

# tecno metal

INOVAÇÃO NAS EMPRESAS DE  
METALURGIA E METALOMECÂNICA

Bimestral Janeiro | Fevereiro 2014 7,50€



**TecnoMetal entrevista  
Pedro Gonçalves,  
Secretário de Estado da Inovação,  
Investimento e Competitividade**

**Aplicação da simulação numérica  
a um caso prático industrial  
de embutidura**

**Nova Diretiva dos REEE introduz  
o Representante Autorizado**



## A ecoeficiência como uma ferramenta de apoio à decisão para melhorar o desempenho económico e ambiental dos Sistemas de Produção

### – A abordagem do Projeto Mobilizador Produtech PSI

O Projeto PRODUTECH PSI – Novos Produtos e Serviços para a Indústria Transformadora, através do sub projeto PPS5, Eficiência Energética e Ambiental dos Sistemas de Produção, visa o desenvolvimento de ferramentas de avaliação e melhoria da ecoeficiência de sistemas de produção, com o intuito de fomentar o desenvolvimento sustentável das empresas de diversos setores, através da melhoria, nomeadamente, da eficiência energética, otimização de matérias-primas e outros recursos, redução de desperdícios e gestão ecológica de resíduos.

Texto: António Baptista, Emanuel Lourenço [INEGI – Instituto de Engenharia Mecânica e de Gestão Industrial]; Eduardo João Silva [ISQ – Instituto de Soldadura e Qualidade]; Fernando Cunha, Bráulio Marques [CENI – Centro de Integração e Inovação de Processos] e Paulo Peças [IST – Instituto Superior Técnico]

#### Sumário

Os sistemas de produção integram os processos industriais que realizam todos os tipos de bens e equipamentos que são colocados no mercado. Portanto, é de extrema importância avaliar a relação entre o desempenho económico e ambiental dos sistemas de produção, ou seja da sua ecoeficiência, de modo a auxiliar a tomada decisão para aumentar de modo integrado a eficiência energética e de recur-

sos. Nesse sentido, no âmbito do projeto PSI PPS 5, foi desenvolvida uma ferramenta de avaliação do desempenho da ecoeficiência.

Este trabalho apresenta uma abordagem metodológica suportada por quatro etapas:

- ↳ Inventário (composição de dados);
- ↳ Avaliação do Desempenho Ambiental;
- ↳ Avaliação do Ciclo de Vida;
- ↳ Modelação de Valor e Custo.

Os resultados obtidos podem ser utilizados para avaliar o desempenho de ecoeficiência de sistemas de produção, assim como auxiliar na identificação dos processos unitários ou dos aspetos mais críticos em termos desempenho ambiental ou económico, permitindo assim atuar de modo a melhorar continuamente os sistemas de produção.

## 1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento sustentável, assente numa visão de futuro que conjugue o crescimento económico e as questões energéticas e ambientais, levará as empresas a procurarem soluções para melhorarem a eficiência energética e ambiental dos seus sistemas de produção. No entanto, avaliar a sustentabilidade e a sua evolução é uma tarefa complexa, pois a sustentabilidade, além de compreender aspetos económicos e ecológicos, também inclui aspetos sociais e de bem-estar. Portanto, a ecoeficiência tem assumido um papel fundamental no âmbito do desenvolvimento sustentável, na medida em que a sua “importância prática e teórica reside na sua capacidade de combinar o desempenho de dois dos três eixos do desenvolvimento sustentável, nomeadamente o eixo ecológico e económico” [1].

O Decreto-Lei n.º 69/2003 de 10/04/2003 define a ecoeficiência como a “Estratégia de atuação conducente ao fornecimento de bens e serviços competitivos que satisfaçam as necessidades humanas, e que, em simultâneo e progressivamente, reduzam os impactos ambientais e a intensidade de recursos ao longo do ciclo de vida dos produtos para um nível de conformidade com a capacidade recetora do planeta, em sintonia com o objetivo do desenvolvimento sustentável”.

De modo sintético, a ecoeficiência mede a relação entre crescimento económico e os danos ambientais associados a esse crescimento. Essa relação é geralmente expressa pelo rácio entre o valor económico e influência ambiental (equação 1).

$$\text{(Equação 1) Ecoeficiência} = \frac{\text{Valor do Produto ou Serviço (VP)}}{\text{Influência Ambiental (IA)}} \quad [2]$$

O objetivo principal da ecoeficiência passa pois por criar mais valor com menor impacto ambiental associado. De acordo com o *World Business Council for Sustainable Development (WBCSD)*, as avaliações do desempenho de ecoeficiência auxiliam na avaliação do progresso sustentável e na comunicação, interna e externa das organizações (empresas ou entidades públicas), do seu desempenho económico e ambiental.

O WBCSD identificou sete princípios que podem ser abordados, para a melhorar a ecoeficiência de sistemas de produção [2]:

1. Redução da intensidade dos materiais consumidos para a obtenção de bens e serviços;
2. Redução da intensidade da energia consumida para a obtenção de bens e serviços;
3. Redução da dispersão de substâncias tóxicas;
4. Aumento da reciclabilidade dos materiais;
5. Maximização do uso sustentável dos recursos renováveis;
6. Aumento da durabilidade dos produtos;

7. Aumento da intensidade do serviço de bens e serviços.

### 1.1. Objetivo e âmbito

O objetivo desta abordagem metodológica consiste em avaliar o desempenho de ecoeficiência e consequentemente auxiliar a tomada de decisões que as empresas devem tomar no sentido da melhoria dos seus sistemas produtivos. Esta abordagem visa também apoiar e fomentar o desenvolvimento de estratégias de melhoria contínua.

A metodologia de avaliação do desempenho de ecoeficiência foi estruturada de modo a permitir que seja feita uma avaliação dos impactos ambientais e económicos aos diversos processos unitários que compõem o sistema de produção. De um modo geral, os resultados obtidos permitem:

- ↳ Identificar e avaliar os processos unitários, nomeadamente os processos com pior desempenho de ecoeficiência;
- ↳ Auxiliar na definição de estratégias a implementar para melhorar o desempenho de ecoeficiência;
- ↳ Identificar e quantificar as variáveis ou aspetos chave que têm mais influência no resultado do desempenho de ecoeficiência;
- ↳ Quantificar as variações no desempenho de ecoeficiência ao longo do tempo, e as variações do desempenho devido a introdução de uma nova máquina ou tecnologia, no sistema de produção;
- ↳ Identificar os aspetos ambientais significativos assim como quantificar os Indicadores Chave de Desempenho Ambiental;
- ↳ Relacionar cada um dos sete princípios da ecoeficiência com os aspetos ambientais e consequentemente com os indicadores de ecoeficiência mais adequados.

## 2. FUNDAMENTOS DE UMA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DA ECOEFICIÊNCIA

A ecoeficiência é um tema central no âmbito da Ecologia Industrial [3]. O conceito de Ecologia Industrial é baseado em uma analogia entre os sistemas ecológicos e sistemas industriais, onde a saída de “resíduos” de uma indústria deve tornar-se a “matéria-prima” para outro. Na natureza este processo é infinitamente ecoeficiente, pois sabemos que o equilíbrio é mantido por ciclos sem intervenção humana (ou seja, o ciclo de H<sub>2</sub>O, o ciclo de CO<sub>2</sub>, etc.).

Para promover um comportamento similar em sectores industriais onde fluem materiais e energia é necessário definir atividades compatíveis, para implementar um ciclo de processamento fechado em cada fluxo (material ou energia), formando um sistema isolado do meio ambiente. As leis da física estabelecem que isso será

impossível. Um verdadeiro processo produz sempre desperdícios (material ou energia) e será necessário um número infinito de reincorporações para corrigir e fechar o ciclo. Pode ser adotada outra abordagem para medir a convergência destes comportamentos: A ecoeficiência. O prefixo eco refere-se tanto à economia, bem como à ecologia. Além disso, o conceito de eficiência é a quantificação de quanto a intervenção humana pode adaptar-se e contribuir para o objetivo crucial de desenvolvimento sustentável, que combina os objetivos de proteção ambiental e crescimento económico.

### 2.1. Descrição genérica das etapas de uma avaliação de desempenho de ecoeficiência

Stephan Schmidheiny e o WBCSD transmitiram o conceito ecoeficiência através de uma publicação intitulada *Changing Course*. Desde então, a consciência ambiental pode ser avaliada e até quantificada através da ecoeficiência dos sistemas de produtivos pela norma ISO 14045:2012 [4]. De acordo com a ISO 14045:2012, uma avaliação ecoeficiência compreende cinco fases iterativas, apresentados na Figura 1.

A sequência de fases deve ser respeitada, mesmo que para atingir uma coerência entre objetivos e resultados sejam necessários ajustes (de dados e aos métodos utilizados). Os referidos ajustes devem ser conduzidos por uma análise de sensibilidade das diferentes opções metodológicas para entender como estas afetam os resultados da avaliação de ecoeficiência. Por isso, a saída de cada fase é relevante para estabelecer novas especificações das fases anteriores e seguin-

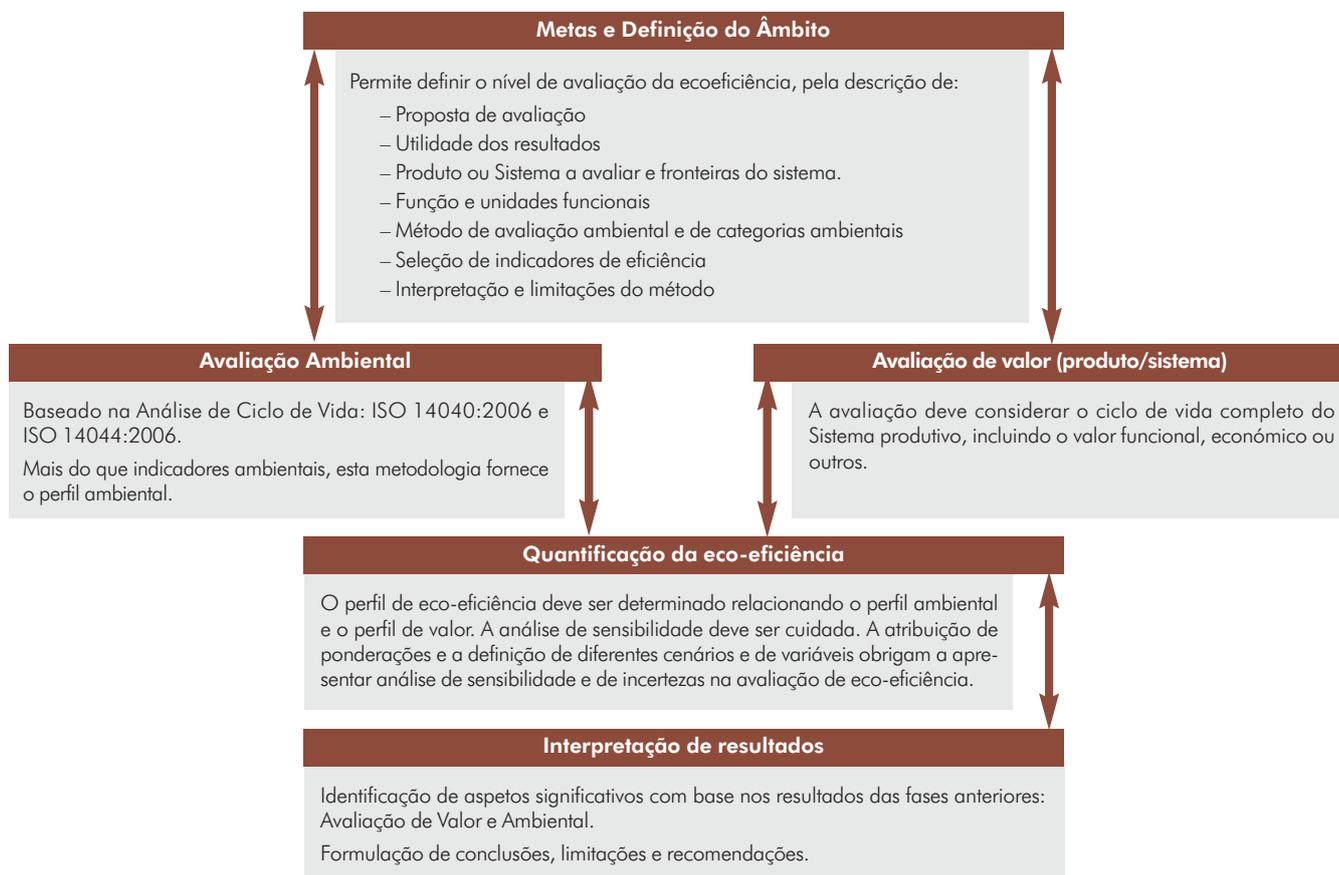


Figura 1 – As cinco fases iterativas para a avaliação ecoeficiência (ISO 14045:2012)

tes. Cada passo deve ser revisto para verificar se a abordagem está a efetuar uma análise de ecoeficiência congruente.

Na prática, a análise de ecoeficiência é alcançada através da prossecução de três medidas principais:

- ↳ Aumentar o valor do produto ou serviço;
- ↳ Otimizar o uso de recursos;
- ↳ Reduzir o impacto ambiental.

## 2.2 Princípios, objetivos e benefícios de uma avaliação de desempenho de ecoeficiência

As medidas de ecoeficiência mencionadas na seção anterior sugerem um novo paradigma: “fazer mais com menos é melhor do que fazer bem à primeira”.

Tabela 1 – Relação entre as Medidas de ecoeficiência e os Princípios de ecoeficiência

Medidas de ecoeficiência	Princípios de ecoeficiência
Otimizar a utilização de recursos	Reduzir a intensidade material
	Reduzir a intensidade energética
	Aumentar a reciclabilidade
Reduzir o impacto ambiental	Reduzir a dispersão de substâncias tóxicas
	Maximizar o uso de recursos renováveis
Aumentar o valor do produto/serviço	Estender a durabilidade do produto
	Aumentar a intensidade do serviço

Com o objetivo de atingir maior valor, associado a baixos consumos de materiais e energia, com emissões reduzidas, o WBCSD identificou, como foi atrás referido, sete elementos ou princípios de ecoeficiência que as empresas devem utilizar para aumentar a sua ecoeficiência [5]. O conceito é composto pelas medidas de ecoeficiência onde se enquadram os sete princípios da ecoeficiência e que é mostrado na tabela 1.

Para um relatório anual ou para um produto específico, a avaliação da ecoeficiência deve de ser comunicada com uma abordagem similar à que normalmente se utiliza para relato das informações financeiras.

A utilidade nas demonstrações de ecoeficiência é fornecida por características qualitativas [6]. As quatro principais características qualitativas são apresentadas de seguida.

**Entendimento:** Deve ser incluída informação sobre questões ambientais complexas, relevantes para os utilizadores, e necessárias à tomada de decisão.

**Relevância:** A informação deve ser capaz de ajudar os utilizadores na tomada de decisão, para avaliar o presente, confirmar o futuro, ou corrigir desempenhos do passado.

**Confiabilidade:** A informação tem de ser livre de erros materiais e preconceitos, no entanto, tem de lidar com as incertezas que inevitavelmente rodeiam muitos acontecimentos e circunstâncias.

**Comparabilidade:** A medição do impacto ambiental das atividades e outros acontecimentos devem ser realizadas de forma consistente em toda a empresa e ao longo do tempo.

A explicação de cada característica está relacionada com os benefícios da avaliação da ecoeficiência do seguinte modo:

- ↳ As questões ambientais complexas tornam-se compreensíveis e integráveis no controlo de gestão;
- ↳ A disponibilidade de dados em diferentes momentos para definir e melhorar o desenvolvimento sustentável;
- ↳ A aplicação de uma metodologia de avaliação cientificamente comprovada;
- ↳ A avaliação é atualizável para novas abordagens, ao longo do tempo, permitindo identificar tendências de acordo com o desenvolvimento do conhecimento.

## 3. DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA INTEGRADA DE ECOEFICIÊNCIA

A Figura 2 é uma representação esquemática da abordagem metodológica de avaliação do desempenho

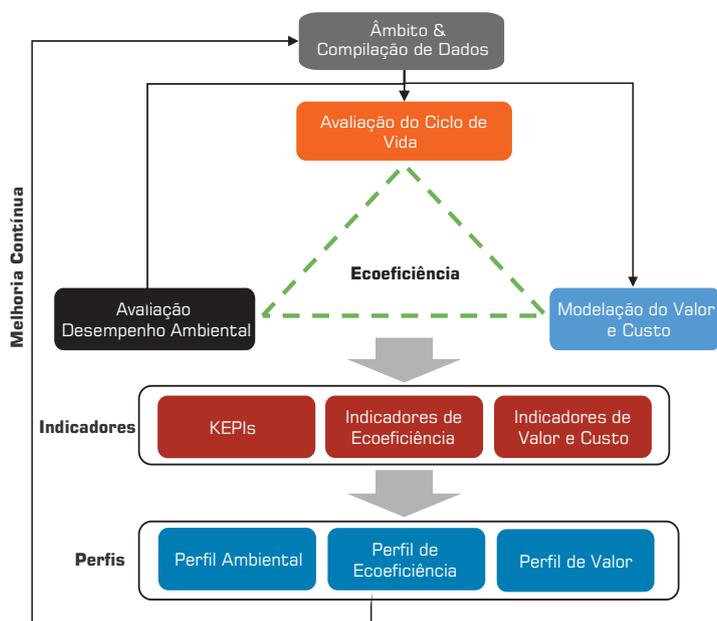


Figura 2 – Representação esquemática da abordagem metodológica (KEPIs – Key Environmental Performance Indicators)

de ecoeficiência. Note-se que a interação entre a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), a Avaliação de Desempenho Ambiental (ADA) e a Modelação do Custo e Valor (MVC) resulta num conjunto de indicadores de apoio à decisão, e consequentemente essa interação dá origem ao perfil ambiental, perfil de valor e perfil de ecoeficiência.

As secções que se seguem (secções 3.1 e 3.2) descrevem a integração dos dois elementos chave, nomeadamente a integração da componente ambiental com a componente de valor e custo.

### 3.1. Integração do desempenho ambiental

Uma gestão precisa das questões ambientais é essencial para alcançar a melhoria contínua, que se tornou um princípio fundamental para as organizações bem-sucedidas. A implementação de uma avaliação ambiental eficaz sobre os elementos que têm impacto sobre o meio ambiente pode levar, não só a uma melhor compreensão das atividades executadas pela empresa, das suas linhas de orientação e respetivas barreiras, mas também para a redução de custos, contribuindo para a prosperidade a longo prazo de uma organização.

Consequentemente, a avaliação ambiental é um dos temas centrais de uma metodologia de ecoeficiência, juntamente com o valor económico, técnico ou físico gerado. Na prática, a razão entre estes dois temas pretende estimular a produtividade e a inovação, ao aumentar a competitividade e o desempenho ambiental.

Assim, para apoiar a tomada de decisão na redução da influência ambiental do sistema em análise, os resultados da avaliação do ciclo de vida são utilizados com quatro propósitos distintos, no âmbito da metodologia proposta:

- ↳ Apresentar os resultados da ACV;
- ↳ Gerar rácios de ecoeficiência;

- ↳ Quantificar indicadores chave de desempenho ambiental (ICDA)
- ↳ Fornecer uma base técnica para simulação de cenários e avaliação de metas alternativas.

Começando pelos resultados da ACV, estes podem servir diferentes propósitos, nomeadamente, a perceção da influência ambiental exercida pelos diferentes aspetos ambientais, a contribuição de cada aspeto ambiental para o desempenho ambiental global e a identificação dos aspetos com influência mais significativa para o desempenho do sistema, sob os quais deve ser dada maior atenção durante o desenvolvimento de medidas de melhoria.

Relativamente aos rácios de ecoeficiência, a sua intenção é ajudar as empresas na criação de ligações entre o desempenho ambiental e valor gerado. O seu objetivo é fornecer uma visão clara da situação real do sistema e do seu desempenho, e auxiliar a implementação de estratégias através da ligação dos vários níveis do sistema com metas e referenciais definidos.

Numa mesma perspetiva, os ICDA (ou KEPI, *key environmental performance indicators*, na terminologia inglesa) são métricas quantificáveis que refletem o desempenho ambiental de um sistema. Estes dotam as empresas de uma ferramenta de medição, concentrando-se em “medidas chave”, ou seja, nos aspetos ambientais mais importantes para a empresa. No entanto, ao contrário dos rácios de ecoeficiência, os KEPI’s são apresentados em função de quantidades ou impactos ambientais gerados (isto é kWh de eletricidade, kg de resíduos, toneladas de CO<sub>2</sub> eq. emitido, etc.).

Tabela 2 – Princípios de ecoeficiência e a influência no inventário

Princípios de Ecoeficiência	Influência no Inventário
Redução da Intensidade material	Quantidade de matérias-primas e consumíveis consumidos
Redução da intensidade energética	Quantidade de energia consumida
Redução da dispersão de substâncias tóxicas	Quantidade dos aspetos ou parâmetros com influência para a ecotoxicidade
Aumento da reciclabilidade dos materiais	Quantidade de resíduos enviados para aterro e incineração
Maximização do uso sustentável de recursos renováveis	Quantidade de água consumida e energia produzida a partir de fontes renováveis

Por fim, no sentido de proporcionar um apoio eficaz para a tomada de decisão, a metodologia proposta inclui um módulo de simulação para avaliar cenários alternativos, metas e objetivos. Isto é conseguido através da criação de ligações de influência direta entre os dados de inventário e as metas definidas pela organização para cada princípio da ecoeficiência, conforme apresentado na Tabela 2.

Estas ligações permitem portanto a criação de um modelo de alocação recíproca, que influencia os dados de inventário através da definição de objetivos e, por outro lado, permite a definição desses mesmos objetivos através da inclusão de alterações nos dados de inventário.

Neste sentido, do ponto de vista ambiental, a metodologia pode ser utilizada para:

- ↳ Simular cenários alternativos, através da definição de metas de ecoeficiência ou de alterações nos dados de inventário;
- ↳ Avaliar as metas definidas para cada um dos princípios de ecoeficiência, através da identificação das alterações necessárias para atingir essas metas;
- ↳ Auxiliar na definição dos objetivos organizacionais, através da criação de cenários e avaliação de suas consequências.

### 3.2. Integração o modelo de modelação do valor e custos

O uso da ecoeficiência como uma métrica para promover a sustentabilidade implica avaliar o produto ou o desempenho do sistema numa perspetiva de ciclo de vida. Como indicador do valor do produto pode-se utilizar o Custo do Ciclo de Vida que integra todos os custos associados a um produto ao longo de vida do produto “desde o berço ao túmulo”. No entanto, o valor intrínseco de um produto ou sistema não se descreve apenas pelo seu custo, mesmo que este seja usado numa perspetiva de ciclo de vida. Na verdade, o valor económico de um produto ou serviço pode ser determinado por vários métodos (vendas líquidas, valor acrescentado bruto, EBITDA, etc.).

Assim, os indicadores de valor a utilizar devem representar um tipo de valor criado durante o tempo de vida do produto ou sistema, garantindo desta forma uma perspetiva de ciclo de vida para o numerador do conceito de ecoeficiência. Acresce que também podem ser utilizados indicadores que meçam a importância para o utilizador de uma dada característica funcional. Como exemplos podem-se referir o brilho de uma lâmpada – fluxo luminoso (lumens) ou a durabilidade – vida útil (anos). Este tipo de medição de valor é uma quantidade numérica que representa o desempenho funcional de um produto e devem ser maximizados.

### 3.3. Resultados globais

#### 3.3.1. Resultados dos Indicadores

O primeiro nível de resultados, que advém da utilização e aplicação desta abordagem para avaliação da ecoeficiência, é composto por um conjunto de indicadores de apoio à decisão. Nomeadamente

Tabela 3 – Exemplo de KEPIs de um sistema de produção

Categorização dos KEPIs	
Quantidade Global	Quantidade global de massa (kg) ou energia (kWh)
Aspetos Ambientais Específicos	Tinta consumida (kg ou Pt) Energia consumida (kWh ou Pt)
Relevância Ambiental	Resíduos enviados para aterro (kg) Resíduos enviados para incineração (kg)
Substância de Referência	Emissão de Gases com Efeito de Estufa (kgCO <sub>2</sub> eq.)
Categoria de dano	Impacto total na Saúde Humana (Pt)
Impacto Ambiental Global	Influência Ambiental Total (Pt)

Tabela 4 – Exemplo de indicadores de valor de um sistema produtivo

Indicadores de valor	
Indicadores Gerais	Quantidade de produtos produzidos (Ton, kg, #)
	Vendas (€)
Indicadores específicos	Valor Acrescentado Bruto (€)
	Valor Bruto da Produção (€)
	EBITDA (€)
	Custo de Produção (€)
	Durabilidade do Produto (Anos)

pelos indicadores chave de desempenho ambiental (KEPIs), exemplificados na Tabela 3 e indicadores de valor e custo, exemplificados na Tabela 4.

Para o caso dos KEPIs, estes podem ser apresentados e quantificados (em termos físicos) sob a forma de massa ou energia (kg, kWh, m<sup>3</sup>) ou podem ser apresentados e quantificados em termos de impacto ambiental quer através da substância de referência (kg CO<sub>2</sub> eq., kgSO<sub>2</sub> eq.) quer através da Influência ambiental ou categoria de dano (Pontos de Impacto Ambiental (Pt)) (ver Tabela 3).

Este conjunto de indicadores de desempenho visa aumentar o volume de informação e deste modo apoiar a tomada de decisões quer visem a melhoria do desempenho ambiental.

Os indicadores de valor podem ser apresentados sob a forma de indicadores económicos ou indicadores funcionais que caracterizem o sistema de produção ou produto em análise. Os indicadores de valor podem ser específicos ou gerais (ver Tabela 4).

Os indicadores de ecoeficiência são quantificados/calculados através do rácio entre um indicador de valor e a influência ambiental (Pt) (ver Equação 1). Os indicadores de ecoeficiência podem ser utilizados para avaliar e aferir as tendências do desempenho de ecoeficiência ao longo do tempo. Por exemplo um indicador de valor relacionado com o sistema de produção (como a quantidade de produtos produzidos)

sobre a influência ambiental (Pt) que advém do consumo de energia elétrica, pode ser utilizado para aferir se o desempenho de ecoeficiência do sistema de produção, no que respeita ao consumo energético, está a melhorar ou não.

### 3.3.2. Resultados dos Perfis

A integração das informações de ecoeficiência na tomada de decisões e processos de comunicação é uma recomendação do WBCSD [5]. Atualmente a informação sobre o desempenho ambiental é necessária para satisfazer diferentes solicitações, todas elas com um único objetivo: proporcionar o perfil da empresa ou do produto que agregado ao valor acrescentado para a sociedade ou para o mercado.

Apoiado no facto de que os indicadores ambientais, por si só, não representam necessariamente o desempenho ecoeficiente da atividade, em combinação com indicadores específicos do negócio constituem rácios de ecoeficiência significativos para fornecer um perfil de desempenho ecoeficiente.

A significância dos rácios de ecoeficiência é um critério importante, pelo facto de se considerar um aspeto da sustentabilidade que deve demonstrar claramente: o valor acrescentado versus a influência ambiental. Portanto, o denominador do rácio deve ser um resultado da avaliação de impacto ambiental.

A estrutura de apresentação do Perfil de Ecoeficiência foi adotada da proposta do WBCSD [5] e deve ser atualizada pelos sistemas de controlo de gestão, fazendo parte dos compromissos da empresa e da rotina de comunicação do desempenho ambiental:

**Perfil da Organização:** Fornece em que contexto se refere a informação sobre eco-eficiência, como os funcionários, os segmentos de negócios, os produtos primários e alterações na estrutura da empresa;

**Perfil do Valor:** Indicadores de valor, incluindo informações financeiras, a quantidade de produtos, ou indicadores funcionais para produtos específicos;

**Perfil Ambiental:** Inclui indicadores de influência ambiental, bem como indicadores específicos relacionados com a conceção do produto/serviço, produção e utilização;

**Perfil de Ecoeficiência:** Indicadores de ecoeficiência mais relevantes e também indicadores aproximação aos objetivos / princípios de ecoeficiência.

## 4. MÓDULOS DA METODOLOGIA ECOEFICIÊNCIA

A metodologia integrada de avaliação do desempenho de ecoeficiência engloba quatro módulos principais, nomeadamente: Definição do âmbito de aplicação e compilação de dados; Avaliação do Desempenho Ambiental; Avaliação do Ciclo de Vida; e Modelação do Custo e Valor.

### 4.1. Âmbito e compilação de dados

A primeira etapa passa pela definição do objetivo e âmbito de aplicação da metodologia, define-se o sistema de produção que será estudado e para que fim é que os resultados obtidos serão utilizados [1]. As fronteiras do sistema também são definidas nesta fase. De um modo geral as fronteiras definem barreiras virtuais, onde se distingue quais os processos unitários que devem ser considerados e até que extensão. Note-se que as fronteiras devem ser as mesmas quer para o valor do produto quer para a influência ambiental [2]. Por fim, define-se a unidade funcional (métrica). De acordo com a ISO 14040 a unidade funcional tem como finalidade servir de métrica referência para a avaliação de dados ambientais e valor [7].

A compilação de dados é a tarefa que se segue. Esta tarefa é de grande importância na medida em que a qualidade dos dados pode influenciar os resultados da avaliação de desempenho de ecoeficiência. A recolha e compilação de dados consiste em quantificar todos os fluxos de entrada e saída para cada processo unitário. Esta abordagem metodológica, além de levantar os dados de cariz ambiental tem também que permitir a compilação dos dados relativos ao valor e custo.

Os dados necessários podem ser provenientes de vários relatórios e documentos, nomeadamente: relatórios de monitorização; registos de compra; relatórios da produção; relatórios financeiros, etc. Depois de compilar todos os dados, estes devem ser tratados em função da métrica definida (unidade funcional).

### 4.2. Avaliação do desempenho ambiental

A identificação e avaliação dos aspetos e impactos ambientais são necessários durante a fase de projeto de uma instalação (Estudo de Impacto Ambiental - EIA), é útil para avaliar o desempenho ambiental de um produto (ACV) e é exigido nas atividades industriais sujeitas licenciamento ambiental (IPPC) [8].

Os aspetos ambientais são facilmente identificados num levantamento, através de uma lista de recursos consumidos ou emissões descarregadas, e podem ser diretamente considerados para a Avaliação de Desempenho Ambiental (ADA).

No entanto, existem duas dimensões para o âmbito da ADA: pode ser um método para avaliar os aspetos ambientais; ou um método para avaliar resultados de aspetos ambientais (impactos ambientais).

A diferença entre a avaliação dos impactos ambientais e a avaliação dos aspetos ambientais é tão importante, que implica estabelecer estas duas dimensões. Impacto ambiental pode ocorrer a jusante de uma fonte de emissão, sendo os efeitos acumulados no tempo, reversível ou irreversivelmente prolongados. Porém, os aspetos são restritos no tempo e no espaço, ao local e regime da atividade [8].

Como aspeto da sustentabilidade a ecoeficiência requer ambas as dimensões da ADA. Sem avaliação de impacto ambiental, a sustentabilidade é um conceito que não faz sentido.

Após a identificação de aspetos ambientais, a primeira etapa prevê a intensidade dos aspetos ambientais sobre os princípios de ecoeficiência e estabelece objetivos para cada um. A partir daqui, obtemos uma orientação para a ADA, de acordo com as políticas e estratégias ditadas pelo utilizador. Este é um momento crucial para a integração dos objetivos de proteção ambiental e crescimento económico.

Para além da intensidade sobre os princípios de ecoeficiência, são considerados outros parâmetros para determinar a significância dos aspetos ambientais, no total:

- ↳ Intensidade do aspeto ambiental: capacidade de cumprir os princípios da ecoeficiência;
- ↳ Risco ambiental: calculado pela frequência e gravidade do evento;
- ↳ Extensão: avalia a dimensão espacial afetada pelo aspeto ambiental.

Os resultados desta dimensão da ADA (no âmbito dos aspetos ambientais) são caracterizados por um conjunto de aspetos ambientais significativos para a melhoria da ecoeficiência. Em relação a estes aspetos, é aplicada a segunda dimensão ADA (no âmbito dos impactos ambientais), para determinar a influência ambiental com recurso à Avaliação de Impactes Ambientais no Ciclo de Vida.

O modelo de cálculo de influência ambiental é explicado na próxima seção, mas é importante recordar como mencionado na seção 2.1 que a avaliação ambiental é uma fase iterativa na avaliação ecoeficiência. Portanto, a saída de avaliação de impacto é um dado importante para validar a análise de significância anterior e, para confirmar os objetivos e metas ditadas pela política e pela estratégia da empresa.

Ao longo de uma simulação de cenários diferentes, alterando as entradas (em quantidade ou qualidade) o utilizador pode definir o que realmente importa nas medidas de ecoeficiência e se é importante para a melhorar o rácio de ecoeficiência.

Independentemente da influência ambiental ser apenas determinada no âmbito dos impactos ambientais, é consensual que um resultado intermédio no âmbito da avaliação de aspetos ambientais poderia ser melhor compreendido por associação direta à atividade. Desta forma, foi escolhido o método LCIA IMPACT 2002+ para permitir uma avaliação combinada: *Midpoint* (categorias de caracterização) e *Endpoint* (categorias de dano).

### 4.3. Avaliação do ciclo de vida

A metodologia de ACV é um método normalizado internacionalmente e amplamente descrito em vários livros, guias e artigos científicos. A norma ISO 14040:2006 [7] define a ACV como a “compilação e avaliação das entradas, saídas e impactos ambientais potenciais de um sistema de produto ao longo do seu ciclo de vida”. Assim, consiste numa abordagem científica estruturada e abrangente, que estuda, avalia e quantifica os impactos ambientais resultantes das emissões e recursos consumidos durante todo o ciclo de vida de um produto, processo ou serviço. Neste sentido, a ACV é utilizada para traduzir os dados de entrada e saída em indicadores de influência ambiental. A aplicação correta da metodologia de avaliação do impacto de ciclo de vida, em consonância com as etapas anteriores do ACV, indiretamente realizadas nas tarefas anteriormente descritas, é evidentemente importante para avaliar e caracterizar adequadamente o sistema em análise.

Desta forma, quanto mais detalhe houver no mapeamento dos aspetos ambientais relacionados com o sistema em análise, mais compreensíveis serão os resultados e maiores serão as vantagens da presente metodologia. Para esse efeito, devem ser considerados os aspetos ambientais de influência direta e indireta, e tanto separadamente quanto possível. Tendo em conta a fonte e seu impacto consequente, aspetos ambientais diretos são todos os

aspectos que podem ser controlados diretamente pela empresa ou sob os quais esta tem influência direta. Pelo contrário, os aspectos indiretos são aqueles que estão relacionados com as atividades incluídas no sistema em análise, mas ocorrem em instalações que pertencem ou são controladas por terceiros, como por exemplo as etapas a montante relacionadas com a extração e produção de matérias-primas e produção de bens de consumo.

#### 4.4. Módulo de modelação de valor

O objetivo dos modelos de custo e valor incluídos na ferramenta é alimentar os índices de ecoeficiência com indicadores relevantes relacionados com o desempenho económico. O modelo de avaliação de custos permite obter os custos de cada processo e a importância de cada tipo de custo em cada processo. Os tipos de custos considerados são os relacionados com matérias-primas, equipamentos, energia, mão-de-obra, consumíveis e deposição. Além de alimentar os indicadores de ecoeficiência, a modelação de custos de processo/produção permite identificar o tipo de custo mais relevante e a influência de cada processo sobre o custo total. A outra vantagem dessa modelação é facilitar a análise de sensibilidade em simultâneo com a avaliação ambiental.

Os indicadores de valor são obtidos de dois modos. Os indicadores do tipo funcional (duração, número de peças produzidas durante o tempo de vida, vendas, etc.) são introduzidos diretamente pelo utilizador. Os indicadores de valor que podem ser obtidos através de fórmulas de contabilidade são calculados por um modelo simples que integra estas fórmulas contabilísticas. O utilizador alimenta o modelo com as diversas parcelas que compõem um relatório financeiro anual e o modelo calcula os indicadores de valor do tipo contabilístico (ou seja, vendas líquidas, EBITDA, de valor acrescentado bruto, etc.). Este

modelo é integrado com o modelo de avaliação de custos, de modo que qualquer alteração feita no custo de produção se reflita nos indicadores de contabilísticos durante a análise de alternativas. A combinação destes dois modelos assegura que os efeitos de uma alternativa na componente ambiental da ferramenta têm um efeito respetivo na componente económica, sendo ambos os efeitos avaliados nos indicadores de ecoeficiência.

### 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

A metodologia apresentada consiste numa abordagem integrada que tem como objetivo avaliar o desempenho de ecoeficiência dos sistemas de produção e, conseqüentemente, auxiliar as empresas nas tomadas de decisão que visem a melhoria do desempenho de ecoeficiência e da sua competitividade global.

A metodologia é constituída por quatro módulos principais, nomeadamente pelo Inventário, a Avaliação de Desempenho Ambiental, Avaliação de Ciclo de Vida e Modelação de Valor e Custos. O inventário contém os dados necessários para que se realize a avaliação do ciclo de vida e a modelação do valor e custo. Já o desempenho ambiental é avaliado através da classificação da intensidade, frequência de ocorrência e extinção dos aspetos ambientais.

Desta nova abordagem metodológica surgem dois níveis de resultados. O primeiro nível de resultados é composto pelos indicadores de desempenho ambiental, indicadores de valor e pelos indicadores de ecoeficiência. O segundo nível de resultados é caracterizado por três perfis principais além do perfil da organização: o perfil ambiental, o perfil de valor e o perfil de ecoeficiência.

Os resultados obtidos da integração dos quatro módulos que estabelecem a metodologia desenvolvida, já são hoje em dia relevantes, e tendem a ser cada vez mais importantes no futuro, para a comunicação interna, e sobretudo externa, do desempenho da ecoeficiência e/ou desempenho global do sistema de produção das empresas. Por outro lado, os resultados da avaliação são muito úteis para identificar situações de ineficiência que careçam de ações de melhoria, o que conseqüentemente induz a uma melhoria do desempenho de ecoeficiência dos sistemas de produção.

A metodologia de avaliação integrada de ecoeficiência está na última fase de implementação em software pelas empresas SISTRADE (terá a denominação de Sistrade EcoManager) e MICROPROCESSADOR (terá a denominação de EnergyPRO). O lançamento comercial dos softwares está previsto para Abril de 2014 (data da conclusão do projeto PRODUTECH PSI).

Os novos softwares incluirão, numa primeira fase, melhores práticas que possam auxiliar os utilizadores a traçar ações de melhoria para os seus sistemas produtivos, e indicadores de referência para 5 setores, os quais foram compilados pelos Centros Tecnológicos que integram o Sub-Projeto PPS5: CATIM (Metalomecânica); CENTIMFE (Moldes); CTIC (Couros); CITEVE (Têxteis); CEVALOR (Rochas Ornamentais).

A metodologia foi validada com a realização de projetos de demonstração e implementação de melhorias em empresas que participaram no PPS5, TEGOPI e IDEPA, ao que se juntaram posteriormente as empresas SONAE INDUSTRIA e ADIRA MFS.

## Agradecimentos

Este trabalho inserido no Projeto PRODUTECH PSI (n.º 13849) - Novos Processos e Tecnologias Inovadoras para a Fileira das Tecnologias de Produção, tem o co-financiamento do Sistema de Incentivos à Investigação e Desenvolvimento Tecnológico nas Empresas, no âmbito do Compete – Programa Operacional Fatores de Competitividade do QREN (Quadro de Referência Nacional 2007-2013) e Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional da União Europeia e o apoio da Adl – Agência de Inovação.

## REFERÊNCIAS

- [1] Ehrenfeld, J.R.: Eco-efficiency: Philosophy, Theory, and Tools. in: Journal of Industrial Ecology. 9, 2005 pp: 6-8.
- [2] Verfaillie, H.A. and Bidwell, R.: Measuring Eco-Efficiency: A Guide to Reporting Company Performance. World Business Council for Sustainable Development, ISBN: 2-940240-14-0, Geneva, 2000.
- [3] Fet, A.M.: "Industrial Ecology and Eco-Efficiency". Presented at the NATO/CCMS Pilot Study on Cleaner Products and Processes, Vilnius, Lithuania, May 12-16, 2002.
- [4] ISO, ISO 14045:2012 Environmental management – Eco-efficiency assessment of product systems – Principles, requirements and guidelines in ISO, International Organization for Standardization, Geneva 2012.
- [5] Lehni, M.: "Eco-Efficiency; creating more value with less impact". World Business Council for Sustainable Development, Geneva, 2009.
- [6] Sturm, A., Müller, K. & Upasena, S.: "A manual for the preparers and users of eco-efficiency indicators, United Nations conference on trade and development", United Nations Publication, New York, 2004.
- [7] ISO, 14044:2006 Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines in ISO 14044:2006. International Organization for Standardization, Geneva, 2006.
- [8] Cunha, F et al.: "Gestão Ambiental e Sustentabilidade". Verlag Dashofer, ISBN: 978-989-642-146-5 Lisboa, 2011.

# THINK BIG THINK BIEMH

**28 BIEMH** 2-7 DE JUNHO  
BIENAL ESPANHOLA DE MÁQUINA FERRAMENTA 2014  
BILBAO - SPAIN

Uma grande feira com grandes soluções para fazer grandes negócios, onde o **expositor é o protagonista.**

**BIEMH** PREVIEW  
PRESENTATION & NETWORKING

Encontros comerciais internacionais prévios ao certame.

**Delegação**  
Sr. Roberto Gómez Lorenzo  
Tel: 0034 986 36 76 54  
rlorenzo@bec.eu

**Colaboram**

**Organizam**

**AFM** Advanced Manufacturing Technologies  
www.afm.es

**BILBAO EXHIBITION CENTRE**  
EXPOSSIBLE!  
www.biemh.com

**COMPETE** PROGRAMA OPERACIONAL FACTORES DE COMPETITIVIDADE

**QREN** QUADRO DE REFERÊNCIA ESTRATÉGICO NACIONAL 2007-2013

**UNIÃO EUROPEIA** Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional