



O que é o Valor Sustentável

Contributo para a Sustentabilidade Empresarial

Desenvolvido pelo LNEG - Laboratório Nacional de Energia e Geologia, I.P.

João Henriques | joao.henriques@lneg.pt
Justina Catarino | justina.catarino@lneg.pt
David Camocho | david.camocho@lneg.pt
Jorge Alexandre | jorge.alexandre@lneg.pt

LNEG, 15 novembro 2021
LISBOA

isbn: 978-989-675-120-3

EEN-PORTUGAL@lneg.pt

0. Resumo/Abstract	01
1. Introdução	03
2. Conceito de valor sustentável	05
2.1 Introdução	05
2.2 Breve histórico	05
2.3 Valor Sustentável	07
3. Melhorar a sustentabilidade empresarial	08
3.1 Contributo das empresas para a Sustentabilidade	08
3.2 A metodologia Valor Sustentável – princípios e conceitos	09
3.3 Caso prático de aplicação da metodologia Valor Sustentável	12
4. Exemplos de áreas de aplicação da Metodologia Valor Sustentável	27
4.1 Metalomecânica - produto para o setor automóvel	27
4.2 Plásticos – garrafa de polietileno	32
4.3 Detergente lavar loiça	35
4.4 Eco-eficiência na indústria extrativa	39
4.5 Estação de tratamento de águas residuais (ETAR)	43
4.6 Converte - potencial biomássico para a energia	45
4.7 Gestão das fontes de água para produção de hidrogénio por hidrólise alcalina	53
5. Conclusões e caminhos de futuro	57
6. Agradecimentos	58
7. Bibliografia	59

RESUMO

O objetivo da Enterprise Europe Network é ajudar as empresas a inovar e a competir melhor internacionalmente. As empresas que pretendam inovar e competir podem estabelecer parcerias com as suas congéneres estrangeiras utilizando esta rede. Necessitam também de instrumentos que lhes permitam avaliar o seu desempenho.

As crescentes preocupações com o Desenvolvimento Sustentável levaram ao progressivo reequacionamento das atividades empresariais tendo em conta os aspetos ambientais e sociais e não apenas os tradicionalmente utilizados na avaliação do desempenho das empresas, essencialmente os económicos e técnicos. É assim que surge a necessidade de uma atualização da metodologia da Análise do Valor, passando a integrar os componentes da Sustentabilidade na definição de Valor Sustentável.

O Valor Sustentável, proposto nesta brochura, é um indicador calculado a partir da relação desempenho *versus* recursos envolvidos de modo a garantir esse desempenho. Tem em linha de conta a tripla linha de base da sustentabilidade e não apenas interesses economicistas contribuindo também para a circularidade da economia.

Surge assim esta Metodologia com o objetivo de aumentar o Valor Sustentável de um objeto de estudo (produto, processo, serviço...). Para criar/aumentar o Valor Sustentável, a metodologia parte da caracterização, em termos económicos, ambientais e sociais, dos recursos utilizados pela empresa e da avaliação do nível de satisfação obtido pelo produto e/ou processo que constitui o objeto de estudo.

De forma faseada é feito um diagnóstico dos problemas ambientais, económicos, sociais e funcionais do objeto de estudo, ao longo do seu ciclo de vida, procurando-se posteriormente soluções que deem resposta aos problemas encontrados. Estas são posteriormente avaliadas tendo em conta, uma vez mais, critérios não só técnicos, mas económicos, sociais e ambientais.

A fim de ilustrar as fases desta metodologia são apresentados oito casos reais de aplicação em diferentes empresas de vários setores de atividade. Em termos globais, com a aplicação da presente metodologia, foi possível contribuir para a estratégia de circularidade dos 9R, essencialmente com medidas a nível da redução e da reciclagem nas empresas, havendo ainda pontuais contributos em termos da reutilização, reparação, refabricação, realocação e recuperação de materiais.

Esta metodologia permite que um único indicador Valor Sustentável tenha em consideração aspetos económicos, ambientais, sociais e tecnológicos.

É aplicada a qualquer área em que exista um desempenho que possa ser mensurável e associado ao mesmo existam recursos envolvidos necessários para que se realize esse desempenho.

Torna-se assim numa ferramenta com muitas potencialidades, nomeadamente para avaliação de propostas de melhoria, que, seguindo as várias fases da metodologia, permite escolher a de maior Valor Sustentável, para uma determinada empresa (ou processo, ou alternativa), num dado momento.

ABSTRACT

The aim of the Enterprise Europe Network is to help companies innovate and compete better internationally. Companies wishing to innovate and compete can establish partnerships with their foreign counterparts using this network. But they also need instruments that allow them to assess their performance.

The growing concerns with Sustainable Development have led to the progressive re-alignment of business activities taking into account environmental and social aspects and not just those traditionally used in assessing the performance of companies, essentially economic and technical. This led to the need of updating the Value Analysis methodology, integrating the components of Sustainability in the definition of Sustainable Value.

The Sustainable Value, proposed in this brochure, is an indicator calculated based on the performance versus resources involved in order to guarantee this performance. It takes into account the triple baseline of sustainability and not only economic interests, also contributing to the circularity of the economy.

Thus, this Methodology appears in order to increase the Sustainable Value of a study subject (product, process, service ...). To create / increase Sustainable Value, the methodology starts from the characterization, in economic, environmental and social terms, of the resources used by the company and the assessment of the level of satisfaction obtained by the product and / or process that constitutes the study subject.

A diagnosis of the environmental, economic, social and functional problems of the study subject is made following the phases established in a working plan, throughout its life cycle, looking for solutions that answer the problems found. These are subsequently evaluated taking into account, once again, not only technical, but economic, social and environmental criteria.

In order to illustrate the phases of this methodology, eight real cases of application in different companies from different sectors of activity are presented. In global terms, with the application of this methodology, it was possible to contribute to the circularity strategy of the 9R, essentially with measures at the level of reduction and recycling at company level, with occasional contributions in terms of reuse, repair, remanufacturing, repurpose and recovery of materials.

This methodology allows a single Sustainable Value indicator that takes into account economic, environmental, social and technological aspects. It is applied to any area where there is a performance that can be measurable and associated with it there are necessary resources involved for this performance to take place.

It thus becomes a tool with many potentialities, namely for the evaluation of improvement proposals, which, following the various phases of the methodology, allows the choice of the highest Sustainable Value, for a given company (or process, or alternative), at a given time.

1. INTRODUÇÃO

A Enterprise Europe Network

A Enterprise Europe Network é uma rede de serviços para ajudar as empresas a inovar e a competir melhor no espaço europeu.

Formada por mais de 600 pontos de contacto espalhados por 60 países, a rede oferece um conjunto de serviços descentralizados e de proximidade, que apoiam as PME no seu processo de internacionalização e na identificação de parceiros estratégicos para a inovação e o desenvolvimento sustentado dos seus negócios.

Lançada no âmbito do Programa-Quadro para a Competitividade e Inovação da UE, oferece, numa lógica de integração de competências, um serviço de balcão único, reunindo diversas soluções disponíveis em termos de instrumentos e programas comunitários de apoio às PME.

A Enterprise Europe Network em Portugal

Em Portugal, a Enterprise Europe Network é assegurada desde janeiro de 2015 pelo consórcio Enterprise Europe Network, EEN-PORTUGAL, formado atualmente por dez entidades públicas e associativas, distribuídas regionalmente por todo o território nacional, incluindo as regiões autónomas dos Açores e da Madeira, que é responsável até 2021 pela implementação da rede de serviços europeia Enterprise Europe Network no nosso País. Em Portugal, o IAPMEI assume a liderança do consórcio e o LNEG é o organismo responsável pela área de Gestão dos Recursos, Sustentabilidade e Energia e representante nacional no Sector Group Intelligent Energy e no Thematic Group Circular Economy.

O consórcio Enterprise Europe Network Portugal, integra os seguintes parceiros:

- IAPMEI – Agência para a Competitividade e Inovação, I.P.
- ACIF – Ass. Comercial e Ind. do Funchal – Câmara de Comércio e Indústria da Madeira
- AEP – Associação Empresarial de Portugal
- AIDA – Associação Industrial do Distrito de Aveiro
- AIP – Associação Industrial Portuguesa
- ANI – Agência Nacional de Inovação
- CCIPD – Câmara do Comércio e Indústria de Ponta Delgada
- CEC – Conselho Empresarial do Centro/Câmara de Comércio e Indústria do Centro
- INESC TEC – Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores do Porto
- LNEG – Laboratório Nacional de Energia e Geologia I.P.

Serviços disponibilizados

Através da Enterprise Europe Network, as entidades nacionais podem aceder facilmente a um conjunto de serviços, que podem ajudar a valorizar as suas estratégias de inovação e investimento no mercado europeu e/ou fora dele:

- Informação e aconselhamento;
- Acesso simplificado a informação sobre regulamentação comunitária, novas medidas de política com implicação na atividade empresarial, projetos e programas de financiamento na UE dirigidos às PME;
- Ajuda na internacionalização dos negócios;
- Facilitação na pesquisa de contactos comerciais fora do país, para empresas que pretendam alargar a sua atividade, tanto a nível europeu como internacional;
- Apoio à inovação e parcerias tecnológicas;
- Ajuda às PME no acesso a programas comunitários de apoio à inovação e a parcerias estratégicas, que valorizem a industrialização de resultados de investigação e desenvolvimento obtidos nos diversos países.

Incentivo à cooperação na Europa

Difusão de oportunidades de negócio e ajuda na identificação de potenciais parcerias comerciais, de produção, para transferência de tecnologia ou outras, que incentivem a cooperação e a atividade empresarial internacional.

A rede na Europa

Os contactos referentes às entidades que constituem a Enterprise Europe Network, podem ser consultados no sítio <https://een.ec.europa.eu/>.

2. CONCEITO DE VALOR SUSTENTÁVEL

2.1 Introdução

O objetivo da Enterprise Europe Network é ajudar as empresas a inovar e a competir melhor internacionalmente. As empresas que pretendam inovar e competir podem estabelecer parcerias com as suas congéneres estrangeiras utilizando esta rede. Necessitam também de instrumentos que lhes permitam avaliar o seu desempenho.

O Valor Sustentável, proposto nesta brochura, é um indicador calculado a partir da relação desempenho *versus* recursos envolvidos de modo a garantir esse desempenho. Considera a tripla linha de base da sustentabilidade e não apenas interesses economicistas contribuindo também para a circularidade da economia.

2.2 Breve histórico

Miles e o nascimento da Análise de Valor - AV



Lawrence D. Miles

Quando Lawrence D. Miles, em 1947, então diretor do departamento de compras da General Electric (GE) nos EUA, foi incumbido por Harry Erlicher, vice-presidente daquela empresa, para desenvolver um método, a que veio a chamar Análise do Valor (AV), dificilmente poderia prever a evolução do mesmo.

Estava-se em plena 2ª Guerra Mundial e o eng. L. Miles, viu-se confrontado com uma situação extremamente delicada - por um lado a produção não podia parar, mas, por outro, era nalguns casos extremamente difícil encontrar os componentes e as matérias-primas essenciais para evitar a interrupção. Isto porque grande parte da indústria estava ocupada com os fornecimentos necessários ao armamento. Houve então que recorrer a sucedâneos que permitissem a continuidade da laboração. Embora alguns dos substitutos fossem "inferiores" aos originais, em muitos casos, eles eram perfeitamente eficazes, havendo até situações de superioridade, não só no que diz respeito aos desempenhos como até aos próprios custos. E foi esta constatação que levou Harry Erlicher a desafiar Miles para que desenvolvesse um método, cujo objetivo era aquele que até ali tinha aparecido como uma restrição resultante da situação de guerra – encontrar substitutos para componentes e matérias primas, com desempenhos superiores ou iguais e com custo mais baixo. Estava encontrada a definição de Valor – satisfazer a necessidade dos utilizadores com um mínimo de recursos.

Identificada muitas vezes, indevidamente, como um método de redução de custos, a AV é muito mais do que isso e basta atentar à sua definição: abordagem organizada e criativa que utiliza um processo de conceção funcional e económico que tem como objetivo aumentar o valor de um objeto AV (NP EN 1325-1:2001), sendo o Valor definido, já num contexto mais alargado da Gestão pelo Valor (GV), como a relação entre a satisfação das necessidades e os recursos utilizados para esse fim (NP EN 12973: 2001) (figura 1).

$$\text{Valor} = \alpha \frac{\text{Satisfação das necessidades}}{\text{Recursos}}$$

Figura 1 – Conceito de Valor Sustentável

Das duas definições facilmente se infere que o aumento do Valor do objeto AV não tem que passar necessariamente pela redução de custos.

E foi assim que, desde os anos 90, começa na Europa a ser desenvolvido o conceito de Gestão pelo Valor (GV), primeiro publicado pela Comissão Europeia no Value Management Handbook e mais tarde na já referida EN 12973: 2001. Nesta Norma a GV aparece como um estilo de gestão, particularmente orientado para motivar as pessoas, desenvolver competências e promover sinergias e inovação, tendo como objetivo a maximização do desempenho global de uma organização. Assenta numa cultura organizacional baseada no conceito de Valor, tendo em conta o Valor para as partes interessadas (*stakeholders*). A nível operacional (atividades orientadas por estudo), adicionalmente, a GV implica a utilização de métodos e ferramentas adequados.

Os pilares da AV

a. Envolvimento dos órgãos de gestão da empresa

Compete à direção da empresa identificar o problema a resolver, quantificar os resultados esperados, bem como constituir o grupo de trabalho e disponibilizar os meios e recursos necessários à realização do trabalho e à sua posterior implementação.

Daí a necessidade de garantir o empenho daquele órgão, antes de iniciar qualquer estudo, sendo a sua ausência a causa da maioria dos insucessos de aplicação do método.

b. Fatores humanos

É característica de qualquer aplicação da AV a sua realização através de um grupo multidisciplinar que reúna os representantes das várias funções da empresa, diretamente ligadas ao objeto AV, incluindo sempre que possível os vários *stakeholders* nomeadamente o utilizador ou quem o represente. Este grupo é a mola impulsora de qualquer projeto AV, mas não faz parte da estrutura da empresa. Tem uma duração transitória – dura enquanto durar o estudo, e a sua composição depende do objeto AV.

c. Análise sistemática

A aplicação é feita seguindo um plano de trabalho metódico, rigoroso, iterativo e com fases bem definidas.

d. Envolvente

Num projeto AV os fatores relacionados com a envolvente são condições pré-existentes ao problema que se pretende resolver, sendo sugerido que sejam considerados no decurso do mesmo:

- A organização/empresa;
- Os utilizadores;
- Os fornecedores;
- Constrangimentos legais ou regulamentos;
- Considerações ambientais.

2.3 Valor Sustentável

Se na definição de Valor tal como consta da figura 1 forem consideradas, além dos aspectos funcionais, as vertentes ambientais, sociais e económicos estar-se-á a definir o que se designa por Valor Sustentável (figura 2).

De forma faseada é feito um diagnóstico dos problemas ambientais, económicos, sociais e funcionais do objeto de estudo, ao longo do seu ciclo de vida, procurando-se posteriormente soluções que deem resposta aos problemas encontrados. Estas serão posteriormente avaliadas tendo em conta, uma vez mais, critérios não só técnicos, mas económicos, sociais e ambientais, contribuindo assim para respostas que melhorem o Valor de forma sustentável.



Figura 2 – Definição de Valor Sustentável

3. MELHORAR A SUSTENTABILIDADE EMPRESARIAL

3.1 Contributo das empresas para a Sustentabilidade

As crescentes preocupações com o Desenvolvimento Sustentável levaram ao progressivo reequacionamento das atividades empresariais tendo em conta os aspetos ambientais e sociais e não apenas os tradicionalmente utilizados na avaliação do desempenho das empresas, essencialmente os económicos e técnicos. É assim que surge a necessidade de uma atualização da metodologia da AV, passando a integrar os componentes da sustentabilidade na definição de Valor tal como vimos anteriormente, surgindo deste modo o conceito de Valor Sustentável. Consequentemente foi desenvolvida uma nova metodologia que teve em consideração esses aspetos e que foi designada por metodologia do Valor Sustentável.

Contributo para a circularidade

A Economia Circular é uma forma de reequacionar a abordagem aos recursos. O atual modelo económico dominante que satisfaz as necessidades da sociedade, nomeadamente de habitação, alimentação, mobilidade e comunicação, baseia-se na utilização linear dos recursos. Esta atuação considera a existência relativamente abundante e barata de materiais e energia, para alimentar linhas de montagem, automação e produção em série, envolvendo uma crescente extração de recursos para a criação de novos produtos e que por sua vez após o uso são encaminhados para eliminação.

Assistimos a um aumento da quantidade de resíduos e a elevados níveis de dióxido de carbono na atmosfera como resultado de uma economia linear e globalizada onde a propriedade e responsabilidade pelos produtos é transferida do produtor para os consumidores. Este modelo linear não é sustentável, uma vez que tanto a disponibilidade de recursos como a capacidade de carga do planeta são limitados. Ao procurar reconstruir o capital, seja financeiro, fabricado, humano, social ou natural, a Economia Circular é um tópico de importância vital ao contribuir para um desenvolvimento sustentável. Esta abordagem visa não só a transformação de produtos após a sua vida útil em matérias-primas, como o fecho dos ciclos nos ecossistemas industriais, a minimização do desperdício e a mudança da lógica económica da produção: reutilizar o que se puder, reciclar o que não pode ser reutilizado, reparar o que está avariado, refabricar o que não pode ser reparado. Em Economia Circular o modelo de negócios mais sustentável centra-se na economia funcional que ao propor uma utilização otimizada do serviço, recoloca o valor de uso, no centro da mudança, otimizando a gestão de todo o ciclo de vida dos produtos. O conceito de propriedade dará lugar ao de usufruto; os consumidores não possuirão os bens, mas utilizá-los de forma responsável. Desta forma os atores económicos internalizam a responsabilidade em termos do risco e desperdício que possa estar associado aos produtos obtendo uma segurança futura do recurso envolvido.


Os lucros para os produtores bem como a sua competitividade provêm do desenvolvimento de soluções baseadas em serviços, explorando a suficiência e a eficiência, dissociando-se o crescimento económico do consumo de recursos. Criar riqueza a partir da durabilidade dos bens implica uma nova visão da economia; por exemplo a venda de serviços ao invés de produtos/recursos, embora não corresponda ainda a uma opção generalizada, mas apenas concretizada nalguns setores da atividade (p. ex. no turismo e transportes) poderá ser uma concretização. Uma economia totalmente circular significará um mundo sem resíduos. Este objetivo de mudança implica o envolvimento de todos: governos, empresas, organizações

internacionais, instituições financeiras, academia, empresas, ONG e toda a população (EEN, Brochura Economia Circular - Informação de apoio às empresas).

Das várias estratégias de circularidade que as empresas podem adotar, situa-se a conhecida como a dos 9Rs, que podem apoiar a forma de reequacionar a abordagem empresarial às questões da sustentabilidade.

Apresenta-se, de uma forma simplificada, um quadro com as principais noções associadas à estratégia dos 9Rs. Em cada um dos casos de estudo apresentados nesta brochura é feita uma referência acerca do contributo para a estratégia dos 9Rs, verificando-se que de uma forma global uma melhor relação com medidas a nível da redução e da reciclagem, havendo ainda pontuais contributos em termos da reutilização, reparação, refabricação, realocação e recuperação de materiais.

Quadro 1 - Circularidade e 9Rs (adaptado de Potting et al, 2017)



<p>Economia Circular</p> <p>Melhor produção e uso do produto</p> <p>Maior tempo de utilização do produto e seus componentes</p> <p>Maior utilidade na aplicação de materiais</p> <p>Economia linear</p>	R0 Recusar	Tornar o produto redundante abandonando a sua função ou oferecendo a mesma função com um produto radicalmente diferente
	R1 Repensar	Tornar o uso do produto mais intensivo (por exemplo, através da partilha do produto)
	R2 Reduzir	Aumentar a eficiência na produção ou utilização do produto consumindo menos recursos naturais e materiais
	R3 Reutilizar	Reutilização por outro consumidor de produto descartado que ainda está em bom estado e cumpre a sua função original
	R4 Reparar	Reparação e manutenção de produto defeituoso para que possa ser usado com a sua função original
	R5 Recondicionar	Restaurar um produto antigo e atualizá-lo
	R6 Refabricar	Utilização de partes/componentes do produto descartado num novo produto com a mesma função
	R7 Realocar	Utilização do produto descartado ou partes/componentes num novo produto com uma função diferente
	R8 Reciclar	Processar materiais para obter o mesmo material com a mesma qualidade ou com qualidade inferior
R9 Recuperar	Recuperação da energia dos materiais	

3.2 A metodologia Valor Sustentável – princípios e conceitos

O objetivo da metodologia é aumentar o Valor Sustentável de um objeto de estudo (produto, processo, serviço...). Consegue-se isto não só tendo em conta a avaliação económica e a satisfação das necessidades, mas com outras vertentes como sejam as ambientais e sociais.

Para criar/aumentar o Valor Sustentável, a metodologia parte da caracterização, em termos económicos, ambientais e sociais, dos recursos utilizados pela empresa e da avaliação do nível de satisfação obtido pelo produto e/ou processo que constitui o objeto de estudo.

O plano de trabalho a seguir é constituído por oito fases (figura 3).

Faseamento
1. Dados gerais da empresa
2. Dados específicos do projeto
3. Inventariação global
4. Análise funcional
5. Síntese de problemas
6. Identificação e seleção prévia de ideias
7. Análise de viabilidade
8. Plano de ação

Figura 3 – Fases da Metodologia

Trata-se de um plano de trabalho em tudo idêntico ao utilizado numa aplicação tradicional de Análise do Valor. Na realidade o que os distingue são os conteúdos introduzidos sobretudo nas fases 3, 4, 6 e 7 em que de uma forma objetiva são analisados não só os aspetos técnicos e económicos, mas ao mesmo nível, também os ambientais e sociais.

Fase 1 - Dados gerais da empresa - recolha de informação sobre a empresa: identificação geral, dados de laboração, organograma geral, relação com as partes interessadas (*stakeholders*).

Fase 2 - Dados específicos do projeto – a gestão de topo deve definir o objeto de estudo (produto e/ou processo), a equipa de trabalho, objetivos e constrangimentos.

Fase 3 - Inventariação global – a fase mais trabalhosa do processo, não só pela quantidade e diversidade de informação desejada, como pela sua organização. Normalmente a empresa dispõe destes dados não organizados (sobretudo da forma necessária para o desenvolvimento desta fase) mas dispersos. Estrutura-se este inventário de acordo com as práticas de Produção Mais Limpa e quantificam-se os custos (incluindo os de mão-de-obra e equipamento). A equipa de trabalho elabora o diagrama de fabrico do objeto de estudo. Todas as operações unitárias são identificadas bem como as entradas e saídas de materiais, energia e água. O objeto de estudo é dividido nos seus componentes e apresentado num diagrama. São quantificados os custos detalhados para cada operação relacionada com os componentes, nomeadamente em termos de mão-de-obra, utilização de equipamento, energia, matéria-prima, água e gestão de emissões e resíduos.

A equipa identifica todas as matérias-primas, componentes, materiais auxiliares, embalagens, água, energia, produtos finais, subprodutos, produtos intermédios, resíduos, emissões atmosféricas, águas residuais e ruído. Todas estas entradas e saídas são caracterizadas (em termos ambientais, económicos e sociais) e quantificadas permitindo assim elaborar uma estrutura de custos e através do balanço de massa detetar ineficiências de fabricação. Uma análise imediata destes dados, nomeadamente sobre os impactes no ambiente (incluindo inconformidades) e oportunidades de melhoria, leva a pontos de partida para a formulação de propostas de melhoria.

Fase 4 - Análise Funcional - uma das principais fases da metodologia AV, é um processo sistemático que inventaria, caracteriza, classifica e avalia integralmente as funções do objeto de estudo e as relações entre elas (EN 12973:2020). O objeto de estudo deixa de ser apenas analisado como um conjunto de componentes e passa também a ser definido como um conjunto de funções de cujo desempenho irá depender o grau de satisfação das necessidades dos utilizadores.

Ao realizar esta Análise Funcional é essencial que as necessidades das partes interessadas (expressas em termos de funções) tenham em conta os aspetos económicos, sociais e ambientais. Para que as empresas adotem este conceito de Valor Sustentável (figura 2), é crucial a ligação entre a AV e a sustentabilidade.

Resultam também desta fase as avaliações das relações entre o custo e a função e entre o custo e a importância relativa das funções.

Através da quantificação do nível de desempenho das várias funções e dos recursos envolvidos é possível calcular o Valor Sustentável do objeto de estudo. Este é um indicador que será mais tarde comparado com o obtido através da implementação de propostas geradas na fase 6.

Fase 5 - Síntese de problemas – os problemas detetados nas fases anteriores são agora sintetizados, entre outros, o relacionamento com as partes interessadas, aspetos ambientais nomeadamente ineficiências da fabricação e inconformidades legais. Por exemplo da análise dos resultados da fase de Análise Funcional surgem os aspetos relacionados com a satisfação dos utilizadores bem como desequilíbrios entre a importância das funções e os recursos envolvidos na sua satisfação.

Os resultados desta síntese constituem pontos importantes para a geração de ideias com vista à resolução dos problemas existentes e consequente melhoria da satisfação contribuindo assim para o aumento do Valor Sustentável do objeto de estudo.

Fase 6 - Identificação e seleção prévia de ideias – muitas vezes também chamada de fase de criatividade. É nesta etapa que a equipa de trabalho, por vezes alargada a elementos exteriores à empresa, sempre que esta o considere importante e não existam problemas de confidencialidade, procura soluções para os problemas detetados nas fases anteriores. São geradas ideias, usando técnicas de criatividade (*brainstorming* é uma delas), que vão sendo listadas, classificadas, desenvolvidas e agrupadas.

Fase 7 - Análise de viabilidade - uma vez mais são tidos em atenção os três pilares da sustentabilidade – ambiental, social e económico. Só depois desta análise fina a que se junta a da viabilidade técnica, é calculado o Valor Sustentável para os grupos de ideias que passem com sucesso as análises anteriores.

Fase 8 - Plano de ação - são elaborados planos de ação cuja efetiva implementação ficará sempre dependente da decisão da gestão de topo da empresa.

É de salientar, como em qualquer aplicação de metodologias com este objetivo, o papel dos órgãos de gestão, nomeadamente da imprescindibilidade do seu apoio sem o qual a aplicação nunca será completa. Poder-se-ão atingir resultados muito interessantes a todos os níveis, mas enquanto não forem implementados não serão mais do que isso – ideias interessantes num bloco de notas, resultantes dum exercício didático. Só depois da implementação se poderá falar em aplicação da metodologia do Valor Sustentável.

3.3 Caso prático de aplicação da metodologia Valor Sustentável

A fim de ilustrar as oito fases da metodologia Valor Sustentável apresentadas, segue-se o trabalho desenvolvido numa das oito empresas envolvidas no projeto DEUSA (Desenvolvimento Empresarial e Urbano Sustentável em Aveiro). Neste projeto participaram também três associações industriais da região de Aveiro, para além do LNEG (Laboratório Nacional de Energia e Geologia).

No caso de estudo que se apresenta de seguida trata-se de uma empresa do setor da metalomecânica que procede ao tratamento de superfície dos produtos que fabrica.

Fase 1 - Dados gerais da empresa - Recolha de informação sobre a empresa: trata-se de uma empresa com 115 trabalhadores, fabricante de componentes metálicos para a construção, com um turno de trabalho diário, e que labora cinco dias por semana.

Está organizada de acordo com o organograma da figura 4.

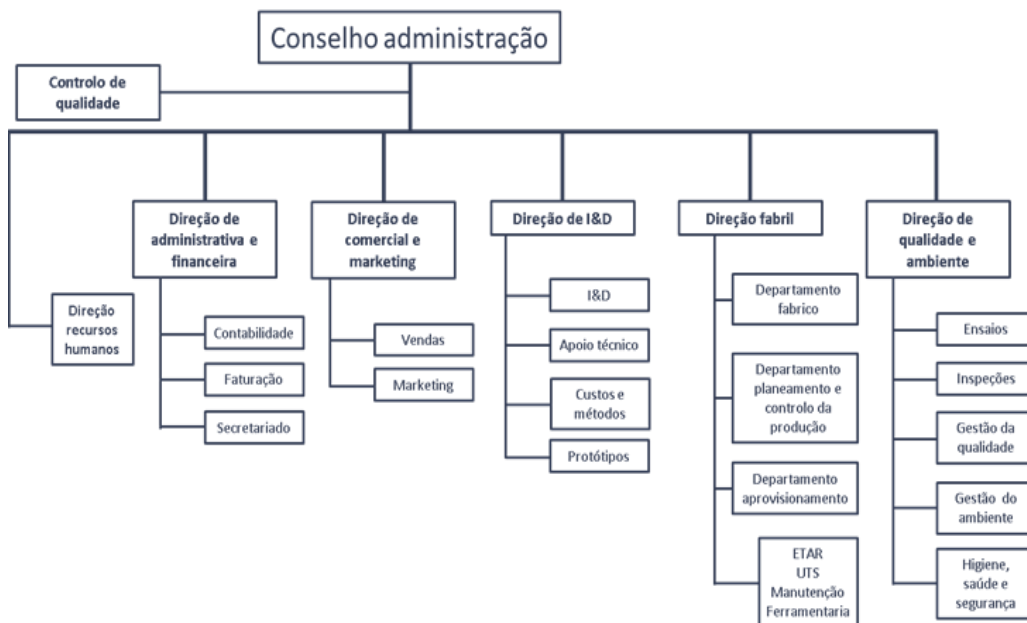


Figura 4 – Organograma da empresa (exemplo de preenchimento de ficha)

No que respeita à relação com as partes interessadas é feita a avaliação de desempenho dos trabalhadores e as suas opiniões são registadas através de uma caixa de sugestões. As encomendas são programadas sendo os fornecedores avaliados e auscultados na fase de desenvolvimento de produtos. São feitos inquéritos e visitas aos clientes para avaliar a sua satisfação, as reclamações são analisadas e tratadas, e o cliente é também ouvido durante a conceção do produto. Relativamente à comunidade local existe um protocolo com uma associação para inserção de pessoas portadoras de deficiência e é apoiado o movimento associativo local.

Fase 2 - Dados específicos do projeto – A gestão de topo definiu como objeto de estudo o processo de tratamentos galvânicos de superfície.



Figura 5 – Vista do objeto de estudo - processo de tratamentos galvânicos de superfície

A equipa de trabalho foi constituída por cinco elementos da empresa entre os quais se encontravam representantes das direções fabril, qualidade e ambiente e ainda administrativo e financeiro. O papel de animador foi assegurado pelo LNEG e pontualmente participaram também elementos das associações empresariais e, ou setoriais parceiras do projeto.

Como objetivos do estudo foram identificados a redução em 5% dos custos, a melhoria da qualidade perceptível, a diminuição dos prazos de entrega, a oferta de alternativas técnicas/tecnológicas, o aumento da oferta de acabamentos. Em termos de desempenho ambiental pretendia-se diminuir o consumo de água e reagentes, reduzir as emissões difusas e a substituição de alguns dos tratamentos. Desejava-se ainda projetar para o exterior a imagem duma empresa ambientalmente responsável.

Foram também identificados os constrangimentos ao estudo quer a nível interno quer externo. A nível do processo os principais obstáculos identificados foram as tecnologias de tratamento e a legislação e normalização. Já em termos de empresa foram o nível insuficiente de conhecimento dos custos reais de tratamento, a dependência na relação com fornecedores e o desconhecimento de alternativas possíveis. Quanto ao nível externo foram apontados o nível crescente de exigência do cliente, o mercado agressivo, a legislação e normalização.

Fase 3 - Inventariação global – A equipa de trabalho começou por elaborar o diagrama de fabrico do objeto de estudo.

Todas as operações unitárias foram identificadas bem como as entradas e saídas de materiais, energia e água construindo assim um diagrama do qual se apresenta um extrato na figura 6.

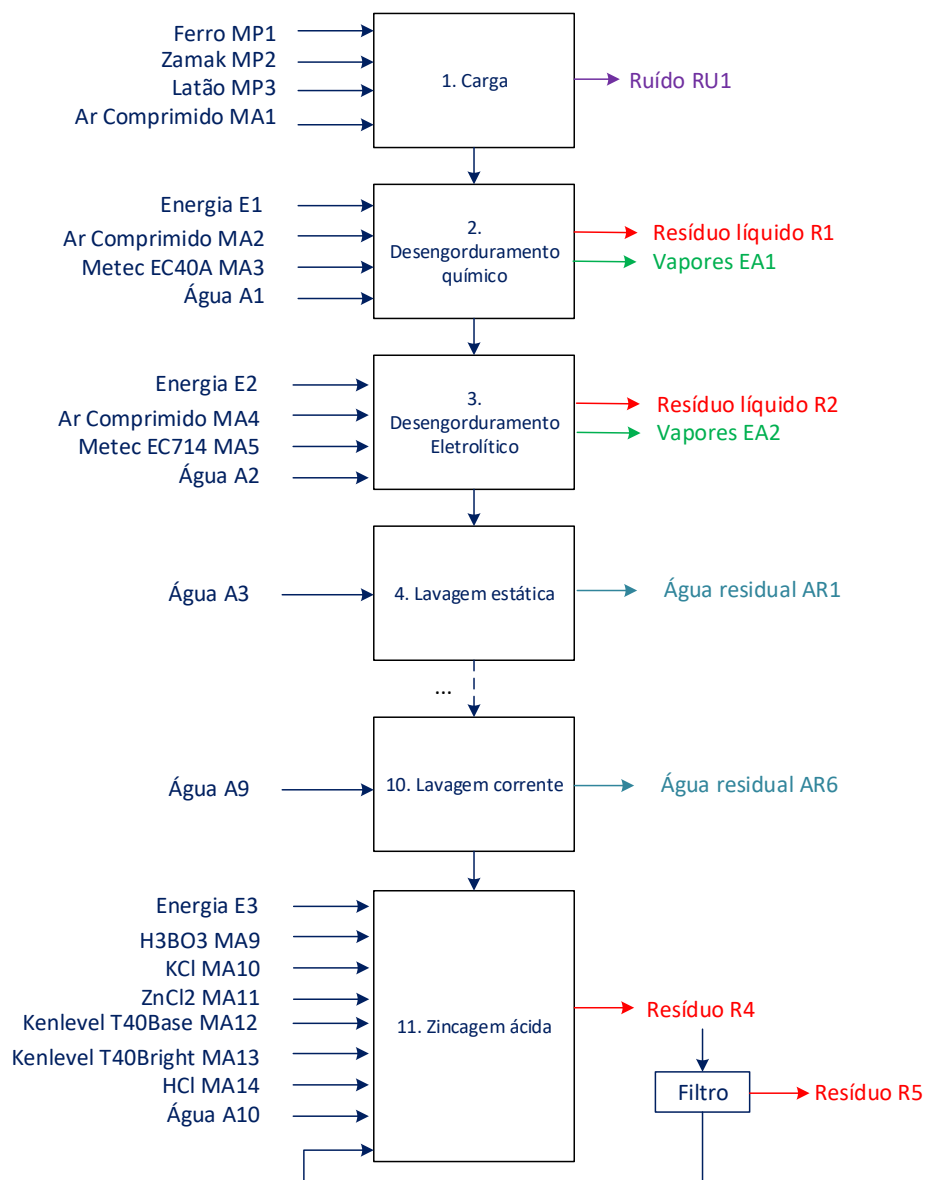


Figura 6 – Diagrama de fabrico do objeto de estudo (extrato) (exemplo de preenchimento de ficha)

Foram quantificados os custos detalhados para cada operação unitária relacionada com os componentes, nomeadamente em termos de mão-de-obra, utilização de equipamento, energia, matéria-prima, água e gestão de emissões e resíduos, conforme se exemplifica no quadro 2.

Quadro 2 – Descrição das operações (exemplo de preenchimento de ficha)

Código	Designação	Finalidade	Equipamento	Custo de utilização do equipamento/ semestre	Custo da energia gasta com operações/ semestre	Tempo de utilização do equipamento	Custo da mão-de-obra/ semestre	Total/ semestre
1	Carga	Carregar as peças para zincar	Ponte de auxílio à carga e rampa de descarga das peças	259,14 €	33,01 €	6 meses	122,25 €	414,39 €
17	Descarga	Descarregar as peças zincadas	Funil de descarga e recipiente para contenção e transporte das peças	259,14 €	22,32 €	6 meses	122,25 €	403,71 €
18	Secagem	Secar as peças zincadas	2 centrifugas	518,28 €	317,07 €	6 meses	122,25 €	957,59 €
...								
9	Passivação azul	Passivar peças a azul	1 tina com 1 posição	518,28 €	44,64 €	6 meses	186,20 €	749,12 €
...								

A equipa identificou todas as entradas: matérias-primas, materiais auxiliares (quadro 3), água (quadro 4), energia (quadro 5), e saídas: resíduos (quadro 6), emissões atmosféricas, águas residuais (quadro 7) e ruído (quadro 8).

Apresentam-se a seguir nos quadros 3 a 8 exemplos do tratamento da informação recolhida para alguns dos itens acima referidos.

Quadro 3 – Materiais auxiliares (exemplo de preenchimento de ficha)

Código	Designação	Etapas/ atividade	Quantidade semestral (kg)	Custo semestral (€)	\Custo/ unidade de produto	Estado físico	Composição	Finalidade	Origem	Perigosidade	Efeitos no ambiente (ar, água, solo, saúde humana...)
MA 1	Metex TS-40A	Desengordurante Químico	167	395,79	2,37 €	Sólido	Metasilicato de sódio 30-40% pp; Carbonato de sódio 5-10% pp	Desengordurar as peças	Artegalva	Corrosivo	Tóxico para as espécies aquáticas
...											
MA 11	Água oxigenada	Zinco ácido	31	12,4	0,40 €	Líquido	H ₂ O ₂ de 20 a 60%	Oxidar o ferro		Corrosivo	Tóxico para as espécies aquáticas e perigoso para o meio ambiente
MA 13	Zinco	Zinco ácido	1260,5	2168,06	1,72 €	Sólido	Zn	Material anódico			

Quadro 4 – Água (exemplo de preenchimento de ficha)

Código	Designação	Etapa/atividade	Origem	Consumo semestral (m³)	Finalidade	Requisitos de qualidade	Tratamento necessário	Resíduos eventualmente gerados no tratamento	Custo semestral (k€)
A1	Água para o desengordurante químico	Desengordurante químico	Captação própria	7,027	Dissolver reagentes	Nenhuma	Nenhum	Nenhum	9,77 €
A2	Água para o desengordurante eletrolítico	Desengordurante eletrolítico	Captação própria	7,027	Dissolver reagentes	Nenhuma	Nenhum	Nenhum	9,77 €
...									
A10	Água para o zinco ácido	Zinco ácido	Rede pública	0,4	Dissolver reagentes	Qualidade água da rede pública	Nenhum	Nenhum	0,56 €

Quadro 5 – Energia (exemplo de preenchimento de ficha)

	Etapa/atividade	Tipo de energia	Finalidade
E1	Desengorduramento químico	Eletricidade	Aquecimento do banho
E2	Desengorduramento eletrolítico	Eletricidade	Aquecimento do banho
E3	Zincagem ácida	Eletricidade	Auxiliar zincagem
...

Quadro 6 – Resíduos (exemplo de preenchimento de ficha)

Código	Designação	Etapas/atividade	Estado físico	Composição	Reciclabilidade	Perigosidade	Quantidade	Gestão	Custo de gestão	Efeitos no ambiente (ar, água, solo, saúde humana...)
R1	Descarga do banho do desengordurante químico	Desengordurante químico	Líquido	COO= 16,5 g/l; Cr=15,6 mg/l; Fe=11,8 mg/l; Óleos e gorduras= 0,22 mg/l; pH=10,7; Zn=0,086 g/l	Contaminação	Corrosivo	3,6	ETAR	123,26 €	Tóxico para as espécies aquáticas
...										
R11	Descarga do banho do desengordurante eletrolítico	Desengordurante eletrolítico	Líquido		Contaminação	Corrosivo	6	ETAR	205,44 €	Biodegradabilidade de completa, não é bioacumulável. Tóxico para as espécies aquáticas
...										
R17	Descarga do banho do passivador amarelo	Passivador amarelo	Líquido	Al= 11 mg/l; Cu=6,9 mg/l; Cr=6,8 g/l; Fe=0,56 g/l; pH=2,0; Zn=16,3 g/l	Contaminação	Corrosivo	0,8	ETAR	27,39 €	Não é biodegradável. É bioacumulativo

Quadro 7 – Águas residuais (exemplo de preenchimento de ficha)

Código	Designação	Etapas/atividade	Caudal	Gestão (controlo e tratamento)	Custo	Destino
AR1	Efluente lavagem	Lavagem estática	15,6	ETAR	534,14 €	ETAR
AR2	Efluente lavagem	Lavagem estática	15,6	ETAR	534,14 €	ETAR
...						
AR20	Efluente Secagem	Secagem centrífuga		ETAR	0,00 €	ETAR

Quadro 8 – Ruído (exemplo de preenchimento de ficha)

Código	Designação	Etapa/atividade	Equipamento	Nível (dB)	
				Laeq, T	MaxLpico
RU1	Ruído da carga	Descarregar peças	Ponte de auxílio à carga e rampa de descarga das peças	97,8	128
RU2	Ruído da secagem	Secar peças	Centrifuga	90,5	136

(Laeq, T – nível sonoro contínuo equivalente; MaxLpico – máximo pico de nível de pressão sonora)

Após a caracterização de todas as entradas e saídas (em termos ambientais, económicos e sociais) e da sua quantificação, foi possível elaborar a árvore/ estrutura de custos (quadro 9) e através do balanço de massa detetar ineficiências de fabrico.

Quadro 9 – Árvore / estrutura de custos (exemplo de preenchimento de ficha)

Operações	Custo semestral dos recursos humanos, €	Custo semestral da utilização da máquina, €	Custo semestral da energia, €	Custo semestral das matérias, €	Custo semestral da água, €	Custo semestral da gestão de emissões e resíduos, €	Custo semestral total, €
Carga 1	2121,74	30,41	19,23	0	0	0	2171,38
Desengorduramento químico	194,32	121,63	264,41	2612,80	26,69	328,70	3548,55
Desengorduramento eletrolítico	109,81	60,82	204,91	980	15,85	205,44	1576,82
...
Passivação azul	75,17	60,82	38,45	198,08	1,36	27,39	401,27
Lavagem 8	64,46	60,82	38,45	0	1,11	0	164,84
Secagem	119,54	121,63	2527,69	0	0	0	2768,86
Descarga 17	2121,74	30,41	19,23	0	0	0	2171,38
TOTAL	6544,73	1824,45	5084,37	9432,97	254,83	5645,49	28786,84

Uma análise imediata destes dados, nomeadamente sobre os impactes no ambiente e oportunidades de melhoria, levou a pontos de partida para a formulação de propostas.

Fase 4 - Análise Funcional - Uma das principais fases da metodologia da Análise de Valor, e consiste na inventariação, caracterização, classificação e avaliação das funções do objeto de estudo.

Desta fase resultou a lista de funções. A equipa, através do diagrama de fabrico (Figura 6), identificou as funções que constam na figura 7.

Verbo	Termo
carregar	peças
desengordurar	peças
decapar	peças
zincar	peças
ativar	peças
passivar	peças
reforçar	proteção
descarregar	peças
secar	peças

Figura 7 – Lista de funções (exemplo de preenchimento de ficha)

Seguiu-se a caracterização de cada função através de critérios técnicos, ambientais e sociais. A cada critério foram atribuídos níveis desejáveis e os respetivos níveis existentes no objeto de estudo, que permitiram calcular o desempenho face às funções anteriormente inventariadas.

Para a função passivar peças os critérios definidos bem como os níveis, desejável e existente, encontram-se explicitados no quadro 10.

Quadro 10 – Caraterização da função passivar peças (exemplo de preenchimento de ficha)

Critério	Nível desejável	Nível existente
Consumo de matérias auxiliares	Reduzir 3%	225,4 l
Consumo de água	Reduzir 5%	28,8 l
Periodicidade de descarga das lavagens	Manter	Semanal
Periodicidade de descarga do passivador	Manter	Semestral
% água reutilizada	Manter	25%
Utilização de materiais perigosos	Sem crómio VI	Utilização de crómio VI
Quantidade de resíduos gerados	Reduzir 5%	28,8m ³
% de não conformes	Manter	0%

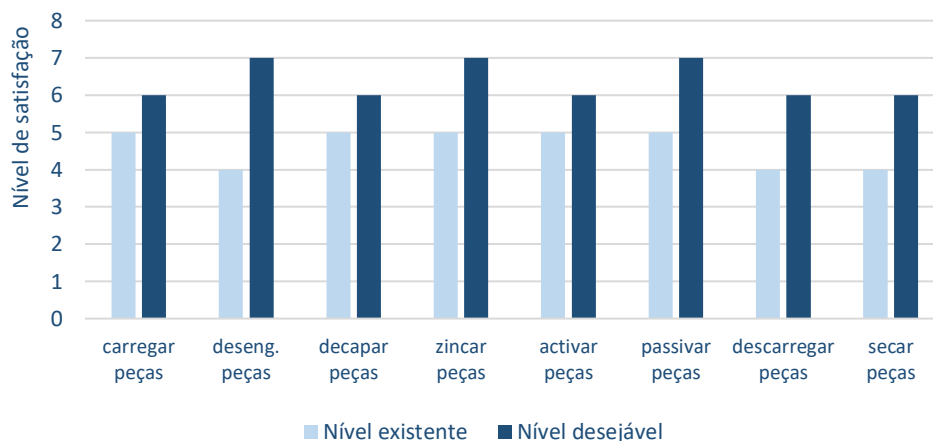


Figura 8 – Nível existente versus nível desejável (exemplo de preenchimento de ficha)

A análise do gráfico da figura 8 que apresenta os níveis existentes e os desejáveis para as várias funções identificadas permitiu concluir que nenhuma das funções estava a ser desempenhada de acordo com as necessidades detetadas, sendo por isso um auxiliar valioso para a identificação de propostas de melhoria.

No passo seguinte as funções foram hierarquizadas em termos percentuais, de forma a definir a sua importância relativa, conforme se apresenta na figura 9.

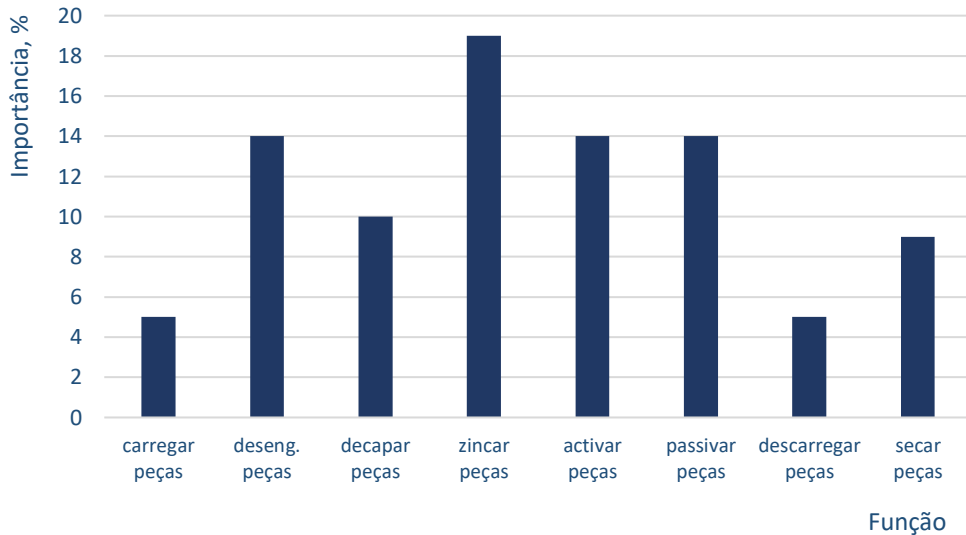


Figura 9 – Hierarquização das funções (exemplo de preenchimento de ficha)

Estando reunida e organizada toda a informação, a equipa de trabalho estava em condições de preencher a matriz custo função, apresentada no quadro 11 (extrato).

Quadro 11 - Matriz custo /função (extrato) (exemplo de preenchimento de ficha)

Operações	Custo, €	%	Carregar peças	Desengordurar peças	Decapar peças	Zincar peças	Passivar peças	Reforçar proteção	Descarregar peças	Secar peças
Carga 1	2171	7,5	2171							
Desengorduramento químico	3549	12,3		3549						
...
Lavagem 8	165	0,6						165		
Secagem	2768	9,6								2768
Descarga 17	2171	7,5							2171	
TOTAL	28787	100	2171	6832	1771	8991	1415	1329	2171	2768

Os custos por função encontram-se distribuídos na representação da figura 10.

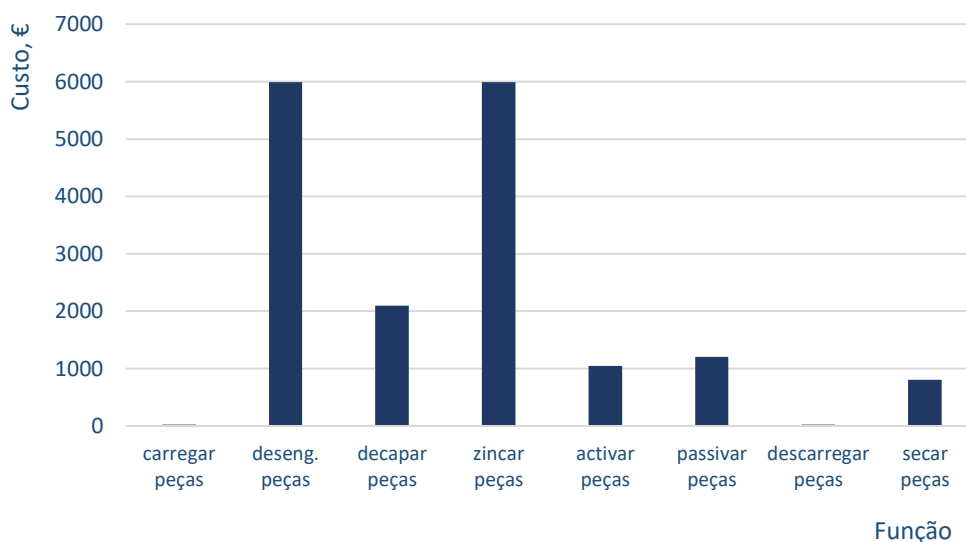


Figura 10 - Distribuição dos custos por função (exemplo de preenchimento de ficha)

Ao comparar-se a importância relativa apresentada na figura 9, pode-se salientar as funções em que existe desequilíbrio entre os recursos envolvidos (neste caso custos) e a importância atribuída a cada uma das funções, figura 11.

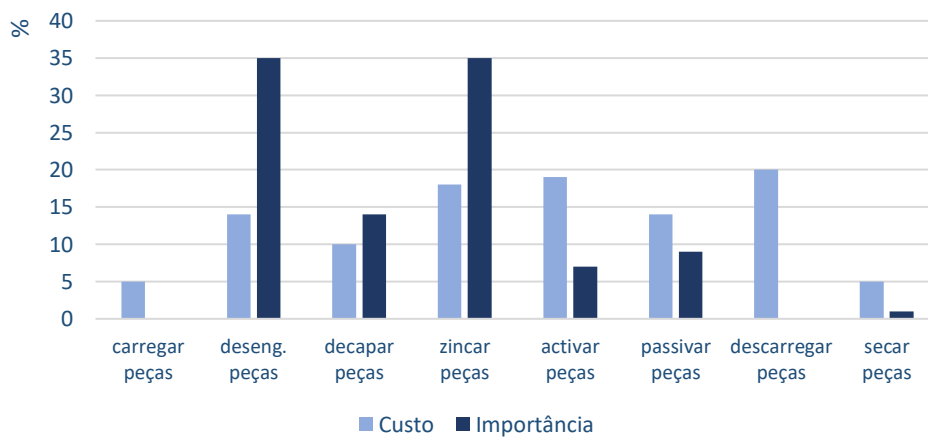


Figura 11 - Histograma custo /importância (exemplo de preenchimento de ficha)

Estando disponíveis todos os elementos será possível determinar o Valor Sustentável do objeto de estudo, tal como definido na figura 2, no quadro 12.

Quadro 12 - Valor Sustentável (exemplo de preenchimento de ficha)

	Carregar peças	Desengordurar peças	Decapar peças	Zincar peças	Ativar peças	Passivar peças	Reforçar proteção	Descarregar peças	Secar peças	$\Sigma\Phi_s$	Custo	VS
Importância relativa, Φ	5	14	10	19	14	14	10	5	9			
Mínimo aceitável, S	6	7	6	7	6	7	6	6	6			
Objeto existente, S_0	5	4	5	5	5	5	5	4	4	472	28.787	164

Foi este Valor Sustentável (164 neste caso de estudo) que serviu de referência para avaliação das propostas que surgiram nas fases seguintes, e permitiu avaliar se o objetivo do estudo – aumentar o Valor Sustentável do objeto de estudo - foi ou não alcançado.

Fase 5 - Síntese de problemas – o trabalho desenvolvido até esta fase, foi analisado e a síntese da informação recolhida e trabalhada foi essencial à geração de ideias para a resolução dos problemas detetados. Estes tiveram origem no relacionamento com as partes interessadas, ineficiências da fabricação, ou, passando para a análise funcional, os desequilíbrios entre recursos envolvidos e importância relativa das funções, níveis de desempenho aceitáveis e existentes.

Fase 6 - Identificação e seleção prévia de ideias – nesta fase foram procuradas soluções para a superação dos problemas detetados nas fases anteriores. A equipa de trabalho, moderada pelo animador, listou, numa sessão de *brainstorming*, todas as ideias - quadro 13.

Quadro 13 - Lista de ideias (excerto; exemplo de preenchimento de ficha)

Nº	Ideia	Classificação
1	Processo alternativo à zincagem	C
2	Alteração de CrVI para CrIII	A
3	Filtração do banho automatizada	A
4	Doseadores automáticos na zincagem (↓ mão de obra)	A
...
95	Aumentar a iluminação	A

Sempre que se considere importante e não existam problemas de confidencialidade, nesta fase a equipa de trabalho é alargada a outros elementos que possam contribuir para a procura de soluções para os problemas detetados neste trabalho, o que aconteceu nesta empresa.

Neste caso de estudo surgiram 95 ideias que começaram por ser classificadas em termos de prazos de implementação (figura 12).

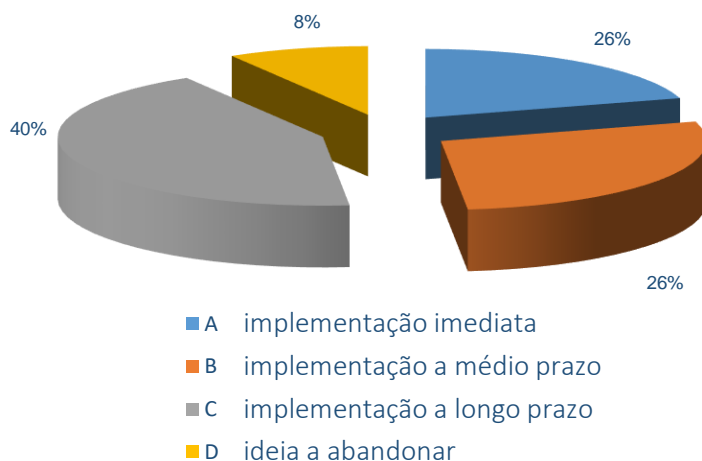


Figura 12 - Classificação das ideias geradas segundo os prazos de implementação (exemplo de preenchimento de ficha)

As ideias consideradas válidas pela equipa, independentemente do prazo necessário para serem implementadas, foram ainda classificadas segundo as técnicas de Produção Mais Limpa - PML (boas práticas, modificação do processo, substituição de materiais, modificação do produto, valorização interna e outras técnicas) e os princípios de Ecoeficiência (reduzir a intensidade material de bens e serviços, maximizar o uso sustentável dos recursos, reduzir a intensidade energética de bens e serviços, reduzir/eliminar a dispersão de toxicidade, estimular a reciclabilidade), apresentando-se a repartição obtida nas figuras 13 e 14.

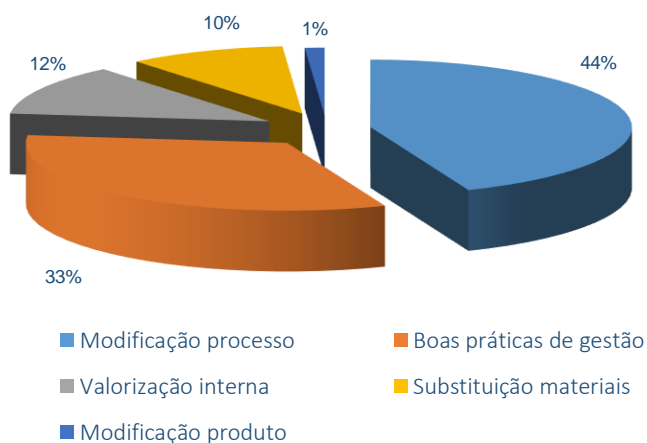


Figura 13 - Classificação das ideias válidas segundo as técnicas de PML (exemplo de preenchimento de ficha)

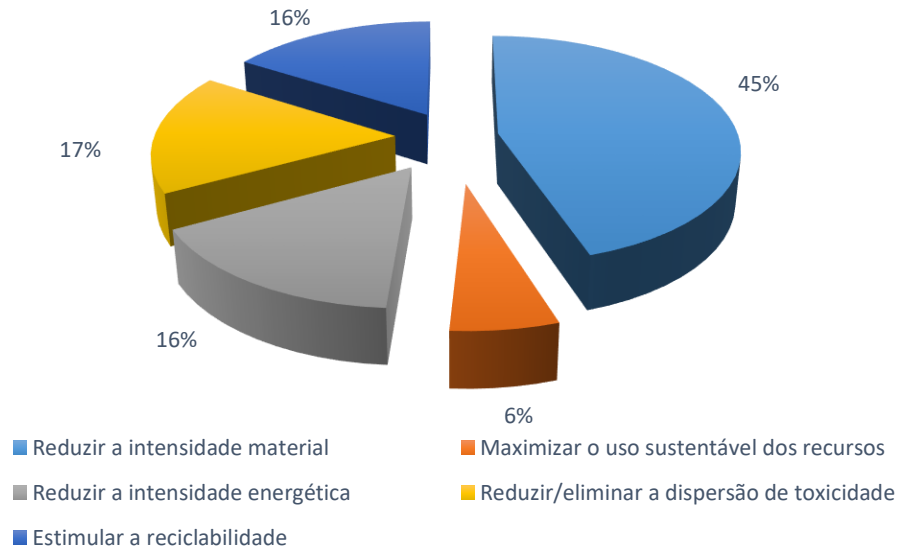


Figura 14 - Classificação das ideias válidas segundo os princípios da Ecoeficiência (exemplo de preenchimento de ficha)

As ideias foram descritas e desenvolvidas de forma mais detalhada para avaliação nas fases seguintes.

Fase 7 - Análise de viabilidade – os grupos de ideias selecionados, na fase anterior, foram sujeitos a uma análise de viabilidade técnica (quadro 14), ambiental (quadro 15), económica e dos seus impactes em termos sociais. Finalmente foi calculado o Valor Sustentável para os grupos de ideias que passaram com sucesso as análises anteriores (quadro 16).

Quadro 14 - Matriz de viabilidade técnica (exemplo de preenchimento de ficha)

Critérios técnicos	Peso, P	Classificação, C	P x C
Tecnologia suficientemente provada	3	2	6
Compatibilidade com processos existentes	3	2	6
Espaço requerido/disponível na empresa	1	0	0
Garantia de fornecedores e assistência técnica	2	1	2
Impacte no produto	3	2	6
Impacte da instalação no processo	1	2	2
Robustez/fiabilidade da tecnologia	2	1	2
Necessidades de reparação/manutenção	2	0	0
Necessidade de mão de obra adicional	1	0	0
Necessidade de especialização dos operários	1	-1	-1
Implicações legais ou administrativas	2	0	0

Classificação de acordo com a seguinte escala:
 Grande dificuldade - 2
 Dificuldade - 1
 Sem relevância 0
 Aspeto positivo +1
 Aspeto muito positivo +2

Quadro 15 - Matriz de viabilidade ambiental (exemplo de preenchimento de ficha)

Critérios ambientais	Peso, P	Classificação, C	P x C
Consumo de materiais	3	2	6
Consumo de água	2	1	2
Consumo de energia	3	1	3
Perigosidade dos materiais	3	1	3
Geração de águas residuais	2	1	2
Emissões para a atmosfera	2	0	0
Geração de resíduos	2	2	4
Outras emissões (ruído, calor,...)	2	1	2
Conformidade legal	3	0	0

Classificação de acordo com a seguinte escala:

Impacte negativo importante – 2

Impacte negativo reduzido – 1

Sem relevância 0

Benefícios positivos +1

Benefícios muito positivos +2

Relativamente à viabilidade económica foram calculados indicadores como o período de retorno de investimento, o valor líquido atualizado e a taxa interna de rentabilidade.

Finalmente foi possível completar o quadro 12 agora com elementos referentes às propostas (quadro 16), a fim de comparar o Valor das mesmas com o Valor de partida (objeto existente) e verificar de que forma o estudo atingiu ou não o objetivo da metodologia: aumentar o Valor Sustentável do objeto de estudo.

Quadro 16 - Valor Sustentável após alteração (exemplo de preenchimento de ficha)

	Carregar peças	Desengordurar peças	Decapar peças	Zincar peças	Ativar peças	Passivar peças	Reforçar proteção	Descarregar peças	Secar peças	$\Sigma\Phi S$	Custo	VS
Importância relativa, Φ	5	14	10	19	14	14	10	5	9			
Mínimo aceitável, S	6	7	6	7	6	7	6	6	6			
Objeto existente, S_0	5	4	5	5	5	5	5	4	4	472	28 787	164
Objeto após alteração, S_1	5	8	5	8	5	7	5	4	4	613	27 146	226

Da análise desta matriz verifica-se que para além do aumento do Valor há que continuar a procurar novas soluções, uma vez que continua a haver funções cujo desempenho se mantém abaixo do mínimo aceitável.

Fase 8 - Plano de Ação - a equipa de trabalho organizou a informação necessária para a implementação das ideias de melhoria. Foram definidas as ações previstas, o responsável pela implementação das mesmas, os recursos necessários, os prazos e com base na fase anterior os principais benefícios esperados em termos económicos, ambientais, sociais bem como a variação do Valor Sustentável.

A efetiva implementação, após a qual se pode falar em aplicação da metodologia do Valor Sustentável ficou dependente da decisão da gestão de topo da empresa.

Neste exemplo concreto, algumas das ideias implementadas no projeto foram obtidos os seguintes resultados:

- Redução de 7% de materiais utilizados no processo de fabrico, 44% de resíduos gerados durante o processo analisado, 44% de água consumida nas várias operações, 33% de águas residuais geradas;
- Substituição de materiais perigosos envolvidos na fabricação resultando um produto colocado na sociedade com menor toxicidade;
- Aumento de 27% do Valor Sustentável da linha de tratamento de superfície analisada, obtido a partir do aumento de desempenho (de 472 para 613) e da redução dos recursos envolvidos (de 28 787€ para 27 146€).

De referir ainda que o contributo para a circularidade da empresa, neste caso se situou ao nível do R2 Reduzir e R8 Reciclar.

4. EXEMPLOS DE ÁREAS DE APLICAÇÃO DA METODOLOGIA VALOR SUSTENTÁVEL

A metodologia do Valor Sustentável é aplicável a qualquer área que envolva a utilização de recursos. De acordo com o objeto de estudo e os objetivos traçados pode ser necessário fazer algumas adaptações da mesma. Seguem-se alguns exemplos de aplicação em diferentes áreas de atividade.

4.1 Metalomecânica - produto para o setor automóvel

No setor metalomecânico foram feitas várias aplicações da metodologia, em produtos ou mesmo em processos de produção. De seguida apresenta-se uma síntese dos resultados de aplicação ao processo de produção de um tubo guia para medição de nível de óleo em veículos automóveis.

Na fase de levantamento de **dados específicos do projeto**, ficou definido que o objeto de estudo seria o tubo guia de nível óleo (foto 1), um dos principais produtos da empresa em questão.

O objetivo definido pela empresa para o estudo foi aumentar o Valor Sustentável do processo de fabrico do tubo guia de nível óleo.

No processo de inventariação global, realizaram-se as várias fases de trabalho previstas, apresentando-se na figura 15 uma síntese do processo geral de fabrico do tubo.

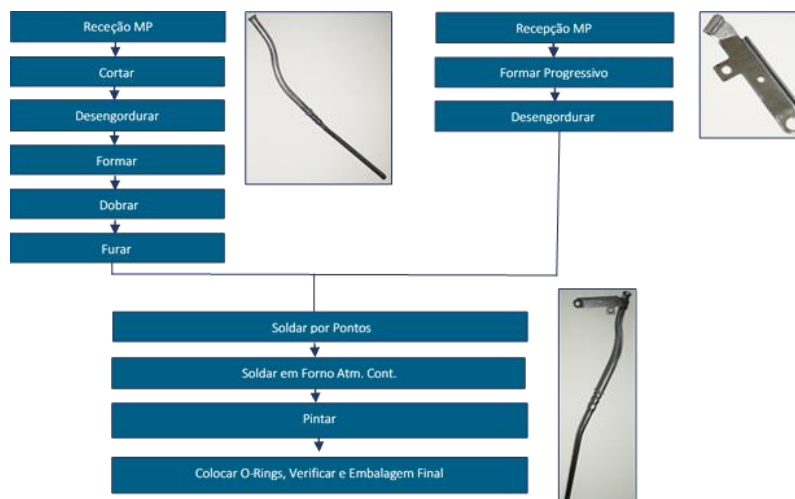


Figura 15 - Processo geral de fabrico do tubo guia para medição de nível de óleo

Após a identificação de todas as operações e da correspondente caracterização de todos os materiais, energia e água envolvidos, caracterizou-se o objeto de estudo em termos de custos. Na figura 16 apresenta-se uma síntese da repartição de custos efetuadas, segundo os custos com recursos humanos, utilização de maquinaria, energia, materiais, água e gestão de emissões e resíduos.



Foto 1 - Tubo guia para medição de nível de óleo

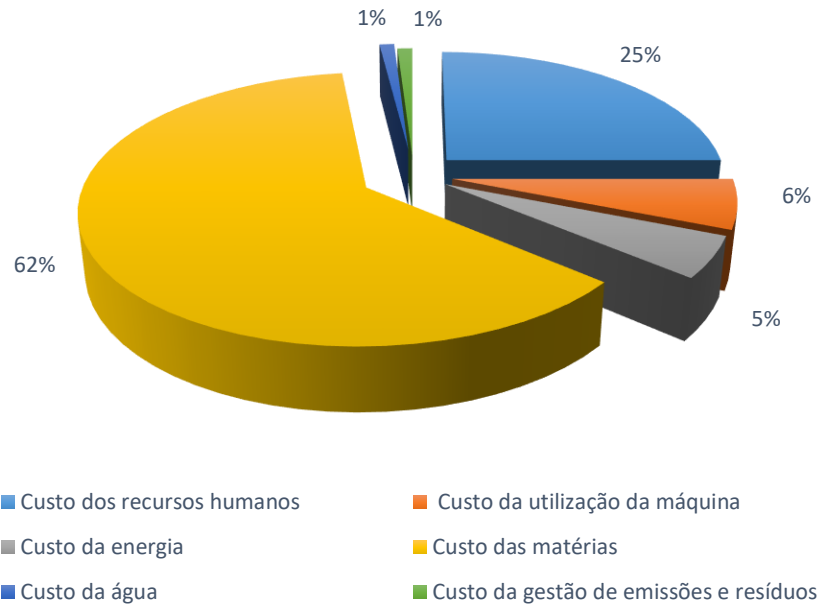


Figura 16 - Síntese da repartição de custos determinada para o processo geral de fabrico do tubo guia para medição de nível de óleo

Na fase de **análise funcional**, segundo a metodologia VS, procedeu-se à caracterização do tubo guia também em termos funcionais, tendo-se obtido a seguinte lista de funções do processo em estudo:

- Formar tubo;
- Formar patilha;
- Unir peças;
- Proteger peças;
- Montar *O-rings* e embalar.

As funções listadas foram caracterizadas, segundo critérios técnicos, ambientais e sociais, apresentando-se como exemplo no quadro 17 uma síntese da função formar patilha.

Quadro 17 - Síntese da caracterização da função formar patilha

Função	Critérios	Nível desejável	Nível existente	Observações
Formar Patilha	Técnicos			
	% Sucata interna	0%	0.003%	-
	Tempos <i>setup</i> ferramentas	30 min.	45min.	
	Ambientais			
	Conformidade legal do nível de ruído no ambiente de trabalho	90dB	94.9 dB	Prensa 160T
	Sociais			
	Conformidade legal do nível de ruído no ambiente de trabalho	90dB	94.9 dB	Prensa 160T

Na figura 17 apresenta-se uma comparação entre o custo e a importância, de cada uma das funções identificadas e caracterizadas, a figura 18 mostra a relação entre o desempenho mínimo aceitável definido pela empresa e o desempenho do objeto de estudo.

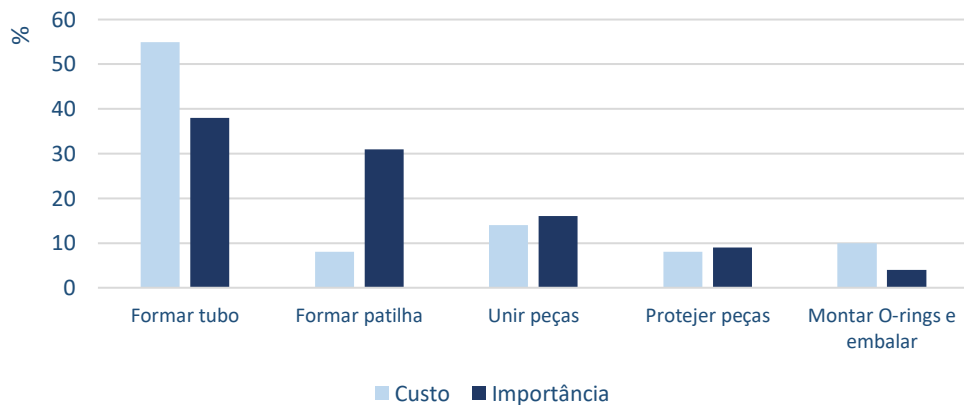


Figura 17 - Relação custo /importância das funções do processo de fabrico do tubo

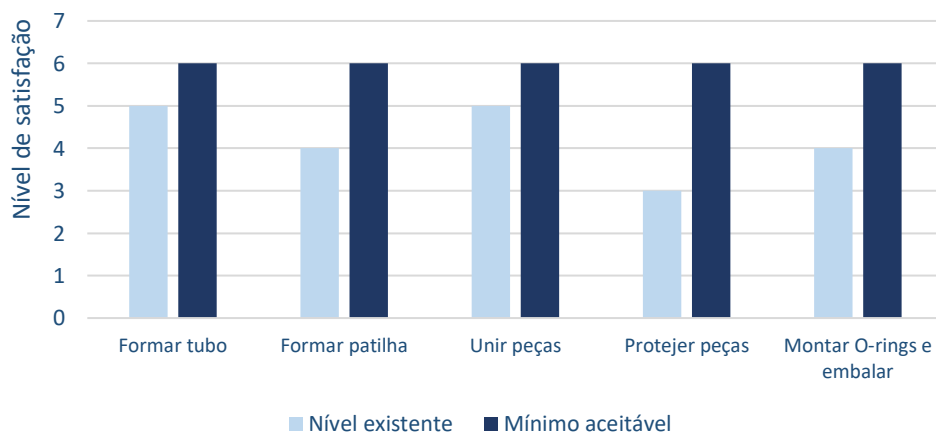


Figura 18 - Desempenho das funções do tubo guia

Após a determinação do Valor Sustentável inicial do objeto de estudo, passou-se à fase de Identificação e seleção prévia de ideias. Foram geradas 66 ideias, que foram classificadas por prazo de implementação (4 ideias não classificadas):

- A - Implementação imediata: 5
- B - Implementação a médio prazo: 27
- C - Implementação a longo prazo: 23
- D - Ideia a abandonar: 7

Foi ainda efetuada a relação com a melhoria da eco-eficiência da empresa (figura 19) e a classificação segundo o tipo de técnica de PML (6 ideias não classificadas):

- Ideias de boas práticas: 25
- Ideias de modificação do processo: 22
- Ideias de substituição de materiais: 6
- Ideias de valorização interna: 4
- Ideias de modificação do produto: 3

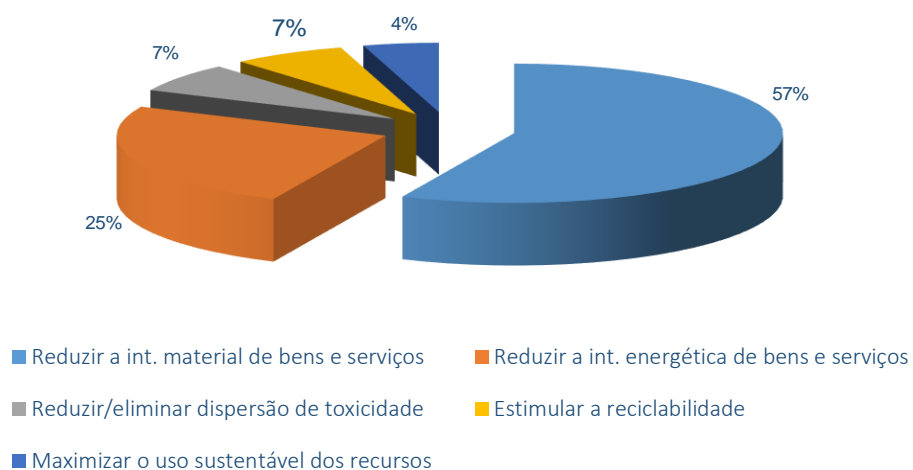


Figura 19 - Relação das medidas geradas com a melhoria da ecoeficiência da empresa

$$\text{Valor Sustentável} = \frac{\text{SOMATÓRIO PONDERADO DAS FUNÇÕES DESEMPENHADAS PELO PRODUTO}}{\text{RECURSOS ENVOLVIDOS}}$$

$$\text{Valor Sustentável (lote)} = \frac{4,47}{11,9 \text{ keuro}} = 0,37$$

Figura 20 - Determinação do Valor Sustentável do tubo em estudo

Em termos de conclusões, a empresa conseguiu obter alguns resultados mesmo durante o período de aplicação da metodologia, como sejam:

- Redução anual do consumo de 100 m³ de água (28% do total);
- Redução anual de 100 m³ de águas residuais (100% do total);
- Redução anual de emissões de ruído (25% do total);
- Redução anual de emissões atmosféricas nas instalações (90% do total).

No plano de atuação das ideias selecionadas, a empresa encara a implementação de medidas que conduzam a uma redução da geração de resíduos (20% do total). Em termos sociais, os resultados apontam para uma melhoria da imagem da empresa, das condições de trabalho e uma maior consciencialização para os aspetos sociais associados à atividade da empresa, que foi traduzida num aumento global do **Valor Sustentável** de 25%, associado a uma redução dos recursos envolvidos no processo de cerca de 5% e um aumento do desempenho de 4,47 para 4,95.

De referir ainda que o contributo para a circularidade da empresa, neste caso se situou ao nível do R2 Reduzir e R8 Reciclar.

4.2 Plásticos – garrafa de polietileno



Foto 2 - Garrafa de polietileno

Dentro da gama de produtos em que se procedeu à aplicação da metodologia Valor Sustentável, encontra-se o caso de estudo do processo de produção de garrafa de polietileno (foto 2). Neste estudo, os objetivos definidos pela empresa em questão relacionavam-se com a melhoria do processo de fabricação de garrafas PEAD de 2000ml, redução de custos em 10% e melhoria da qualidade do próprio produto.

Na fase de **inventariação global**, o fluxograma do processo foi realizado por etapas, como se encontra apontado na figura 21, em que apresenta um zoom do fluxograma referido em 3.

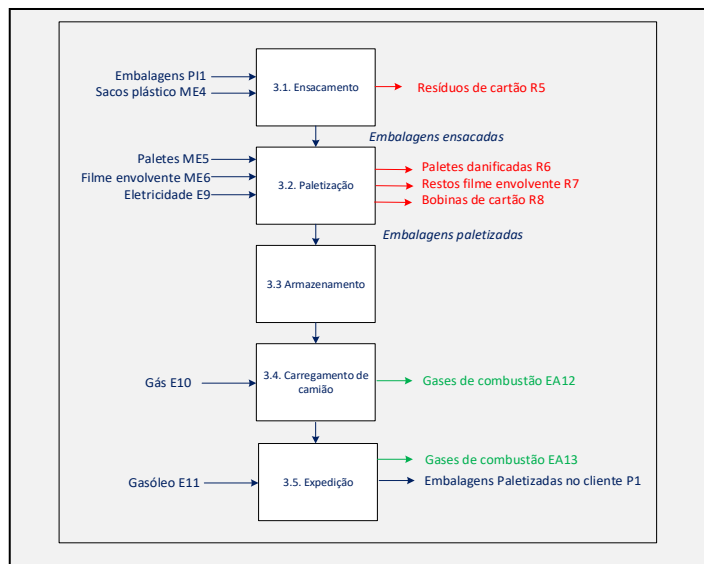
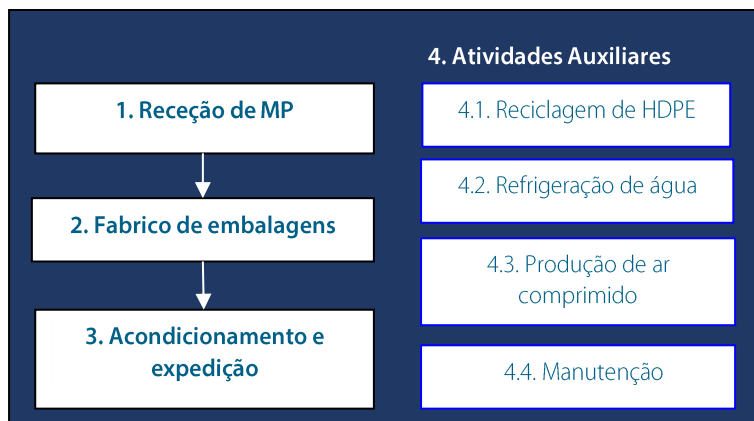


Figura 21 - Levantamento do processo de produção de garrafa de plástico pela realização de fluxogramas (excerto)

Na fase de **análise funcional**, foram identificadas as funções do processo de produção da garrafa de plástico que se enumeram de seguida:

- Controlar qualidade;
- Armazenar matéria-prima;
- Transportar matéria-prima;
- Executar garrafa;
- Embalar garrafa;
- Armazenar garrafa;
- Ser seguro;
- Entregar garrafa;
- Salvaguardar ambiente.

No **cálculo do Valor Sustentável** foi utilizada a matriz apresentada no quadro 18, onde figuram os coeficientes de ponderação adotados bem como os mínimos aceitáveis e os desempenhos relativos ao processo em estudo. Com essa informação foi possível determinar o valor, com recurso à identificação de todos os custos associados ao processo.

Quadro 18 - Determinação do Valor Sustentável do Processo de produção de uma garrafa de plástico

	Controlar qualidade	Armazenar matéria-prima	Transportar matéria-prima	Executar garrafa	Emballar garrafa	Armazenar garrafa	Ser seguro	Entregar garrafa	Salvaguardar ambiente			
Coefficiente de ponderação, Φ	20	4	2	29	11	7	9	14	5			
S (fator de satisfação de 0 a 10)												
Mínimo aceitável (Sma)	5	5	5	5	5	5	5	5	5			
Processo existente (Spex)	4	4	4	5	5	5	4	6	4	$\Sigma\Phi S$	Recursos/custos	Valor
										475	420	1,13

Para a **identificação e seleção prévia de ideias**, recorreu-se à matriz apresentada no quadro 19, onde para cada uma das funções identificadas se procede a uma breve descrição da ideia gerada.

Quadro 19 - Descrições das ideias geradas por função

Função	Ideia	Descrição da ideia
Controlar qualidade	1a	Controlo da qualidade do produto em fabrico (controlo de fugas) por injeção de ar
Armazenar matéria-prima	2a	Cobertura do pátio (ajustar área de armazenamento – minimizar custos de produção), evitar transporte
	2b	Silos para armazenamento de matérias primas
Transportar matéria-prima	3a	Transporte do triturado por aspiração
	3b	Transporte automático das sobras para o moinho Moinho a trabalhar permanentemente (automatizar o circuito sobras-moinho-alimentador)
Executar garrafa	4a	Automatizar a operação de acabamento
	4b	Aquisição de nova máquina de injeção/sopro
	4c	Alterar forma da embalagem: eliminar asa, reduzir altura, (minimizar o desperdício a reciclar, otimizar transporte)
Embalar garrafa	5a	Paletização das garrafas
	5b	Empilhar automaticamente os tabuleiros
Salvaguardar ambiente	6a	Reduzir em 20% a espessura da manga, reduz o desperdício e aumenta o número de garrafas produzidas. Menor valor a pagar ao Ponto verde.

As várias ideias geradas para melhoria do processo em análise foram classificadas de acordo com o prazo de implementação, tendo-se agrupado por classes segundo o esquema seguinte:

- Classe A Ideias de curto prazo: 2
- Classe B Ideias de médio prazo: 2
- Classe C Ideias de longo prazo: 7
- Classe D Ideias para serem eliminadas: 0

Para a **análise de viabilidade**, partiu-se da informação constante no quadro 18 e completou-se a matriz com a informação relativa às medidas de melhoria, resultando a informação representada no quadro 20.

Quadro 20 - Cálculo do Valor Sustentável na fase de análise de viabilidade

	Controlar qualidade	Armazenar matéria prima	Transportar matéria prima	Executar garrafa	Embalar garrafa	Armazenar garrafa	Ser seguro	Entregar garrafa	Salvaguardar ambiente			
Coefficiente de ponderação, Φ	20	4	2	29	11	7	9	14	5			
S (fator de satisfação de 0 a 10)												
Mínimo aceitável (Sma)	5	5	5	5	5	5	5	5	5			
Processo existente	4	4	4	5	5	5	4	6	4	$\sum \Phi S$	Recursos/custos	Valor
Grupo de ideias 1	4	4	4	6	5	5	4	6	6	475	420	1,13
										514	350	1,47

Em termos gerais, a empresa que efetuou o estudo conseguiu como principais resultados aumentar o desempenho em 7%, redução dos custos associados em 16%, com aumento do Valor Sustentável em 30%.

A empresa considerou que com esta abordagem melhorou o conhecimento detalhado dos seus custos do processo e caminhou no sentido de obter uma melhoria da eco-eficiência da embalagem (através da redução de matéria prima e da redução de custos), redução de 20% de matérias primas/embalagem – melhoria da produtividade, contribuição para a redução global dos resíduos de embalagens urbanas (Diretiva Embalagens) e dos seus custos de gestão (Sociedade Ponto Verde), redução de 20% de matérias primas/embalagem – melhoria da produtividade, tendo verificado a necessidade de existir o apoio efetivo da gestão de topo no desenvolvimento dos trabalhos.

De referir ainda que o contributo para a circularidade da empresa, neste caso se situou ao nível do R2 Reduzir, R6 Refabricar e R8 Reciclar.

4.3 Detergente lavar loiça

Nas abordagens de melhoria do Valor Sustentável, um dos casos de estudo correspondeu a um detergente de lavagem manual de loiça.

Dentro dos dados específicos do projeto deste objeto de estudo, os objetivos estavam relacionados com a conceção e desenvolvimento de um detergente lava loiça “amigo do ambiente” (a partir de um detergente lava loiça manual existente) e a obtenção do rótulo ecológico.

Foram identificados constrangimentos relacionados com a legislação do rótulo ecológico, desenvolvimento de nova formulação / custos, processo de atribuição de detergente lava loiça como ecológico e lançamento do produto no mercado.

Na fase de **inventariação global**, efetuou-se o fluxograma do processo que se apresenta na figura 22.

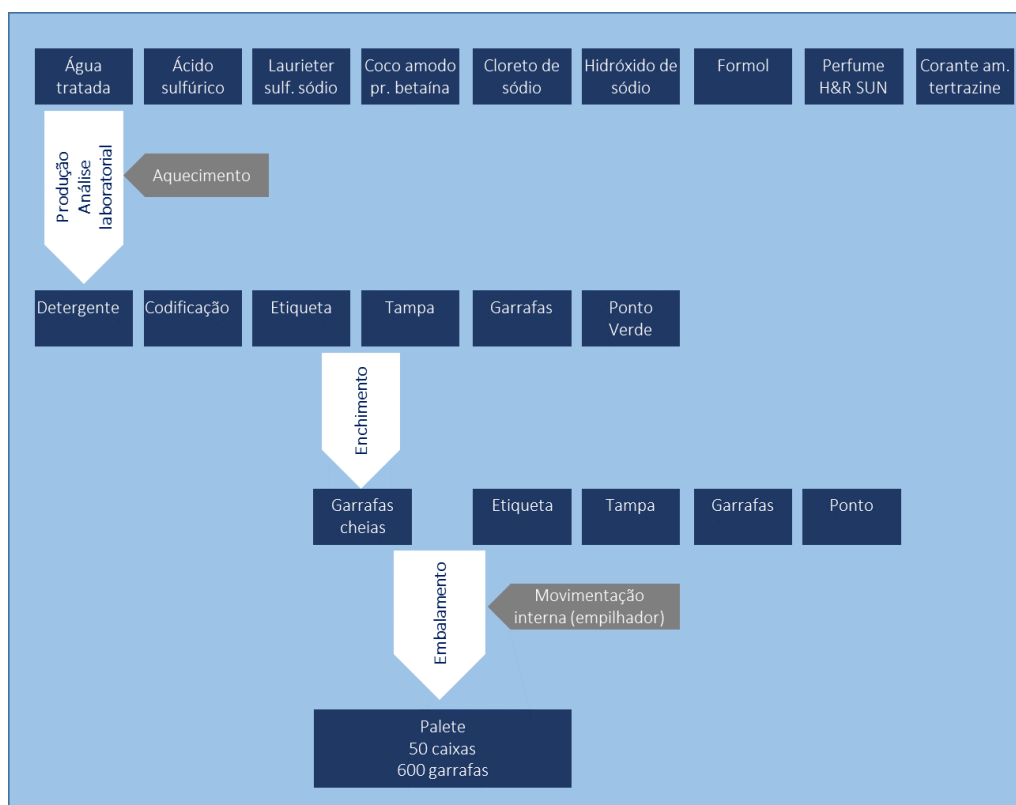


Figura 22 - Síntese do fluxograma de levantamento do processo de produção de detergente lava loiça

Na fase de análise funcional, as funções que foram atribuídas ao produto encontram-se discriminadas no quadro 21, em que se apresenta ainda uma breve caracterização.

Quadro 21 - Funções inventariadas para o detergente lava loiça manual

	Função (Verbo + Complemento)	Observações
A	Seduzir cliente	Ter cor, cheiro, fazer espuma, ser viscoso, estética (embalagem, rótulos ..)
B	Ser ecológico	Biodegradável, reciclável, CDV
C	Dosear detergente	Tampa, viscosidade
D	Lavar loiça	Desengordurar, dar brilho, amaciar mãos (não agredir)
E	Conter informação	Codificação interna, código de barras, marca, modo de utilização, composição, comercializado, simbolos
F	Facilitar manuseamento	Garrafa, tampa
G	Permitir transporte	Embalamento e transporte, conter detergente

As funções foram hierarquizadas tendo-se obtido as importâncias relativas que se apresentam no quadro 22.

Quadro 22 - Hierarquização das funções do detergente lava loiça

	Função (Verbo + Complemento)	%	Nº de ordem
A	Seduzir cliente	33	1
D	Lavar loiça	24	2
E	Conter informação	14	3
F	Facilitar manuseamento	11	4
B	Ser ecológico	10	5
C	Dosear detergente	7	6
G	Permitir transporte	1	7

O quadro 23 apresenta uma síntese do trabalho efetuado na fase de **criatividade**.

Foram geradas algumas ideias de melhoria, para cada função, que se agruparam da seguinte forma:

- Alteração da formulação;
- Alteração da forma da embalagem;
- Alteração do material da embalagem;
- Alteração da tampa;
- Alteração da etiqueta.

Quadro 23 - Fase de criatividade relativa ao detergente lava loiça manual em estudo

Função	Alterações	Notas
Seduzir o cliente	Nova embalagem Nova tampa Nova etiqueta Novo perfume	
Ser ecológico	Nova formulação Nova embalagem Matéria-prima Nova tampa Nova etiqueta	Fórmula "mais amiga" do ambiente Embalagem: -15,7% de material Passou de PVC a PET -56% de peso de MP na tampa -70% de peso de MP na etiqueta
Dosear detergente	Nova tampa	Mais fácil dosificação
Lavar loiça	Com o mesmo poder de lavagem deixa as mãos mais suaves	Suavizante de mãos
Conter informação	Novo rótulo	Rótulo contém: informações de utilização de como lavar a louça de forma mais eficiente, economizando água, energia e protegendo o ambiente
Facilitar manuseamento	Nova forma da garrafa Nova forma da tampa	
Função: permitir transporte	Redução de 20%: No embalamento No manuseamento Na armazenagem No transporte	

Com o novo formato da embalagem numa palete que continha 600 garrafas conseguem-se colocar 720 garrafas - redução de 20% no volume de transporte.

Foi então calculado o fator de satisfação apresentado na figura 23.

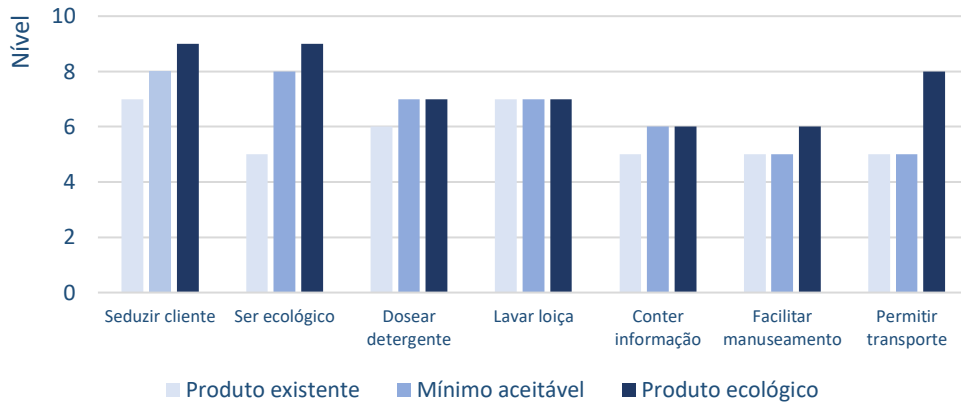


Figura 23 - Fator de satisfação relativo ao detergente lava loiça

No decurso do trabalho, tendo sido feito o levantamento da qualidade e quantidade de recursos envolvidos, foi possível verificar uma redução dos recursos utilizados no produto ecológico em cerca de 2,8%. Da análise de desempenho efetuada, verificou-se haver um aumento do desempenho do novo produto em 21%, conduzindo na análise do Valor Sustentável a um aumento de 24% deste indicador.

Em síntese, este trabalho levou aos seguintes resultados:

- Redução da quantidade de materiais de embalagem colocada no mercado;
- Cumprimento dos objetivos de prevenção estabelecidos na Diretiva de Embalagens e resíduos de embalagem;
- Produto mais eficiente: mais benefícios ambientais e económicos;
- Formação em ferramentas e métodos de custeio para utilizar em projetos futuros;
- Lançamento de um plano de ação com vista a:
 - Obtenção do rótulo ecológico;
 - Lançamento do novo produto no mercado;
 - Certificação ambiental pela norma ISO 14001: 2000.

De referir ainda que o contributo para a circularidade da empresa, neste caso se situou ao nível do R2 Reduzir e R8 Reciclar.

4.4 Eco-eficiência na indústria extrativa

Um dos projetos em que se procedeu à aplicação da metodologia do Valor Sustentável foi o da ecoeficiência na indústria extrativa e transformação de pedra natural, com a participação de empresas situadas no anticlinal Borba-Vila Viçosa.

O caso agora apresentado foi desenvolvido numa das empresas que tinha como objetivo melhorar o Valor Sustentável do processo de transformação de pedra.

No processo de **inventariação global**, construiu-se o fluxograma do processo de transformação, do qual se apresenta um extrato na figura 24.

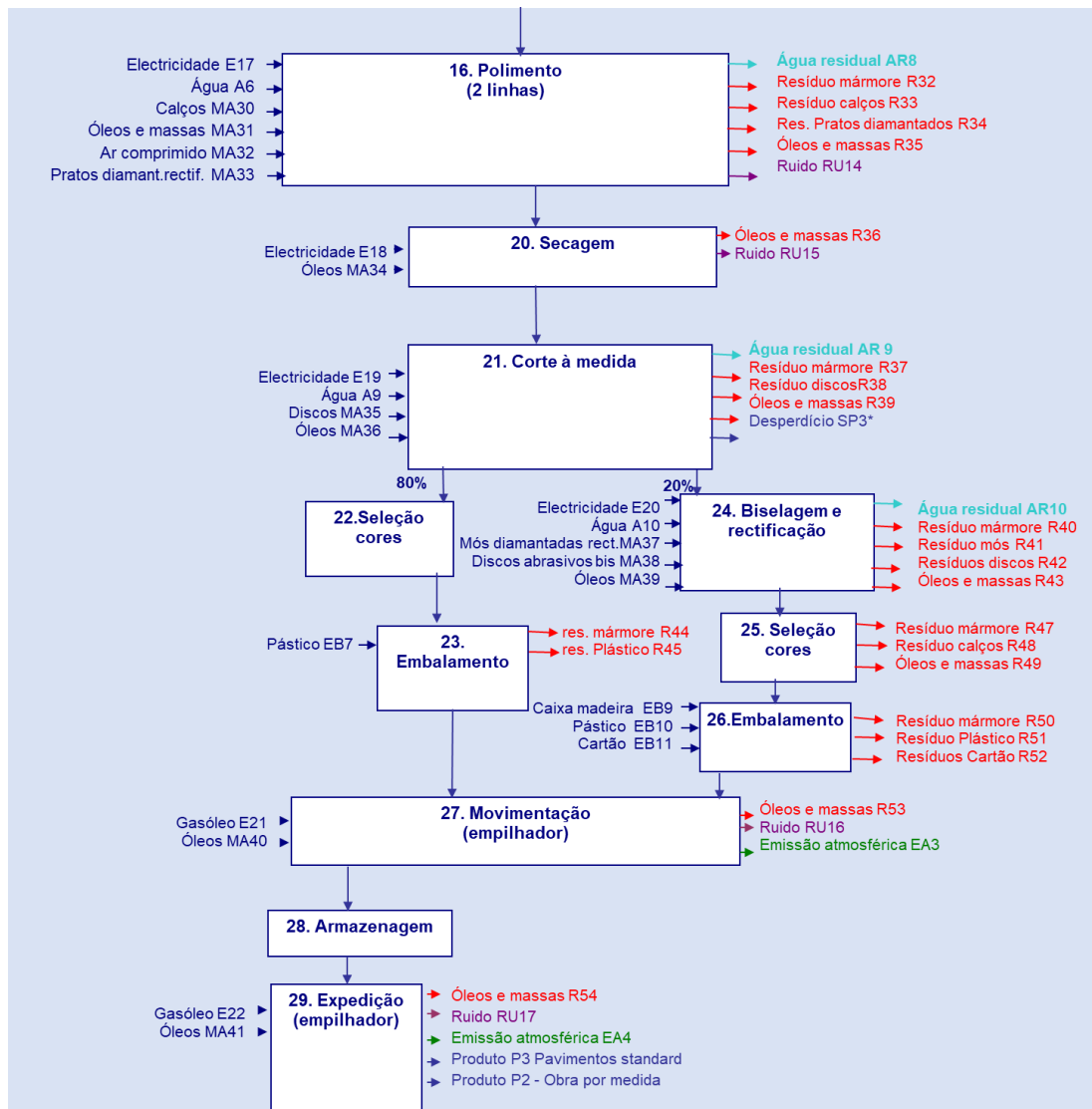


Figura 24 - Fluxograma das operações de transformação de pedra (extrato)

Foi realizado um levantamento de custos do processo global, apresentando-se na figura 25 uma síntese dos valores apurados, em percentagem, incluindo os custos de matéria-prima e sem incluir essa componente.

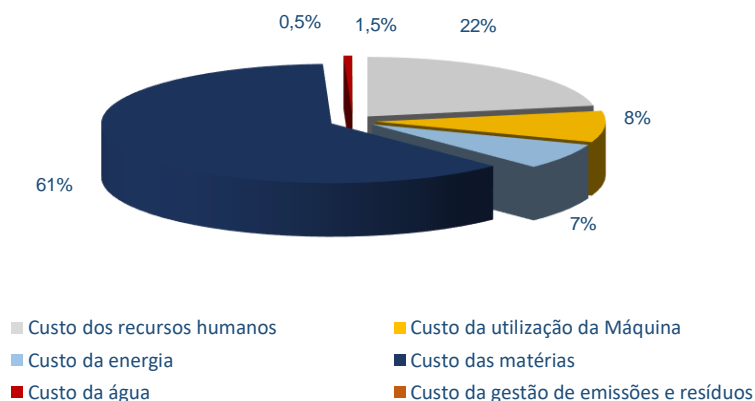


Figura 25 - Repartição dos custos associados ao processo de transformação de pedra natural

Um dos objetivos do inventário global consiste na realização do balanço mássico, ferramenta que permite averiguar a existência de eventuais ineficiências dos processos de produção. Na figura 26 apresenta-se uma síntese desse balanço na empresa em estudo.

Balanço mássico	
Matéria prima entrada	
Blocos de mármore	7 000 t
Blocos de calcário	1 200 t
Bandas de mármore	400 t
total	8 600 t
Saída de pedra trabalhada	
Chapa serrada	1 901 t
Obra por medida	1 100 t
Pavimentos standard	2 500 t
Paletes	800 t
total	6 301 t
<i>Pedra escombros</i>	<i>979 t (11%)</i>
<i>Nata</i>	<i>1 300 t (15%)</i>
total em resíduos	2 279 t (26%)
	<i>(erro 2%)</i>

Figura 26 - Balanço mássico do processo de transformação de pedra natural

A fase de Análise Funcional, permite também olhar para o processo não apenas como uma questão mássica e de custos associados, mas também como um conjunto funcional. Assim, nesta fase procedeu-se à identificação das funções que o processo deve desempenhar, tendo-se obtido a lista apresentada no quadro 24.

Quadro 24 – Lista de funções de processo de transformação da pedra natural

A	Rececionar e avaliar MP
B	Esquadrear blocos
C	Serrar blocos
D	Talhar blocos
E	Cortar chapa
F	Acabar obra por medida
G	Embalar obra por medida
H	Acabar (Polir, cortar, biselar e retificar) medidas standard
I	Embalar medidas standard

Após a listagem de funções, foi calculado o desempenho funcional, apresentando-se o gráfico resultante na figura 27.

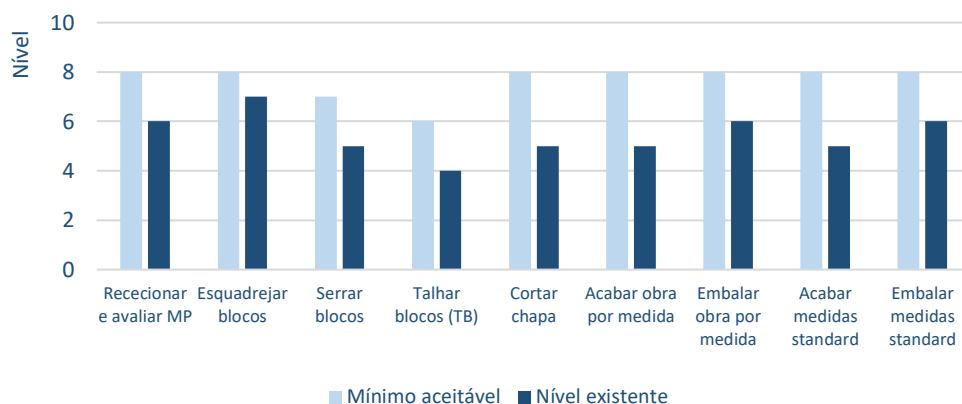


Figura 27 - Desempenho das funções do processo de transformação de pedra natural

Na sequência do estudo, foi efetuada a relação custo-importância das funções, apresentando-se na figura 28 o resultado obtido.

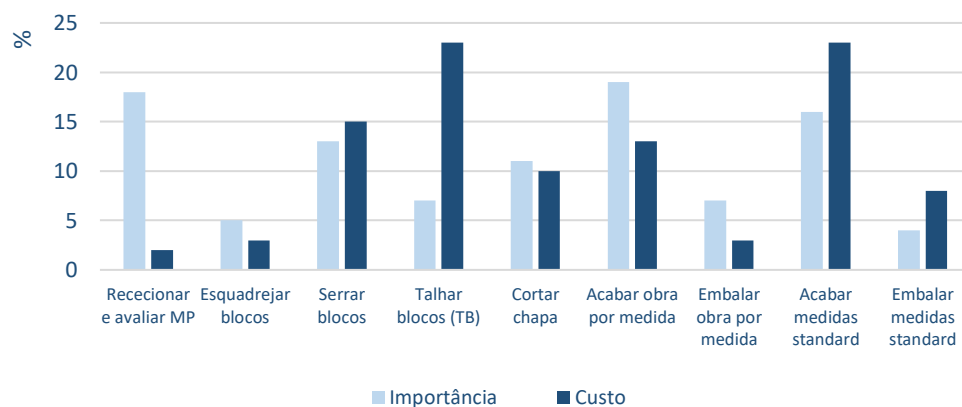


Figura 28 - Relação custo-importância das funções do processo de transformação de pedra

O cálculo do Valor Sustentável foi efetuado através da equação que se apresenta na figura 29.

$$\text{Valor}_{\text{inicial}} = \frac{521}{1\ 606\ 918 \text{ euro}} = 3,2 \times 10^{-4}$$

Figura 29 - Valor Sustentável do processo de transformação de pedra natural

Identificação e seleção prévia de ideias

Após a síntese dos problemas evidenciados nas fases anteriores passou-se à identificação e seleção de ideias para posterior avaliação.

Foram geradas 73 ideias, que se repartiram da seguinte forma:

a) Classificação segundo o prazo de implementação

- Implementação imediata: 25%
- Implementação a médio prazo: 22%
- Implementação a longo prazo: 25%
- Ideia a abandonar: 28%

b) Classificação segundo o tipo de técnica de PML

- Boas Práticas: 41%
- Modificação do processo: 31%
- Modificação do produto: 2%
- Substituição de materiais: 12%
- Valorização interna: 6%
- Valorização externa: 8%

c) Classificação segundo a relação com a melhoria da eco-eficiência da empresa

- Reduzir a intensidade de material de bens e serviços: 13%
- Reduzir a intensidade energética de bens e serviços: 31%
- Reduzir/eliminar a dispersão de toxicidade: 2%
- Maximizar o uso sustentável dos recursos: 15%
- Não aplicável: 32 %
- Estimular reciclabilidade: 5%
- Aumentar intensidade de serviço: 2%

Numa primeira fase foram estudadas apenas 5 das ideias geradas, relacionadas com a aquisição de novo empilhador a gásóleo, nivelar o piso e organizar espaço de armazenamento exterior – parque de chapa e blocos, parar um talha-blocos e adquirir equipamento para carregar chapa nos contentores. A implementação deste grupo de ideias melhorou o desempenho das funções:

- Talhar blocos;
- Acabar obra por medida;
- Embalar obra por medida;
- Acabar medidas standard;
- Embalar medidas standard;
- Expedir produto.

Após a realização das **análises de viabilidade**, verificou-se que a empresa obteve melhorias de 14% no Valor Sustentável do processo de transformação da pedra, melhorando o desempenho e reduzindo os custos. A esta melhoria do Valor Sustentável, a empresa associou e salientou os seguintes aspetos:

- Melhoria do desempenho das funções talhar blocos, acabar obra por medida, embalar obra por medida, acabar medidas standard, embalar medidas standard e expedir produto;
- Foram melhorados os aspetos ambientais e sociais da empresa, nomeadamente no que diz respeito à sua imagem e segurança dos trabalhadores;
- Ficou evidente a necessidade de sistematizar a recolha de dados e melhorar continuamente a sua fiabilidade e precisão;
- A empresa considerou este projeto útil e pretende dar continuidade à aplicação da metodologia, considerando-a uma ferramenta de uso quotidiano para a sua gestão sustentada.

De referir ainda que o contributo para a circularidade da empresa, neste caso se situou ao nível do R2 Reduzir, R4 Reparar e R8 Reciclar.

4.5 Estação de tratamento de águas residuais (ETAR)

A metodologia Valor Sustentável foi também utilizada como ferramenta de apoio à realização de diagnósticos energéticos em Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR), tendo-se procedido aos respetivos ajustes à situação em estudo.

Como em relação a outros objetos de estudo, a aplicação da metodologia iniciou-se pela fase de **inventariação global**, em que se procedeu à elaboração dos fluxogramas das operações em causa. Na figura 30, apresenta-se a título de exemplo, o fluxograma das operações (ETAR).

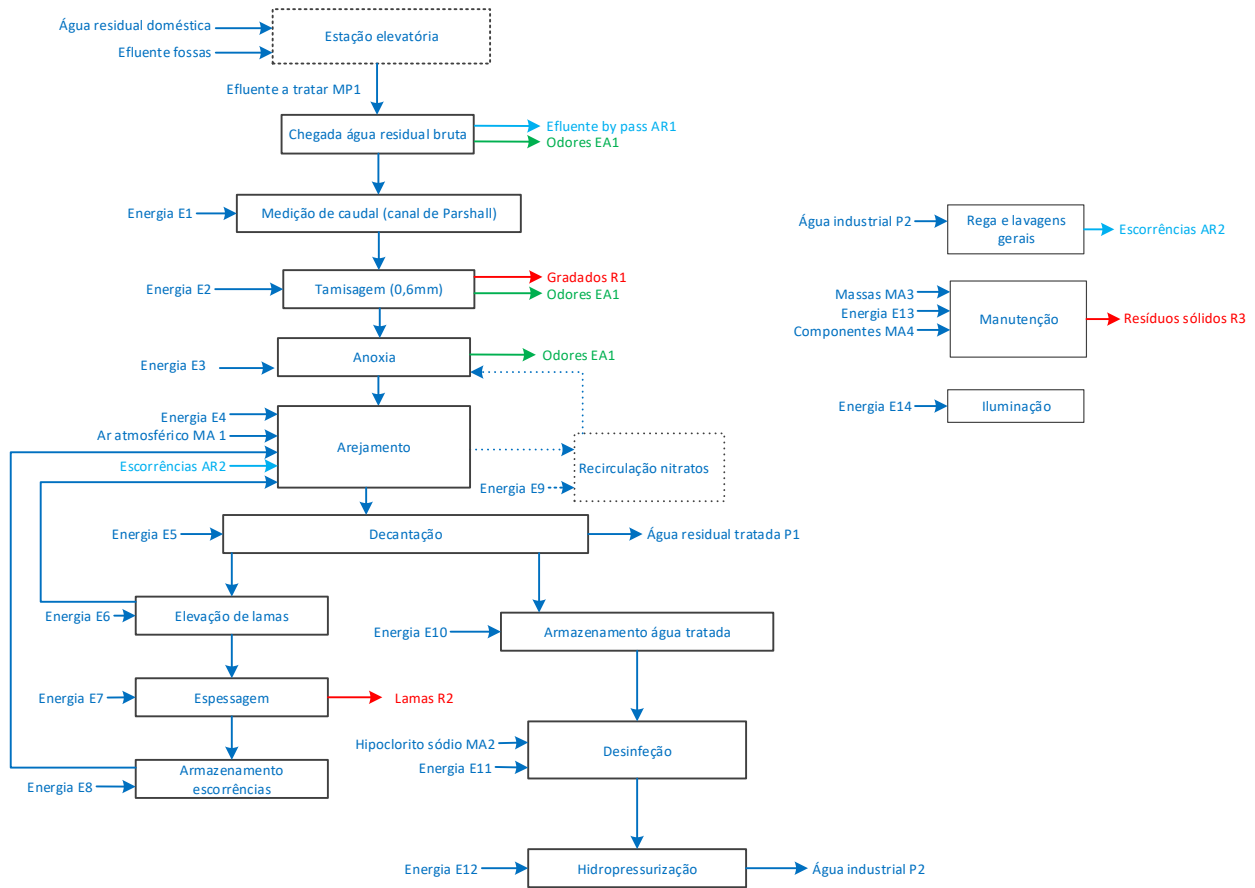


Figura 30 - Fluxograma de processo de tratamento de águas residuais na ETAR

Na fase de **Análise Funcional**, procedeu-se ao cálculo do Valor Sustentável após se terem identificado as seguintes funções: remover matéria orgânica, remover sólidos, desinfetar efluente e remover odores. Para cada uma dessas funções, foram definidos critérios de avaliação, que se apresentam a título de exemplo no quadro 25, bem como a forma de avaliar a satisfação e cálculo do valor. Faz-se notar que para este caso, dado estar envolvido o trabalho de diagnóstico energético, se optou por utilizar os custos com energia na parcela relativa aos recursos.

Quadro 25 – Critérios utilizados, forma de cálculo da satisfação associada, recursos e determinação do Valor

Função	Importância relativa (Φ)	Critérios	Satisfação (S)	ΦS	Recursos (R)	Valor = $\sum \Phi S/R$
Remover MO	40%	Caudal Eficiência de remoção CBO, CQO $CBO_{inicial}, CQO_{inicial}$	$Q \times (\eta_{CBO} \times CBO_{inicial} + \eta_{CQO} \times CQO_{inicial}) =$ $15668 \times (91 \times 0,09 + 86,3 \times 0,23)$	$0,18 \times 10^6$	Energia adquirida (MWh) 19,8	15 (15668 / 19827)
Remover sólidos	40%	Caudal Eficiência de remoção SST $SST_{inicial}$	$Q \times SST_{inicial} \times \eta_{SST}$ $15668 \times 0,44 \times 0,1$	$0,05 \times 10^6$		
Desinfetar Efluente	10%	Caudal Tipo de desinfecção	Sim (=1) $Q \times 50$	$0,08 \times 10^6$		
Remover odores	10%	Caudal Tipo de remoção	Não (=0) $Q \times 0$	0		

Após o cálculo do Valor Sustentável deste processo, com a metodologia adaptada à situação de diagnóstico energético em ETAR, foi possível utilizar o mesmo indicador de eficiência energética para as várias ETAR em estudo, funcionando este como integrador da informação relativa a desempenho ambiental e energético, permitindo de alguma forma um escalonamento das ETAR pertencentes à mesma entidade gestora.

De referir ainda que o contributo para a circularidade a nível das ETAR estudadas, neste caso se situou ao nível do R2 Reduzir, R3 Reutilizar, R8 Reciclar e R9 Recuperar.

4.6 Converte - potencial biomássico para a energia

No estudo do Projeto Converte – Conversão da biomassa em energia, o objetivo da aplicação definido na fase de dados específicos do projeto foi utilizar o Valor Sustentável como indicador para comparar o potencial biomássico de conversão para energia de oito tecnologias.

Dada a especificidade destes objetos de estudo (tecnologias de conversão), do objetivo e da informação disponível houve que fazer adaptações na metodologia normalmente utilizada.

A unidade funcional adotada para o estudo correspondeu a 1kg matéria-prima (matéria seca) independentemente da origem do resíduo considerado para o desenvolvimento do binómio tecnologia – resíduo.

Foi tomada como fronteira do estudo a disponibilidade do resíduo em causa no território nacional, isto é, a viabilidade da conjugação entre a transformação tecnológica em energia de cada um dos resíduos considerados apenas terá sentido se a disponibilidade, em termos materiais, se verificar ser uma realidade.

Na fase de **inventariação global**, procedeu-se à elaboração dos fluxogramas das várias tecnologias em estudo, apresentando-se na figura 31 um exemplo de uma das tecnologias analisadas, o relativo à tecnologia de combustão para eletricidade e calor (CHP).

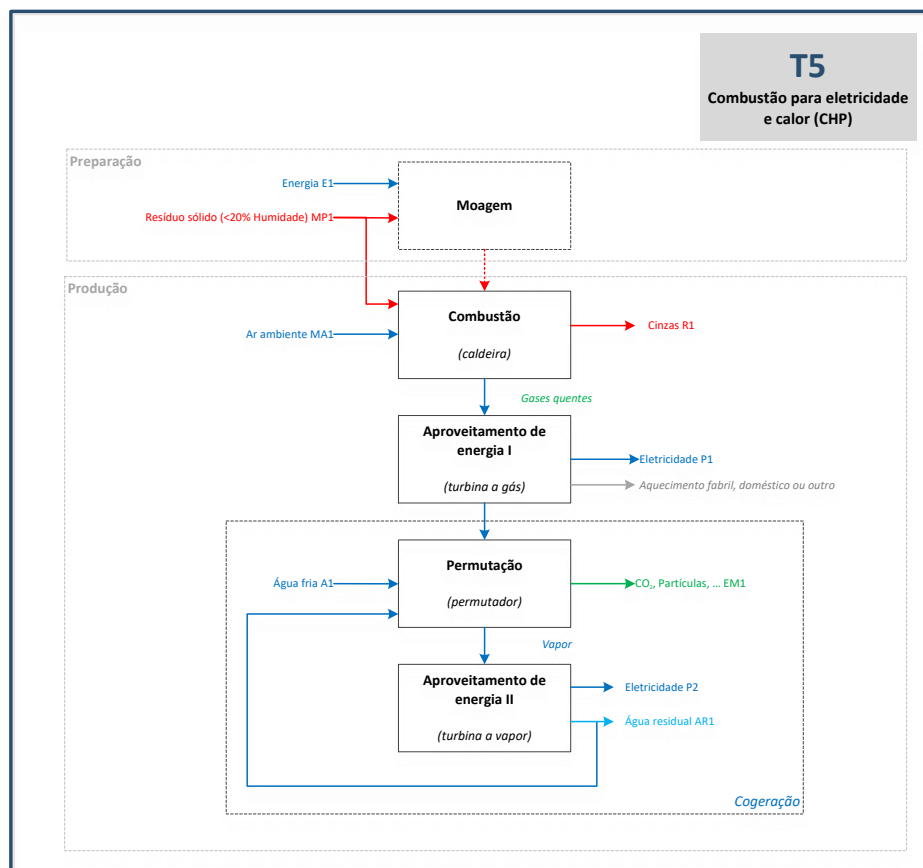


Figura 31 – Fluxograma do processo da tecnologia 5 do Converte – Combustão para eletricidade e calor (CHP)

Para dar cumprimento aos objetivos definidos foi necessário estimar o Valor Sustentável (VS) para cada uma das tecnologias testadas, definindo à partida os pressupostos comuns a todas elas de modo que os resultados finais pudessem ser comparáveis, passando-se à fase de **Análise Funcional**. Partindo do conceito de VS (figura 2) foi necessário quantificar o desempenho de cada uma das tecnologias e os recursos envolvidos.

O cálculo do desempenho foi realizado a partir de critérios previamente identificados que foram caracterizados e hierarquizados, estabelecendo-se um coeficiente de ponderação que define a hierarquização entre eles (Φ). Para cada tecnologia foi determinada, pelo grupo de trabalho a ela associado, e de acordo com uma escala previamente definida, a forma como cada uma delas cumpre cada critério - fator de satisfação (S). O somatório ponderado dos vários desempenhos ($\sum\Phi S$) permitiu calcular o desempenho de cada uma das tecnologias envolvidas.

Definição dos critérios de avaliação

Os critérios de avaliação que foram definidos para a avaliação do desempenho das tecnologias são apresentados no quadro 26.

Quadro 26 - Critérios utilizados para a avaliação do Valor Sustentável e respetiva base contemplada

Base contemplada		Critério
PROCESSO	Processo de conversão	Rendimento global mássico
		Flexibilidade quanto à matéria-prima permitida à entrada
ENVOLVENTE	Gestão	Tempo de execução (relativo à taxa de conversão)
		Maturidade - escala de <i>Technological Readiness Level</i> (TRL)
ENVOLVENTE	Social	Aceitação pelos stakeholders (população, produtores, ...)
INPUT	Intensidade material	Incorporação de materiais (<i>kg/kg</i> matéria-prima)
	Dispersão toxicidade	Perigosidade dos materiais incorporados
	Escassez recursos	Utilização de recursos não renováveis
	Intensidade energética	Razão entre a energia libertada/produzida e a energia consumida no processo (<i>EROI</i>)
	Disponibilidade da água	Utilização de água (litro/kg matéria seca em matéria-prima)
OUTPUT	Circularidade	Geração de resíduos (kg de resíduo seco/kg matéria seca em matéria-prima)
	Dispersão toxicidade	Perigosidade dos resíduos (número de características de perigosidade)
	Qualidade do ar	Emissão de partículas para atmosfera (mg/kg matéria seca em matéria-prima)
	Alterações climáticas	Contributo efeito de estufa (kg CO ₂ eq. libertado/kg matéria seca em matéria-prima)

Para uma melhor compreensão dos critérios definidos para a avaliação do desempenho, no quadro 27 apresenta-se uma síntese do significado associado a cada um deles.

Quadro 27 - Critérios utilizados para a avaliação do Valor Sustentável e respetivo significado associado

Critério	Significado associado
Rendimento global mássico	Parâmetro positivo. Relativo ao rendimento global da conversão do resíduo em energia dos vários produtos considerados no fluxograma de processo [ou poder calorífico para o caso da combustão ou em carbono], em percentagens efetivas (%), se existirem.
Flexibilidade quanto à MP permitida à entrada	Parâmetro positivo. Relativo à gama de concentração que é possível ter à entrada do processo referente à tecnologia em questão. Para os processos biológicos associa-se à concentração do resíduo que é admissível no reator, nos processos térmicos associa-se à humidade admitida no resíduo/matéria-prima para que possa ocorrer o processo. Também pode ser entendida como banda larga /estreita ou espectro de admissão de matérias de entrada.
Aceitação pelos stakeholders	Parâmetro positivo. Associado à reação dos <i>stakeholders</i> face à tecnologia em questão, em que se valoriza mais a aceitação plena, seguida pela simples aceitação, indiferença, difícil aceitação ou rejeição explícita. Considera-se para este efeito que os <i>stakeholders</i> correspondem em termos gerais aos produtores /operadores da tecnologia e à população em geral. Assume-se a opinião geral manifestada nos <i>media</i> .
Incorporação de materiais	Parâmetro negativo. Refere-se à quantidade de materiais auxiliares, em massa, que são utilizados no processo. Exclui-se a água, pelo tratamento diferenciado que se pretende dar à análise. Expressão em kg/kg de matéria seca do resíduo utilizado como matéria-prima no processo.
Perigosidade dos materiais	Parâmetro negativo. Refere-se às advertências de perigo associadas a cada um dos materiais auxiliares incorporados no processo (as advertências de perigo H fazem parte do Regulamento (CE) n.º 1272/2008 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de dezembro de 2008). Sendo que nem todas as frases representam o mesmo nível de perigosidade, consideram-se 3 grupos: A) H200 a H299 – perigo físico; B) H300 a H399 – perigo para a saúde; C) H400 a H499 – perigo para o ambiente.
Utilização de recursos não renováveis	Parâmetro negativo. Refere-se à utilização de materiais não renováveis ou de energia fóssil no processo. Relaciona-se com a depleção de recursos.
Razão entre a energia libertada e a consumida	Parâmetro positivo. A razão entre o conteúdo energético dos produtos gerados ou energia produzida e a energia consumida no processo (EROEI).
Utilização de água	Parâmetro negativo. Refere-se à utilização de água nos processos, em litro/kg matéria seca do resíduo utilizado como matéria-prima do processo. Não contabiliza a água reciclada, apenas a água do processo em termos absolutos. Pelo caráter especial que a água representa em termos ambientais (escassez, qualidade, outros) este critério diferencia-se dos restantes materiais auxiliares como independente. Por outro lado, não é representativo em termos de custos por ainda não se atribuir um valor significativo à utilização da água.
Geração de resíduos	Parâmetro negativo. Refere-se à quantidade de resíduos sólidos gerados no processo, em kg de resíduo seco/kg matéria seca do resíduo utilizado como matéria-prima no processo.
Perigosidade dos resíduos	Parâmetro negativo. Refere-se ao número de características de perigosidade do resíduo conforme definido no anexo III do Regulamento (UE) n.º 1357/2014.
Emissão de partículas para a atmosfera	Parâmetro negativo. Refere-se à emissão de partículas para a atmosfera em mg/kg matéria seca do resíduo utilizado como matéria-prima no processo.
Contributo para o efeito de estufa	Parâmetro negativo. Refere-se à quantidade de gases com efeito de estufa gerados no processo, em kg CO ₂ eq. libertado para a atmosfera no processo/CO ₂ estequiométrico da matéria seca (ou kg de matéria seca do resíduo utilizado como matéria-prima no processo).
Tempo de execução	Parâmetro não utilizado para a determinação do desempenho. Relacionado com a velocidade com que ocorre a reação, que pode ser associado à taxa de conversão em processos biológicos ou ao tempo de reação mais aplicável aos processos termoquímicos.
Maturidade	Parâmetro não utilizado para a determinação do desempenho. Refere-se ao grau de desenvolvimento da tecnologia em questão, distinguindo-se as tecnologias de TRL mais elevado relativamente àquelas em estádios de menor maturidade, que se referem ainda a ideias, investigação inicial ou fase de piloto. Optou-se por valorizar economicamente de forma diferenciada as tecnologias com TRL mais elevado (<i>incorporando custos de capital e de operação e manutenção</i>) relativamente àquelas de baixo TRL (<i>incorporando apenas custos de operação e manutenção</i>).

A quantificação dos critérios foi feita numa escala de 1 a 5, cuja interpretação se apresenta no quadro 28, onde constam os critérios utilizados para a análise quantitativa e um destaque (sombreado) daqueles que foram apenas considerados qualitativamente.

Quadro 28 - Base de cálculo para a avaliação do Valor Sustentável relativa à quantificação da satisfação associada aos vários critérios

Critérios	Nota/ unidade	5	4	3	2	1
Rendimento global mássico	(%)	90-100	75- 89	50-74	25-49	<25
Flexibilidade quanto à matéria-prima permitida à entrada	-	Indiferente	Gama larga	Elevada	Restrita	Muito restrita
Aceitação pelos <i>stakeholders</i>	-	Plenamente	Aceitável	Indiferente	Difícil aceitação	Rejeição
Incorporação de materiais	(kg/kg matéria seca MP)	0	<0,10	0,10-0,25	0,25-0,50	>0,5
Perigosidade dos materiais	-	Nenhuma frase de perigo	1 frase em A	1 frase em A e outra em B ou C	2 frases em B ou C	>2 frases em B ou em C
Utilização de recursos não renováveis	-	Não utiliza	-	-	-	Utiliza
Razão entre a energia libertada/produzida e energia consumida no processo	(EROI)	>1	-	1	-	<1
Utilização de água	(litro/kg matéria seca MP)	0	0-1	1-2	2-3	>3
Geração de resíduos	(kg de resíduo seco/kg matéria seca MP)	0	<0,25	0,25 a 0,5	0,5 a 0,75	>0,75
Perigosidade dos resíduos	(número de características de perigosidade)	0	1	2	3 a 10	11 a 15
Emissão de partículas para atmosfera	(mg/kg matéria seca MP)	0	-	-	-	1
Contributo para o efeito de estufa	(kg CO ₂ eq. libertado/kg matéria seca MP)	0	<0,25	0,25 a 0,5	0,5 a 0,90	>0,90
Tempo de execução	(relativo à taxa de conversão)	segundos	minutos	horas	dias	semanas
Maturidade	escala TRL	Comercialização (TRL 8-9)	Demonstração (TRL 6-7)	Piloto (TRL 4-5)	R&D (TRL 2-3)	Ideia (TRL 1)

Ponderação dos critérios de avaliação

Tendo em conta que nem todos os critérios apresentam o mesmo nível de importância, foram realizados exercícios de ponderação e a importância final atribuída a cada critério (quadro 29) teve em conta a seguinte expressão:

$$\text{Importância}_i (\%) = (\text{SP}_i/\text{ST}) * 100$$

Em que:

SP – Valor parcelar

ST – Valor total

Importância_i – importância atribuída ao critério i

Quadro 29 - Importância relativa adotada para os critérios usados no cálculo do Valor Sustentável

Importância, ϕ	Crítérios
5	Rendimento global mássico
1	Flexibilidade quanto à matéria-prima permitida à entrada
1	Aceitação pelos <i>stakeholders</i>
3	Incorporação de materiais
5	Perigosidade dos materiais
5	Utilização de recursos não renováveis
5	Razão entre a energia libertada/produzida a energia consumida no processo
1	Utilização de água
3	Geração de resíduos
5	Perigosidade dos resíduos
5	Emissão de partículas para atmosfera
5	Contributo para o efeito de estufa

Avaliação do desempenho das tecnologias

O grau de satisfação de cada tecnologia determinado com base nos critérios definidos permitiu calcular o desempenho de cada uma das tecnologias em análise que se apresenta no quadro 30.

Quadro 30 - Cálculo do desempenho das tecnologias

Critérios	Grau de satisfação, S								Importância, Φ
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	
Rendimento global mássico	5	3	2	2	5	5	3	3	5
Flexibilidade quanto à matéria-prima	4	3	2	3	5	5	3	3	1
Aceitação pelos <i>stakeholders</i>	2	4	3	3	5	5	5	4	1
Incorporação de materiais	1	4	3	5	5	5	5	5	3
Perigosidade dos materiais	1	4	1	5	5	5	5	5	5
Utilização de recursos não renováveis	5	5	5	1	5	5	5	5	5
Utilização de energia	4	5	1	4	5	5	5	4	5
Utilização de água	4	4	4	4	4	4	3	3	1
Geração de resíduos	5	4	5	5	3	3	2	2	3
Perigosidade dos resíduos	5	5	5	5	1	5	5	5	5
Emissão de partículas para atmosfera	5	5	4	4	1	5	5	5	5
Contributo para o efeito de estufa	5	5	5	4	2	4	4	3	5
Desempenho ($\sum \Phi S$)	177	195	147	166	158	208	192	181	

Custos associados às tecnologias

No quadro 31 apresentam-se os custos considerados para o cálculo do Valor Sustentável.

Quadro 31 - Custos totais considerados em cada tecnologia estudada

Tecnologia	Custo, €/MWh	Referência
T1 (Trans)esterificação para biodiesel	68 - 104	EC, 2017. Sub Group on Advanced Biofuels
T2 Digestão anaeróbia	71 - 91	EC, 2017. Sub Group on Advanced Biofuels
	40 - 120	Bioenergy in Germany facts and figures, 2017
<i>Produção biogás em codigestão</i>	28,8	UE, 2016. Optimal use of biogas from waste streams
<i>Produção biogás convencional</i>	50,4	UE, 2016. Optimal use of biogas from waste streams
<i>Produção biogás em monodigestão</i>	79,2	UE, 2016. Optimal use of biogas from waste streams
<i>Produção biogás de lamas de ETAR</i>	108	UE, 2016. Optimal use of biogas from waste streams
T3 Fermentação bioetanol	67 - 87	EC, 2017. Sub Group on Advanced Biofuels
T4 Fermentação bio-hidrogénio	50 146-417	Hay, 2013 Randolph and Studer, 2017
T5 Combustão para eletricidade e calor (CHP)	62,6 – 26,6	Cálculos baseados em Bruckner et al, 2011 e no preço da energia elétrica em Portugal - Eurostat 2019
T6 Gasificação para biogás e gás de síntese	50,9	EC, 2017. Sub Group on Advanced Biofuels Hannula e Kurkela, 2013
T7 Pirólise para bio-óleos	83 - 118	EC, 2017. Sub Group on Advanced Biofuels
T8 Liquefação hidrotérmica (LHT) para bio-óleos	81 - 128	Magdeldin et al, 2018

Cálculo do Valor Sustentável

O Valor Sustentável calculado para as diferentes tecnologias é apresentado no quadro 32 e representado na figura 32. No quadro 32 encontra-se assinalado o intervalo entre os máximos e os mínimos apurados bem como os valores médios considerados para o Valor Sustentável das tecnologias em estudo.

Quadro 32 - Desempenho, custos e Valor Sustentável em cada tecnologia estudada

		TECNOLOGIA CONVERTE							
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
DESEMPENHO	(Σφs)	177	195	147	166	158	208	192	181
CUSTO €/MWh	máximo	104	120	87	417	63	51	118	128
	mínimo	68	29	67	50	27	51	83	81
	médio	86	75	77	234	45	51	101	105
VALOR SUSTENTÁVEL	máximo	1,70	1,62	1,69	0,40	2,51	4,09	1,63	1,41
	mínimo	2,60	6,76	2,20	3,32	5,85	4,09	2,31	2,23
	médio	2,06	2,62	1,91	0,71	3,51	4,09	1,91	1,73

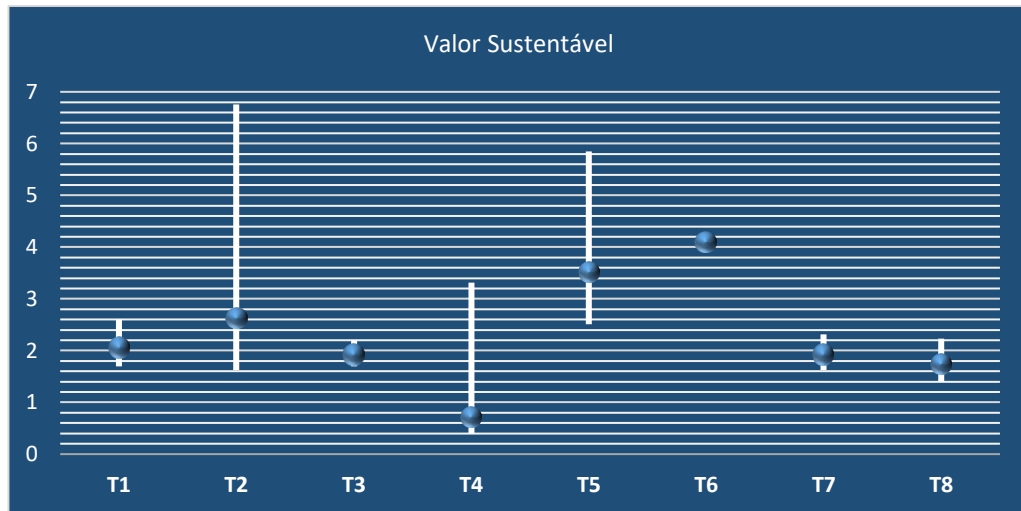


Figura 32 - Valor Sustentável calculado para as tecnologias estudadas no Projeto CONVERTE – valores médios e barra de variação contendo os valores máximos e mínimos associados a cada tecnologia

Em síntese, o trabalho realizado permitiu obter informação integrada sobre as oito tecnologias em estudo através do indicador Valor Sustentável. Neste indicador foram considerados critérios ambientais, sociais e económicos para cada uma das tecnologias estudadas.

De referir ainda que o contributo para a economia circular, neste caso se situou ao nível do R2 Reduzir, R7 Realocar, R8 Reciclar e R9 Recuperar.

4.7 Gestão das fontes de água para produção de hidrogénio por hidrólise alcalina

Também no recente processo de avaliação de alternativas para produção de hidrogénio por hidrólise alcalina se recorreu à metodologia Valor Sustentável, desta feita para apoiar a decisão relativamente às fontes de água necessária para o referido processo.

No estudo em causa, existiam duas possibilidades de localização dos hidrolisadores, aqui designadas por local A e B, tendo-se efetuado um levantamento de todas as eventuais fontes de água associadas.

Num primeiro momento, foram definidos os critérios de sustentabilidade a utilizar relativamente às origens de água para a produção de hidrogénio, os quais se apresentam no quadro 33. Optou-se por não atribuir importâncias diferenciadas em função dos critérios adotados e por atribuir quatro níveis de desempenho relativos a cada critério conforme se ilustra no quadro 33.

Quadro 33 - Critérios de sustentabilidade usados relativamente a origens de água para processo de hidrólise alcalina

Critério	Peso	Desempenho			
		1	2	3	4
Disponibilidade (curto prazo: fatores meteorológicos)	1	Forte dependência de fatores meteorológicos	Média dependência de fatores meteorológicos	Ligeira dependência de fatores meteorológicos	Não dependente de fatores meteorológicos
Disponibilidade (efeito climático)	1	Forte dependência de fatores climáticos	Média dependência de fatores climáticos	Ligeira dependência de fatores climáticos	Não dependente de fatores climáticos
Disponibilidade (garantia de continuidade)	1	Forte dependência	Media dependência	Ligeira dependência	Espera-se haver continuidade de abastecimento
Competição com outras utilizações (captação de água para abastecimento)	1	Competição com abastecimento de água humano e/ou para usos agrícolas	Competição com abastecimento de água para usos agrícolas	Competição com abastecimento de água para outros usos	Não se espera haver competição com outros usos
Dificuldade de captação/recolha	1	Dificuldade elevada e com potenciais complicações inesperadas	Necessário licenciamento e pagamento de taxas	Necessário negociação e eventual pagamento de taxas	Livre
Distância (necessidade de transporte)	1	Longa distância	Média distância	Curta distância	Localmente
Necessidade de tratamento	1	Muito forte [Tamisagem/filtração (ou MF) + coagulação/filtração (ou UF)+O]	Forte [Microfiltração-MF (ou Ultrafiltração-UF)]	Média [Filtração fina (ou tamisagem fina) + UF]	Ligeira [<Filtração fina (ou tamisagem fina) + UF]
Aceitação social	1	Difícil aceitação devido à possibilidade de exaustão do recurso	Fraca aceitação devido à possibilidade de rejeição de concentrados salinos nos ecossistemas	Possível dificuldade de aceitação devido ao impacte na disponibilidade de água	Aceitável
Complexidade do licenciamento associado	1	Elevada complexidade	Média complexidade	Ligeira complexidade	Sem necessidade

As origens de água possíveis que foram consideradas foram as águas superficiais, que incluem os rios, ribeiras e lagos, as águas subterrâneas, as águas residuais industriais tratadas, as águas residuais urbanas após tratamento, as águas oceânicas e de estuário, as da rede pública de abastecimento, as recuperadas em torres de arrefecimento e ainda as águas da chuva. Em função do local em causa, foram levantadas as possibilidades de origem de água e atribuiu-se o correspondente grau de desempenho (quadro 34).

Quadro 34 - Desempenho associado às origens de água em função da avaliação qualitativa definida para os critérios em análise

Critério/origem da água	Local A									Local B					
	Superficial	Subterrânea	Água residual industrial	Água residual urbana tratada	Oceânica	Estuarina	Rede	Torres de arrefecimento	Pluvial	Superficial	Subterrânea	Água residual industrial	Água residual urbana tratada	Rede	Pluvial
Disponibilidade (curto prazo: fatores meteorológicos)	1	2	2	4	4	2	4	1	1	3	2	2	4	4	1
Disponibilidade (efeito climático)	1	2	3	4	3	1	4	2	1	2	2	3	4	4	1
Disponibilidade (garantia de continuidade)	2	2	1	4	3	2	4	1	1	3	2	1	2	4	1
Competição com outras utilizações (captação de água para abastecimento)	1	1	4	4	4	3	4	4	4	1	1	4	4	4	4
Dificuldade de captação/recolha	2	2	2	3	1	1	4	1	1	2	2	3	3	4	1
Distância (necessidade de transporte)	2	3	2	2	1	1	4	2	4	3	3	2	2	4	4
Necessidade de tratamento	1	2	1	3	1	1	4	3	3	3	2	1	3	4	3
Aceitação social	2	1	4	4	2	2	4	4	4	4	1	4	4	4	4
Complexidade do licenciamento associado	2	1	3	3	1	1	4	3	3	2	1	3	3	4	3
Pontuação total	14	16	22	31	20	14	36	21	22	23	16	23	29	36	22
Classificação (%)	39	44	61	86	56	39	100	58	61	63	44	64	81	100	61

Determinado o desempenho, foi estimado o custo associado a cada m³ de água das diferentes fontes estudadas (quadro 35) e calculado o Valor Sustentável (quadro 36).

Quadro 35 - Custos potenciais para as duas localizações estudadas

Custos	Unidade	Local A										Local B				
		Subterrânea	Água residual urbana tratada	Água residual industrial	Rede	Superficial	Estuário	Torres de arrefecimento	Pluvial	Oceânica	Subterrânea	Água residual urbana tratada	Água residual industrial	Rede	Superficial	Pluvial
Total CAPEX	€/m ³	1,91	2,01	1,82	1,82	0,86	1,69	1,64	2,79	4,65	1,91	2,25	2,98	1,82	1,67	2,79
Total OPEX	€/m ³	1,8	1,78	1,78	1,91	1,75	1,75	1,72	0,44	4,18	1,8	1,75	1,75	1,5	1,74	2,63
Custos totais	€/m ³	3,71	3,79	3,6	3,73	2,61	3,44	3,36	3,23	8,83	3,71	4,00	4,73	3,32	3,41	5,42

Quadro 36 - Valor Sustentável para as potenciais origens de água nas duas localizações estudadas

Origem de água	Unidade	Local A										Local B				
		Subterrânea	Água residual urbana tratada	Água residual industrial	Rede	Superficial	Estuário	Torres de arrefecimento	Pluvial	Oceânica	Subterrânea	Água residual	Água residual industrial	Rede	Superficial	Pluvial
Desempenho	-	39	44	61	86	56	39	100	58	61	63	44	64	81	100	61
Custos totais	€/m ³	3,71	3,79	3,6	3,73	2,61	3,44	3,36	3,23	8,83	3,71	4,0	4,73	3,32	3,41	5,42
Valor Sustentável	-	11	12	17	23	21	11	30	18	7	17	11	14	24	29	11

Em síntese, o trabalho realizado permitiu obter informação integrada sobre as várias possibilidades de origem de água para alimentação da geração de hidrogénio por hidrólise alcalina através do indicador Valor Sustentável. Neste indicador foram considerados critérios técnicos, ambientais, sociais e económicos para cada uma das alternativas estudadas.

De referir ainda que o contributo para em termos de estratégia de economia circular neste caso se situou ao nível do R8 Reciclar.

5. CONCLUSÕES E CAMINHOS DE FUTURO

Esta metodologia permite que um único indicador Valor Sustentável tenha em consideração aspetos económicos, ambientais, sociais e tecnológicos.

É aplicada a qualquer área em que exista um desempenho que possa ser mensurável e associado ao mesmo existam recursos envolvidos necessários para que se realize esse desempenho.

Torna-se assim numa ferramenta com muitas potencialidades, nomeadamente para avaliação de propostas de melhoria, que, seguindo as várias fases da metodologia, permite escolher a de maior Valor Sustentável, para uma determinada empresa (ou processo, ou alternativa), naquele momento. As utilizações efetuadas e anteriormente exemplificadas, mostram ser ainda um instrumento útil para análise de alternativas em termos de processos de conversão ou de localização de atividade industrial, bem como na avaliação da eficiência de processos, ao integrar critérios de sustentabilidade e princípios de economia circular.

Em termos globais, a aplicação da presente metodologia, contribuiu para a estratégia de circularidade dos 9R, essencialmente com medidas de redução e de reciclagem a nível das empresas alvo de estudo, havendo ainda pontuais contributos em termos da reutilização, reparação, refabricação, realocação e recuperação de materiais

De realçar a importância do apoio dos órgãos de decisão da empresa que são responsáveis por:

- escolher do objeto de estudo;
- apoiar efetivo à equipa de trabalho;
- definir dos objetivos do estudo;
- definir dos constrangimentos ao desenvolvimento do mesmo.

6. AGRADECIMENTOS

Às várias equipas que participaram nos projetos que aqui são apresentados como exemplos de aplicação da metodologia.

Projeto AVORIS – Análise do Valor Orientada para a Sustentabilidade (AERLIS - Associação Empresarial da Região de Lisboa e empresas associadas envolvidas).

Equipa LNEG: João Henriques, Justina Catarino, Anabela Maia, David Camocho, Jorge Alexandre, Fátima Rodrigues, Constança Peneda.

Projeto DEUSA – Desenvolvimento Empresarial e Urbano Sustentável no Distrito de Aveiro (AIDA – Associação Industrial do Distrito de Aveiro, ABIMOTA - Associação Nacional das Indústrias de Duas Rodas, Ferragens, Mobiliário e Afins, AIA – Associação Industrial de Águeda e empresas associadas envolvidas).

Equipa LNEG: Justina Catarino, João Henriques, Anabela Maia, David Camocho, Jorge Alexandre, Fátima Rodrigues, Constança Peneda.

Projeto Eco-eficiência na Indústria Extractiva – Uma Estratégia para o Desenvolvimento Sustentável (CEVALOR - Centro Tecnológico para o Aproveitamento Valorização Rochas Ornamentais e Industriais e empresas associadas envolvidas).

Equipa LNEG: Justina Catarino, João Henriques, Anabela Maia, Jorge Alexandre, Fátima Rodrigues, Maria José Gonçalves.

Projeto eficiência energética de ETAR (contrato)

Equipa LNEG: Justina Catarino, João Henriques, Santino di Berardino, David Salema.

Projeto Converte - Potencial biomássico para a energia (POSEUR)

Equipa LNEG: Patrícia Moura com a seguinte equipa de trabalho: Jorge Alexandre, João Henriques, Justina Catarino, Santino di Berardino, Tiago Lopes, Cristina Oliveira, Helena Albergaria, Susana Marques, Paula Marques, Mariana Abreu, Paula Passarinho, Isabel Marques, Filomena Pinto, Rui André, Paula Costa, Francisco Gírio.

Projeto Water Quality for Alkaline EL (contrato)

Equipa LNEG: Sofia Simões, Filipa Amorim, Carmen Rangel, Justina Catarino, Ana Picado, Santino di Berardino, Tiago Lopes, Francisco Gírio, António Joyce, António Rodrigues, Paulo Pinto, Carlos Nogueira, Teresa Ponce de Leão.

7. BIBLIOGRAFIA

Alexandre, J., Henriques, J., Catarino, J., 2006. How can Design, Value Management and Cleaner Production work together? 2nd International Conference on Quantified Eco-Efficiency Analysis for Sustainability, Egmond aan Zee, Holanda, 28-30 Jun 2006.

Alexandre, J., Henriques, J., Catarino, J., Maia, A., Rodrigues, F., Camocho, D., 2007. From need to manufacture – the design process in Sustainable Value approach. 5th International Conference on Design & Manufacture for Sustainable Development, 10 – 11 Jul 2007, Loughborough University, UK, 10 pp. Proceedings (editado em CD-Rom): Papers: Paper Session 5: Life-Cycle Design and Analysis.

Alexandre, J., Maia, A., Camocho, D., Rodrigues, F., Henriques, J., Catarino, J., 2006. How to measure the Value from a sustainable point of view. Conferência "Delivering Value Today & Tomorrow, 14/15 setembro 2006, Grand Hotel, Brighton. Livro de Actas: paper 19 – 7 pp.

Alexandre, J., Maia, A., Camocho, D., Rodrigues, F., Henriques, J., Catarino, J., 2007. How to measure the Value from a sustainable point of view. Value World, Published by SAVE International, Fall 2007, Volume 30 – Issue 3 – 9 pp.

Bruckner T, Chum H, Jager-Waldau A, Killingtveit A, Gutierrez-Negrin L, Nyboer J, Musial W, Verbruggen A, Wiser R. Annex III: Cost Table. In: Edenhofer O, Pichs-Madruga R, Sokona Y, Seyboth K, Matschoss P, Kadner S, Zwickel T, Eickemeier P, Hansen G, Schlomer S, von Stechow C, editors. IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation, Cambridge University Press, United Kingdom and New York, USA; 2011.

Catarino, J., Henriques, J., 2008. Eco-eficiência na Indústria Extractiva – Uma estratégia para o Desenvolvimento Sustentável. VII Congresso Internacional da Pedra Natural do Alentejo, Vila Viçosa, 24 e 25 de outubro 2008.

Catarino, J., Henriques, J., 2009. Eco-eficiência na Indústria Extractiva. II Congresso Nacional da Pedra Natural, Exposalão, Batalha, 12 março 2009.

Catarino, J., Henriques, J., Camelo, S., Camocho, D., 2019. Economia Circular|Informação de apoio às empresas. Publicação EEN, Lisboa.

Catarino, J., Henriques, J., Maia, A., 2016. Eco-efficiency in Portuguese companies of marble sector. International Journal of Sustainable Engineering, 9:1, 35-46. DOI: 10.1080/19397038.2015.1050479.

Catarino, J., Henriques, J., Maia, A., Alexandre, J., Camocho, D., Rodrigues, F., 2007. Manual Valor Sustentável. INETI/CENDES, 2007.

Catarino, J., Henriques, J., Maia, A., Alexandre, J., Rodrigues, F., Camocho, D., 2011. From Cleaner Production and Value Management to Sustainable Value. International Journal of Sustainable Engineering Volume 4, Issue 2, 96-108 DOI: 10.1080/19397038.2010.540357.<http://dx.doi.org/10.1080/19397038.2010.540357>.

Catarino, J., Henriques, J., Póvoa, P. Energy efficiency indicators in wastewater treatment plants. Artigo submetido ao Energy Efficiency (2020).

Catarino, J., Henriques, J., Rodrigues, F., Maia, A., Alexandre, A., Bonito, N., 2010. Sustainable Value in Marble Industry. Global Stone Congress 2010, 2-5 March, Alicante - Spain: P3-05.

Catarino, J., Henriques, J., Egreja, F., 2015. Portuguese SME towards energy efficiency improvement. Energy Efficiency, 8, 995-1013. DOI 10.1007/s 12053-015-9325-7.

Commission of the European Communities - Value Management Handbook, 1995.

EC, 2017. Sub Group on Advanced Biofuels. Sustainable Transport Forum. Build up The future. Cost of Biofuel. Ver 1 sept 2017. Compiled by Ingvar Landalv & Lars Waldheim. Edited by Kyriakos Maniatis, Eric van den Heuvel & Stamakis Kalligeros.

European Standard EN 12973:2020, Value Management.

EUROSTAT, 2019. Electricity price statistics - Statistics Explained;
<https://ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/>.

FNR, 2017. Bioenergy in Germany facts and figures 2017 - international.fnr.de. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), Agency for Renewable Resources, Rostock, Germany.

Han, W., Yan, Y.T., Gu, J.J., Shi, Y.W., Tang, J.H., Li, Y.F., 2016. Techno-economic analysis of a novel bioprocess combining solid-state fermentation and dark fermentation for H₂ production from food waste. *Int. J. Hydrogen Energy* 41, 22619-22625.

Hannula, L., Kurkela, E., 2013. Liquid transportation fuels via large-scale fluidised-bed gasification of lignocellulosic biomass. *VTT TECHNOLOGY*; ISBN 978-951-38-7979-2.

Hay, J. X. W., Wu, T. Y., Juan, J. C., & Md Jahim, J., 2013. Biohydrogen production through photo fermentation or dark fermentation using waste as a substrate: Overview, economics, and future prospects of hydrogen usage. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*. 7(3), 334-352; <https://doi.org/10.1002/bbb.1403>.

Henriques, J., Catarino, J., 2013. Sustainable Value and Cleaner Production. 4th International workshop Advances in Cleaner Production "Integrating Cleaner Production into Sustainability Strategies", São Paulo, Brazil.

Henriques, J., Alexandre, J., Catarino, J., Nogueira, A., Fernandes, R., Peneda, C., 2004. Criar Valor Sustentável. 8ª Conferência Nacional do Ambiente, Lisboa, 27-29 outubro 2004.

Henriques, J., Alexandre, J., Peneda, C., 2003. Análise do Valor orientada para a Sustentabilidade. INETI/CENDES, 2003.

Henriques, J., Camelo, S., Catarino, J., Camocho, D., 2018. Eficiência Energética| Informação de apoio às empresas. Publicação EEN, Lisboa.

Henriques, J., Catarino, J., 2015. Sustainable Value and Cleaner Production – research and application in 19 Portuguese SME. *Journal of Cleaner Production* 96, 379 – 386.

Henriques, J., Catarino, J., 2016. Motivating towards energy efficiency in small and medium enterprises. *Journal of Cleaner Production*, Available online August 2016. DOI: 10.1016/j.jclepro.2016.08.026.

Henriques, J., Catarino, J., 2017. Sustainable Value – an energy efficiency indicator in waste water treatment plants. *Journal of Cleaner Production* 142, 323 – 330.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.03.173>.

Henriques, J., Catarino, J., Alexandre, J., Maia, A., 2006. Sustainable Value. 1st ICEC&IPMA Global Congress on Project Management, 5th World Congress on Cost Engineering, Project Management & Quantity Surveying, 23 a 26 Apr 2006, Ljubljana, Eslovénia.

Henriques, J., Catarino, J., Alexandre, J., Maia, A., Rodrigues, F., Camocho, D., 2008. Value Analysis – An Approach to Sustainability. The 9th HKIVM International Conference 2008, Hong Kong.

Henriques, J., Catarino, J., Maia, A., Rodrigues, F., Alexandre, J., Bonito, N., 2009. Sustainable Value in Mineral Extractive Industry. 5th International Conference on Industrial Ecology | 2009 ISIE Conference transitions Toward Sustainability, 21-24 June 2009, Calouste Gulbenkian Foundation Lisbon.

Henriques, J., Maia, A., Camocho, D., Rodrigues, F., Alexandre, J., Catarino, J., 2007. Valor Sustentável – aplicação na horticultura? Actas APH nº 10 -II Colóquio Nacional de Horticultura Biológica, 19/20 abril 2007, Auditório da Lagoa Branca, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa. Ed. APH e ISA, 22-28 pp.

Henriques, J., Maia, A., Camocho, D., Rodrigues, F., Alexandre, J., Catarino, J., 2007. AV e PML – o seu contributo para a Sustentabilidade. 9ª Conferência Nacional de Ambiente – Um futuro Sustentável – Ambiente, Sociedade e Desenvolvimento, 18/20 abril 2007, Universidade de Aveiro. Ed. C. Borrego, A. Miranda, E. Figueiredo, F. Martins, L. Arroja e T. Fidélis. Vol. 2: 427-433 pp.

Maia, A., Rodrigues, F., Catarino, J., Henriques, J., Alexandre, J., Camocho, D., 2009. Criar Valor Sustentável – Caso de Estudo M Rodrigues. Revista Indústria & Ambiente.

Moura, P., Henriques, J., Alexandre, J., Oliveira, A.C., Gírio, F., Catarino, J., 2021. Sustainable Value methodology to compare the performance of conversion technologies for the production of electricity and heat, energy vectors and biofuels from waste biomass. Submitted to Journal of Environmental Management (JEMA-D-21-04809).

Norma Portuguesa NP EN 12973: 2001 – Gestão pelo Valor.

Norma Portuguesa NP EN 1325: 2001 – Vocabulário da Gestão pelo Valor, da Análise do valor e da Análise funcional.

Partidário, P., Catarino, J., Henriques, J., 2011. How to Prevent Waste Creating Value? Some Empirical Evidences. Chapter 6, Book#1, Advances in Cleaner Production, published by Nova Science Publishers, Editors: Biagio F. Giannetti, Cecilia M. V. B. Almeida, Silvia H. Bonilla (Paulista University, São Paulo, Brazil).

Peneda, C. e colaboradores, 2001. Manual Prepol – Prevenção/Minimização da Poluição nas Empresas. INETI/CENDES.

Potting, J., Hekkert, M.P., Worrell, E., Hanemaaijer, A., 2017. Circular Economy: Measuring innovation in the product chain. PBL Netherlands Environmental Assessment Agency.

Randolph and Studer, 2017. Hydrogen Production Cost from Fermentation. DOE Hydrogen and Fuel Cells Program, National Renewable Energy Laboratory, EUA.

Simões S.G., Catarino J., Picado A., Lopes T.F., di Berardino S., Amorim F., Gírio F., Rangel C.M., Ponce de Leão T., 2021. Water availability and water usage solutions for electrolysis in hydrogen production, Journal of Cleaner Production 315, 128124. doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128124.

Sustainable Energy Authority of Ireland, 2018. Comparison of Useful Energy Costs for Space Heating. www.seai.ie/resources/publications/Commercial-Fuel-Cost-Comparison.pdf.

UE, 2016. Optimal use of biogas from waste streams - An assessment of the potential of biogas from digestion in the EU beyond 2020. Compiled by Bettina Kampman, Cor Leguijt, Thijs Scholten, Jurga Tallat-Kelpsaite, Robert Brückmann, Georgios Maroulis, Jan Peter Lesschen, Koen Meesters, Natasa Sikirica, Berien Elbersen.

