

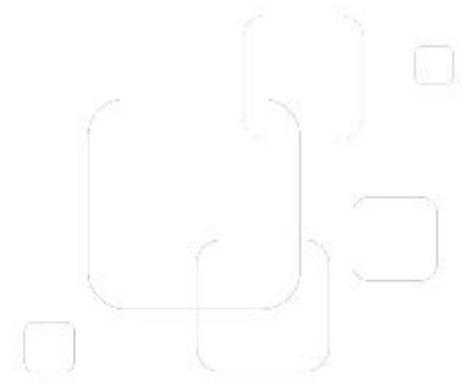


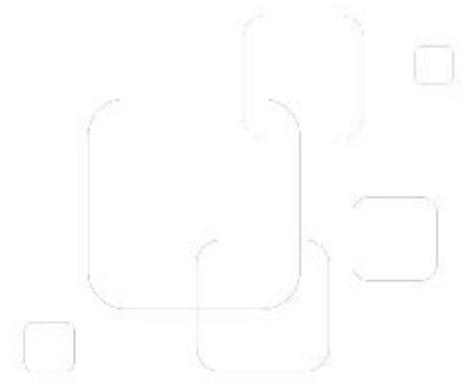
Avaliação do Ciclo de Vida na Indústria de Construção Civil

15.06.2018

Sumário

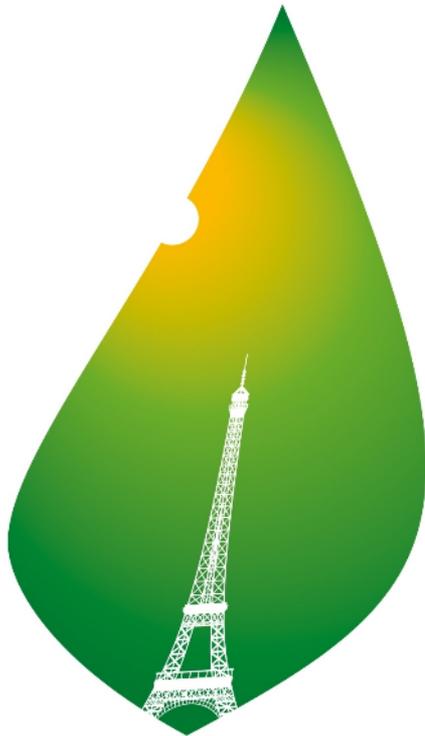
- Por que falar de ACV na construção?
- Panorama da ACV:
 - Geral | construção
 - Internacional | nacional
 - Desafios
- A importância dos dados para a ACV
- Estudos de caso
 - Elaboração de um inventário de ciclo de vida
 - Elaboração de inventários de ciclo de vida nacionais
- Perspectivas





POR QUE FALAR DE ACV NA CONSTRUÇÃO?

Aquecimento global é um problema...



COP21 • CMP11

PARIS 2015

UN CLIMATE CHANGE CONFERENCE

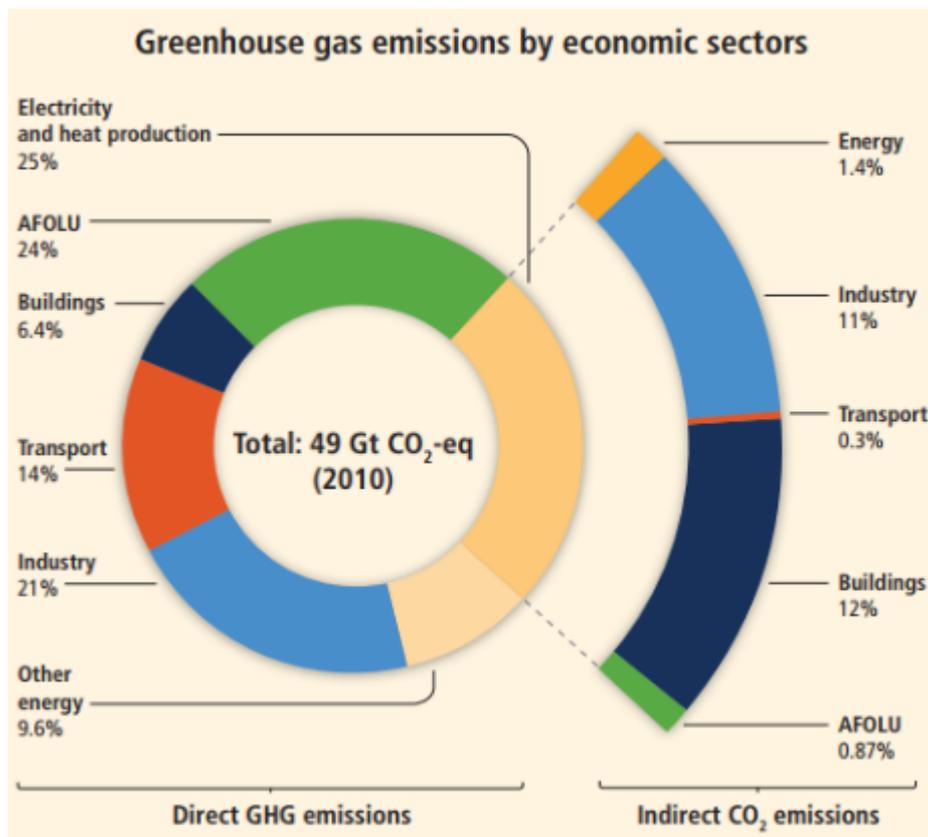
- Meta mundial: limitar aumento de temperatura em 2°C em relação aos níveis pré-industriais
- Meta brasileira:
 - Reduzir emissões GEE em 37% abaixo dos níveis de 2005
 - Significa reduzir emissões em 66% por unidade de PIB!

... e a construção tem sua contribuição...

- Ar condicionado
- Extintores
- Outros



- Aço
- Alumínio
- Tintas
- **Cimento**
- Madeira
- Agregados
- Outros...



- Eletricidade
- Calor

... além de outros impactos...

- Consome 50% dos recursos naturais
- Consome 20% a 25% da energia
- Gera kg/hab.ano de resíduos
- Consome quantidade significativa de água



... mas também gera qualidade de vida

- Fundamental para bem estar humano
- Déficit habitacional > 6 milhões de unidades
- Déficit de infraestrutura:
 - 35 mi de pessoas sem acesso à água tratada
 - 100 mi sem acesso a coleta de esgoto



Sustentabilidade na construção



Qual telha escolher?

Telha de fibrocimento



- Só materiais virgens
- Cimento: fabricação emite gases de efeito estufa e consome energia e água



Telha “ecológica” de plástico reciclado



- Feita de material reciclado (evita material em aterros)
- Não quebra/ não trinca
- Semi-acústica
- Material mais leve (economiza na estrutura)

Qual telha escolher?

Telha de fibrocimento



- NBR 15210: telhas
- NBR 7196: execução de coberturas em fibrocimento
- Uso consolidado
- Durabilidade: ultrapassa VUP mínima de 13 anos se mantida adequadamente



Telha “ecológica” de plástico reciclado

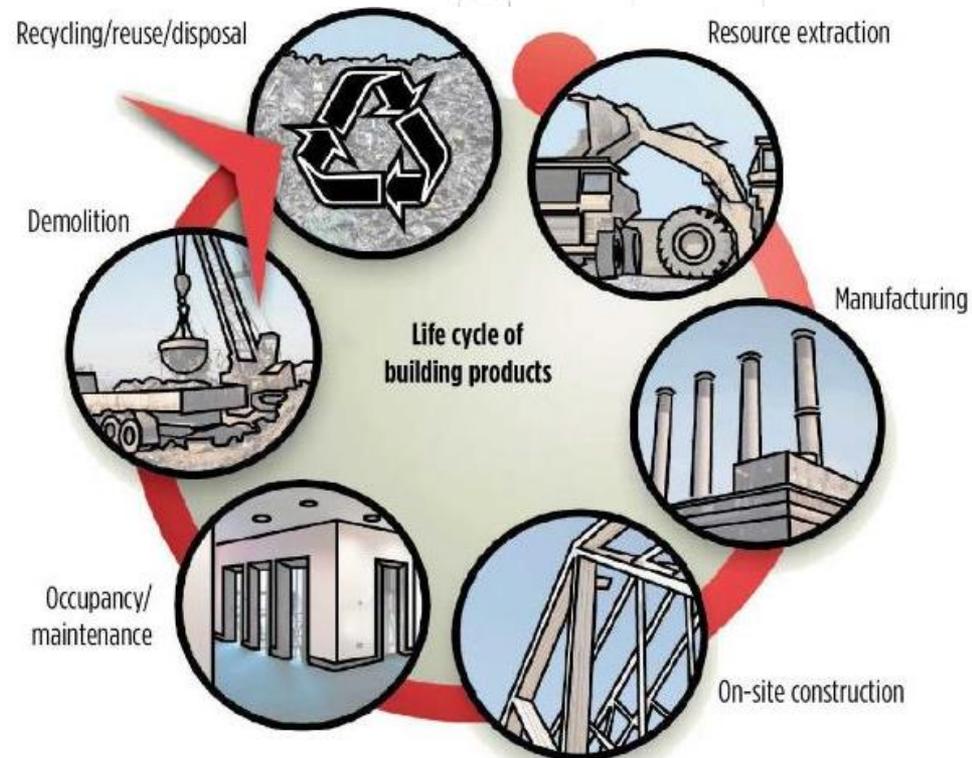


- Não tem norma técnica
- Desempenho não comprovado
- Material novo
- **Durabilidade desconhecida**

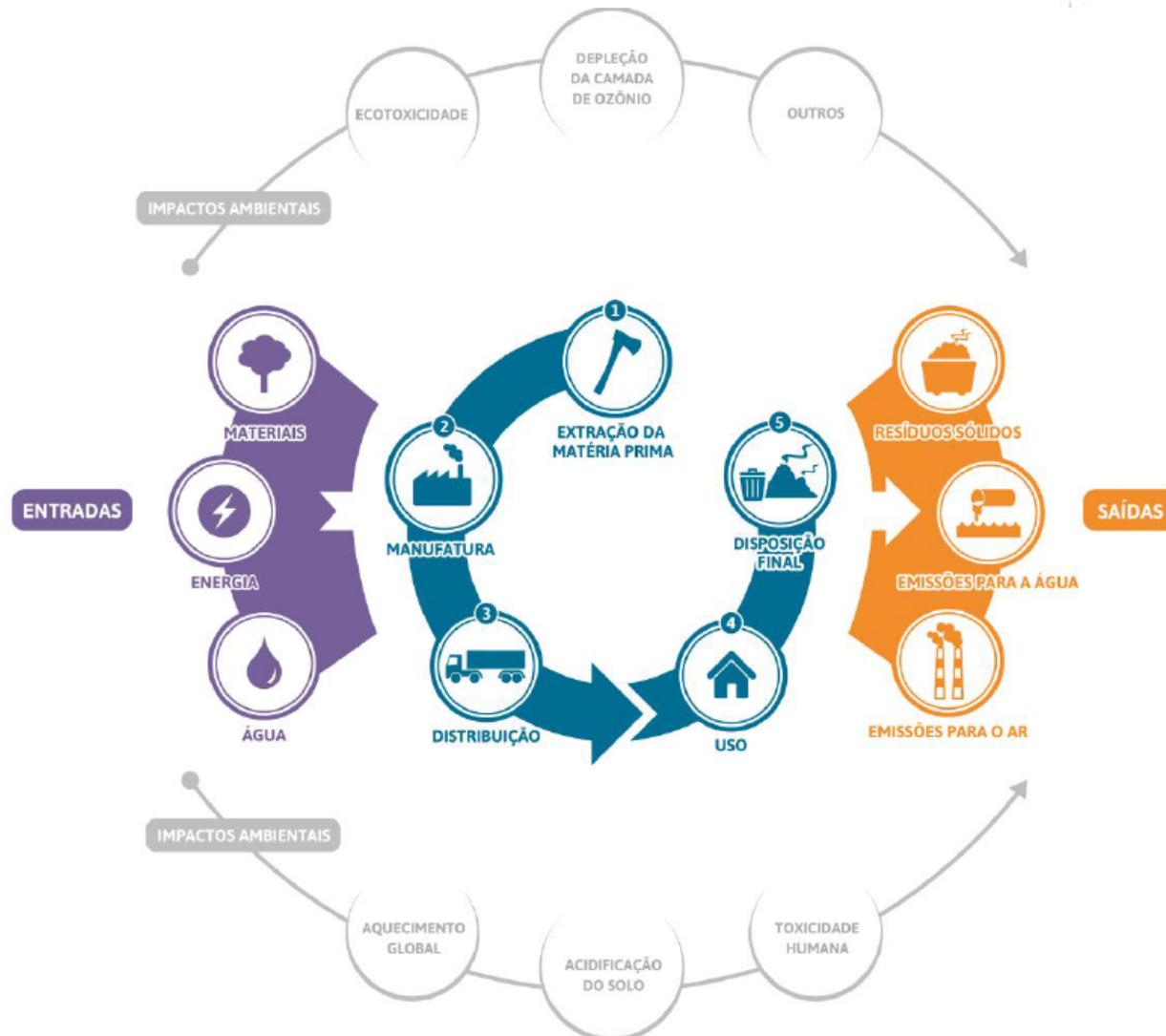
Se o impacto da telha de fibrocimento for 3x maior, mas ela durar 4x mais, é ambientalmente melhor!

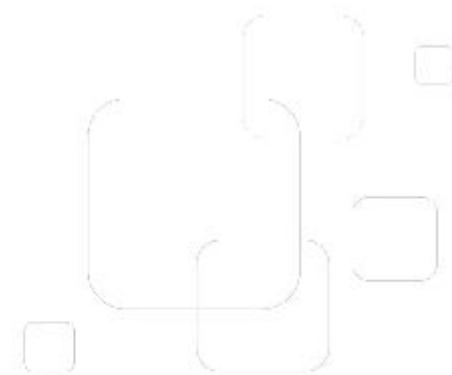
Por que falar de ACV na construção?

- Ciclo de vida longo
- Investimento alto
- Desempenho
- Durabilidade



ACV avalia desempenho ambiental de modo objetivo e quantitativo, considerando desempenho funcional e os diversos estágios do ciclo de vida do produto





PANORAMA DA ACV

Europa, EUA, Japão

- Normas e referenciais técnicos
- ACV como ferramenta de decisão
 - Ecodesign
 - Melhoria de processos
- ACV como ferramenta de comunicação
 - *Environmental Product Declarations (EPDs)*
- Disponibilidade de bases de dados
 - Ecoinvent
 - Gabi
 - Etc.





Latest Stories

Initiative's first Steering Committee elected in online poll
September 30, 2017

Life Cycle Initiative holds first General Assembly
September 22, 2017

O-LCA Road testing publication launched!
September 2, 2017

Request for proposals – Revision of the 2012 UNEP Sustainable Public



Latest Publications

O-LCA

Hotspots Analysis



Upcoming Events

LCA XVII
October 3-5, 2017... [More details →](#)

Indian Conference on Life Cycle Management (ILCM) 2017
9-10 October 2017... [More details →](#)

World Resources Forum 2017
This year's WRF... [More details →](#)

[avnIR] Conference on 'Life Cycle Management, the pathway for eco-transition'



Twitter feed

-  The Life Cycle Initiative members have voted: the first Steering Committee has been established! Find out more: <https://t.co/KhL40BUHBg> 1 day ago
-  RT @ACLCA : Oct. 3-5, 2017 / Portsmouth, NH / Register today to take advantage of lowest rates! / Team Discounts! <https://t.co/BMhDHP6qRG> #L... 1 week ago
-  How the new Initiative Steering Committee will look after voting

ACV no Brasil

- Algumas empresas já usam (principalmente multinacionais)
- Programa Brasileiro de ACV
- SICV: base de dados brasileira (ainda sem dados)
- Associação Brasileira de Ciclo de Vida (ABCV)
- Congresso Brasileiro de Gestão do Ciclo de Vida (GCV)



ACV no Brasil



ACV na construção civil - Europa

- Normas técnicas específicas sobre ACV na construção
- Integração ACV - BIM
- Programas de EPDs específicos para a construção civil:



<http://www.inies.fr/produits-de-construction/>



<http://ibu-epd.com/en/epd-program/published-epds/>

ACV na construção civil - Brasil



Indica ACV como método mais adequado para avaliar aspectos ambientais da construção

CBCS: recomenda adoção da “ACV Modular” - abordagem simplificada da ACV para construção civil

www.acv.net.br



ACV na construção civil - Brasil

- **LEED:** materials and resources
 - MR Credit 1 (avaliação do ciclo de vida de todo o edifício - 3 pontos)
 - MR Credit 2 (declaração ambiental de produto com base em ACV - 1 ponto) + 1 ponto para otimização do desempenho ambiental

- **AQUA:** item 2.2 - Qualidade ambiental dos materiais, produtos e equipamentos utilizados
 - Solicitar DAPs de materiais de construção - Nível B
 - Avaliar cenários de contribuição ambiental dos materiais com base nas DAPs - 3 ou 5 pontos





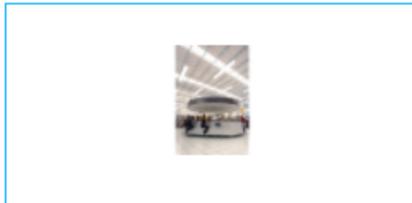
Produtos para o LEED V4:

Empresas pioneiras com Declaração Ambiental de Produtos (DAP), Análise de Ciclo de Vida (ACV), e Environmental Product Declaration (EPD), no Brasil



Produtos com DAP, ACV e EPD

Isover - Feltro Facefelt



Isover - Feltro Isoflex 4+



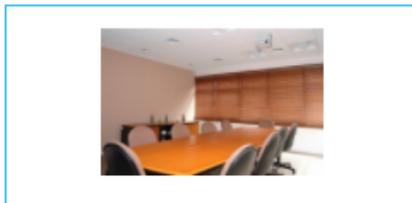
Isover - Feltro Wallfelt POP...



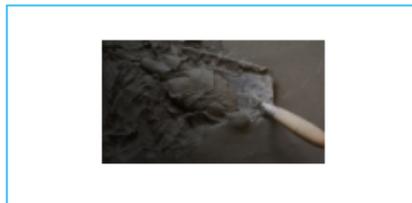
Isover - Forrovid Boreal



Isover - Prisma Plus



Votorantim Cimentos - Cement



Votorantim Cimentos - ...

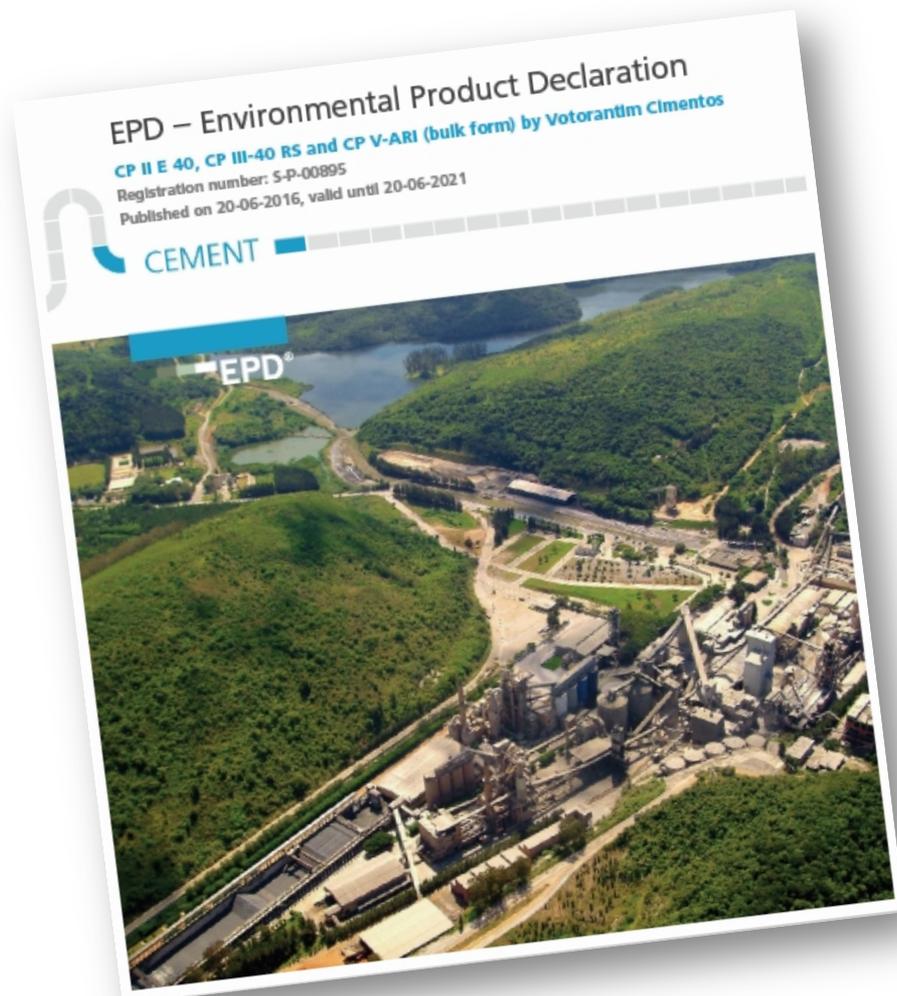


Votorantim Cimentos - Mortar



**Mas, afinal, o que é essa tal
Declaração Ambiental de
Produto?**

Declaração Ambiental de Produto



É um documento que informa o desempenho ambiental de um produto, baseado em ACV.

Não fala se o produto tem um desempenho “bom” ou “ruim” - apenas informativo

Informações da DAP

Unidade funcional (unidade declarada)

The functional unit is **1 metric tonne of cement**, defined in accordance with the tool. The following figure shows the studied system, split between 3 categories: A1 raw material supply, A2 transport and A3 core processes.



A1: Raw material supply

- Extraction and processing of raw materials
- Extraction and processing of primary fuels
- Recycling processes of secondary materials
- Energy production used in raw material production



A2: Transport

- Transportation up to factory gate and internal transport

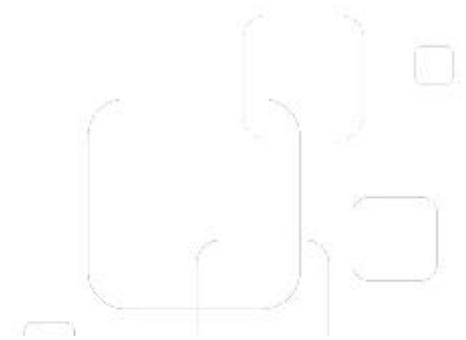


A3: Core processes

- Cement manufacturing (production of raw mix, burning of clinker, grinding of cement, storage of cement for dispatch)
- Packaging manufacturing
- Waste treatment and transport

Fronteira do sistema

Informações da DAP



4.2. POTENTIAL ENVIRONMENTAL IMPACTS

ENVIRONMENTAL IMPACTS	CP II E 40		TOTAL	UNIT
	A1 – A2	A3		
Global warming potential, GWP (100 years)	1.06E+02	6.82E+02	7.87E+02	kg CO ₂ -eq.
Depletion potential of the stratospheric ozone layer, ODP	3.63E-05	3.24E-08	3.64E-05	kg CFC 11-eq.
Acidification potential of soil and water, AP	5.71E-01	9.30E-01	1.50E+00	kg SO ₂ -eq.
Eutrophication potential, EP	7.45E-02	9.76E-02	1.72E-01	kg PO ₄ ³⁻ -eq.
Formation potential of tropospheric ozone, POCP	3.47E-02	7.35E-02	1.08E-01	kg C ₂ H ₄ -eq.
Abiotic depletion potential for non-fossil resources, ADP-elements	5.91E-05	5.06E-07	5.96E-05	kg Sb-eq.
Abiotic depletion potential for fossil resources, ADP-fossil fuels	3.83E+03	3.00E+00	3.84E+03	MJ

Como conseguir uma DAP?



Programas de DAP no Brasil



Portaria nº 100/2016 – Requisitos gerais do Programa de Rotulagem Ambiental tipo III – Declaração Ambiental de Produto
<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC002391.pdf>



Programa de DAP operado pela Fundação Vanzolini
<https://vanzolini.org.br/rgmat/>

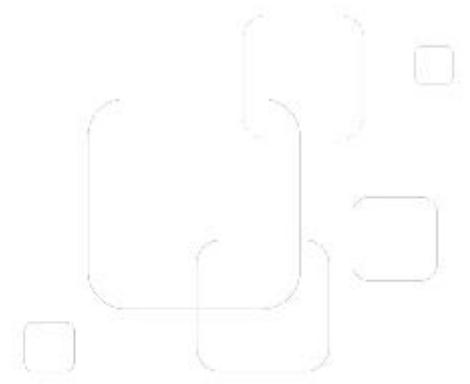


Hub brasileiro do programa “International EPD system”
<http://www.environdec.com/>

Desafio

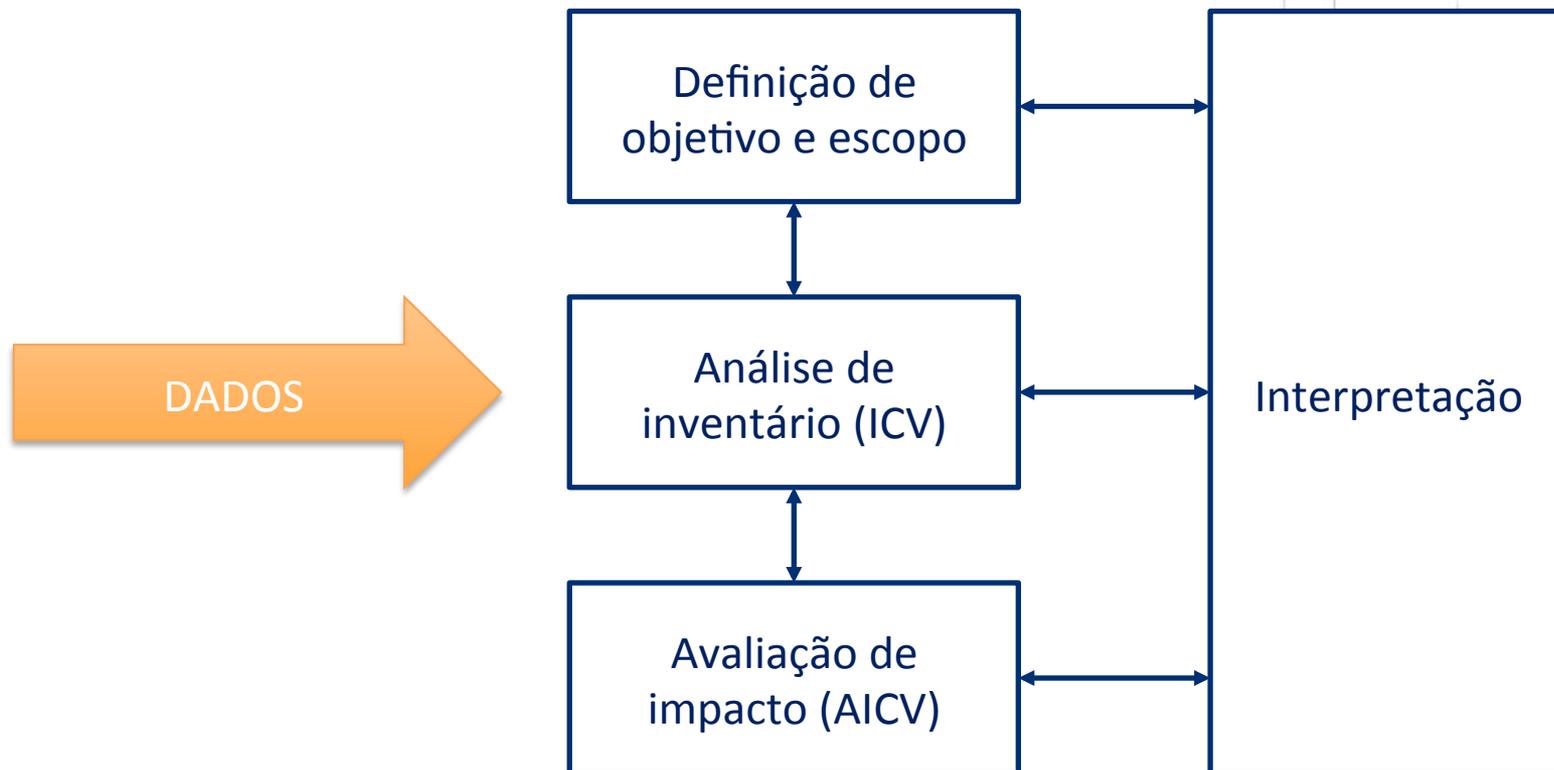
Obter dados de todos esses processos!





A IMPORTÂNCIA DOS DADOS

Etapas da ACV

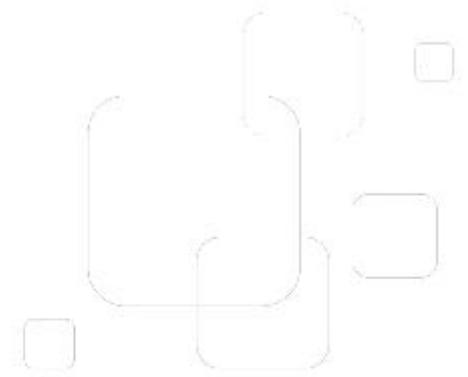


Um exemplo: estrutura de concreto

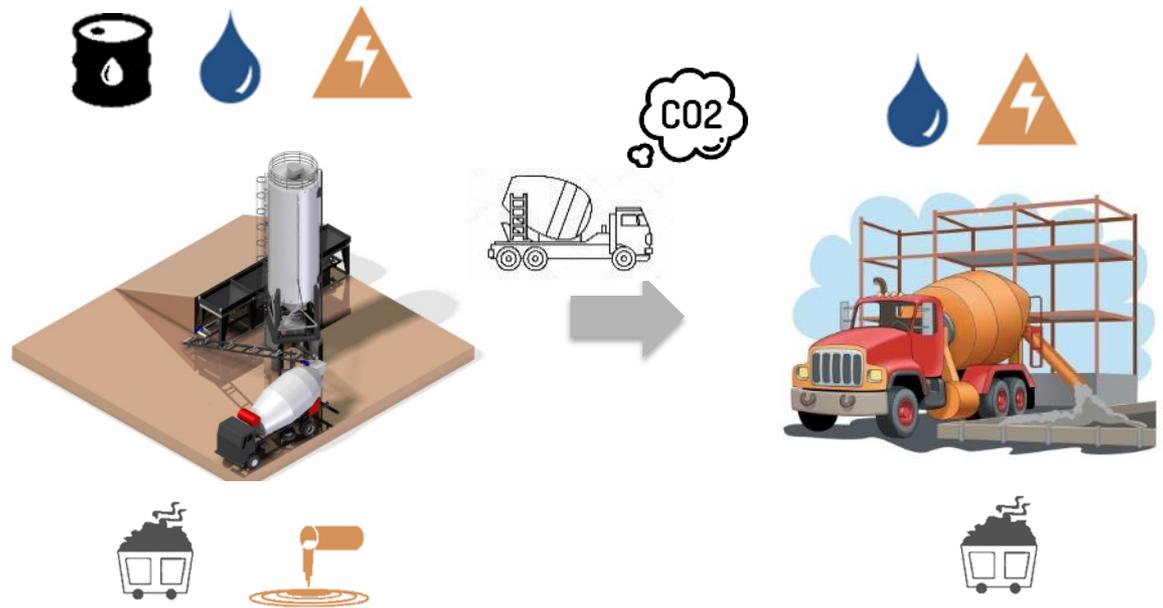


Desenvolver o inventário do ciclo de vida, desde a extração de recursos naturais até a aplicação em obra do concreto dosado em central

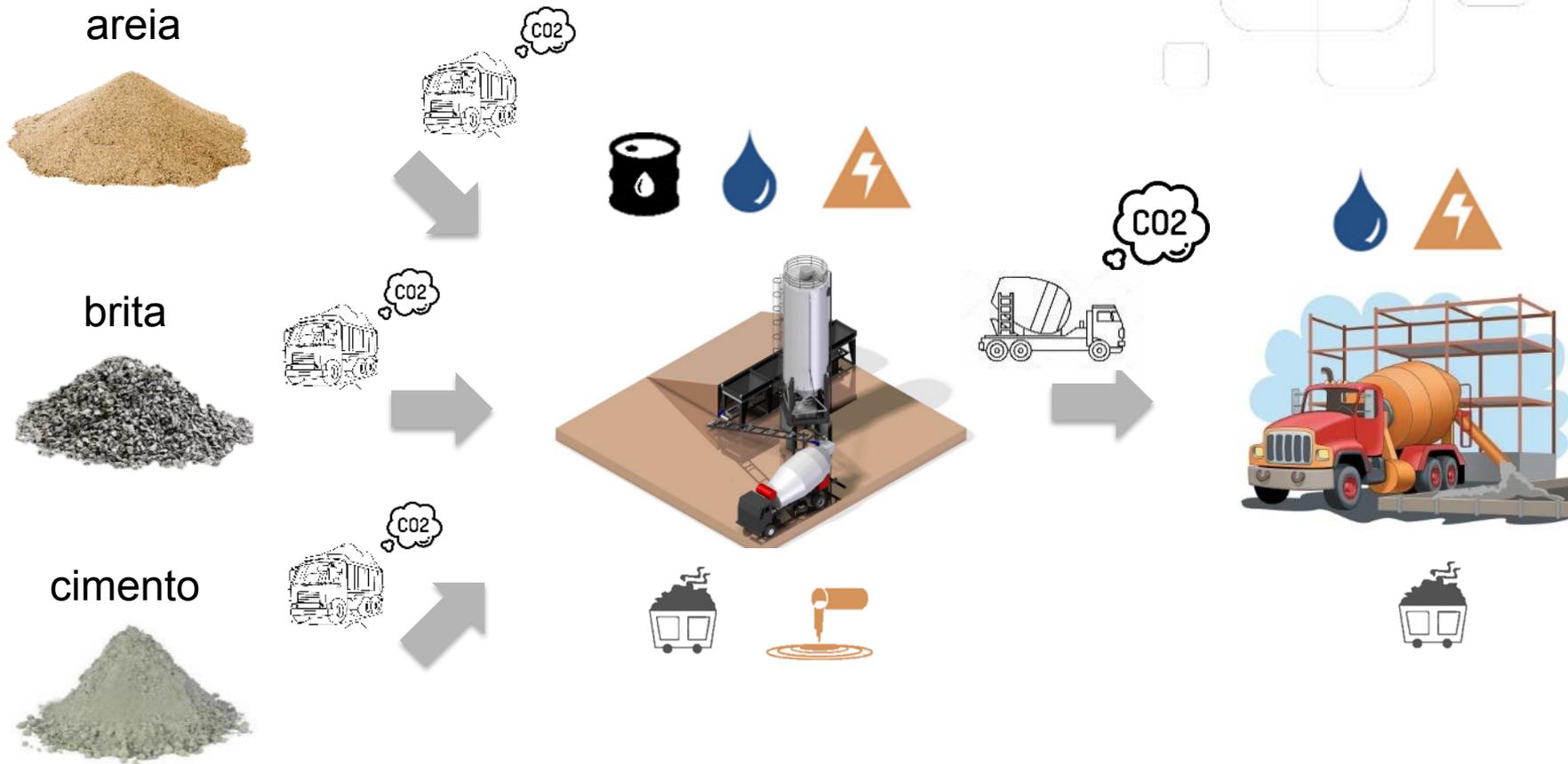
O ciclo de vida do concreto



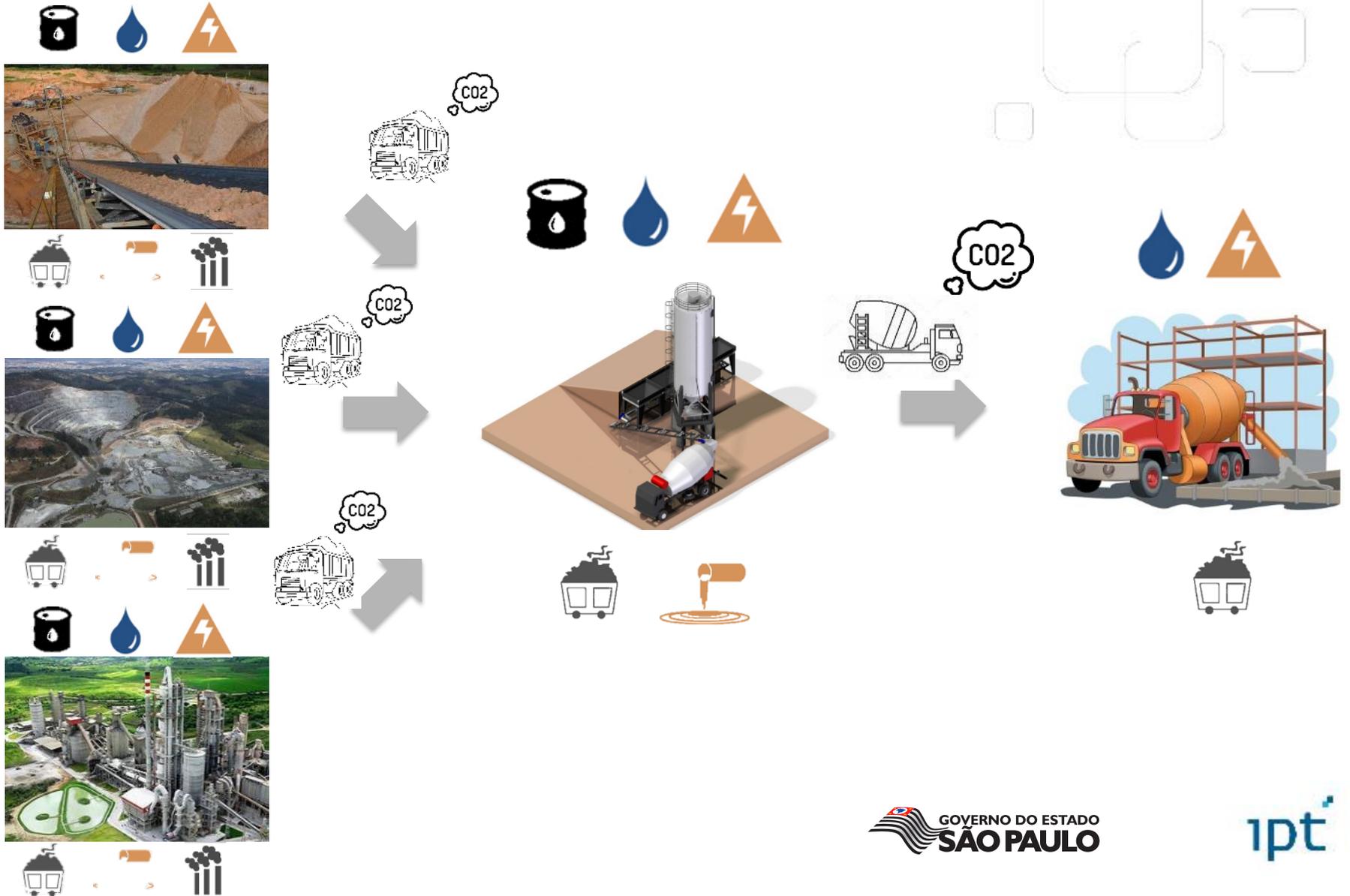
O ciclo de vida do concreto

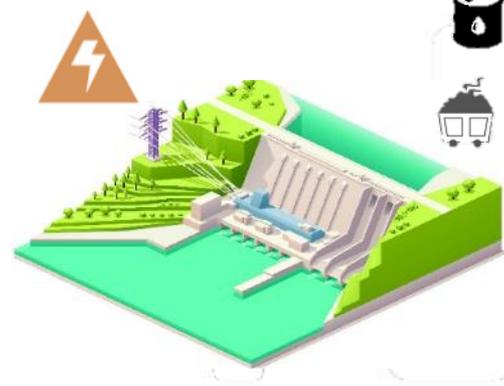


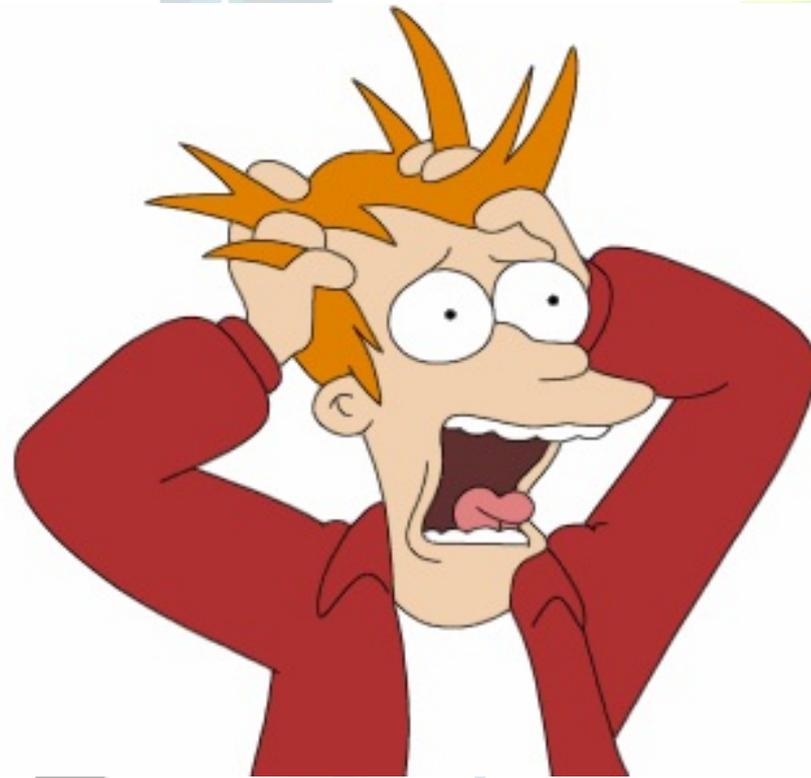
O ciclo de vida do concreto



O ciclo de vida do concreto



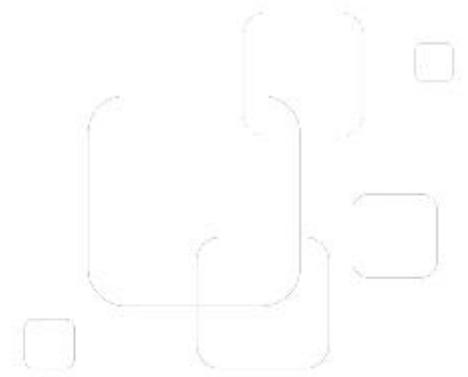




Isso tende ao infinito! Como vou conseguir todos esses dados?!

Onde conseguir dados?

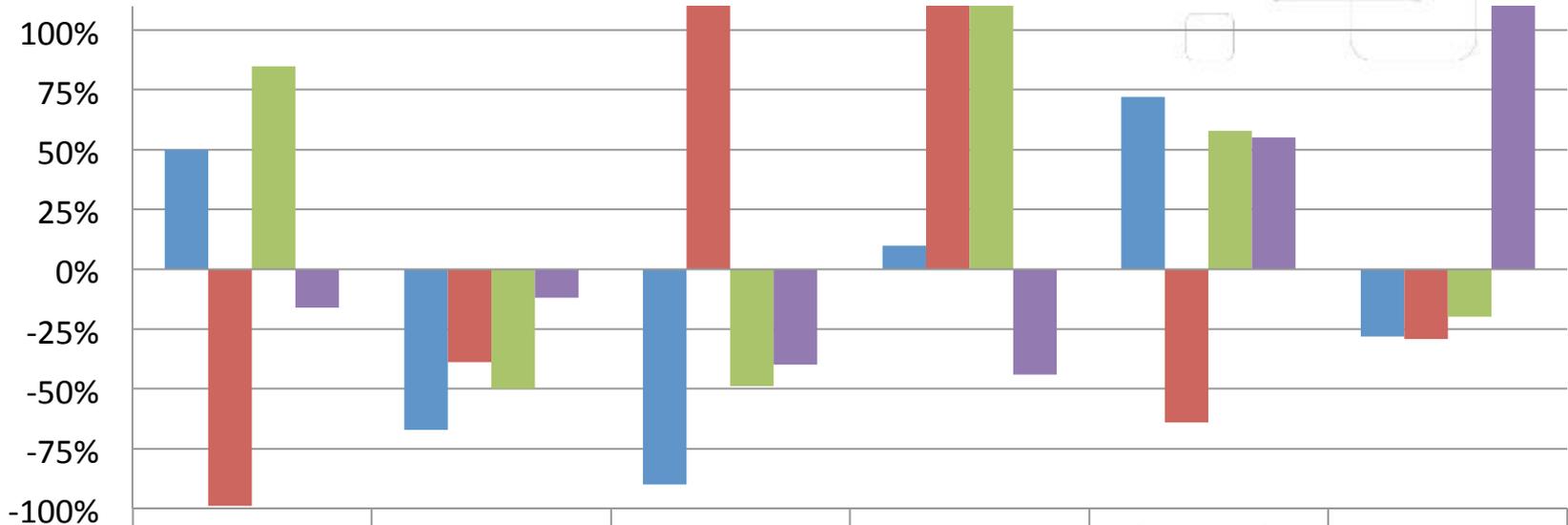
Nas bases de dados de ACV!



Não tem dados brasileiros, mas afinal, fazer materiais de construção não deve ser tão diferente assim de um país para o outro...

... mas há diferenças sim!

(Impacto com dados do Brasil / impacto com dados doecoinvent) -1



	Sand	Gravel	Clay block	Concrete block	Ready-mix concrete	Mortar
GWP	50%	-67%	-90%	10%	72%	-28%
WD	-99%	-39%	255%	121%	-64%	-29%
CED	85%	-50%	-49%	112%	58%	-20%
ADP	-16%	-12%	-40%	-44%	55%	197%

GWP: potencial de aquecimento global; WD: depleção de água;
CED: demanda acumulada de energia; ADP: depleção de recursos abióticos

Diferenças se devem a vários fatores

- Tipo de processo (brita na Suíça extraída por escavação, no Brasil por desmonte com explosivos)
- Eficiência energética do processo
- Tipo de combustível
- Composição do produto (por exemplo, teor de cimento)
- Matriz energética do país
- (...)

Portanto, muito cuidado ao usar bases de dados de ACV internacionais!

As diferenças entre os processos podem levar a conclusões equivocadas!

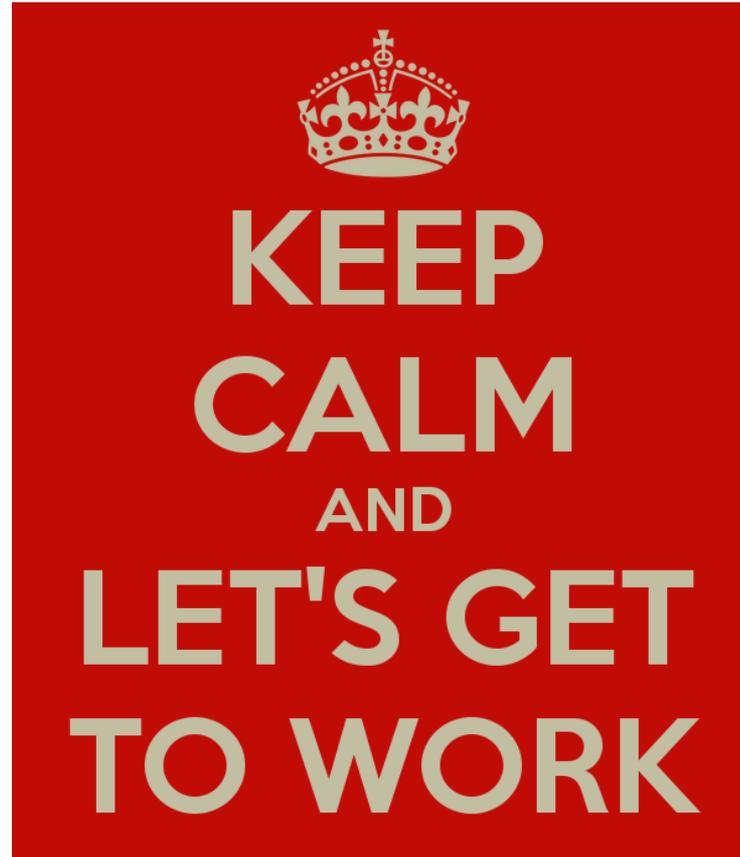


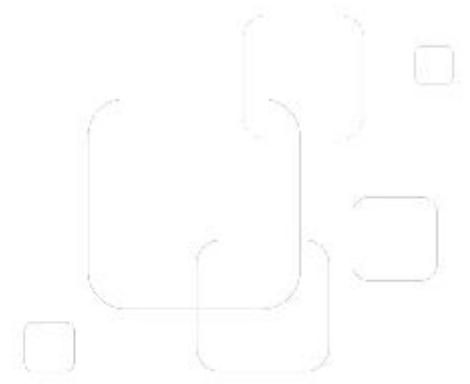


...mas então, como fazer ACV?



— Colete os dados mais importantes!



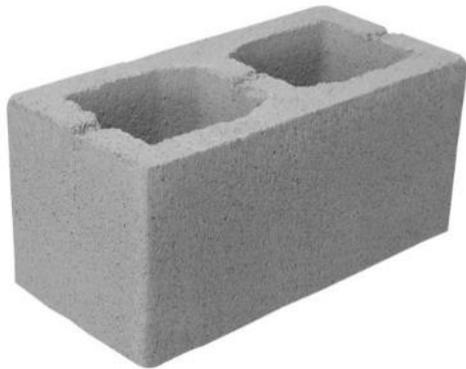


Estudos de caso

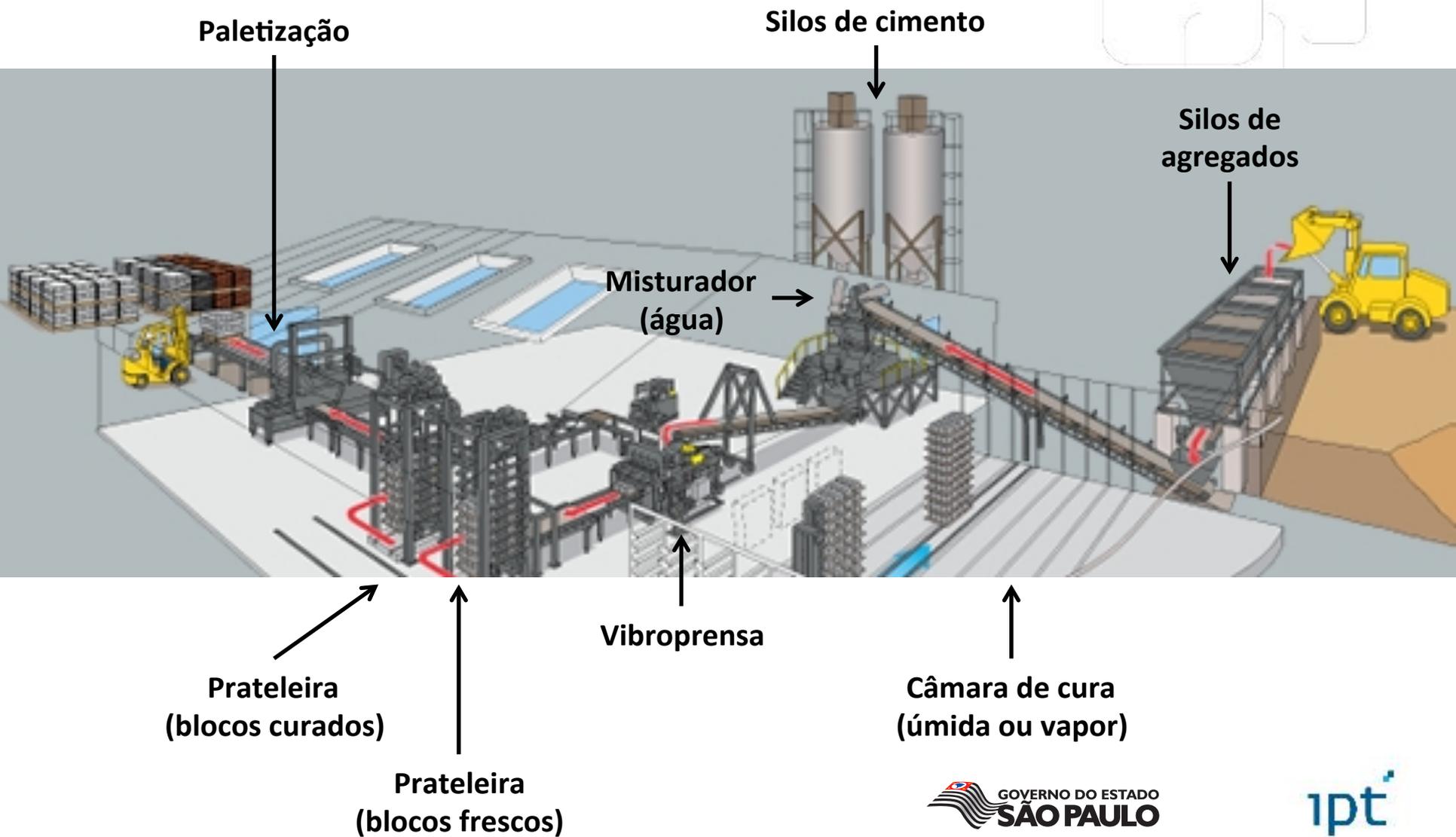
ELABORAÇÃO DE UM ICV

Exemplo

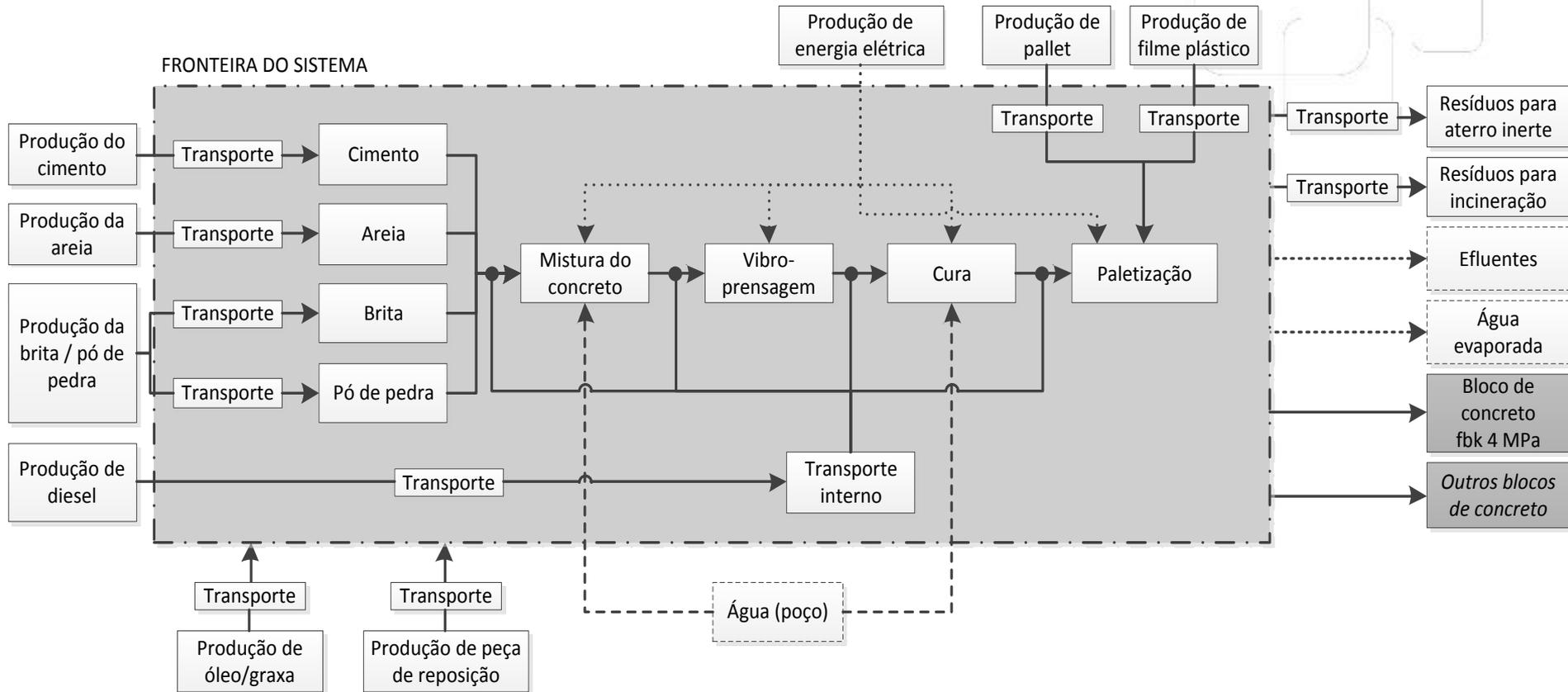
Bloco de concreto para alvenaria estrutural



Fabricação de bloco de concreto



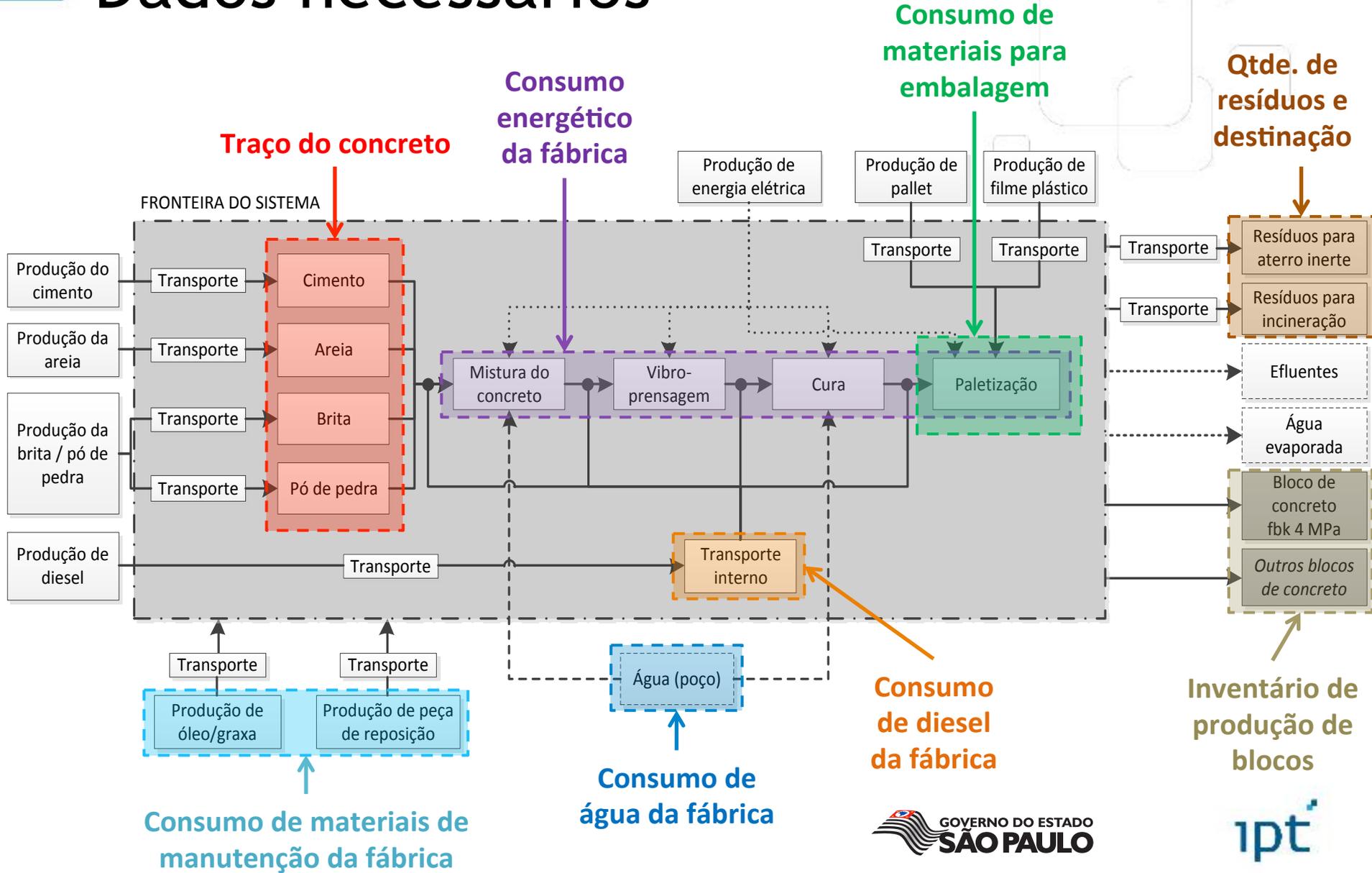
Modelagem do sistema de produto



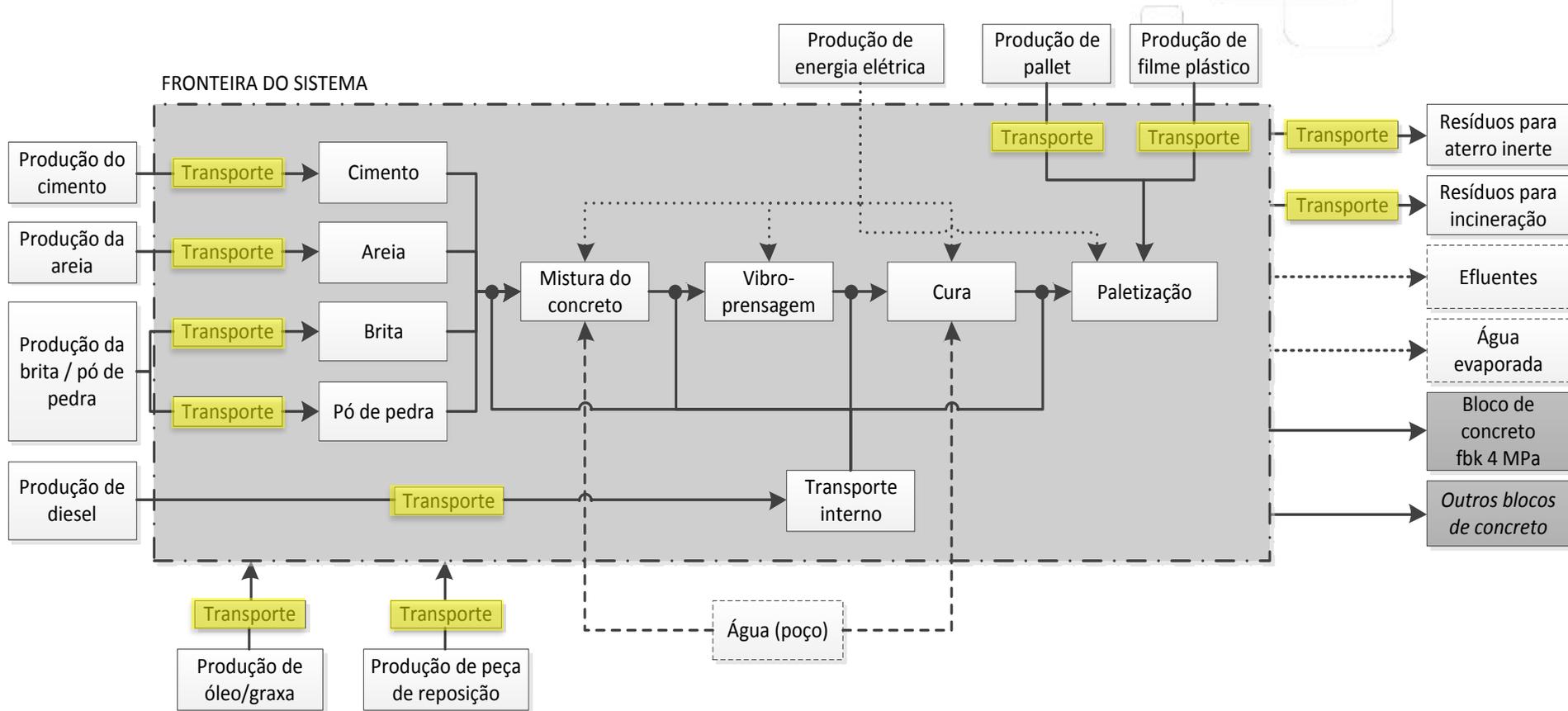
LEGENDA



Dados necessários



Dados necessários



Dados de transporte:

- Distância
- Tipo de veículo (consumo de combustível e emissões)

Dados coletados e conversões

Item	kg/batelada	blocos/ batelada	kg/bloco
Cimento CP-V	60	113	0,53
Areia	450		3,98
Brita	570		5,04
Pó de pedra	340		3,01
Água	2,5		0,02

Pallet	
blocos/pallet	144
nº de usos do pallet	4
blocos transportados	576
pallets/bloco	0,0017
kg filme stretch/pallet	0,14
kg filme stretch/bloco	0,00097

	consumo de energia (kWh)	produção de blocos (t)
mês 1	375.851	2901
mês 2	372.038	4052
mês 3	380.073	3249
mês 4	383.490	2532
Total	1.511.452	12.734
kwh/kg	0,119	
kWh/bloco	1,49	

Diesel	
L diesel empilhadeira/dia	30
bateladas/dia	95
blocos/batelada	113
L diesel/bloco	0,0028
L diesel pá carregadeira/h	8,5
h pá carregadeira/dia	1
L diesel/bloco	0,00079
Total L diesel/bloco	0,0036

Dados coletados e conversões



Moldes de aço

kg / molde	800
nº de ciclos / molde	50.000
nº de blocos / ciclo	8
kg aço / bloco	0,002

Água de cura: 0,45 L/bloco

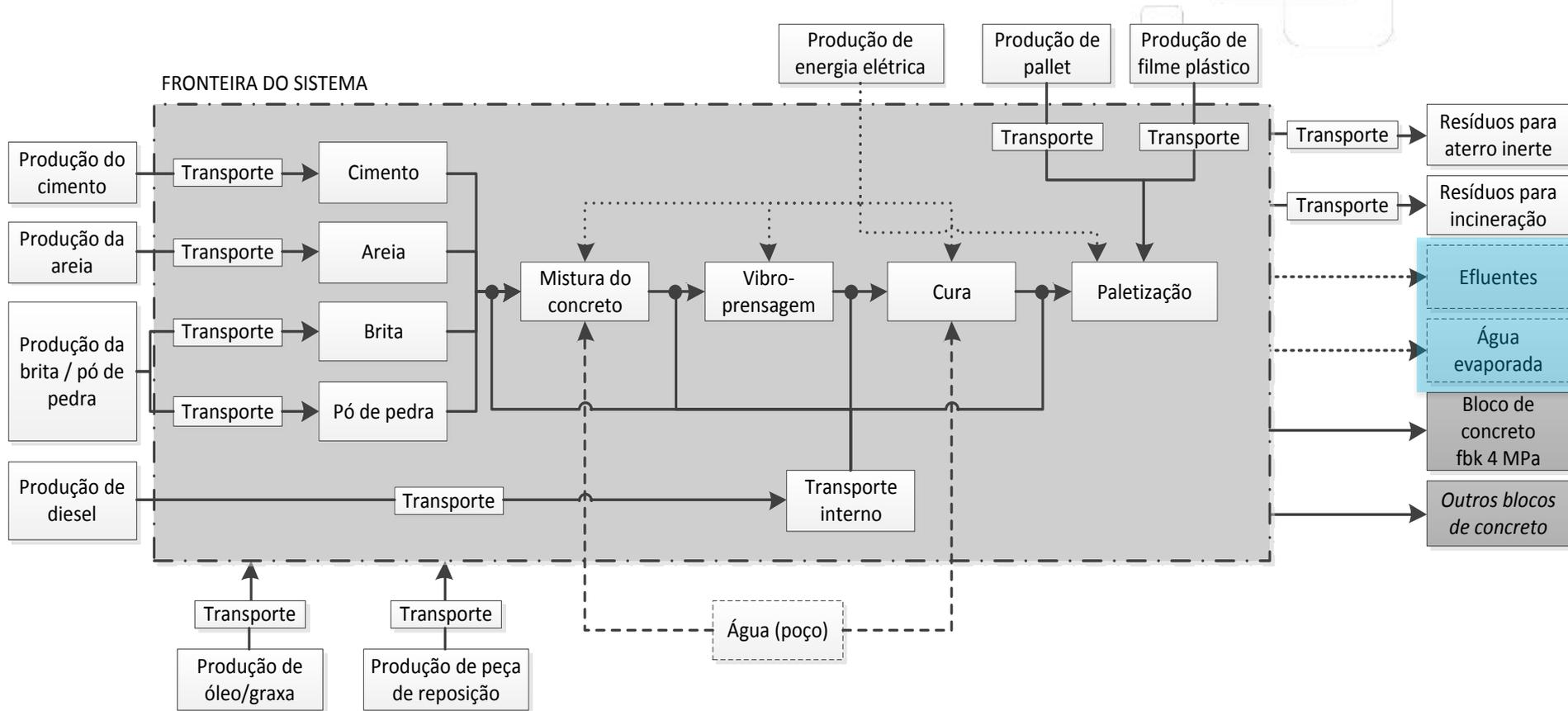
Óleo lubrificante e graxa

Pá carregadeira (serve 6 vibroprensas)	18 L / 3 meses
Vibroprensa – óleo	400 L / 2 anos
Vibroprensa – graxa	18 kg – 3 x semana
Empilhadeira	80 L / 2 anos
Óleo e graxa/bloco	0,0046

Transporte

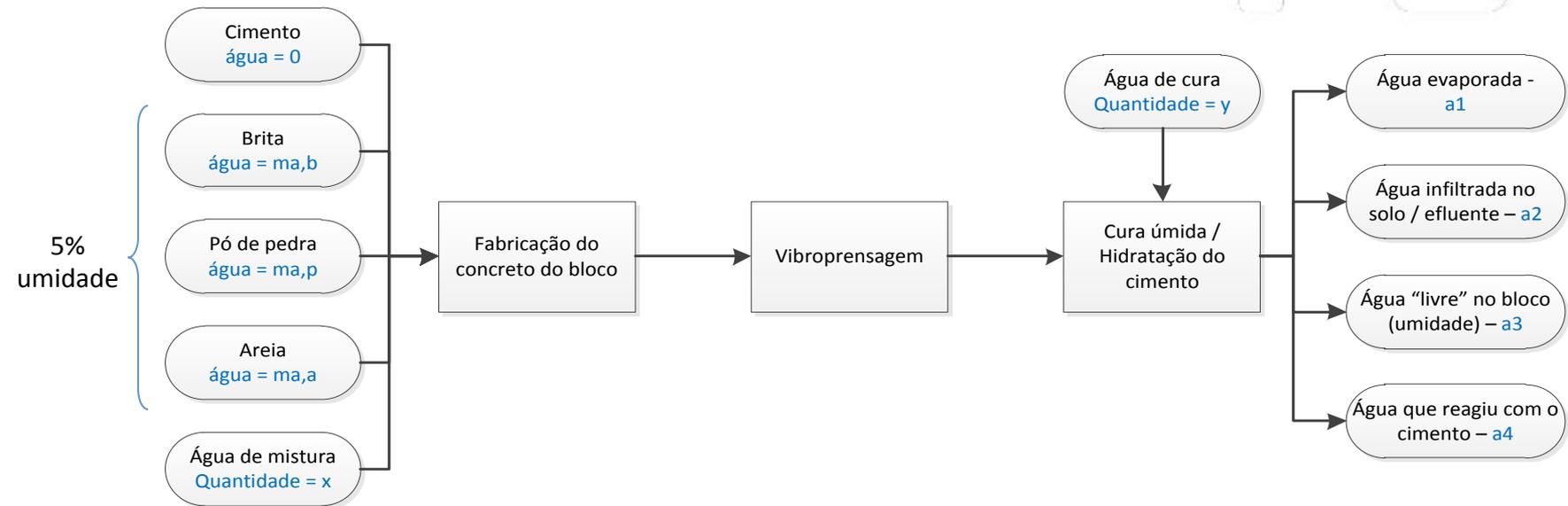
Cimento	396 km	> 32 t
Areia	93 km	> 32 t
Brita	30 km	> 32 t

Nem tudo é medido pelo fabricante



Saídas de água: estimativa teórica (não há medição)

Estimativa teórica dos fluxos de água

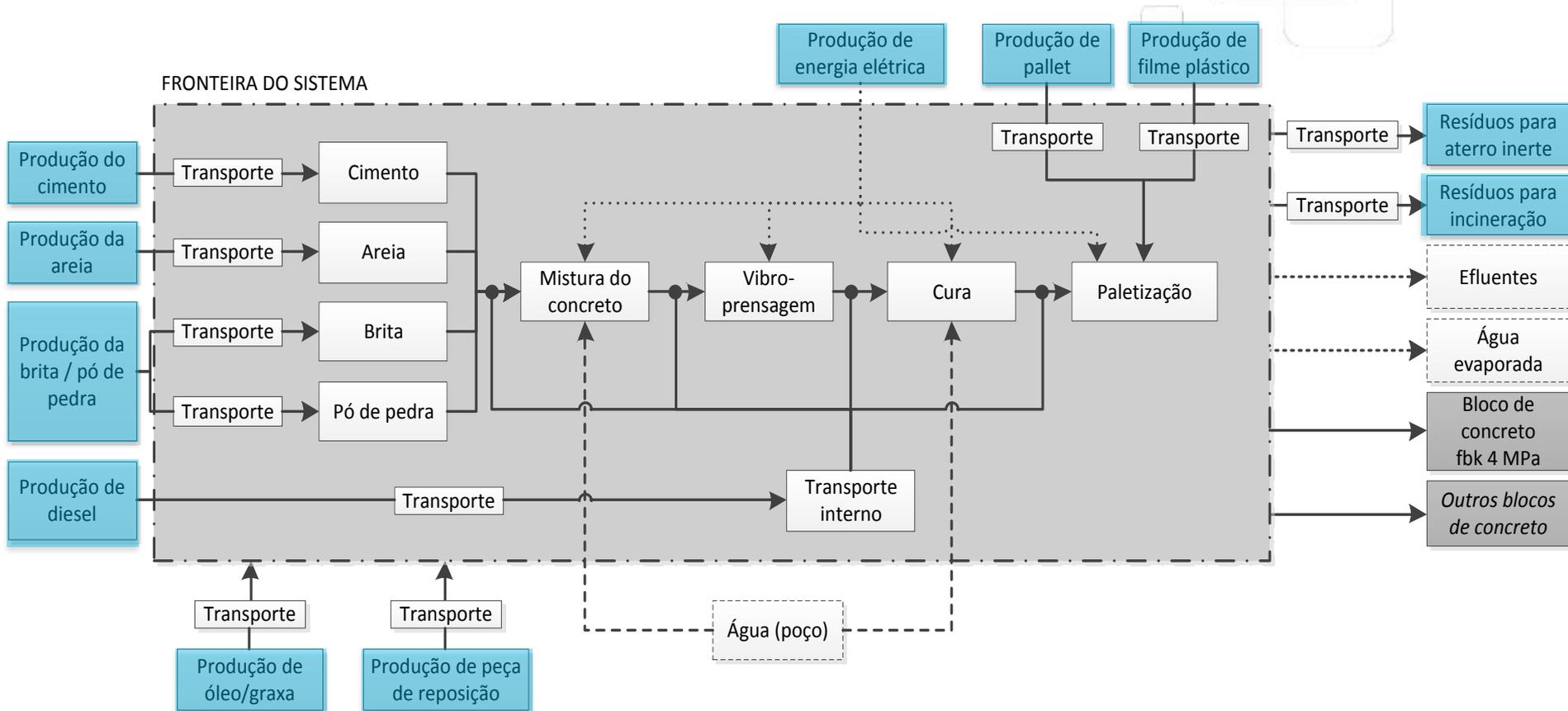


$$a_1 = m_{a,b} + m_{a,p} + m_{a,a} + x - a_4$$

$$a_2 = y$$

$$a_4 = 0,23 \times m_{\text{cimento}}$$

E os dados à montante?

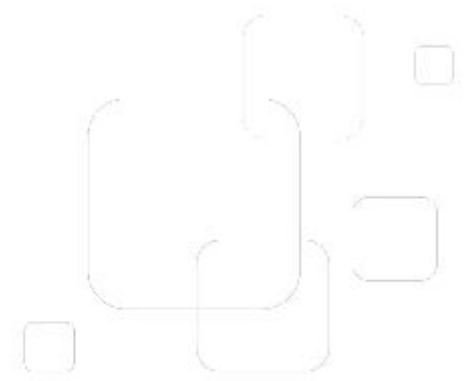


Dados dos processos à montante e jusante

Dados à montante

- Coleta de dados complementar
- Literatura | estimativas macro
- Bases de dados de ACV

Escolha depende da importância daquele insumo para o impacto ambiental do seu produto (bases de dados podem ajudar nessa análise prévia)

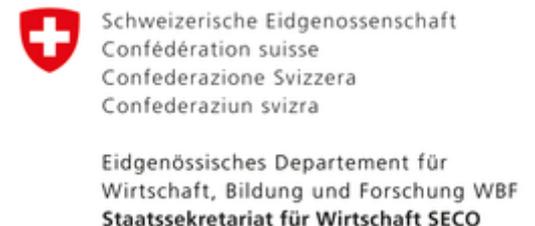


Estudo de caso

ELABORAÇÃO DE INVENTÁRIOS DE CICLO DE VIDA NACIONAIS

Contexto | oportunidade

- Ecoinvent: base de dados internacional mais utilizada em estudos de ACV
- Edital para elaboração de inventários de ciclo de vida de produtos cimentícios na América do Sul
- Financiador: projeto *Sustainable Recycling Industries (SRI)* - Secretaria Suíça de Assuntos Econômicos



Consórcio

Coordenação e execução



Execução - Brasil



Apoio técnico



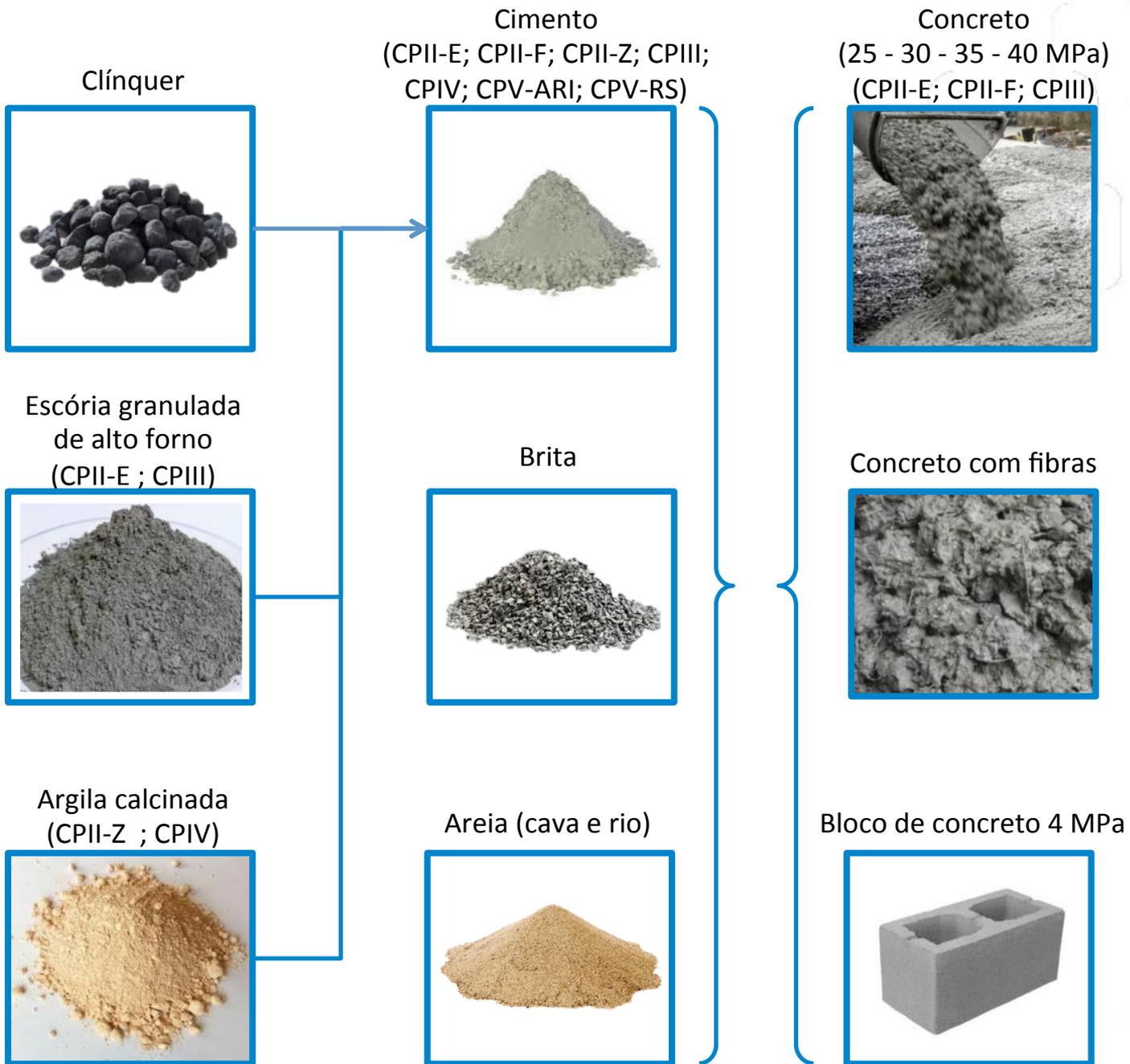
ESCOLA
POLITÉCNICA
DA USP



Execução - Peru e Colômbia

Quantis





Escopo

ENTRADAS

materiais



combustíveis



eletricidade



água



PROCESSO DE
FABRICAÇÃO
(GATE-TO-GATE)



*“PROCESSO UNITÁRIO”:
fluxos expressos por
unidade de produto
(1kg, 1 m³)*

SAÍDAS

resíduos sólidos



efluentes



emissões atm.



produtos



Método

Apresentação do projeto p/ fabricantes



Termo de confidencialidade



Mapeamento do processo de produção



Feedback e validação com fabricantes



Compilação e análise dos dados



Elaboração e envio de questionário



Método

Elaboração do inventário e submissão ao ecoinvent



Elaboração da documentação associada

Revisão externa de conteúdo e formato



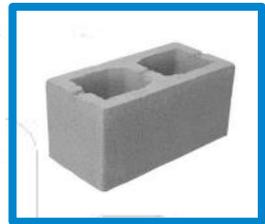
Integração do inventário à base de dados



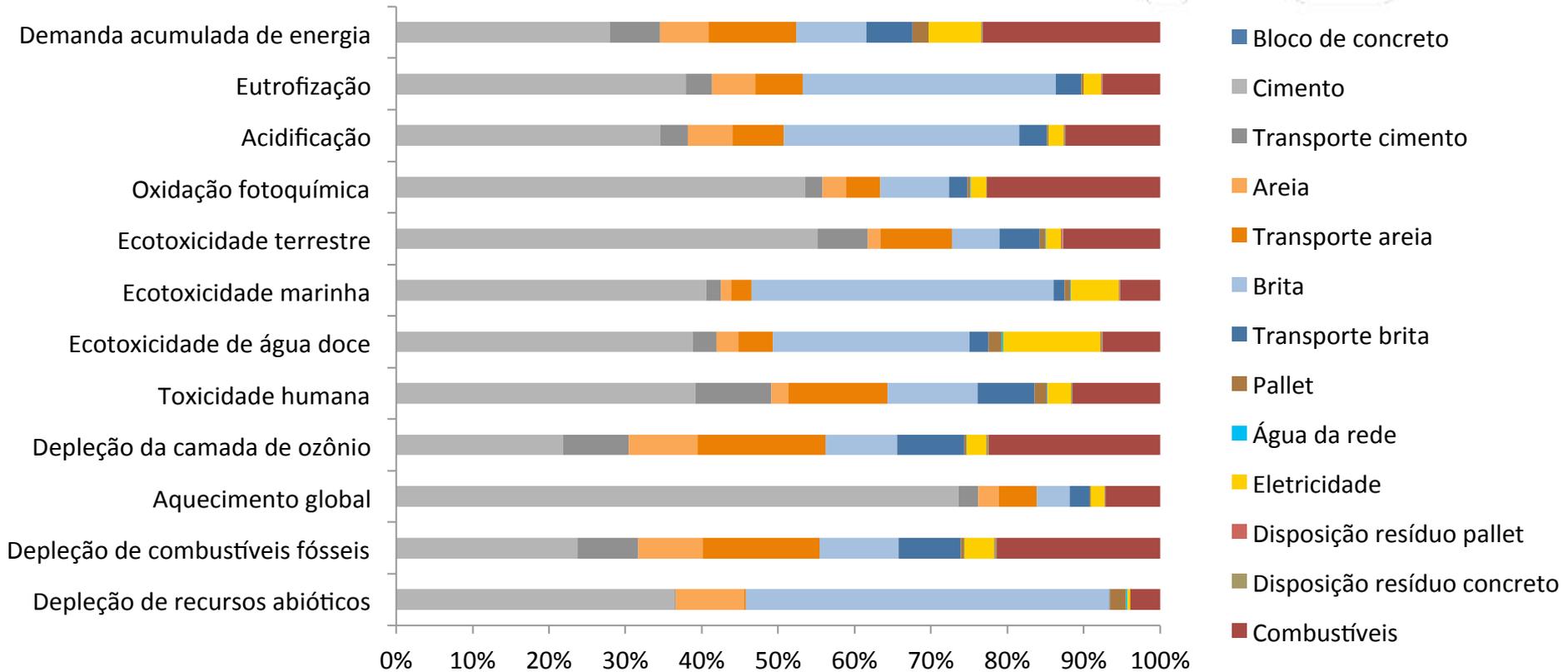
Resultados

- 27 inventários de ciclo de vida
- Principais produtos cimentícios
- Boa representatividade
- Disponível na base de dados ecoinvent

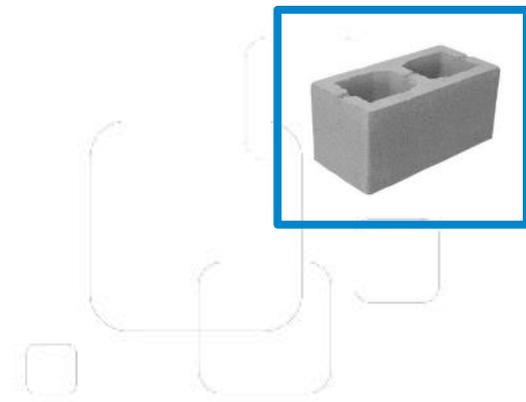
Análises - Hotspots



Contribuição de cada atividade para o resultado de impacto - método de AICV CML 1A
Baseline (EN 15804)



Análises - Hotspots

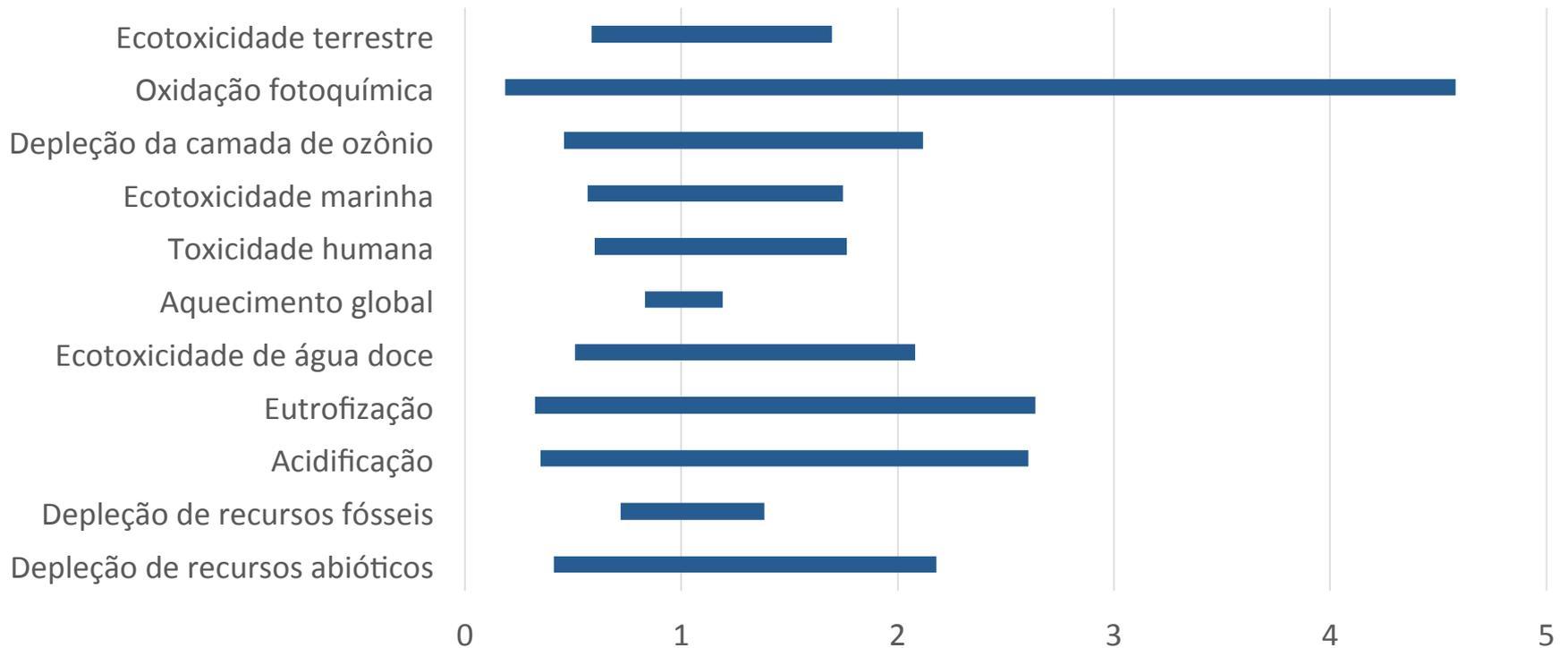


- Hotspots ambientais:
 - Produção de cimento
 - Produção de brita
 - Uso de combustíveis na fábrica
- Melhor investir em otimização da composição do bloco do que em eficiência no uso de energia elétrica, por exemplo
- Principais impactos também estão modelados com dados brasileiros

Análises - Variabilidade



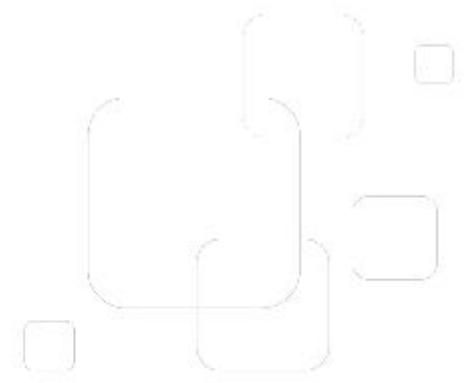
Impacto - Clínquer



Análises - Variabilidade



- Variabilidade é menor para categorias de impacto mais familiares (ex.: aquecimento global)
- Variabilidade no setor é significativa
 - Importância da seleção do fornecedor baseada em critérios ambientais
 - Risco de tomar decisões baseadas no “impacto médio”
- Padrão de variabilidade se mantém para outros produtos avaliados



PERSPECTIVAS

O que significam os resultados da ACV?

Resultados para 1 bloco de 12,5 kg – Método de AICV: CML 1A baseline (versão 3.05)

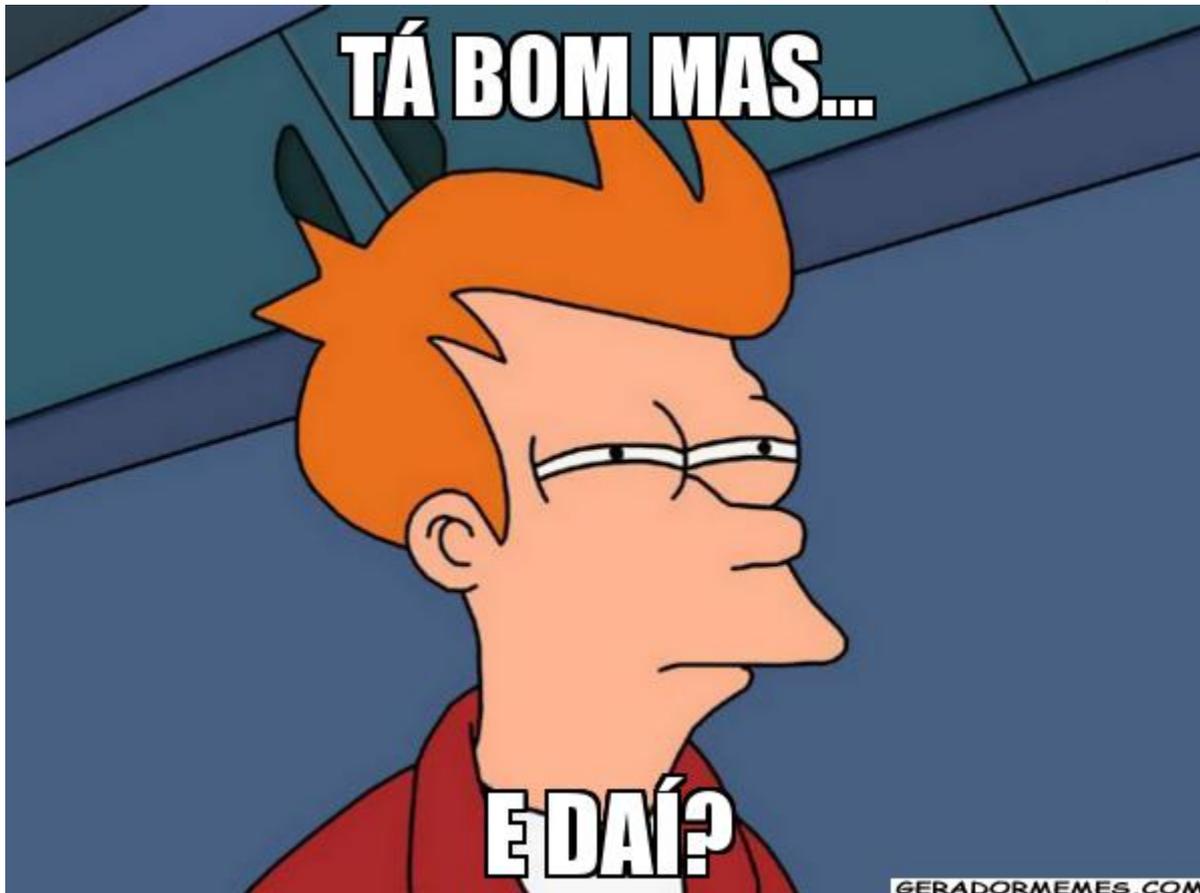
Impacto	Unid.	Média	Mediana	C.V.	2,5%	97,5%
Depleção de recursos abióticos	kg Sb eq	3,8E-08	3,7E-08	30%	2,1E-08	6,6E-08
Depleção de combustíveis fósseis	MJ	3,79	3,58	30%	2,33	6,52
Acidificação	kg SO2 eq	2,9E-03	2,7E-03	31%	1,6E-03	5,0E-03
Eutrofização	kg PO4 ⁻⁻⁻ eq	6,6E-04	6,3E-04	32%	3,6E-04	1,2E-03
Ecotoxicidade de água doce	kg 1,4-DB eq	0,017	0,016	37%	0,009	0,031
Aquecimento global	kg CO2 eq	0,798	0,783	19%	0,549	1,137
Toxicidade humana	kg 1,4-DB eq	0,078	0,075	26%	0,049	0,124
Ecotoxicidade marinha	kg 1,4-DB eq	111	105	31%	63	196
Depleção da camada de ozônio	kg CFC-11 eq	4,5E-08	3,9E-08	55%	1,8E-08	1,1E-07
Oxidação fotoquímica	kg C2H4 eq	1,3E-04	1,1E-04	94%	6,1E-05	3,8E-04
Ecotoxicidade terrestre	kg 1,4-DB eq	3,4E-04	3,3E-04	25%	2,2E-04	5,5E-04

Cálculo de incertezas: Monte Carlo com 10.000 iterações

Base de dados: ecoinvent versão 3.4

Infraestrutura: não incluída

Software: Simapro (versão 8.5.0.0)



... o que impede amplo uso da ACV?

- Pesquisa com empresas do setor de construção nos EUA (SAUNDERS et al., 2013) e no mundo (WBCSD, 2016)
 - Tempo e dificuldade para coleta de dados
 - Falta de dados de qualidade
 - Complexidade do método
 - Falta de transparência
 - Falta de comparabilidade entre produtos
 - Dificuldade em entender os resultados
 - Falta de consenso sobre os indicadores ambientais
 - Falta de demanda por parte de clientes
 - Falta de incentivos governamentais

SAUNDERS, C. L. et al. Analyzing the practice of life cycle assessment: focus on the building sector. In.: Journal of Industrial Ecology, v. 17, n. 5, pp. 777-788, 2013

WBCSD, 2016. The business case for the use of life cycle metrics in construction & real estate. 2016.

Correlação entre categorias de impacto

	CED TOTAL	ADE	ADF	GWP	ODP	PO	AP	EP	IR	PM	LU	WC	HTC	HTNC	FWET
CED TOTAL	1,00														
ADE	0,23	1,00													
ADF	1,00	0,22	1,00												
GWP	0,94	0,12	0,94	1,00											
ODP	0,98	0,20	0,99	0,97	1,00										
PO	0,89	0,39	0,90	0,81	0,87	1,00									
AP	0,84	0,63	0,84	0,79	0,83	0,89	1,00								
EP	0,50	0,74	0,50	0,45	0,49	0,71	0,84	1,00							
IR	0,89	0,44	0,88	0,89	0,90	0,87	0,90	0,64	1,00						
PM	0,62	0,37	0,62	0,56	0,61	0,64	0,64	0,50	0,72	1,00					
LU	0,52	-0,02	0,44	0,44	0,45	0,35	0,33	0,14	0,42	0,22	1,00				
WC	0,57	0,15	0,57	0,73	0,62	0,49	0,56	0,36	0,70	0,37	0,20	1,00			
HTC	0,80	-0,02	0,81	0,68	0,78	0,63	0,52	0,21	0,49	0,36	0,41	0,11	1,00		
HTNC	0,92	0,04	0,92	0,98	0,96	0,75	0,72	0,39	0,82	0,49	0,45	0,71	0,73	1,00	
FWET	0,86	0,07	0,83	0,78	0,83	0,76	0,66	0,36	0,78	0,44	0,68	0,38	0,68	0,76	1,00

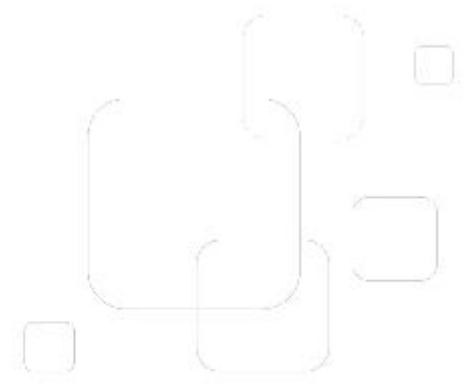
Alguns impactos possuem o mesmo tipo de atividade precursora (ex.: uso de combustíveis fósseis)

Alguns impactos muito à montante

Categoria de impacto	Atividades que consomem / emitem a substância causadora do impacto
Depleção de recursos abióticos	Consumo de minérios para obtenção de zinco primário
Depleção de recursos fósseis	Consumo de combustíveis fósseis
Aquecimento global	Combustão de combustíveis fósseis. Emissão de CO ₂ da calcinação.
Depleção da camada de ozônio	Vazamentos de substâncias extintoras de incêndio em plataformas de petróleo.
Oxidação fotoquímica	Combustão incompleta de combustíveis fósseis.
Acidificação	Combustão de combustíveis fósseis e calcinação do sulfeto de zinco para obtenção de zinco primário
Eutrofização	Lixiviação de rejeitos de mineração de cobre e de carvão
Radiação Ionizante	Rejeitos de mineração de urânio.
Formação de partículas finas	Emissão de partículas finas da moagem de matérias-primas e combustão de combustíveis fósseis
Uso da terra	Ocupação de área para produção de madeira.
Consumo de água	Lavagem de agregados, produção do PVC e enxágue e resfriamento do aço (laminação)
Toxicidade Humana-câncer	Emissão da queima incompleta de gás natural e óleo combustível
Toxicidade Humana-não câncer	Combustão de diesel
Ecotoxicidade de água doce	Rejeitos (C₉H₁₂) da produção do fenol da cola usada em pallets e portas de madeira, emissões da queima de elementos orgânicos presentes na argila (C₆H₅OH, CH₂O) e descarte da água contaminada com fenol na extração do petróleo

Perspectivas

- Avaliar quais impactos são relevantes para a construção civil
- Investir esforços em medir BEM o que é relevante, ao invés de medir muitas coisas que não são tão relevantes
- Subsidiar tomada de decisão para melhorar o desempenho ambiental (é o que importa!)
- **Simplificar o escopo da ACV**



TAKE-HOME MESSAGE

Pontos principais

- Melhorar o desempenho ambiental da atividade de construção é necessário
- ACV permite avaliação quantitativa para apoiar tomada de decisão
- ACV depende de dados
- Dados nacionais são muito importantes - extremo cuidado com o uso de bases de dados internacionais - evitá-las para os principais processos do estudo
- Variabilidade entre empresas é significativa - cuidado com conclusões baseadas na média!
- Como coletar dados requer esforço, caminho é simplificar o escopo da ACV para aumentar abrangência dos dados nacionais



fbsilva@ipt.br

3767-4981