

O Cobre

uma escolha profissional

CU

Análise do ciclo de vida

O Cobre

análise do Ciclo de Vida

comparativo de

instalações de

água potável:

tubulação de cobre versus sistema multicamada PEX-Al

Cobre



Introdução
p. 4



Metodologia de avaliação de impacto: Eco-indicator 99
p. 7



Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida (AICV)
p. 9



Interpretação de resultados e conclusões
p. 11



Análise qualitativa sobre o crescimento bacteriano
p. 12



INTRODUÇÃO

Todos os bens de consumo essenciais para que a sociedade supra suas necessidades são fabricados com materiais. Eles podem surgir na natureza ou serem sintetizados pelo ser humano a partir de matérias-primas, estas últimas tratadas quimicamente para obter substâncias de maior pureza.

Por razões econômicas, estas substâncias não são obtidas nas formas necessárias para o produto final. Assim se modificam estes produtos semiacabados para manufaturar os componentes com os quais se produzirá o bem de consumo. Finalmente, este bem é usado para os fins para o qual foi projetado e, eventualmente, é descartado ou retorna ao ciclo de produção, ou seja, é reciclado.

Desta forma podemos identificar cinco grandes grupos de operações pelas quais um bem de consumo passa e, desta forma, os materiais com os quais são fabricados.

- 1) extração de matérias-primas.
- 2) obtenção de materiais e fabricação de produtos semiacabados.
- 3) fabricação das partes que se encaixarão para compor um produto e produção de bens de consumo.
- 4) distribuição e uso do bem de consumo.
- 5) gestão do bem depois de sua vida útil.

Estas etapas formam o ciclo de vida de um produto.

O ciclo de vida do cobre começa com a extração dos minerais nos quais se encontram (substâncias sólidas, de origem inorgânica, composições químicas e processos de cristalização definidos, que se encontram na natureza). Estes minerais são processados para serem concentrados, seja de forma pirometalúrgica (em alta temperatura e produzindo gases) ou hidrometalúrgica (em baixa temperatura e utilizando soluções ácidas ou básicas).

Depois são refinados mediante técnicas eletrometalúrgicas (que envolvem corrente elétrica) para obter grandes placas de cobre de mais de 99.9 % de pureza. A partir destas placas são feitos produtos semiacabados (barras, pranchas, arame) com os quais se fabricam artigos para encanamentos, conexões elétricas, computadores, etc. Estes itens são distribuídos e usados para os fins que foram projetados e, ao terminar a sua vida útil, são descartados ou reciclados.

Até pouco tempo a sociedade não prestava atenção ao impacto ambiental dos processos produtivos. Mas isso mudou drasticamente, a tal ponto que agora se exige que os processos de obtenção e fabricação sejam “sustentáveis”.

Destas tentativas iniciais para descobrir o impacto ambiental dos processos de obtenção de materiais e de fabricação de componentes, assim como o uso e disposição de bens, surgiu uma ferramenta chamada Análise do Ciclo de Vida (ACV), que data dos anos 60. O objetivo deste estudo é quantificar o impacto ambiental por meio de uma qualificação, que se expressa em pontos. Neste caso particular, a ACV foi feita com base no protocolo do Eco-indicator 99. Os resultados foram usados para:

- 1) Desenvolvimento e melhoria de produtos.
- 2) Planejamento.
- 3) Política pública.
- 4) Marketing, entre outros.

Uma **ACV** consiste, em termos gerais, em duas etapas:

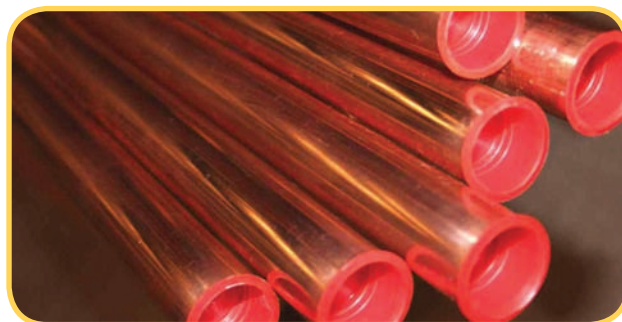
1) Inventário do Ciclo de Vida (ICV), no qual se estabelecem o objetivo e o alcance para o caso sob estudo. Para defini-los, é usado o conceito de unidade funcional, que delimita a função do sistema estudado ao determinar as entradas e saídas tanto de matéria-prima como de energia, assim como as emissões para cada um dos blocos do ciclo de vida.

Para realizar a análise corretamente é necessário classificar os diversos tipos de danos provocados nas atividades industriais e de uso da unidade funcional.

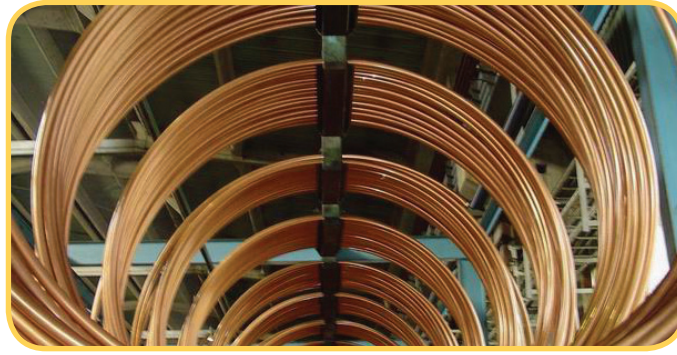
2) Estudo do Impacto do Ciclo de Vida (EICV), que necessita de três fases: caracterização, normalização e ponderação. Com a informação gerada por eles é obtido um índice ambiental, expresso em pontos, para cada um dos materiais considerados como alternativas para a fabricação da unidade funcional.

O estudo da análise de ciclo de vida (ACV) foi elaborado por solicitação do Centro Espanhol de Informação do Cobre (CEDIC).

O estudo foi realizado por uma equipe do Departamento de Construção e Tecnologia Arquitetônicas da Universidade Politécnica de Madrid, conforme a Metodologia do Eco-indicador 99, que representa o estado da arte em ACV. Uma vez finalizado, o estudo foi submetido a uma revisão crítica, segundo a norma UNE-EN-ISO 14044-2006, do Departamento de Engenharia Química, Escola Técnica Superior de Engenharia da Universidade de Santiago de Compostela.



A unidade de referência do estudo comparativo é a instalação hidráulica para o transporte de água em uma residência unifamiliar padrão na Espanha, conforme as indicações do Ministério da Habitação. A **ACV** compreende todas as etapas do ciclo de vida: desde a extração de matérias-primas, passando pela fabricação de tubulações e acessórios, assim como o uso da instalação, até o final de sua vida útil.



Este documento constitui um resumo do estudo original, propriedade do Centro Espanhol de Informação do Cobre (CEDIC), o qual pode ser solicitado para maior aprofundamento.



METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO: *ECO-INDICATOR 99*

O Eco-indicator 99 traça o perfil do dano ambiental mediante a análise do destino das emissões, exposição, análise de efeitos e finalmente análise de danos. São consideradas três condições (relacionadas com o ser humano e a natureza):

Saúde Humana (SH):

as categorias associadas são Carcinógenos (C), Orgânicos Respiráveis (OR), Inorgânicos Respiráveis (IR), Alteração Climática (AC), Diminuição da Camada de Ozônio (CO) e Radiação Ionizante (R).

Qualidade do Ecossistema (QE):

as categorias são Ecotoxicidade (E), Acidificação/Eutrofização (A/E) e Uso da Terra (UT).

Recursos (R):

a conservação dos recursos se baseia nas categorias de Minerais (M) e Combustíveis Fósseis (CF).

A caracterização proporciona as diretrizes para a padronização e estimativa de um indicador de categoria de impacto para cada uma das categorias contempladas.

Saúde Humana (SH)



O dano nas categorias da condição Saúde Humana se caracteriza (mede) pelo número e pela duração das doenças e os anos de vida perdidos. Descrito em Disability Life Years (DALY).

Qualidade do Ecossistema (QE)



O dano na Qualidade do Ecossistema inclui o efeito sobre a diversidade das espécies, especialmente nas plantas vasculares e nos organismos simples. Descrito como Potentially Disappeared Fraction (PDF) e Potentially Affected Fraction (PAF) ou divisão de espécies que potencialmente desaparecerão ou serão afetadas, respectivamente, como consequência do impacto ambiental experimentado em uma área durante um determinado tempo.

Recursos (R)



O dano aos Recursos é obtido a partir de modelos geoestatísticos que relacionam disponibilidade e concentração, e se mede como a energia extra que será necessária para a futura extração de mineral de baixa qualidade e recursos fósseis. Descrito como MJ de energia extra que será necessária no futuro.



AVALIAÇÃO DO IMPACTO DO CICLO DE VIDA (AICV)

Caracterização, normalização e ponderação

Caracterização

Consiste na aplicação de modelos para obter um indicador ambiental em cada categoria de impacto, unificando a uma unidade de referência todas as substâncias classificadas dentro de cada categoria mediante o emprego de fatores de equivalência.

O resultado da caracterização é o perfil ambiental do sistema, composto pelo conjunto de indicadores ambientais das categorias de impacto consideradas para medir o impacto global e sua acidificação.

Normalização

A normalização consiste na avaliação do perfil ambiental gerado nos passos anteriores, mediante o estabelecimento do peso de cada categoria. Esta etapa permite a “dimensionalização” das categorias e a comparação entre as mesmas.

Em termos de valor absoluto, uma contribuição determinada de impacto pode parecer muito significativa, mas é possível que ao se considerar o impacto global do processo, esta contribuição seja desvalorizada. A normalização e ponderação das categorias permitem estabelecer comparações entre elas e emitir uma análise em maior profundidade.

Ponderação

A medição ou ponderação permite determinar a importância relativa das distintas categorias de impacto, com a finalidade de obter um resultado único ou índice ambiental. No estudo foi usada a perspectiva hierárquica para estabelecer os critérios de ponderação.

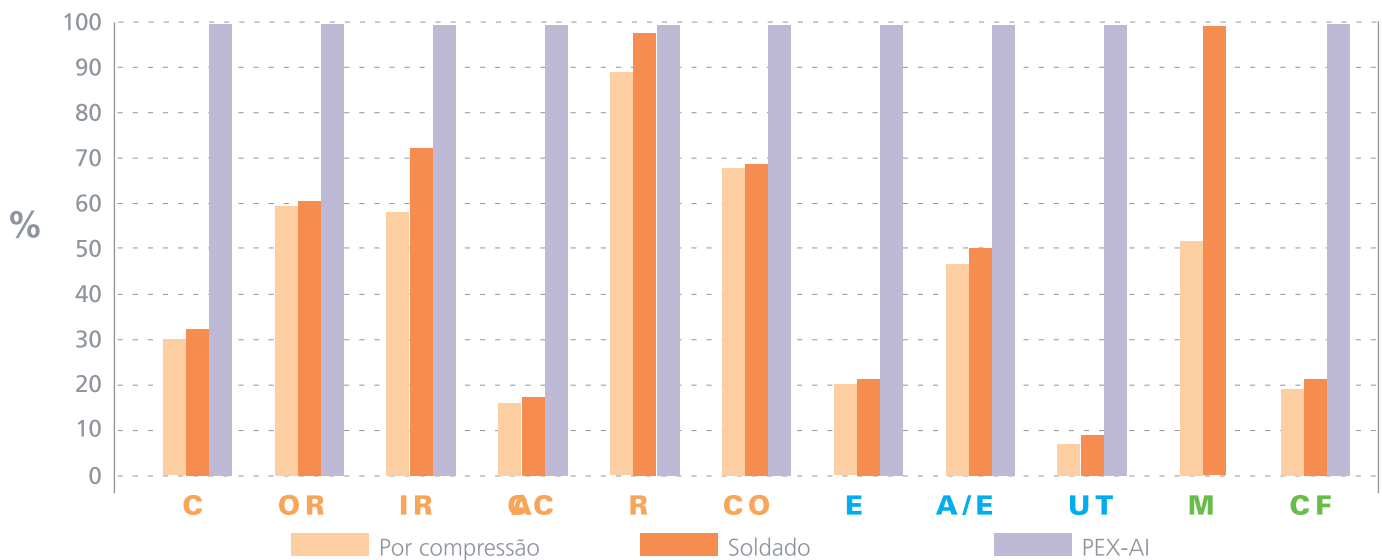
Caracterização do dano por categoria

CATEGORIA	UNIDADE	INSTALAÇÃO COBRE POR COMPRESSÃO	INSTALAÇÃO COBRE SOLDADO	INSTALAÇÃO PEX-AI
C	DALY	$1,12 \cdot 10^{-5}$	$1,29 \cdot 10^{-5}$	$3,58 \cdot 10^{-5}$
OR	DALY	$5,64 \cdot 10^{-7}$	$5,83 \cdot 10^{-7}$	$7,95 \cdot 10^{-7}$
IR	DALY	$1,25 \cdot 10^{-4}$	$1,61 \cdot 10^{-4}$	$1,91 \cdot 10^{-4}$
CC	DALY	$2,44 \cdot 10^{-5}$	$2,54 \cdot 10^{-5}$	$8,71 \cdot 10^{-5}$
R	DALY	$7,46 \cdot 10^{-7}$	$8,25 \cdot 10^{-7}$	$7,07 \cdot 10^{-7}$
CO	DALY	$1,63 \cdot 10^{-7}$	$1,65 \cdot 10^{-7}$	$2,09 \cdot 10^{-7}$
E	PAF*m2yr	22,9	24,2	103,75
A/E	PAF*m2yr	3,79	4,15	7,20
UT	PAF*m2yr	1,30	1,64	16,40
M	MJ surplus	$2,73 \cdot 10^2$	$5,09 \cdot 10^2$	1,76
CF	MJ surplus	$2,31 \cdot 10^2$	$2,54 \cdot 10^2$	$5,50 \cdot 10^2$

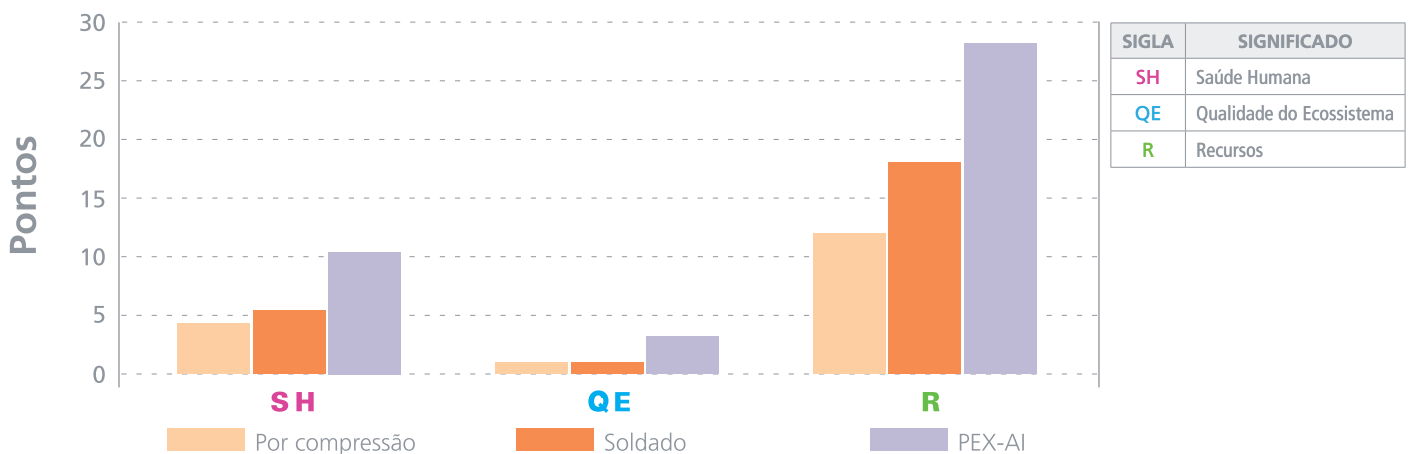
SIGLA	SIGNIFICADO
C	Carcinógenos
OR	Orgânicos Respiráveis
IR	Inorgânicos Respiráveis
AC	Alteração Climática
R	Radiação Ionizante
CO	Diminuição da camada de Ozônio
E	Ecotoxicidade
A/E	Acidificação/Eutrofização
UT	Uso da Terra
M	Minerais
CF	Combustíveis Fósseis

■ Saúde Humana
 ■ Qualidade do Ecossistema
 ■ Recursos

Comparativo de caracterização do dano por categoria



Comparativo de ponderação do dano (agregado por cada condição)



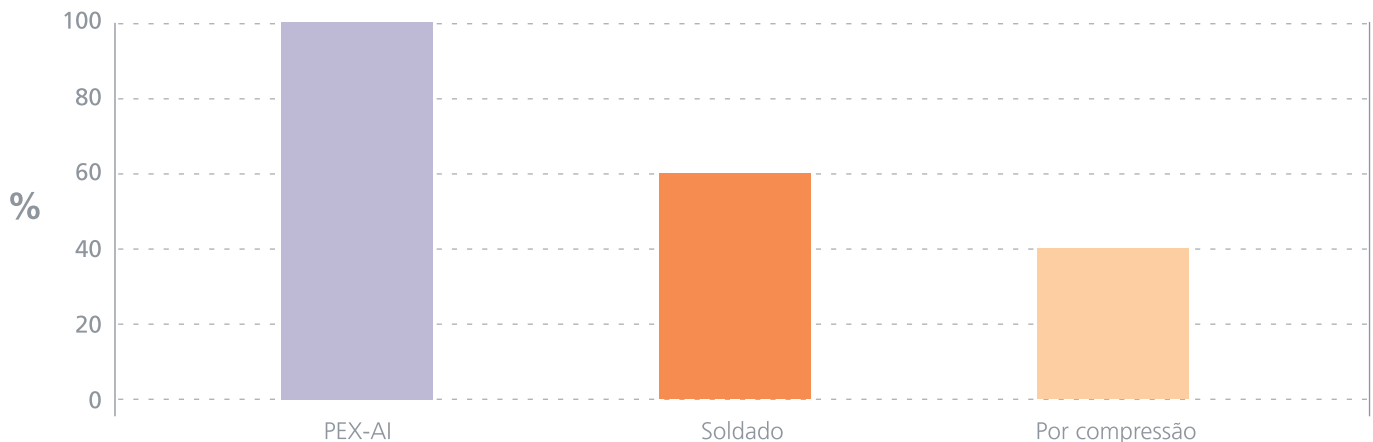


INTERPRETAÇÃO DE RESULTADOS E CONCLUSÕES.

Resultados comparativos de dano depois da etapa de ponderação da ACV.

Pontuação(Ptos.)	Tubo de Cobre		PEX-AI
	Por compressão	Soldado	
	16.8	24.0	41.2

Comparativo do impacto ambiental total depois da etapa de ponderação da ACV.



A ACV comparativa indica que as instalações hidráulicas de cobre por compressão e soldadas resultam em **reduções do impacto ambiental** de 59 e 42 % em relação ao sistema multicamada, respectivamente. A redução do impacto ambiental foi observada em todas as condições (SH, QE e R) consideradas na ACV.

A ACV do ciclo completo incorpora as fases de montagem, uso da instalação e disposição final. As perdas de calor calculadas para as instalações de água potável durante os 50 anos de vida útil da habitação são muito superiores na instalação de sistema multicamada PEX-Al em comparação à instalação de cobre (seja por compressão ou soldada).



ANÁLISE QUALITATIVA SOBRE CRESCIMENTO BACTERIANO.

Nem a migração de componentes das tubulações de água nem o crescimento bacteriano foram contemplados na ACV por não existir ainda metodologia para a padronização e quantificação de impactos. Mas existem documentos de rigor científico, nos quais se incluem os resultados sobressalentes ao final do estudo para sua medição qualitativa.



Resultados conhecidos antes da finalização da ACV (anos 2004 a 2006),¹

- O crescimento bacteriano parece ser superior nos tubos de material plástico.
- Especialmente durante os primeiros 200 dias, o polietileno favorece a formação da biocamada.
- Em estudo por dois anos, o cobre limitou temporariamente o crescimento bacteriano.
- O cobre é o material mais favorável para o uso em curto prazo.

1. - The effects of changing water flow velocity on the formation of biofilms and water quality in pilot distribution system consisting of copper or polyethylene pipes. Markku J. Lehtola, et al. Water Research, Volume 40, Issue 11, p. 2151-2160, June 2006

-Biofilm formation and multiplication of Legionella in a model warm water system with pipes of copper, stainless steel and cross-linked polyethylene. Dick van der Kooij, et al. Water Research, Volume 39, Issue 13, p. 2789-2798, August 2005

-Pipeline materials modify the effectiveness of disinfectants in drinking water distribution systems. Markku J. Lehtola, et al. Water Research, Volume 39, Issue 10, p. 1962-1971, May 2005

-Microbiology, chemistry and biofilm development in a pilot drinking water distribution system with copper and plastic pipes. Markku J. Lehtola, et al. Water Research, Volume 38, Issue 17, p. 3769-3779, October 2004

Resultados sobre o crescimento bacteriano conhecidos depois do encerramento da ACV (ano 2008)₂

A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) aprovou em 2008 o registro do cobre como o primeiro material sólido com propriedades antimicrobianas. Este registro se apoia em longos estudos e testes laboratoriais independentes sobre eficácia antibacteriana.

Resultados recentes (ano 2008)

- Materiais ensaiados: cobre, aço inoxidável, PVC e PEX-Al.
- O único material dos testados com um comportamento diferenciado frente à Legionella é o cobre.
- No sistema de cobre a cultura de bactérias foi extremamente difícil e exigiu várias tentativas.
- Uma vez provocada a proliferação bacteriana com a elevação da temperatura a 55°C, nos sistemas de aço inoxidável, PVC e PEX não se obteve redução significativa no número de bactérias. Ao contrário, no sistema hidráulico de cobre as bactérias foram totalmente eliminadas a 55°C.
- Em temperatura de 25°C durante cem dias, a Legionella sobrevive tanto na água como na biocamada no caso do aço inoxidável, PVC e PEX. Nesta temperatura a bactéria não é detectável no sistema de cobre.

2. –Kiwa Water Research. Report: Influence of the water temperature on the growth of Legionella in a test installation with different piping materials.

Existem vários estudos que evidenciam a ação antibacteriana do cobre frente a diferentes microorganismos:

- Staphylococcus aureus resistente à meticilina (1)
- Clostridium difficile (2)
- Escherichia coli (3)
- Legionella pneumophila e flora aquática (4)
- Actinomucor elegans (5)
- Aspergillus niger (5)
- Bacterium linens (5)
- Torulopsis utilis (6)
- Acromobacter fischeri (7)
- Photobacterium phosphoreum (7)
- Mercenaria mercenaria (8)
- Poliovirus (9)
- Paramecium caudatum (10)
- Campylobacter jejuni (11)
- Salmonella enterica (11)



NOTAS

- (1) Noyce JO, Michels H, Keevil CW. Potential use of copper surfaces to reduce survival of epidemic meticillin-resistant Staphylococcus aureus in the healthcare environment. J Hosp Infect., 2006;63(3): 289-97.
- (2) Wheelodon LJ, Worthington T, Lambert PA, Hilton AC, Lowden CJ, Elliott TS. Antimicrobial efficacy of copper surfaces against spores and vegetative cells of Clostridium difficile: the germination theory. J Antimicrob. Chemother., 2008;62(3):522-5.
- (3) Copper surfaces inhibit escherichia coli 0157. Seminario del cobre y la salud. C.W.Keevil, J.T. Walker and A.Maule (20.11.2000) www.procobre.cl
- (4) The viability of antimicrobial copper as a hygienic material for hvac system components. Copper Development Association Inc and ICA, Ltd. Al.Lewis, C.W.Keevil (2004).
- (5) Effects of Heavy Metal Ions on the Growth of Microorganisms, Bull. Inst. Chem., Adad. Sinica, Vol. 16, pp. 29–39. (1969) Chang, S.M., and Tien, M.
- (6) Determination of the Copper Concentration Toxic to Micro-Organisms. Microbiology, Vol. 35, pp. 682–687. (1966), Avakyan, Z.A. and Rabotnova, I.L.
- (7) Luminous Bacterial Auxanograms in Relation to Heavy Metals and Narcotics, Self-Photographed in Color. Journal of bacteriology 44 (6): 703–15. (1942). Johnson, FH; Carver, CM; Harryman, WK.
- (8) Water Research. Volumen 36, nº 8, páginas 2002-2010. Varios autores (Abril 2002).
- (9) Copper in society and in the environment. Lars Landner & Iennart Lideström. Swedish Environmental Research Group (MFG) (1999).
- (10) Action Exerted From a Distance by Metals on Infusoria, Bull. Biol. Med. Exptl. USSR, Vol. 4, pp. 39–40. (1939) Oïvin, V. and Zolotukhina, T.
- (11) Antimicrobial activity of copper surfaces against suspensions of Salmonella enterica and Campylobacter jejuni. BMC Microbiol 2004; 4:19. Gustavo Faúndez, Miriam Troncoso, Paola Navarrete y Guillermo Figueroa.

Análise qualitativa sobre Migração de Componentes Orgânicos (VOC)₃

Resultados (anos 2002 a 2007)

- Identificados 32 componentes orgânicos migrados para a água nas tubulações de HDPE e PEX.
- Alguns destes componentes são disruptores hormonais endócrinos ou outros tipos proibidos para embalar alimentos.
- Os ensaios de migração de VOC se realizaram com amostras de tubo novo e em estudos estáticos de contato com água.
- Estas evidências têm rigor científico, mas necessitam ainda da padronização adequada para serem consideradas na ACV.

3. -Volatile organic components migrating from plastic pipes (HDPE,PEX and PVC) into drinking water. Skjevrak, I. et al. Water Research, Volume 37, p. 1912-1920, 2003
-Identification of organic compounds migrating from polyethylene pipelines into drinking water. Brocca D. et al. Water Research, Volume 36, p. 3675-3680, 2002
-Modeling of the release of organic compounds from polyethylene pipes to water. Denberg, M. et al. Journal of Water Supply: Research and Technology-AQUA, 56.6-7, 2007
-Pesquisa em andamento. Instituto Noruego para la Saúde Pública. Objeto: Análise do crescimento biológico y de la migração de componentes de diferentes tubulações de polietileno reticulado.

Os Profissionais sabem elegger

Tradução, adaptação e impressão autorizada do original: "Análisis del Ciclo de Vida"
Centro Español de Información del Cobre (CEDIC)



<http://www.procobre.org>

Av. Brigadeiro Faria Lima, 2128 – conj. 203 | CEP 01451-903 | SÃO PAULO - BRASIL