

A ANÁLISE DE CICLO DE VIDA (II)

G. Feijoo Costa e M.T. Moreira Vilar¹

NUNHA PRIMEIRA PARTE DESTA ARTIGO (CERNA Nº 34) DEFINIUSE E AVALIOUSE A METODOLOXÍA DA ANÁLISE DE CICLO DE VIDA (ACV). NESTA SEGUNDA PARTE DO ARTIGO ILÚSTRASE A SÚA APLICACIÓN NUN CASO PRÁCTICO, O DOS ENVASES DE PVC E PET USADOS PARA EMBOTELLAR AUGA. OS RESULTADOS DO, ACV COMPARATIVO MANIFESTA CLARAMENTE QUE O ENVASE DE PVC PRESENTA UN MAIOR ÍNDICE DE IMPACTO EN CASE TODAS AS CATEGORÍAS, SENDO O ÍNDICE GLOBAL UN 25% SUPERIOR AO DO PET.

APLICACIÓN DA ACV A ENVASES DE PVC E PET

As dúas alternativas comparadas son o emprego de cloruro de polivinilo (PVC), con un corpo plástico de 32 g, e o tereftalato de polietileno (PET), cun corpo plástico de 25 g.

Segundo vimos na primeira parte deste artigo, a análise do inventario consiste na procura, recollida e selección de datos para cuantificar as entradas e saídas do sistema ou cargas ambientais. A clasificación supón a asignación das cargas ambientais de todos os datos do inventario ás distintas categorías da metodoloxía xeral da ACV, indicadas na táboa 2. Os resultados, para o caso que nos ocupa, móstranse na táboa 3.

A continuación, a caracterización implica a aplicación de modelos ás categorías de impacto para obter indicadores ambientais, unificando a unha única unidade de referencia todas as substancias clasificadas dentro dunha categoría mediante o emprego de factores de peso ou equivalencia. Os resultados da caracterización de ambos os sistemas aparecen reflectidos na Táboa 4.

A normalización consiste na avaliación da significación do perfil ambiental xerado nos pasos anteriores, mediante o establecemento do peso de cada categoría. Nesta etapa permite a adimensionalización das categorías e a comparación entre as mesmas. Os valores normalizados, ou sexa, adimensionalizados para cada categoría, obtéñense ó multiplicar o valor acadado na caracterización (táboa 4) polo factor de normalización, e preséntanse na táboa 5.

Táboa 4. Perfil ambiental (caracterización)

Categoría ambiental	Unidade de ref.	PVC	PET
PCG kg	CO ₂	0,064	0,056
PDO	kg CFC11	1,89E-08	2,80E-08
PA	kg SO ₂	7,81E-04	8,85E-04
PE	kg PO ₄	6,88E-05	6,43E-05
MP	kg Pb	3,08E-07	9,28E-08
PC	kg B(a)P	7,71E-10	4,77E-10
CE	MJ	1,978	1,868
Residuos	kg	0,00416	0,00103

Táboa 5. Perfil ambiental normalizado

Categoría ambiental	Unidade	Factor	PVC (x10 ⁶)	PET (x10 ⁶)
PCG	(kg CO ₂) ⁻¹	0,0000765	4,90	4,28
PDO	(kg CFC11) ⁻¹	1,08	0,02	0,03
PA	(kg SO ₂) ⁻¹	0,00888	6,93	7,86
PE	(kg PO ₄) ⁻¹	0,0262	1,80	1,68
MP	(kg Pb) ⁻¹	18,4	5,68	1,71
PC	(kg B(a)P) ⁻¹	92	0,07	0,04
CE	(MJ) ⁻¹	0,0000629	12,44	11,75
R	(kg) ⁻¹	0,001*	4,16	1,03

*Non se atopa consignado, polo que este valor foi elección dos autores

Os factores de normalización escollida baséase nos niveis de Europa (área xeográfica de referencia) de 1990 (tempo de referencia), excluindo Rusia. Existen dúas variantes: *Europe g* e *Europe e*; a primeira ten como referencia o produto interior bruto e a segunda o uso da enerxía, sendo esta última a escollida para este estudio (Táboa VI) (3).

Unha vez feita a normalización xa se poden realizar comparacións entre as diferentes categorías de impacto. Agora ben, a apli-

Táboa 3. Datos do inventario clasificados para a avaliación de impactos

Categoría	Sistema PVC	Sistema PET
Quecemento global (PCG)		
CO ₂	57,6 g	53 g
CH ₄	0,182 g	0,0925
N ₂ O	0,0002 g	0,00013
Destrución da capa de ozono (PDO)		
Halón	0,00118 mg	0,00175 mg
Acidificación (PA)		
Nox	0,511 g	0,475 g
Sox	0,416 g	0,550 g
HCl	0,0075 g	0,0025 g
HF	0,0003 g	0,00013 g
Eutrofización (PE)		
Emisións á auga		
Fosfato	0,0022 g	0,0022 g
Nitrato	0,00032 g	0,0003 g
Amonio	0,000544 g	0,0008 g
Emisións ó aire		
Nox	0,511 g	0,475 g
Metais pesados (MP)		
Emisións á auga		
Ba	2,24 mg	1,25 mg
Pb	0,109 mg	0,0235 mg
Cd	0,00134 mg	0,000625 mg
Cr	0,208 mg	0,0425 mg
Cu	0,102 mg	0,0205 mg
Ni	0,102 mg	0,021 mg
Hg	0,0000544 mg	0,00004 mg
Emisións ó aire		
Pb	0,00384 mg	0,00203 mg
Cd	0,00045 mg	0,00038 mg
Mn	0,0016 mg	0,00068 mg
Hg	0,00109 mg	0,0007 mg
Outros	0,041 mg	0,008 mg
Poder cancerixeno (PC)		
Benceno	0,096 mg	0,085 mg
HPA*	0,00075 mg	0,00046 mg
C ₆ H ₆ aromáticos	0,387 mg	0,300 mg
Consumo de enerxía (CE)		
Enerxía	1,978 MJ	1,868 MJ
Residuos sólidos (R)		
Residuos	4,16 g	1,03 g

*HPA: Hidrocarburos poliaromáticos

cación de criterios económicos e sociais modelan ou valorizan de forma cuantitativa a importancia de cada categoría, mediante a multiplicación do valor normalizado polo factor de valoración (táboa 6)(3).

Táboa 6. Factores de valoración e resultado valorado para envases de PVC e PET

Categoría de impacto	Factor de valoración	PVC (x10 ⁶)	PET (x10 ⁶)
PCG	2,5	12,25	10,7
PDO	100	2	3
PA	10	69,3	78,6
PE	5	9	8,4
MP	5	28,4	8,55
PC	10	0,7	0,4
CE*	5*	62,2	58,75
R*	10*	41,6	10,3
Índice de Carga Ambiental Global	-	225,5	178,7

*Non se atopan consignados, polo que son valores propostos polos autores.

Por tanto, a valoración permite determinar, cualitativa ou cuantitativamente, a importancia relativa das distintas categorías de impacto coa finalidade de obter un resultado único ou índice de carga ambiental. Os factores aquí empregados poden variar dunha rexión a outra, dependendo da importancia relativa asignada ás diferentes categorías de impacto globais, rexionais e locais. Na figura 3 compáranse graficamente os resultados acadados.

INTERPRETACIÓN DOS RESULTADOS E CONCLUSIÓN

Os resultados do ACV comparativo, tendo en conta as categorías de impacto analizadas, manifesta claramente que o envase de PVC non é o máis axeitado xa que en case que todas as categorías presenta un maior índice de impacto, sendo o índice global un 25% superior.

Así, as diversas categorías podemos agrupalas en tres grandes grupos (figura 3):

Moi significativas: son o potencial de acidificación (PA), o consumo de enerxía (CE) e a xeración de residuos (R). O PA é lixeiramente máis favorable ó PVC, sendo a emisión dos compostos NO_x e SO_x os causantes dos valores tan altos obtidos para ambos os dous sistemas. O CE é lixeiramente inferior para o PET e a xeración de residuos asociados ó uso do PET é notablemente inferior, pois a fabricación, uso e recuperación do PVC orixina oito veces máis residuos sólidos.

Significativas: son o potencial de quecemento global (PCG), a eutrofización (PE) e a deposición de metais pesados (MP). Esta última é claramente desfavorable para o envase PVC, pois o emprego do envase PET implica unhas emisións de metais pesados de ata 3,5 veces menor. Este valor tan alto débese a contribución do chumbo nas emisións á auga. Así mesmo, tamén o PET determina unha menor contribución ó quecemento global do planeta (sendo as emisións de CO₂ as responsables) e á eutrofización dos ríos e lagoas, onde os compostos gasosos NO_x xogan un papel preponderante.

Pouco significativas: Son o poder de destrución da capa de ozono (PDO) e o poder cancerixeno (PC), tendo o PVC menor impacto na categoría PDO e maior, case que o dobre, na PC.

¹Departamento de Enxeñería Química. Instituto de Investigacións Tecnolóxicas. Universidade de Santiago de Compostela.

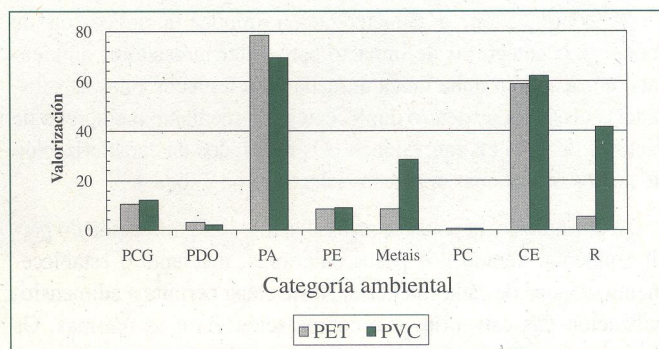
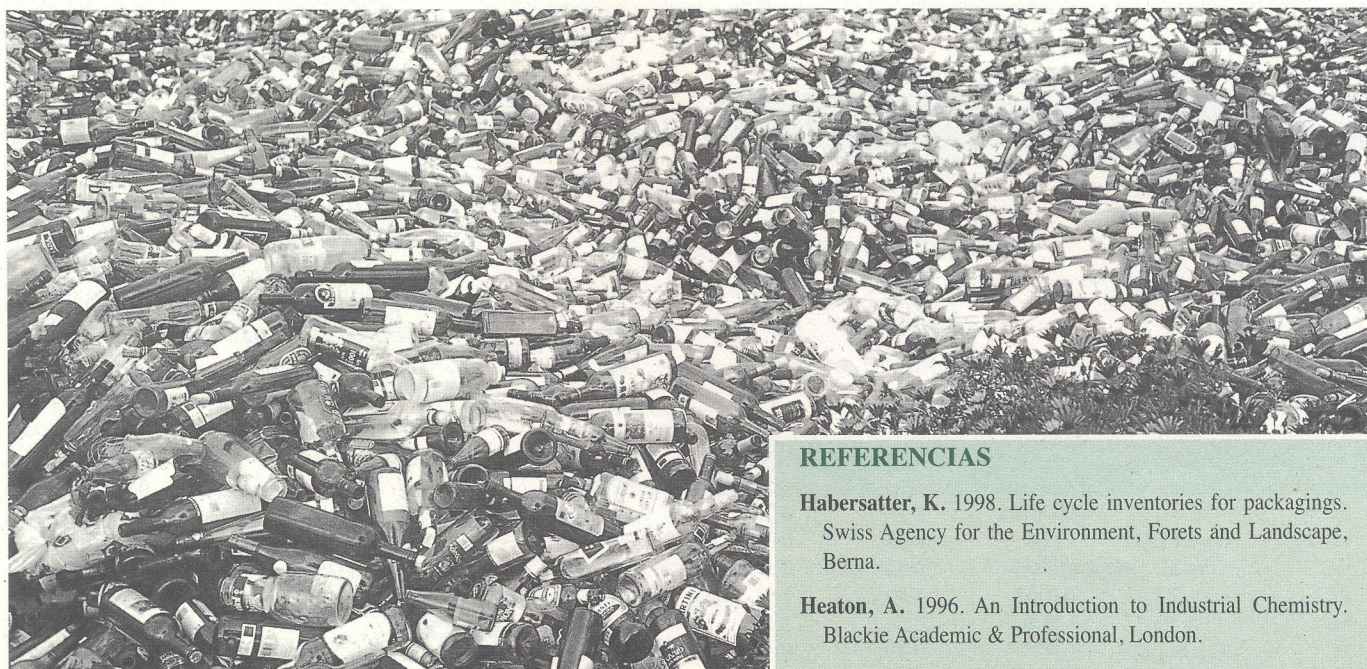


Figura 3. Valorización (x10⁶) dos sistemas PET e PVC



Os envases de vidro son máis ecolóxicos que os de plástico, tanto na súa forma de envases reciclábeis como, especialmente, na forma de envases reutilizábeis.

REFERENCIAS

- Habersatter, K. 1998. Life cycle inventories for packagings. Swiss Agency for the Environment, Forests and Landscape, Berna.
- Heaton, A. 1996. An Introduction to Industrial Chemistry. Blackie Academic & Professional, London.
- PRé and Consultans 1998, posting date. Eco-indicator 95. <http://www.pre.nl>. [Online.]