

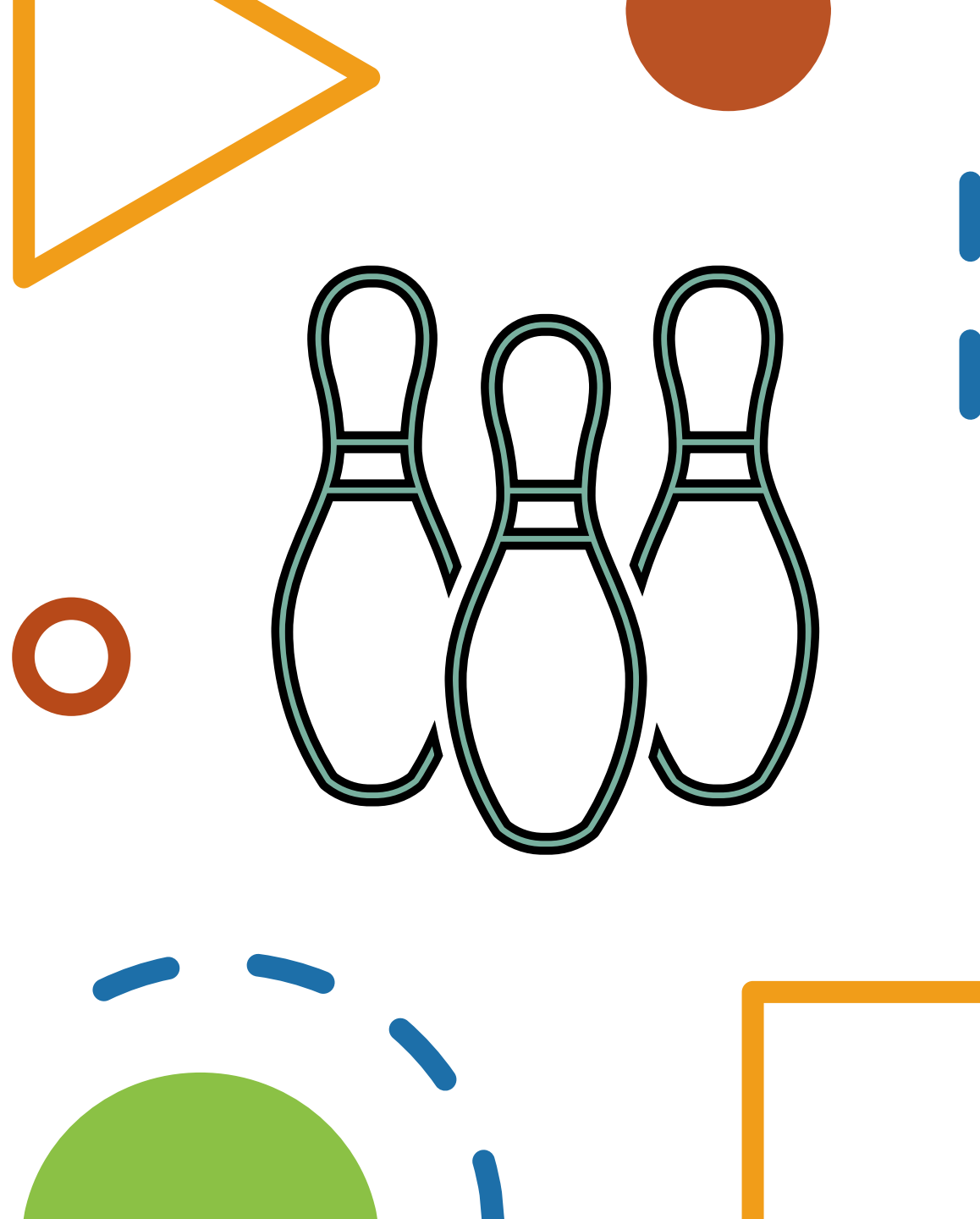


CSJ040 – Ecologia e Sustentabilidade

Avaliação de Ciclo de Vida
2º semestre de 2025

Objetivos deste tópico

1. Apresentar o conceito de ciclo de vida e quais as partes que compõem uma Avaliação de Ciclo de Vida (ACV).
2. Apresentar possíveis resultados de uma ACV e como se pode efetuar uma melhoria com base neles.



Ciclo de Vida?

O CICLO DE VIDA DE UM PRODUTO É O SISTEMA CONSTITUÍDO PELO CONJUNTO DE TODAS AS INTERAÇÕES ANTRÓPICAS COM O MEIO AMBIENTE, ASSOCIADAS À EXISTÊNCIA DO PRODUTO

Exemplo 1: ciclo de vida da cerveja



Avaliação de Ciclo de Vida (ACV)

COMPILAÇÃO E AVALIAÇÃO DAS ENTRADAS,
SAÍDAS E DOS IMPACTOS AMBIENTAIS
POTENCIAIS DE UM SISTEMA DE PRODUTO AO
LONGO DO SEU CICLO DE VIDA.

ABNT NBR ISO 14044

AValiação de ciclo de vida

Inventário do ciclo de vida (aspectos ambientais)

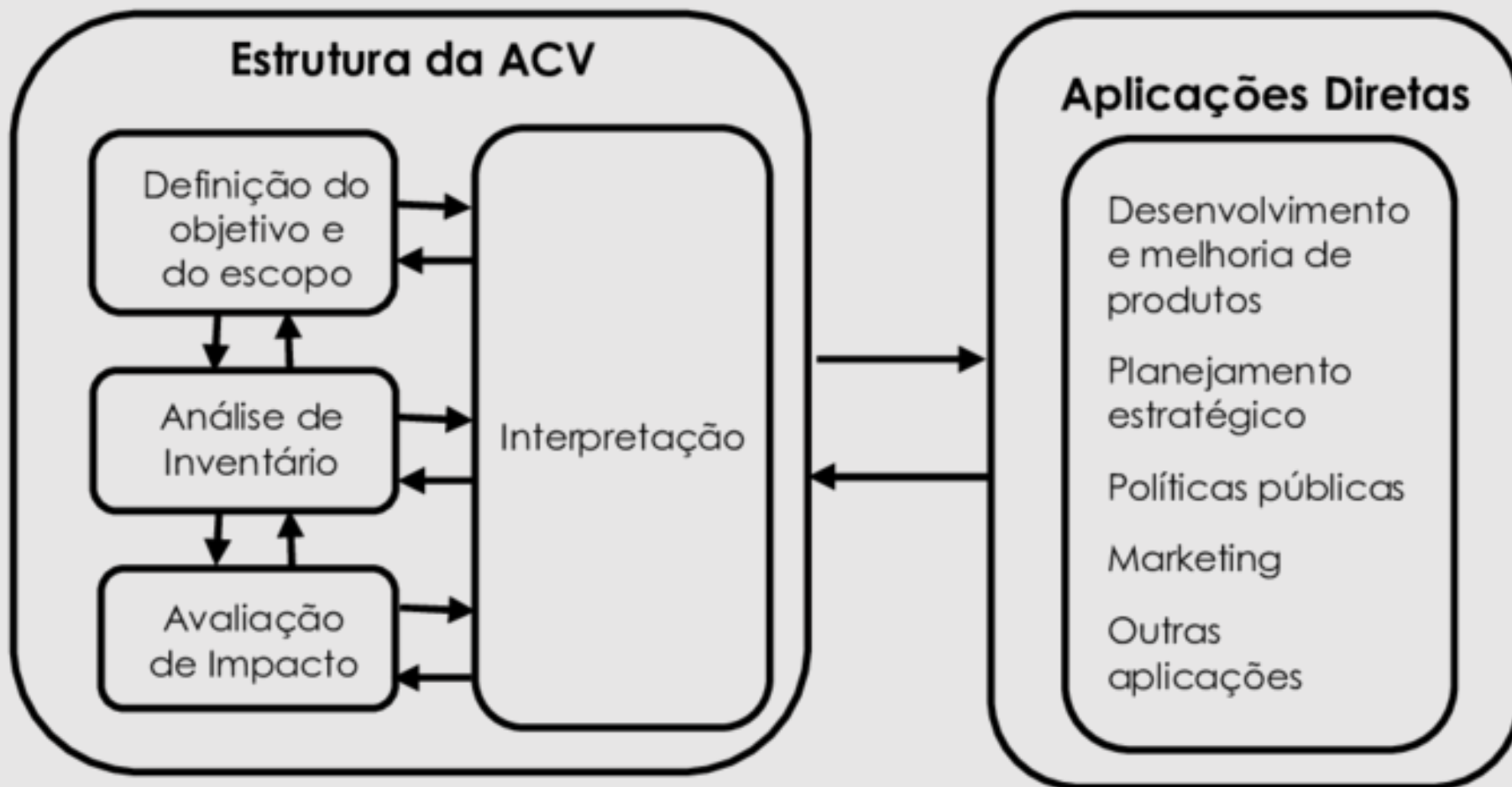
- Consumo de petróleo (kg/UF)
- Emissão CO₂ (kg/UF)
- Emissão SO₂ (kg/UF)
- Emissão CH₄ (kg/UF)
- Emissão CFC (kg/UF) [...]

Impactos

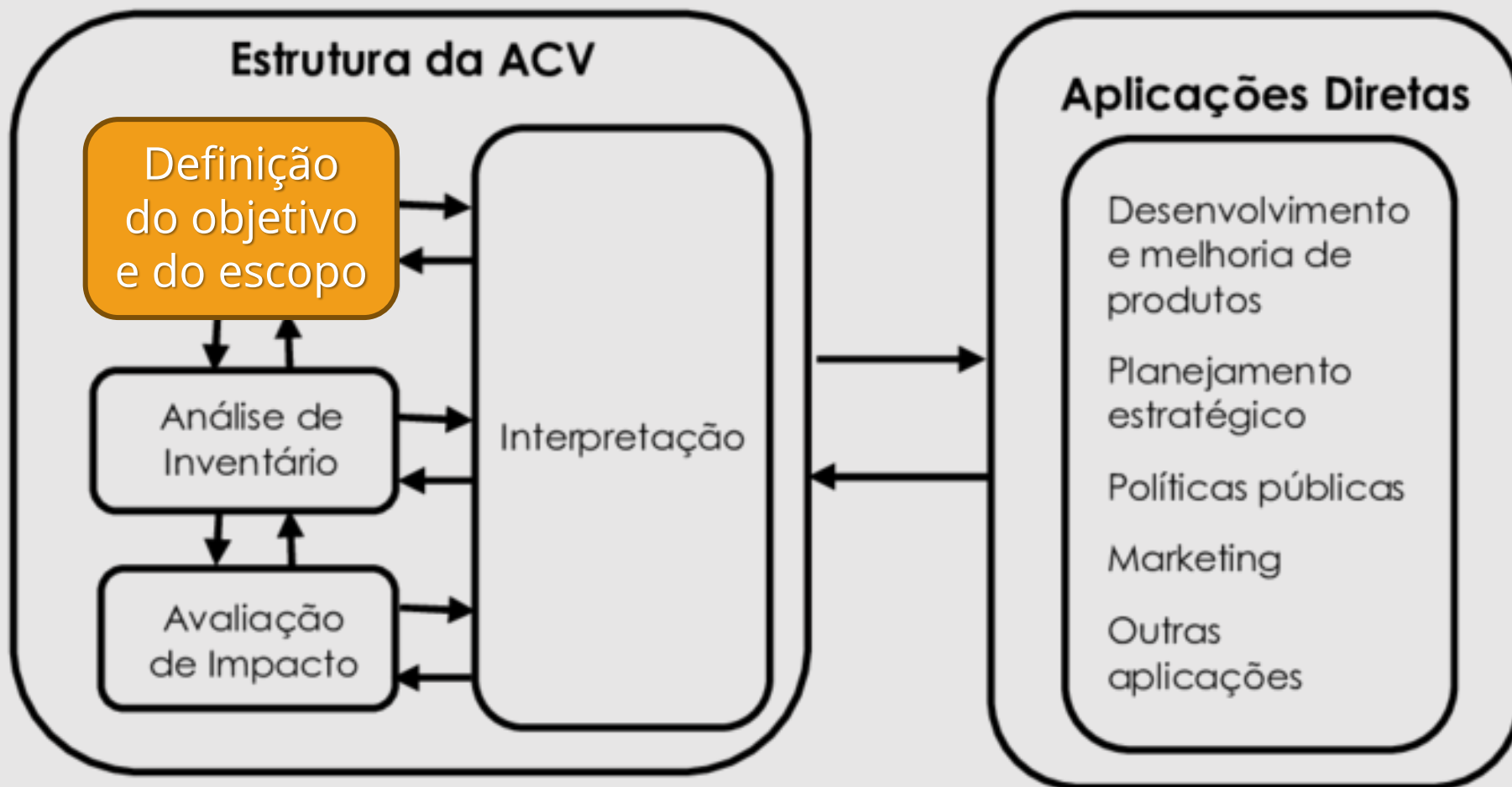


Recursos naturais

- Atmosfera
- Litosfera
- Hidrosfera



ABNT NBR ISO 14040



ABNT NBR ISO 14040

Definição de escopo

- Produto a ser estudado
- Função do produto
- Unidade funcional
- Fluxo de referência
- Sistema de produto



Definição de escopo

- Produto a ser estudado
- Função do produto
- Unidade funcional
- Fluxo de referência
- Sistema de produto

- *“Que necessidade ou desejo vamos atender?”*
- *O quê/Quão bem/Por quanto tempo (...)?*



Definição de escopo

- Produto a ser estudado
- Função do produto
- Unidade funcional
- Fluxo de referência
- Sistema de produto

- *“Quanto dessa necessidade ou desejo quero atender?”*
- *Referência a partir da qual os dados serão normalizados.*



Definição de escopo

- Produto a ser estudado
- Função do produto
- Unidade funcional
- Fluxo de referência
- Sistema de produto

“Quanto de produto necessito para exercer essa função na quantidade da unidade funcional?”



Definição de escopo

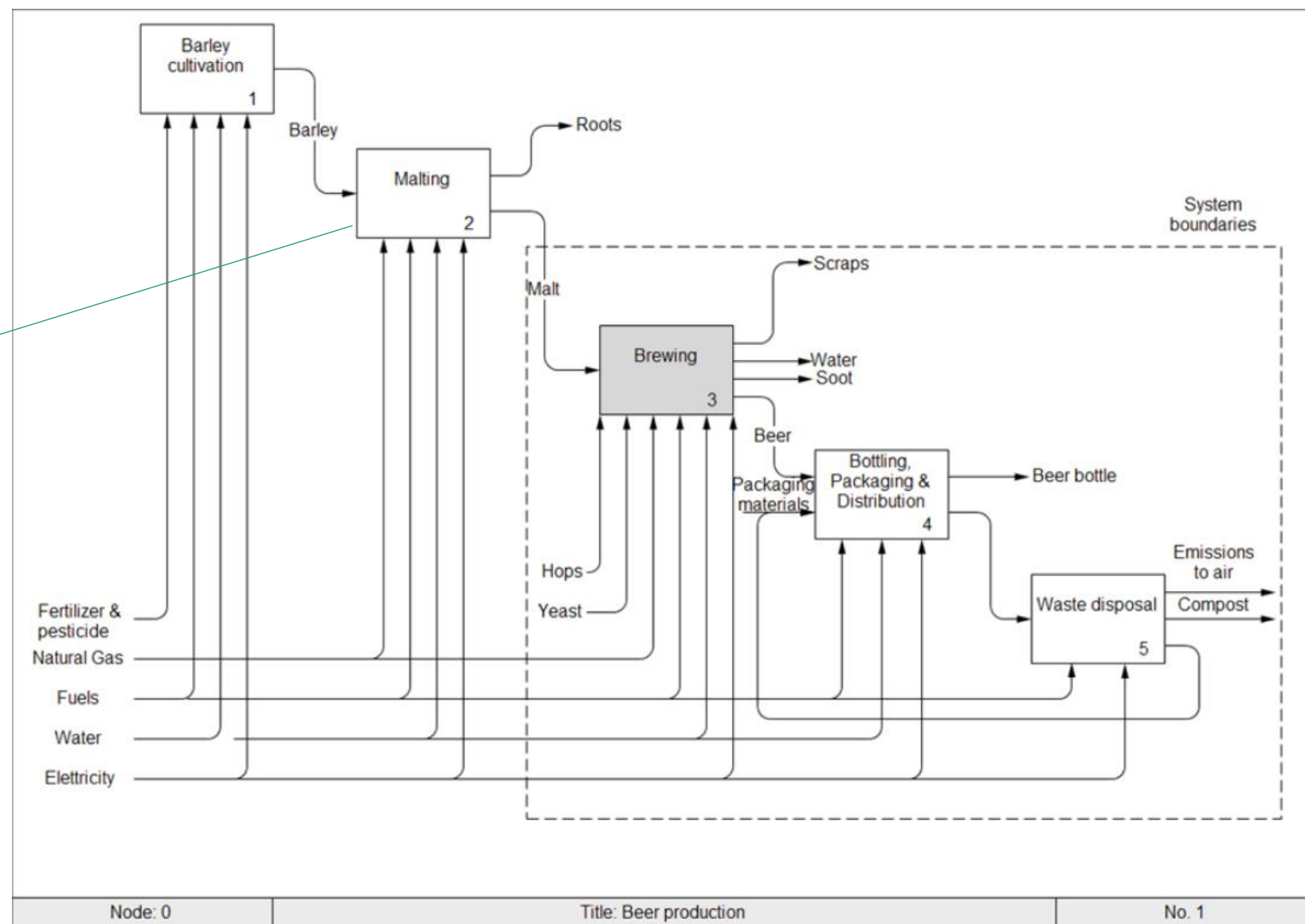
- Produto a ser estudado
- Função do produto
- Unidade funcional
- Fluxo de referência
- Sistema de produto

- Conjunto de processos elementares, com fluxos elementares e de produto, desempenhando uma ou mais funções e que modela o ciclo de vida do produto.
- *FLUXOGRAMA!*

Processo elementar

- Menor elemento de uma ACV.
- Quantifico suas entradas e saídas.
- Que operações são essas? Transformações físicas, químicas, espaciais, etc., que envolvem fluxos de matéria/energia.

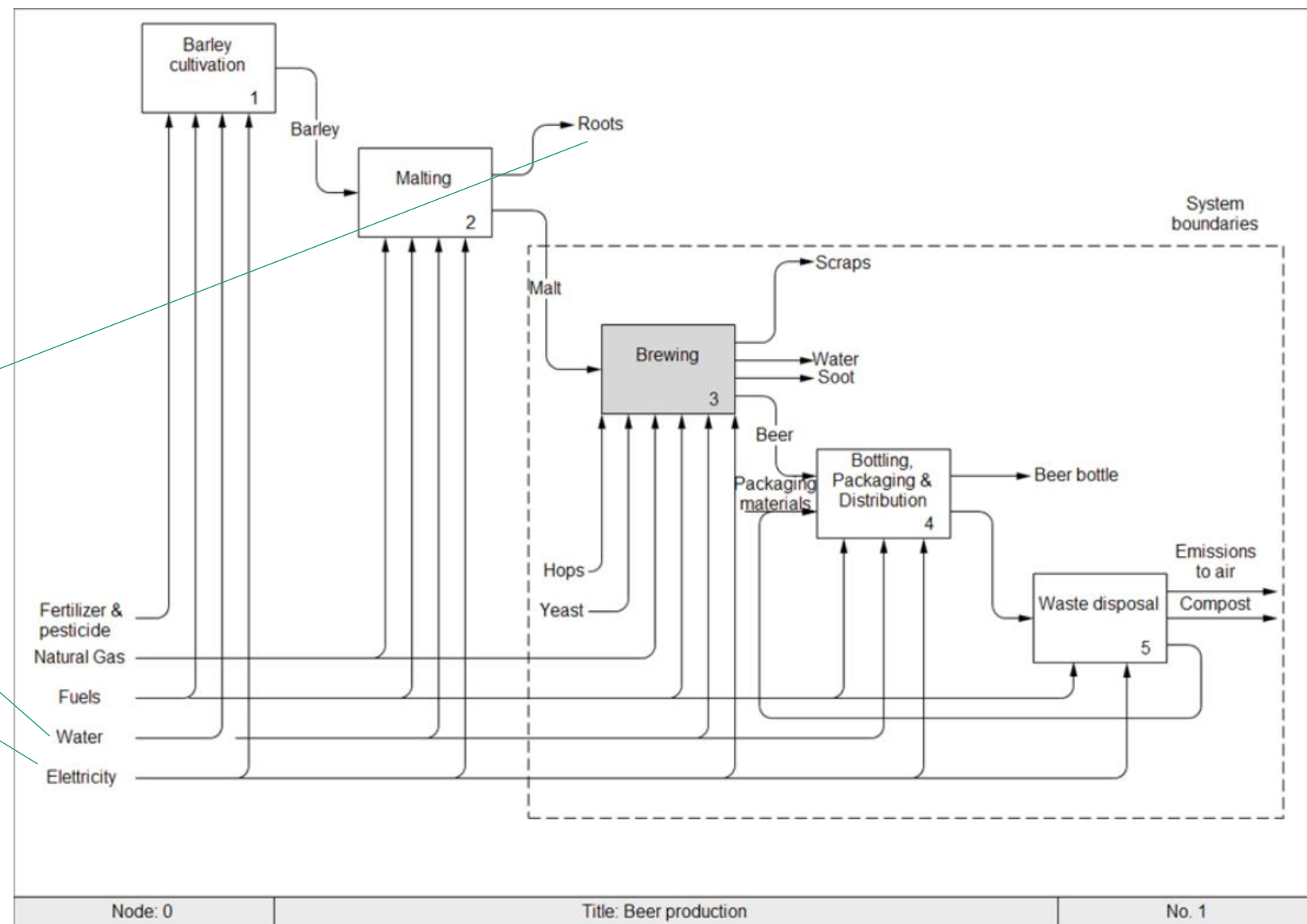
Referência: Amienyo, D., Azapagic, A. *Life cycle environmental impacts and costs of beer production and consumption in the UK. Int J Life Cycle Assess* 21, 492–509 (2016).
<https://doi.org/10.1007/s11367-016-1028-6>



Fluxo elementar

- Entrada (matéria/energia) que vem do meio ambiente.
- Saída para o meio ambiente.
- Produtos intermediários de outros sistemas de produto.

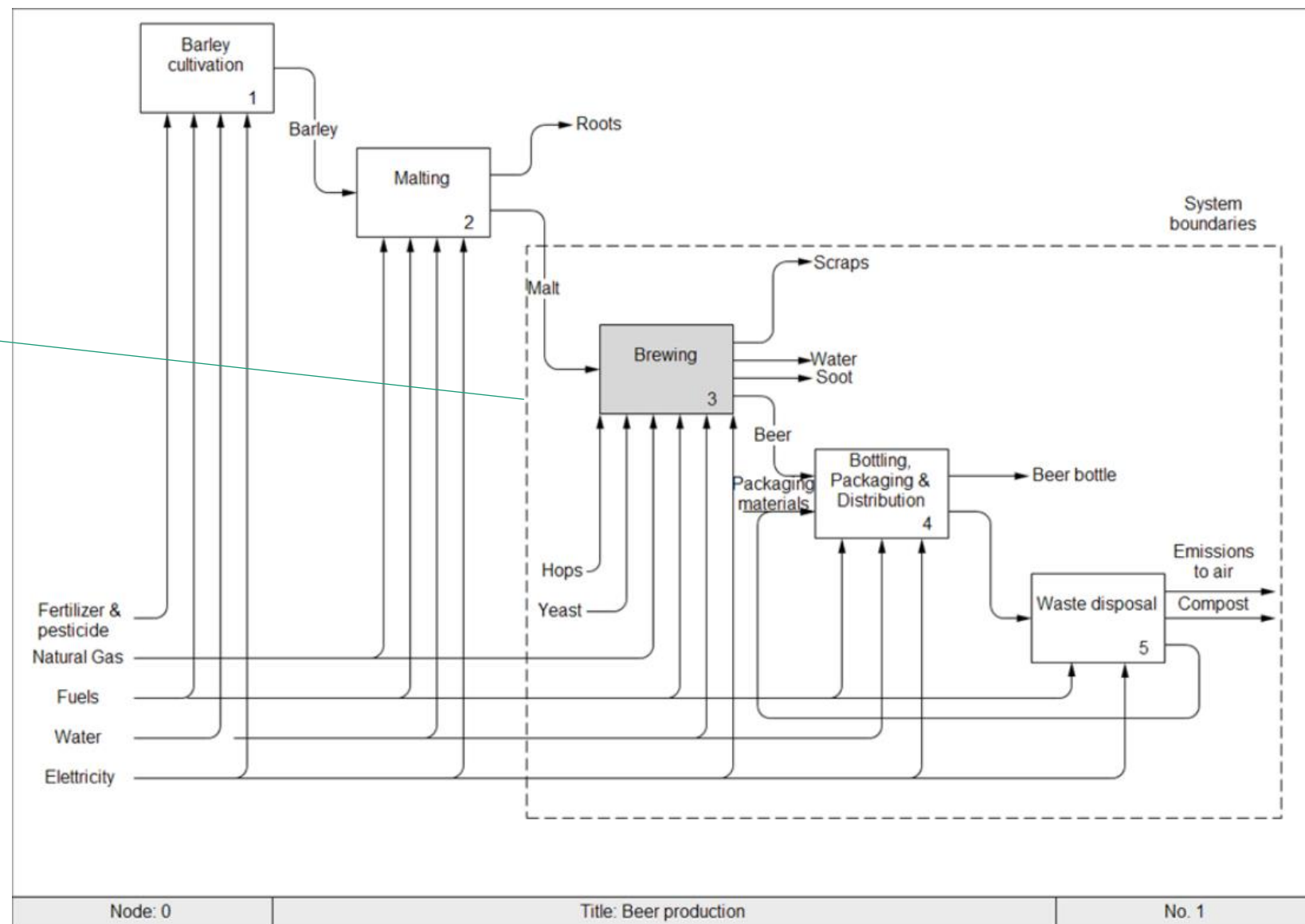
Referência: Amienyo, D., Azapagic, A. *Life cycle environmental impacts and costs of beer production and consumption in the UK. Int J Life Cycle Assess* 21, 492–509 (2016).
<https://doi.org/10.1007/s11367-016-1028-6>



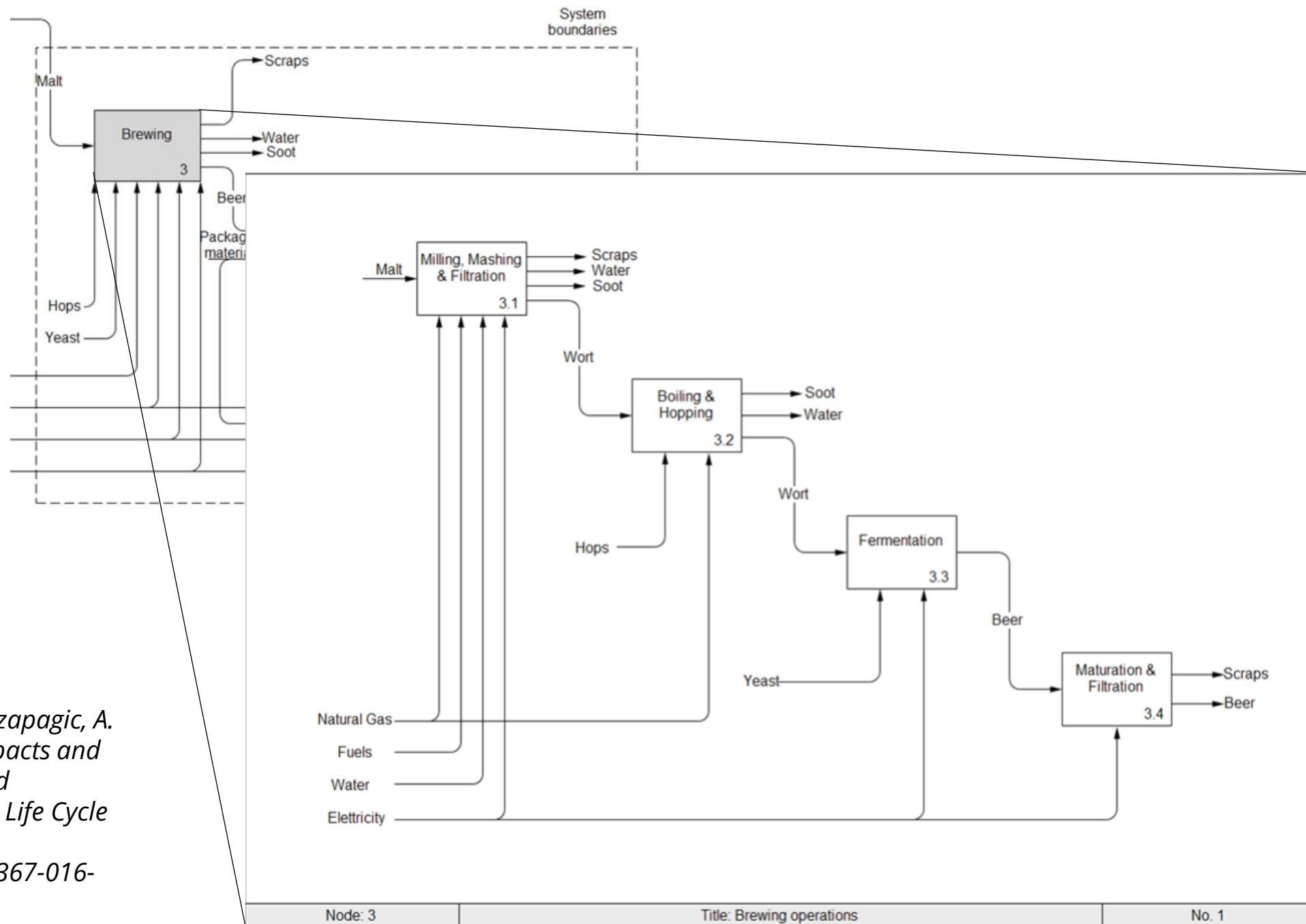
Fronteiras do sistema:

- Impossível contemplar todos os processos;
- Precisão x viabilidade
- Usar critérios de corte para saber que dados podemos tirar do estudo (massa, energia, significância ambiental).

Referência: Amienyo, D., Azapagic, A. *Life cycle environmental impacts and costs of beer production and consumption in the UK. Int J Life Cycle Assess* 21, 492–509 (2016).
<https://doi.org/10.1007/s11367-016-1028-6>



Referência: Amienyo, D., Azapagic, A.
Life cycle environmental impacts and costs of beer production and consumption in the UK. Int J Life Cycle Assess 21, 492–509 (2016).
<https://doi.org/10.1007/s11367-016-1028-6>



Significância ambiental?

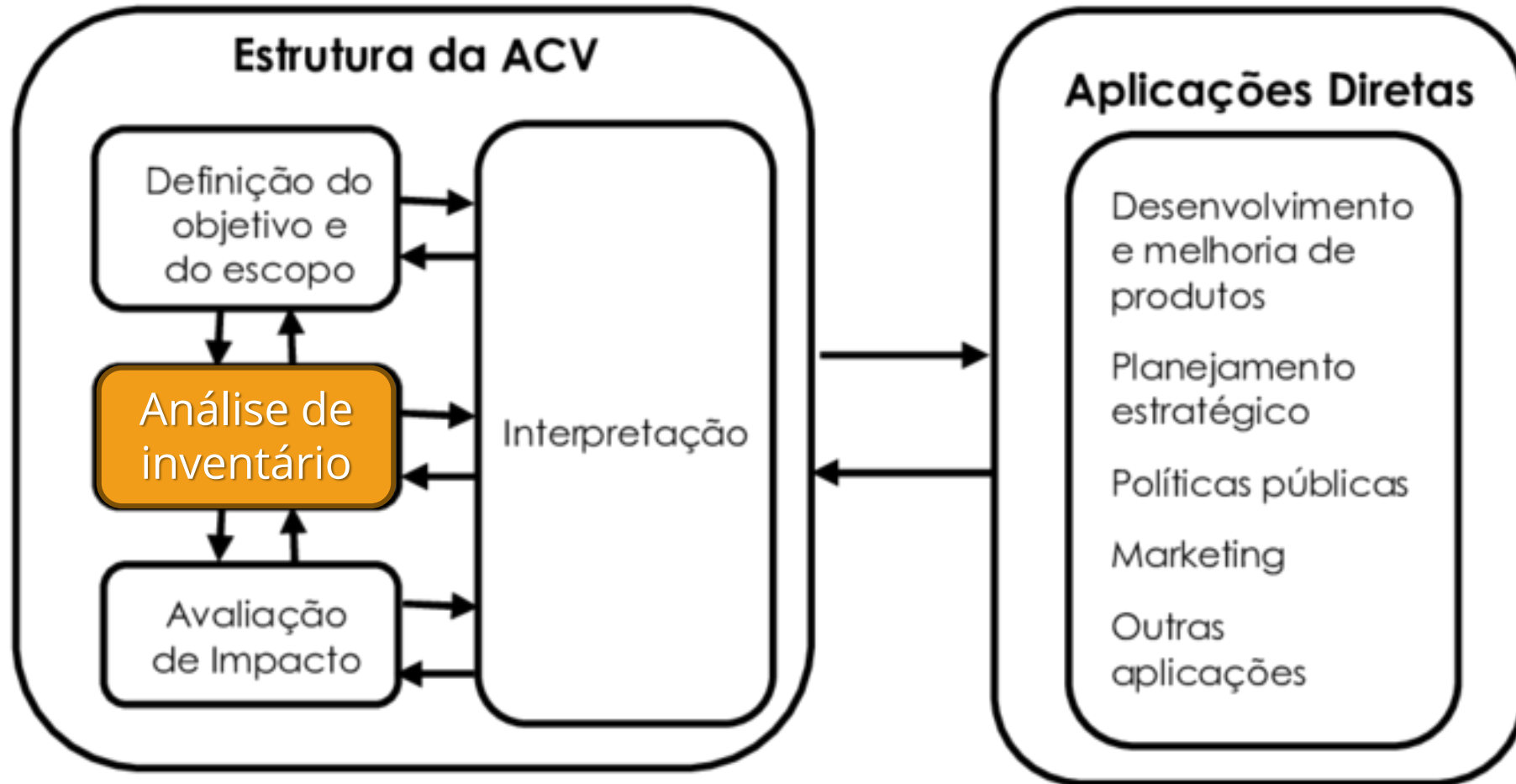


Gelo seco: 1 caixa com 1 kg de gelo seco (CO_2) para gelar 12 garrafas de 330 mL -> 1 kg de CO_2 emitido



Freezer: Emissão de R404A para esse volume de cerveja: 35,64 mg.

- Mas: Potencial de impacto do R404A: 3860 kg $\text{CO}_{2\text{eq}}$ /kg.
- Logo, temos: 137,6 g $\text{CO}_{2\text{eq}}$ (+13,8%).



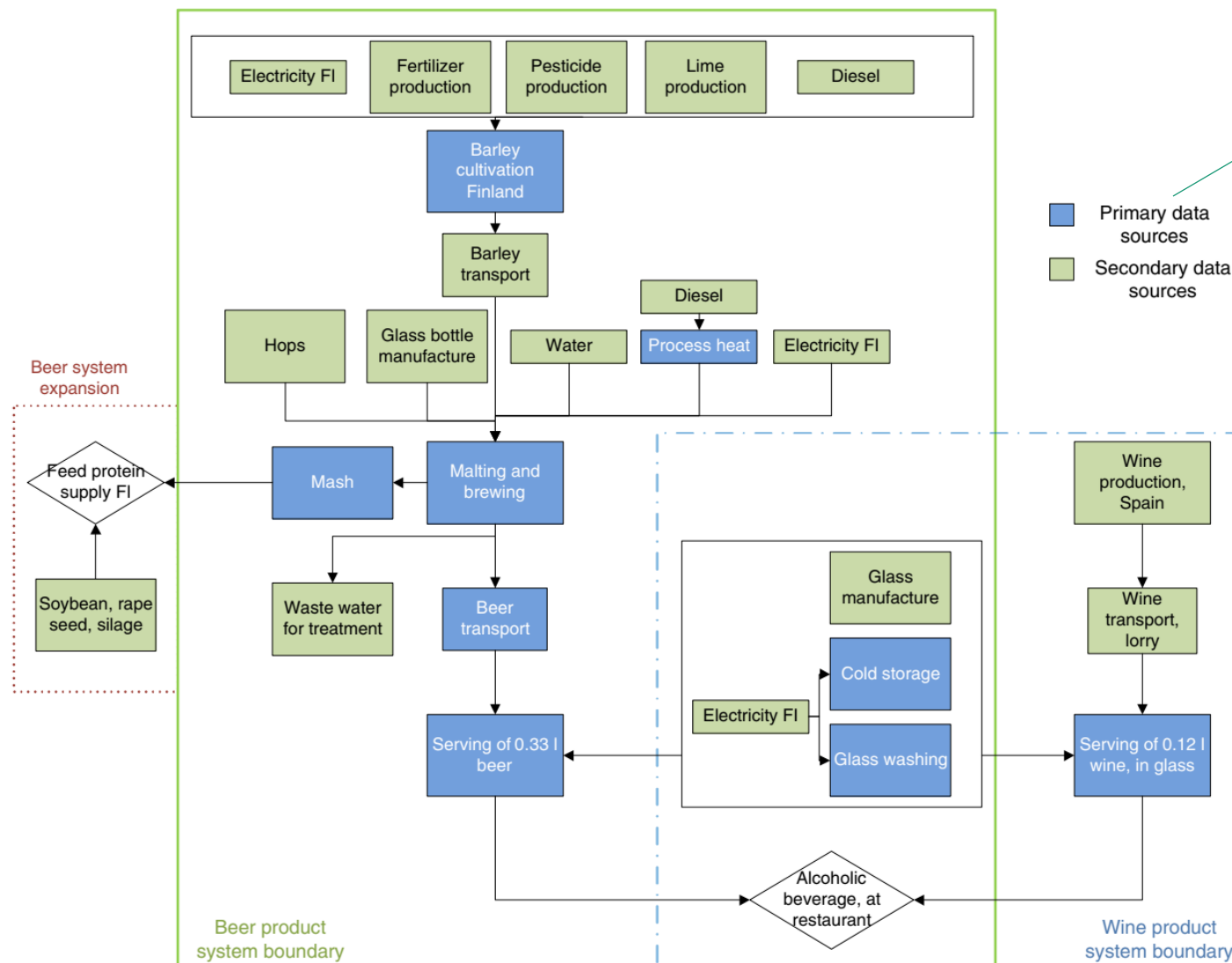
ABNT NBR ISO 14040

ACV: Definição de inventário

Fase da avaliação do ciclo de vida envolvendo a compilação e quantificação das entradas e saídas de um sistema de produto ao longo do seu ciclo de vida.

ABNT NBR ISO 14044 (2009)

ACV: Tipos de dados

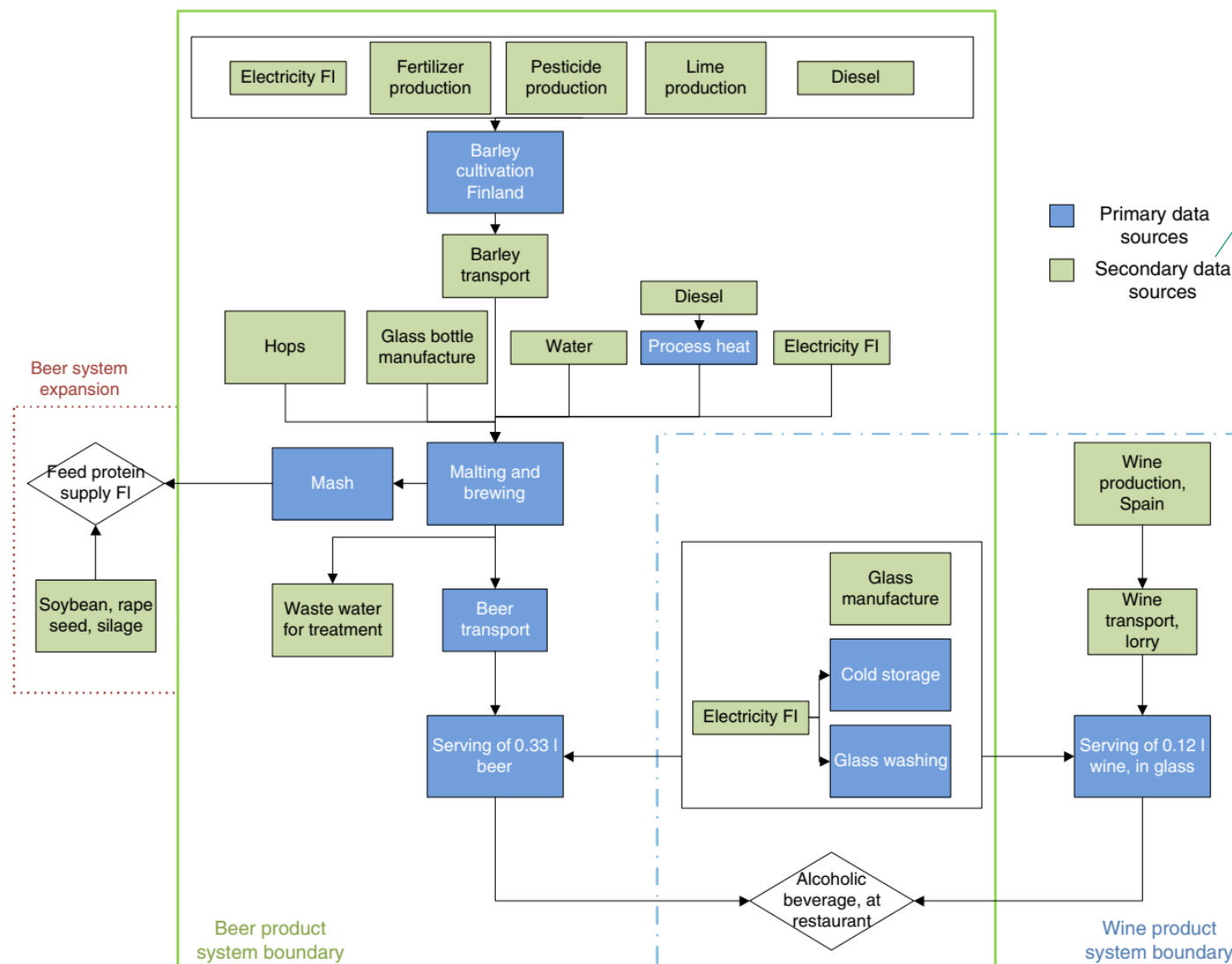


Fonte de dados primários:
Medidos diretamente no processo elementar em estudo.

- Medidas locais
- Registros de produção
- Relatórios de compras e vendas.

Referência: Mattila, T., Leskinen, P., Soimakallio, S., Sironen, S., *Uncertainty in environmentally conscious decision making: beer or wine?*, *International Journal of Life Cycle Assessment*, 17, 696-705 (2012). DOI: 10.1007/s11367-012-0413-z

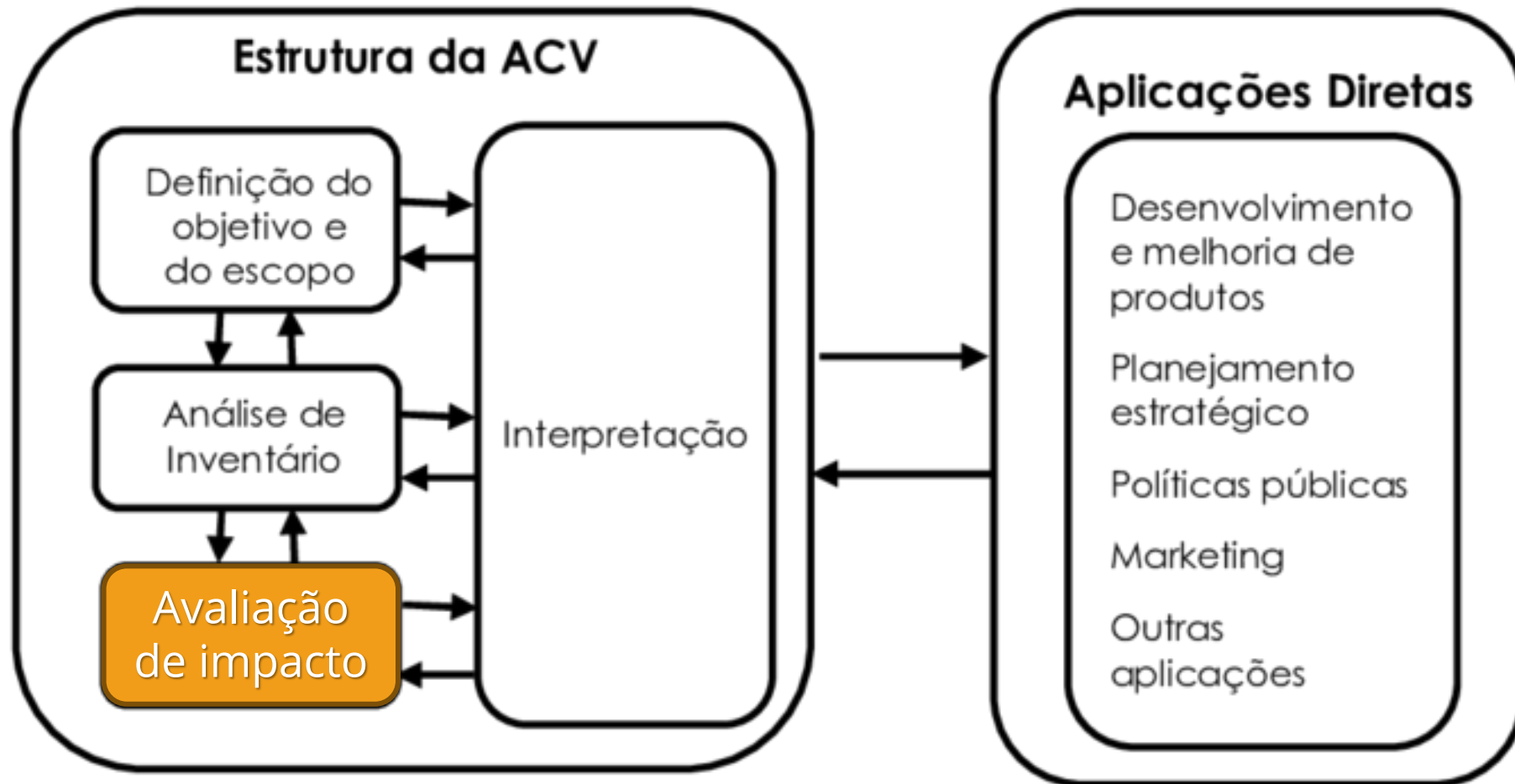
ACV: Tipos de dados



Fonte de dados secundários:
Obtidos em outras fontes.

- Enciclopédias
- Estudos e relatórios similares
- Dados de outras instituições.

Referência: Mattila, T., Leskinen, P., Soimakallio, S., Sironen, S., *Uncertainty in environmentally conscious decision making: beer or wine?*, *International Journal of Life Cycle Assessment*, 17, 696-705 (2012). DOI: 10.1007/s11367-012-0413-z



ABNT NBR ISO 14040

Avaliação de Impacto de Ciclo de Vida

Os aspectos ambientais são interpretados em termos de impactos ambientais.

Aspectos ambientais

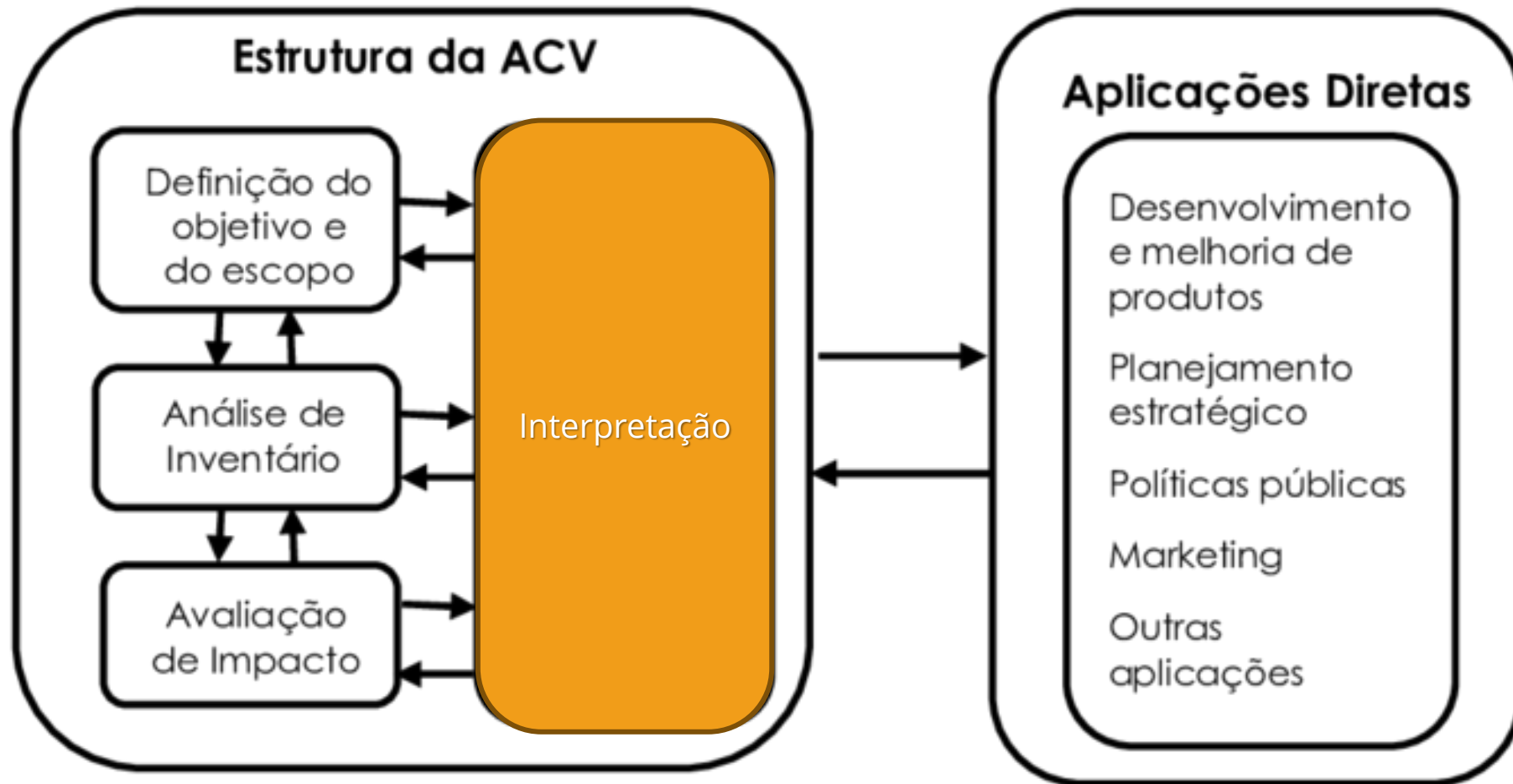
- Consumo de eletricidade
- Consumo de gás natural
- Construção de infraestrutura industrial
- Disposição de resíduo sólido
- Emissão de poluentes atmosféricos
- (...)



Categorias de impacto

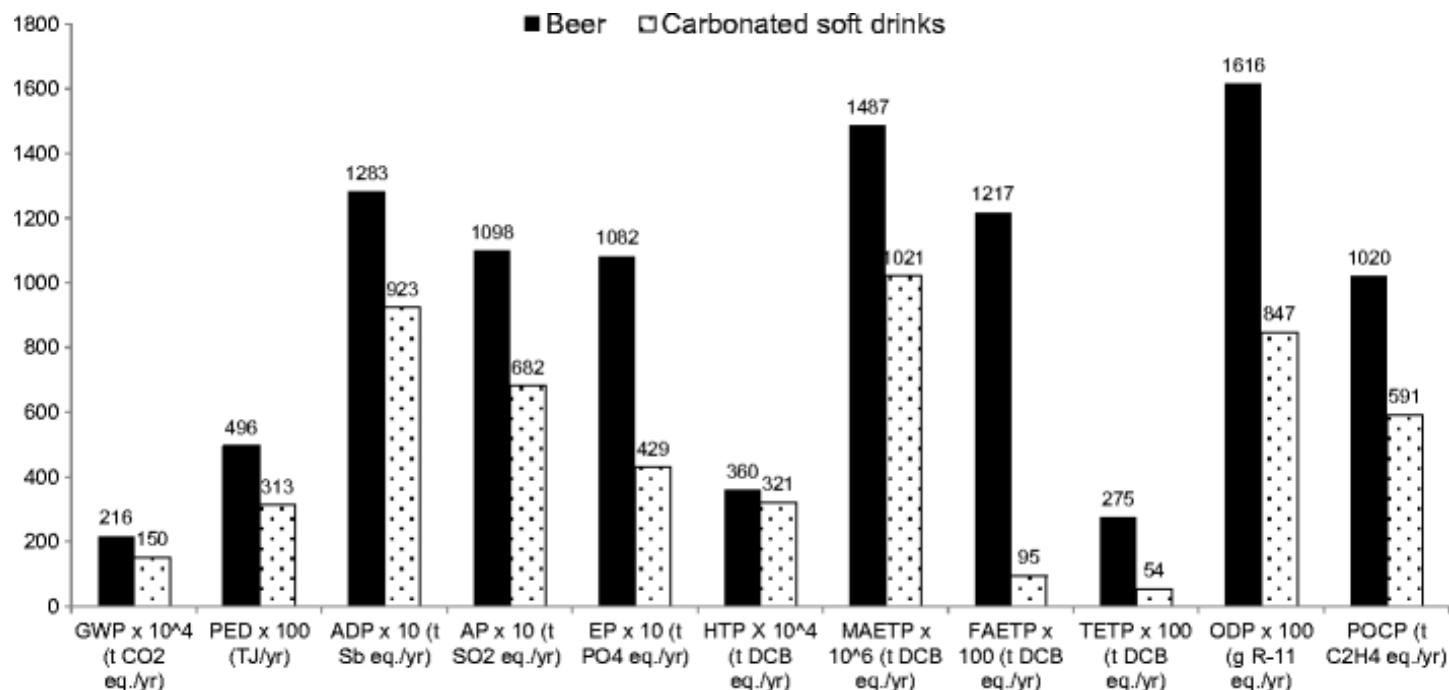
- Aquecimento global
- Eutrofização
- Formação fotoquímica de O_3
- Consumo de água
- Mudança de uso da terra
- (...)

Há vários métodos para se realizar esse cálculo.



ABNT NBR ISO 14040

Avaliação de impacto: perfil ambiental

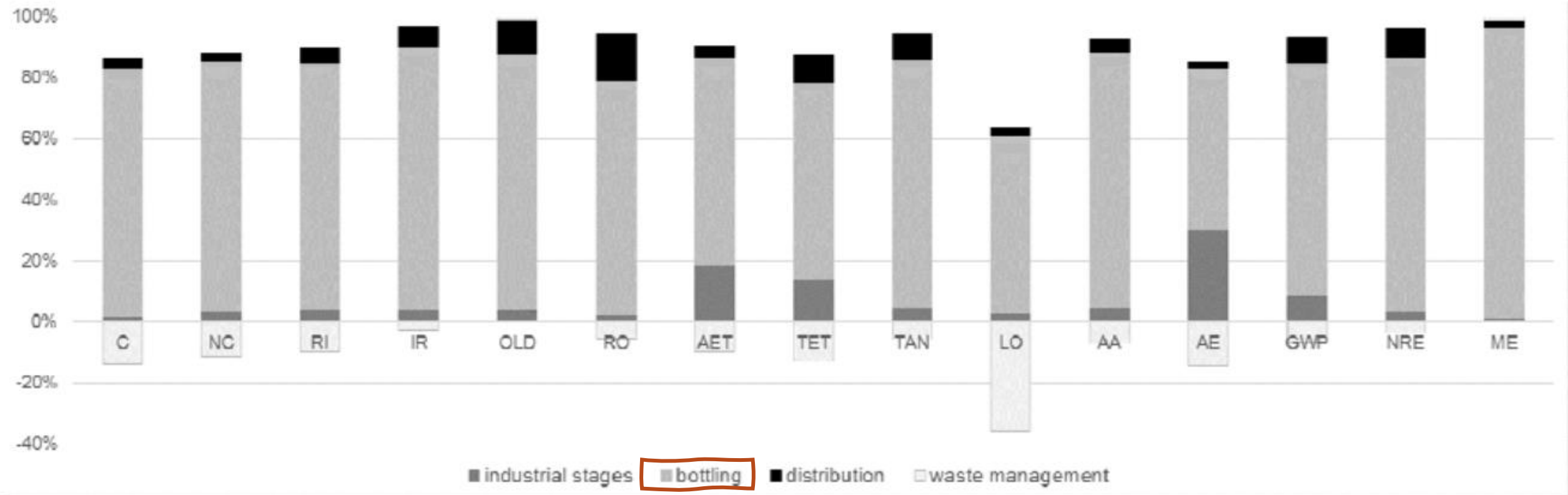


Referência: Amienyo, D., Azapagic, A. Life cycle environmental impacts and costs of beer production and consumption in the UK. *Int J Life Cycle Assess* 21, 492–509 (2016).
<https://doi.org/10.1007/s11367-016-1028-6>

Legenda: potencial de aquecimento global (GWP), demanda de energia primária (PED), potencial de depleção abiótica (ADP), potencial de acidificação (AP), potencial de eutrofização (EP), potencial de toxicidade humana (HTP), potencial de ecotoxicidade aquática marinha (MAETP), potencial de ecotoxicidade de água doce (FAETP), potencial de ecotoxicidade terrestre (TETP), potencial de depleção de ozônio (ODP), potencial de formação fotoquímica de oxidantes (POCP)

O que tirar de tudo isso?

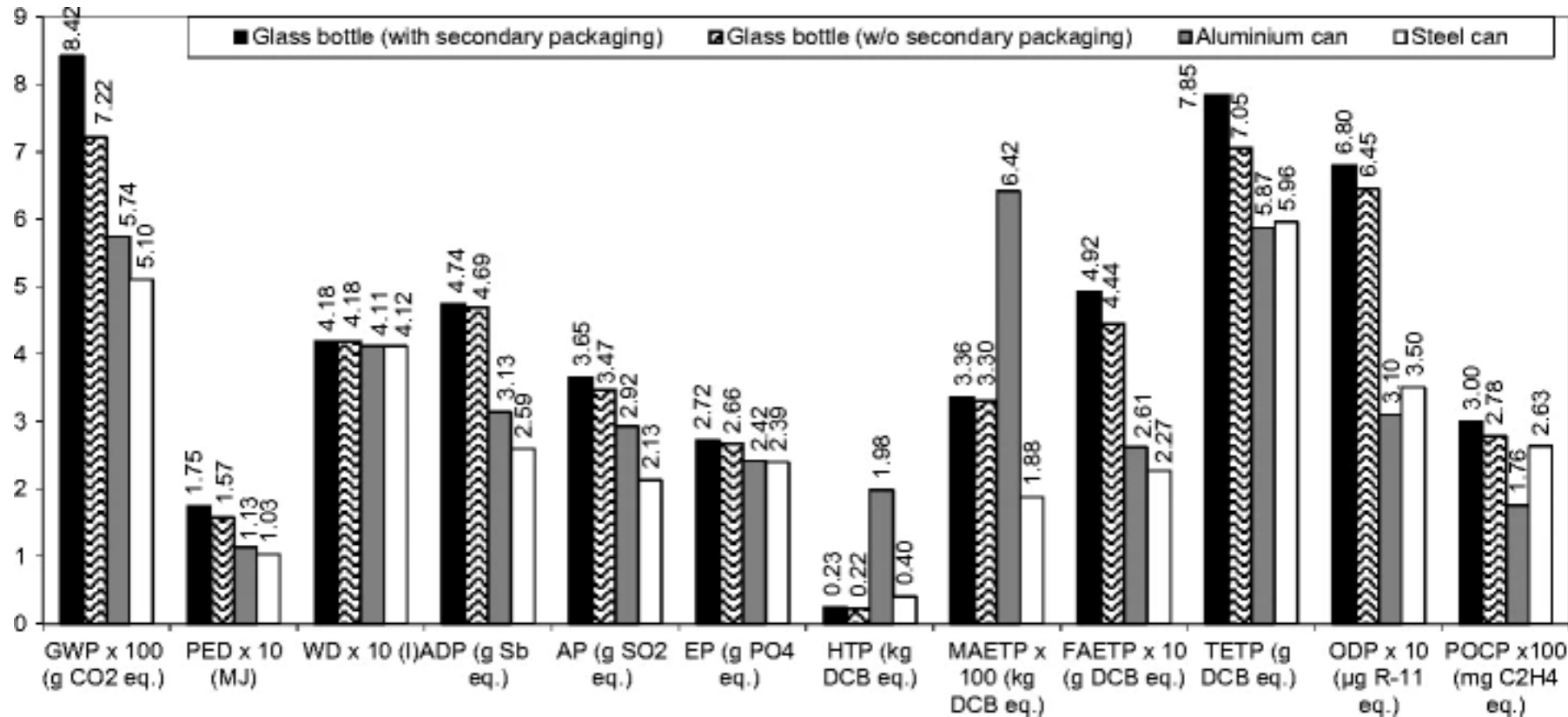
Referência: De Marco I., Miranda S., Riemma S., Iannone R., Life cycle assessment of ale and lager beers production, Chemical Engineering Transactions, 49, 337-342 (2016). DOI: 10.3303/CET1649057



Legenda: carcinogênicos (C), não-carcinogênicos (NC), inorgânicos respiratórios (RI), radiação ionizante (IR), depleção da camada de ozônio (OLD), orgânicos respiratórios (RO), ecotoxicidade aquática (AET), ecotoxicidade terrestre (TET), acidificação/nitrificação terrestre (TAN), ocupação de terra (LO), acidificação aquática (AA), eutrofização aquática (AE), potencial de aquecimento global (GWP), consumo de energia não-renovável (NRE) e extração mineral (ME)

Por que meu processo de engarrafamento está tão impactante?

O que tirar de tudo isso?



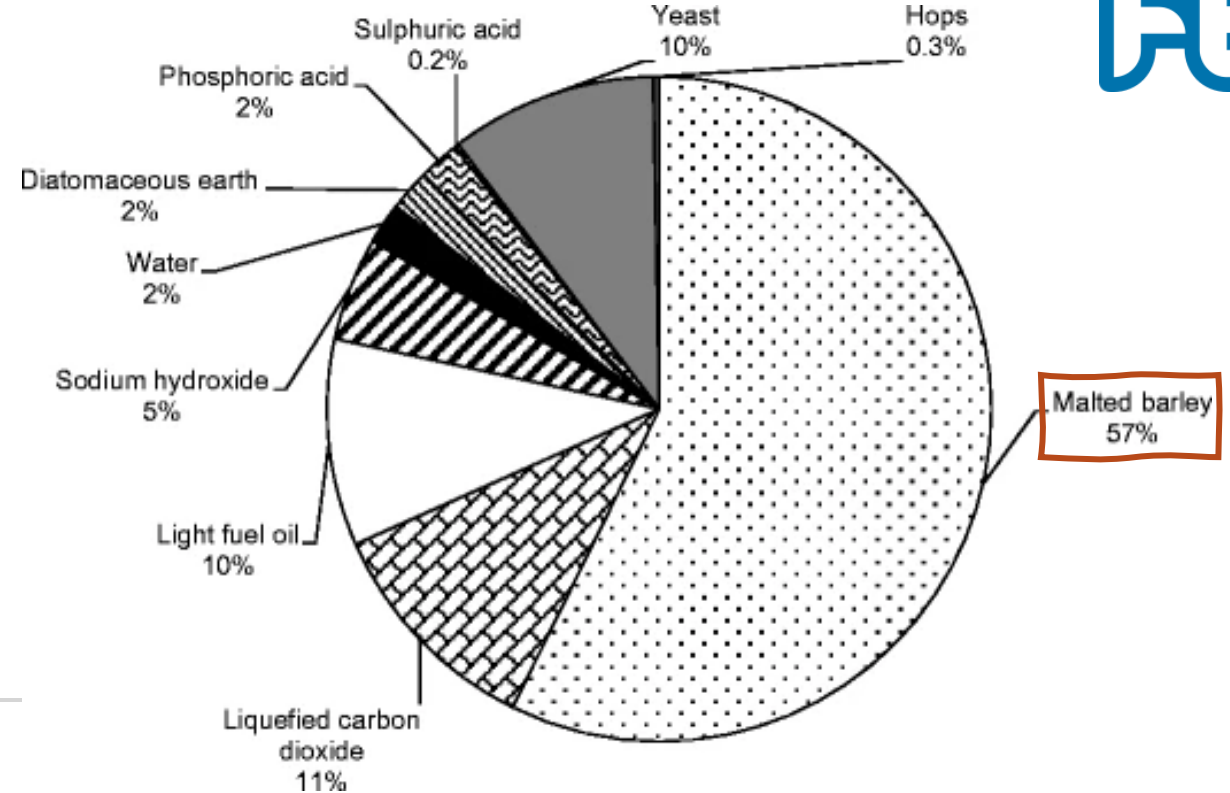
Referência: Amienyo, D., Azapagic, A. Life cycle environmental impacts and costs of beer production and consumption in the UK. *Int J Life Cycle Assess* 21, 492–509 (2016).
<https://doi.org/10.1007/s11367-016-1028-6>

Que outras embalagens podemos usar?

Legenda: potencial de aquecimento global (GWP), demanda de energia primária (PED), depleção de água (WD), potencial de depleção abiótica (ADP), potencial de acidificação (AP), potencial de eutrofização (EP), potencial de toxicidade humana (HTP), potencial de ecotoxicidade aquática marinha (MAETP), potencial de ecotoxicidade de água doce (FAETP), potencial de ecotoxicidade terrestre (TETP), potencial de depleção de ozônio (ODP), potencial de formação fotoquímica de oxidantes(POCP)

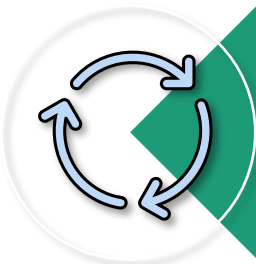
O que tirar de tudo isso?

Por que a cevada maltada tem o maior impacto em GWP entre todas as minhas entradas?

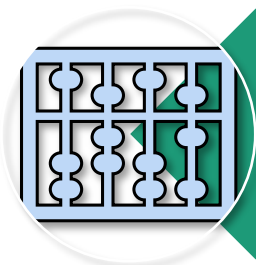


Referência: Amienyo, D., Azapagic, A. Life cycle environmental impacts and costs of beer production and consumption in the UK. *Int J Life Cycle Assess* 21, 492–509 (2016).
<https://doi.org/10.1007/s11367-016-1028-6>

Por fim... O que fica?



Ciclo de vida faz referência a todos os consumos e emissões relacionados a um produto/serviço.



Dados devem ser consistentes, representativos e, para os cálculos, estar na mesma base.



Os resultados gerados são indicadores para possíveis melhorias de produto/serviço.

BIBLIOGRAFIA

Referências básicas: BARBIERI, José Carlos. Gestão ambiental empresarial. 3ª ed. São Paulo: Saraiva Uni, 2011. Capítulo 7. (Exemplar disponível na biblioteca)

SILVA, G.A., KULAY, L. “Notas de aula – Curso PQI2502: Prevenção de perdas”, Escola Politécnica, USP, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14040: Gestão Ambiental - Avaliação do Ciclo de Vida - Princípios e Estrutura. Rio de Janeiro, 2009. 30 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14044: Gestão Ambiental - Avaliação do Ciclo de Vida - Requisitos e orientações. Rio de Janeiro, 2009. 52 p.

BIBLIOGRAFIA

ACVs de cerveja: AMIENYO, D., AZAPAGIC, A. Life cycle environmental impacts and costs of beer production and consumption in the UK. **International Journal of Life Cycle Assessment** 21, 492–509 (2016). <https://doi.org/10.1007/s11367-016-1028-6>

MATTILA, T., LESKINEN, P., SOIMAKALLIO, S., SIRONEN, S., Uncertainty in environmentally conscious decision making: beer or wine? **International Journal of Life Cycle Assessment** 17, 696-705 (2012). <https://doi.org/10.1007/s11367-012-0413-z>

Valores de potencial de impacto: MYHRE, G., SHINDELL, D., BRÉON, F.-M., COLLINS, W., FUGLESTVEDT, J., HUANG, J., KOCH, D., LAMARQUE, J.-F., LEE, D., MENDOZA, B., NAKAJIMA, T., ROBOCK, A., STEPHENS, G., TAKEMURA, T., ZHANG, H. Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. In: **Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** [STOCKER, T.F., QIN, D., PLATTNER, G.-K., TIGNOR, M., ALLEN, S.K., BOSCHUNG, J., NAUELS, A., XIA, Y., BEX, V., MIDGLEY, P.M. (eds.)]. 2013. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.



Muito obrigado!

CSJ040 – Ecologia e Sustentabilidade
2º semestre 2025