



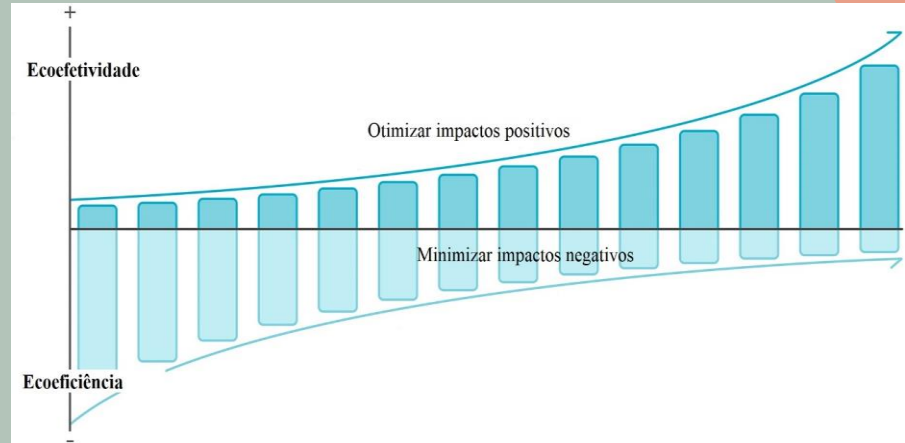
INDICADORES PARA ECONOMIA
CIRCULAR

Efigênia Rossi

AGENDA

- Introdução
- Justificativa
- Indicadores da literatura
 - Publicações
 - Dinâmica

Introdução



Fonte: adaptado de Koeijer, Wever e Henseler (2016) e BSI (2017)

Introdução

COMPARTILHAMENTO

Compartilhamento monetizado ou não monetizado.

PRODUTO COMO SERVIÇO (PSS)

Oferecimento de serviços ao invés de produtos

RECUPERAÇÃO DE RECURSOS

Otimização do valor criando produtos a partir de matérias-primas/subprodutos secundários e reciclagem, seja em circuito aberto ou fechado.

SOB DEMANDA

Produzir um produto ou prestar um serviço somente quando a demanda do consumidor tiver sido quantificada e confirmada.

Desmaterialização

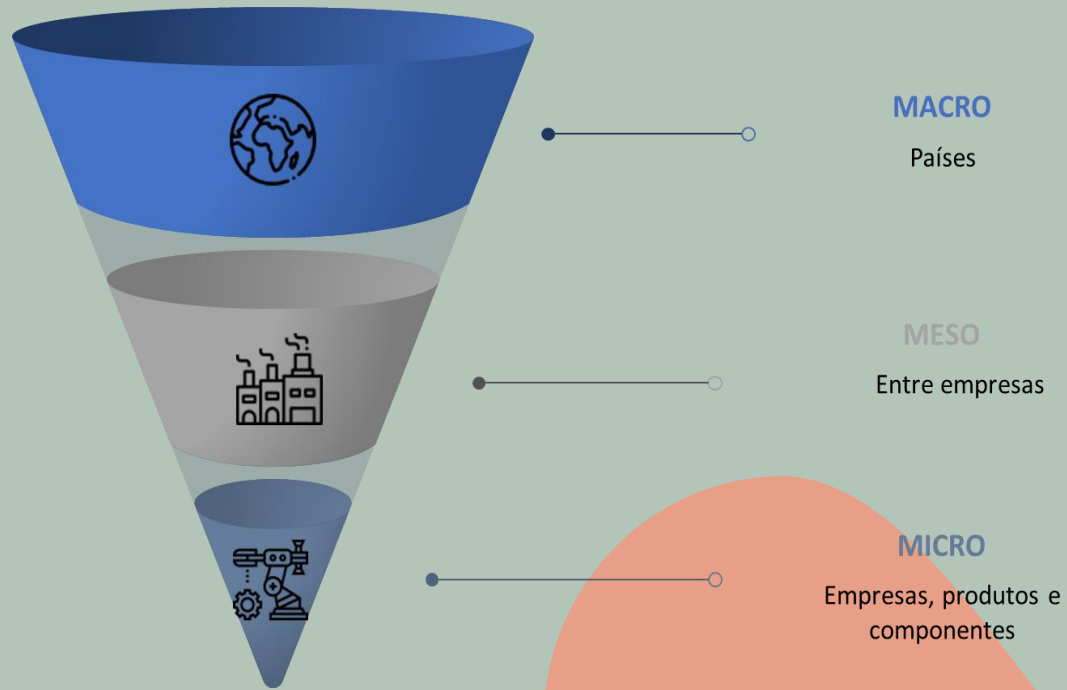
Substituindo infraestrutura e ativos físicos com serviços digitais / virtuais

EXTENSÃO DE VIDA ÚTIL

Novos produtos foram projetados para serem duráveis por uma vida útil longa (durabilidade).

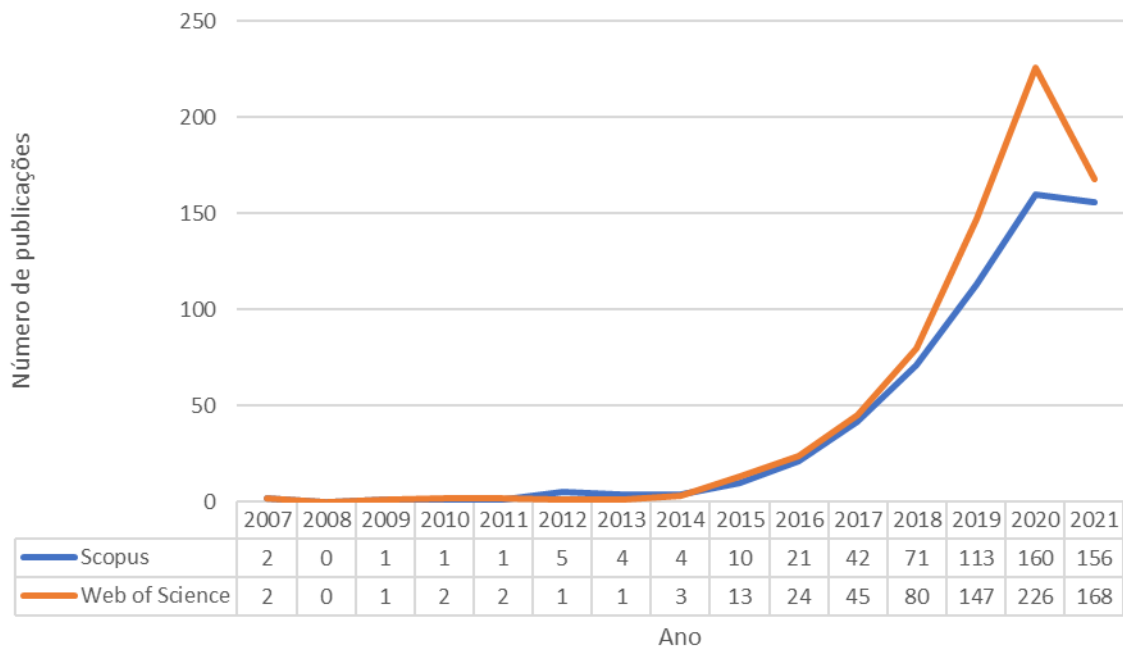


Introdução



Justificativa

"circular economy" AND ("indicator\$" OR "metric\$")



Justificativa

- Muitos autores enfatizam a necessidade de criação de métricas de circularidade no nível micro (ELIA; GNONI; TORNESE, 2017; LONCA et al., 2018; NIERO; KALBAR, 2019).
- Inexistência de uma abordagem universalmente aceita para medir a efetividade da transição para um modo operacional mais circular e sustentável (BSI, 2017; MORAGA et al., 2019; PARCHOMENKO et al., 2019)
- Necessidade de pesquisa em indicadores de circularidade no nível micro (ALAMEREW et al., 2020; ELIA; GNONI; TORNESE, 2017; KRISTENSEN; MOSGAARD, 2020)
- Necessidade de propor indicadores para avaliar diferentes negócios incluindo os aspectos ambientais, econômicos e sociais (PIERONI; MCALOONE; PIGOSSO, 2019)

Indicadores da literatura

CIRCULARITY INDICATORS
AN APPROACH TO MEASURING CIRCULARITY

MCI = 001

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION

Computation of the MCI:

Material Circularity Indicator
Dynamic Modelling Tool

Drag the sliders to change input values and see how the MCI changes!

Feedstock
Reused: 98%
Recycled: 2%

Destination after use
Reused: 100%
Recycled: 0%

Reduce Materials
Optimise Materials
Industrial Symbiosis

Design, Manufacture and Distribute
Usage
Maintain/Repair
Reuse/Redistribute
Refurbish/Remanufacture
Recycle
Products as a Service

Answer the questions below to find potential improvements in your organisation:

Remanufacturing/ Refurbishment of product or part

Expensive refurbishment/
remanufacturing costs Cheap refurbishment/
remanufacturing costs

CIRCULARITY TEST - CEIP SCORE

Instructions: Complete the General Information section (1), then answer the questions in the Circularity Test (2) and finally, view the results (3). Answer on the yellow boxes and navigate with the yellow arrows.

1 GENERAL INFORMATION

Product Name	Catalytic Converter
SKU Code	-
Manufacturer Code	-
Assessment date	May 2021
Assessed by	Group Number

2 QUESTIONNAIRE

Lifecycle	# Questions	Scored	Available	Rating
Design/Redesign	3	0	27	0%
Manufacturing	2	0	25	0%
Commercialisation	3	0	30	0%
In-use	4	0	35	0%
End of use	3	0	35	0%
TOTAL	25	0	152	0%

3 RESULTS

Product Rating	Product Ranking	Points
0%	Poor	0

Lifecycle	# Questions	Scored	Available	Rating
Design/Redesign	3	0	27	0%
Manufacturing	2	0	25	0%
Commercialisation	3	0	30	0%
In-use	4	0	35	0%
End of use	3	0	35	0%
TOTAL	25	0	152	0%

Dados

a	15,0%
b	65,0%
c	35,0%
d	95,0%
m	2
Lx	24
alfa	50,0%

Circularidade

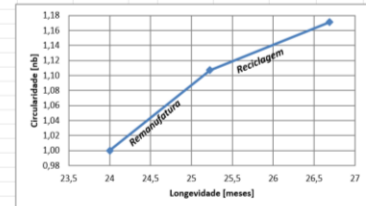
Na	1,00
a*b	9,75%
Nc	0,11
a*c*d	4,99%
p	5,47%
Nc	0,06

Longevidade

Lx	24
a*b*alfa	4,9%
La	1,23
Lc	1,46

Gráfico

L	N
24	1,00
25,23	1,11
26,69	1,17



Indicador	Formato	Referência
BIM-based Whole-life Performance Estimator (BWPE)	Fórmulas para calcular	(AKANBI et al., 2018)
Building Circularity Indicators (BCI)	Planilha dinâmica do excel	(VERBERNE, 2016)
Circular Economy Index (CEI)	Fórmulas para calcular	(DI MAIO; REM, 2015)
Circular Economy Indicator Prototype (CEIP)	Planilha dinâmica do excel	(CAYZER; GRIFFITHS; BEGHETTO, 2017)
Circular Economy Measurement Scale (CEMS)	Fórmulas para calcular	(NUNEZ-CACHO et al., 2018)
Circular Economy Performance Indicator (CEPI)	Fórmulas para calcular	(HUYSMAN et al., 2017)
Circular Economy Toolkit (CET)	Website	(EVANS; BOCKEN, 2013)
Circular Pathfinder (CP)	Website	(RESCOM, 2017a)
Circularity Calculator (CC)	Website	(RESCOM, 2017b)
Circularity Index (CI)	Fórmulas para calcular	(CULLEN, 2017)
Circularity Potential Indicator (CPI)	Planilha dinâmica do excel	(SAIDANI et al., 2017b)
Closed Loop Calculator (CLC)	Ferramenta computacional	(KINGFISHER, 2014)
Ease of Disassembly Metric (eDiM)	Planilha dinâmica do excel	(VANEGAS et al., 2018)
Eco-efficient Value Ratio (EVR)	Fórmulas para calcular	(SCHEEPENS; VOGTLÄNDER; BREZET, 2016)
Economic-Environmental Indicators (EEI)	Fórmulas para calcular	(FREGONARA et al., 2017)
Economic-environmental remanufacturing (EER)	Fórmulas para calcular	(VAN LOON; VAN WASSENHOVE, 2018)

Indicador	Formato	Referência
End-of-Life Recycling Rates (EoL-RRs)	Fórmulas para calcular	(GRAEDEL et al., 2011)
Input-Output Balance Sheet (IOBS)	Ferramenta computacional	(MARCOCAPELLINI, 2017)
Longevity and Circularity (L&C)	Fórmulas para calcular	(FIGGE et al., 2018)
Material Circularity Indicator (MCI)	Planilha dinâmica do excel	(ELLEN MACARTHUR FOUNDATION; GRANTA, 2015)
Material Reutilization Part (C2C)	Fórmulas para calcular	(C2C, 2014)
Mine site MFA Indicator (MI)	Fórmulas para calcular	(LÈBRE; CORDER; GOLEV, 2017)
Multidimensional Indicator Set (MIS)	Fórmulas para calcular	(NELEN et al., 2014)
Product-Level Circularity Metric (PCM)	Fórmulas para calcular	(LINDER; SARASINI; VAN LOON, 2017)
Recycling Indices (RIs)	Ferramenta computacional	(VAN SCHAIK; REUTER, 2016)
Recycling Rates (RRs)	Fórmulas para calcular	(HAUPT; VADENBO; HELLWEG, 2017)
Resource Duration Indicator (RDI)	Fórmulas para calcular	(FRANKLIN-JOHNSON; FIGGE; CANNING, 2016)
Reuse Potential Indicator (RPI)	Fórmulas para calcular	(PARK; CHERTOW, 2014)
Set of Indicators to Assess Sustainability (SIAS)	Fórmulas para calcular	(GOLINSKA et al., 2015)
Sustainability Indicators (SI)	Fórmulas para calcular	(MESA; ESPARRAGOZA; MAURY, 2018)

MCI



**CIRCULARITY
INDICATORS**

AN APPROACH TO MEASURING CIRCULARITY



MCI = 001



GRANTA
MATERIAL INTELLIGENCE



Material Circularity Indicator Dynamic Modelling Tool

Drag the sliders to change input values and see how the MCI changes!

	Feedstock	Destination after use
Reused	<input type="range" value="98%"/> 98%	<input type="range" value="100%"/> 100%
Recycled	<input type="range" value="2%"/> 2%	<input type="range" value="0%"/> 0%
Recycling efficiency	<input type="range" value="100%"/> 100%	<input type="range" value="100%"/> 100%
Lifespan	<input type="range" value="10,0 x industry average"/> 10,0 x industry average	
Functional units	<input type="range" value="10,0 x industry average"/> 10,0 x industry average	

Computation of the MCI:

W	0,00
W_p	0,00
W_r	0,00
W_c	0,00
W	0,00
X	100,00
(MCI)	0,01
$LF1$	0,00
MCI	1,00

Função Unidade funcional Fluxo de referência



Embalar e
proteger o
produto

Embalar
6000ml de
refrigerante

20 latas



10 garrafas

CIRCULARITY TEST - CEIP SCORE

Version 2.0
Updated
Contact

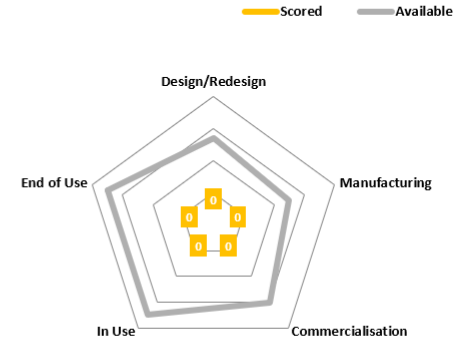
Instructions Complete the General Information section (1), then answer the questions in the Circularity Test (2) and finally, view the results (3). Answer on the yellow boxes and navigate with the yellow arrows.

1 GENERAL INFORMATION	
Product Name	Catalytic Converter
SKU Code	-
Manufacturer Code	-
Assessment date	May 2017
Assessed by	Group Number

2 QUESTIONNAIRE	
The questionnaire intends to evaluate in what degree the product fosters the Circular Economy principles throughout its different lifecycle stages.	To respond the questions click the link below →

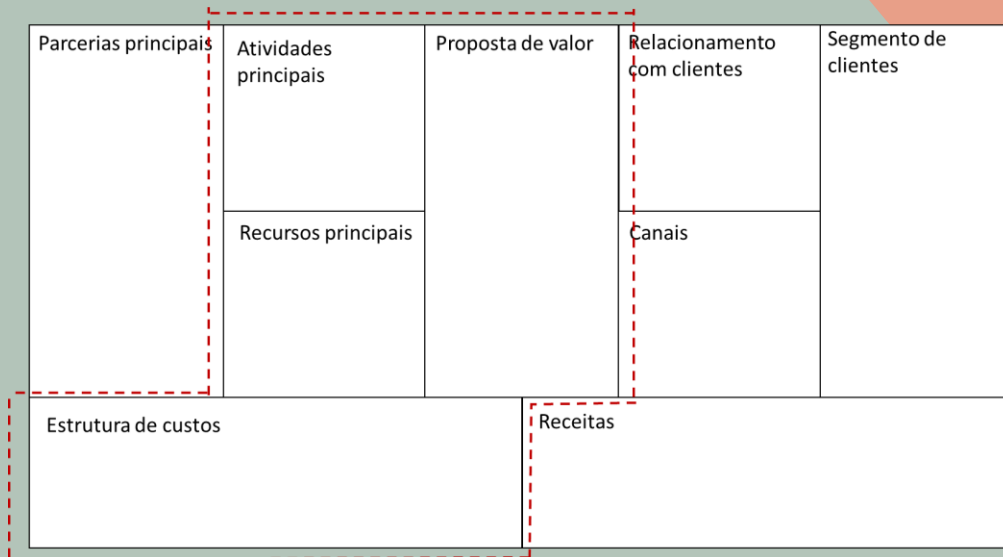
3 RESULTS			
Product Rating	Product Ranking	Points	
0%	Poor	Scored	Available
		0	152

Lifecycle	# Questions	Scored	Available	Rating	Ranking
Design/Redesign	3	0	27	0%	Poor
Manufacturing	2	0	25	0%	Poor
Commercialisation	3	0	30	0%	Poor
In Use	4	0	35	0%	Poor
End of Use	3	0	35	0%	Poor
TOTAL	15	0	152	0%	Poor



Indicadores da literatura

- Focados no fluxo de materiais (Moraga et al., 2019)
- Relacionados aos seguintes componentes do modelo de negócios:
 - Proposta de valor;
 - Atividades principais;
 - Recursos principais;
 - Estrutura de custos.



Publicações



Contents lists available at [ScienceDirect](#)

Journal of Cleaner Production

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jclepro



Circular economy indicators for organizations considering sustainability and business models: Plastic, textile and electro-electronic cases



Efigênia Rossi ^{a, *}, Ana Carolina Bertassini ^a, Camila dos Santos Ferreira ^a,
Weber Antonio Neves do Amaral ^b, Aldo Roberto Ometto ^a

^a São Carlos School of Engineering, University of São Paulo, 400 Trabalhador São-Carlense Avenue, São Carlos, SP, 13566-590, Brazil

^b Luiz de Queiroz College of Agriculture, University of São Paulo, 11 Pádua Dias Avenue, Piracicaba, SP, 13418-900, Brazil

ARTICLE INFO

Article history:

Received 28 March 2019

Received in revised form

24 October 2019

Accepted 1 November 2019

Available online 4 November 2019

Handling Editor: Prof. Jiri Jaromir Klemes

Keywords:

Indicators

Metrics

Circular business model

Sustainability

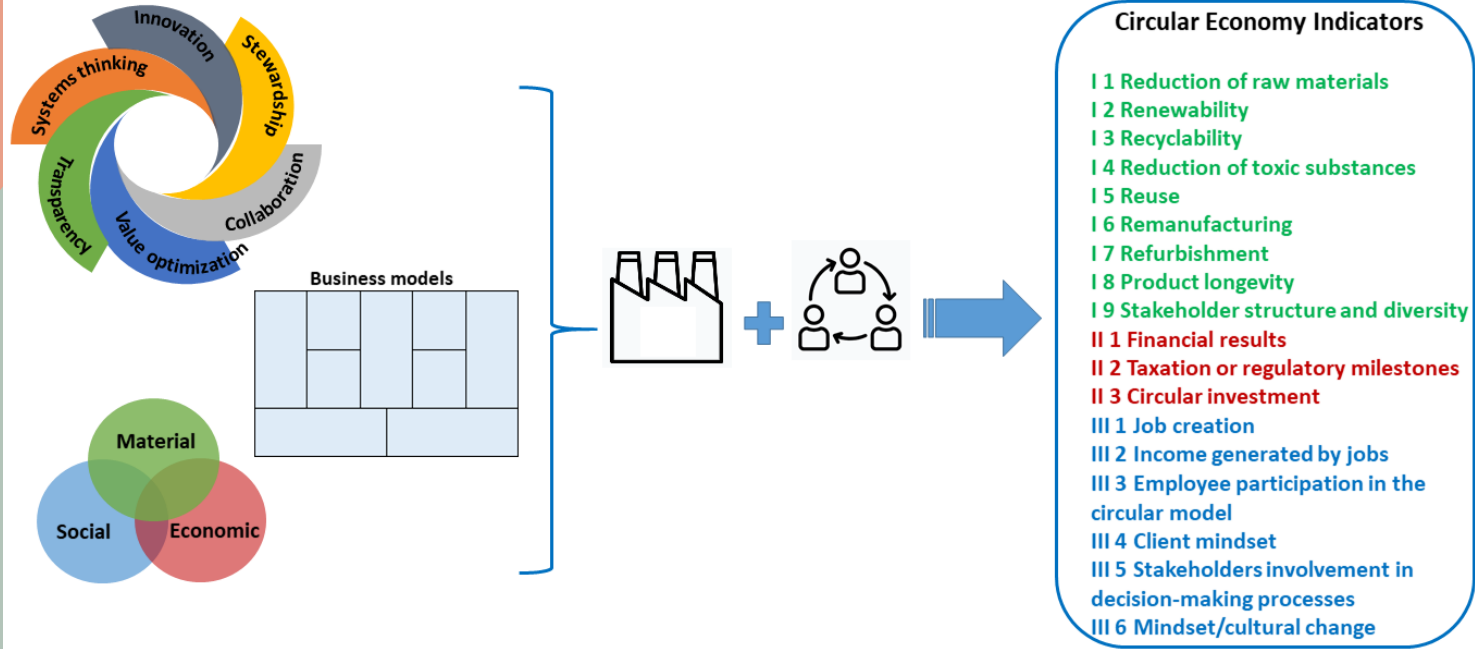
Circular economy

ABSTRACT

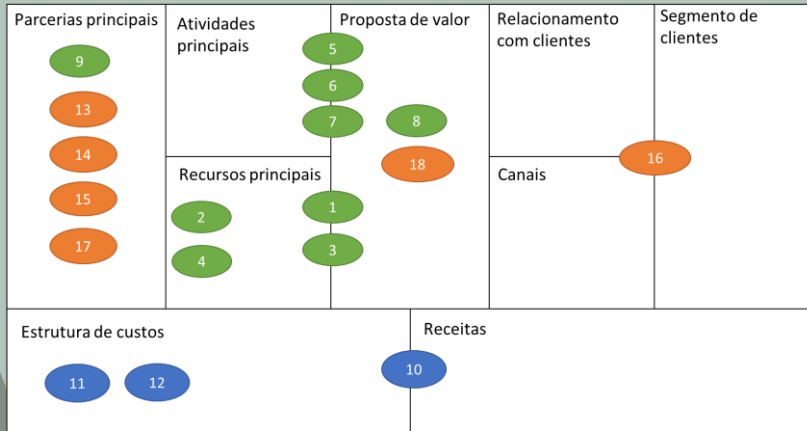
Circular Economy is the optimal point of sustainability, given that it offers a set of practices capable of generating more sustainable operations, making sustainability feasible in organizations. To measure the innovations brought by Circular Economy, there is a recent need to develop circularity indicators, mainly for micro level (companies and products). Furthermore, the complexity of Circular Economy implies in a set of multi-dimensional indicators instead of a single one. This paper aims to develop a set of indicators linking Circular Economy principles, Circular Business Model and the pillars of Sustainability. The set of indicators was developed based in the hypothetic-deductive approach, following a number of iterations (cycles) and testing the theory in the empirical world. A mix of research methods (e.g. expert consulting, user's feedback, and case studies) was applied. The proposed indicators should be able to achieve the principles of the Circular Economy, and, at the same time, help to meet the specificities and needs of each circular business model. The main contribution of this paper is the development of a group of indicators, focused in the three dimensions of Sustainability (environmental (from material perspective), economic and social), applied in Circular Business Models to capture the innovations brought by Circular Economy that conventional indicators do not measure. Moreover, they will help any company to identify areas with high importance and potential for improvement, and thus increase Circular Economy performance in an efficient, clear and prompt manner. These indicators were applied in three Brazilian companies which have three different Circular Business Models. The results show that data from economic and social dimensions was not available or was diffused in the companies. It represents a barrier because most of the positive impacts gained with Circular Economy are presented in the social dimension, including job creation, mindset change, etc.

© 2019 Elsevier Ltd. All rights reserved.

Publicações



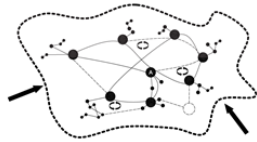
Publicações



- Material
- Econômico
- Social

- I 1 Redução do uso de materiais
- I 2 Renovabilidade
- I 3 Reciclabilidade
- I 4 Redução de substâncias tóxicas
- I 5 Reuso
- I 6 Remanufatura
- I 7 Recondicionamento
- I 8 Longevidade
- I 9 Estrutura e diversidade das partes interessadas
- II 1 **Resultados Financeiros**
- II 2 **Tributação**
- II 3 **Investimento Circular**
- III 1 Geração de empregos
- III 2 Renda gerada pelos empregos gerados
- III 3 Participação dos funcionários no modelo circular
- III 4 Caracterização do mercado
- III 5 Participação das partes interessadas nos processos de decisão
- III 6 Mudança do Mindset/cultural

Publicações

Dimensão	Indicador	Obtenção dos dados	Exemplo	Área funcional da empresa
I) Material	1) Redução do uso de materiais	Porcentagem da massa de materiais reduzida no processo ou no produto	Redução de 3% em massa do produto	Desenvolvimento do produto e processo
	2) Renovabilidade	Porcentagem da utilização de energia e materiais renováveis	Utilização de 65% energia solar	Desenvolvimento do produto e processo
	3) Reciclabilidade	Porcentagem de massa de materiais reciclados e potencial de reciclagem no produto	Utilização de 80% de papel reciclado no produto	Desenvolvimento do produto
	4) Redução de substâncias tóxicas	Porcentagem da massa de materiais tóxicos reduzidos no produto	Substituição de 100% do mercúrio por outra substância	Desenvolvimento do produto
	5) Reuso	Porcentagem de materiais reutilizados no processo ou no produto	Utilização de 50% do produto original	Desenvolvimento do produto e processo
	6) Remanufatura	Porcentagem de produtos remanufaturados	Remanufatura de 80% dos produtos	Desenvolvimento do produto
	7) Recondicionamento	Porcentagem de componentes do produto que são recondicionados	Recondicionamento de 20% dos componentes	Desenvolvimento do produto
	8) Longevidade	Porcentagem de vida útil adicionada ao produto (a mais que a média do mercado)	Durabilidade de 1,2x a mais que a média do mercado	Desenvolvimento do produto
	9) Estrutura e diversidade das partes interessadas	Mapeamento de partes interessadas		Recursos humanos

Publicações

Dimensão	Indicador	Obtenção dos dados	Exemplo	Área funcional da empresa
II) Econômico	10 Resultados Financeiros	Quantitativo da redução de custos, geração de receita e rentabilidade	Redução de 8 mil reais	Financeiro
	11) Tributação	Impostos cobrados e taxas relacionadas às atividades circulares	ISS 2% + PIS/Cofins 9.65% + eventual INSS	Financeiro
	12) Investimento Circular	Quantitativo monetário do investimento	Investimento de 10 mil reais	Financeiro

Publicações

Dimensão	Indicador	Obtenção dos dados	Exemplo	Área funcional da empresa
III) Social	13) Geração de empregos	Quantitativo do número de funcionários diretos e indiretos do modelo de negócios circular	Criação de 50 empregos diretos e 150 indiretos (cooperativas)	Recursos humanos
	14) Renda gerada pelos empregos gerados	Quantidade de renda relativa aos empregos gerados	Renda de aproximadamente 20.000 reais	Financeiro
	15) Participação dos funcionários no modelo circular	Relação entre empregos gerados com o nível hierárquico	Estratégico (2), tático (5) e operacional (20)	Recursos humanos
	16) Mindset do cliente	Caracterização do cliente (motivação e intenção), valor percebido do produto e canais de comunicação	Cliente de faixa etária 15-25 anos, classe B, disposição a comprar produtos com rotulagem ambiental, canal de comunicação internet	Marketing
	17) Participação das partes interessadas nos processos de decisão	Relação entre as partes interessadas e as tomadas de decisão na organização (estratégia e gestão, econômica, operacional e de inovação.)	Tomadas de decisão estratégica (interno), econômica (consultoria e interno), operacional (cooperativas, interno), inovação (universidades e interno)	Recursos humanos e responsabilidade social
	18) Mudança do Mindset/cultural	Descrição de como ocorreu a mudança de mindset/cultural na organização	A mudança ocorreu por meio de workshop com Universidade no sentido de inserir a Economia Circular em um novo modelo de negócio da empresa.	Gestão da mudança

Dinâmica

- Utilizar os dois indicadores (MCI e CEIP) apresentados para testar sua aplicabilidade
- Analisar quais princípios da EC eles identificam
- Compreender a aplicabilidade e facilidade de uso (pontos fortes e fracos)
- Apresentar o resultado para a sala

Referências

ALAMEREW, Y. A. et al. A Multi-Criteria Evaluation Method of Product-Level Circularity Strategies. *Sustainability*, v. 12, n. 12, p. 5129, jan. 2020.

BLESSING, L. T. M.; CHAKRABARTI, A. *DRM: a Design Research Methodology*. Londres: Springer, 2009.

BSI. *BS 8001:2017. Framework for Implementing the Principles of the Circular Economy in Organizations – Guide*. London: The British Standards Institution, 2017.

ELIA, V.; GNONI, M. G.; TORNESE, F. Measuring circular economy strategies through index methods: A critical analysis. *Journal of Cleaner Production*, v. 142, p. 2741–2751, 2017.

GENG, Y. et al. Towards a national circular economy indicator system in China: An evaluation and critical analysis. *Journal of Cleaner Production*, v. 23, n. 1, p. 216–224, 2012.

KAYAL, B. et al. An economic index for measuring firm's circularity: The case of water industry. *Journal of Behavioral and Experimental Finance*, v. 21, p. 123–129, 1 mar. 2019.

KOEIJER, B.; WEVER, R.; HENSELER, J. Realizing Product-Packaging Combinations in Circular Systems: Shaping the Research Agenda. *Packaging Technology and Science*, v. 30, n. 8, 2016.

Referências

KRISTENSEN, H. S.; MOSGAARD, M. A. A review of micro level indicators for a circular economy – moving away from the three dimensions of sustainability? **Journal of Cleaner Production**, v. 243, 2020.

LONCA, G. et al. Does material circularity rhyme with environmental efficiency? Case studies on used tires. **Journal of Cleaner Production**, v. 183, p. 424–435, 2018.

MORAGA, G. et al. Circular economy indicators: What do they measure? **Resources, Conservation and Recycling**, v. 146, p. 452–461, 2019.

NIERO, M.; KALBAR, P. P. Coupling material circularity indicators and life cycle based indicators: A proposal to advance the assessment of circular economy strategies at the product level. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 140, p. 305–312, 1 jan. 2019.

PARCHOMENKO, A. et al. Measuring the circular economy – A Multiple Correspondence Analysis of 63 metrics. **Journal of Cleaner Production**, v. 210, p. 200–216, 10 fev. 2019.

PIERONI, M. P. P.; MCALOONE, T. C.; PIGOSSO, D. C. A. Business model innovation for circular economy and sustainability: A review of approaches. **Journal of Cleaner Production**, v. 215, p. 198–216, 2019.

Muito obrigada!



Programa de Pós-graduação em Ciências da Engenharia Ambiental

