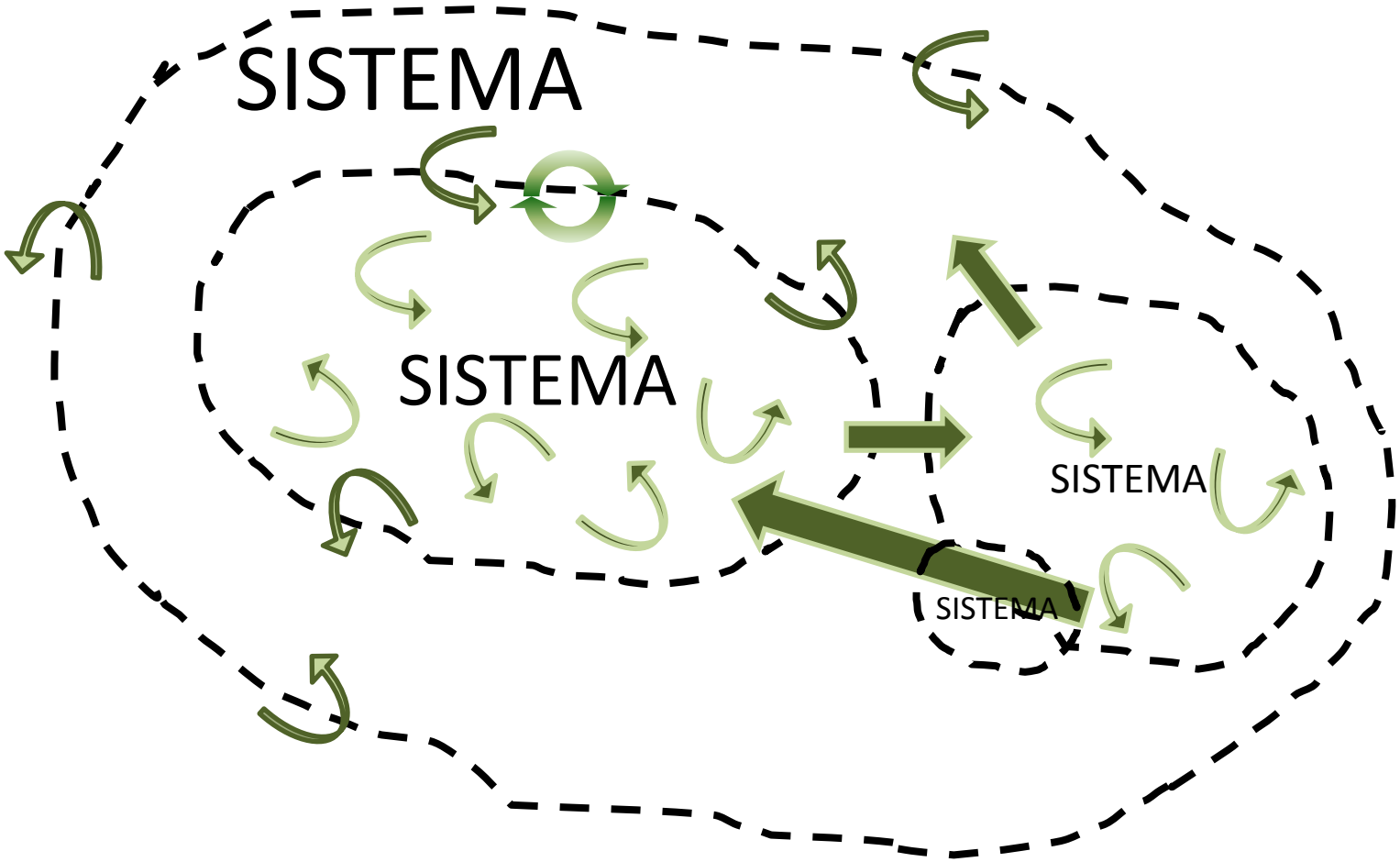


Introdução ao Pensamento do Ciclo de Vida

- Pensamento do Ciclo de Vida
  - **Sistemas** → conjunto de elementos em interação representadas por ***fluxos*** de massa, de energia, de informação, ...;
    - Sistemas interagem com o meio → ***aberto***;
    - Sistemas tendem à estabilidade → ***homeostase***;
    - Sistemas caminham para a desordem → ***entropia***.

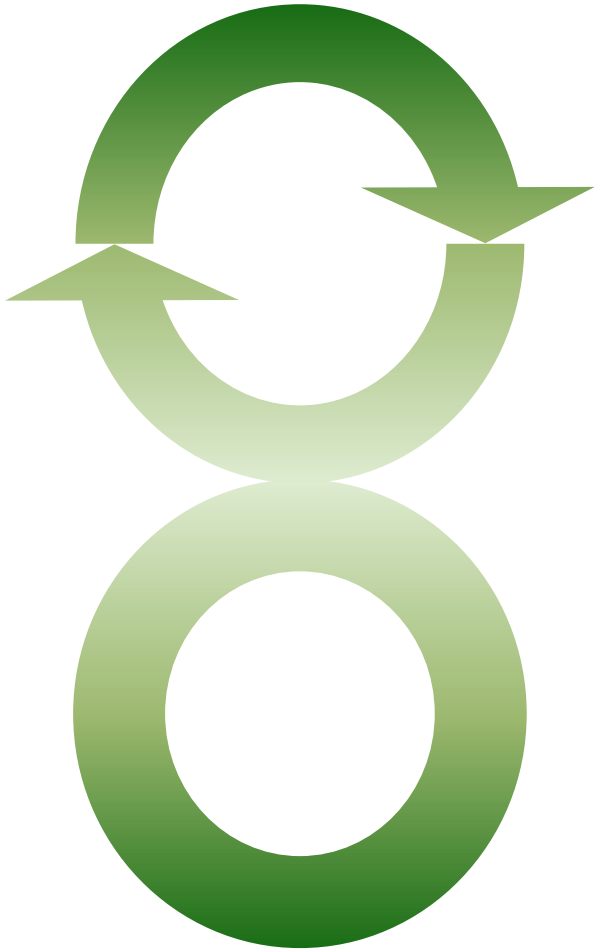
Introdução ao Pensamento do Ciclo de Vida

- Pensamento do Ciclo de Vida



Introdução ao Pensamento do Ciclo de Vida

- Pensamento do Ciclo de Vida
  - Ciclos:
    - Repetição;
    - Periodicidade;
    - Alternância.

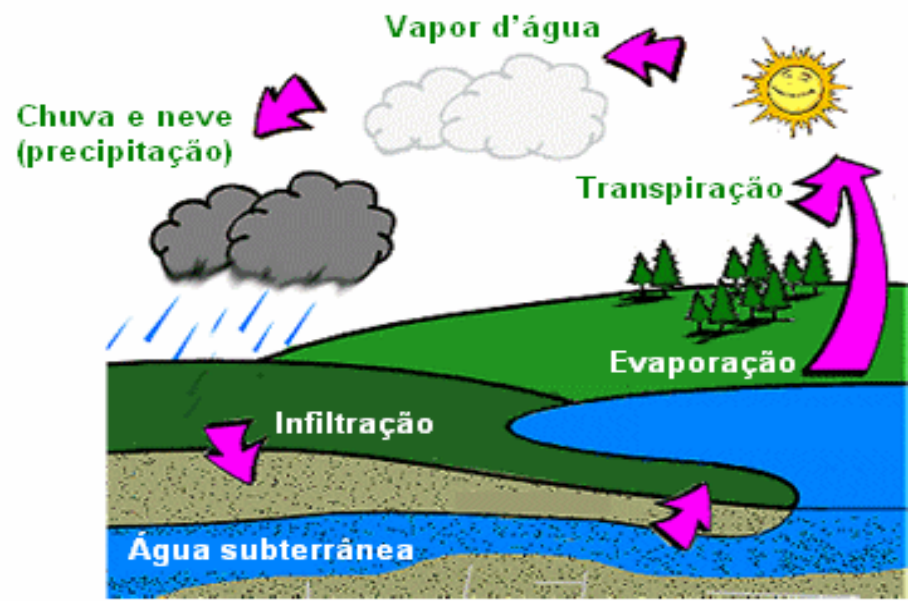


Introdução ao Pensamento do Ciclo de Vida

- Pensamento do Ciclo de Vida
  - Ciclos:
    - ***Biogeoquímicos*** → Carbono, Nitrogênio, Oxigênio, Enxofre, Água, ...;
    - ***Biológicos*** → Calvin, Krebs, vida (plantas e animais), menstrual, ...;
    - ***Termodinâmicos*** → Diesel, Otto, Brayton, Rankine, ...;
    - ***Sócio-econômicos*** → borracha, ouro, cana-de-açúcar,...

Introdução ao Pensamento do Ciclo de Vida

- Pensamento do Ciclo de Vida
  - Ciclo da água → https://www.youtube.com/watch?v=vW5-xrV3Bq4



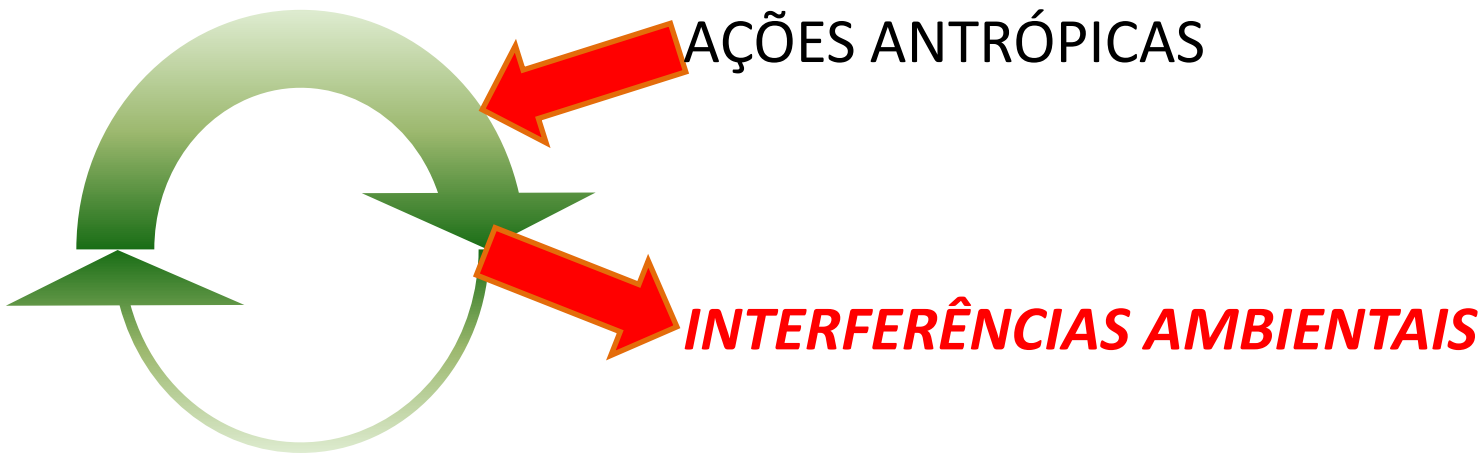
http://www.sobiologia.com.br/conteudos/Agua/Agua5.php

Introdução ao Pensamento do Ciclo de Vida

- Pensamento do Ciclo de Vida
  - Desequilíbrio dos ciclos:
    - Ação **antrópica** → excedente de material ou energia não reincorporados;
    - Interferência na **resiliência** (capacidade de recuperação) e na **resistência** de um sistema;
    - Efeito negativo no equilíbrio de um sistema → **poluição**!

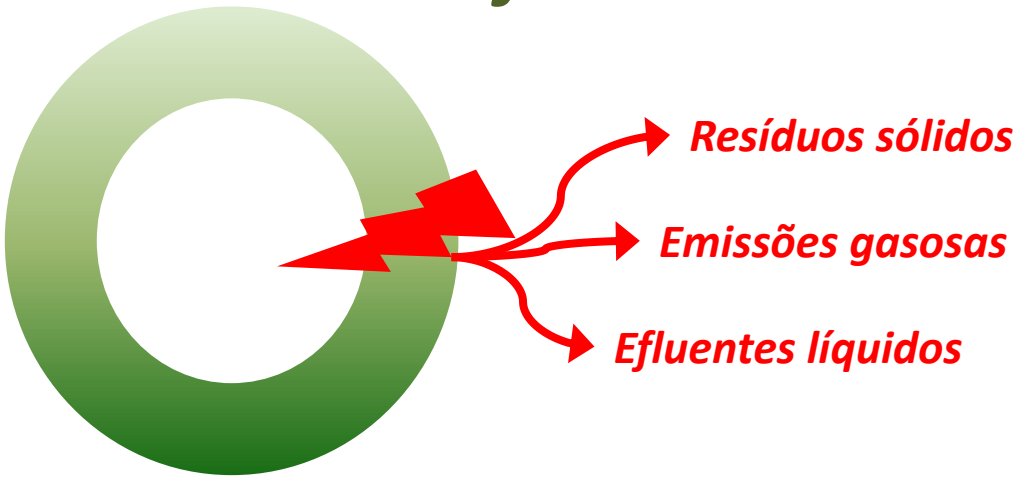
Introdução ao Pensamento do Ciclo de Vida

- Pensamento do Ciclo de Vida
  - Ciclos:
    - Interrupção, quebra → ***impactos ambientais***



Introdução ao Pensamento do Ciclo de Vida

- Ambientes naturais (**ecosfera**):
  - Ciclos íntegros →não há resíduo;
- Ambientes antrópicos (**tecnosfera**):
  - Ciclos interrompidos → **resíduos**;
- ***Interferência na ecosfera***

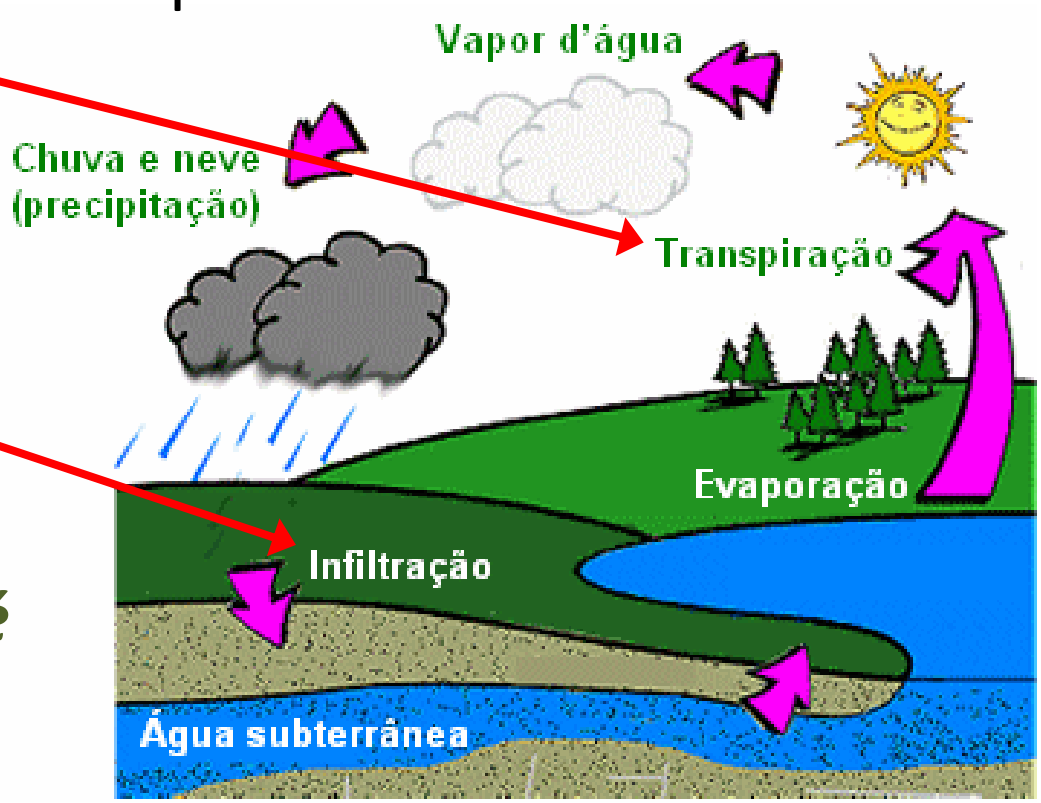


Introdução ao Pensamento do Ciclo de Vida

- Pensamento do Ciclo de Vida
  - Ciclos interrompidos → "**Quebra**" dos ciclos naturais, **danos** à saúde humana, aos ecossistemas e aos recursos naturais;

Introdução ao Pensamento do Ciclo de Vida

- Pensamento do Ciclo de Vida
  - Ciclo da água interrompido
    - Desmatamento;
    - Exposição do solo;
    - Lixiviação;
    - Compactação;
  - Água que não retorna → ***qual é o impacto???***



http://www.sobiologia.com.br/conteudos/Agua/Agua5.php

Introdução ao Pensamento do Ciclo de Vida

- Pensamento do Ciclo de Vida

???

Processo de **conscientização**
da condição **sistêmica**
dos processos **produtivos**
que se **inter-relacionam** com
os ambientes **naturais** e
causam **impactos** ambientais

Introdução ao Pensamento do Ciclo de Vida

- Pensamento do Ciclo de Vida
  - Exercício:
    - Quantificar ciclos dentro do ciclo de vida de um produto:
      - Caneta esferográfica;
      - Camisa de botão;
      - Picolé;
      - Pintura à óleo sobre madeira;
      - Garrafa de vinho;
      - ...

Avaliação do Ciclo de Vida

- Gestão ambiental
- Ecologia Industrial
- Avaliação do Ciclo de Vida

Avaliação do Ciclo de Vida

GESTÃO AMBIENTAL

- O que é?
- Por que fazer?
- Como fazer?

Avaliação do Ciclo de Vida

- Gestão
  - Conceito das ciências administrativas;
  - Alocação adequada dos **recursos** nos sistemas produtivos;
  - **Otimização** do funcionamento dos sistemas produtivos;
  - **Eficiência** (como) e **eficácia** (o que).

Avaliação do Ciclo de Vida

- Gestão + **Ambiental**
  - Alocação adequada dos **recursos naturais** nos sistemas produtivos
  - **Eficiência** no uso dos recursos → alta taxa de conversão dos recursos em produtos;
  - **Eficácia** no uso dos recursos → uso correto dos recursos na conversão em produtos.

Avaliação do Ciclo de Vida

- Gestão Ambiental
  - **Sustentabilidade** dos sistemas antrópicos;
  - Interação **harmônica** com sistemas naturais;
  - Crescimento econômico é **limitado** pela disponibilidade de recursos;
  - Gestão **compartilhada** entre agentes;

Seiffert, 2009.

Avaliação do Ciclo de Vida

- Gestão Ambiental
  - Política ambiental → **princípios** doutrinários;
  - Planejamento ambiental → estudo **prospectivo**;
  - Gerenciamento ambiental → **ações;**
  - Monitoramento ambiental → **controle**.

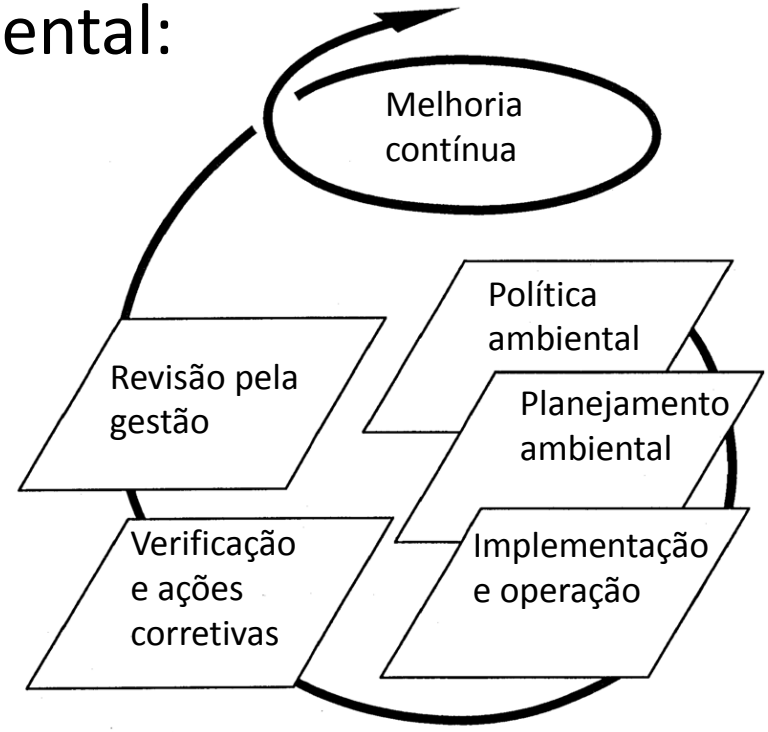
Avaliação do Ciclo de Vida

- Gestão Ambiental
  - Desempenho ambiental
    - Resultados **mensuráveis** da gestão de uma organização sobre seus aspectos ambientais (NBR ISO 14031: 2004);
    - Verificação da **adequação** de uma organização aos seus **critérios** ambientais;
    - Identificação de aspectos ambientais significativos;
    - PDCA;
    - **Indicadores** de Desempenho Ambiental (gerencial e operacional) e de Condição Ambiental.

Avaliação do Ciclo de Vida

- Gestão Ambiental
  - Sistema de Gestão Ambiental:
    - Definição de escopo;
    - Aspectos ambientais;
    - Objetivos e metas;
    - Conscientização;
    - Medição;
    - Auditoria.

    NBR ISO 14001:2004



Avaliação do Ciclo de Vida

- Gestão Ambiental
  - Instrumentos:
    - Tipo de **controle**:
      - Comando e controle →Mandatório, regulador = políticas públicas;
      - Autorregulação → voluntário, adequação = SGA;
      - Econômico → custo/benefício ambiental, regulador = taxas;
    - **Abrangência**: macro (Kyoto) ou micro (AIA);
    - Esfera de **atuação**: pública (compensação ambiental) ou privada (rotulagem ambiental).
  - ***ACV = voluntária, micro com reflexos no macro, privada ou pública, subsídio a políticas públicas***

Avaliação do Ciclo de Vida

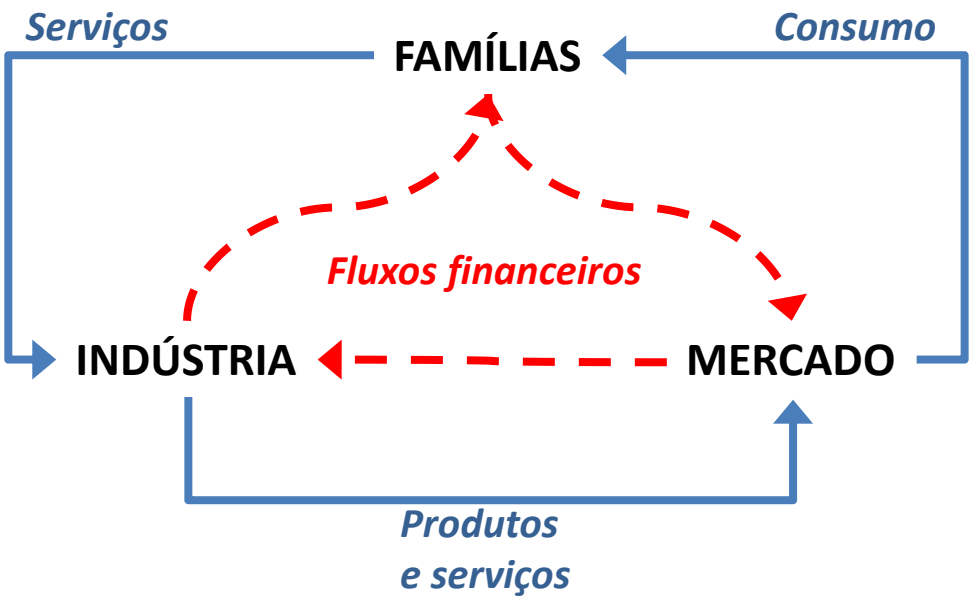
ECOLOGIA INDUSTRIAL

- O que é?
- Como se combinam os conceitos?
- Qual é a relação com ACV?

Avaliação do Ciclo de Vida

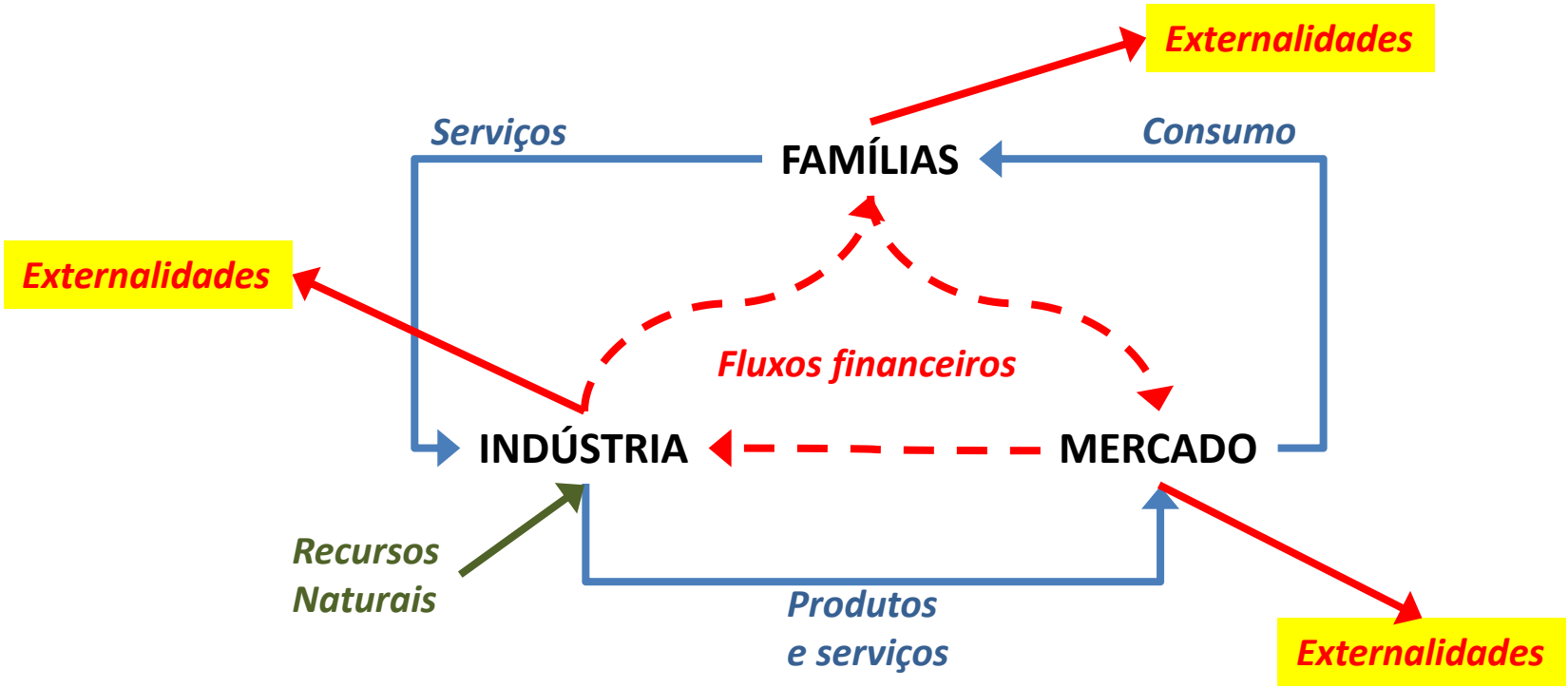
- Ecologia Industrial
  - Economia → modelo convencional

O que há de errado?



Avaliação do Ciclo de Vida

- Ecologia Industrial

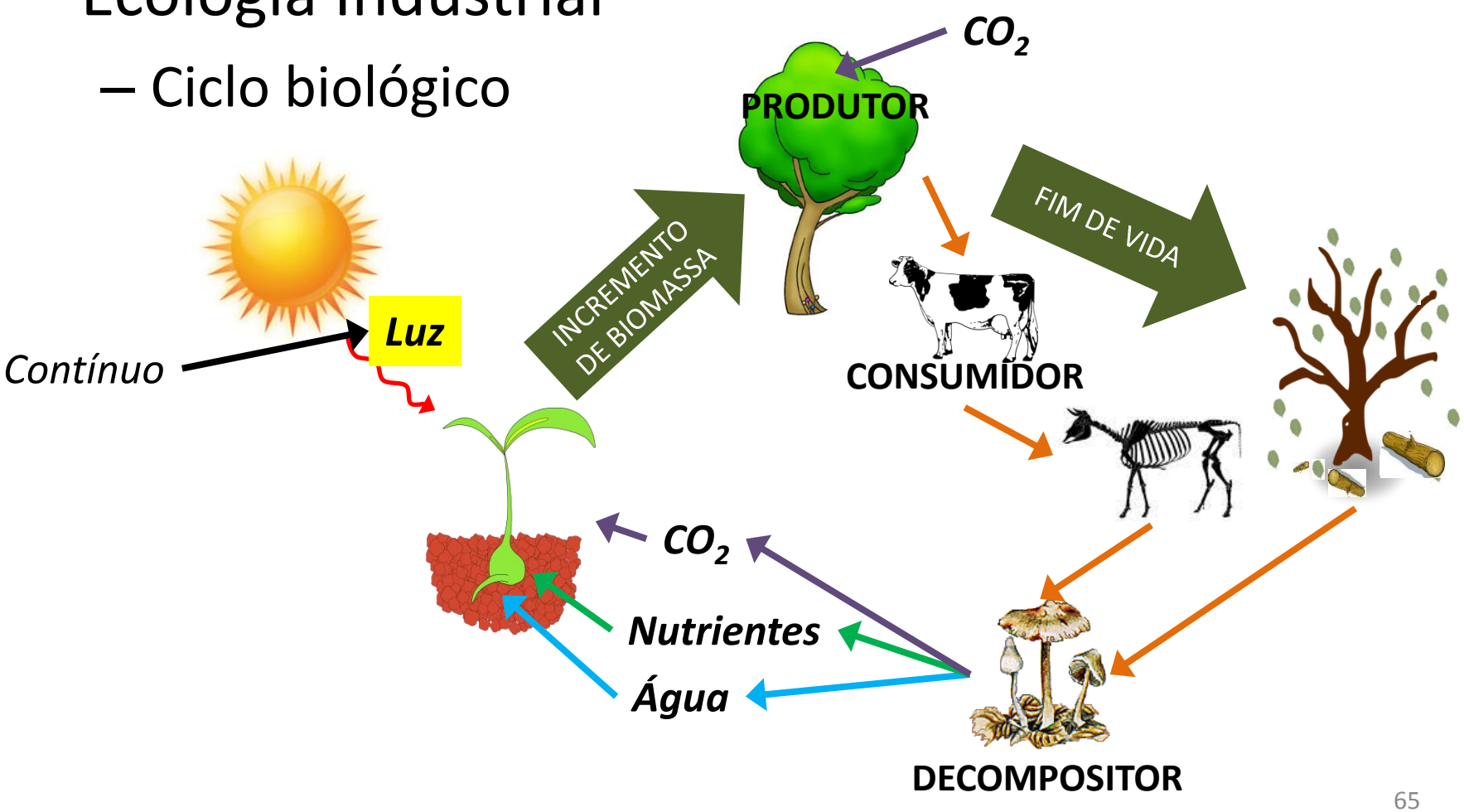


Avaliação do Ciclo de Vida

- Ecologia Industrial
  - **Analogia** de sistemas industriais e ecossistemas;
  - **Holismo** → conjugação entre sistemas;
  - **Metabolismo** industrial;
  - Economia → **organismo** vivo;
  - **Entropia** → irreversibilidade;

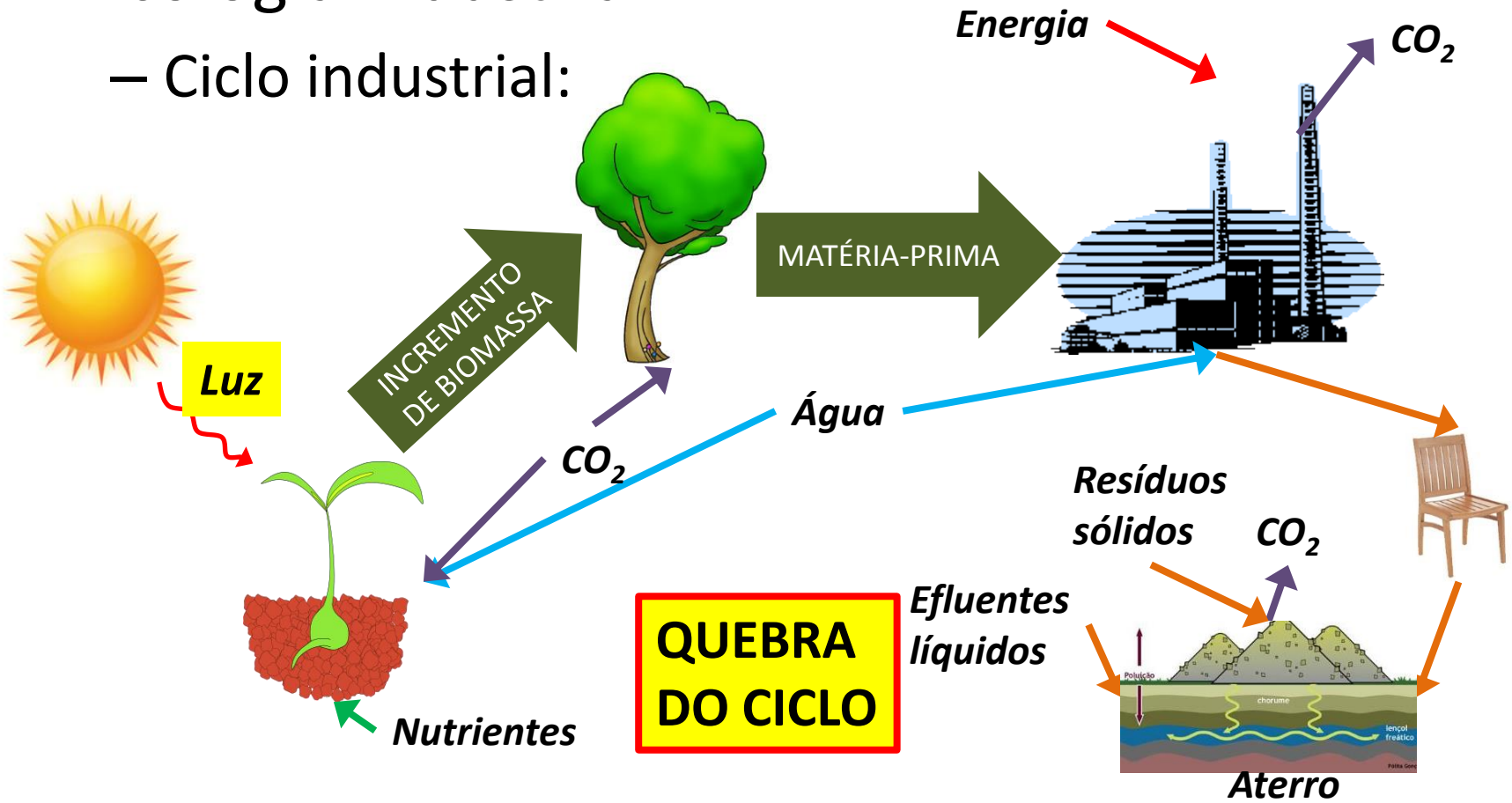
Avaliação do Ciclo de Vida

- Ecologia Industrial
  - Ciclo biológico



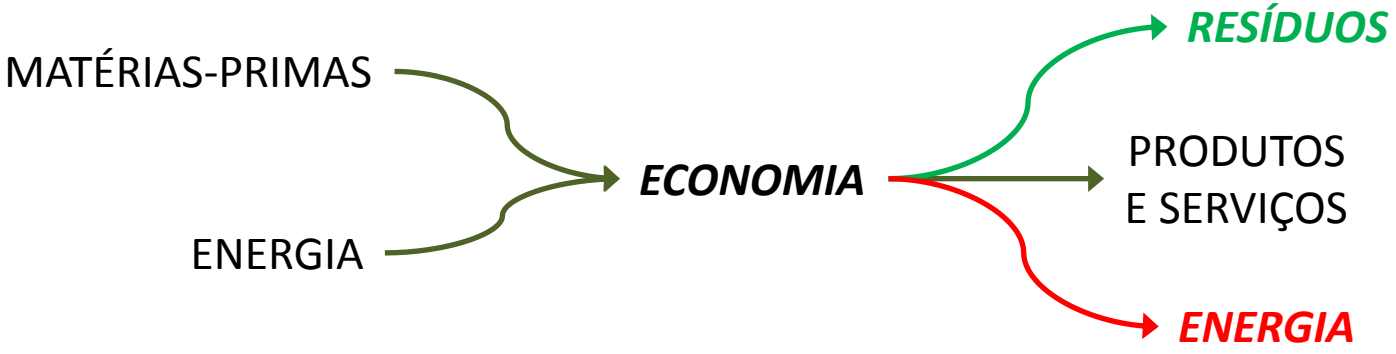
Avaliação do Ciclo de Vida

- Ecologia Industrial
  - Ciclo industrial:



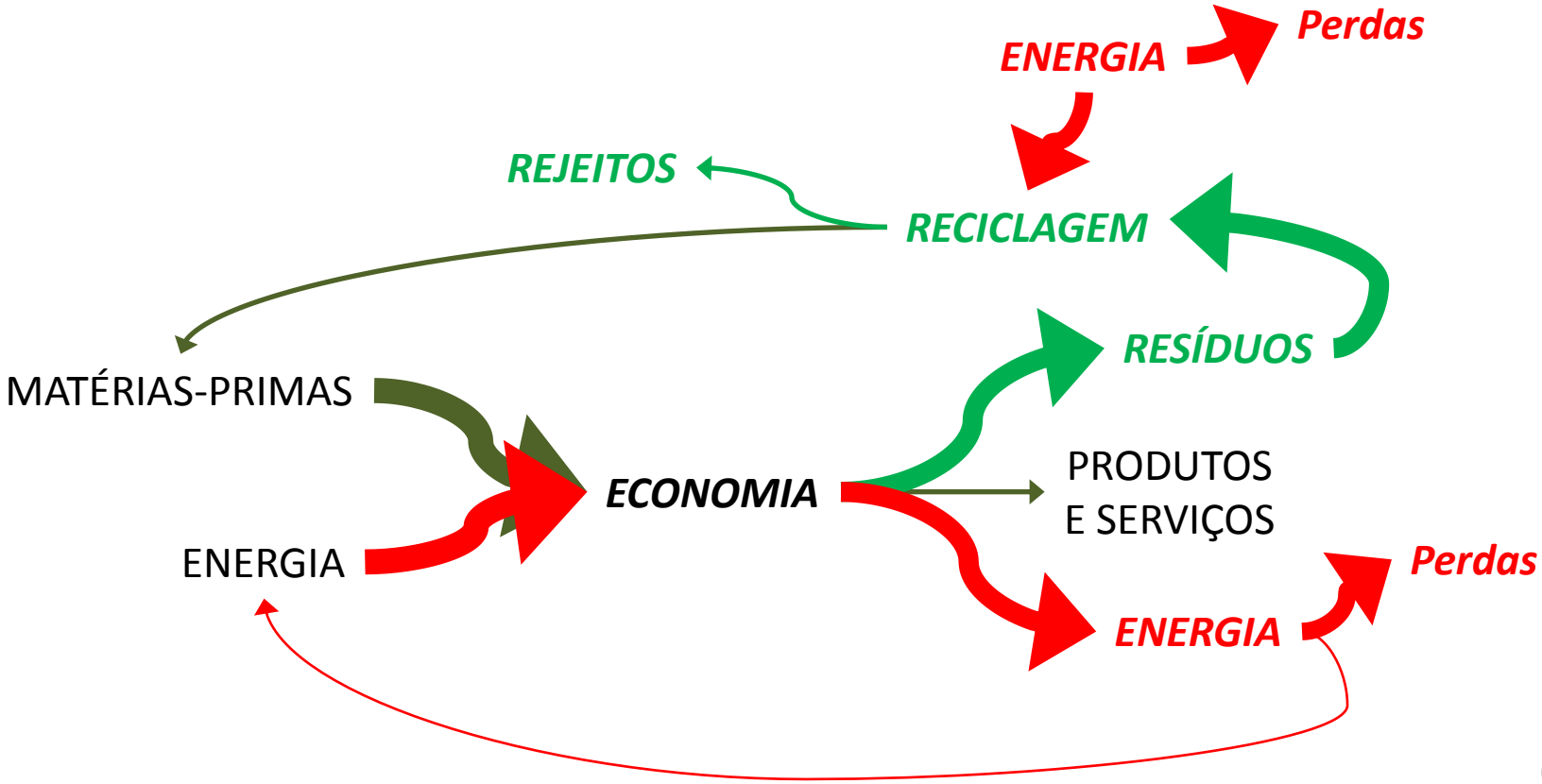
Avaliação do Ciclo de Vida

- Ecologia Industrial
  - Ciclo biológico → sistema fechado, **cíclico**;
  - Ciclo industrial → sistema aberto, **linear**!



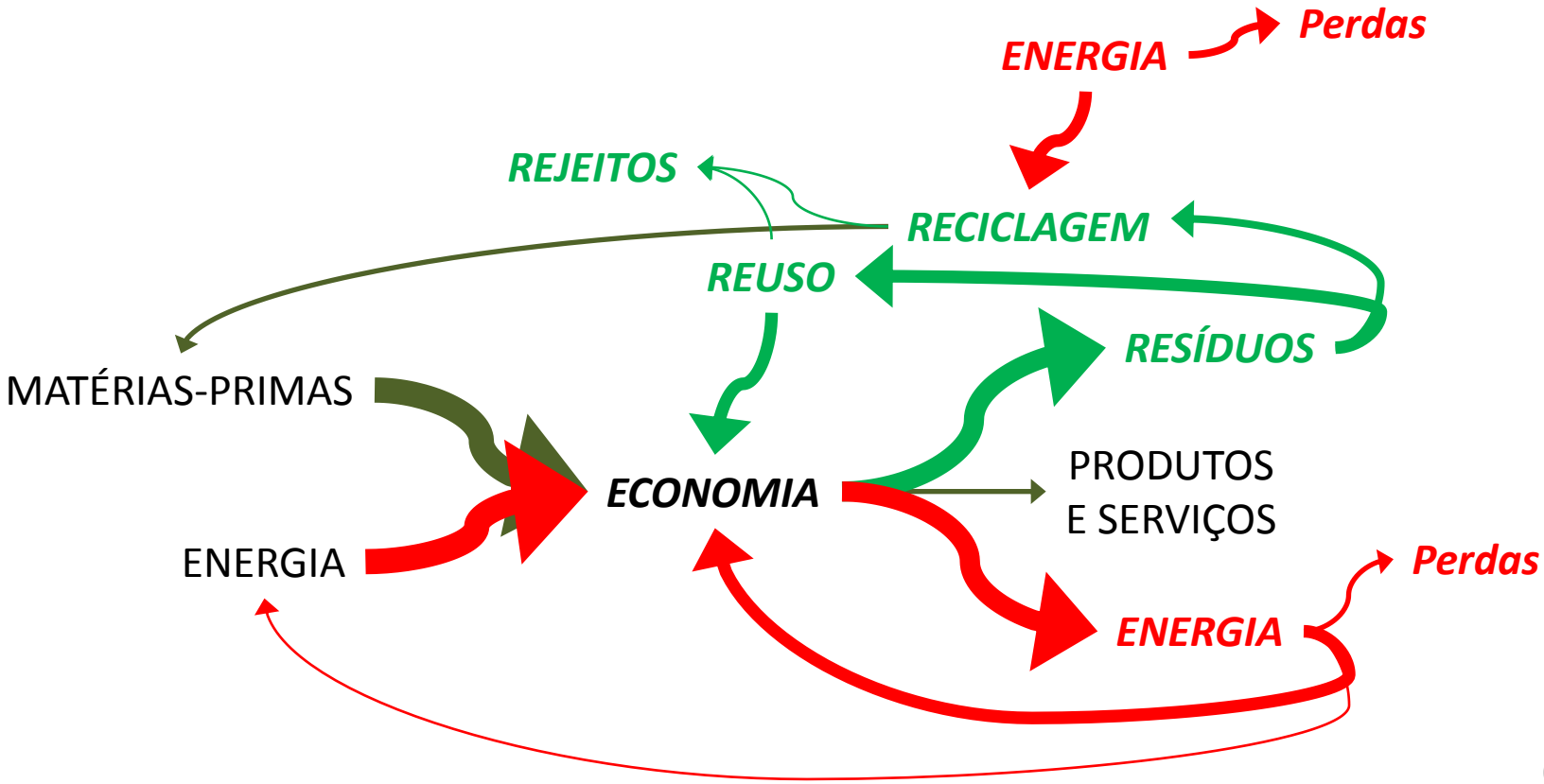
Avaliação do Ciclo de Vida

- Ecologia Industrial
  - ***Fechar o sistema***



Avaliação do Ciclo de Vida

- Ecologia Industrial
  - ***Reduzir entradas e saídas***



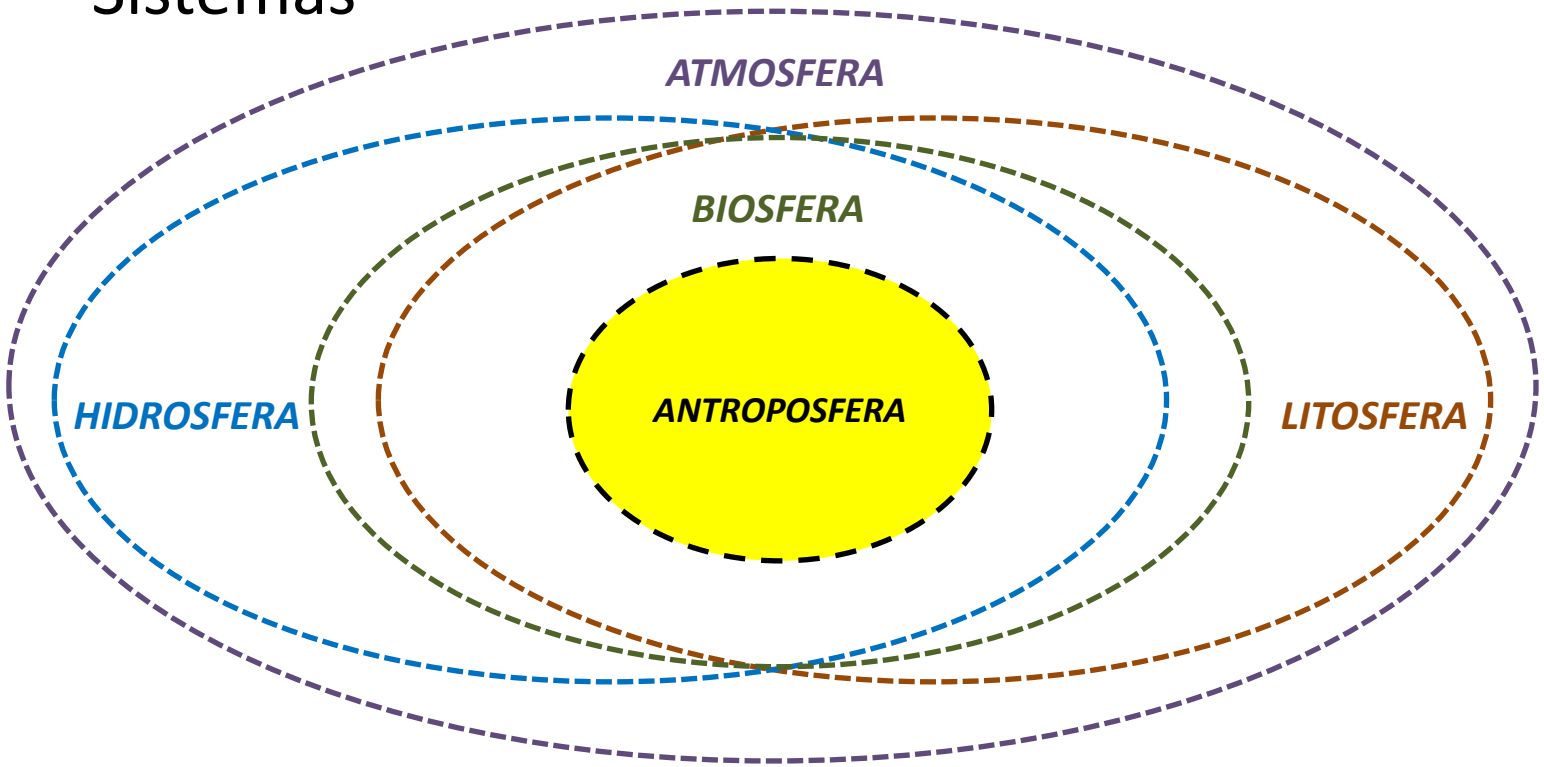
Avaliação do Ciclo de Vida

Economia Industrial	Economia Natural
Impulsionada por questões financeiras	Impulsionada pela energia solar
Produção centralizada	Produção descentralizada
Monoculturas	Biodiversidade
Sistema linear	Sistema circular
Ênfase na produção	Ênfase na reprodução
Resíduos sem valorização significativa	Reciclagem de resíduos

Ferrão, 2009

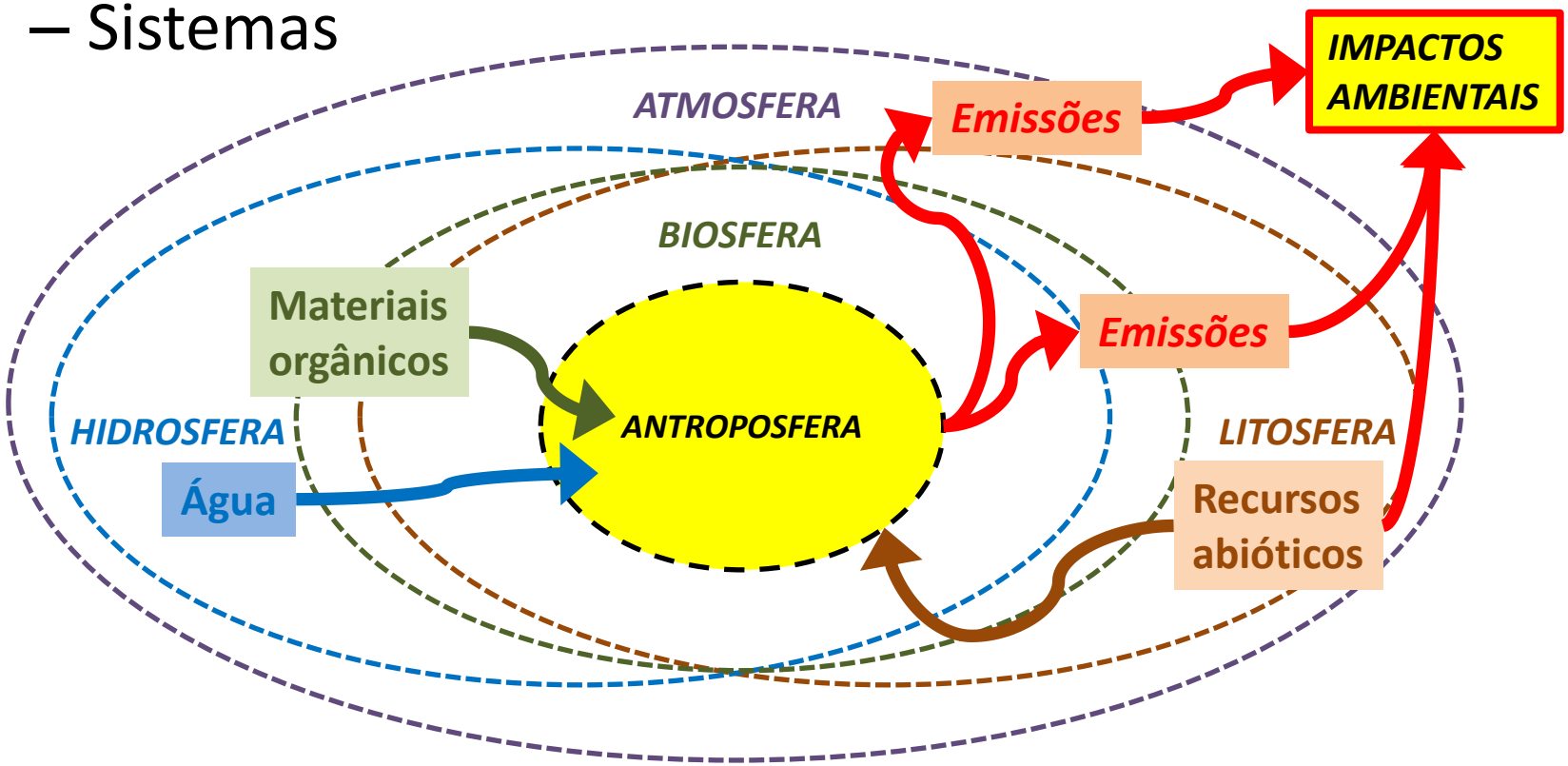
Avaliação do Ciclo de Vida

- Ecologia Industrial
  - Sistemas



Avaliação do Ciclo de Vida

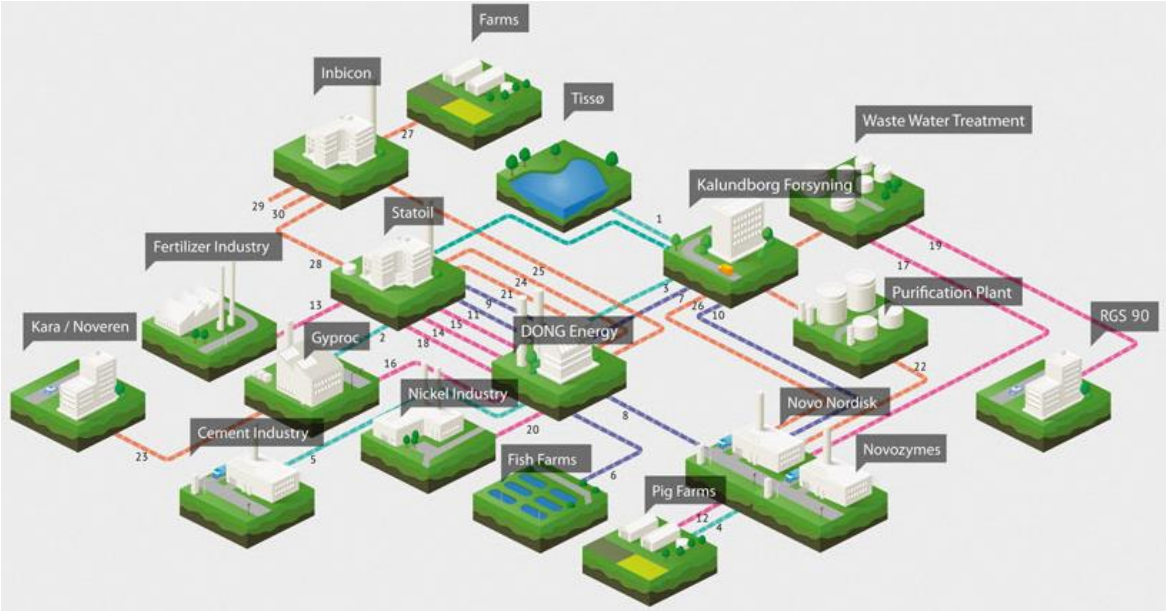
- Ecologia Industrial
  - Sistemas



Avaliação do Ciclo de Vida

- Ecologia Industrial
  - Kalundborg → simbiose industrial

https://www.youtube.com/watch?v=kshNWp51xUA



Avaliação do Ciclo de Vida

Avaliação do Ciclo de Vida

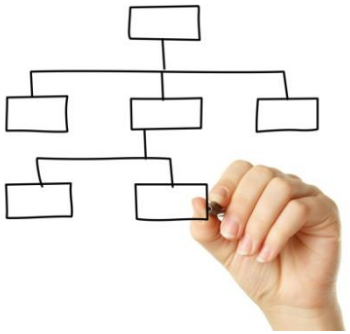
- O que é?
- Para que serve?
- Como se faz?

Avaliação do Ciclo de Vida

- Métodos de avaliação ambiental:
  - Modo de obtenção de ***conhecimento*** sobre impactos ambientais;
  - ***Receita*** técnica para execução da análise ambiental de um sistema;
  - Grau de ***efeito*** de um impacto ambiental;
  - Determinação do ***desempenho*** ambiental de um produto, processo ou serviço;
  - ***Reprodutibilidade*** da avaliação por outros;

Avaliação do Ciclo de Vida

- Métodos de avaliação ambiental:
  - Pegada ecológica, Balanço de carbono, Avaliação Ambiental Estratégica, Produção mais Limpa, Análise de Risco Ambiental, Pegada Hídrica, Pegada de Carbono, Estudo de Impacto Ambiental, Avaliação de Desempenho Ambiental, ... ***Avaliação do Ciclo de Vida.***



Avaliação do Ciclo de Vida

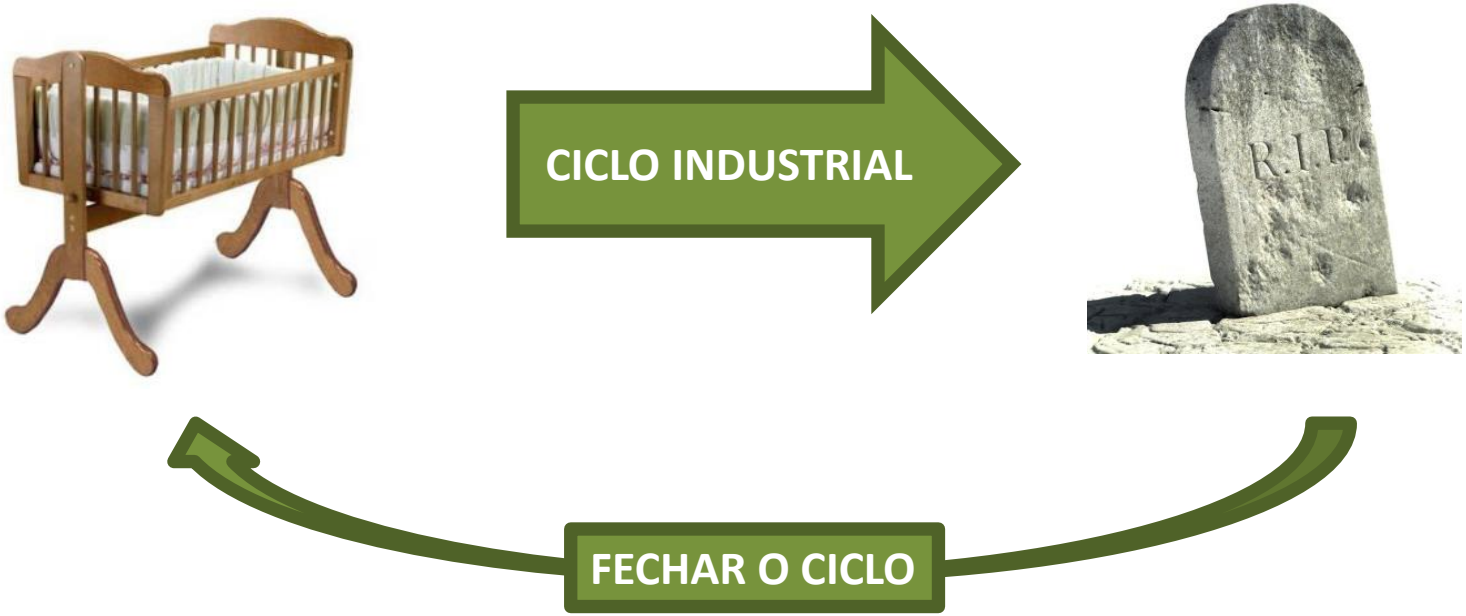
- Métodos de avaliação de impactos ambientais:
  - Escala local, regional ou global;
  - Mono ou multitemático;
  - Diagnóstico ou prognóstico;
  - Impactos reais ou potenciais;
  - Quantitativo ou qualitativo;
  - Mono ou multietapas;

Avaliação do Ciclo de Vida

- ACV – conceitos:
  - Instrumento de Gestão Ambiental e ferramenta da Ecologia Industrial que compila e avalia as **entradas**, **saídas** e os potenciais **impactos** ambientais de um produto através do seu **ciclo** de vida (ISO, 2006);
  - metodologia de abordagem **holística** que busca quantificar todos os **fluxos** de **massa** e **energia** envolvidos desde a extração das matérias-primas, passando pela produção, o transporte e a distribuição, até chegar ao consumo e à disposição final (EPA, 1993).

Avaliação do Ciclo de Vida

- ACV – do berço ao túmulo



Avaliação do Ciclo de Vida

- ACV – Aplicações
  - **Gerenciamento** e preservação dos **recursos** naturais;
  - Identificação dos **pontos críticos** de processo/produto;
  - **Otimização** de sistemas de produtos;
  - Desenvolvimento de **novos** serviços e produtos;
  - Otimização de sistemas de **reciclagem**;
  - Definição de parâmetros para **rótulo** ambiental;
  - **Consequências** ambientais de um produto;
  - **Tradeoffs** ambientais;
  - Subsídio à **tomada** de **decisão** do consumidor/produtor;
  - Suporte à construção de **políticas** públicas;

Avaliação do Ciclo de Vida

- Histórico ACV:
  - 1969 – Midwest Research Institute – **emissões** de embalagens;
  - 1970 – Environmental Protection Agency (**EPA**) – Resource and Environmental Profile Analysis (REPA);
  - 1973 – Crise do Petróleo – **balanços** energéticos;
  - 1984 – **EMPA** – Ecological report of packaging material;
  - 1989 – **SETAC** – discussões científicas internacionais;
  - 1992 – **CML** – **Guia** para a prática de ACV;
  - 1997 – ISO – Normatização: **ISO 14040**;
  - 2002 – **UNEP** – Life Cycle Initiative;
  - 2010 – Life Cycle Thinking – ILCD **handbooks**;
  - 2013 – Fórum Internacional para **Interoperabilidade** de **BDs**.

Avaliação do Ciclo de Vida

- ACV – Normatização:
  - ISO 14000
    - Subcomitê 1: Sistemas de gestão ambiental
    - 3.2 Subcomitê 2: Auditorias na área de meio ambiente
    - **3.3 Subcomitê 3: Rotulagem ambiental**
    - 3.4 Subcomitê 4: Avaliação da performance ambiental
    - **3.5 Subcomitê 5: Análise durante a existência (análise de ciclo de vida)**
    - 3.6 Subcomitê 6: Definições e conceitos
    - 3.7 Subcomitê 7: Integração de aspectos ambientais no projeto e desenvolvimento de produtos
    - 3.8 Subcomitê 8: Comunicação ambiental
    - 3.9 Subcomitê 9: Mudanças climáticas

Avaliação do Ciclo de Vida

- ACV – Normatização:
  - ***ISO 14040*: Estabelece as diretrizes e estrutura para a análise do ciclo de vida (1997).**
  - *ISO 14041*: Âmbito e análise do inventário do ciclo de vida;
  - *ISO 14042*: Avaliação do impacto do ciclo de vida;
  - *ISO 14043*: Interpretação do ciclo de vida;
  - ***ISO 14048*: formato da apresentação de dados;**
  - *ISO TR 14047*: Aplicação da ISO 14042;
  - *ISO TR 14049*: Aplicação da ISO 14041;
  - ***ISO 14044*: Avaliação do ciclo de vida - Requisitos e orientações (2006).**

Avaliação do Ciclo de Vida

- ACV – Normatização:
  - Rotulagem ambiental → Selo verde;
    - *ISO 14020*: Estabelece os princípios básicos para os rótulos e declarações ambientais;
    - *ISO 14021*: Tipo II – Auto-declarações ambientais;
    - *ISO 14024*: Tipo I – Programas de Selo Verde;
    - ***ISO 14025*: Tipo III – Inclui *Avaliação de Ciclo de Vida***.

Avaliação do Ciclo de Vida

- ACV – Atores
  - Mundo:

Avaliação do Ciclo de Vida

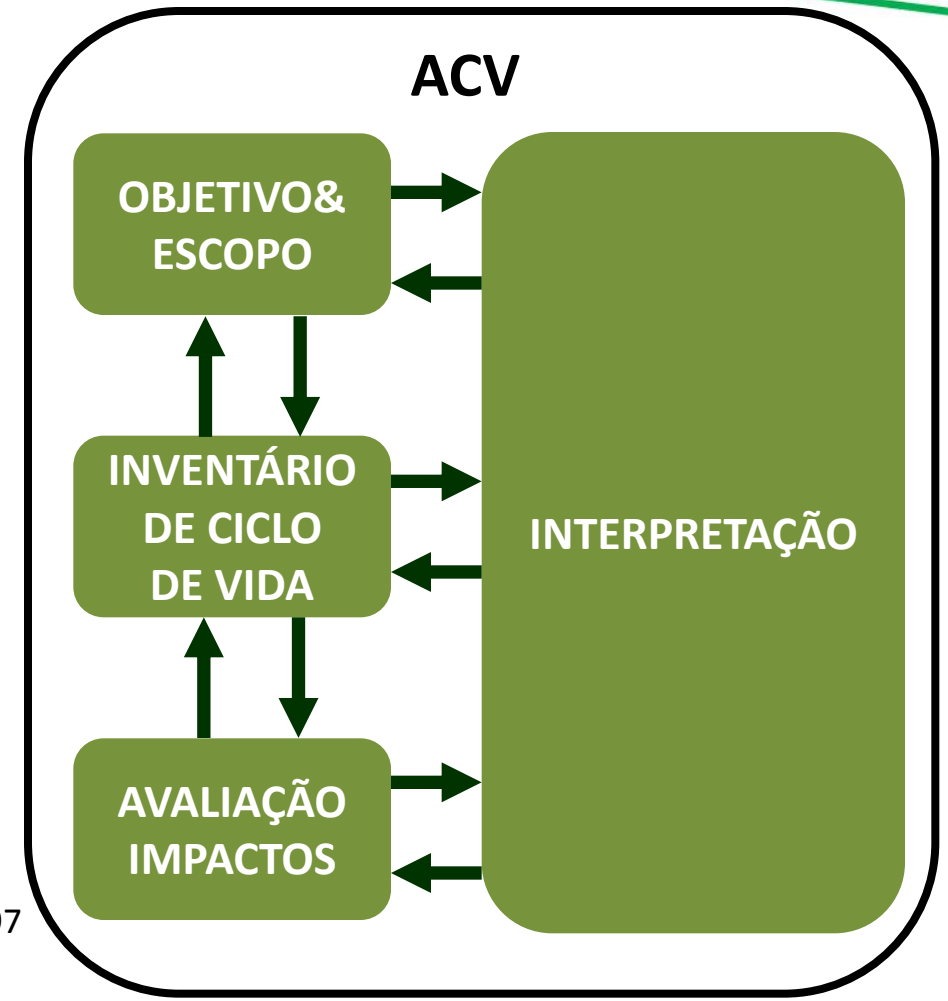
- ACV – Atores
  - Brasil:

Avaliação do Ciclo de Vida

- ACV – ferramentas

Avaliação do Ciclo de Vida

- ACV – estrutura
  - Alta interatividade;
  - Eco-balanço;
  - Fluxos mássicos e energéticos;



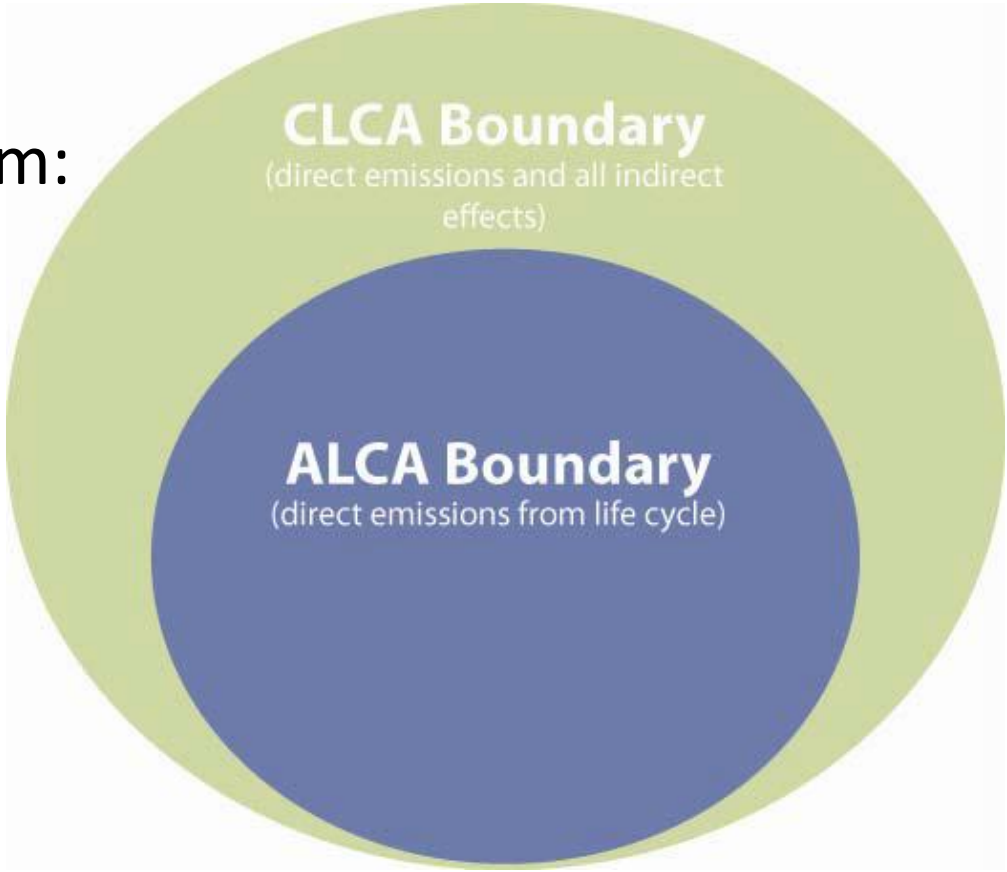
ISO 14040, 1997

Avaliação do Ciclo de Vida

- ACV – Tipos:
  - Quanto ao foco:
    - ACV de produto;
    - ACV de processo;
    - ACV social;
    - ACV organizacional;
    - ACV de custos;
    - ACV da sustentabilidade.

Avaliação do Ciclo de Vida

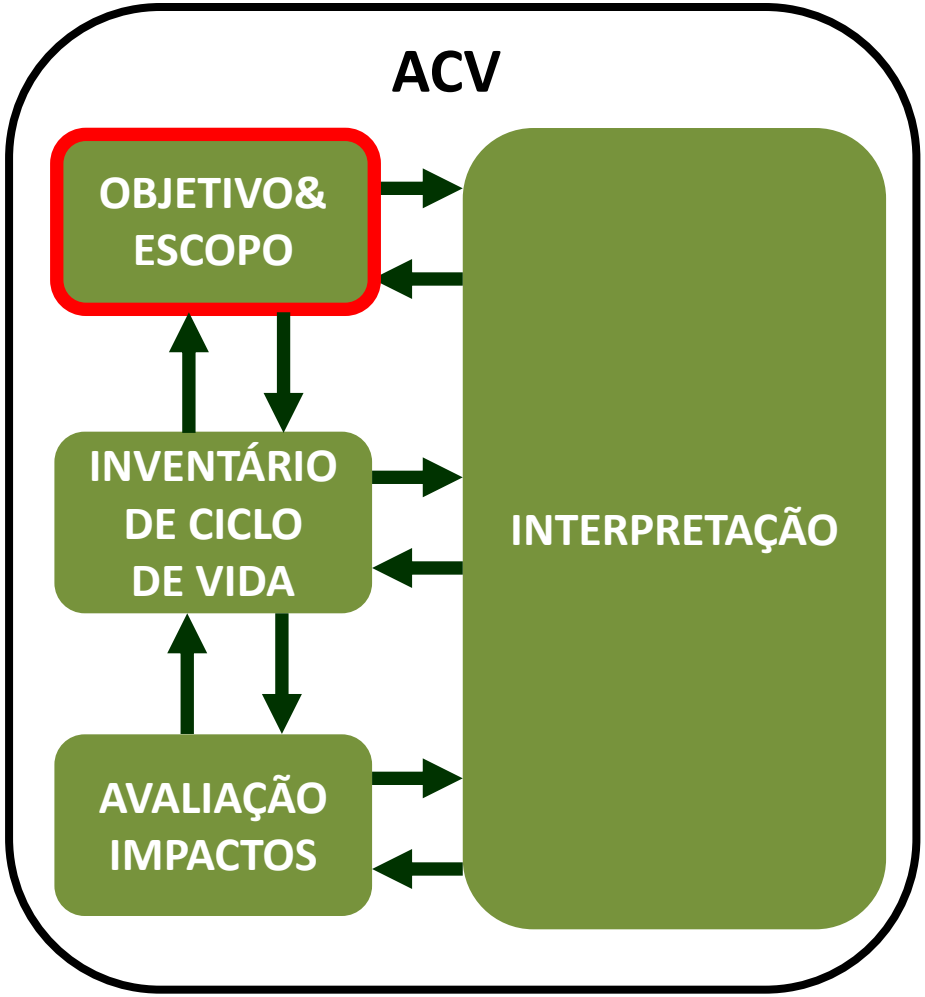
- ACV – Tipos:
  - Quanto à abordagem:
    - ACV atribucional;
    - ACV consequencial;



Brander *et al.*, 2009.

Definição de Objetivo e Escopo

- Objetivo
- Escopo
  - Função, unidade funcional, fronteiras, alocação, método de avaliação, qualidade dos dados


ACV
OBJETIVO& ESCOPO
INVENTÁRIO DE CICLO DE VIDA
AVALIAÇÃO IMPACTOS
INTERPRETAÇÃO

Definição de Objetivo e Escopo

- ACV – Objetivo
  - Definição da **aplicação** pretendida dos resultados;
  - **Motivação** do estudo ACV;
  - Definição do **público** alvo;
  - **Limitações** do método, premissas e impactos;
  - Forma de **comunicação** dos resultados;
  - **Responsável** pelo estudo.

Definição de Objetivo e Escopo

- ACV – Objetivo
  - Orienta o controle de qualidade do estudo ACV;
  - Conjuga todas as outras fases da ACV;
  - É passível de alteração de acordo com os resultados da interpretação.

Definição de Objetivo e Escopo

- ACV – Escopo
  - O que está contemplado no projeto:
    - **Função** do sistema, **unidade** funcional e fluxo de referência;
    - Identificação das **fronteiras** do sistema;
    - Estabelecimento de **critérios** para inclusão de fluxos;
    - Determinação do tipo de **alocação**;
    - Definição das **categorias** de impacto e do método de avaliação;
    - Definição dos Requisitos de **Qualidade** dos Dados (RQD).

Definição de Objetivo e Escopo

- ACV – Escopo
  - ***Função do Sistema*** → serventia do sistema de produto e deve ser passível de **mensuração**;
  - ***Unidade funcional*** → medida do desempenho funcional das saídas do sistema de produto;

  →**desempenho quantificado** de um sistema de produto para uso como uma unidade de referência em um estudo de ACV (ISO 14040:2006) ;

  → **Orientação** para o levantamento das entradas e saídas do sistema de produto, o Inventário.

Definição de Objetivo e Escopo

- ACV – Escopo
  - Unidade funcional:
    - Parâmetro para **comparação** entre sistemas de produtos distintos com funções equivalentes;
    - Exemplo: caneta e lápis

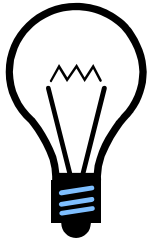
    →Qual é a **função** dos sistemas?

    →Qual é a **unidade** funcional adequada?

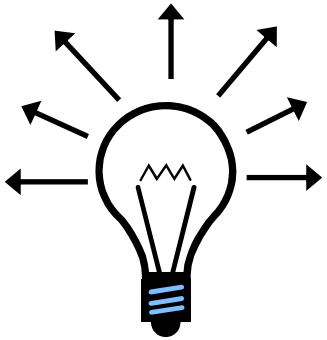
Definição de Objetivo e Escopo

- ACV – Escopo
  - Unidade funcional:
    - Diferente entre ICV e ACV;
    - ICV → UF relativa ao sistema;
    - ACV → UF relativa ao produto;
      1. ICV de uma lâmpada→ UF = 1 lâmpada;
      2. ACV de uma lâmpada → UF = 1 lâmpada iluminando um cômodo 300 dias por ano;

1



2



+ TEMPO

Definição de Objetivo e Escopo

- ACV – Escopo
  - Fluxos de referência → elemento quantitativo associado à UF.
  - Exemplo:
    - Função do sistema – pintar uma parede;
    - UF – 1 m^2 de parede pintada;
    - Fluxo de referência – 0,3 kg de tinta.

Definição de Objetivo e Escopo

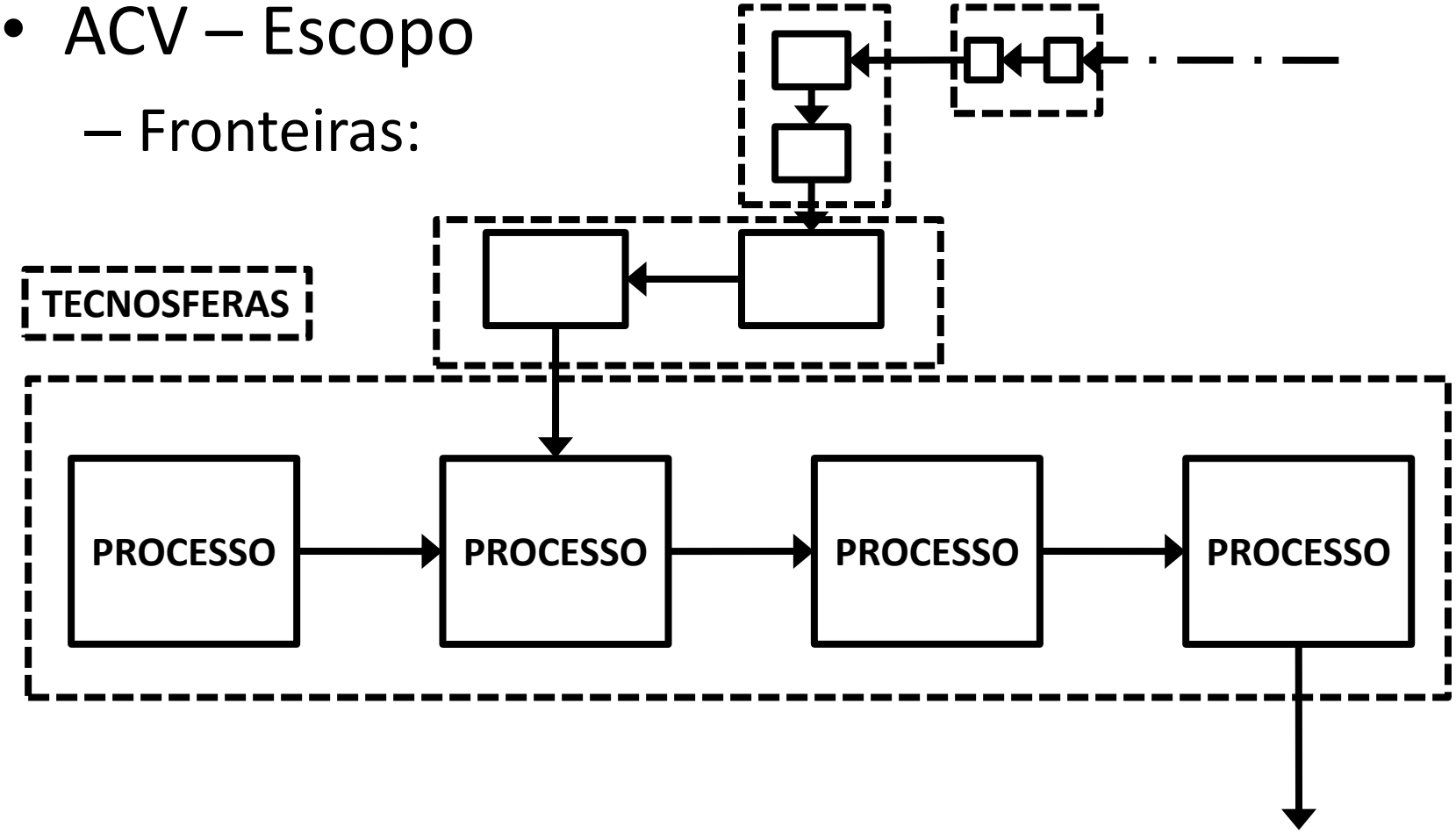
- ACV – Escopo
  - Unidade funcional:
    - Um produto → não importa a função, não importa o tempo;
    - **Comparação** produtos → magnitude dos serviços, a duração dos serviços e a qualidade dos serviços.
  - Exemplo:
    - Função do sistema = produzir carro → UF = 1 carro;
    - Função do sistema = transportar → UF = o transporte de 1 passageiro por 1.000 km/ano.

Definição de Objetivo e Escopo

- ACV – Escopo
  - Fronteiras:
    - Limites de **abrangência** do estudo ACV;
    - Separação do sistema sob análise do resto da **tecnosfera**;
    - Definição dos **processos unitários** a serem incluídos;
    - Entradas e saídas nos limites devem ser **fluxos elementares**.

Definição de Objetivo e Escopo

- ACV – Escopo
  - Fronteiras:



Definição de Objetivo e Escopo

- ACV – Escopo
  - Fronteiras:
    - A exclusão de fases do ciclo de vida, processos e fluxos de um produto não deve alterar significativamente as conclusões do estudo (ISO 14044, 2006);
    - **Regras de corte** → baseado em critérios de massa, energia ou significância ambiental;

    → Definição de uma **porcentagem mínima** de contribuição ao balanço de massa (ou de energia) para que o fluxo seja incluído no estudo.

Definição de Objetivo e Escopo

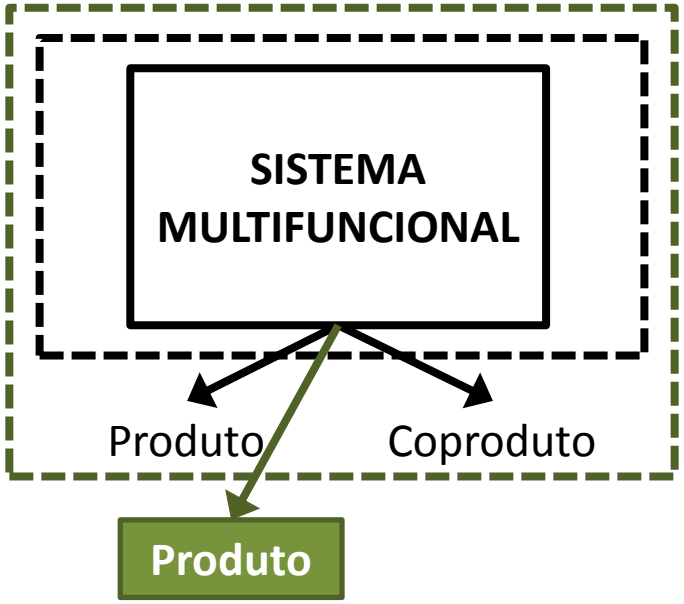
- ACV – Escopo
  - Fronteiras:
    - Abrangência geográfica → auxilia na determinação dos processos de transporte;
    - Abrangência temporal → ano de referência ou série temporal (2, 5, 10, 20, ... X anos).

Definição de Objetivo e Escopo

- ACV – Escopo
  - Alocação
    - Consequência direta da **multifuncionalidade** de um sistema de produto;
    - Determinação da **responsabilidade** de cada um dos produtos de um sistema multifuncional sobre os impactos ambientais;
    - A alocação deve ser evitada sempre que possível devido ao alto grau de **incerteza** da atribuição de responsabilidades (ISO 14044, 2006).

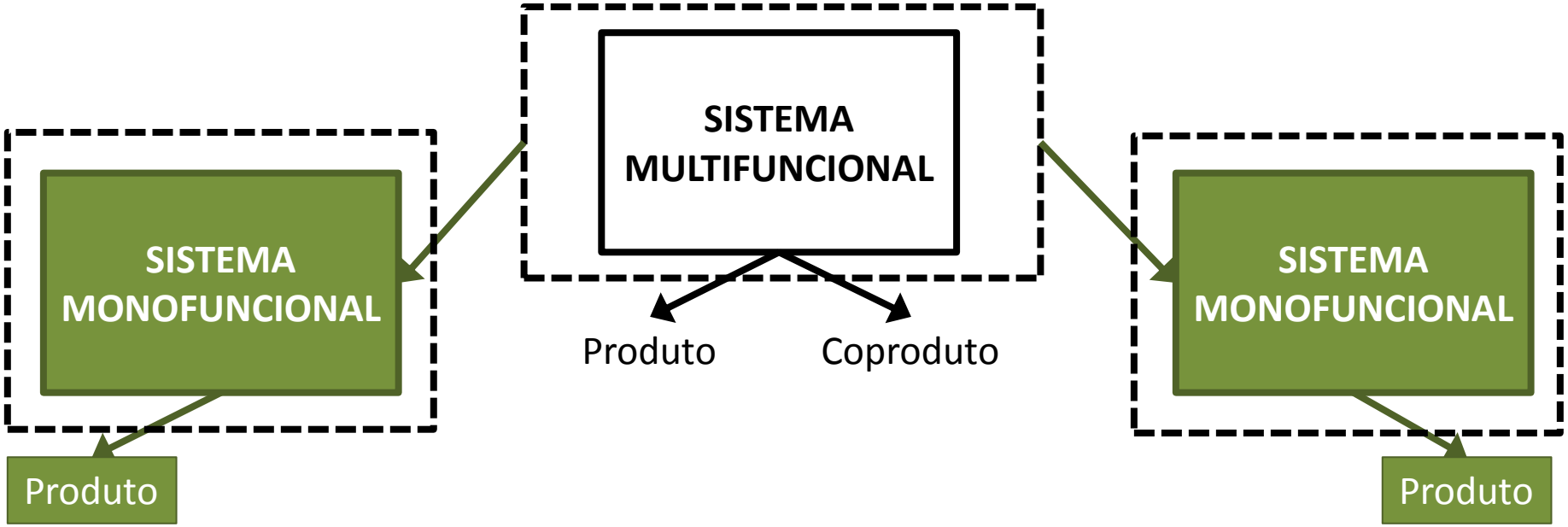
Definição de Objetivo e Escopo

- ACV – Escopo
  - Alocação → como evitar?
    - Expansão do sistema



Definição de Objetivo e Escopo

- ACV – Escopo
  - Alocação → como evitar?
    - Divisão do sistema



Definição de Objetivo e Escopo

- ACV – Escopo
  - Alocação → não pode ser evitada!
    - Alocação por **massa**;
    - Alocação por **energia**;
    - Alocação por **preço**;

    → Incertezas!!!

Definição de Objetivo e Escopo

- ACV – Escopo
  - Categorias de impacto e metodologia de avaliação:
    - De acordo com os **objetivos** propostos;
    - Definição do estudo ACV como **mono** ou **multitemático**;
    - Seleção passível de alteração em função dos resultados da **interpretação**.

Definição de Objetivo e Escopo

- ACV – Escopo
  - Requisitos de Qualidade dos Dados (RQD)
    - Análise **quali-quantitativa** dos dados do ICV;
    - Determinação do grau de **interferência** que um dado pode ter nos resultados da ACV;
    - Definidos pela norma ISO 14044 para garantir a **transparência** na construção de ICVs.

Definição de Objetivo e Escopo

- ACV – Escopo
  - RQDs:
- Cobertura **temporal** – ***idade*** dos dados e período de tempo mínimo durante o qual os dados devem ser coletados;
- Cobertura **geográfica** – área ***geográfica*** onde a coleta de dados deve ser realizada para processos unitários;
- Cobertura **tecnológica** – determinação das ***tecnologias*** específicas ou de um mix tecnológico utilizado;
- **Precisão** – medida da ***variabilidade*** dos valores dos dados através de métodos estatísticos
- **Completude** – porcentagem dos dados que são ***medidos*** ou estimados;

Definição de Objetivo e Escopo

- ACV – Escopo
  - RQDs:
- **Representatividade** – grau de ***compatibilidade*** do dado com a população de interesse (qualitativo);
- **Consistência** – grau de ***uniformidade*** da aplicação da metodologia nos vários componentes do estudo (qualitativo);
- **Reprodutibilidade** – grau de ***facilidade*** em realizar um estudo utilizando os dados levantados (qualitativo);
- **Fontes dos dados** – ***origem*** da informação coletada;
- **Incerteza**.

Definição de Objetivo e Escopo

- ACV – Escopo
  - RQDs:
    - Qualidade Geral dos Dados (QGD) → média das **pontuações** de cada RQD;
    - Pontuação variando entre 1 e 5, o que representa dados **muito bons** a **muito ruins**;
    - **Subjetividade** intrínseca ao processo;
    - Necessário a supervisão/análise de **especialistas**.

Definição de Objetivo e Escopo

- ACV – Escopo
  - RQDs
    - matriz

Pedigree

Pontuação do indicador	1	2	3	4	5 (padrão)
Confiabilidade	Dados verificados baseados em medições	Dados verificados parcialmente baseados em hipótese OU dados não verificados baseados em medições	Dados não verificados parcialmente baseados em estimativas qualificadas	Estimativas qualificadas (Ex.: por um perito industrial)	Estimativas não qualificadas
Completude	Dados representativos de todos os pontos relevantes do mercado em questão, mais e nível adequado para nivelar flutuações normais	Dados representativos de >50% dos pontos relevantes do mercado em questão, mais e nível adequado para nivelar flutuações normais	Dados representativos de alguns dos pontos relevantes do mercado em questão (>>50%), OU >50% dos pontos, mas de períodos curtos	Dados representativos de apenas um dos pontos relevantes do mercado em questão (>>50%), OU de alguns dos pontos, mas de períodos curtos	Representatividade desconhecida ou dados de poucos pontos E de períodos curtos
Correlação temporal	< 3 anos de diferença para o período de tempo do conjunto de dados	< 6 anos de diferença para o período de tempo do conjunto de dados	< 10 anos de diferença para o período de tempo do conjunto de dados	< 15 anos de diferença para o período de tempo do conjunto de dados	Idade dos dados desconhecida ou > 15 anos de diferença para o período de tempo do conjunto de dados
Correlação geográfica	Dados da área de estudo	Dados médios de uma área maior onde está incluída a área de estudo	Dados de uma área com condições de produção similares	Dados de uma área com condições de produção pouco similares	Dados de área desconhecida OU de áreas com condições de produção muito distintas
Correlação tecnológica	Dados de empresas, processos e materiais sob estudo	Dados de processos e materiais sob estudo (mesma tecnologia), mas de empresas diferentes	Dados de processos e materiais sob estudo, mas de tecnologias diferentes	Dados de processos e materiais relativos	Dados de processos relativos em escala laboratorial OU de tecnologias diferentes

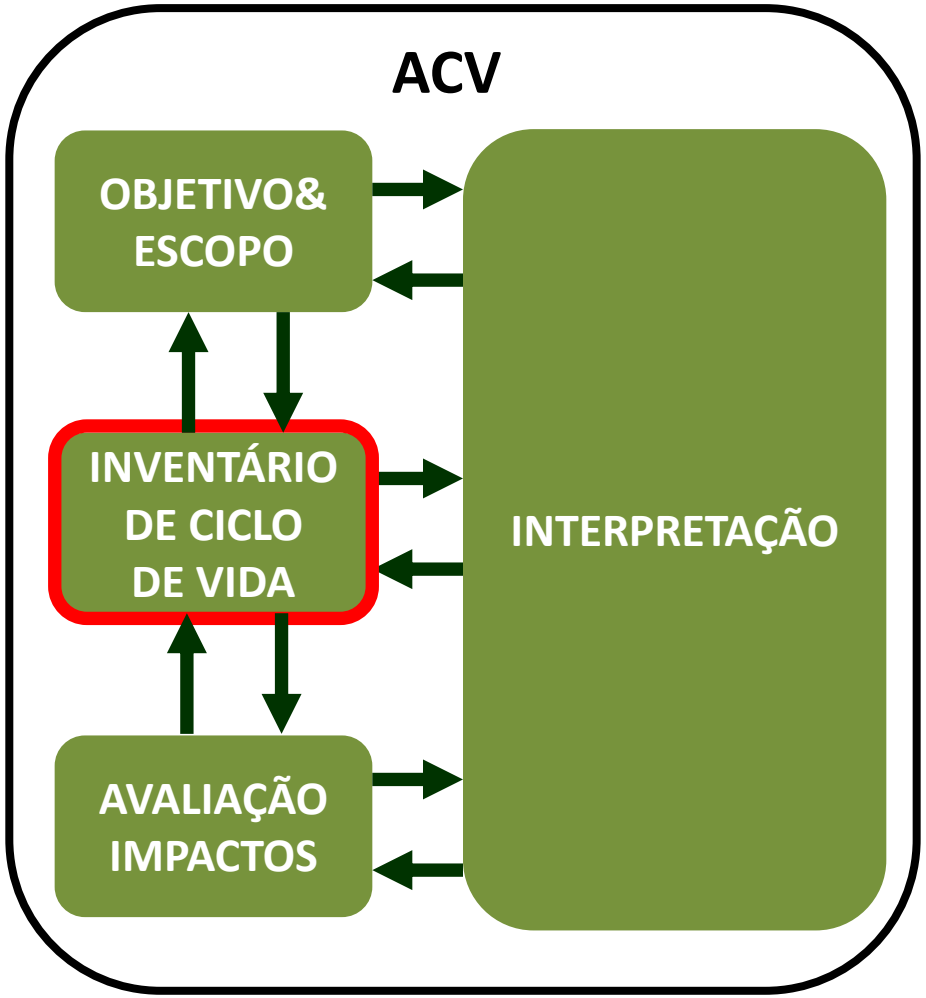
Definição de Objetivo e Escopo

- Exercício
  - Definir objetivo e escopo de um estudo ACV
    - Produto → **par de botas de couro.**

Inventário do Ciclo de Vida

- Coleta de dados
- Validação
- Validação

Inventário do Ciclo de Vida



Inventário do Ciclo de Vida

- ICV – Dados
  - Fluxos de massa e energia → **mensuráveis** ;
  - **Entradas** e **saídas** de processos elementares;
  - Referenciados à **unidade funcional**;
  - Dados têm **metadados** → impactos ambientais!

Inventário do Ciclo de Vida

- ICV – Dados
  - **Entradas** – matérias-primas, energia, materiais auxiliares;
  - **Saídas** – produtos, coprodutos, resíduos sólidos, emissões para o ar, emissões para a água, emissões para o solo.
  - **Massa** – Kg , toneladas, gramas, etc.;
  - **Energia** – MJ, KWh, etc.;
    - Volume, área, tempo, ... → ***transformar em massa ou energia!***

Inventário do Ciclo de Vida

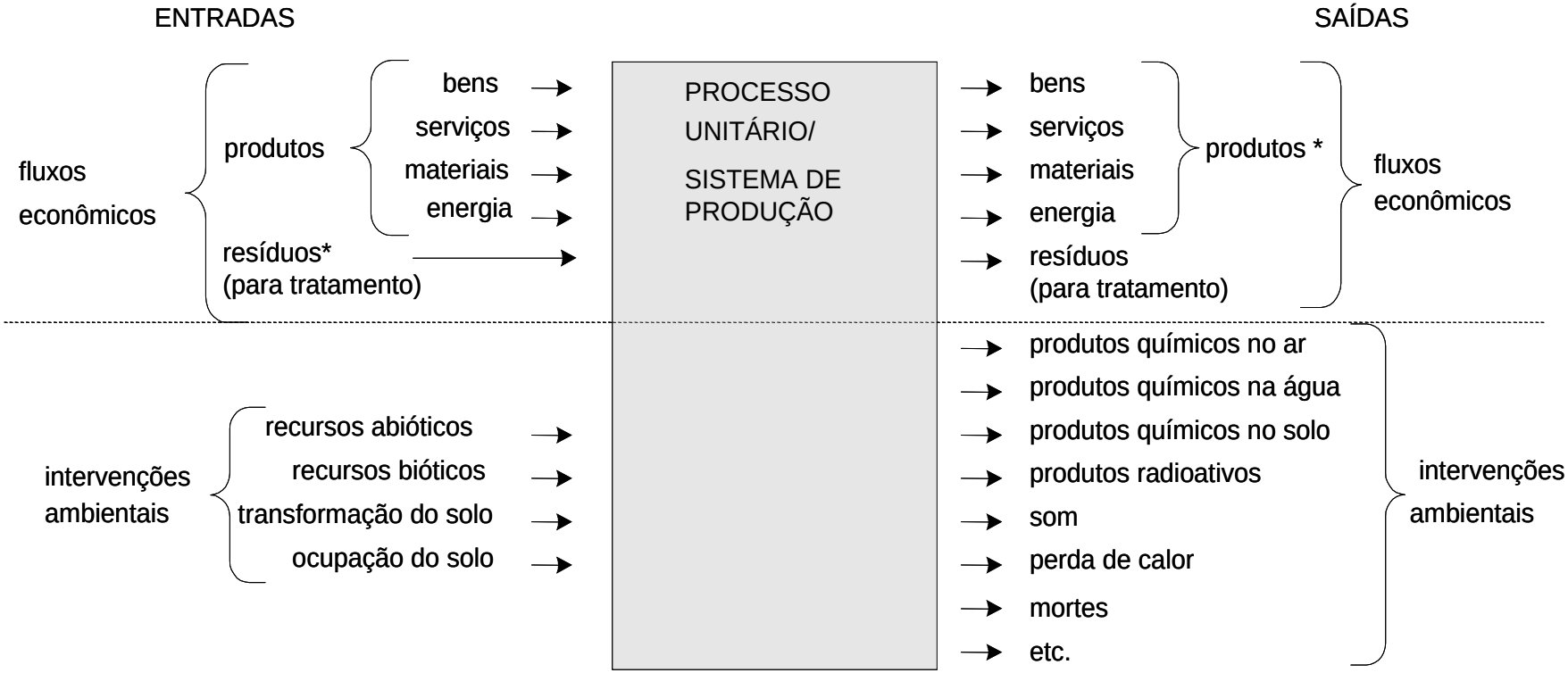
- ICV – Dados
  - Dados **primários** → coletados **diretamente** no sistema sob avaliação;
  - Dados **secundários** → coletados em **outras fontes** de informação relacionadas com o sistema sob avaliação;
  - Priorizar dados 1ários /// dados 2ários agregam **incertezas** e afetam qualidade!

Inventário do Ciclo de Vida

- ICV – Dados
  - Forma de coleta:
    - **Medição** – averiguação ***in loco*** através de entrevista ou mensuração do dado;
    - **Cálculo** – determinação do valor do dado através de **equações**;
    - **Literatura** – consulta às **publicações** técnico-científicas relativas ao tema do estudo;
    - **Estimativas** – **opiniões** de especialistas ou técnicos envolvidos com o tema do estudo.

Inventário do Ciclo de Vida

- ICV – Dados



* os fluxos funcionais do processo

UNEP, 2008

Inventário do Ciclo de Vida

- ICV – Coleta dos dados
  - Questionário panorâmico
    - **Contextualização** do sistema de produto sob avaliação;
    - Coleta de informações **preliminares** ao ICV e também ao Objetivo e Escopo;
    - Auxílio ao executor do estudo para melhorar a **compreensão** do sistema sob avaliação;
    - Suporte à construção do **fluxograma** representativo do sistema.

Inventário do Ciclo de Vida

- ICV – Coleta dos dados
  - Questionário panorâmico
    - **Questões gerais** → contexto mercadológico do sistema de produto;
    - **Questões técnicas** → identificação das matérias-primas, produtos, coprodutos e emissões;
    - Respostas a partir de **dados secundários** de anuários, manuais técnicos, estudos de estado da arte, análises setoriais, relatórios técnicos, relatórios governamentais, etc.

Inventário do Ciclo de Vida

- ICV – Coleta dos dados
  - Fluxograma ou diagrama de blocos:
    - Representação gráfica do **sistema de produto**;
    - Identificação dos **processos** elementares e agregados;
    - Definição dos **fluxos** principais e intermediários;
    - Ilustração das **fronteiras** do estudo (tecnosfera);

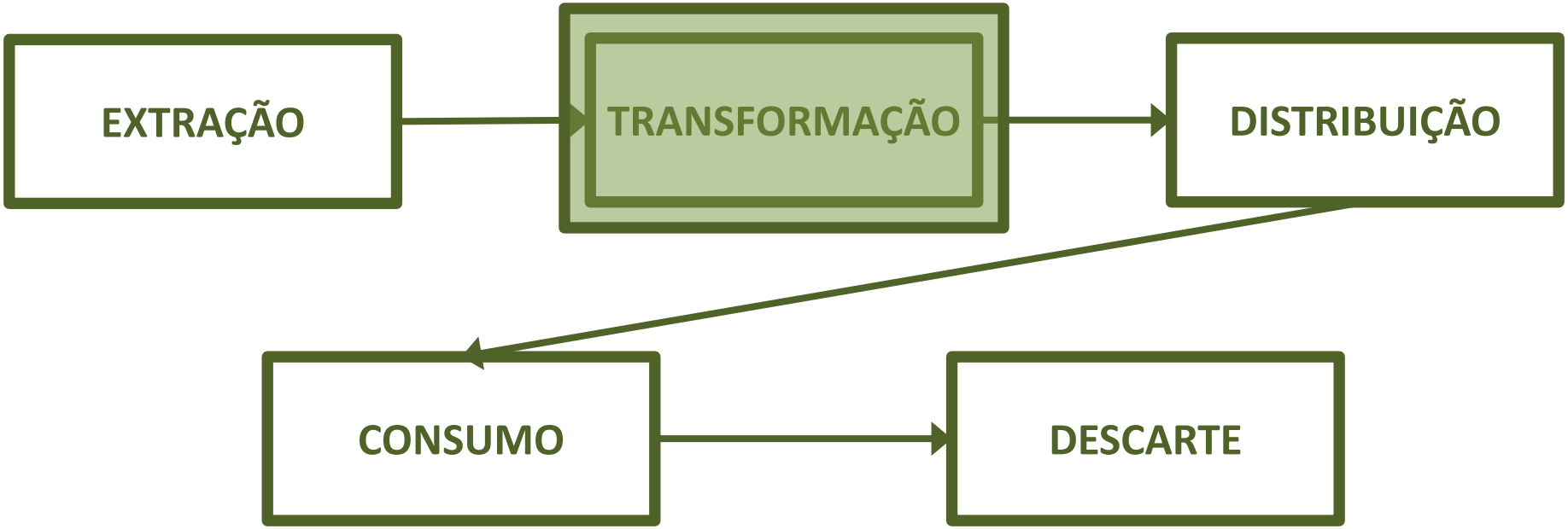
Inventário do Ciclo de Vida

- Sistema de produto
  - Conjunto de **processos elementares**, conectados material e energeticamente pelos **fluxos elementares, intermediários e de produto**, que modela o ciclo de vida de um produto.

Avaliação do ciclo de vida: ontologia terminológica

Inventário do Ciclo de Vida

- ICV – Coleta dos dados
  - Fluxograma geral → sistema de produto



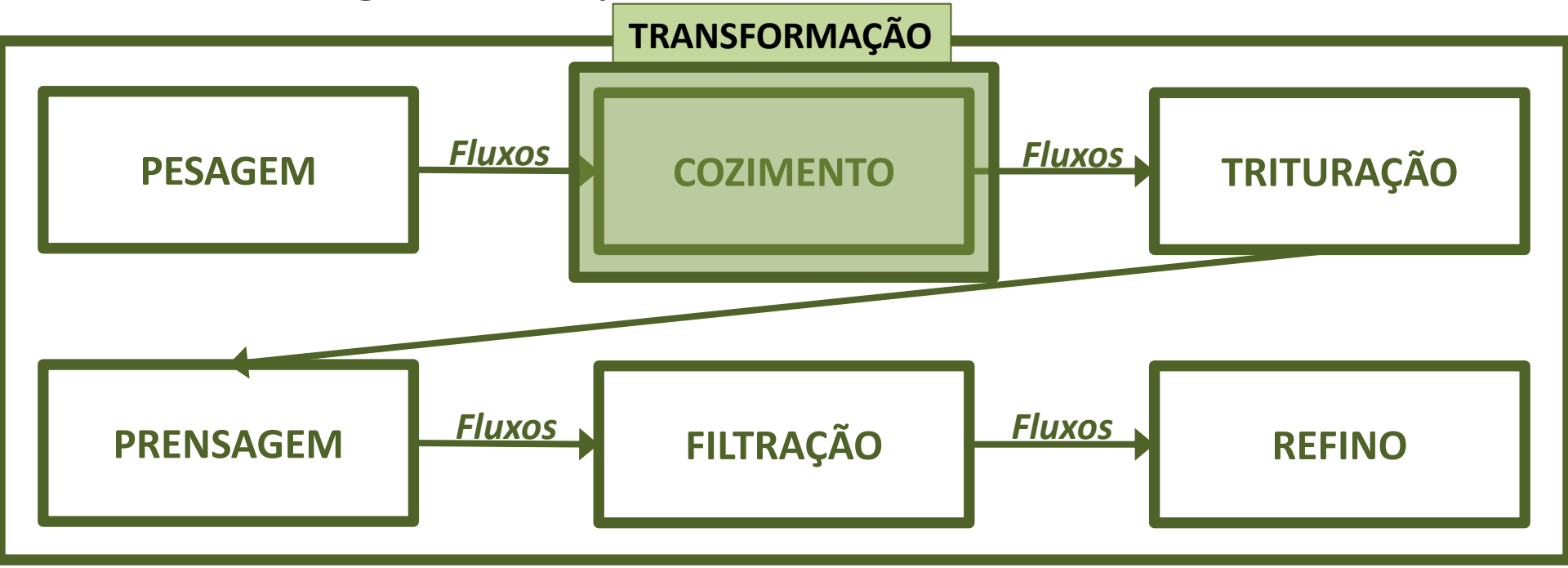
Inventário do Ciclo de Vida

- Processos elementares
  - Menor elemento individualizado que compõe o sistema de produto e sobre o qual os dados são coletados.

Avaliação do ciclo de vida: ontologia terminológica

Inventário do Ciclo de Vida

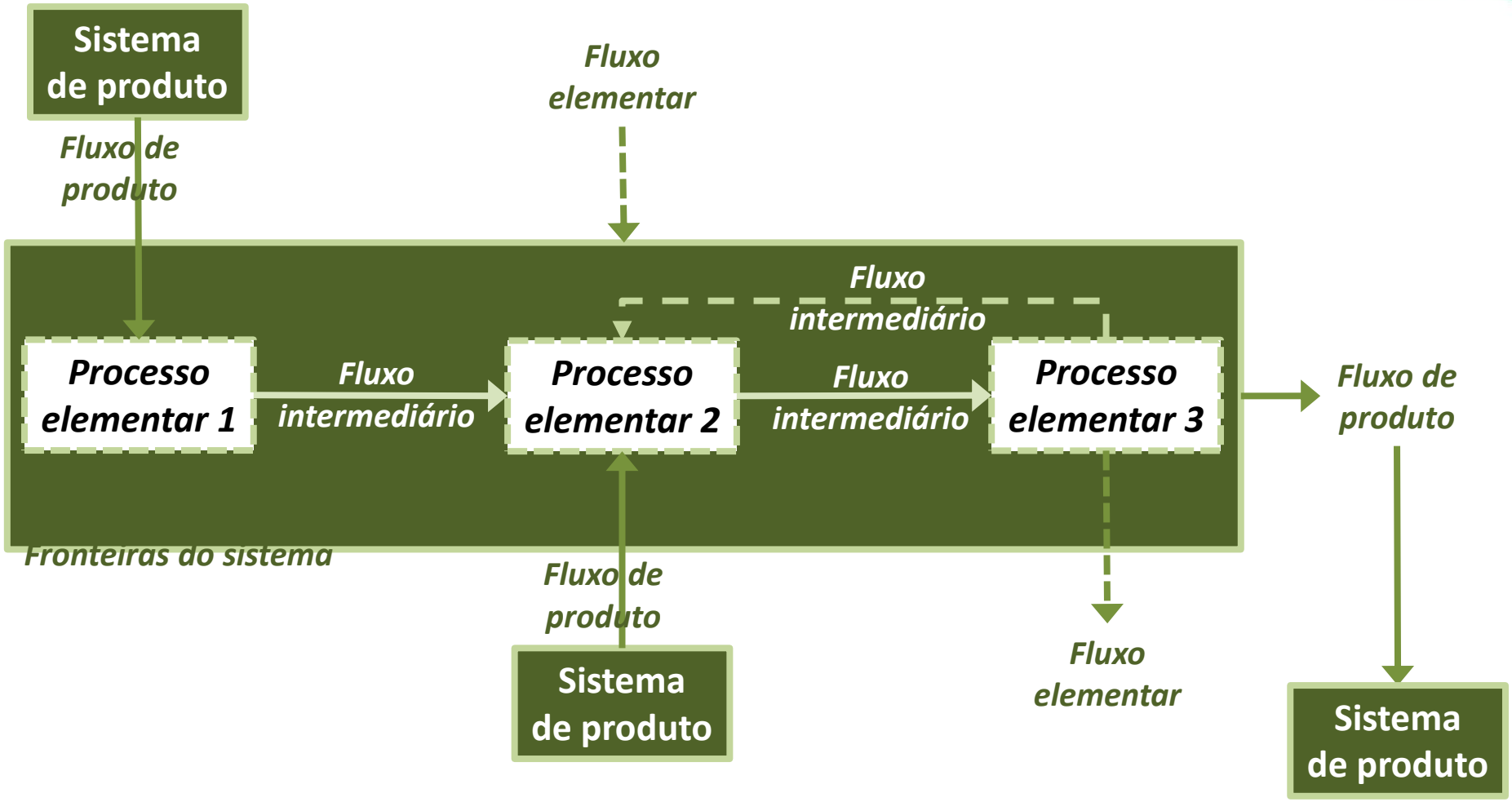
- ICV – Coleta dos dados
  - Fluxograma → processos elementares



Inventário do Ciclo de Vida

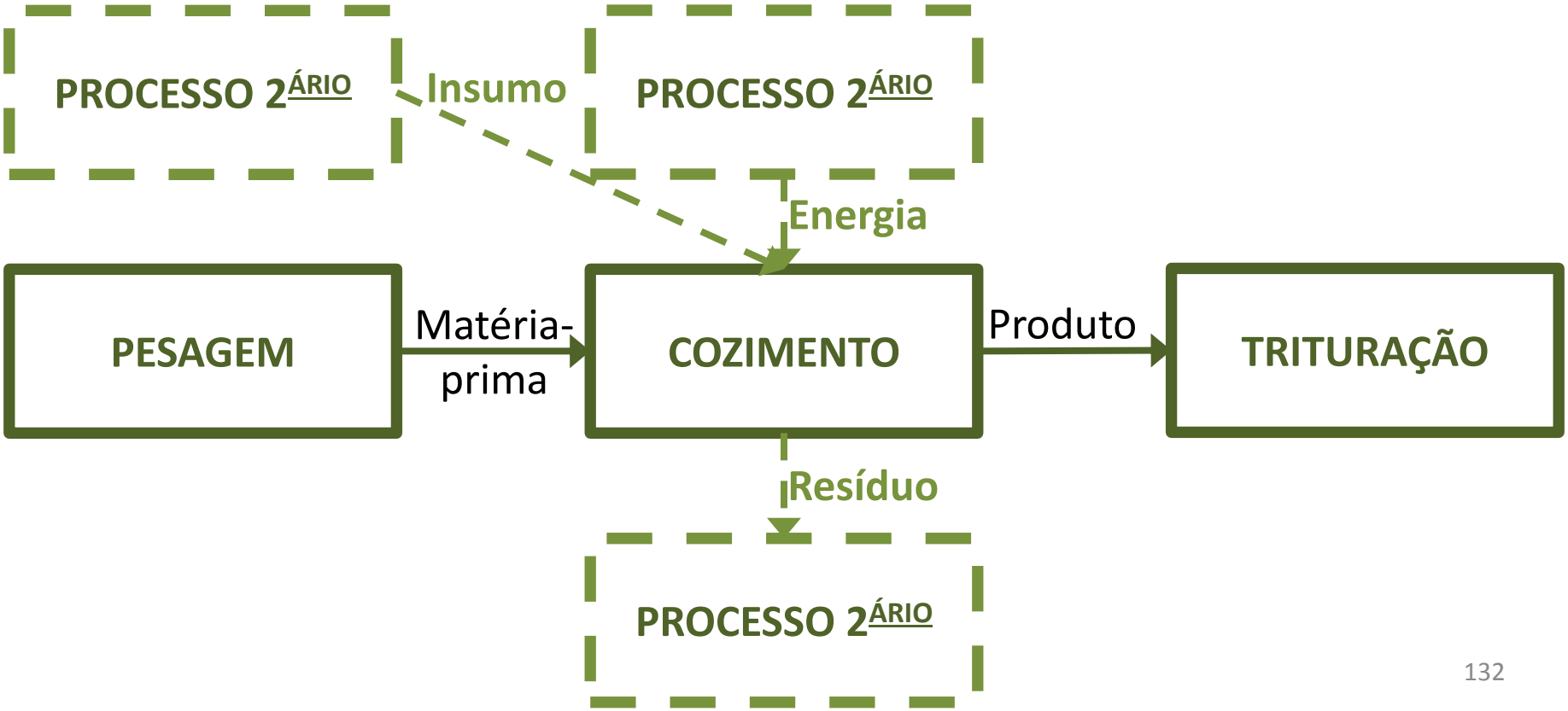
- Fluxos
  - **Elementares**
    - **Entrada**: matéria ou energia proveniente do meio ambiente para o sistema de produto, sem qualquer interferência humana prévia;
    - **Saída**: matéria ou energia proveniente do sistema de produto para o meio ambiente, sem qualquer interferência humana posterior;
  - **Intermediário** → matéria ou energia que transita de um processo elementar a outro de um mesmo sistema de produto;
  - **Produto** → matéria ou energia que transita entre sistemas de produto distintos.

Inventário do Ciclo de Vida



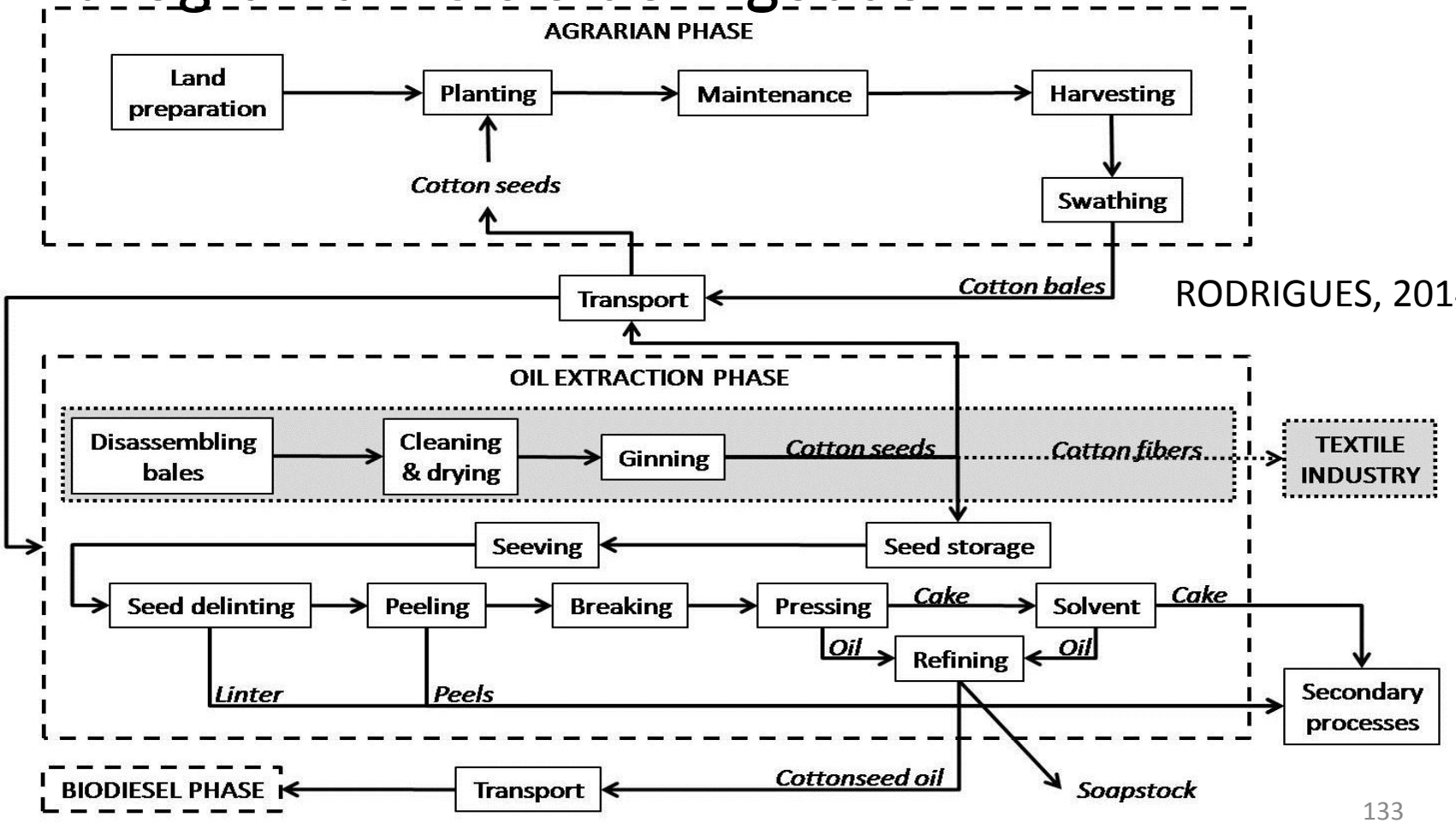
Inventário do Ciclo de Vida

- ICV – Coleta dos dados
  - Fluxograma → processos auxiliares



Inventário do Ciclo de Vida

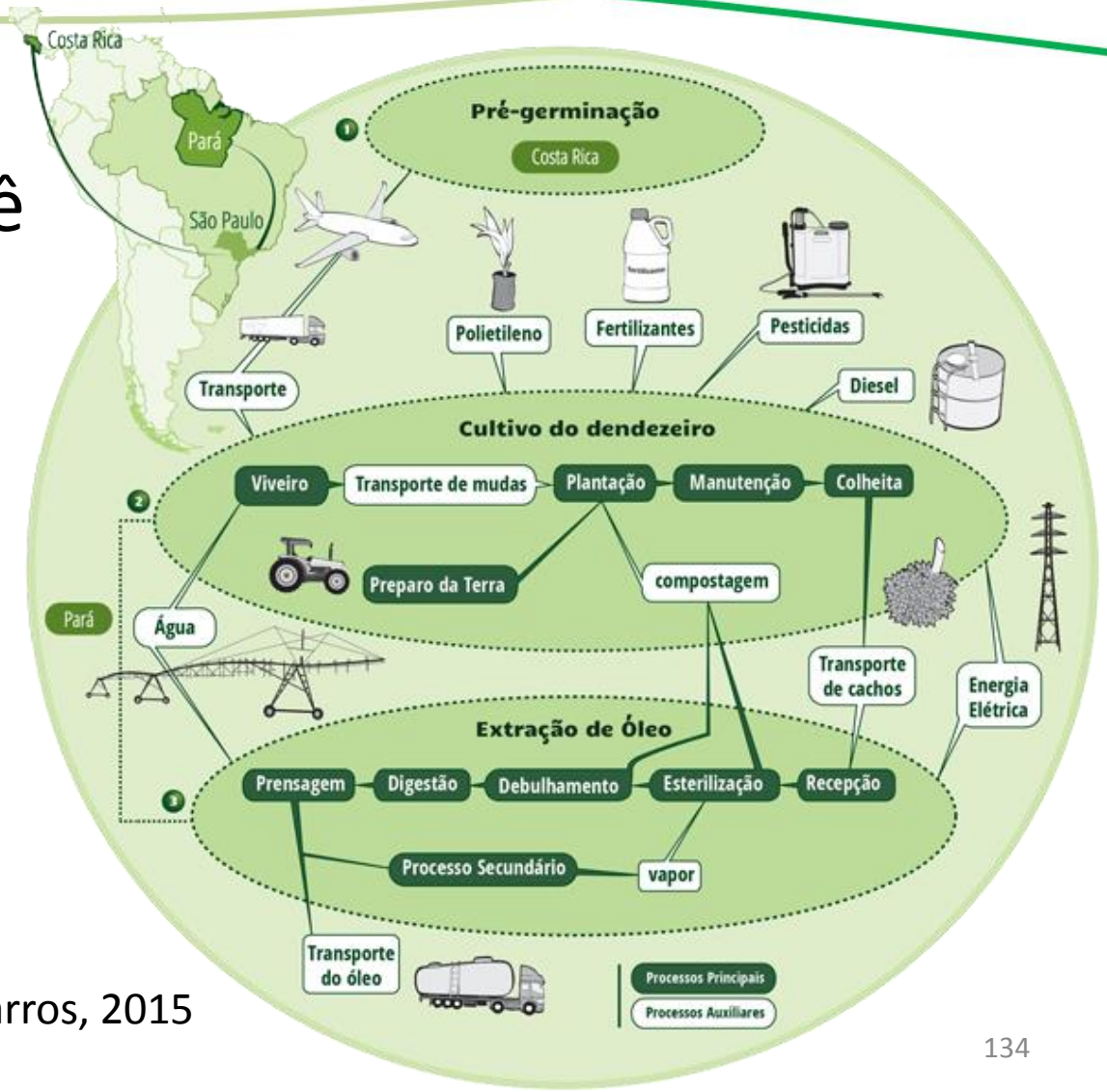
- Fluxograma – Ciclo do Algodão



RODRIGUES, 2014

Inventário do Ciclo de Vida

- Fluxograma
  - Ciclo do dendê



Barros, 2015

Inventário do Ciclo de Vida

- ICV – Coleta dos dados
  - Fluxograma → entradas e saídas

Inventário do Ciclo de Vida

- ICV – Validação
  - Balanços de massa e energia → 1ª lei da termodinâmica → ***entradas = saídas***;
  - Dados **ausentes** → se aplicam à regra de corte? Podem ser extrapolados? → toda ausência deve ser justificada!
  - Dados relativos ao processo unitário e à **unidade funcional**.

Inventário do Ciclo de Vida

- ICV
  - Exercícios
    - Elabore um fluxograma de um sistema do produto;
    - Faça o ICV do produto escolhido (dados secundários).

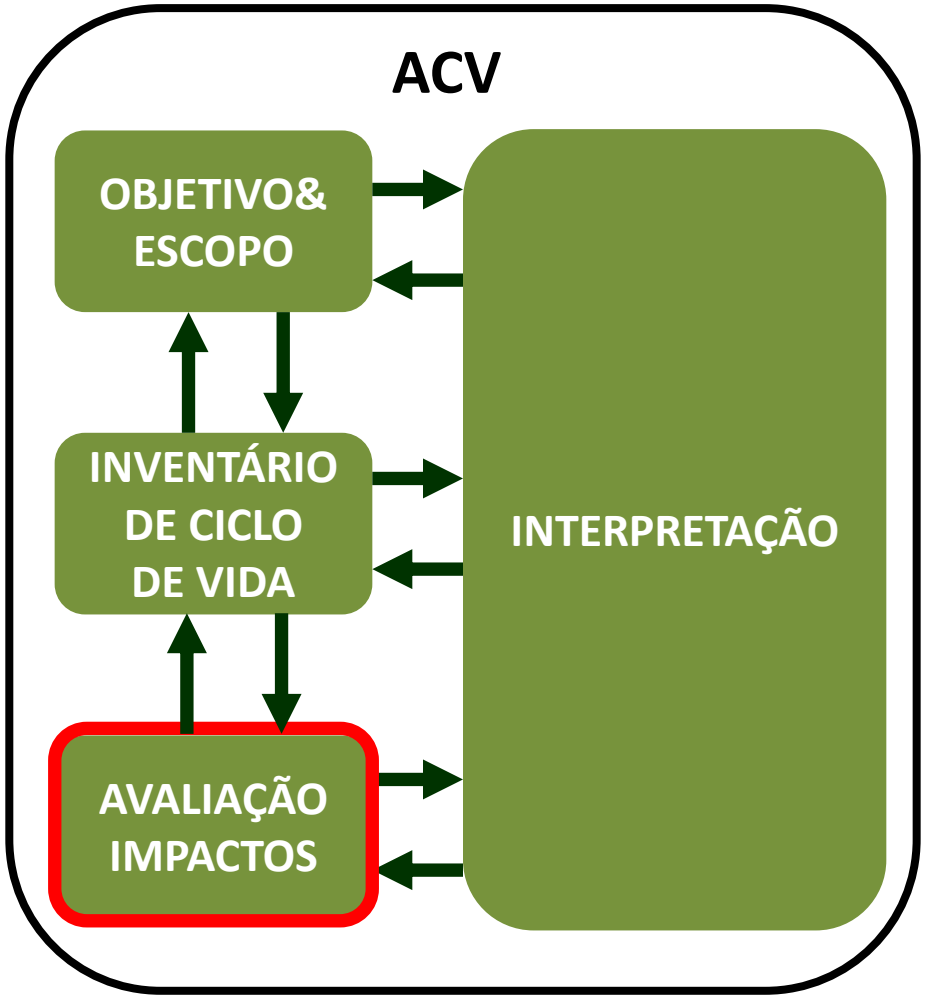
Avaliação de Impactos do Ciclo de Vida

Seleção das categorias de impacto

Classificação

Caracterização

Avaliação de Impactos do Ciclo de Vida



Avaliação de Impactos do Ciclo de Vida

- AICV – contexto
  - **Tradução** dos fluxos de massa e energia do ICV em **impactos ambientais**;
  - Baseada em **métodos** de avaliação;
  - Atribuição de **responsabilidades** ambientais aos fluxos do ICV;
  - A relação entre as **categorias** de impacto e os **Objetivos** e **Escopo** do estudo ACV determinam a **pertinência** destas.

Avaliação de Impactos do Ciclo de Vida

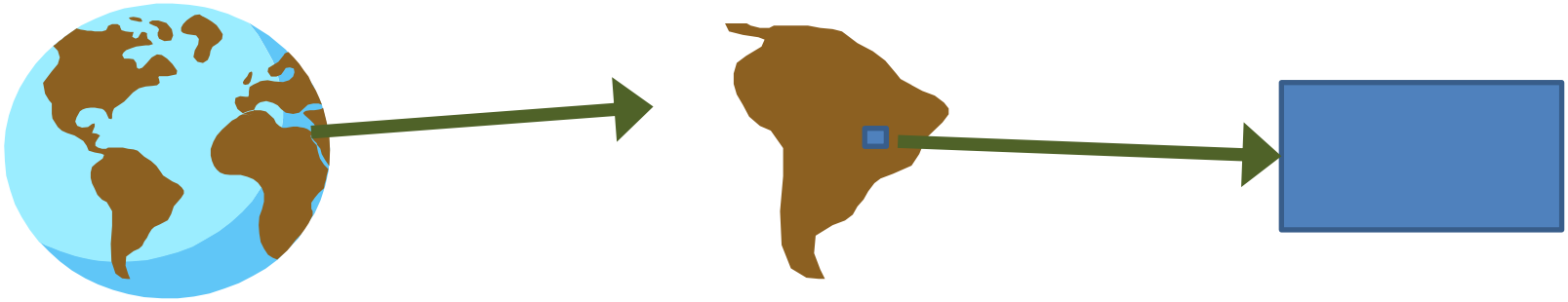
- AICV – etapas
  - Seleção das **categorias** de **impacto**;
  - **Classificação**: atribuição dos resultados do inventário às categorias (qualitativo) → cascata de efeitos;
  - **Caracterização**: cálculo dos resultados dos indicadores de categorias (quantitativo);
  - Etapas **opcionais**: normalização, agrupamento e ponderação.

Avaliação de Impactos do Ciclo de Vida

- AICV – categorias de impacto
  - Três princípios:
    - **Completude** → categorias cobrem **todos** potenciais problemas ambientais do sistema;
    - **Independência** → cada categoria considera um impacto ambiental e evita-se **dupla contagem**;
    - **Validade** → **certeza** sobre a contribuição de um fluxo a uma categoria de impacto.

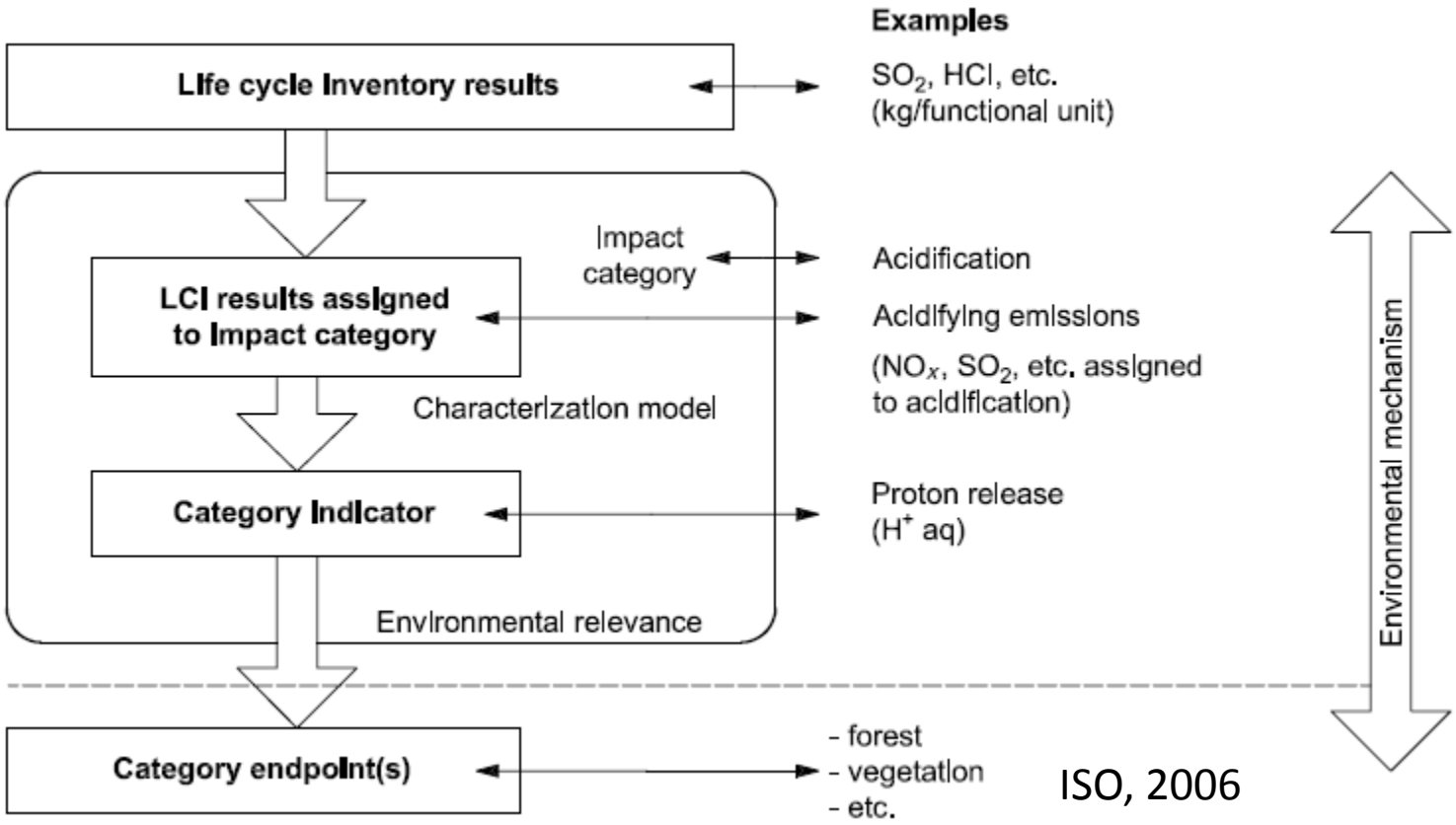
Avaliação de Impactos do Ciclo de Vida

- AICV – categorias de impacto
  - Classificação:
    - **Abrangência** de ação → local , regional ou global;
    - **Nível** de ação → intermediário ou final.



Avaliação de Impactos do Ciclo de Vida

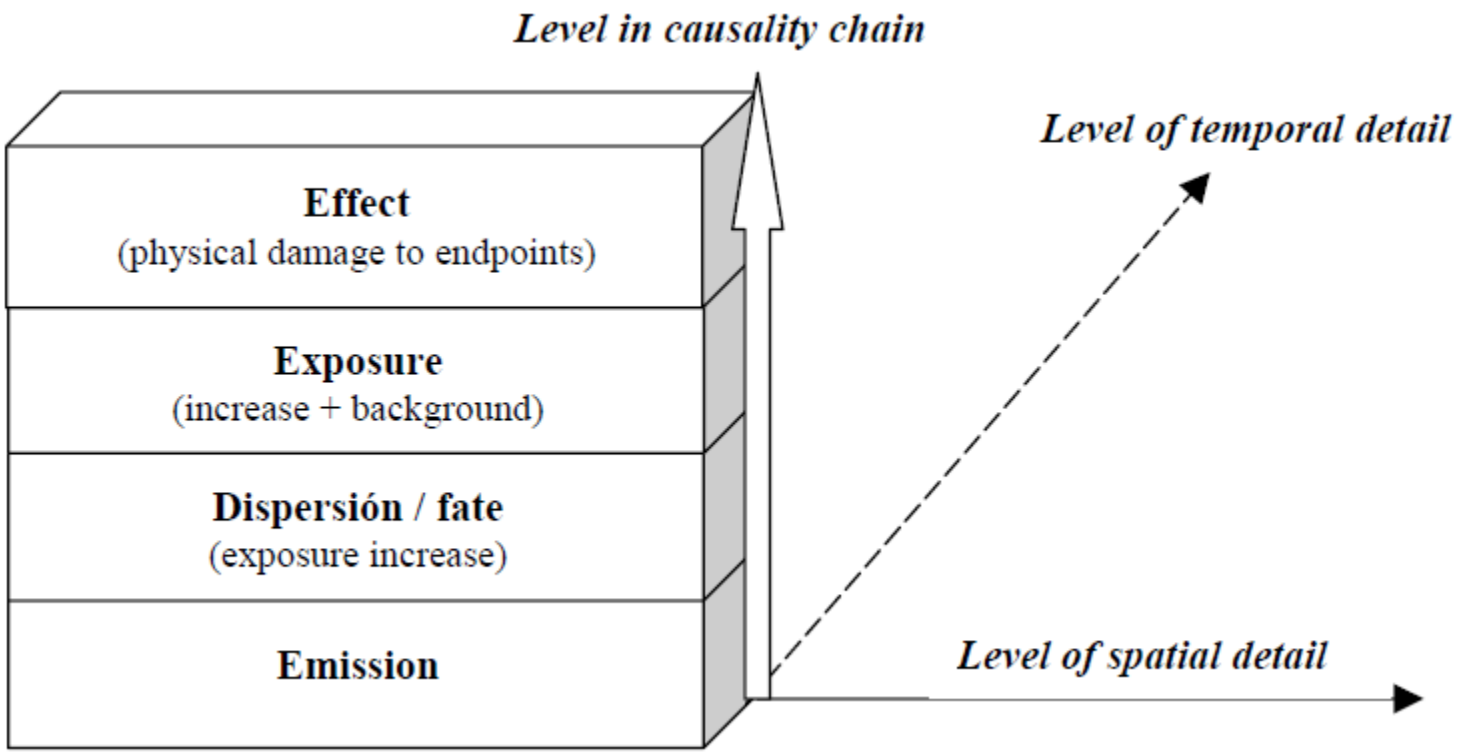
- AICV – categorias de impacto
  - Mecanismo ambiental



ISO, 2006

Avaliação de Impactos do Ciclo de Vida

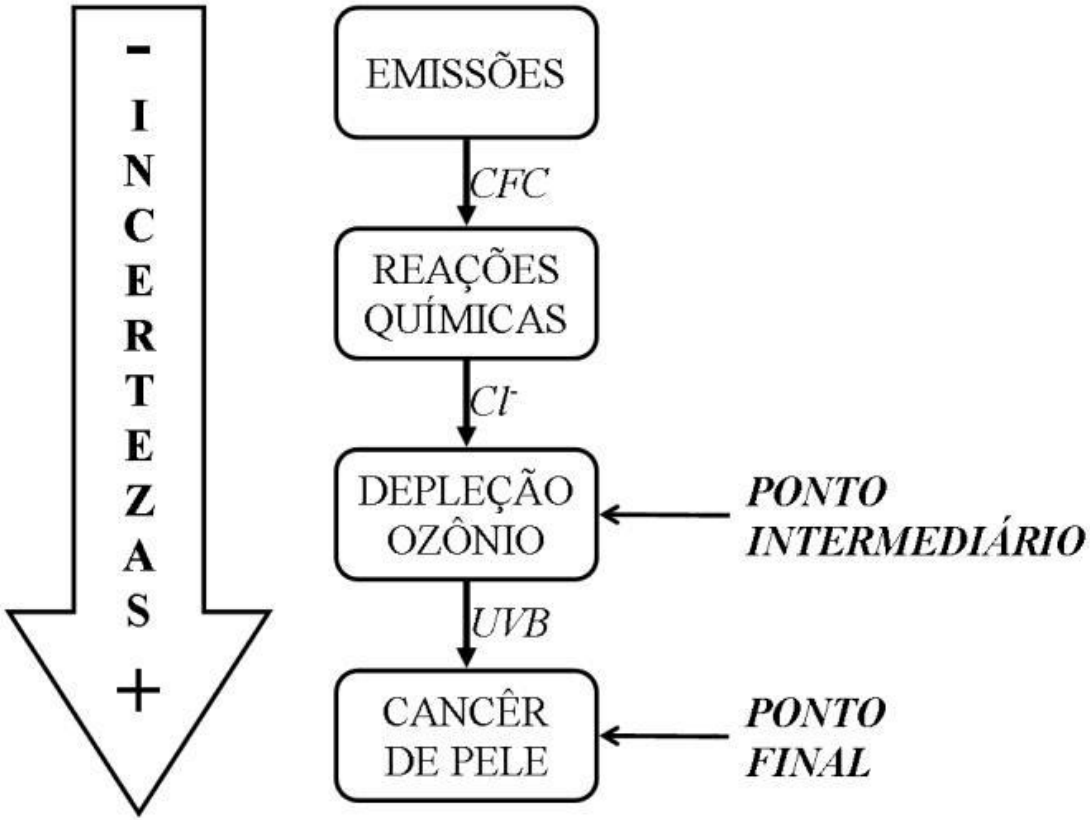
- Emissão → Impacto



UNEP, 2003

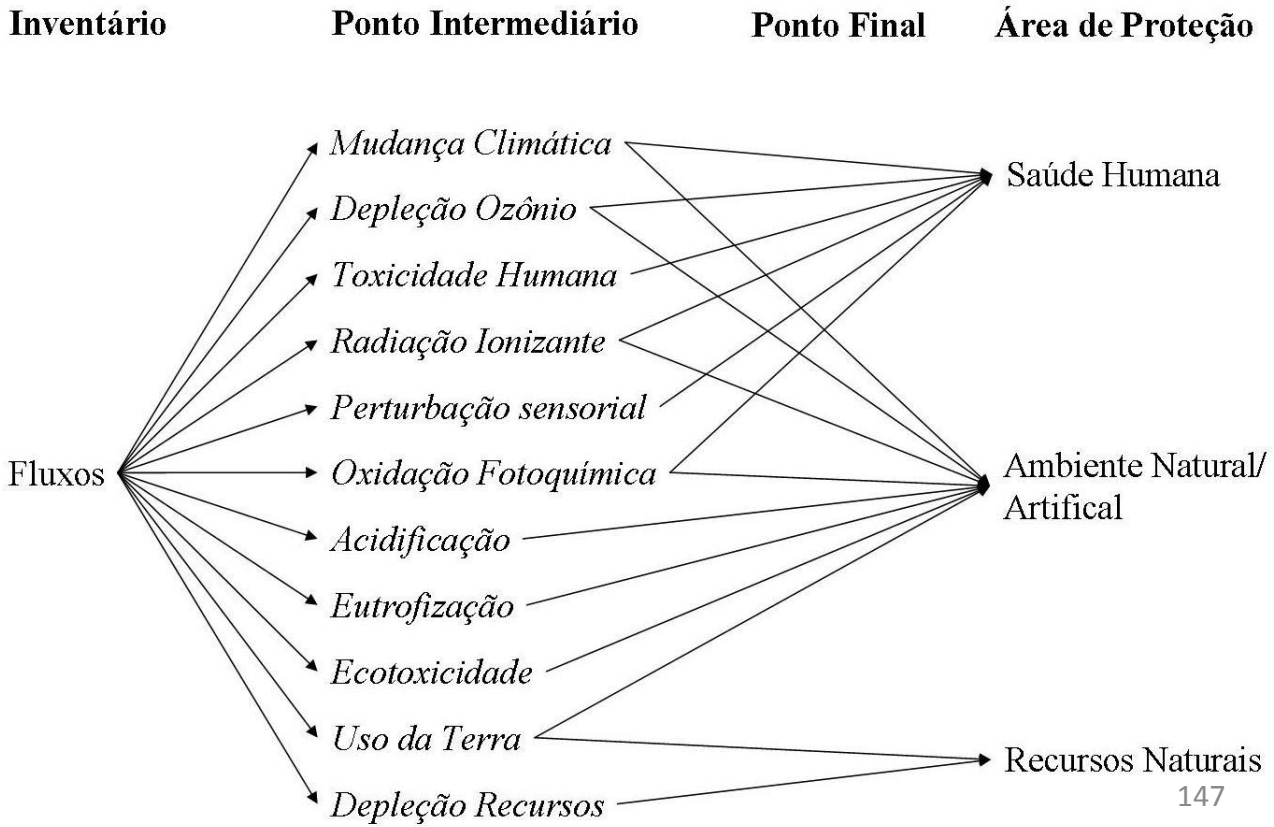
Avaliação de Impactos do Ciclo de Vida

- AICV – categorias de impacto
  - Nível de ação



Avaliação de Impactos do Ciclo de Vida

- AICV – categorias de impacto
  - Nível de ação



Avaliação de Impactos do Ciclo de Vida

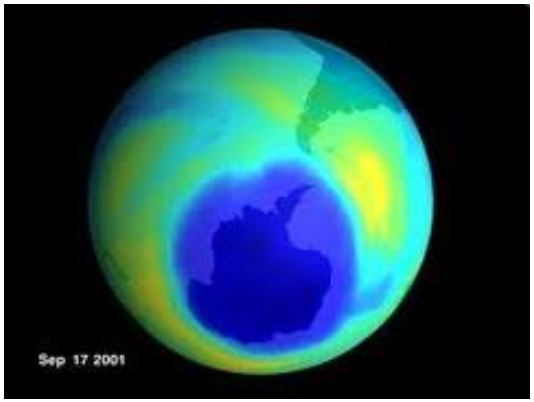
- AICV – categorias de impacto
  - Caracterização
    - **Indicador de Impacto = Resultado inventário x Fator de equivalência**;
    - Indicador de Impacto → kg de substância chave equivalente → Aquecimento global = Kg CO_2 equivalente;
    - Fator de equivalência → determinado através de **pesquisas**.

Avaliação de Impactos do Ciclo de Vida

- AICV – categorias de impacto
  - **Aquecimento global:**
    - Aumento da temperatura média do planeta devido a emissões antrópicas de gases de efeito estufa;
    - Impacto global;
    - CO_2-eq. (Ex: CH_4 = 21 x CO_2);
    - Derretimento das geleiras, aumento dos níveis dos oceanos, mudanças dos eventos climáticos (precipitação, etc.)

Avaliação de Impactos do Ciclo de Vida

- AICV – categorias de impacto
  - **Depleção do ozônio**:
    - Conversão do ozônio em oxigênio pela reação com moléculas de origem antrópica (CFC, CH_3Cl, CH_3Br, N_2O, etc.);
    - Impacto global;
    - Aumento de raios ultravioleta (UV-B);
    - Kg CFC-11-eq.;
    - Câncer de pele.



Avaliação de Impactos do Ciclo de Vida

- AICV – categorias de impacto
  - **Oxidação fotoquímica:**
    - Poluição atmosférica por ozônio produzido por reações com gases de origem antrópica (NO_2 e COV) → « smog »;
    - Altamente relacionado ao setor de transportes;
    - Impacto Regional/local;
    - Kg etileno-eq.
    - Problemas respiratórios.

Avaliação de Impactos do Ciclo de Vida

- AICV – categorias de impacto
  - **Acidificação:**
    - Fenômeno ligado à precipitação de três tipos de compostos poluentes: dióxido de enxofre, óxidos de nitrogênio e amoníaco – chuva ácida;
    - Relacionada à agricultura, transporte e energia;
    - Impacto local/regional;
    - Kg SO_2-eq.;
    - Degradação de florestas, de lagos, de construções, etc.

Avaliação de Impactos do Ciclo de Vida

- AICV – categorias de impacto
  - **Eutrofização:**
    - Elevado nível de nutrientes nos ecossistemas, principalmente nos aquáticos → multiplicação de algas;
    - Nitrogênio e Fósforo;
    - Impacto local;
    - Kg PO_4-eq.;
    - Limitação de oxigênio, alta mortalidade de peixes, água inadequada para consumo

Avaliação de Impactos do Ciclo de Vida

- AICV – categorias de impacto
  - **Toxicidade, ecotoxicidade:**
    - Presença de substâncias tóxicas que afetam a saúde humana e outras espécies e ecossistemas → metais pesados (Pb, Hg, Cd,...), dioxinas, solventes, pesticidas, etc.;
    - Impactos locais/regionais/globais;
    - Kg 1,4-diclorobenzeno-eq.;
    - Problemas respiratórios, oculares, contaminação de águas, etc.

Avaliação de Impactos do Ciclo de Vida

- AICV – categorias de impacto
  - **Esgotamento dos recursos naturais**:
    - Consumo de recursos abióticos e bióticos em velocidade maior que a velocidade de renovação;
    - Impacto global/regional;
    - Kg Sb-eq. ou MJ (fósseis).

Avaliação de Impactos do Ciclo de Vida

- AICV – categorias de impacto
  - **Uso do solo:**
    - Consequências da utilização e mudança antrópicas do solo → subcategorias: competição pelo uso do solo, perda da biodiversidade e funções do suporte para a vida;
    - Impactos locais/regionais;
    - m^2/ano;

Avaliação de Impactos do Ciclo de Vida

- AICV – etapas opcionais
  - **Normalização** → permite a **comparação** entre as categorias de impacto → resultado AICV/valor de referência (impacto per capita ou por área);
  - **Agrupamento** → **agregação** das categorias de impacto em um ou mais grupos → local de ação (local, regional ou global) ou tipo de emissões (ar, água ou solo);
  - **Ponderação** → atribuição de **pesos** → relevância de determinada categoria com objetivos e escopo.

Avaliação de Impactos do Ciclo de Vida

- Métodos
  - **CML**
    - Midpoint;
    - Instituto de Ciências Ambientais (CML), Universidade de Leiden, Holanda.
    - Categorias: DRA, PAG, PTH, PEAF, PEAM, PTT, **PCOF**, **PA**, PE, Biodiversidade, PDOE → globais;
    - Baseado em fundamentos científicos consistentes;
    - Fatores AICV disponíveis para análise de sensibilidade.
    - Última versão: 2013;
    - Normalização: per capita, 1990 e 1995.

Avaliação de Impactos do Ciclo de Vida

- Métodos
  - **Eco-Indicator**
    - Endpoint;
    - Pré, Holanda;
    - Ponderação → **saúde humana** (perdas de ano de vida: PAG, PDOE, efeitos carcinogênicos, respiratórios, radiação ionizante), **qualidade do ecossistema** (desaparecimento de espécies: toxicidade, acidificação, eutrofização, uso da terra), **recursos** (MJ: energia necessária para extração de recursos minerais e fósseis);
    - Gestão consistente de escolhas subjetivas.

Avaliação de Impactos do Ciclo de Vida

- Métodos
  - **EDIP**
    - Environmental Design for Industrial Products;
    - 97 e 2003;
    - Universidade Técnica da Dinamarca (DTU);
    - Impactos com abordagem global: PAG, PDOE, PA, PET, PEA, PCOF, PTH, PE, **ruído**;
    - Categorias de impacto descritas em artigos científicos revisados;
    - Fatores de normalização: 1995, cidadão.

Avaliação de Impactos do Ciclo de Vida

- Métodos
  - **EPS 2000**
    - Environmental Priority Strategies in Product Development;
    - Universidade de Tecnologia de Chalmers, Suécia;
    - Designers e desenvolvedores de produtos;
    - Categorias midpoint: Saúde humana (expectativa de vida, morbidade severa, incômodo), Ambiente natural (capacidade de produção agrícola, capacidade de produção madeireira, de carne e peixe, de água potável,...), recursos naturais (elementos), recursos fósseis (gás, carvão, minérios,...);
    - 1º processo a usar **monetização**.

Avaliação de Impactos do Ciclo de Vida

- Métodos
  - **IMPACT 2002+**
    - Escola Politécnica de Lausanne, Suíça;
    - Abordagem combinada: midpoint + endpoint;
    - Escopo de aplicação: Europa;
    - Categorias midpoint: PTH, ER, RI, PDOE, PCOF, PTA, PET, PEA, PAT, ocupação do solo, PAG, CER, extração mineral;
    - Mudança climática como endpoint;
    - Fatores de caracterização para + 1500 substâncias;
    - Normalização: per capita (europeu), 2000.

Avaliação de Impactos do Ciclo de Vida

- Métodos
  - **LIME**
    - Associação Japonesa de Gestão Ambiental para a Indústria;
    - 2003 – Life-cycle Impact assessment based on Endpoint modelling;
    - Método exclusivo para condições japonesas;
    - Categorias midpoint: poluição do ar urbano, PAG, PDOE, PTH, PA, PE, PCOF, MUT, PDA, CE, PDB, poluição do ar interno, ruídos e geração de resíduos;
    - Endpoint: **malária**, fome, desastres naturais, câncer, biodiversidade,...;
    - Abordagem combinada, monetização.

Avaliação de Impactos do Ciclo de Vida

- Métodos
  - **LUCAS**
    - CIRAIG, Canadá → LCIA method Used for a CAnadian-specific context;
    - Adaptação às condições canadenses de outros métodos – TRACI e IMPACT 2002+;
    - Midpoints: PAG, PDOE, PA, PCOF, ER, PEA, PET, ecotoxicidade, PTH, MUT, PDA;
    - Normalização: IMPACT 2002+ (canadense!).

Avaliação de Impactos do Ciclo de Vida

- Métodos
  - **TRACI**
    - EPA, EUA, 2003 → Tool for the Reduction and Assessment of Chemical and other environmental Impacts;
    - ACV e Prevenção da Poluição;
    - Midpoint: PDOE, PAG, PCOF, PE, PA, carcinogênicos, poluentes, ecotoxicidade, PDA (combustíveis fósseis);
    - Global e regional (EUA);
    - 900 substâncias caracterizadas.

Avaliação de Impactos do Ciclo de Vida

- Métodos
  - **ReCiPe**
    - Continuação do Eco-Indicator 99 e CML 2002;
    - Abordagem combinada;
    - Midpoints: PAG, PDOE, PAT, PEAF, PEAM, RI, MUTagr, MUTurb, PDA, PD Água doce;
    - Aplicação global → PAG e PDOE;
    - Normalização: Europa, 2000.

Avaliação de Impactos do Ciclo de Vida

- Métodos
  - **Ecological Scarcity**
    - Swiss Ecopoints, 1990, 1997 e 2005;
    - Midpoints: PAG, PDOE, PCOF, ER, Emissões para o ar, efluentes para a água superficial, efluentes para a água subterrânea, emissões para o solo, câncer, Consumo de água, REP, Disruptores endócrinos, biodiversidade;
    - Normalização: divisão pelos fluxos de emissão de 2004.

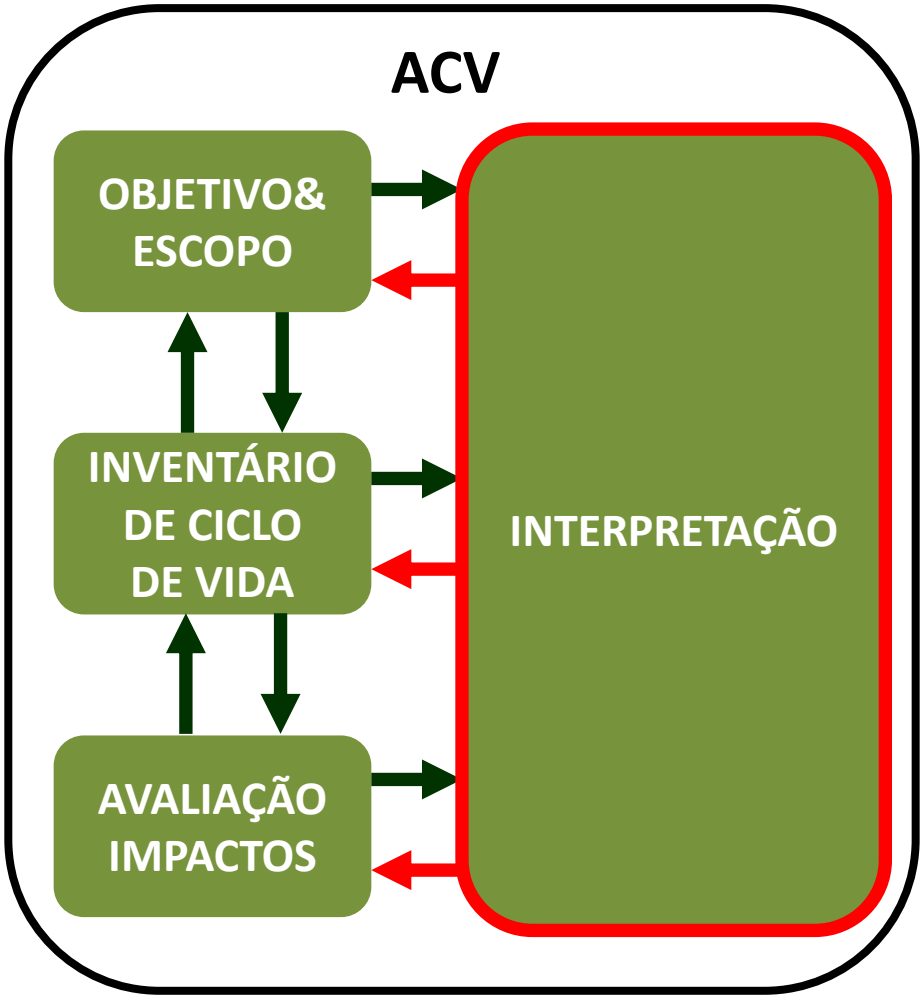
Interpretação

Questões significativas

Checagem

Conclusões

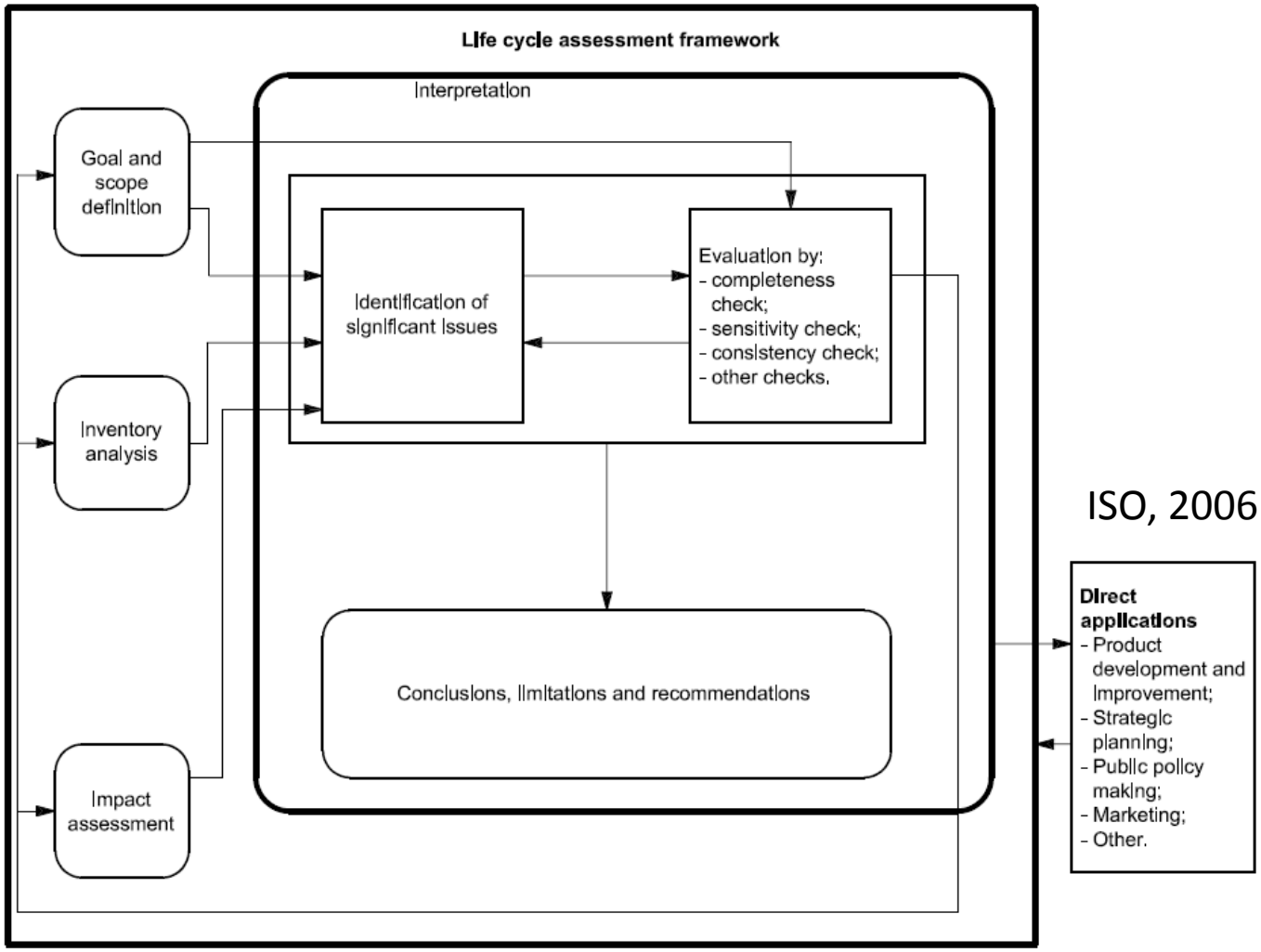
Interpretação



Interpretação

- Conceito
  - Reflexão sobre a **coerência** dos resultados com o método;
  - Identificação dos **pontos críticos**;
  - Atingir a **visão sistêmica**;
  - Análise **crítica** do perfil ambiental do sistema e do processo de avaliação;
  - Foco **metodológico**.

Interpretação



ISO, 2006

Interpretação

- Questões significativas
  - Análise **iterativa** das fases anteriores;
  - Consequências dos métodos utilizados e **pressupostos** formulados:
    - Alocação
    - Regra de corte;
    - Seleção de categorias de impacto;
    - Parâmetros;
    - ...

Interpretação

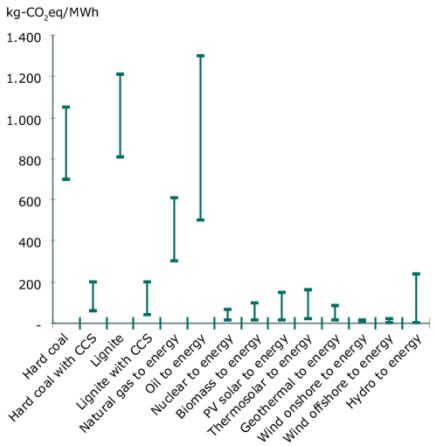
- Questões significativas
  - **Estruturação** das informações provenientes do ICV;
  - Identificação das questões ambientais **relevantes**;
  - Determinação das **emissões ambientais** do sistema de produto;
  - Identificação de **fluxos** e **processos** influentes no perfil ambiental.

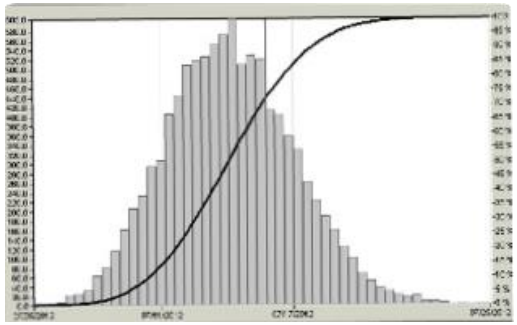
Interpretação

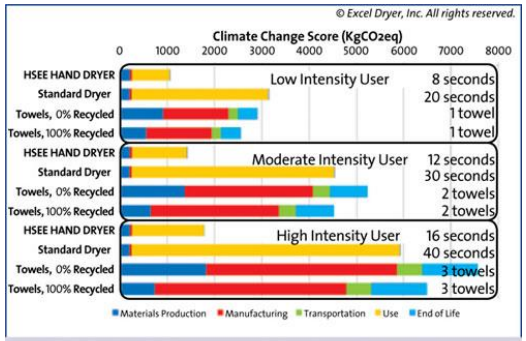
- Checagens
  - Métodos **quali-quantitativos**;
  - Identificação de **desvios**;
  - Mensuração de **influências**;
  - Incremento da **confiabilidade** da ACV.

Interpretação

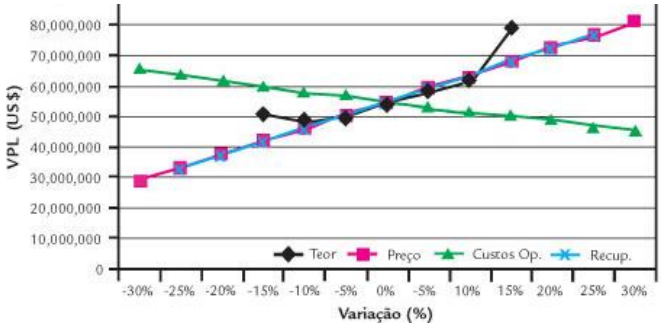
- Checagens
  - Dominância;
  - Completude;
  - Sensibilidade;
  - Consistência;
  - Incerteza;
  - Cenários.







Variation in climate change score with varying intensities of use (dry time or number of towels).

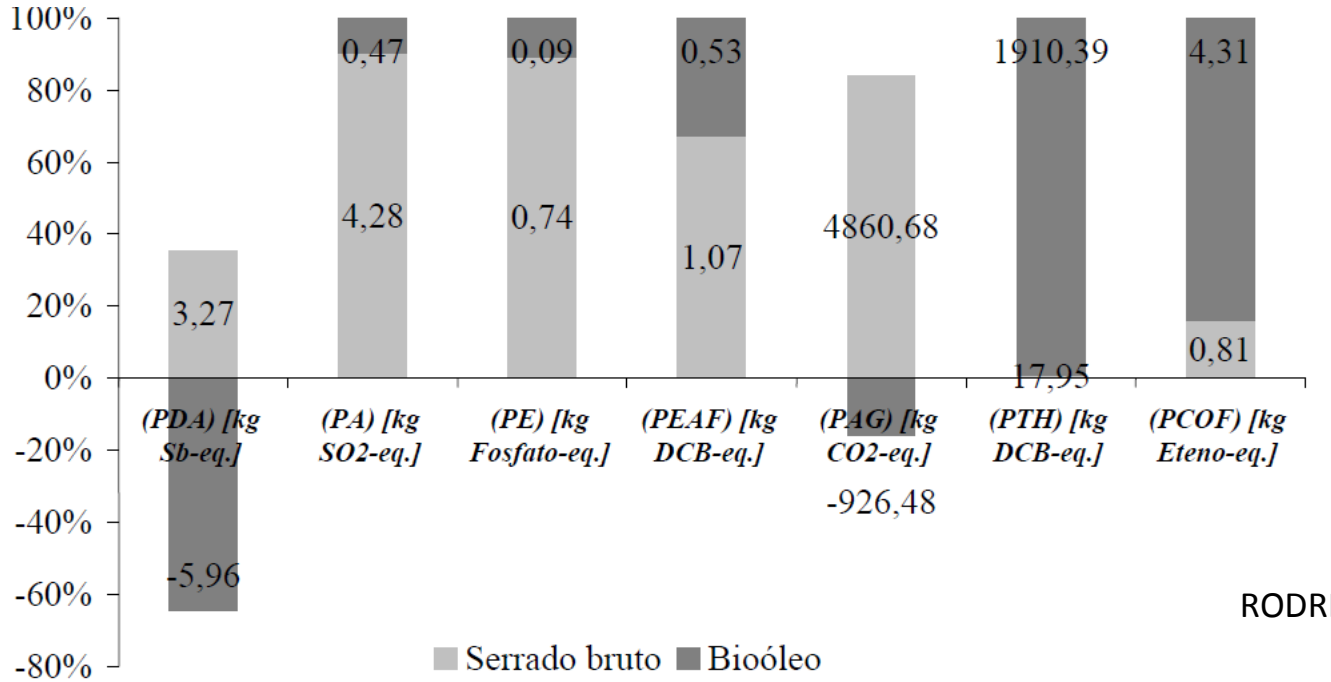


Interpretação

- Checagens
  - Dominância
    - Identificação das atividades/etapas mais **impactantes**;
    - Dependente de construção de modelo baseado em **processos unitários**;
    - Facilidade na elaboração de ações **mitigadoras**;

Interpretação

- Checagens
  - Dominância



RODRIGUES, 2013

Figura 5.8 – Participação relativa dos sistemas (Serrado bruto e Bioóleo) em cada categoria de impacto ambiental.

Interpretação

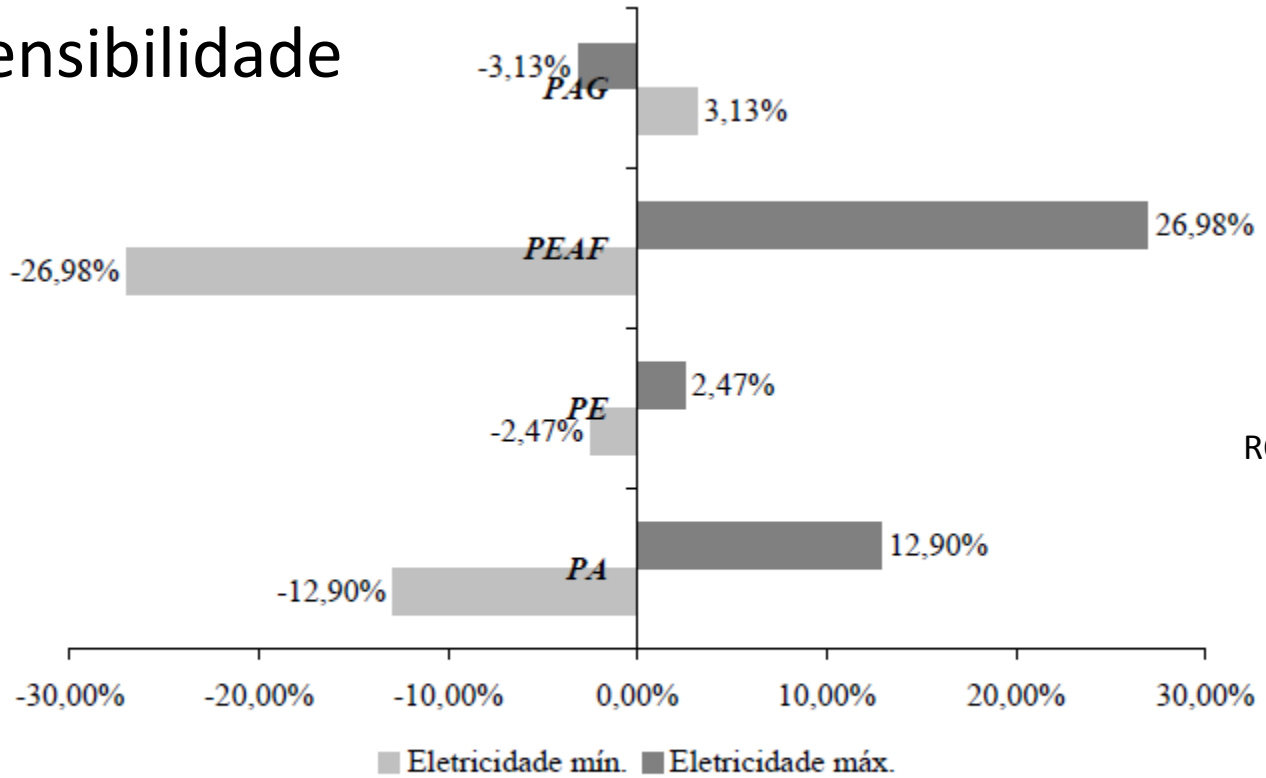
- Checagens
  - Completude
    - Verificação da **integridade** do estudo;
    - Toda a informação **relevante** e dados **necessários** estão disponíveis?
    - Não! → análise da **importância** de tais informações;
    - **Ajuste** dos Objetivos e Escopo;
    - **Revisão** do ICV e AICV.

Interpretação

- Checagens
  - Sensibilidade
    - Efeito das **incertezas** dos dados, da alocação, dos cálculos dos impactos ambientais, etc;
    - Influência que um **parâmetro** (variável independente) tem sob outro valor (variável dependente);
    - Relação direta com a **qualidade** dos dados;
    - **Variação** de parâmetros, valores dos fluxos → efeito na **AICV**.

Interpretação

- Checagens
  - Sensibilidade



RODRIGUES, 2013

Figura 5.7 – Sensibilidade da produção de bioóleo às mudanças no parâmetro de eletricidade (Pirólise Rápida)

Interpretação

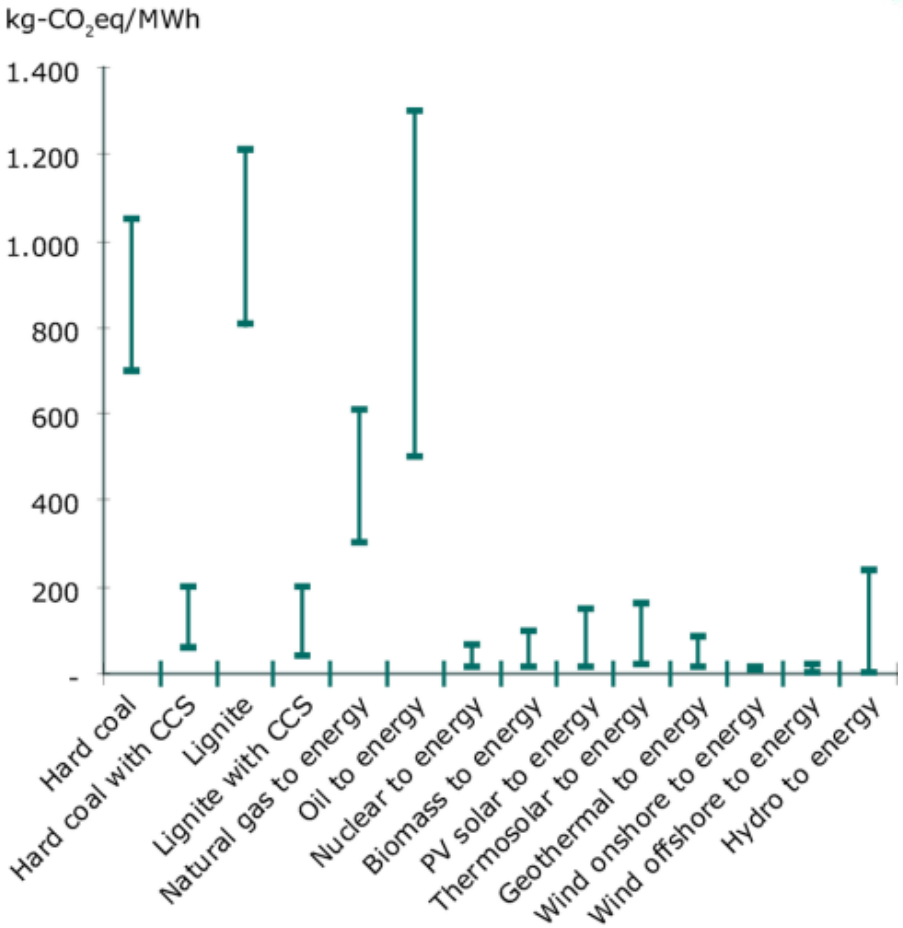
- Checagens
  - Consistência
    - Análise **qualitativa**;
    - **Compatibilidade** entre as suposições, os métodos e os dados com os objetivos e escopo do estudo ACV;
    - Há compatibilidade → Aumento a **confiabilidade** dos resultados;
    - Não há compatibilidade → **ajuste** dos Objetivos e Escopo, **revisão** do ICV e AICV.

Interpretação

- Checagens
  - Incerteza
    - Causada pelos efeitos cumulativos da **imprecisão** dos modelos, incerteza das entradas e variabilidade dos dados;
    - Virtualmente **impossível** de evitar a incerteza de dados;
    - **Fontes** de incerteza: parâmetros, modelo, escolhas, variabilidade espacial, temporal e tecnológica;

Interpretação

- Checagens
  - Incerteza
    - LCA emissions of energy technologies for electricity production



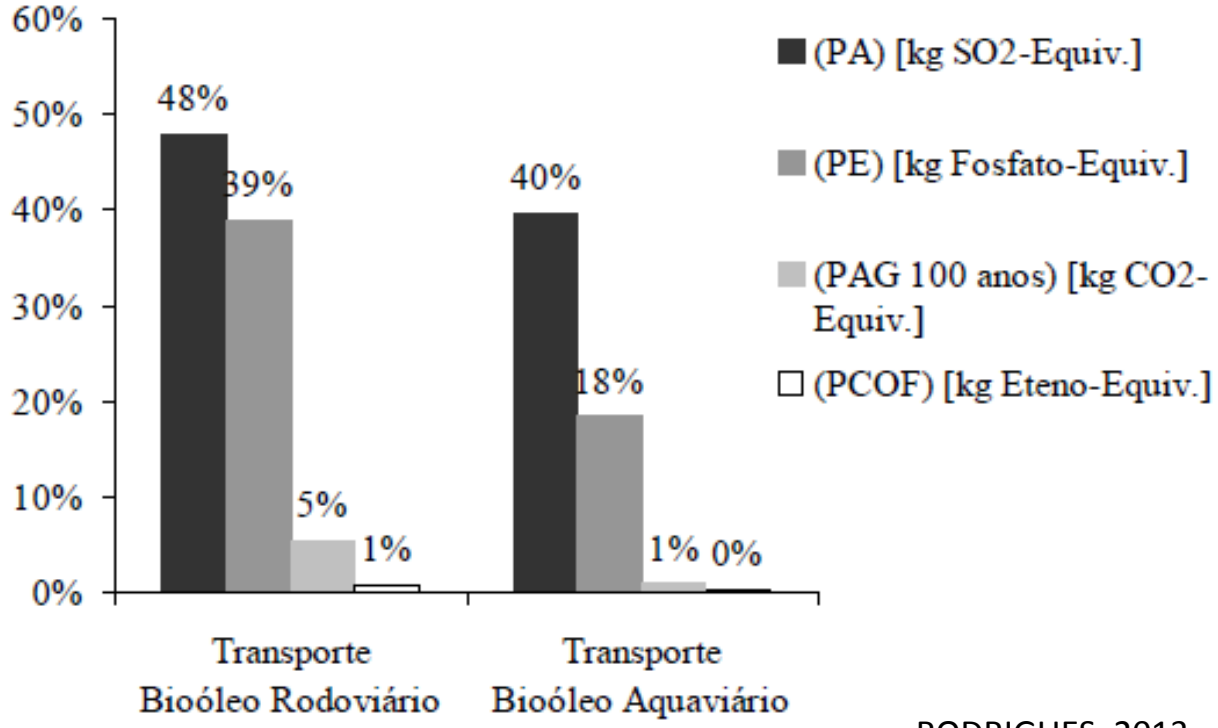
http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/lca-emissions-of-energy-technologies

Interpretação

- Checagens
  - Cenários
    - Descrição de uma situação **futura** possível, provável e relevante para aplicações específicas de ACV;
    - **Preditivos** (o que vai acontecer?), **exploratívos** (o que pode acontecer?) e **normativos** (Como atingir uma situação específica?);
    - **Verificação** de opção que cause menos impactos ambientais entre duas ou mais situações escolhidas.

Interpretação

- Checagens
  - Cenários



RODRIGUES, 2013

Interpretação

- Conclusões
- Limitações
- Recomendações
- Revisão crítica
  - Transparência e confiabilidade nos resultados;
  - Análise de especialistas em ACV externos ao estudo.

Estudos de caso

- Carro

http://www.volkswagenag.com/content/vwcorp/info_center/en/publications/2012/07/The_Life_Cycle_of_a_Car.bin.html/binarystorageitem/file/vw_basisbrochure_gb(1).pdf

- Café expresso

http://www.nestle-nespresso.com/sustainability/the-positive-cup/climate

- Telefone portátil

http://grist.org/list/2011-04-21-how-green-is-your-iphone/

- Fraldas

https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/291130/scho0808boir-e-e.pdf

Sacolas de compras

https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/291023/scho0711buan-e-e.pdf

- Produtos cerâmicos

http://anicer.com.br/acv/res_muda.html

- Pegada hídrica

http://waterfootprint.org/en/resources/publications/

- Mudança de uso do solo

http://www.lbp-gabi.de/90-1-LANCA.html

Leituras

- http://acv.**ibict**.br/programa-brasileiro-de-acv/publicacoes
- http://www.**espacoeco**.org.br/resultados/casos-de-sucesso.aspx
- http://conteudo.**enciclo**.com.br/guia-basico-de-analise-do-ciclo-de-vida-acv
- http://**civia**.com.br/publicacoes?locale=pt-br
- http://www.**lifecycleinitiative**.org/resources/
- http://**eplca**.jrc.ec.europa.eu/?page_id=86
- http://www.**greendelta**.com/Publications.61.0.html?&L=1

Reflexões

- Você percebe onde a ferramenta ACV pode se integrar ao seu cotidiano?
- Você percebe onde a ferramenta ACV pode se integrar aos processos da sua instituição?
- O Pensamento do Ciclo de Vida é um novo paradigma? É possível?
- O Pensamento do Ciclo de Vida é capaz de transformar hábitos?
- O Pensamento do Ciclo de Vida é um agente do desenvolvimento sustentável?
- ...???

“A maior riqueza
do homem
é sua incompletude”

Manoel de Barros, Retrato do Artista quando coisa**.**

Thiago O. Rodrigues

thiagorodrigues@ibict.br

61 3217 6286