



PROFICO
AMBIENTE

**AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA (*SCREENING LCA*) DA
VALORIZAÇÃO ENERGÉTICA DE RESÍDUOS SÓLIDOS
URBANOS EM S.MIGUEL NOS AÇORES**
Dois Cenários sobre a Valorização Energética
e a Recolha Seletiva

Setembro de 2012


Associação de Municípios da Ilha de S. Miguel

PROFICO AMBIENTE E ORDENAMENTO, LDA.

Morada: Rua Alfredo da Silva 11-B 1300-040 Lisboa

E-mail: ambiente@profico.pt

Tel.: (+351) 21 361 93 60

Fax: (+351) 21 361 93 69

www.proficoambiente.pt



PROFICO AMBIENTE E ORDENAMENTO, LDA.

AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA (ACV) DA VALORIZAÇÃO ENERGÉTICA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS EM S. MIGUEL NOS AÇORES



PROFICO AMBIENTE E ORDENAMENTO, LDA.

Morada: Rua Alfredo da Silva 11-B 1300-040 Lisboa

E-mail: ambiente@profico.pt

Tel.: (+351) 21 361 93 60

Fax: (+351) 21 361 93 69

Capital social: 30 000,00 €

Contribuinte N.º: 505 198 290

COM O AMBIENTE NA LIDERANÇA

Estudos de Impacte Ambiental

Avaliação Ambiental Estratégica

Auditorias Ambientais

Gestão / Desempenho Ambiental

Acompanhamento de Obras - Ambiente e Segurança

Planos e Relatórios Ambientais de Sustentabilidade

EQUIPA TÉCNICA

NOME	QUALIFICAÇÃO PROFISSIONAL	FUNÇÃO/ ESPECIALIDADE
Cristina Marcelo Correia (PROFICO AMBIENTE)	Engenheira do Ambiente Pós-graduada em Engenharia Sanitária	Coordenação de Projeto
Bart Krutwagen (CLOUD FISH)	Bacharel em Química Bacharel em Engenharia Mestre em Filosofia da Ciência, Tecnologia e Sociedade Especialização em Desenvolvimento de Produtos orientados para o Ambiente, com Tese de Mestrado em: “Peso social dos efeitos ambientais da ACV de acordo com o método de Delphi”	Avaliação do Ciclo de Vida

A informação contida no presente relatório apenas pode ser retirada ou reproduzida com o consentimento dos autores/Profico Ambiente e Ordenamento, Lda. e com referência ao presente relatório.

A Profico Ambiente e a Cloud Fish não aceitam qualquer responsabilidade por danos que possam ocorrer devido a resultados ou recomendações contidos neste relatório. Embora a Profico Ambiente e a Cloud Fish pretendam, de acordo com a sua melhor capacidade e conhecimento, manter um elevado padrão de rigor, não podem contudo ser responsabilizadas por erros ou omissões que possam eventualmente ocorrer no resultado final.



(Página intencionalmente deixada em branco)

ÍNDICE

1. SUMÁRIO	1
2. INTRODUÇÃO	3
3. OBJETIVO E ÂMBITO	5
3.1. DEFINIÇÃO DO OBJETIVO	5
3.1.1. APLICAÇÃO	5
3.1.2. MÉTODOS E LIMITAÇÕES	5
3.1.3. MOTIVOS PARA A REALIZAÇÃO DO ESTUDO	6
3.1.4. PÚBLICO-ALVO	6
3.1.5. DIVULGAÇÃO AO PÚBLICO	6
3.1.6. PARTES ENVOLVIDAS NO ESTUDO	7
3.2. DEFINIÇÃO DO ÂMBITO	7
3.2.1. INTRODUÇÃO E DESCRIÇÃO DO CICLO DE VIDA	7
3.2.2. ENQUADRAMENTO E PRINCIPAIS PRESSUPOSTOS	9
3.2.3. TIPOS DE INVENTÁRIO DE CICLO DE VIDA (ICV) E DE ACV E SUAS APLICAÇÕES	10
3.2.4. FUNÇÃO, UNIDADE FUNCIONAL E FLUXO DE REFERÊNCIA	12
3.2.5. ENQUADRAMENTO DA MODELAÇÃO DO INVENTÁRIO DE CICLO DE VIDA (ICV)	12
3.2.6. FRONTEIRAS DO SISTEMA E CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO	13
3.2.7. SELEÇÃO DOS MÉTODOS DE PONDERAÇÃO	13
3.3. MÉTODO DE AVALIAÇÃO DE IMPACTES	14
4. INVENTÁRIO	15
4.1. DESCRIÇÃO GERAL DA CADEIA	15
4.2. CENÁRIO 1	17
4.2.1. COMPOSIÇÃO E QUANTIDADES DE RESÍDUOS	18
4.2.2. INCINERAÇÃO E PRODUÇÃO EVITADA DE ELETRICIDADE E CALOR	19
4.2.3. TRANSPORTE	20
4.2.4. METAIS	22
4.2.5. PLÁSTICOS	24
4.2.6. PAPEL E CARTÃO	26
4.3. CENÁRIO 2	27
5. AVALIAÇÃO DE IMPACTES. RESULTADOS DOS CENÁRIOS 1 E 2	29
5.1. RESULTADOS GERAIS. IMPACTE GLOBAL DO CENÁRIO 1 E 2	29
5.2. IMPACTE DOS RSU	36
5.3. IMPACTE DOS RESÍDUOS DE METAIS	39
5.4. IMPACTE DOS RESÍDUOS DE PLÁSTICOS	43
5.5. IMPACTE DOS RESÍDUOS DE PAPEL	46
6. INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS	51
6.1. QUESTÕES SIGNIFICATIVAS	51
6.2. VERIFICAÇÃO	53
6.3. ANÁLISE DE SENSIBILIDADE	53
6.4. RECOMENDAÇÕES	55
7. CONCLUSÕES	57
7.1. CONCLUSÕES DETALHADAS	57

7.2. CONCLUSÕES GERAIS	59
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61

ANEXOS

ANEXO I – DESCRIÇÃO DO MÉTODO ReCiPe

ANEXO II – AVALIAÇÃO DE IMPACTE AMBIENTAL NO ÂMBITO DA AVALIAÇÃO DE
CICLO DE VIDA

(Página intencionalmente deixada em branco)

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 3.1 – Quantidades de resíduos tratados na unidade funcional	12
Quadro 4.1 – Quantidades e conteúdo dos resíduos alvo de recolha seletiva (2011)	18
Quadro 4.2 – Quantidades e conteúdo energético dos resíduos para incineração.....	18
Quadro 4.3 – Produção de eletricidade e consumo de calor da instalação de incineração	19
Quadro 4.4 – Produção média de eletricidade por tipo de combustível nos Açores e na Ilha de S. Miguel	19
Quadro 4.5 – Dados da recolha e transporte de resíduos em S. Miguel, para 2011 (Cenários 1 e 2).....	20
Quadro 4.6 – Resumo das quantidades de resíduos da recolha seletiva triados e transportados por navio (2011)	21
Quadro 4.7 – Resumo das quantidades de resíduos da recolha seletiva transportados da Triagem para o Porto de Ponta Delgada (2011).....	21
Quadro 4.8 – Resumo das quantidades de resíduos da recolha seletiva transportados do Porto de Ponta Delgada para o Continente (2011).....	22
Quadro 4.9– Resumo das quantidades de resíduos da recolha seletiva transportados do Porto (Leixões ou Lisboa) para os operadores de reciclagem no Continente (2011)	22
Quadro 4.10 – Percentagem de Metais nos resíduos de embalagem (2011)*	22
Quadro 4.11 – Percentagem de Metais nos RSU (2011)	23
Quadro 4.12 – Percentagens máximas permitidas de metais após o pré-tratamento e a recuperação das cinzas/escórias* de acordo com as Especificações Técnicas a garantir	23
Quadro 4.13 – Taxas mínimas de recuperação de metais dos RSU no incinerador (baseado na caracterização dos resíduos de 2011)	23
Quadro 4.14 – Taxa de reciclagem e destino dos plásticos reciclados após triagem (adaptada à situação portuguesa).....	24
Quadro 4.15 – Resumo dos dados de reciclagem de plástico, quantidades e distâncias ao Continente.....	24
Quadro 4.16 – Utilização de plásticos pelos operadores de reciclagem com base no Quadro 4.15 (em kg).....	25
Quadro 4.17 – Consumo de eletricidade na reciclagem dos resíduos de plásticos triados.....	25
Quadro 4.18 – Outros <i>inputs</i> para a reciclagem de resíduos de plásticos triados.....	25
Quadro 4.19 – Consumo de combustível na recolha/transporte e triagem/incineração de RSU e de Resíduos de Plásticos, Metais e Papel e Cartão nos Cenários 1 e 2 (2011)	27
Quadro 4.20 – Consumo de combustível no Cenário 2 para as frações antes recolhidas seletivamente (2011)	27
Quadro 5.1 – Contribuições para a produção evitada decorrente da incineração de RSU	37
Quadro 5.2 – Produção evitada de metais nos RSU conforme % de recuperação	40
Quadro 5.3 – Fração de Metais recolhida seletivamente (Cenário 1 e Cenário 2)	40



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4.1 – Fluxos e operações de gestão de resíduos associados ao Cenário 1.....	16
Figura 4.2 – Fluxos e operações de gestão de resíduos associados ao Cenário 2.....	17
Figura 5.1 – Impacte ambiental global dos Cenários 1 e 2 (em Pt ReCiPe) *	29
Figura 5.2 – Impacte ambiental global dos Cenários 1 e 2, com a contribuição dos efeitos ambientais (em Pt ReCiPe) *	31
Figura 5.3 – Impacte ambiental global dos Cenários 1 e 2, subdividido pelos efeitos ambientais (em Pt ReCiPe) *	32
Figura 5.4a – Impacte ambiental global dos Cenários 1 e 2, com a contribuição dos tipos de fluxo de resíduos (em Pt ReCiPe) *	33
Figura 5.5a – Impacte ambiental global dos Cenários 1 e 2, subdividido por tipo de fluxo de resíduos (em Pt ReCiPe) *	34
Figura 5.6 – Impacte ambiental global dos Cenários 1 e 2, subdividido por fases da cadeia (em Pt ReCiPe) *	35
Figura 5.7 – Impacte ambiental dos RSU nos Cenários 1 e 2, subdividido por fases da cadeia (em Pt ReCiPe) *	36
Figura 5.8 – Impacte ambiental dos RSU nos Cenários 1 e 2, com a contribuição dos efeitos ambientais (em Pt ReCiPe) *	38
Figura 5.9 – Impacte ambiental dos Resíduos de Metais (fração recolhida seletivamente) nos Cenários 1 e 2, subdividido por fases da cadeia (em Pt ReCiPe) *	39
Figura 5.10 – Impacte ambiental dos Resíduos de Metais (fração recolhida seletivamente) no Cenário 1, com a contribuição dos efeitos ambientais, subdividido por fases (em Pt ReCiPe) *	41
Figura 5.11 – Impacte ambiental dos Resíduos de Metais (fração recolhida seletivamente) no Cenário 2, com a contribuição dos efeitos ambientais, subdividido por fases (em Pt ReCiPe) *	42
Figura 5.12 – Impacte ambiental dos Resíduos de Plásticos (fração recolhida seletivamente) nos Cenários 1 e 2, subdividido por fases da cadeia (em Pt ReCiPe) *	43
Figura 5.13 – Impacte ambiental dos Resíduos de Plásticos (fração recolhida seletivamente) no Cenário 1, com a contribuição dos efeitos ambientais, subdividido por fases (em Pt ReCiPe) *	44
Figura 5.14 – Impacte ambiental dos Resíduos de Plásticos (fração recolhida seletivamente) no Cenário 2, com a contribuição dos efeitos ambientais, subdividido por fases (em Pt ReCiPe) *	45
Figura 5.15 – Impacte ambiental dos Resíduos de Papel (fração recolhida seletivamente) nos Cenários 1 e 2, subdividido por fases da cadeia (em Pt ReCiPe) *	46
Figura 5.16 – Impacte ambiental dos Resíduos de Papel (fração recolhida seletivamente) no Cenário 1, com a contribuição dos efeitos ambientais, subdividido por fases (em Pt ReCiPe) *	48
Figura 5.17 – Impacte ambiental dos Resíduos de Papel (fração recolhida seletivamente) no Cenário 2, com a contribuição dos efeitos ambientais, subdividido por fases (em Pt ReCiPe) *	49

1. SUMÁRIO

Este Estudo corresponde à **Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) (Screening LCA) da valorização energética de resíduos sólidos urbanos (RSU) em S. Miguel nos Açores – Dois Cenários sobre a Valorização Energética e a Recolha Seletiva**, para a AMISM - Associação de Municípios da Ilha de S. Miguel. Este Estudo teve por referencial o Projeto relativo ao Ecoparque da Ilha de S. Miguel, que foi alvo de uma Avaliação de Impacte Ambiental (AIA), com obtenção de Declaração de Impacte Ambiental (DIA) favorável condicionada.

Atualmente, os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) são depositados em aterro na Instalação da AMISM e é efetuada a recolha seletiva dos fluxos de resíduos de metais, plásticos e papel/cartão, além de outros fluxos específicos que não foram considerados no âmbito do Estudo. No âmbito do Projeto do Ecoparque está prevista a instalação de uma Central de Valorização Energética (CVE) onde passará a ser efetuada a incineração de alto rendimento dos RSU (substituindo a sua deposição em aterro), bem como a produção de eletricidade e calor para consumo principalmente externo.

Esta ACV foi realizada para avaliação de dois cenários distintos: **(1)** Solução de incineração dos RSU (com recuperação de energia e calor) em conjunto com outros resíduos de elevado poder calorífico, e reciclagem dos RSU alvo de recolha seletiva (cenário base) e, **(2)** Solução de incineração (com recuperação de energia e calor) da totalidade dos RSU (i.e. incluindo as frações de papel/cartão, plásticos e metais antes recolhidas seletivamente), bem como de outros resíduos de elevado poder calorífico (cenário alternativo).

Na ACV é contemplada a totalidade das operações de gestão de resíduos, i.e. engloba a recolha, transporte até à AMISM e instalações de reciclagem no Continente e tratamento/destino final dos resíduos, consoante aplicável, bem como todas as operações relacionadas com a produção de energia e calor.

Neste Estudo é aplicado o método de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) simplificada, a designada “Seleção ACV” (*Screening LCA*), que embora enquadrada no referencial da Norma ISO 14040, não constitui um estudo completo de ACV, não contemplando uma revisão externa. A fonte principal de dados de referência utilizada foi a Base de Dados Ecoinvent, e para o cálculo dos resultados foi utilizado o *software* Simapro. A metodologia de avaliação padrão utilizada para o cálculo foi a avaliação de impactes ReCiPe (*Goedkoop et al., 2008*).

O objetivo do Estudo é determinar se a reciclagem permanece a melhor opção ou se as vantagens da valorização energética destes fluxos de resíduos podem compensar o benefício ambiental da reciclagem. O facto da CVE se localizar numa ilha (S. Miguel, Açores) determina que as variáveis em estudo tenham características muito particulares. No cenário de base os resíduos recolhidos seletivamente são transportados dos Açores para o Continente a uma longa distância (superior a 1.000 km), para reciclagem, transporte este evitado no caso do Cenário 2 (exceto no caso da fração dos resíduos de metais que também neste cenário terão que ser enviados para o Continente para reciclagem). Em qualquer dos cenários é evitada a produção de eletricidade a partir de fontes não renováveis (fuel-óleo) e é efetuada a recuperação de metais a partir dos RSU, posteriormente reciclados.

A conclusão principal do Estudo é a de que em S. Miguel, nos Açores, os cenários analisados têm um desempenho ambiental mais ou menos equivalente, representando um benefício ambiental líquido, embora um pouco melhor no caso do Cenário 2 (sem recolha seletiva de fluxos específicos de resíduos de metais, plásticos e papel).

Conclui-se ainda que o desempenho ambiental dos Cenários 1 e 2 é maioritariamente influenciado pelo desempenho da incineração de RSU, o qual é equivalente para ambos os cenários. A introdução de pequenas variações no tratamento dos RSU pode, deste modo, conduzir a maiores diferenças do que as que potencialmente podem ser atingidas com variações na fração dos fluxos de resíduos alvo de recolha seletiva. São exemplos dessas possíveis variações, a introdução de ligeiros aumentos da eficiência energética e da taxa de recuperação de metais dos RSU.

Em termos específicos, os **RSU** representam quantitativamente a maioria dos resíduos, e a sua incineração conduz a um elevado benefício ambiental líquido. No caso dos **Metais**, a fração correspondente às quantidades recolhidas seletivamente é muito reduzida pelo que este fluxo não é de grande importância para a avaliação global, embora a recuperação que é efetuada seja muito relevante para o desempenho positivo global. No caso dos **Plásticos**, a sua incineração no Cenário 2 resulta numa opção ligeiramente melhor do que a reciclagem de plásticos em Portugal Continental (Cenário 1), devido ao seu elevado poder calorífico e ao facto do fuel-óleo ser originariamente o combustível de excelência na produção de eletricidade em S. Miguel, e aquela que será evitada. Para o **Papel**, a incineração (Cenário 2) é um pouco mais favorável do que a sua reciclagem (Cenário 1), devido ao transporte (de grande volume) que é requerido para a sua reciclagem, cuja desvantagem não consegue compensar a produção de papel evitada.

2. INTRODUÇÃO

No presente documento é apresentado o Estudo de **Avaliação do Ciclo de Vida (ACV)¹ da valorização energética de resíduos sólidos urbanos (RSU) em S. Miguel nos Açores – Dois Cenários sobre a Valorização Energética e a Recolha Seletiva**, tendo por referencial o Projeto relativo ao Ecoparque da Ilha de S. Miguel.

O Projeto relativo ao Ecoparque da Ilha de S. Miguel, que engloba a Central de Valorização Energética (CVE) para o tratamento de resíduos, foi alvo de uma Avaliação de Impacte Ambiental (AIA) ao abrigo da legislação em vigor, tendo neste âmbito sido elaborado o respetivo Estudo de Impacte Ambiental (EIA) pela PROFICO AMBIENTE. Foi emitida a DIA favorável condicionada a 31 de Outubro de 2011.

São os seguintes os cenários de gestão de RSU analisados no âmbito da ACV:

- a) Solução de incineração dos RSU (com recuperação de energia e calor) e reciclagem dos RSU alvo de recolha seletiva – Cenário 1;
- b) Solução de incineração (com recuperação de energia e calor) da totalidade dos RSU (i.e. incluindo as frações de papel/cartão, plásticos e metais antes recolhidas seletivamente) – Cenário 2.

A ACV relativa aos dois cenários correspondentes às duas soluções alternativas contempla a totalidade das operações de gestão de resíduos associadas a cada uma destas, i.e. engloba a recolha, transporte até ao Sistema de Gestão de RSU e instalações de reciclagem e tratamento/destino final dos resíduos, consoante aplicável, bem como todas as operações relacionadas com a produção de energia e calor.

¹ *Screening Life Cycle Analysis (LCA)*

(Página intencionalmente deixada em branco)

3. OBJETIVO E ÂMBITO

3.1. DEFINIÇÃO DO OBJETIVO

3.1.1. APLICAÇÃO

O objetivo deste Estudo é a avaliação de dois cenários de gestão de resíduos, na Ilha de São Miguel, nos Açores.

Está prevista uma nova instalação de valorização energética, que inclui a incineração, para substituir a atual deposição em aterro dos resíduos sólidos urbanos (RSU). A questão subjacente a esta opção de gestão de resíduos é como é que a gestão dos restantes resíduos da recolha seletiva de metais e plásticos e de papel e cartão pode ser considerada em conjunto com a valorização energética dos resíduos.

O objetivo deste Estudo é, assim, o de determinar se a reciclagem permanece a melhor opção ou se as vantagens da valorização energética destes fluxos de resíduos podem compensar o benefício ambiental da reciclagem.

Para dar a devida resposta a esta questão global foram definidas as seguintes questões de investigação:

- 1) Qual é o desempenho ambiental dos diferentes fluxos de resíduos de metais, plásticos e papel e cartão, atualmente recolhidos seletivamente, no caso da reciclagem no Continente ou da sua valorização energética, através de incineração, nos Açores?
- 2) Quais são as principais incertezas ou variáveis que podem influenciar significativamente os resultados no que respeita à investigação em torno da Questão 1?

Para responder a estas questões, foram definidos dois cenários para a avaliação ambiental. No **Cenário 1** são recolhidos seletivamente determinados fluxos de resíduos os quais são alvo de triagem na instalação da AMISM, nos Açores, e são enviados por navio para Portugal Continental (Leixões ou Lisboa) para posterior reciclagem. No **Cenário 2** é alvo de incineração a mesma quantidade de RSU mas também parte dos fluxos de resíduos que são atualmente alvo de recolha seletiva, nomeadamente os fluxos de plásticos e metais (embalagens dos contentores amarelos) e de papel e cartão (embalagens dos contentores azuis). Neste segundo cenário, é considerada a recolha conjunta dos RSU e destes últimos fluxos – plásticos, metais e papel e cartão, de forma indiferenciada.

Estes dois cenários são particularizados com maior detalhe nos subcapítulos **3.2.1** e **4.1**.

3.1.2. MÉTODOS E LIMITAÇÕES

Para realizar as avaliações ambientais para os dois cenários, é aplicado o método de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). A metodologia aplicada corresponde a uma Avaliação do Ciclo de Vida simplificada, em concreto à designada “Seleção ACV” (*Screening LCA*), que embora enquadrada no referencial da Norma ISO 14040, não constitui um estudo completo de ACV como é descrito nesta norma.

Tal significa que a ACV não foi alvo de uma revisão externa e que uma parte considerável dos dados do inventário não é específica para os processos analisados, sendo antes retirados de bases de dados de ACV generalistas, como a Ecoinvent, como aproximação à situação nos Açores. Os resultados deste Estudo devem, portanto, ser analisados à luz desta limitação.

No capítulo 6, são abordadas as limitações em maior detalhe e no subcapítulo **3.2.2** são apresentados os principais pressupostos. Neste Estudo foi utilizada como fonte principal de dados de referência a Base de Dados Ecoinvent, e para o cálculo dos resultados foi utilizado o *software* Simapro.

3.1.3. MOTIVOS PARA A REALIZAÇÃO DO ESTUDO

Como já evidenciado, o objetivo primordial deste Estudo é determinar se a reciclagem permanece a melhor opção ou se as vantagens da incineração destes fluxos de resíduos podem compensar o benefício ambiental da reciclagem.

O facto do incinerador se localizar numa das ilhas dos Açores conduz a que a resposta a esta questão seja menos óbvia do que no caso em que as mesmas quantidades de resíduos fossem geridas no Continente.

A incineração dos resíduos atualmente recolhidos seletivamente evitará o transporte de longa distância para a sua reciclagem a qual é efetuada em Portugal Continental. Além disso, a substancial produção de eletricidade a partir da incineração de papel e cartão e de plásticos irá evitar a produção média de eletricidade efetuada na Ilha de São Miguel, nos Açores. A produção de eletricidade nesta ilha é efetuada maioritariamente utilizando o fuel-óleo como combustível, com um desempenho ambiental inferior. Os metais serão também recuperados a partir dos RSU reduzindo, deste modo, a perda de metais provocada por deixar de efetuar-se a reciclagem deste fluxo de resíduos através da sua recolha seletiva prévia.

3.1.4. PÚBLICO-ALVO

O Estudo foi desenvolvido com o objetivo principal de a AMISM - Associação de Municípios da Ilha de S. Miguel compreender o desempenho ambiental da Central de Valorização Energética (CVE) prevista, que contempla o incinerador, e de investigar as melhores abordagens para a gestão dos fluxos de plásticos e metais e de papel e cartão, atualmente recolhidos seletivamente.

3.1.5. DIVULGAÇÃO AO PÚBLICO

A AMISM não pretende que o Estudo seja confidencial e este será divulgado num artigo científico para o público em geral. Embora tenham, sempre que possível, no âmbito do Estudo, sido seguidos os requisitos da Norma ISO 14040, esta ACV não foi alvo de uma revisão externa e nem todos os dados que foram utilizados se baseiam em dados específicos recolhidos para o ciclo de vida analisado.

Parte destes dados é baseada em dados obtidos a partir de dados generalistas de bases de dados de ACV, como a Ecoinvent, para modelar partes da cadeia para as quais não existiam outros dados disponíveis.

Apesar de neste Estudo ser efetuada uma comparação entre os dois cenários, não é efetuada uma comparação entre produtos, pelo que esta ACV não é considerada como um estudo comparativo propriamente dito.

3.1.6. PARTES ENVOLVIDAS NO ESTUDO

Este Estudo foi encomendado pela AMISM - Associação de Municípios da Ilha de S. Miguel (Açores, Portugal) à Profico Ambiente e Ordenamento, Lda. (Lisboa, Portugal).

Para além dos dados fornecidos pela AMISM, para o Estudo foram ainda consultadas outras entidades que forneceram informação relevante, nomeadamente as seguintes:

- EDA – Electricidade dos Açores, S.A.;
- TRANSINSULAR – Transportes Marítimos Insulares, S.A.;
- RECOLTE – Recolha, Tratamento e Eliminação de Resíduos, S.A.;
- SPV – Sociedade Ponto Verde, S.A.;
- CIMENTAÇOR – Cimentos dos Açores, Lda.;

para além de terem sido consultados alguns Operadores de Gestão de Resíduos (OGR) que no ano de 2011 procederam à reciclagem de fluxos de resíduos de embalagens (plástico, metal ou papel e cartão) provenientes da AMISM.

3.2. DEFINIÇÃO DO ÂMBITO

3.2.1. INTRODUÇÃO E DESCRIÇÃO DO CICLO DE VIDA

O âmbito deste Estudo está limitado pela recolha e tratamento de RSU e pela recolha seletiva dos fluxos de plásticos e metais e papel e cartão (limites do sistema). Não foram considerados outros resíduos alvo de recolha seletiva, como o vidro, as pilhas usadas, os resíduos de equipamentos elétricos e eletrónicos (REEE), etc..

Foram ainda considerados os restantes fluxos de resíduos que serão alvo de incineração, apenas no que respeita ao seu conteúdo calorífico e energético. Estes resíduos correspondem aos seguintes: resíduos industriais banais, refugos (da triagem da recolha seletiva), óleos usados, pneus usados, biomassa (resíduos verdes), borras de fuel-óleo, subprodutos animais e carcaças.

Estes últimos resíduos foram tidos em consideração para análise visto que têm uma influência considerável sobre a eficiência energética global do incinerador. Foi considerado que o transporte destes fluxos de resíduos era equivalente ao transporte dos RSU indiferenciados.

Foi considerado o ciclo de vida dos resíduos do “portão-ao-túmulo”² para ambos os cenários. São seguidamente identificados os pontos considerados para cada um destes cenários.

² “gate-to-grave” no original

CENÁRIO 1

Resíduos Sólidos Urbanos:

- Recolha e transporte dos RSU, por camião, até à instalação da AMISM;
- Incineração dos RSU no futuro incinerador;
- Recuperação dos metais evitando a produção primária de metais;
- Produção de eletricidade pelo incinerador, evitando a produção de eletricidade na Ilha de S. Miguel, nos Açores, a partir de vários combustíveis (principalmente, a partir de fuel-óleo, embora também seja utilizada energia eólica e geotérmica);
- Produção de vapor pelo incinerador, para produção de água quente e para esterilização;
- Inclusão das emissões atmosféricas, sendo o cálculo baseado na composição dos RSU recebidos pela AMISM, na Ilha de S. Miguel, nos Açores;
- Deposição em aterro das escórias³ e das cinzas volantes na Ilha de S. Miguel, nos Açores.

Recolha Seletiva:

- Recolha seletiva e transporte por camião de plásticos e metais (embalagens) e de papel e cartão até à instalação da AMISM;
- Triagem preliminar dos resíduos da recolha seletiva na instalação da AMISM⁴;
- Incineração dos refugos da triagem (de forma semelhante aos RSU, com diferenças na composição e no Poder Calorífico Inferior (PCI));
- Transporte dos resíduos da recolha seletiva alvo de triagem para Portugal Continental (transporte por camião até ao Porto de Ponta Delgada, por navio até ao Porto de Leixões ou de Lisboa, e por camião até aos operadores de reciclagem dos resíduos);
- Processos de reciclagem, incluindo consumo de energia e incineração dos refugos da reciclagem;
- Produção evitada de metais (ferro e alumínio), plásticos (PET, PEAD, EPS e plásticos mistos) e papel.

³ Uma vez que não existia disponível informação quantitativa para a análise da possível alternativa de reciclagem das escórias como matéria-prima para o fabrico de cimento, apenas foi estudada a alternativa de deposição das escórias em aterro.

⁴ Para este efeito, foi considerada a Triagem atualmente existente na instalação da AMISM embora no futuro esteja prevista uma instalação de triagem bastante mais eficiente. No entanto, como apenas existem dados para a atual Triagem, foram estes os dados considerados no Estudo.

CENÁRIO 2

Resíduos Sólidos Urbanos:

- Equivalente ao Cenário 1.

Recolha Seletiva:

- Não é efetuada a recolha seletiva de plásticos e metais (embalagens) e de papel e cartão. Estes fluxos de resíduos são recolhidos e incinerados de forma indiferenciada juntamente com os RSU, tendo em conta as diferenças da sua composição, PCI, transporte, emissões e resíduos decorrentes do processo de incineração.

3.2.2. ENQUADRAMENTO E PRINCIPAIS PRESSUPOSTOS

O inventário dos dados foi, sempre que possível, baseado em dados específicos de produtores e operadores de tratamento de resíduos. No entanto, nalguns casos, os dados principais foram modelados com base em dados gerais de bases de dados de ACV, devido à não disponibilidade desses dados específicos. Nestes casos, a fonte preferencial de informação foi a Base de Dados Ecoinvent.

Nalguns casos, quando não existiam dados Ecoinvent aplicáveis, foram utilizados dados do ILCD (*International Reference Life Cycle Data System*) e de outros estudos de ACV, quando disponíveis.

Os principais pressupostos assumidos para efeitos deste Estudo são:

- Os refugos decorrentes das operações de reciclagem são incinerados, e não depositados em aterro;
- Os refugos decorrentes dos processos de reciclagem realizados no Continente são considerados alvo de incineração. Considera-se ainda que as eficiências e emissões do incinerador no Continente são equivalentes às do incinerador nos Açores;
- De acordo com os processos de ACV da Ecoinvent, as emissões por tipo de material incinerado são representativas para o incinerador da AMISM nos Açores, uma vez que este incinerador ainda não está em operação. Os dados das emissões previstas disponíveis não são suficientes para descrever as emissões do incinerador com suficiente detalhe, nomeadamente no que se refere às emissões decorrentes de fluxos individualizados de resíduos.
- O transporte dos outros fluxos de resíduos para além dos RSU que são incinerados em ambos os Cenários 1 e 2 (resíduos industriais banais, refugos (da triagem da recolha seletiva), óleos usados, pneus usados, biomassa (resíduos verdes), borras de fuel-óleo, subprodutos animais e carcaças) é efetuado como o transporte de RSU. Note-se que estes são fluxos de resíduos menores pelo que não afetam as diferenças entre os Cenários 1 e 2.

- Não é considerada a recuperação de metais no caso dos resíduos industriais banais, pneus usados, etc.. Apenas é considerada a recuperação de metais para os RSU⁵. A recuperação de metais considerada consiste no pré-tratamento dos resíduos antes da sua incineração e na recuperação efetuada nas escórias e cinzas volantes.
- Os plásticos mistos reciclados correspondem a plásticos, madeira e produtos de betão evitados em volumes iguais (evitando 1/3 de plásticos, 1/3 de madeira e 1/3 de betão). Esta hipótese é tomada a partir de *Bergsma et al.*, 2011.

3.2.3. TIPOS DE INVENTÁRIO DE CICLO DE VIDA (ICV) E DE ACV E SUAS APLICAÇÕES

Os dados foram recolhidos e aplicados de forma a suportar a divisão de um certo número de fases ao longo das cadeias de tratamento de resíduos. Foram distinguidas as seguintes fases (neste caso, exemplificando com a incineração de RSU para os Cenários 1 e 2):

- 1.1 Transporte (Recolha de RSU);
- 1.2 Triagem dos resíduos da recolha seletiva na AMISM, Açores (sem triagem, no caso dos RSU indiferenciados);
- 1.3 Reciclagem dos resíduos da recolha seletiva no Continente (sem reciclagem, no caso dos RSU indiferenciados);
- 1.4 Incineração dos RSU;
- 1.5 Aterro (cinzas volantes e escórias da incineração de RSU);
- 1.6 Produção evitada (de eletricidade, de calor e de metais para a incineração de RSU).

Cada fase foi dividida em etapas, sempre que necessário, por exemplo, o transporte foi dividido em quatro etapas, no caso dos resíduos recolhidos seletivamente.

O **Transporte** foi baseado em dados específicos em relação ao peso transportado, à distância e/ou ao consumo de combustível.

A **Triagem** considerada é a atualmente efetuada na instalação da AMISM, nos Açores. Os dados das quantidades de materiais reciclados e dos refugos da reciclagem são dados específicos da atual instalação (2011). O consumo de energia foi baseado em dados gerais (Ecoinvent) de forma a modelar a futura situação por fluxo específico de resíduos.

⁵ Sejam apenas os RSU indiferenciados, no caso do Cenário 1, ou os RSU conjuntamente com os fluxos de resíduos que deixam de ser recolhidos seletivamente, no caso do Cenário 2.

A **Reciclagem** foi baseada em dados gerais no caso do papel e dos metais (Ecoinvent). No caso dos plásticos esta foi modelada com base num estudo sobre reciclagem de plástico na Holanda (*Bergsma et al., 2011*). Os plásticos foram avaliados separadamente por tipo de plástico e como plásticos mistos. No caso dos metais, são considerados os metais decorrentes do pré-tratamento dos RSU e os metais retirados das cinzas volantes e das escórias, por separação eletromagnética (ferrosos) e corrente de Foucault (não ferrosos). Os metais foram divididos em ferrosos (ferro) e não ferrosos (assumidos como sendo de alumínio) e avaliados separadamente. O papel foi também considerado como um fluxo de resíduos. Na reciclagem de papel, foi incluída a destintagem no processo de reciclagem (com base na Ecoinvent).

Os dados da **Incineração** relativamente as especificações de energia são dados específicos do futuro incinerador dos Açores, e foram facultados pela AMISM. O conteúdo e as quantidades de resíduos são também dados específicos da futura instalação açoriana. As emissões são baseadas em processos da Ecoinvent para incineradores de RSU.

A deposição em **Aterro** apenas será efetuada para as escórias (no caso destas não virem a ser recicladas na cimenteira dos Açores) e para as cinzas volantes, componentes estas que não são recicladas. Os dados das quantidades (por tipo de material/resíduo) e das emissões foram retirados da Ecoinvent.

A **Produção evitada** refere-se à produção de energia que é evitada, e à reciclagem evitada de plásticos, metais e papel e cartão. Os plásticos evitados são calculados por tipo de plástico e os materiais evitados por plásticos mistos (evitando plásticos, madeira e betão). A reciclagem de papel evita a produção primária de papel. A reciclagem de metais evita a produção primária de ferro e alumínio. A energia evitada foi incluída e modelada, tanto para o Continente como para a Ilha de S. Miguel, nos Açores, havendo uma clara diferença na energia produzida a partir dos diferentes combustíveis (a produção de eletricidade é efetuada principalmente a partir de fuel-óleo). Também a produção de vapor planeada para fornecimento e utilização no matadouro próximo evita o consumo de fuel-óleo (com base em dados específicos).

Esta abordagem proporciona uma visão completa das cadeias e torna possível a realização de uma avaliação distinta para cada etapa.

3.2.4. FUNÇÃO, UNIDADE FUNCIONAL E FLUXO DE REFERÊNCIA

A unidade funcional considerada é a quantidade anual de resíduos que será alvo de gestão pela AMISM, quando o novo incinerador de resíduos estiver em operação. A quantidade assumida é de 91.663 t de resíduos.

Quadro 3.1 – Quantidades de resíduos tratados na unidade funcional

Resíduos	Mg
Resíduos incinerados (estimativa futura)	88.874,00
Plásticos (recolha seletiva,2011)	643,70
Metais (recolha seletiva,2011)	66,18
Papel (recolha seletiva,2011)	2.078,81
TOTAL	91.662,69

Para a recolha seletiva dos resíduos, no futuro, consideraram-se representativas as quantidades referentes a 2011.

A unidade funcional não é, propositadamente, escolhida como “1 tonelada de resíduos tratados”, como é habitual, porque na avaliação efetuada os fluxos separados de resíduos devem permanecer distinguíveis nas quantidades tal como ocorrem na realidade.

3.2.5. ENQUADRAMENTO DA MODELAÇÃO DO INVENTÁRIO DE CICLO DE VIDA (ICV)

Os dados foram recolhidos para os processos de gestão de resíduos na Ilha de São Miguel, nos Açores. Foi dada especial relevância aos dados relativos aos fluxos de resíduos recolhidos seletivamente, pois são estes que serão geridos de forma diferenciada nos dois cenários e serão, portanto, responsáveis pelas diferenças entre os cenários.

Foram recolhidos os seguintes dados principais:

- Distâncias de transporte, consumos de combustíveis e volumes de resíduos transportados entre os vários pontos, considerando o transporte até à Instalação da AMISM, desta até ao Porto de Ponta Delgada (Ilha de São Miguel), transporte por navio até ao continente – Portos de Leixões e Lisboa – e, ainda, o transporte até aos diferentes operadores de reciclagem a partir desses dois portos continentais.
- Caracterização qualitativa e quantitativa dos RSU e outros resíduos de entrada, i.e. conteúdo e quantidades de resíduos (2010 e 2011)⁶;
- Taxa de recuperação de metais para a nova instalação de incineração de resíduos;

⁶ Foi maioritariamente considerado o ano de 2011 como ano de base.

- Taxa de eficiência energética líquida (elétrica e térmica);
- Produção de eletricidade na Ilha de São Miguel nos Açores, a partir dos diferentes combustíveis (2011)

Foram retirados da Base de Dados de ACV da Ecoinvent os dados seguintes:

- Emissões da incineração de resíduos de diferentes fluxos de resíduos;
- Processos para reciclagem de papel, plásticos e metais (ferrosos e não ferrosos);
- Dados do processo de transporte para modelar as emissões dos camiões (transporte rodoviário) e dos navios (transporte marítimo);
- Processos de suporte para a produção de eletricidade a partir dos vários combustíveis, em Portugal Continental.

3.2.6. FRONTEIRAS DO SISTEMA E CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO

Para as ACV que se focalizam na gestão de resíduos, como é o caso deste Estudo, não é analisado o ciclo de vida completo do produto/material, sendo apenas investigada a etapa de fim de vida (EIONET – *European Topic Centre on Sustainable Consumption and Production*). O motivo desta abordagem é que as alterações e decisões que requerem análise estão confinadas ao âmbito da gestão de resíduos, pelo que o ciclo de vida do produto é avaliado para a parte “portão-ao-túmulo”⁷.

Neste contexto, neste Estudo de ACV é considerada a abordagem “portão-ao-túmulo”, em que a cadeia se inicia com a deposição dos resíduos pelos utentes e empresas privadas na Ilha de São Miguel, Açores, para a sua recolha.

A cadeia segue até a reciclagem, incluindo o transporte, os processos de reciclagem e a produção evitada de materiais reciclados. Os bens de produção não foram incluídos, excetuando os casos em que os dados de base utilizados foram provenientes de bases de dados de ACV como a Ecoinvent, como por exemplo, no caso da produção de eletricidade.

3.2.7. SELEÇÃO DOS MÉTODOS DE PONDERAÇÃO

No caso dos fluxos de resíduos, foi aplicada a ponderação com base nas quantidades/pesos. Noutros casos, como nos plásticos reciclados, em que os fluxos de materiais possuem valor económico, foi aplicada a alocação económica.

No que respeita à ponderação do benefício da reciclagem foi aplicada a ponderação do “fim de vida”. Isto significa que todos os benefícios decorrentes da reciclagem foram alocados à recolha seletiva e não ao conteúdo reciclado. Neste caso, esta premissa é defensável porque é utilizada a abordagem “portão-ao-túmulo” na qual os resíduos recolhidos seletivamente são entregues “de forma gratuita”. Além disso, a decisão de separar (ou não) os resíduos determina se irá efetivamente existir um ganho ambiental.

⁷ <http://scp.eionet.europa.eu/themes/lca>

3.3. MÉTODO DE AVALIAÇÃO DE IMPACTES

O impacte ambiental foi calculado com base no inventário efetuado para os dois cenários. A metodologia de avaliação padrão utilizada para o cálculo foi a avaliação de impactes ReCiPe (Goedkoop *et al.*, 2008).

Na abordagem de ACV, após definido o objetivo, âmbito e limites do sistema, é efetuado um inventário das entradas e saídas (*inputs* e *outputs*) (utilização de recursos, emissões) que ocorrem de e para o sistema. Este inventário consiste numa longa e detalhada lista de aspetos. Para avaliar o impacte ambiental de todos estes aspetos, é necessário um método de avaliação do impacte do ciclo de vida (AICV).

O método AICV liga os *inputs* e *outputs* aos efeitos ambientais, tais como as alterações climáticas, a toxicidade para o Homem e a destruição da camada de ozono. Isto permite a conversão da longa lista de *inputs* e *outputs* num número limitado de efeitos ambientais (globais), designados por pontuações de ponto médio (*mid-point scores*). Através da ponderação dos efeitos ambientais, pode ser calculada uma pontuação única de impacte ambiental (*end point score*). Deste modo, a longa lista de aspetos pode ser facilmente interpretada em termos de impacte ambiental.

Os resultados da AICV que foram calculados no âmbito deste trabalho específico baseiam-se no método ReCiPe⁸, que constitui a última versão construída a partir dos métodos conhecidos do Ecoindicator99 e do método CML 2⁹.

No **Anexo I** é apresentada uma descrição mais detalhada do método ReCiPe.

⁸ Assim designado dado que corresponde a uma “receita” para a calcular o impacte ambiental de indicadores de categorias.

⁹ Pode obter-se informação mais detalhada acerca do método ReCiPe em [Goedkoop *et al.*] ou em www.lcia-recipe.net.

4. INVENTÁRIO

4.1. DESCRIÇÃO GERAL DA CADEIA

Foi desenvolvido pela AMISM o Projeto relativo ao Ecoparque da Ilha de S. Miguel, que engloba:

- Instalação de tratamento de resíduos por Valorização Energética (CVE), com produção de energia elétrica;
- Estação de Triagem de resíduos valorizáveis;
- Central de Valorização Orgânica para resíduos verdes;
- Aterro, para deposição, em separado, de cinzas, escórias e resíduos não incineráveis, ou seja, de resíduos não passíveis de tratamento nas outras instalações e dos respetivos subprodutos;
- Ampliação da Estação de Tratamento de Águas Lixiviantes (ETAL) para tratamento dos efluentes líquidos gerados nas várias componentes do sistema. Esta ETAL estará ligada à ETAR Municipal de Ponta Delgada.

Neste Projeto propõe-se a instalação de uma Central de Valorização Energética, para incineração de resíduos com uma capacidade nominal de tratamento de cerca de 100 000 toneladas/ano e uma potência térmica até $42 \text{ MW}_{\text{ter}}$ o que permitirá a injeção na rede de $8 \text{ MW}_{\text{ele}}$.

Para a fração de resíduos recolhidos seletivamente, e nomeadamente os fluxos de papel, vidro, plásticos e metais, preconiza-se a construção de uma nova unidade de triagem que permita abarcar as quantidades de resíduos recolhidas seletivamente.

Este projeto foi alvo de uma Avaliação de Impacte Ambiental (AIA) ao abrigo da legislação em vigor, tendo neste âmbito sido elaborado o respetivo Estudo de Impacte Ambiental (EIA) pela PROFICO AMBIENTE. Foi emitida a Declaração de Impacte Ambiental (DIA) favorável condicionada a 31 de Outubro de 2011.

Para efeitos deste Estudo de ACV, foi considerada a produção de eletricidade, bem como a produção de vapor para produção de água quente e para processos de esterilização numa instalação de abate (matadouro) localizada na Ilha de S. Miguel. Foi ainda considerada a receção de resíduos animais e carcaças provenientes desta mesma instalação, para serem alvo de incineração. Nesta alternativa, as quantidades de biomassa podem ser substancialmente reduzidas por compensação por estes resíduos animais.

Os Cenários 1 e 2 analisados correspondem a:

- **Cenário 1** – Recolha dos RSU e recolha seletiva (e posterior triagem) dos fluxos de resíduos de metais e plásticos (embalagens) e papel e cartão, e valorização energética (com recuperação de energia e calor), por meio de incineração, dos RSU e de outros tipos de resíduos com elevado Poder Calorífico Inferior (PCI) - resíduos industriais banais, refugos (da triagem da recolha seletiva), óleos usados, pneus usados, biomassa (resíduos verdes), borras de fuel-óleo, subprodutos animais e carcaças.

- **Cenário 2** – Recolha dos RSU e dos fluxos de resíduos de metais e plásticos (embalagens) e papel e cartão de forma indiferenciada, e valorização energética (com recuperação de energia e calor), por meio de incineração, destes RSU indiferenciados e dos outros tipos de resíduos com elevado Poder Calorífico Inferior (PCI).

Foi considerada a produção de energia e a reciclagem de materiais que será evitada, consoante os Cenários 1 e 2, como fase de fim de vida, a qual permite mostrar os benefícios da recuperação de energia e da reciclagem de materiais para o ambiente.

Na **Figura 4.1** e **Figura 4.2** encontram-se representados os fluxos e as operações de gestão de resíduos associados ao Cenário 1 e ao Cenário 2 respetivamente.

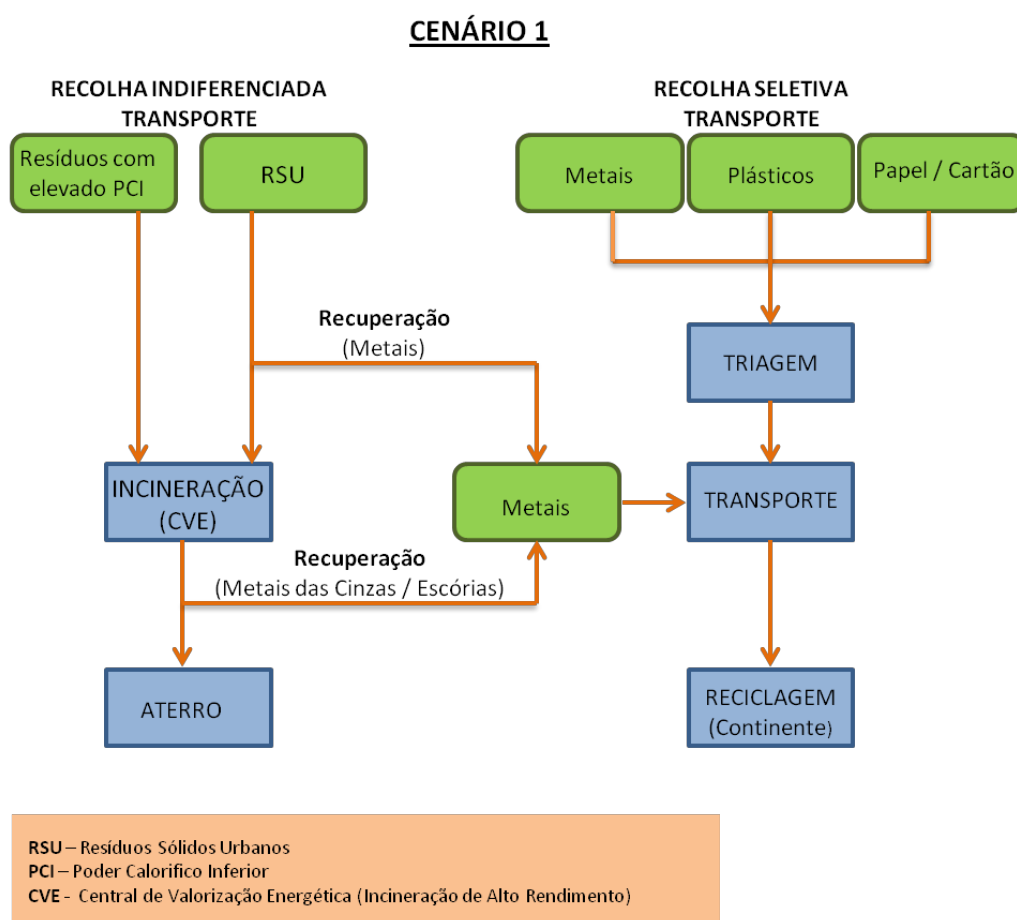
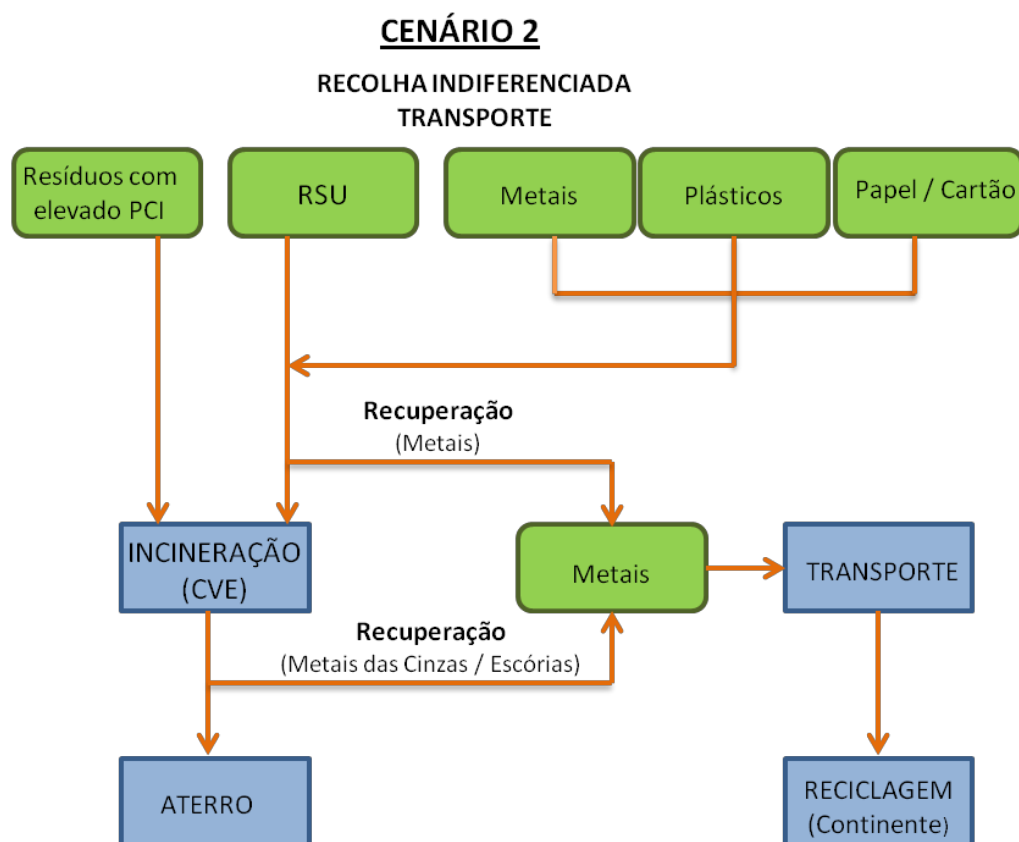


Figura 4.1 – Fluxos e operações de gestão de resíduos associados ao Cenário 1



RSU – Resíduos Sólidos Urbanos
PCI – Poder Calorífico Inferior
CVE - Central de Valorização Energética (Incineração de Alto Rendimento)

Figura 4.2 – Fluxos e operações de gestão de resíduos associados ao Cenário 2

4.2. CENÁRIO 1

Neste subcapítulo são apresentados, em quadros, os dados de base utilizados no âmbito do Estudo, para o Cenário 1, no que respeita a:

- i) Composição e quantidades de resíduos alvo de recolha seletiva e de incineração;
- ii) Incineração e produção evitada de eletricidade e calor;
- iii) Transporte dos resíduos;
- iv) Fluxo de Metais;
- v) Fluxo de Plásticos;
- vi) Fluxo de Papel e Cartão.

No caso do **Quadro 4.5** os dados são apresentados para ambos os Cenários 1 e 2.

4.2.1. COMPOSIÇÃO E QUANTIDADES DE RESÍDUOS

Quadro 4.1 – Quantidades e conteúdo dos resíduos alvo de recolha seletiva (2011)

Material	kg	%
Plástico	643.700	10,52%
Metal	66.180	1,08%
Papel	2.078.810	33,97%
Vidro	1.916.780	31,32%
Madeira & Verdes	1.030.560	16,84%
REEE	357.116	5,84%
Outros	26.071	0,42%
TOTAL	6.119.217	100%

Fonte: AMISM

Quadro 4.2 – Quantidades e conteúdo energético dos resíduos para incineração

Material	Quantidade/ano (Mg)	Caudal (Mg/h)	Peso (%)	PCI	Capacidade Térmica (MWth)
RSU (S. Miguel)	56.284	7,56	0,63	7,5	15,75
RIB	13.657	1,83	0,15	11	5,6
Refugos (da Triagem)	933	0,13	0,01	14	0,49
Óleos usados	800	0,11	0,01	32	0,96
Pneus usados	1.600	0,21	0,02	30	1,79
Biomassa	3.800	0,51	0,04	8	1,13
Resíduos animais	10.000	1,34	0,11	4	1,49
Borras de fuel-óleo	1.800	0,24	0,02	11,75	0,79
TOTAL	88.874	11,94	1	8,45	28

Fonte: AMISM

4.2.2. INCINERAÇÃO E PRODUÇÃO EVITADA DE ELETRICIDADE E CALOR

Quadro 4.3 – Produção de eletricidade e consumo de calor da instalação de incineração

	Com produção de calor	Sem Produção de Calor	Unidade
PCI médio dos resíduos incinerados	8,45	8,95	MJ/kg
Quantidade total de resíduos indiferenciados incinerados	88.874	83.874	Mg
Conteúdo energético dos resíduos	750,99	750,67	TJ
Produção de eletricidade por ano	48,553	52,076	GWh
Eficiência elétrica bruta calculada	23,27%	24,97%	%
Eletricidade líquida exportada	39,8	43,209	GWh
Eficiência elétrica líquida calculada	19,08%	20,72%	%
Quantidade de água quente distribuída (a 115° C)	62.250	—	t
Consumo anual de vapor para produção de água quente	8.042,7	—	MWh
Consumo anual de vapor para esterilização	261,5	—	MWh
Eficiência térmica bruta calculada	3,98%	—	%
Eficiência térmica líquida calculada	3,48%	—	%

Fonte: AMISM

Quadro 4.4 – Produção média de eletricidade por tipo de combustível nos Açores e na Ilha de S. Miguel

Fonte	Açores	S. Miguel
Fuel-óleo	61,00%	52,10%
Gasóleo	8,50%	0%
Térmica Adquirida	0,00%	0%
Hídrica	4,20%	6,10%
Geotérmica	22,70%	41,70%
Eólica	3,50%	0,10%
Biogás	0,00%	0,10%

Fonte: www.eda.pt/informacao.php

Nota: O fuel-óleo considerado é fuel-óleo leve

Embora em situações normais, seja considerado o conjunto dos combustíveis utilizados que é evitado para a produção de eletricidade, neste caso tal não é aplicável. Efetivamente, em S. Miguel apenas será evitada a produção de eletricidade a partir da utilização de fuel-óleo como combustível. Existem duas razões principais para esta assunção:

- i) A EDA é a única entidade responsável pela gestão de todos os tipos de energia utilizados para a produção de eletricidade, sendo que a EDA tomou a decisão da substituição apenas do fuel-óleo.
- ii) A produção de eletricidade a partir de fuel-óleo é, além disso, a forma mais cara de produção de eletricidade, com um custo muito superior a qualquer outra das formas de produção a partir de fontes renováveis.

4.2.3. TRANSPORTE

O transporte dos fluxos de resíduos foi dividido em quatro partes:

- 1) Recolha e transporte dos resíduos para triagem (recolha seletiva) ou para incinerador (RSU ou indiferenciados);
- 2) Transporte dos fluxos de resíduos da triagem para o Porto de Ponta Delgada (S. Miguel, Açores);
- 3) Transporte dos fluxos de resíduos da recolha seletiva do Porto de Ponta Delgada para o Porto continental (Leixões ou Lisboa);
- 4) Transporte dos fluxos de resíduos da recolha seletiva do porto continental para reciclagem no Continente.

Nos quadros seguintes são apresentados os dados utilizados para modelar estas quatro etapas de transporte.

Quadro 4.5 – Dados da recolha e transporte de resíduos em S. Miguel, para 2011 (Cenários 1 e 2)

	Quantidades (2011)	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2	Unidade
Quantidade de RSU	61.070	88.874	88.874	t
Quantidade de fluxos de resíduos da recolha seletiva (metais, plásticos, papel e cartão)	2.789	2789	0	t
Distância de recolha/transporte dos RSU	390.660	—	—	km
Distância de recolha seletiva/transporte dos fluxos de resíduos	294.540	—	—	km
Distância total de recolha/transporte dos resíduos	685.200	—	—	km
Consumo total de combustível (2011)	366.694	—	—	l gasóleo
Consumo médio de combustível (RSU)*	0,587	—	—	l/km
Consumo médio de combustível (Recolha seletiva)*	0,466	—	—	l/km

	Quantidades (2011)	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2	Unidade
Consumo de combustível para a recolha/transporte de RSU 2011	229.333	333.743	485.690	L gasóleo
Consumo de combustível para a recolha seletiva/transporte dos fluxos de resíduos 2011	137.361	137.361	10.472	L gasóleo
Consumo de combustível para a recolha seletiva/transporte dos plásticos	22.906	22.906	1.746	L gasóleo
Consumo de combustível para a recolha seletiva/transporte dos metais	2.193	2.193	167	L gasóleo
Consumo de combustível para a recolha seletiva/transporte do papel e cartão	112.262	112.262	8.559	L gasóleo

* Considerando em média as diferenças dos camiões utilizados

** Ponderado com base nos pesos (ver **Quadro 4.6**)

Fontes: AMISM, RECOLTE

Quadro 4.6 – Resumo das quantidades de resíduos da recolha seletiva triados e transportados por navio (2011)

Fluxo de resíduos	Plásticos recolhidos	Quantidade transportada por navio	Refugos da Triagem	% de Refugos
Plásticos	643.700	540.490	103.210	16%
Metais *	66.180	38.940	27.240	41%
Papel	2.078.810	2.072.988	5.822	0%

Fonte: AMISM

* O total de metais ferrosos nas embalagens é 83,77% e de metais não ferrosos (alumínio) é de 16,23% (2011). Ver também **Quadro 4.10**

Quadro 4.7 – Resumo das quantidades de resíduos da recolha seletiva transportados da Triagem para o Porto de Ponta Delgada (2011)

Fluxo de resíduos	km	kg	Tkm
Plásticos	131,1	540.490	70.858
Metais *	131,1	38.940	5.105
Papel	131,1	2.072.988	271.769

Fonte: AMISM

Quadro 4.8 – Resumo das quantidades de resíduos da recolha seletiva transportados do Porto de Ponta Delgada para o Continente (2011)

Fluxo de resíduos	Leixões	Lisboa
	kg	kg
Plásticos	471.720	68.770
Metais *	38.940	0
Papel	1.987.528	85.460
	km	km
Distância a Ponta Delgada	1.511	1.454

Fonte: AMISM, TRANSINSULAR

Quadro 4.9– Resumo das quantidades de resíduos da recolha seletiva transportados do Porto (Leixões ou Lisboa) para os operadores de reciclagem no Continente (2011)

Fluxo de resíduos	km	kg	Tkm
Plásticos	176,7	540.490	95.520
Metais *	26,4	38.940	1.028
Papel	29,6	2.072.988	61.367

Fonte: AMISM, Google Maps

4.2.4. METAIS

Quadro 4.10 – Percentagem de Metais nos resíduos de embalagem (2011)*

Metais	% nas embalagens (Mar 2011)	% nas embalagens (Set 2011)	% média nas embal. (2011)	% de Metais
Embalagens ferrosas	8,93%	6,85%	7,89%	72,75%
Embalagens de alumínio	2,07%	1,45%	1,76%	16,23%
Outros resíduos ferrosos (não embalagem)	1,09%	1,30%	1,20%	11,02%
Outros resíduos não ferrosos (não embalagem)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Total	12,09%	9,60%	10,85%	100%

* O total de metais ferrosos nas embalagens é 83,77% e de metais não ferrosos (alumínio) é de 16,23% (2011)

Fonte: Campanhas de Caracterização dos Resíduos – Março de 2011 e Setembro de 2011 (AMISM)

Quadro 4.11 – Percentagem de Metais nos RSU (2011)

Metais	% nos RSU (Mar 2011)	% nos RSU (Set 2011)	% média nos RSU (2011)	% de Metais
Embalagens ferrosas	1,31%	1,68%	1,50%	58,86%
Embalagens de alumínio	0,60%	0,45%	0,53%	20,67%
Outros resíduos ferrosos (não embalagem)	0,31%	0,72%	0,52%	20,28%
Outros resíduos não ferrosos (não embalagem)	0,00%	0,01%	0,01%	0,20%
Total	2,22%	2,86%	2,54%	100%

Fonte: Campanhas de Caracterização dos Resíduos – Março de 2011 e Setembro de 2011 (AMISM)

Quadro 4.12 – Percentagens máximas permitidas de metais após o pré-tratamento e a recuperação das cinzas/escórias* de acordo com as Especificações Técnicas a garantir

Tratamento de recuperação de metais	Ferrosos	Não Ferrosos
Pré-tratamento mecânico	0,50%	0,10%
Recuperação das cinzas/escórias	0,10%	0,10%

* %s em relação à quantidade de RSU alimentados ao pré-tratamento mecânico

Fonte: AMISM

Os valores expressos no quadro anterior significam que após o pré-tratamento e a recuperação de metais das cinzas/escórias, não poderá estar presente uma percentagem superior a 0,1% de metais ferrosos e de 0,1% de metais não ferrosos no fluxo de resíduos tratados.

Quadro 4.13 – Taxas mínimas de recuperação de metais dos RSU no incinerador (baseado na caracterização dos resíduos de 2011)

Metais	% máxima nos RSU à saída	% metais nos RSU (2011)	Taxa mínima de recuperação de metais nos RSU	Metais recuperados ⁽¹⁾ (t)
Ferrosos (Ferro)	0,10%	2,01%	95,02%	1.075
Não Ferrosos (Alumínio)	0,10%	0,53%	81,13%	242

(1) A partir de 56.284 t de RSU

Fonte: AMISM

4.2.5. PLÁSTICOS

A taxa de reciclagem e o destino dos plásticos reciclados foi adaptada para a situação portuguesa, após a sua triagem (Fonte: [CE 2011], *Bergsma et Al*, LCA: *recycling van kunststof verpakkingsafval uit huishoudens* (reciclagem de resíduos de embalagens de plástico), Estudo Holandês CE Delft, Novembro de 2011).

Quadro 4.14 – Taxa de reciclagem e destino dos plásticos reciclados após triagem (adaptada à situação portuguesa)

Tipo de plástico	% de plástico no plástico recolhido	% reciclada como granulado	% reciclada como plásticos mistos	% total reciclada	% de plásticos incinerada como refugo	% outros resíduos incinerados
PET	90%	32%	37%	69%	21%	10%
PEAD	76%	48%	18%	67%	9%	24%
EPS*	72%	26%	27%	53%	19%	28%
Filme plástico (PEBD)	72%	26%	27%	53%	19%	28%
Plásticos mistos	72%	0%	62%	62%	10%	28%

* O EPS corresponde a folhas, como aproximação às opiniões de peritos.

Fonte: CE Delft 2011

Quadro 4.15 – Resumo dos dados de reciclagem de plástico, quantidades e distâncias ao Continente

Tipo de plástico	Distância (km)	Porto de Leixões (kg)	Porto de Lisboa (kg)	Total (kg)	Tkm
EPS	52,7	16.700	—	16.700	880
Filme plástico	211,0	319.160	—	319.160	67.343
PEAD	203,0	46.300	—	46.300	9.399
PET	232,0	—	68.770	68.770	15.955
Plásticos mistos	21,7	89.560	—	89.560	1.943
Total de plásticos	176,7	471.720	68.770	540.490	95.520

Fonte: AMISM, Google Maps

Quadro 4.16 – Utilização de plásticos pelos operadores de reciclagem com base no Quadro 4.15 (em kg)

Tipo de plástico	% de plástico no plástico recolhido	% reciclada como granulado	% reciclada como plásticos mistos	% total reciclada	% de plásticos incinerada como refugo	% outros resíduos incinerados
EPS*	12.024	4.393	4.509	8.902	3.122	4.676
Filme plástico (PEBD)	229.795	83.964	86.173	170.137	59.658	89.365
PEAD	35.188	22.392	8.530	30.923	4.265	11.112
PET	61.893	21.845	25.485	47.330	14.563	6.877
Plásticos mistos	64.483	0	55.690	55.690	8.793	25.077
Total	403.383	132.594	180.388	312.982	90.401	137.107

* Assume-se que o EPS é equivalente a folhas, devido ao teor semelhante de resíduos e de estrutura.

Nota: Considera-se que necessários 200 MJ/t para a triagem de resíduos de plásticos recolhidos em diferentes tipos de resíduos de plásticos.

Quadro 4.17 – Consumo de eletricidade na reciclagem dos resíduos de plásticos triados

Tipo de plástico	Eletricidade (MJ/kg)	Fonte
EPS*	3,2	
Filme plástico (PEBD)	3,2	Inquéritos
PEAD	4,6	Inquéritos + cálculos
PET	3,6	Inquéritos + cálculos
Plásticos mistos	3,1	Inquéritos

* Assume-se que o EPS é equivalente a folhas, devido ao teor semelhante de resíduos e de estrutura.

Fonte: CE Delft 2011

Quadro 4.18 – Outros inputs para a reciclagem de resíduos de plásticos triados

Material	Quantidade	Unidade
Utilização de água	300	l/tonelada
Utilização de NaOH	10	kg/tonelada
Gás natural	0,0286	m ³ /kg

Fonte: CE Delft 2011

4.2.6. PAPEL E CARTÃO

Para o Papel e Cartão não é requerida informação específica para além da que foi apresentada nos subcapítulos **4.2.1** a **4.2.3** no que respeita à energia e aos processos de transporte.

4.3. CENÁRIO 2

Neste subcapítulo são apresentados, em quadros, os dados de base utilizados no âmbito do Estudo, para ambos os cenários no caso do **Quadro 4.19**, e especificamente para o Cenário 2, no **Quadro 4.20**, no que respeita ao consumo de combustível para as frações de resíduos que no Cenário 1 eram alvo de recolha seletiva.

Quadro 4.19 – Consumo de combustível na recolha/transporte e triagem/incineração de RSU e de Resíduos de Plásticos, Metais e Papel e Cartão nos Cenários 1 e 2 (2011)

Tipo de resíduos	Quantidade de resíduos recolhidos (2011) (t)	Consumo de combustível (2011) (l de gasóleo)	Combustível por tonelada de resíduos (CENÁRIO 1) (l/tonelada)	Combustível por tonelada de resíduos (CENÁRIO 2) (l/tonelada)
Resíduos de Plásticos, Metais e Papel e Cartão recolhidos separadamente	2.789	137.361	49,3	3,8
RSU	61.070	229.333	3,8	3,8

Fonte: AMISM, RECOLTE

Nota: De realçar a grande diferença de consumo de combustível por tonelada dos resíduos recolhidos seletivamente entre os Cenários 1 e 2.

Quadro 4.20 – Consumo de combustível no Cenário 2 para as frações antes recolhidas seletivamente (2011)

	Combustível no Cenário 2	Combustível no Cenário 2 para os Plásticos	Combustível no Cenário 2 para os Plásticos	Combustível no Cenário 2 para os Metais
Fator de Ponderação	100%	17%	2%	82%
Litros de gasóleo	10.472	1.746	167	8.559

Fonte: AMISM, RECOLTE

(Página intencionalmente deixada em branco)

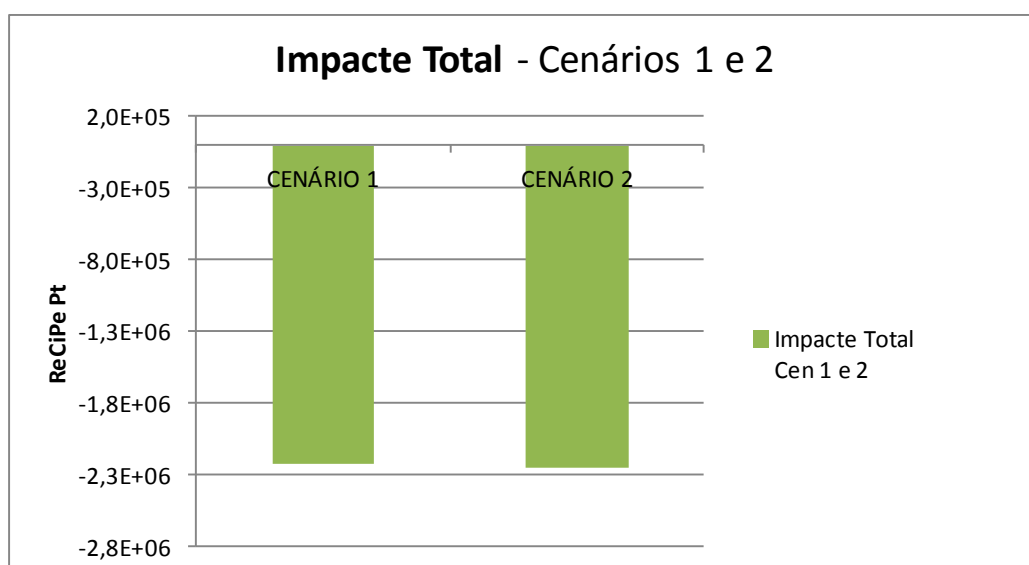
5. AVALIAÇÃO DE IMPACTES. RESULTADOS DOS CENÁRIOS 1 E 2

Neste capítulo é efetuada a avaliação dos impactes ambientais no Cenário 1 e Cenário 2 analisados. Os resultados correspondentes às figuras deste capítulo são apresentados nos quadros constantes do subcapítulo II.2 do Anexo II.

5.1. RESULTADOS GERAIS. IMPACTE GLOBAL DO CENÁRIO 1 E 2

Na **Figura 5.1** é apresentado o impacte ambiental dos Cenários 1 e 2. De realçar que de acordo com a metodologia utilizada – ReCiPe - uma pontuação ReCiPe positiva corresponde a um impacte negativo no ambiente. Deste modo o efeito é tão negativo quanto a pontuação do impacte é positiva.

Pode constatar-se que para ambos os cenários se verifica um benefício ambiental líquido considerável embora este seja ligeiramente superior para o Cenário 2, em que as frações de papel/cartão, plástico e metais são alvo de valorização energética juntamente com os restantes RSU e outros de PCI elevado. Esta diferença entre o Cenário 1 e 2 é bastante reduzida.



*A pontuação positiva indica um impacte ambiental negativo e a pontuação negativa indica um benefício ambiental, ambos em sentido crescente, em Pontos ReCiPe

Figura 5.1 – Impacte ambiental global dos Cenários 1 e 2 (em Pt ReCiPe) *

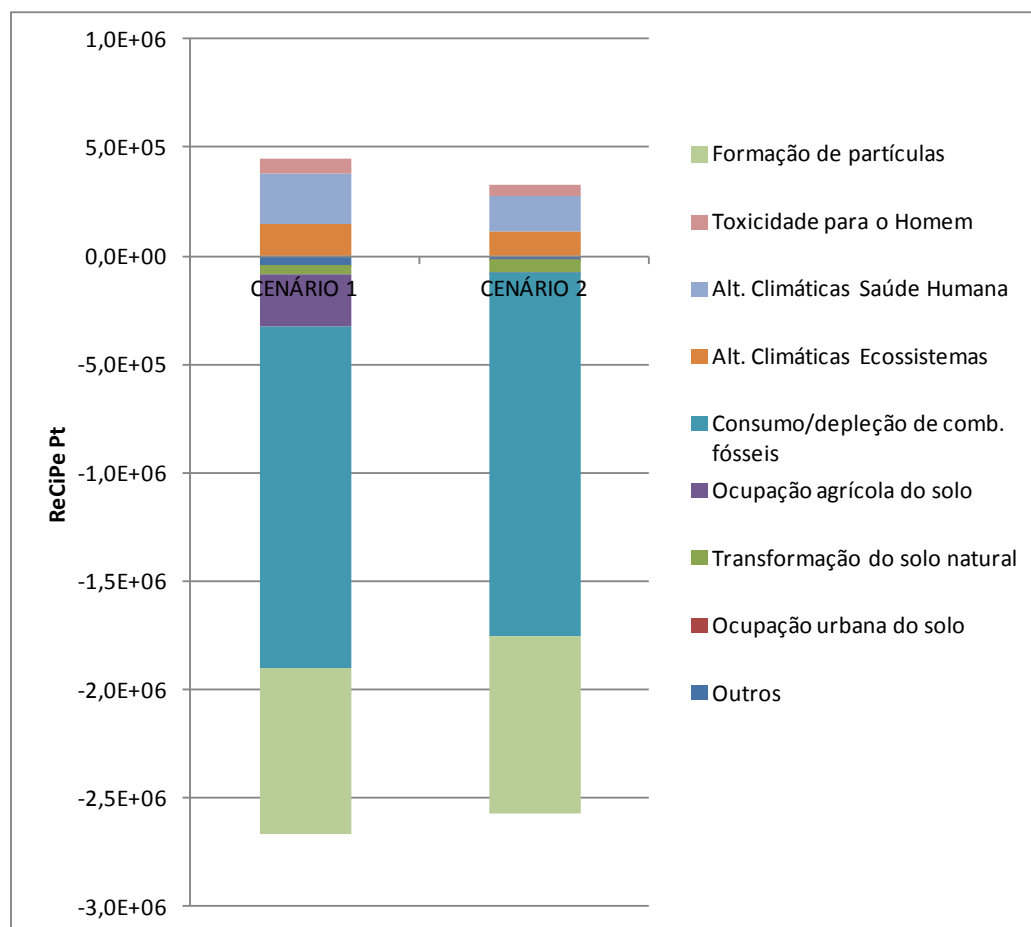
Na **Figura 5.2** também apresentado o impacte global dos Cenário 1 e 2, mas neste caso é possível, além disso, observar as contribuições dos diferentes efeitos ambientais. Nesta figura apenas estão representados de forma individualizada os efeitos ambientais que contribuem com mais de 1% para o impacte global, sendo que os restantes efeitos se encontram agrupados na categoria “Outros”¹⁰.

Verifica-se que o Cenário 1 tem o maior impacte negativo (coluna positiva mais alta), mas tem também o maior benefício ambiental (lado negativo da coluna). O impacte ambiental negativo é completamente compensado pelo benefício ambiental devido à produção evitada, tais como a eletricidade e o calor a partir da central de valorização energética (incineração de alto rendimento), mas também a partir da reciclagem de metais, plásticos e papel.

Embora o impacte ambiental negativo (parte positiva da barra) seja considerável devido, por exemplo, às emissões da incineração, o benefício ambiental global líquido é, mesmo assim, relativamente elevado.

Comparando as pontuações positivas e negativas para ambos os cenários, a diferença entre os cenários é muito reduzida. Tendo em conta estes resultados, deve também atender-se à margem de erro inerente à metodologia utilizada e ao próprio Estudo.

¹⁰ Os efeitos ambientais agrupados na categoria “Outros” correspondem aos seguintes: Consumo/depleção de metais, Ecotoxicidade marinha, Ecotoxicidade para águas superficiais, Ecotoxicidade terrestre, Eutrofização das águas superficiais, Acidificação terrestre, Radiações ionizantes, Formação de oxidantes fotoquímicos e Destruição do Ozono.



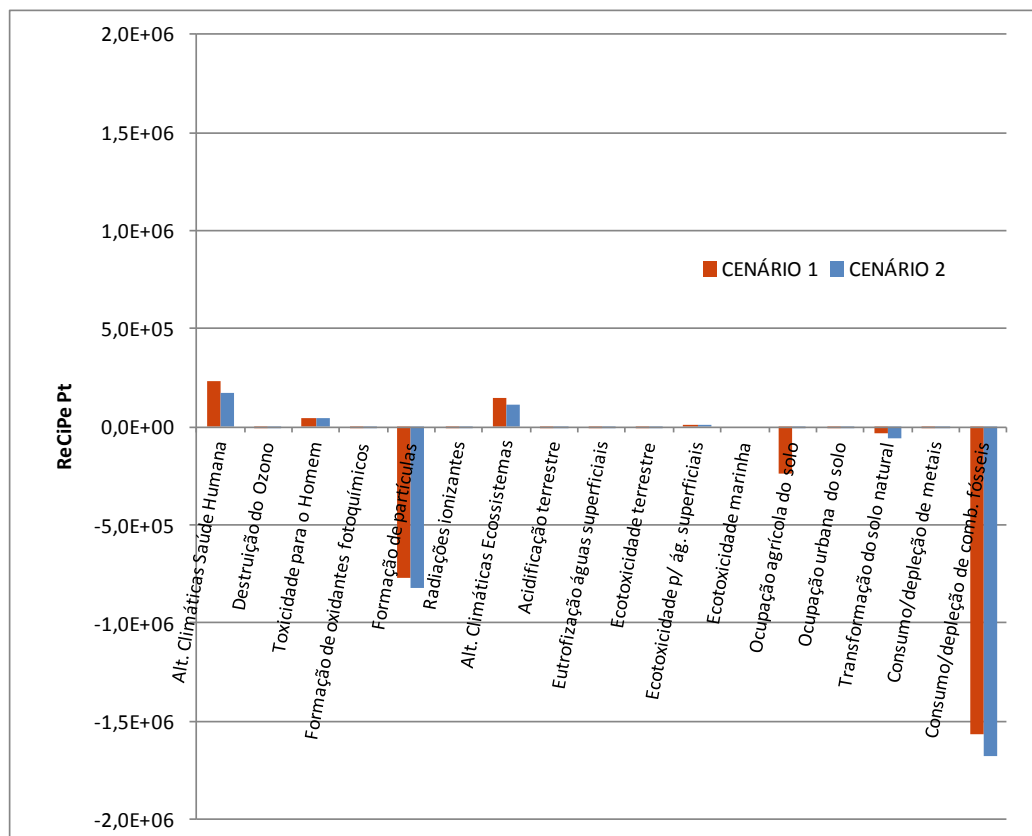
*A pontuação positiva indica um impacte ambiental negativo e a pontuação negativa indica um benefício ambiental, ambos em sentido crescente, em Pontos ReCiPe

Figura 5.2 – Impacte ambiental global dos Cenários 1 e 2, com a contribuição dos efeitos ambientais (em Pt ReCiPe) *

A partir deste gráfico pode também concluir-se que é especialmente o benefício ambiental da reciclagem de papel, o qual evita um uso considerável de solo agrícola para a silvicultura, que corresponde ao efeito ambiental com a maior diferença entre o Cenário 1 e o Cenário 2. Este benefício ambiental para o Cenário 1 é, no entanto, reduzido por um mais elevado impacte nas alterações climáticas, devido a um maior transporte.

Comparado com o Cenário 2, o Cenário 1 apresenta também uma menor depleção evitada de combustíveis fósseis devido ao maior consumo de combustível no transporte e a uma menor produção evitada de eletricidade correspondente a menores quantidades de papel e plásticos alvo de incineração.

Na **Figura 5.3** esta constatação torna-se mais clara. Efetivamente, apenas para o uso (ocupação) agrícola do solo é que o Cenário 1 tem uma pontuação substancialmente melhor. Para todos os outros efeitos ambientais que têm uma elevada contribuição para a pontuação do impacto, o Cenário 2 apresenta consistentemente uma pontuação um pouco melhor do que o Cenário 1. Tal significa que o resultado global da pontuação está muito dependente da pontuação referente aos impactes da ocupação agrícola do solo.

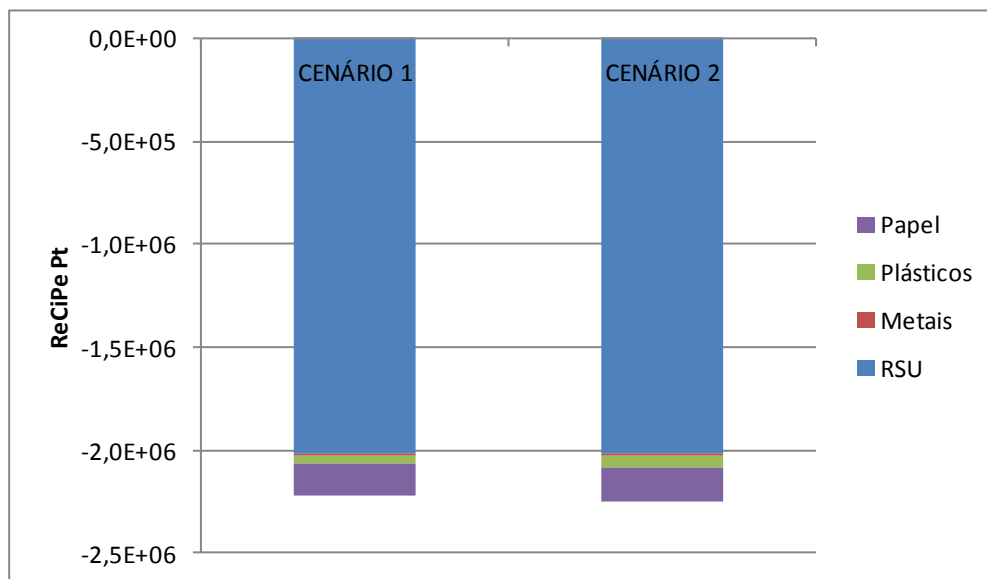


* A pontuação positiva indica um impacto ambiental negativo e a pontuação negativa indica um benefício ambiental, ambos em sentido crescente, em Pontos ReCiPe

Figura 5.3 – Impacte ambiental global dos Cenários 1 e 2, subdividido pelos efeitos ambientais (em Pt ReCiPe) *

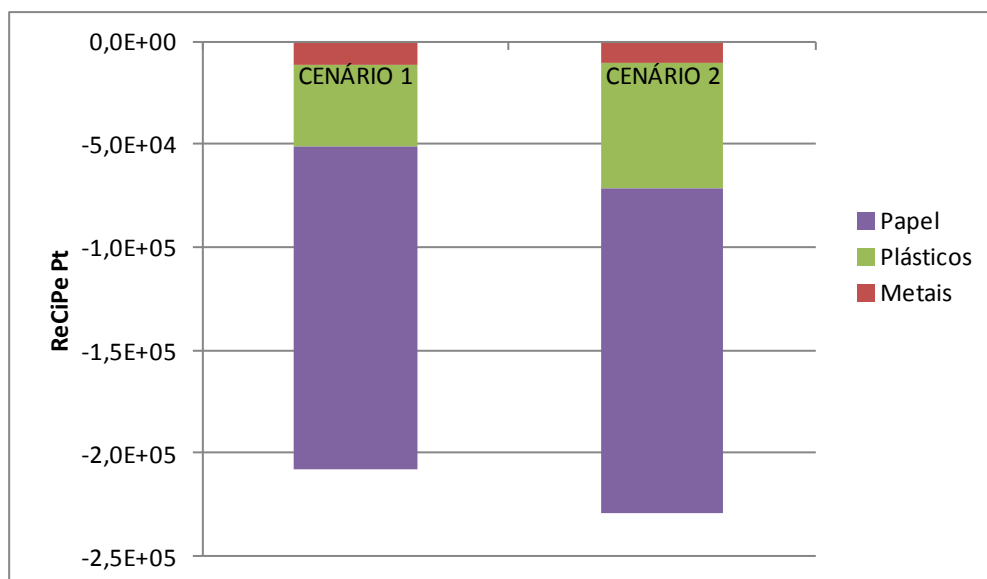
A **Figura 5.4a** mostra as contribuições líquidas dos diferentes fluxos de resíduos considerados para o benefício ambiental global dos dois cenários. Na **Figura 5.4b** os resultados são apresentados apenas para as frações de resíduos recolhidas seletivamente, para uma informação mais detalhada.

Pode observar-se que a diferença entre o Cenário 1 e 2 é determinada pelo fluxo de resíduos de Papel e Cartão recolhido seletivamente e, em muito menor extensão, pelas diferenças entre os Plásticos. Uma vez que os RSU são tratados em ambos os cenários da mesma forma (valorização energética através de incineração) não há obviamente diferenças para este tipo de resíduos entre os dois cenários.



*A pontuação positiva indica um impacto ambiental negativo e a pontuação negativa indica um benefício ambiental, ambos em sentido crescente, em Pontos ReCiPe

Figura 5.4a – Impacte ambiental global dos Cenários 1 e 2, com a contribuição dos tipos de fluxo de resíduos (em Pt ReCiPe) *



*A pontuação positiva indica um impacto ambiental negativo e a pontuação negativa indica um benefício ambiental, ambos em sentido crescente, em Pontos ReCiPe

Figura 5.4b – Impacte ambiental global dos Cenários 1 e 2, com a contribuição dos tipos de fluxo de resíduos, com exclusão dos RSU (em Pt ReCiPe) *

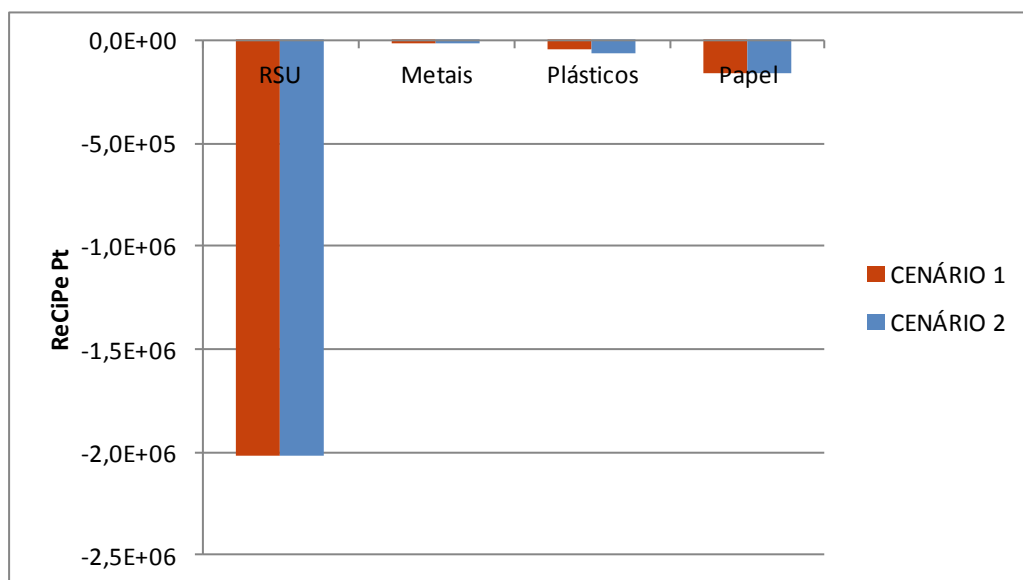
De acordo com a figura anterior, no cômputo global, ambos os cenários mostram um benefício ambiental para todos os quatro fluxos de resíduos. Pode observar-se que existe uma ligeira diferença de impactes entre o Cenário 1 e 2, devido ao melhor desempenho dos fluxos de resíduos de Papel e de Plástico quando incinerados no Cenário 2.

No caso da incineração de Metais, nem todos os metais que no Cenário 1 são recolhidos seletivamente são recuperados no Cenário 2 (recuperação entre 80% e 95%, dependendo do tipo de metais – ver **Quadro 4.13**), pelo que corresponde a uma menor melhoria ambiental do que no caso do Cenário 1, em que 100% dos metais separados recolhidos são reciclados. Como apenas uma pequena percentagem dos metais que são produzidos pelas unidades habitacionais são separados e recolhidos seletivamente, a maior parte da recuperação de metais ocorre a partir do fluxo de RSU indiferenciados que contribui com uma parte substancial do benefício ambiental decorrente. Estas conclusões serão descritas em maior detalhe no âmbito da análise de cada um dos fluxos de resíduos separadamente.

O elevado benefício ambiental para os RSU é principalmente devido à produção evitada de eletricidade. Caso a eficiência elétrica líquida da CVE (incinerador) fosse aumentada de 19% para 20%, o benefício ambiental seria igual ao benefício total contabilizando também os fluxos de resíduos recolhidos seletivamente (cerca de -2,25E5 Pt ReCiPe)

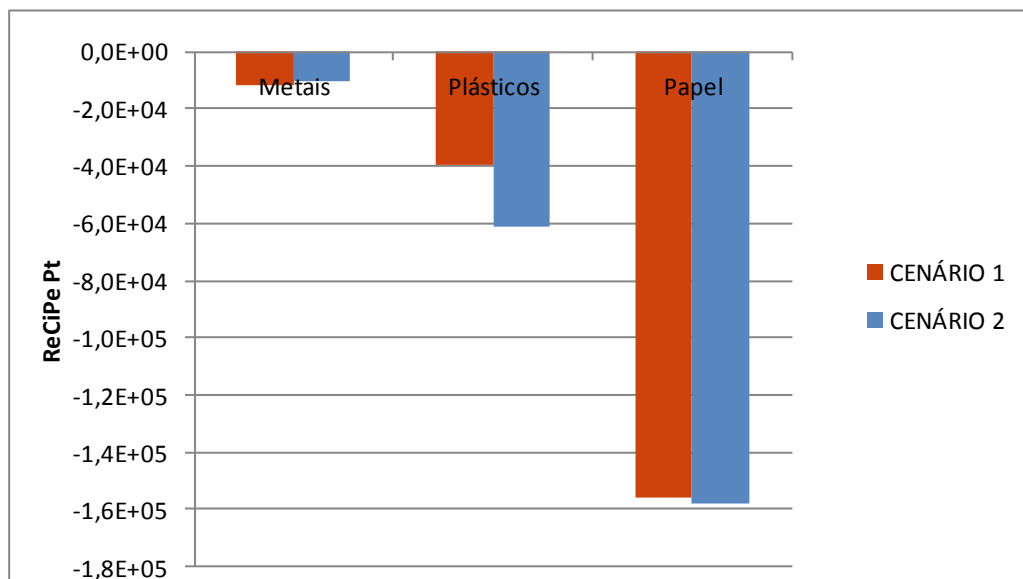
Na **Figura 5.5a** são apresentados os mesmos resultados de forma distinta para mostrar as diferenças que contribuem para a pontuação global, por fluxo de resíduos. Na **Figura 5.5b** é apresentada a mesma informação apenas para os fluxos de resíduos recolhidos seletivamente, para melhor visualização dos contributos em cada cenário.

É possível verificar que, tanto no Cenário 1 como no Cenário 2, o tratamento de resíduos de Metais, Plásticos e Papel contribui sempre para um benefício para o ambiente, embora de forma menos significativa para o Cenário 1, exceto para a fração dos metais recolhida seletivamente, como atrás discutido.



*A pontuação positiva indica um impacto ambiental negativo e a pontuação negativa indica um benefício ambiental, ambos em sentido crescente, em Pontos ReCiPe

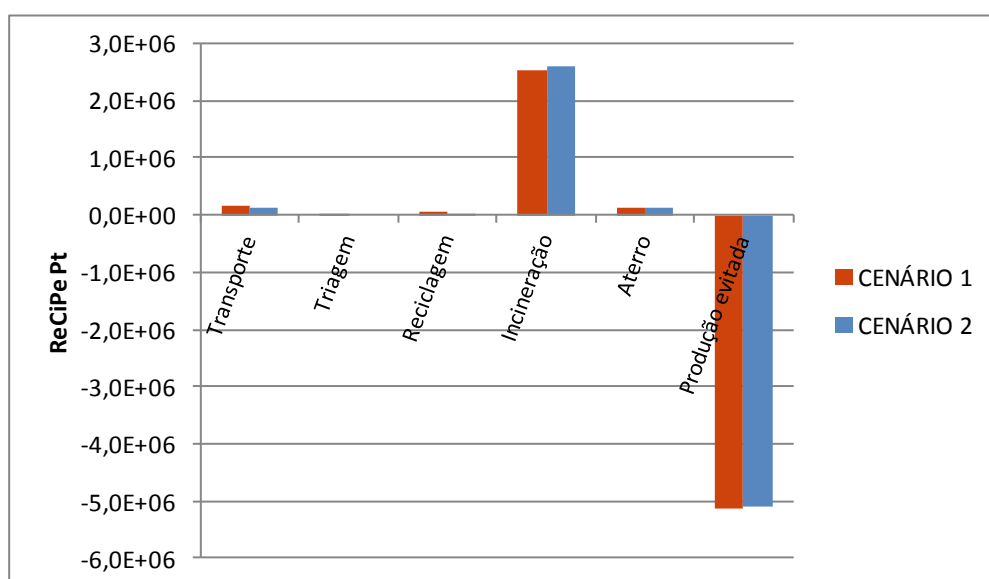
Figura 5.5a – Impacte ambiental global dos Cenários 1 e 2, subdividido por tipo de fluxo de resíduos (em Pt ReCiPe) *



*A pontuação positiva indica um impacto ambiental negativo e a pontuação negativa indica um benefício ambiental, ambos em sentido crescente, em Pontos ReCiPe

Figura 5.5b – Impacte ambiental global dos Cenários 1 e 2, subdividido por tipo de fluxo de resíduos, com exclusão dos RSU (em Pt ReCiPe) *

Quando o impacto ambiental global dos Cenários 1 e 2 é distribuído ao longo das diferentes fases da cadeia de tratamento de resíduos, obtêm-se os resultados apresentados na **Figura 5.6**. No caso do Cenário 1, o impacto devido ao transporte é um pouco superior ao do Cenário 2 devido à maior distância por mar para o Continente para a reciclagem de metais, plásticos e papel. Verifica-se no entanto uma diminuição ligeira das emissões devido a uma menor quantidade de material incinerado, obtida com a reciclagem.

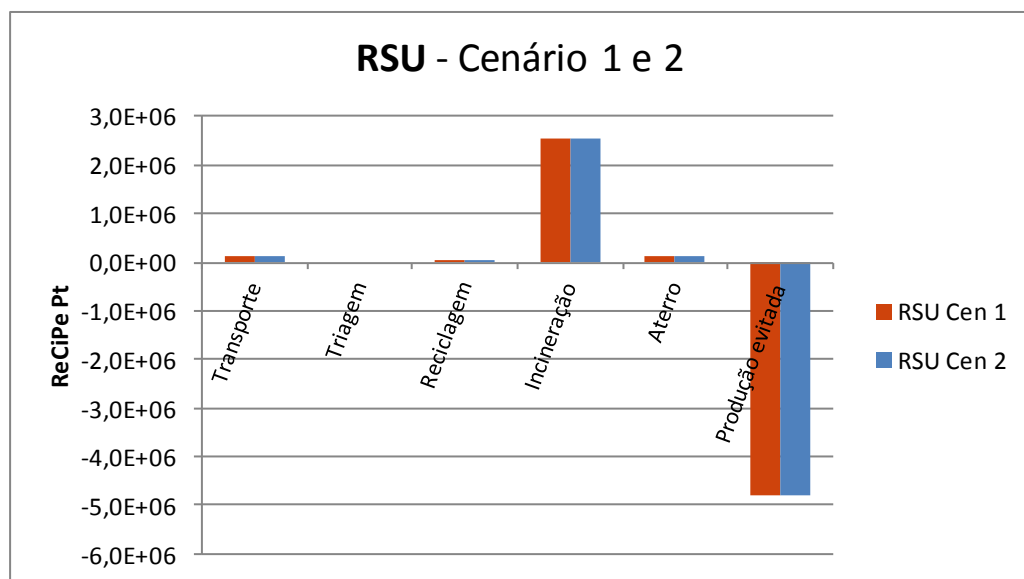


*A pontuação positiva indica um impacto ambiental negativo e a pontuação negativa indica um benefício ambiental, ambos em sentido crescente, em Pontos ReCiPe

Figura 5.6 – Impacte ambiental global dos Cenários 1 e 2, subdividido por fases da cadeia (em Pt ReCiPe) *

5.2. IMPACTE DOS RSU

Tanto para o Cenário 1 como para o Cenário 2 o tratamento dos RSU é equivalente, i.e. é efetuado através de valorização energética (incineração de alto rendimento). Na **Figura 5.7** são apresentados os resultados obtidos para o impacte ambiental subdividido por fases da cadeia. Note-se que os impactes contabilizados nos RSU incluem os impactes decorrentes das frações de papel/cartão, plásticos e metais que não são recolhidas seletivamente e que, portanto, estão contidas nos RSU indiferenciados.



*A pontuação positiva indica um impacte ambiental negativo e a pontuação negativa indica um benefício ambiental, ambos em sentido crescente, em Pontos ReCiPe

Figura 5.7 – Impacte ambiental dos RSU nos Cenários 1 e 2, subdividido por fases da cadeia (em Pt ReCiPe) *

Os impactes devidos ao transporte são relativamente reduzidos devido à curta distância e a uma eficiente logística de transporte. Os impactes devidos à separação/triagem e ao processo de reciclagem de Metais (com separação magnética e por Corrente de Foucault antes e após a incineração dos RSU) são também relativamente reduzidos, o que se deve ao facto dos Metais apenas representarem uma pequena fração dos RSU.

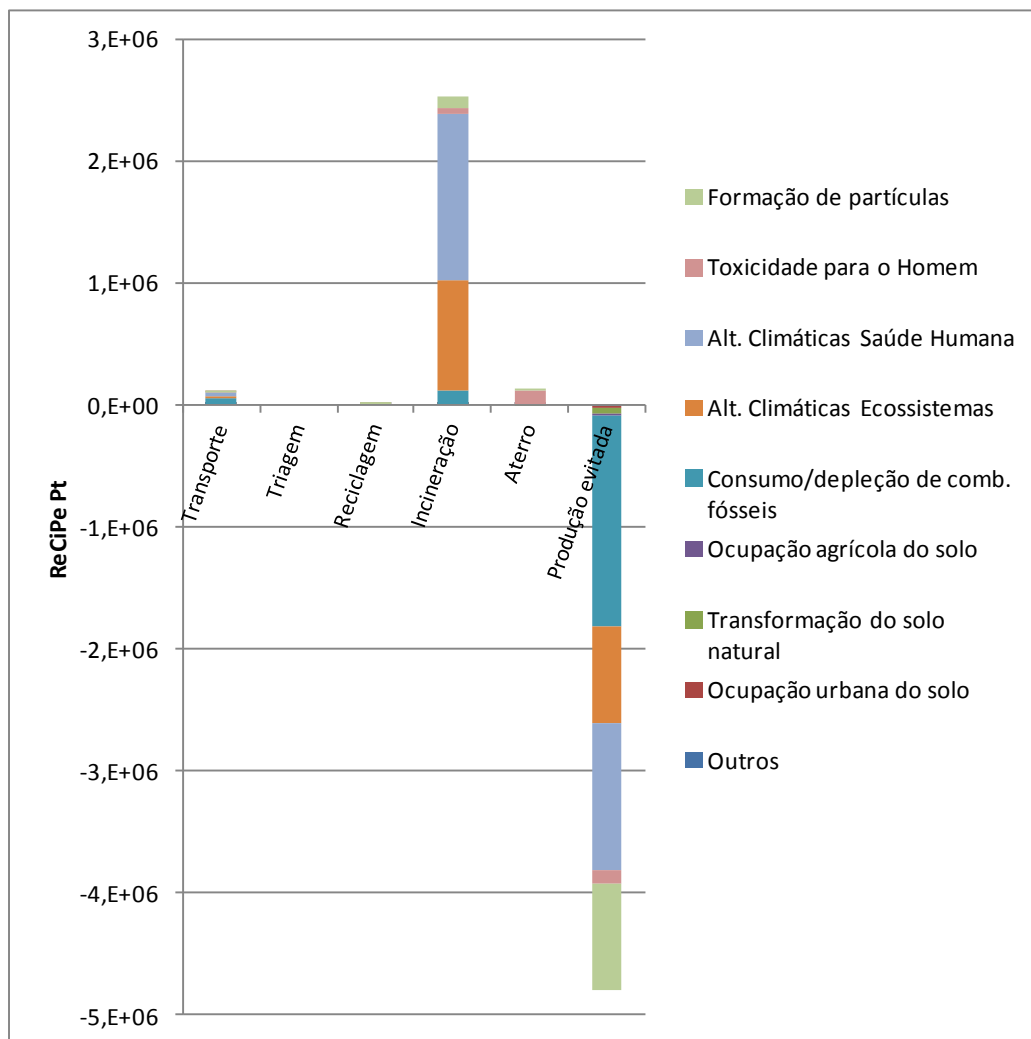
O impacte devido às emissões da incineração é obviamente considerável. Por outro lado, as cinzas e escórias, materiais residuais que resultam do processo de incineração, são depositadas em aterro, o que causa um impacte perceptível mas não dominante. Finalmente, pode registar-se um claro benefício ambiental referente à produção evitada de eletricidade e metais. Esta produção evitada é o fator que determina que o impacte global da incineração de RSU em S. Miguel represente um benefício ambiental líquido.

No **Quadro 5.1** é apresentada a subdivisão da produção evitada nas suas partes contribuintes. A parte mais significativa corresponde à produção evitada de eletricidade, que neste caso é a produção evitada de eletricidade utilizando fuel-óleo como combustível, sendo que a produção evitada de calor representa uma contribuição muito menor. Mais visível é a produção evitada de metais devido à recuperação nos RSU, a qual representa 8% da produção evitada, sendo que os RSU apenas contêm 2,5% de metais (conforme **Quadro 4.11**).

Quadro 5.1 – Contribuições para a produção evitada decorrente da incineração de RSU

Produção evitada	Em Pt ReCiPe	%
Produção evitada de eletricidade (fuel-oil, S. Miguel)	-4.129.027	86%
Produção evitada de calor (vapor)	-268.424	6%
Produção evitada de metais (metais recuperados)	-402.801	8%
TOTAL	-4.800.251	100%

Na **Figura 5.8** é apresentada a contribuição dos efeitos ambientais mais relevantes para o impacto ambiental dos RSU, por fase da cadeia. Tal como para a **Figura 5.2** e para as figuras seguintes, apenas estão representados de forma individualizada os efeitos ambientais que contribuem com mais de 1% para o impacto global, sendo que os restantes efeitos se encontram agrupados na categoria “Outros”.



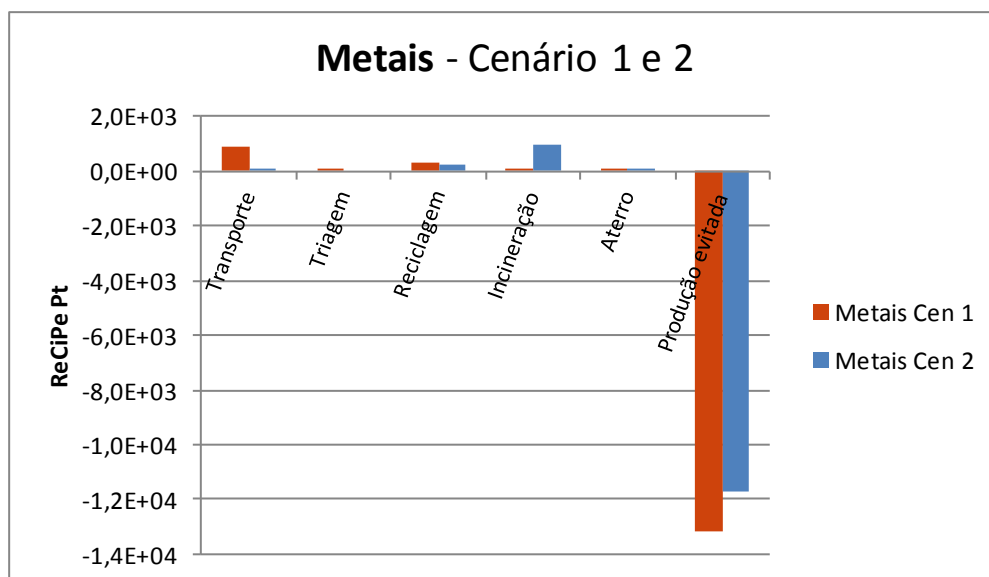
*A pontuação positiva indica um impacto ambiental negativo e a pontuação negativa indica um benefício ambiental, ambos em sentido crescente, em Pontos ReCiPe

Figura 5.8 – Impacte ambiental dos RSU nos Cenários 1 e 2, com a contribuição dos efeitos ambientais (em Pt ReCiPe) *

Nesta figura, é notório que os efeitos relacionados com a energia são os que dominam o impacto ambiental global, sendo que as alterações climáticas correspondem ao principal impacto na incineração, em que o CO₂ é produzido em quantidades elevadas.

5.3. IMPACTE DOS RESÍDUOS DE METAIS

Na **Figura 5.9**, tornam-se claras as diferenças entre os dois cenários (apenas) para a fração dos Metais recolhida seletivamente. A fração de Metais que não é separada e posteriormente recolhida seletivamente é muito superior e está contida nos RSU indiferenciados. Essa fração de Metais contida nos RSU indiferenciados não está assim refletida nesta figura, mas está incluída na **Figura 5.7** onde é analisado o fluxo de RSU indiferenciados.



*A pontuação positiva indica um impacto ambiental negativo e a pontuação negativa indica um benefício ambiental, ambos em sentido crescente, em Pontos ReCiPe

Figura 5.9 – Impacte ambiental dos Resíduos de Metais (fração recolhida seletivamente) nos Cenários 1 e 2, subdividido por fases da cadeia (em Pt ReCiPe) *

No Cenário 1 os Metais são recolhidos seletivamente sendo que essa recolha/transporte seletivo nunca é efetuada de forma tão eficiente como para os RSU indiferenciados. Tal facto conduz a que ocorra um impacto ambiental negativo adicional no Cenário 1 comparativamente ao Cenário 2 em que essa fração de Metais é transportada em conjunto com os RSU indiferenciados, e portanto de forma mais eficiente. O transporte marítimo por navio, ou para outros locais, para reciclagem é efetuada de forma comparável nos dois cenários, e em ambos os casos não é muito relevante.

Os impactos decorrentes dos processos utilizados na reciclagem de Metais são relativamente reduzidos, consistindo basicamente na separação dos refugos não metálicos. No Cenário 2 o impacto ambiental devido à incineração dos Metais é da mesma ordem que o impacto do transporte adicional no caso do Cenário 1.

No caso do Cenário 2, com a incineração dos RSU conjuntamente com os Metais, nem todos os Metais (fração que anteriormente era recolhida seletivamente) são recuperados (a recuperação é cerca de 80 a 95% dependendo do tipo de Metais – ver **Quadro 4.13**) pelo que o benefício ambiental é inferior ao do Cenário 1, em que 100% dos Metais recolhidos seletivamente (e posteriormente triados) são alvo de reciclagem. Consequentemente, no Cenário 2 o benefício ambiental devido à produção evitada (metais) é também inferior. Esta constitui a razão principal pela qual os Metais recolhidos seletivamente obtêm uma pontuação global um pouco melhor.

Devido ao facto de a quantidade de Metais correspondente à fração recolhida seletivamente ser relativamente reduzida, o benefício ambiental devido a este fluxo de resíduos é também relativamente reduzido. A produção evitada de metais recuperados dos RSU é mais de 30 vezes superior à produção evitada dos metais recolhidos seletivamente no Cenário 1.

No **Quadro 5.2** é apresentada a produção evitada de metais dos RSU para o caso de 81% de recuperação de metais não ferrosos (conforme consta também do **Quadro 4.13**), em pontos ReCiPe, bem como os resultados correspondentes no caso de ser aumentada a recuperação de 81% para 85% de metais não ferrosos nos RSU. É possível observar que este pequeno aumento na taxa de recuperação permite uma melhoria significativa no benefício ambiental atingido, o qual é praticamente igual ao benefício ambiental atingido com a fração de Metais correspondente à recolha seletiva no Cenário 1 (ver **Quadro 5.3**).

É, deste modo, possível constatar quão importantes são as especificações definidas para o tratamento global dos RSU, verificando-se nomeadamente que pequenas alterações nestas especificações podem permitir atingir benefícios ambientais equivalentes aos da recolha seletiva de determinado fluxo de resíduos.

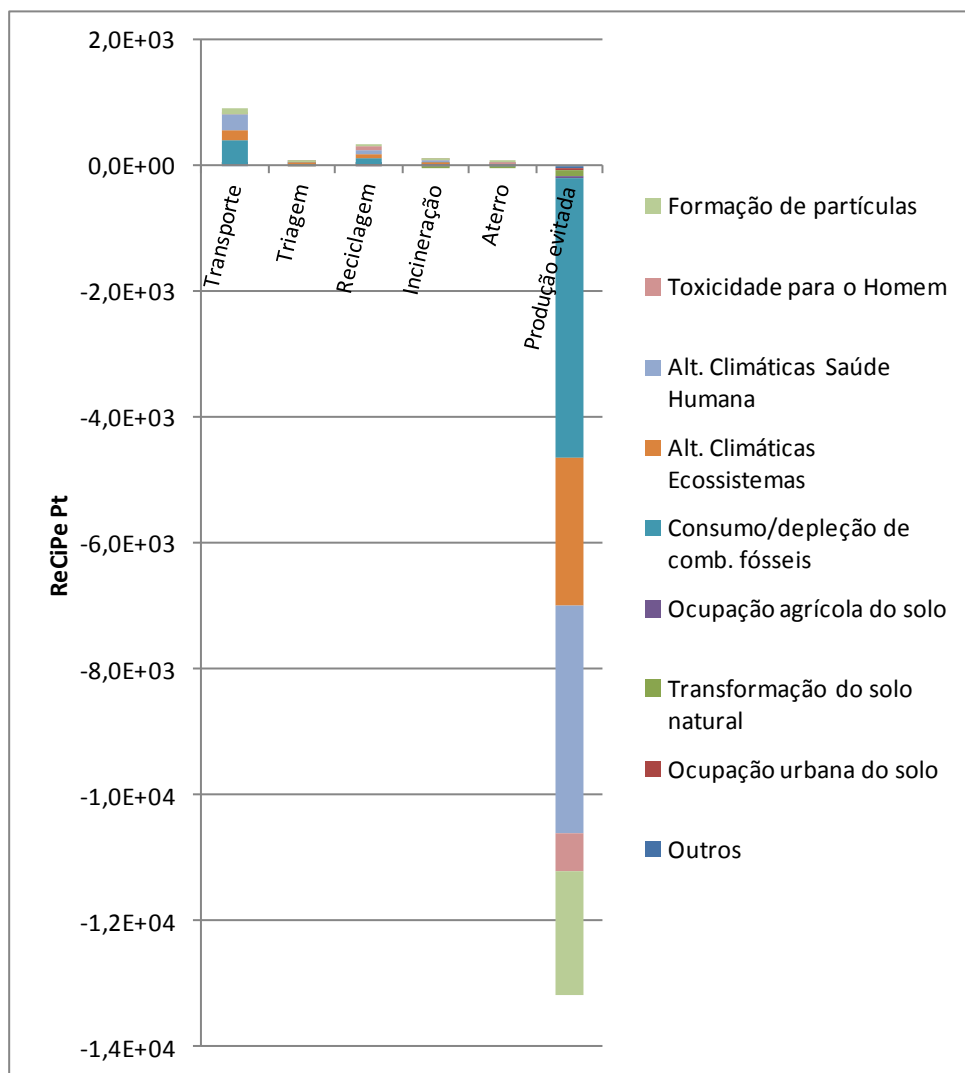
Quadro 5.2 – Produção evitada de metais nos RSU conforme % de recuperação

Metais	Produção evitada de metais (em Pt ReCiPe)
Recuperação de 81% de metais não ferrosos dos RSU	-402.801,09
Recuperação de 85% de metais não ferrosos dos RSU	-415.256,46
DIFERENCIAL	-12.455,37

Quadro 5.3 – Fração de Metais recolhida seletivamente (Cenário 1 e Cenário 2)

Metais	Produção evitada de metais (em Pt ReCiPe)
Fração de Metais da recolha seletiva – Cenário 1	-13.172,10
Fração de Metais da recolha seletiva – Cenário 1	-11.701,60
DIFERENCIAL	-1.470,49

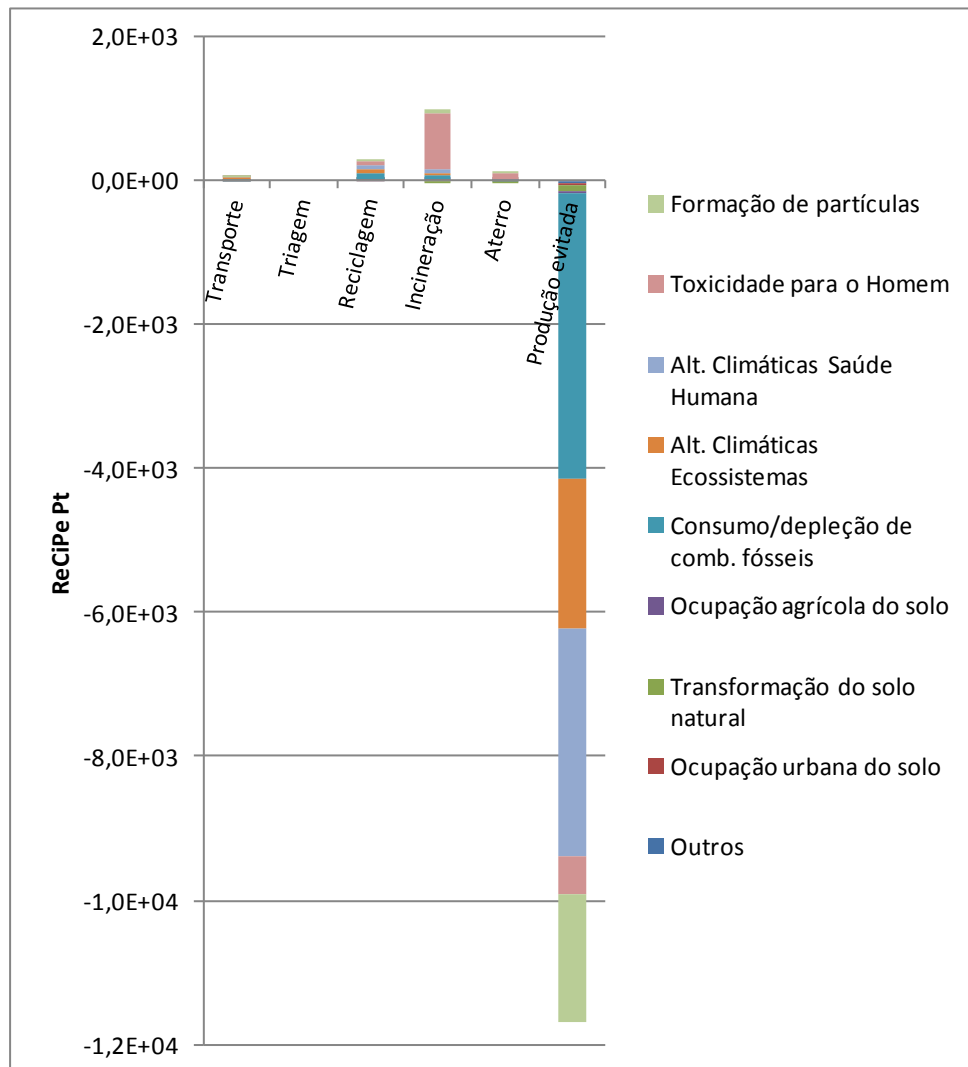
Na **Figura 5.10** é apresentada a contribuição para o impacto/benefício ambiental global dos diferentes efeitos ambientais por fase da cadeia, no caso do Cenário 1. A produção evitada é dominante nos resultados, através da prevenção das Alterações climáticas e da Depleção de combustíveis fósseis como principais contribuintes.



*A pontuação positiva indica um impacto ambiental negativo e a pontuação negativa indica um benefício ambiental, ambos em sentido crescente, em Pontos ReCiPe

Figura 5.10 – Impacte ambiental dos Resíduos de Metais (fração recolhida seletivamente) no Cenário 1, com a contribuição dos efeitos ambientais, subdividido por fases (em Pt ReCiPe) *

Na **Figura 5.11** são apresentados os resultados análogos para o Cenário 2.



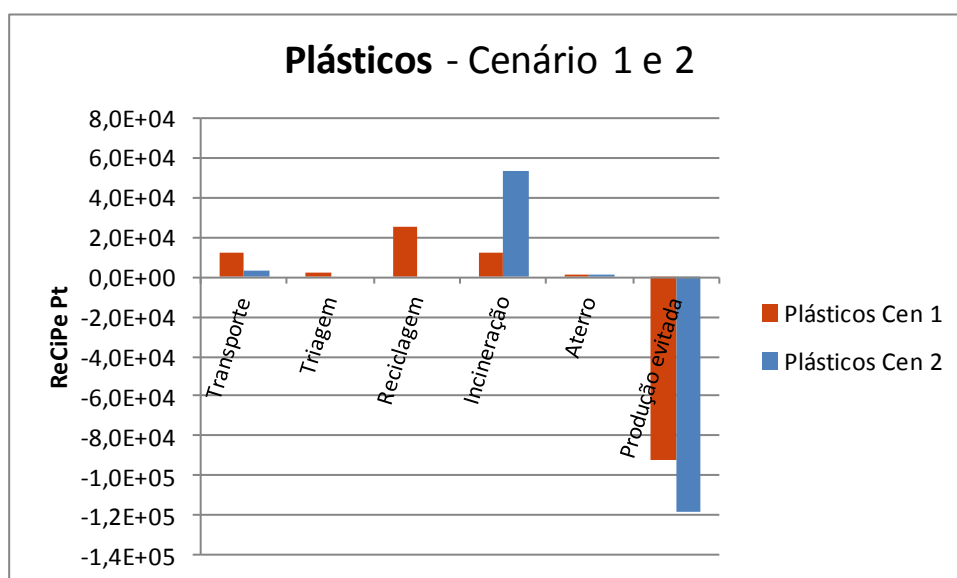
*A pontuação positiva indica um impacto ambiental negativo e a pontuação negativa indica um benefício ambiental, ambos em sentido crescente, em Pontos ReCiPe

Figura 5.11 – Impacte ambiental dos Resíduos de Metais (fração recolhida seletivamente) no Cenário 2, com a contribuição dos efeitos ambientais, subdividido por fases (em Pt ReCiPe) *

Comparando os resultados da **Figura 5.10** e da **Figura 5.11**, podem observar-se as diferenças entre o Cenário 1 e o Cenário 2. No Cenário 1 existem impactos mais significativos para o Transporte devidos às Alterações climáticas e à Depleção de combustíveis fósseis. No Cenário 2 existe um menor Transporte mas verificam-se mais emissões devidas à incineração dos resíduos, conduzindo a uma contribuição superior na Toxicidade humana. Estas diferenças são, no entanto, relativamente reduzidas, comparadas com o benefício ambiental global em ambos os casos.

5.4. IMPACTE DOS RESÍDUOS DE PLÁSTICOS

Na **Figura 5.12** são apresentados os resultados do tratamento da fração de resíduos de Plásticos recolhida seletivamente para o Cenário 1 (separadamente recolhidos e reciclados) e Cenário 2 (não recolhidos separadamente, mas incinerados juntamente com os RSU indiferenciados).



*A pontuação positiva indica um impacte ambiental negativo e a pontuação negativa indica um benefício ambiental, ambos em sentido crescente, em Pontos ReCiPe

Figura 5.12 – Impacte ambiental dos Resíduos de Plásticos (fração recolhida seletivamente) nos Cenários 1 e 2, subdividido por fases da cadeia (em Pt ReCiPe) *

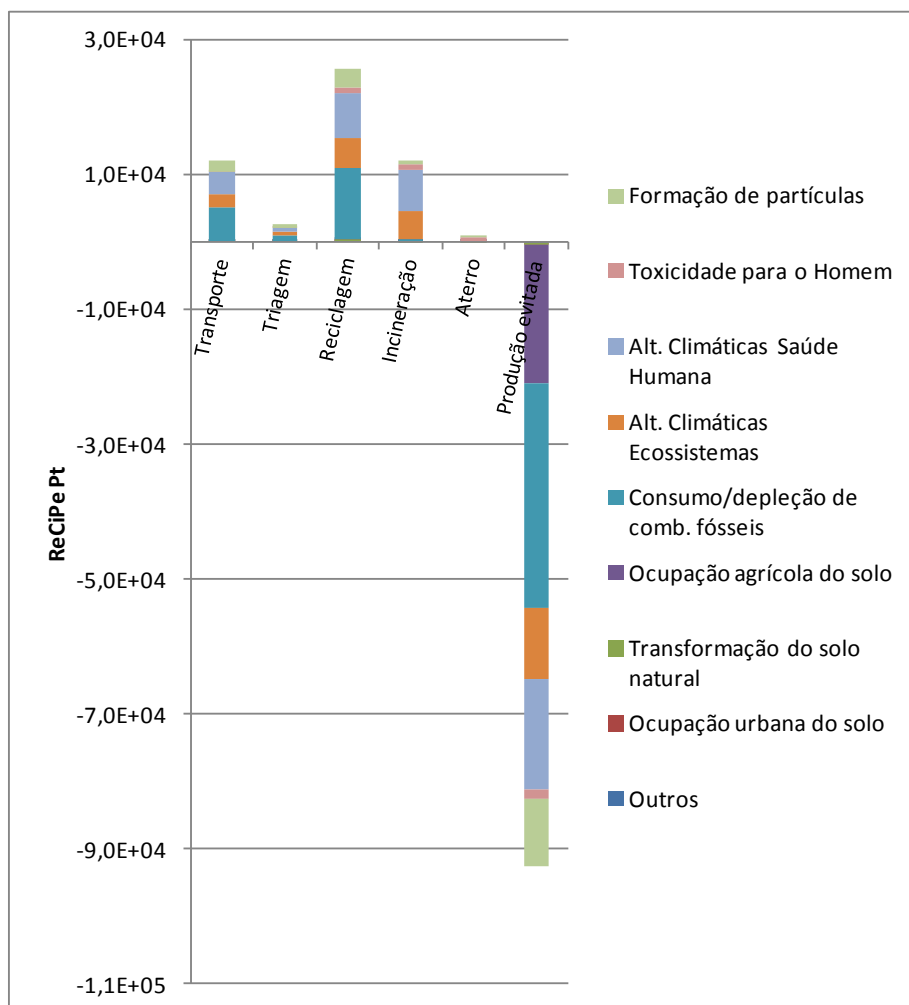
O transporte da fração dos resíduos de Plásticos recolhida seletivamente, no Cenário 1, causa um impacte ambiental negativo apreciável adicional em comparação com o Cenário 2, em que esta fração de Plásticos é recolhida/transportada de forma mais eficiente em conjunto com o RSU indiferenciados, e não é requerido o seu transporte marítimo para reciclagem, como sucede no Cenário 1.

O processo de reciclagem dos Plásticos requer uma utilização considerável de energia e conduz a impactes ambientais significativos para o Cenário 1. No entanto, os impactes devidos às emissões provenientes da incineração são superiores para o Cenário 2 e mais dominantes do que as emissões adicionais para a reciclagem no Cenário 1. A deposição em aterro dos resíduos incinerados tem apenas um ligeiro impacte ambiental negativo, embora um pouco superior no caso do Cenário 2.

Em última análise, é a produção evitada que domina os impactes ambientais globais nos dois cenários, neste caso conduzindo a benefícios ambientais. No caso da reciclagem de Plásticos no Cenário 1 é evitada a produção de mistura de plásticos, e no caso do Cenário 2 é a produção evitada de eletricidade em S. Miguel, nos Açores. Uma vez que a produção de eletricidade evitada em S. Miguel consiste apenas na produção a partir de fuel-óleo, é evitado um elevado impacte ambiental, superior à produção de plástico evitada no Cenário 1.

No global, desta análise resulta um desempenho ligeiramente melhor da incineração do plástico (Cenário 2) face à sua reciclagem (Cenário 1). Note-se que este resultado é devido apenas às circunstâncias particulares da produção de eletricidade em S. Miguel. Efetivamente, no Continente a recolha seletiva e a reciclagem de plástico serão, na maior parte dos casos, melhores do que a sua incineração, uma vez que é evitada a produção de eletricidade a partir dos vários combustíveis, com um impacte ambiental muito inferior por kWh do que em S. Miguel.

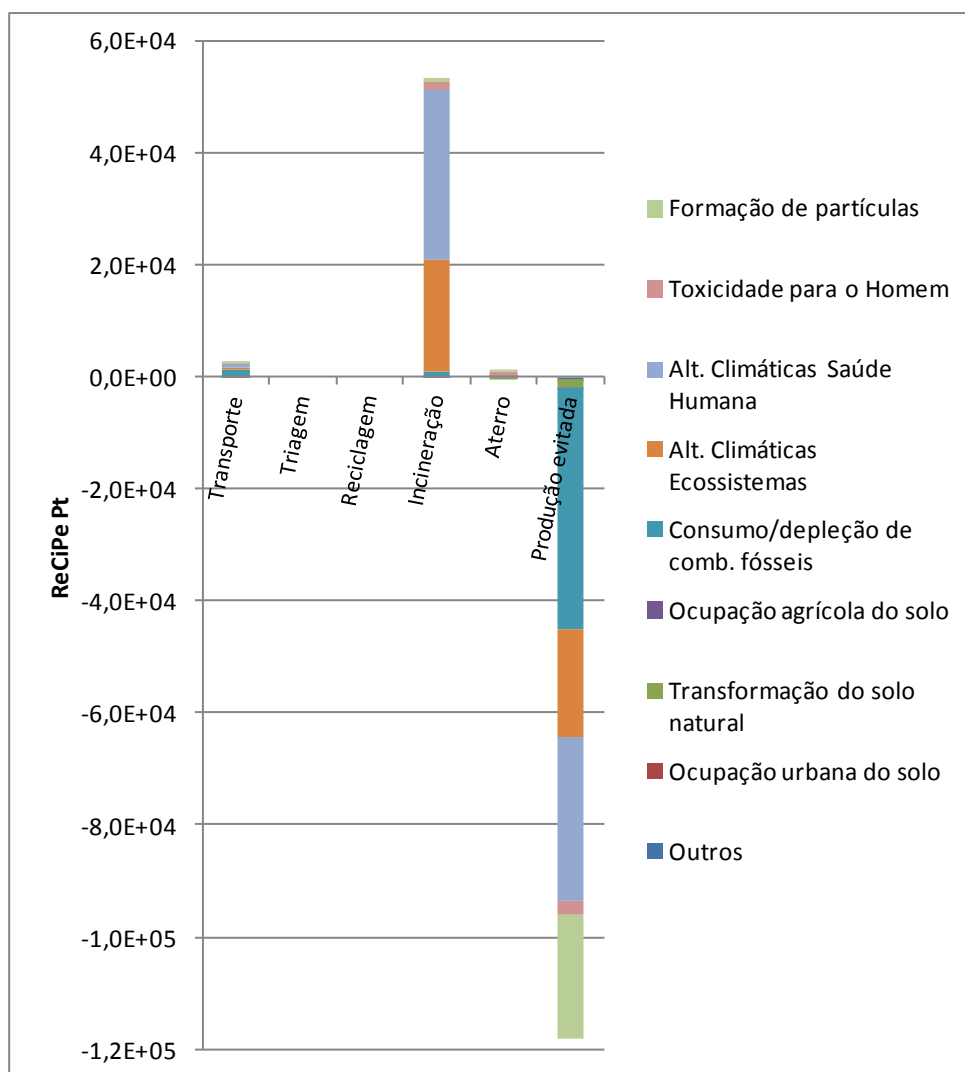
Na **Figura 5.13** é apresentada a contribuição dos efeitos ambientais para o impacte/benefício ambiental global por fase da cadeia, para o Cenário 1. O transporte e a reciclagem requerem a utilização de combustíveis fósseis o que resulta em alterações climáticas e depleção de combustíveis fósseis. A incineração dos rejeitos (principalmente plásticos) gera principalmente emissões de gases de efeito de estufa (GEE). A elevada produção evitada é devida à produção evitada de plásticos mas também de madeira e betão. Estes materiais são também evitados no caso de aplicações de misturas de plásticos, como seja no mobiliário urbano de madeira. A madeira evitada resulta na prevenção de ocupação do solo para floresta de produção.



*A pontuação positiva indica um impacte ambiental negativo e a pontuação negativa indica um benefício ambiental, ambos em sentido crescente, em Pontos ReCiPe

Figura 5.13 – Impacte ambiental dos Resíduos de Plásticos (fração recolhida seletivamente) no Cenário 1, com a contribuição dos efeitos ambientais, subdividido por fases (em Pt ReCiPe) *

No Cenário 2 as emissões evitadas são totalmente devidas à produção evitada de eletricidade e de calor. Uma vez que neste cenário todos os resíduos de Plásticos são incinerados, as emissões da incineração são também consideráveis, consistindo principalmente em emissões de CO₂, as quais conduzem a alterações climáticas. A toxicidade para o Homem é relativamente reduzida devido ao facto de a incineração dos plásticos ser relativamente pouco poluente.

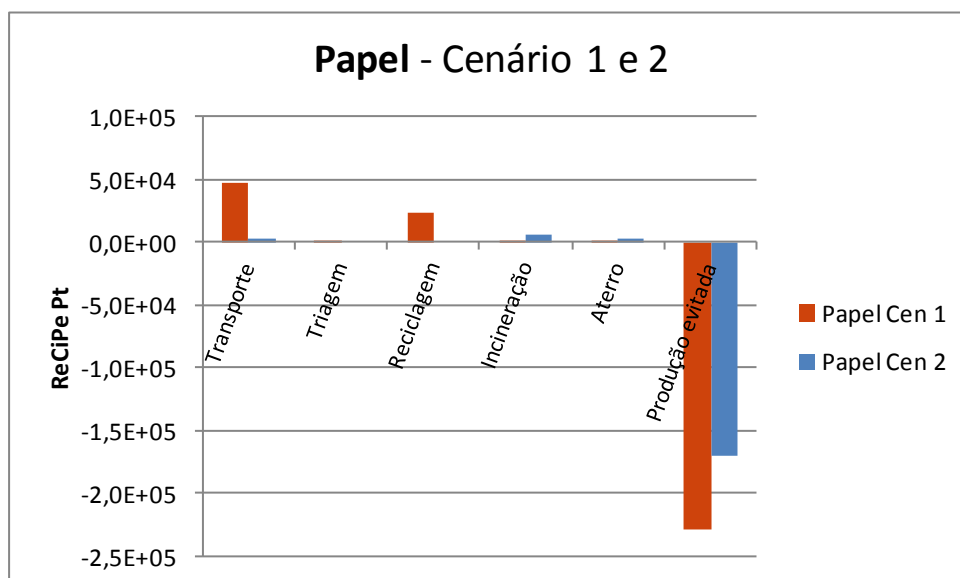


*A pontuação positiva indica um impacto ambiental negativo e a pontuação negativa indica um benefício ambiental, ambos em sentido crescente, em Pontos ReCiPe

Figura 5.14 – Impacte ambiental dos Resíduos de Plásticos (fração recolhida seletivamente) no Cenário 2, com a contribuição dos efeitos ambientais, subdividido por fases (em Pt ReCiPe) *

5.5. IMPACTE DOS RESÍDUOS DE PAPEL

Na **Figura 5.15** são apresentados os resultados do tratamento da fração de resíduos de Papel recolhida seletivamente para o Cenário 1 (separadamente recolhidos e reciclados) e Cenário 2 (não recolhidos separadamente, mas incinerados juntamente com os RSU indiferenciados).



* A pontuação positiva indica um impacto ambiental negativo e a pontuação negativa indica um benefício ambiental, ambos em sentido crescente, em Pontos ReCiPe

Figura 5.15 – Impacte ambiental dos Resíduos de Papel (fração recolhida seletivamente) nos Cenários 1 e 2, subdividido por fases da cadeia (em Pt ReCiPe) *

O transporte da fração dos resíduos de Papel recolhida seletivamente (no Cenário 1) causa um impacto ambiental negativo apreciável adicional em comparação com o Cenário 2, em que esta fração do Papel é recolhida/transportada de forma mais eficiente em conjunto com o RSU indiferenciados, e não é requerido o seu transporte marítimo para reciclagem, como sucede no Cenário 1.

Os impactes devidos às emissões da incineração de Papel são muito reduzidos, o que pode ser explicado pelo facto destas emissões (do Papel) serem de ciclo curto e, por isso, não contabilizadas como emissões. Efetivamente, uma vez que ocorre um balanço em que a absorção de CO₂ e sua libertação para produção de biomassa consegue ser equivalente às emissões da incineração, num período de 100 anos¹¹, considera-se um balanço zero e estas emissões não são contabilizadas.

A deposição em aterro dos refugos da incineração (cinzas e escórias) tem apenas um ligeiro impacto ambiental negativo no caso do Cenário 2. Além disso, no caso do tratamento da fração de resíduos de Papel recolhida seletivamente, é a produção evitada que domina os impactes ambientais globais nos dois cenários.

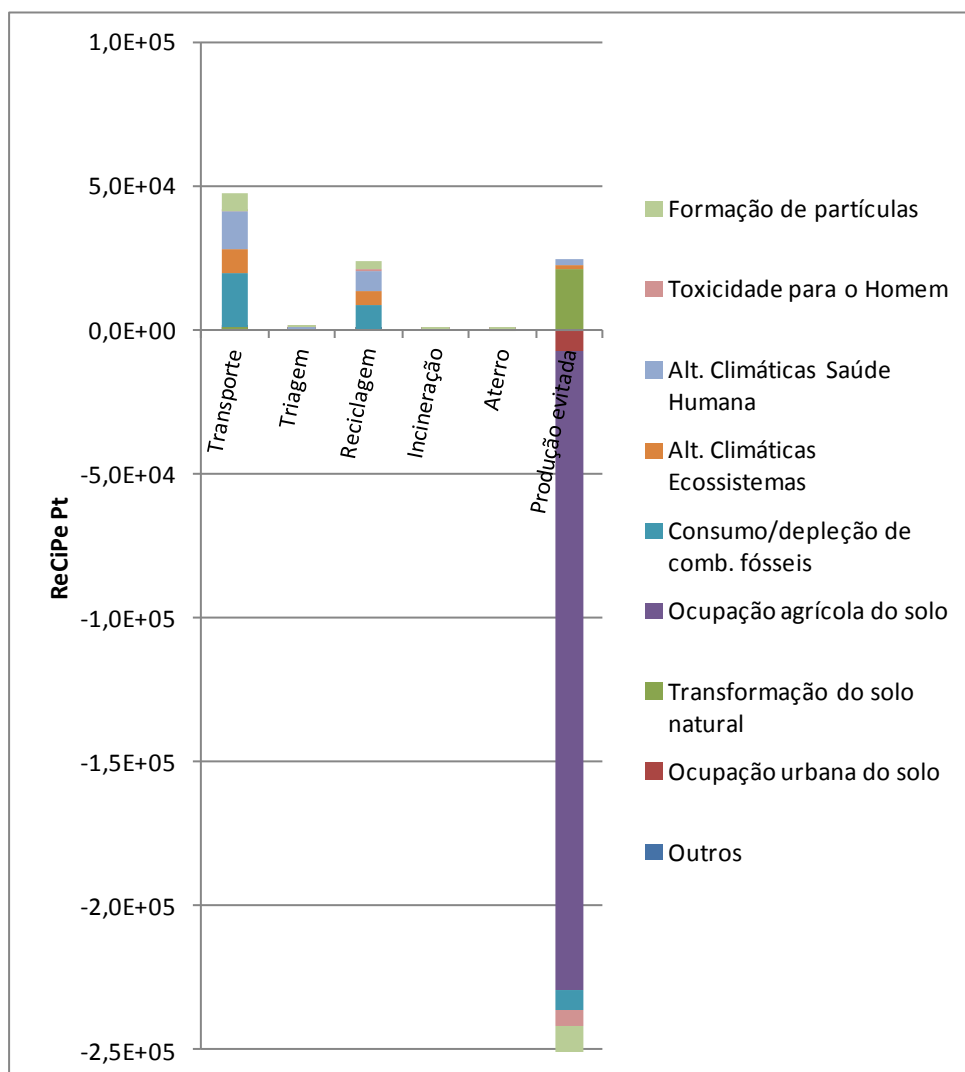
¹¹ Conforme Normas da série ISO 14000.

No caso da reciclagem de Papel no Cenário 1 é evitada a produção de pasta para a indústria do papel, e no caso do Cenário 2 é evitada a produção de eletricidade em S. Miguel, nos Açores. Uma vez que a produção de eletricidade evitada em S. Miguel consiste apenas na produção a partir de fuel-óleo, é evitado um elevado impacte ambiental, embora não superior à produção de pasta de papel evitada no Cenário 1. O poder calorífico do papel não é tão elevado como, por exemplo, o dos resíduos de plástico, o que conduz a uma produção evitada ligeiramente menor para o Cenário 2.

No global, desta análise resulta um desempenho ligeiramente melhor da incineração do papel (Cenário 2) face à sua reciclagem (Cenário 1). De facto, a produção evitada no Cenário 1 é ligeiramente superior à do Cenário 2 mas não consegue compensar as emissões superiores decorrentes do transporte adicional e dos processos de reciclagem.

Note-se que este resultado é devido unicamente às circunstâncias particulares da produção de eletricidade em S. Miguel. Efetivamente, no Continente a recolha seletiva e a reciclagem de papel serão, na maior parte dos casos, melhores do que a sua incineração, uma vez que é evitada a produção de eletricidade a partir dos vários combustíveis, com um impacte ambiental muito inferior por kWh do que em S. Miguel.

Na **Figura 5.16** são visíveis as emissões evitadas da produção de madeira devidas à reciclagem de papel, para o Cenário 1. Tal torna-se evidente devido à elevada contribuição da ocupação agrícola do solo que é evitada a qual seria, de outro modo, necessária para a produção de madeira. O impacte negativo devido à transformação do solo natural é devido à utilização de biomassa no processo de produção de papel reciclado.

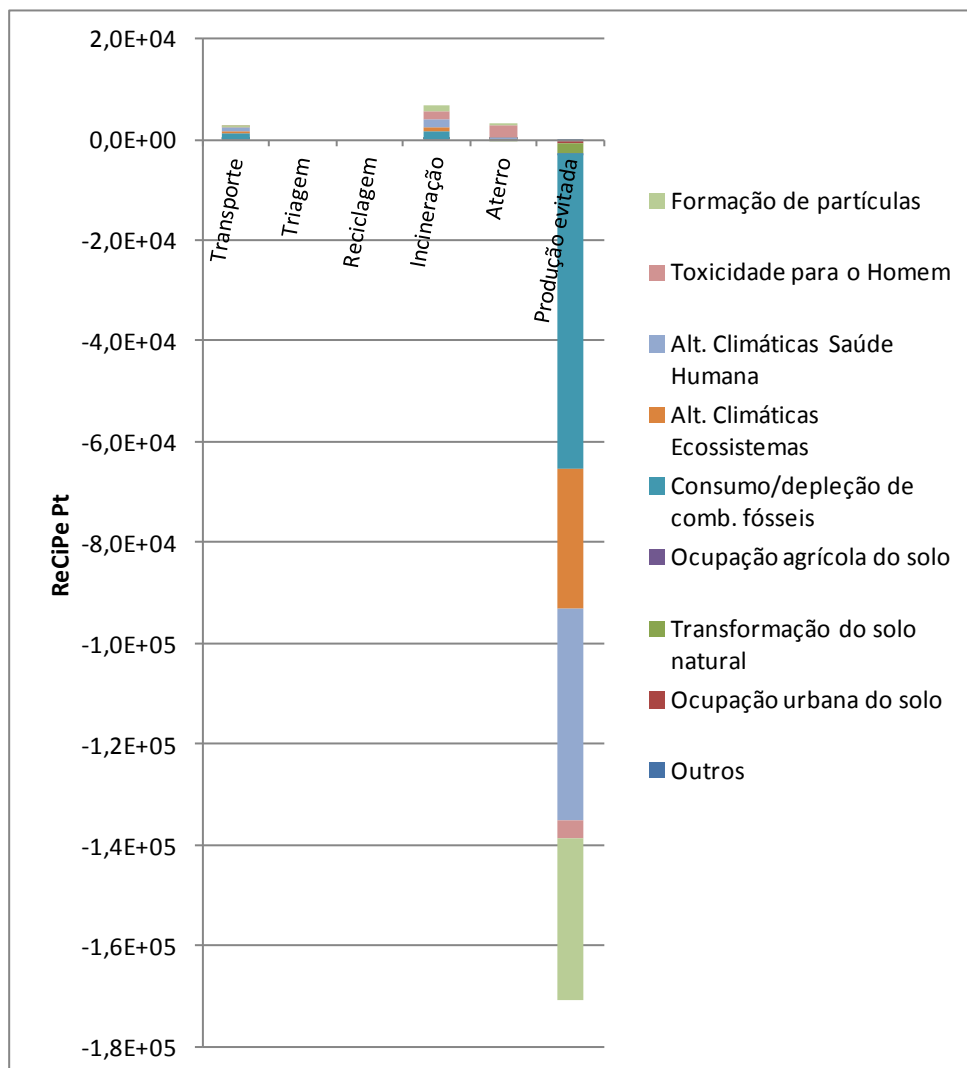


*A pontuação positiva indica um impacto ambiental negativo e a pontuação negativa indica um benefício ambiental, ambos em sentido crescente, em Pontos ReCiPe

Figura 5.16 – Impacte ambiental dos Resíduos de Papel (fração recolhida seletivamente) no Cenário 1, com a contribuição dos efeitos ambientais, subdividido por fases (em Pt ReCiPe) *

Na **Figura 5.17** é apresentada a informação análoga à da **Figura 5.16** para o caso do Cenário 2.

As emissões evitadas no Cenário 2 para a fração de resíduos de Papel recolhida seletivamente são devidas à produção evitada de energia. As emissões evitadas são mais reduzidas do que no caso do Cenário 1, mas os impactos devidos ao transporte são também muito mais reduzidos no caso do Cenário 2. No global, tal resulta num benefício ambiental líquido que é ligeiramente melhor do que no caso do Cenário 1.



*A pontuação positiva indica um impacto ambiental negativo e a pontuação negativa indica um benefício ambiental, ambos em sentido crescente, em Pontos ReCiPe

Figura 5.17 – Impacte ambiental dos Resíduos de Papel (fração recolhida seletivamente) no Cenário 2, com a contribuição dos efeitos ambientais, subdividido por fases (em Pt ReCiPe) *

(Página intencionalmente deixada em branco)

6. INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo é analisado se a avaliação efetuada neste Estudo permite responder às questões de investigação formuladas no subcapítulo **3.1.1** referente ao Objetivo e Âmbito do Estudo. Para tal, é necessário avaliar os principais fatores contribuintes que determinam os resultados e analisar as opções metodológicas, pressupostos e incertezas subjacentes.

6.1. QUESTÕES SIGNIFICATIVAS

Embora os dois cenários sejam muito diferentes no caso da fração correspondente aos fluxos de resíduos recolhidos seletivamente, o seu desempenho ambiental líquido é muito próximo. De notar ainda que existe sempre uma margem de incerteza associada à metodologia utilizada e ao próprio Estudo. A extensão das incertezas é discutida no subcapítulo **6.3**. Desta forma, pode concluir-se que apesar do Cenário 2 apresentar um desempenho ambiental ligeiramente superior ao do Cenário 1, dados os pressupostos, estes poderão ser praticamente equivalentes entre si.

Principais Fatores Contribuintes para os Resultados da ACV

No subcapítulo **II.1** do **Anexo II** são apresentados os principais fatores contribuintes para o desempenho ambiental para cada um dos fluxos de resíduos, para os Cenários 1 e 2. O benefício ambiental para cada uma das opções de tratamento/gestão de cada um dos fluxos de resíduos é fixado em 100%, e é efetuada a comparação de cada um dos principais fatores contribuintes com este valor de base.

Os principais fatores contribuintes são apresentados num fluxograma que é produzido pelo *software* Simapro utilizado. Estes são apresentados de forma resumida por ordem de relevância e como percentagem do total. O valor dos fatores contribuintes pode ser superior a 100% no caso de haver outros fatores que estejam a influenciar negativamente a pontuação total de um fluxo específico de resíduos.

Para cada um dos fluxos foram consideradas as quantidades de resíduos que contribuem com uma percentagem superior a determinado valor, distinto para cada um dos fluxos, conforme a sua relevância respetiva.

Os principais fatores contribuintes para o benefício/impacte ambiental dos **RSU** (>4%), nos Cenários 1 e 2 (ver **Figura II.1** no **Anexo II**) são:

- Produção evitada de eletricidade (205%), calor (13%) e metais (20%);
- Emissões da incineração (-110%);
- Deposição em aterro das cinzas volantes e das escórias da incineração (-21%).

Os principais fatores contribuintes para o benefício/impacte ambiental dos **Resíduos de Metais** (fração recolhida seletivamente) (>10%), no Cenário 1 (ver **Figura II.2** no **Anexo II**) são:

- Produção evitada de metais não ferrosos (alumínio) (56%);
- Produção evitada de metais ferrosos (aço) (39%);

- Produção evitada de eletricidade e calor da incineração de resíduos não metálicos (16%).

Os principais fatores contribuintes para o benefício/impacte ambiental dos **Resíduos de Plásticos** (fração recolhida seletivamente) (>10%), no Cenário 1 (ver **Figura II.3** no **Anexo II**) são:

- Produção evitada de plásticos (232%), principalmente através da reciclagem de filme plástico e plásticos mistos (76%) e produção evitada de eletricidade através da incineração de resíduos (92%), restando ainda a reciclagem de mono-fluxos de plásticos (PET, PE);
- Consumo de eletricidade nos processos de reciclagem em Portugal Continental (-64%);
- Processos de transporte (-30%);
- Emissões da incineração dos refugos da reciclagem (-26%).

Os principais fatores contribuintes para o benefício/impacte ambiental dos **Resíduos de Papel** (fração recolhida seletivamente) (>5%), no Cenário 1 (ver **Figura II.4** no **Anexo II**) são:

- Produção evitada de papel (414%);
- Processos de reciclagem de resíduos de papel com destintagem (-268%);
- Processos de transporte (-23%).

Os principais fatores contribuintes para o benefício/impacte ambiental dos **Resíduos de Metais** (fração recolhida seletivamente) (>10%), no Cenário 2 (ver **Figura II.5** no **Anexo II**) são:

- Produção evitada de metais não ferrosos (alumínio) (42%);
- Produção evitada de metais ferrosos (aço) (52%);
- Produção evitada de eletricidade e calor da incineração de resíduos não metálicos (19%).

Os principais fatores contribuintes para o benefício/impacte ambiental dos **Resíduos de Plásticos** (fração recolhida seletivamente) (>10%), no Cenário 2 (ver **Figura II.6** no **Anexo II**) são:

- Produção evitada de eletricidade e calor (194%);
- Emissões da incineração dos resíduos de plásticos (-83%).

Os principais fatores contribuintes para o benefício/impacte ambiental dos **Resíduos de Papel** (fração recolhida seletivamente) (>5%), no Cenário 2 (ver **Figura II.7** no **Anexo II**) são:

- Produção evitada de eletricidade e calor (108%);
- Deposição em aterro das cinzas volantes e das escórias da incineração dos resíduos de papel (-6%).

Os principais fatores contribuintes mostram os *hotspots* ambientais no tratamento dos fluxos de resíduos. Ao avaliar estes fatores em detalhe pode analisar-se a exatidão e grau de certeza dos resultados finais.

Como a produção evitada de eletricidade é um fator que surge em todos os fluxos de resíduos como um dos principais fatores contribuintes, foi realizada uma análise de sensibilidade relativa à eficiência energética da CVE (incinerador de alto rendimento) para demonstrar a sua influência nos resultados finais. Foi também efetuada uma análise de sensibilidade para a taxa de recuperação de metais não ferrosos, por serem estes os fatores de maior influência sobre a pontuação total.

Devido aos limites do âmbito do Estudo não foram realizadas outras análises de sensibilidade. No entanto, é de realçar que a eficiência energética é o fator mais influente, verificando-se assim que pode ocorrer uma alteração máxima na pontuação devido a uma (pequena) alteração neste fator.

6.2. VERIFICAÇÃO

Neste Estudo foram incluídas todas as fases de fim de vida. O transporte, em particular, foi documentado e analisado de forma detalhada, uma vez que esta era uma das fases que constituía uma das principais diferenças entre os dois cenários, baseando-se inteiramente em dados recentes e precisos. A produção evitada de energia em S. Miguel foi também alvo de análise detalhada devido às circunstâncias particulares da CVE (incineração de alto rendimento) como fornecedor de eletricidade e calor numa ilha.

6.3. ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

Para efeitos da análise de sensibilidade no que respeita à exatidão e precisão obtidas, é importante analisar os tipos de incertezas que podem influenciar os resultados.

Existem três tipos de incertezas que podem influenciar os resultados:

- (1) Incertezas nos pressupostos e na modelação do cenário;
- (2) Incertezas no método de avaliação de impacte ambiental;
- (3) Incertezas nos dados recolhidos e nos pressupostos relacionados com os dados históricos de base.

(1) Incertezas nos pressupostos e na modelação do cenário

Dado que a CVE (incinerador) ainda não se encontra instalada, não estão ainda disponíveis dados reais estatísticos. Assim, para a modelação da incineração foram, em alternativa, utilizados os requisitos mínimos de desempenho para a futura instalação, constantes das Especificações Técnicas da instalação, relativamente à eficiência energética e às taxas de recuperação de metais. Tal significa que os benefícios ambientais do Cenário 2 podem estar subestimados se, na prática, a instalação vier a ter um melhor desempenho do que o definido nas Especificações Técnicas (que correspondem a especificações mínimas a garantir).

(2) Incertezas no método de avaliação de impacte ambiental

Para este Estudo foi utilizado o método ReCiPe para avaliar os cenários através de um indicador. Este método de avaliação é amplamente utilizado mas pode ter algumas desvantagens relativamente à sua precisão, uma vez que resume e soma diferentes efeitos ambientais com base em avaliações dos danos e métodos de ponderação por painel, que podem resultar enviesados. No entanto, dado que em quase todos os casos estão envolvidas as mesmas categorias de impacte ambiental a influência deste potencial enviesamento é limitada (ver **Figura 5.3**).

Apenas os impactes do efeito ambiental “Ocupação agrícola do solo” são significativamente diferentes entre o Cenário 1 e Cenário 2. Caso esta categoria fosse ponderada de forma diferente, tal poderia influenciar os resultados de forma significativa. No entanto, mesmo que os impactes neste efeito ambiental fossem rejeitados na totalidade ou fosse duplicada a sua significância, não haveria alterações significativas da conclusão global. Apenas para o fluxo de resíduos de papel ocorreriam diferenças mais claras entre o Cenário 1 e Cenário 2.

Pode assim concluir-se que, para o âmbito deste Estudo de ACV (*Screening LCA*), este método é suficiente para responder às questões de investigação formuladas, tendo também em conta a margem de incerteza suficientemente ampla das conclusões.

(3) Incertezas nos dados recolhidos e nos pressupostos relacionados com os dados históricos de base

Para as emissões da CVE (incinerador) foram modeladas as emissões específicas por material residual da composição média dos RSU em S. Miguel, nos Açores, com base em dados genéricos da Ecoinvent. Estes dados baseiam-se em instalações representativas do estado da arte a nível Europeu e devem, portanto, ser representativas da instalação que será construída nos Açores.

Análise de Sensibilidade

Foram realizadas análises de sensibilidade relativas à eficiência energética da CVE (incinerador de alto rendimento) e à taxa de recuperação de metais não ferrosos. Estes são os fatores de maior influência sobre a pontuação total. Apesar de existirem alguns outros descritores que podem ter também influência a nível de sensibilidade, estes não foram avaliados devido aos limites do âmbito do Estudo.

6.4. RECOMENDAÇÕES

Tendo em conta os resultados obtidos neste Estudo, são efetuadas as recomendações seguintes relativas a:

- ACV completa incluindo revisão externa;
- Análises de sensibilidade;
- Avaliações de melhoria.

ACV completa incluindo revisão externa

Este Estudo tem um âmbito limitado e constitui uma Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) designada por *Screening LCA* por constituir uma abordagem de triagem ao nível da ACV. Consequentemente, nalguns casos foram utilizados dados generalistas que podem influenciar os resultados finais quando é utilizada informação específica de processo mais detalhada para descrever esses processos.

Para resultados mais completos e precisos, recomenda-se, assim, a realização de uma ACV completa incluindo também a realização de uma revisão pelas partes interessadas.

Análises de sensibilidade

Face às relativamente reduzidas diferenças entre os cenários analisados, ganham importância as análises de sensibilidade complementares que possam ser relevantes para uma comparação mais detalhada das vantagens e inconvenientes ambientais de cada um dos cenários avaliados.

As análises de sensibilidade em questão incluem a variação de determinados descritores, incluindo:

- Diferenças na produção evitada, como por exemplo, diferenças na produção de eletricidade a partir de fuel-óleo, diferenças na produção de papel, plásticos e metais, etc.;
- Diferenças nas taxas de separação nas unidades habitacionais dos fluxos de resíduos de papel, plásticos e metais recolhidos seletivamente;
- Dados mais específicos da deposição em aterro das cinzas volantes e das escórias.

Avaliações de melhoria

Este Estudo focalizou-se na avaliação de dois cenários particulares (Cenários 1 e 2). No entanto, os resultados podem ser utilizados de forma muito eficaz em avaliações de melhoria, uma vez que podem ser facilmente analisados os *hotspots* onde foram identificados impactes ambientais que podem ser reduzidos. Esta avaliação encontra-se praticamente já completa no caso da melhoria da eficiência energética e da eficiência de recuperação de metais.

(Página intencionalmente deixada em branco)

7. CONCLUSÕES

7.1. CONCLUSÕES DETALHADAS

Com base neste Estudo de Avaliação de Ciclo de Vida (*Screening LCA*) podem retirar-se uma série de conclusões importantes relativamente às diferentes opções para a fase de fim de vida dos resíduos na Ilha de S. Miguel, nos Açores. Como regra, do ponto de vista ambiental, a reciclagem é uma opção mais favorável do que a incineração de resíduos. No entanto, no caso dos Açores tal pode não ser necessariamente o caso, dado que, para a reciclagem, o transporte dos resíduos dos Açores para Portugal Continental não é, muitas vezes, rentável do ponto de vista ambiental.

Além disso, a energia que é gerada da incineração de alto rendimento dos resíduos irá substituir, não a eletricidade produzida na Ilha a partir dos diversos combustíveis, mas apenas a eletricidade produzida a partir do fuel-óleo, que é um combustível muito menos eficiente e mais poluente do ponto de vista ambiental.

As **conclusões detalhadas** do Estudo são as seguintes:

A) Conclusões relativas aos **RSU**:

- 1) Os principais fatores que determinam o desempenho ambiental da incineração dos RSU são:
 - a) Eficiência da produção de eletricidade e calor da CVE (incinerador de alto rendimento);
 - b) (In)eficiência da produção evitada de eletricidade e eficiência da produção de calor (térmica) da tecnologia de produção de eletricidade/calor através da incineração, que permitirá a substituição da atual em S. Miguel.
 - c) A taxa de recuperação de metais do pré-tratamento dos RSU e das escórias e cinzas volantes após a incineração dos RSU.
- 2) A introdução de pequenas alterações no tratamento dos RSU pode conduzir a um melhor desempenho ambiental global do que a diferença entre o Cenário 1 e o Cenário 2 para a fração de resíduos recolhidos seletivamente, como seja:
 - a) Aumentar a eficiência elétrica líquida da CVE (incinerador de alto rendimento) de 19% para 20% conduz a um benefício ambiental equivalente ao relativo a todos os fluxos de resíduos recolhidos seletivamente no Cenário 1;
 - b) Aumentar a taxa de recuperação de metais não ferrosos nos RSU de 81% para 85% leva a um benefício ambiental praticamente equivalente ao dos resíduos de metais recolhidos seletivamente no Cenário 1 (ver **Quadro 5.2** e **Quadro 5.3**).

B) Conclusões relativas aos **Resíduos de Metais** (fração recolhida seletivamente):

- 1) Os resíduos de metais recolhidos seletivamente (Cenário 1) são recolhidos de forma eficiente e apresentam um desempenho ambiental ligeiramente melhor comparativamente à incineração de uma quantidade equivalente de resíduos de metais (Cenário 2). Tal deve-se ao facto de, na incineração, não ser efetuada uma recuperação de 100% mas uma recuperação entre 80% e 95% (ver **Quadro 4.13**), o que quer dizer que parte é perdida nas cinzas volantes e escórias.
- 2) Apenas uma reduzida quantidade de resíduos de metais é recolhida seletivamente o que resulta numa igualmente reduzida contribuição para o desempenho ambiental do Cenário 1.

B) Conclusões relativas aos **Resíduos de Plásticos** (fração recolhida seletivamente):

- 1) A recolha seletiva de resíduos de plásticos em S. Miguel (Cenário 1) tem, com base neste Estudo, um desempenho ambiental um pouco inferior ao da incineração (Cenário 2) para uma quantidade equivalente de resíduos de plásticos. Tal deve-se ao poder calorífico relativamente elevado dos plásticos, conduzindo a uma produção evitada superior no caso da incineração (Cenário 2). Este é especificamente o caso em S. Miguel uma vez que é evitada a produção de eletricidade com base no fuel-óleo, e não a partir dos diversos combustíveis.
- 2) O processo de reciclagem de plásticos requer um elevado consumo de energia, o que diminui o desempenho ambiental do Cenário 1 comparado com o Cenário 2.

B) Conclusões relativas aos **Resíduos de Papel** (fração recolhida seletivamente):

- 1) A recolha seletiva de resíduos de papel (Cenário 1) tem um desempenho ambiental ligeiramente inferior ou equivalente ao da incineração (Cenário 2) para uma quantidade equivalente de resíduos de papel, em S. Miguel. O poder calorífico dos resíduos de papel não é muito elevado mas é no entanto suficiente para equilibrar a vantagem da reciclagem de papel e tornar o Cenário 2 ligeiramente mais favorável. Neste caso, também a produção evitada de eletricidade em S. Miguel a partir de fuel-óleo, combustível poluente, é um importante fator para o bom desempenho ambiental da incineração de resíduos de papel.
- 2) O transporte tem, no caso da recolha seletiva (Cenário 1) um impacto negativo relativamente elevado devido à natureza volumosa dos resíduos de papel, o que torna a reciclagem uma opção menos interessante.

7.2. CONCLUSÕES GERAIS

Na generalidade, pode afirmar-se que em S. Miguel, nos Açores, os cenários analisados têm um desempenho ambiental mais ou menos equivalente, embora um pouco melhor no caso do Cenário 2, sem recolha seletiva de fluxos específicos de resíduos de metais, plásticos e papel.

As **conclusões gerais** do Estudo são as seguintes:

- 1) O tratamento dos diferentes fluxos de resíduos – RSU, metais, plásticos e papel/cartão - conduz a benefícios ambientais, tanto no Cenário 1 como no Cenário 2.
- 2) Em termos de impactes ambientais, o Cenário 1 (com recolha seletiva e reciclagem de metais, plásticos e papel e cartão), e o Cenário 2 (com recolha e valorização energética indiferenciada dos RSU e destes últimos fluxos de resíduos), encontram-se muito próximos. Na generalidade, pode concluir-se que, embora o tratamento das frações de resíduos recolhidos seletivamente seja muito diferente nos Cenários 1 e 2, estes têm um desempenho ambiental mais ou menos equivalente, embora resulte mais favorável o Cenário 2, mesmo que com diferenças reduzidas.
- 3) O desempenho ambiental dos Cenários 1 e 2 é maioritariamente influenciado pelo desempenho da incineração de RSU, o qual é equivalente para ambos os cenários. A introdução de pequenas variações no tratamento dos RSU pode, deste modo, conduzir a maiores diferenças do que as que potencialmente podem ser atingidas com variações na fração dos fluxos de resíduos alvo de recolha seletiva. São exemplos dessas possíveis variações, a introdução de ligeiros aumentos da eficiência energética e da taxa de recuperação de metais dos RSU.

Os **RSU** influenciam esta avaliação de forma dominante, devido ao facto de representarem, quantitativamente, a maioria dos resíduos. A produção de eletricidade e de calor e a recuperação de metais são importantes razões pelas quais a incineração de alto rendimento deste fluxo de resíduos (RSU) apresenta um elevado benefício ambiental líquido. O benefício atingido é especialmente devido ao facto de ser evitada a produção de eletricidade em S. Miguel através da utilização de fuel-óleo como combustível, o qual é particularmente poluente.

Os **Metais** representam uma reduzida quantidade na fração de fluxos de resíduos recolhidos seletivamente e, por esta razão, não são de grande importância para a avaliação global. Esta conclusão resulta do facto de a maior parte dos resíduos de metais não serem ainda separados na fonte, sendo rejeitados pelos consumidores de forma indiferenciada, em conjunto com os restantes RSU. A reciclagem de resíduos de metais através da recolha seletiva apresenta sempre uma ligeira vantagem comparada com a sua incineração uma vez que a recuperação destes resíduos nunca atinge 100%. No entanto, os metais que são rejeitados através dos RSU indiferenciados representam o maior volume de metais e a sua recuperação a partir dos RSU, como já referido, é muito relevante para o desempenho global.

Os Resíduos de **Plásticos** têm um elevado poder calorífico. Devido ao facto de ser evitada a produção de eletricidade a partir de fuel-óleo no caso da incineração de plásticos (Cenário 2), a incineração torna-se uma opção ligeiramente melhor do que a reciclagem de plásticos em Portugal Continental (Cenário 1).

A reciclagem de Resíduos de **Papel** é, do ponto de vista da produção evitada, mais favorável do que a sua incineração. No entanto, o transporte destes resíduos (de grande volume) para o Continente tem um impacto negativo considerável. Este facto torna a reciclagem de papel menos eficiente, pelo que no caso do papel os dois cenários têm um desempenho praticamente equivalente, embora um pouco mais favorável no caso do Cenário 2.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Goedkoop et al., “ReCiPe 2008; *A life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level. First edition. Report I: Characterisation*”, Pré Consultants, Amersfoort, Netherlands, (2008)

<http://scp.eionet.europa.eu/themes/lca>

[CE 2011], *Bergsma et Al, LCA: recycling van kunststof verpakkingsafval uit huishoudens* (reciclagem de resíduos de embalagens de plástico), Estudo Holandês CE Delft, Novembro de 2011

(Página intencionalmente deixada em branco)

ANEXOS

(Página intencionalmente deixada em branco)

ANEXO I

DESCRIÇÃO DO MÉTODO ReCiPe

I.1 AVALIAÇÃO DO IMPACTE DO CICLO DE VIDA (AICV)

Na abordagem de ACV, após definido o objetivo, âmbito e limites do sistema, é efetuado um inventário das entradas e saídas (*inputs* e *outputs*) (utilização de recursos, emissões) que ocorrem de e para o sistema. Este inventário consiste numa longa e detalhada lista de aspetos. Para avaliar o impacte ambiental de todos estes aspetos, é necessário um método de avaliação do impacte do ciclo de vida (AICV).

O método AICV liga os *inputs* e *outputs* aos efeitos ambientais, tais como as alterações climáticas, a toxicidade para o Homem e a destruição da camada de ozono. Isto permite a conversão da longa lista de *inputs* e *outputs* num número limitado de efeitos ambientais (globais), designados por pontuações de ponto médio (*mid-point scores*). Através da ponderação dos efeitos ambientais, pode ser calculada uma pontuação única de impacte ambiental (*end point score*). Deste modo, a longa lista de aspetos pode ser interpretada em termos de impacte ambiental, de uma forma fácil.

Os resultados da AICV que foram calculados no âmbito deste trabalho específico baseiam-se no método ReCiPe¹², que constitui a última versão construída a partir dos métodos conhecidos do Ecoindicator99 e do método CML 2¹³.

I.2 O MÉTODO ReCiPe

O principal objetivo do método ReCiPe consiste na tradução da longa lista de *inputs* e *outputs* do inventário num número limitado de indicadores ambientais. Estes indicadores mostram a severidade relativa de uma categoria de impacte ambiental. No método ReCiPe são distinguidos três níveis de indicadores:

- 1) 18 indicadores de ponto médio (*midpoint indicators*);
- 2) 3 indicadores de ponto terminal (*endpoint indicators*);
- 3) 1 indicador de pontuação única (*single score indicator*).

¹² Assim designado dado que corresponde a uma “receita” para a calcular o impacte ambiental de indicadores de categorias.

¹³ Pode obter-se informação mais detalhada acerca do método ReCiPe [Goedkoop et al.] ou em www.lcia-recipe.net.

O método ReCiPe aplica descrições de mecanismos ambientais que modelam o impacto resultante num efeito ambiental devido a emissões ou utilização de materiais. Estes mecanismos consistem em cadeias de causa-efeito que mostram a relação entre, por exemplo, uma emissão de CO₂ e o impacto resultante no efeito de estufa (*midpoint*) devido ao aquecimento a que a radiação obriga (ver **Error! Reference source not found.**). Isto mostra claramente o aumento da temperatura devida às emissões de CO₂, mas não, ainda, os danos ou o impacto ambiental causados por este aumento das temperaturas no clima global.

É necessário um processo de modelação subsequente que traduza os efeitos ambientais em três tipos de impactos ambientais (danos para a saúde humana, danos nos ecossistemas e esgotamento de recursos), para obter os indicadores *endpoint*. A **Error! Reference source not found.** mostra um exemplo de uma modelação *midpoint endpoint* com o método ReCiPe, mostrando a emissão de CO₂, o efeito ambiental causado e os danos resultantes nos ecossistemas, com a potencial perda de espécies.

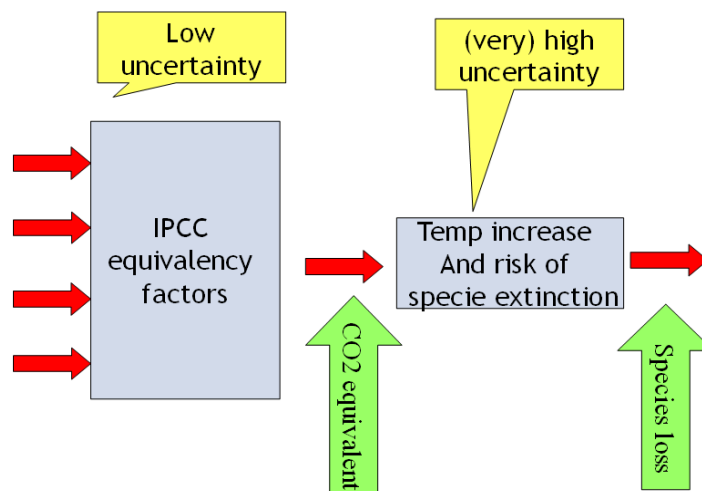


Figura I.1 – Exemplo de um modelo midpoint-endpoint para as alterações climáticas, ligado aos danos nos ecossistemas [Fonte: www.lcia-recipe.net]

A partir deste exemplo, torna-se claro que quanto maior é a cadeia causa-efeito, mais incertezas surgem a partir da modelação dos impactos. A radiação (representada na **Error! Reference source not found.** como fatores de equivalência IPCC¹⁴ “*IPCC equivalency factors*”) é um parâmetro físico, que pode ser medido de modo relativamente fácil no laboratório, para gases de efeito de estufa. A determinação do aumento de temperatura devido à radiação é bem mais difícil. Além disso, as nossas previsões relativamente a alterações nos ecossistemas devidas a alterações de temperatura e possível perda de espécies não estão livres de incertezas.

¹⁴ IPCC – *Intergovernmental Panel on Climate Change*, i.e. Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas

A clara vantagem e informação que é dada através do indicador *endpoint* e que permite interpretar os impactos ambientais numa pontuação única de impacto é, deste modo, acompanhada de uma perda de exatidão. Esta perda de exatidão tem que ser tida em consideração aquando da interpretação dos resultados da ACV.

A.3 COMBINAÇÃO DOS MIDPOINTS E ENDPOINTS DO MÉTODO ReCiPe

Através do método ReCiPe foram calculados fatores de multiplicação (os designados fatores de caracterização) para 18 indicadores *midpoint* (que, neste nível, não são comparáveis), e também 3 indicadores *endpoint* que são menos certos mas que podem ser traduzidos num indicador de pontuação única (*single score indicator*). A razão para calcular também os indicadores *endpoint* é a redução da complexidade na interpretação de apenas 3 indicadores, em vez de 18 indicadores diferentes.

Deste modo, o utilizador do método pode escolher qual o nível de avaliação de impacto se adapta melhor às suas necessidades. Dado que, no âmbito deste trabalho, o que é importante é, não apenas determinar os efeitos ambientais, mas também avaliar a importância relativa dos efeitos ambientais, é selecionado o nível *endpoint*. No entanto, são também calculadas e apresentadas mais detalhadamente as pontuações no nível *midpoint*, no que respeita à contribuição dos efeitos ambientais para o impacto ambiental global.

A figura seguinte mostra a estrutura global do método.

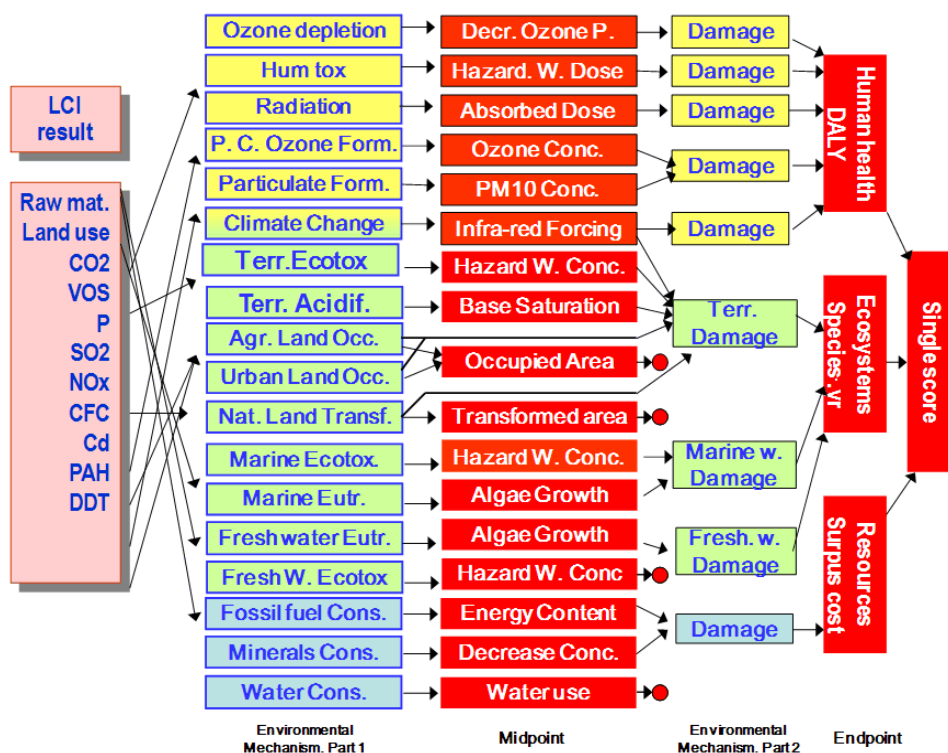


Figura I.2 – Estrutura do método ReCiPe [Fonte: www.lcia-recipe.net]

De referir que o consumo de água e a eutrofização marinha não estão incluídos no *endpoint*. A alteração climática (unidade: CO₂-equivalente) contribui com dois *midpoints*: um para a categoria *endpoint* da saúde humana (unidade: *Disability-Adjusted Life Years* ou DALY¹⁵), e outro para a categoria *endpoint* dos ecossistemas (unidade: espécies perdidas/extintas x anos).

No **Quadro A.1** é apresentado um resumo dos efeitos ambientais (categorias *midpoint*) que são calculados através do método ReCiPe. De modo a obter uma pontuação única é necessário efetuar uma ponderação das categorias de impactes. Para obter, em primeiro lugar, uma pontuação *midpoint* adimensional, as pontuações são normalizadas pela pontuação total do *endpoint* (DALY total, total de espécies perdidas.ano e perda de recursos total) na Europa. Para a ponderação das três categorias *endpoint* o método ReCiPe utiliza um método-painel que é ajustado às tendências culturais.

Para este trabalho específico, foi utilizada a ponderação padrão definida (uma ponderação ReCiPe H/A), atribuindo uma ponderação de 40% aos danos na saúde humana, 40% aos danos na saúde dos ecossistemas e 20% ao esgotamento dos recursos. Com base nesta ponderação, pode ser calculado um único indicador ambiental final. Sempre que referido, ao longo deste documento, o termo “impacte ambiental”, sem outra explicação, este deve ser entendido como o indicador de pontuação única (*single score indicator*) com esta ponderação definida¹⁶. Esta é a base utilizada para todos os resultados calculados neste Documento.

Neste Documento todos os resultados estão expressos na unidade de ecopontos ReCiPe “Pt” ou “kPt” (1000 x Pt), traduzindo-se num indicador de pontuação única (*single score indicator*) normalizado e ponderado.

¹⁵ Anos de Vida Ajustados à Incapacidade; DALY = YLL (Years of Life Lost) + YDL (Years of Life Disabled), em que YDL = w x D (w – factor de severidade (0 – 1); D – duração da doença) (Fonte: www.lcia-recipe.net)

¹⁶ Método ReCiPe 2008, versão 1.02, 19 de Outubro de 2009 via www.lcia-recipe.net, normalizado para a Europa, utilizando uma ponderação padrão definida – ponderação ReCiPe H/A

Quadro I.1 – Categorias de Impactes (Indicadores Midpoint)

	Categoria de Impactes (Indicadores Midpoint)	Unidade
1	Alterações climáticas na Saúde humana	DALY (a)
2	Alterações climáticas nos Ecossistemas	Espécies.ano
3	Destruição da camada do ozono	DALY (a)
4	Acidificação terrestre	Espécies.ano
5	Eutrofização das águas superficiais	Espécies.ano
6	Eutrofização marinha (b)	—
7	Toxicidade humana	DALY (a)
8	Formação de oxidantes fotoquímicos	DALY (a)
9	Formação de partículas	DALY (a)
10	Ecotoxicidade terrestre	Espécies.ano
11	Ecotoxicidade das águas superficiais	Espécies.ano
12	Ecotoxicidade marinha	Espécies.ano
13	Radiações ionizantes	DALY (a)
14	Ocupação agrícola do solo	Espécies.ano
15	Ocupação urbana do solo	Espécies.ano
16	Consumo de água (b)	—
17	Consumo de recursos minerais	\$
18	Consumo de combustíveis fósseis	\$

(a) *Disability-Adjusted Life Years*

(b) Estas categorias não contam para o nível *endpoint*

I.4 DESCRIÇÃO SUMÁRIA DOS INDICADORES MIDPOINT DO MÉTODO ReCiPe

Alterações climáticas na Saúde humana e nos Ecossistemas

As alterações climáticas, devidas ao efeito de estufa, causam um número de mecanismos ambientais, tais como a subida do nível do mar, o aumento das correntes de ar, furacões e fluidos, que afetam tanto a saúde humana como os ecossistemas. Dado que estes *endpoints* são expressos em unidades diferentes (DALY e Espécies.ano) estes já se encontram separados no nível *midpoint*. O dióxido de carbono (CO₂) é o gás de efeito de estufa mais conhecido. No método ReCiPe é avaliado um vasto conjunto de gases de efeito de estufa.

Destruição da camada do ozono

A camada do ozono situa-se entre os 15 e 30 quilómetros, onde estão situadas as maiores quantidades de ozono da atmosfera. A camada do ozono reduz uma parte significativa da radiação ultravioleta (UV) do sol. A espessura desta camada tem vindo a diminuir especialmente durante os anos 80.

Sobre o Pólo Sul, a camada do ozono é reduzido para metade, cada ano, na Primavera. Também sobre a Europa, a camada do ozono da Europa tem ficado mais fina, principalmente na Primavera. A camada do ozono tem sido destruída por gases específicos - os cloro-fluoro-hidrocarbonetos (CFC). Estes gases desintegram-se nos níveis superiores da atmosfera, sendo que o cloro libertado destrói as moléculas de ozono até aos monóxido e dióxido de cloro ($Cl + O_3 \Rightarrow ClO + O_2$). O monóxido de cloro é decomposto em radicais livres pela luz UV, criando de novo cloro que pode atacar uma nova molécula de ozono. Devido a este princípio de repetição, uma pequena quantidade de gases CFC pode ter um impacto muito elevado sobre a destruição da camada do ozono.

Acidificação Terrestre

A acidificação do solo (e da água) é o resultado das emissões de gases poluentes pela indústria, agricultura, centrais de produção de energia e veículos de transporte. As emissões contêm, entre outros, o dióxido de enxofre (SO_2), dióxido de azoto (NO_x), amoníaco (NH_3) e compostos orgânicos voláteis (COV). Estas substâncias chegam à atmosfera em contacto com a água, transformam-se em ácidos e são então depositadas no solo ou na água, num processo designado por deposição ácida. Os ácidos são absorvidos através das raízes e folhas das plantas e das árvores, resultando numa maior vulnerabilidade a doenças. A deposição ácida pode, assim, afetar os rios e lagos e, posteriormente, os animais que vivem nestes ou que bebem água destes, podem ser afetados com elevadas concentrações de alumínio e ácido.

Eutrofização das águas superficiais

A eutrofização é causada por um forte aumento em nutrientes, principalmente na água, mas também em terra, que leva a efeitos adversos. Este fenómeno biológico é causado por um grande afluxo de nutrientes, levando a um crescimento explosivo de espécies específicas, como as algas, causando a diminuição de outras espécies e da biodiversidade em geral. A eutrofização ocorre, por exemplo, quando existe utilizado um excesso de fertilizantes com escorrências para fora das áreas agrícolas, contendo especialmente azoto e fosfatos, mas também são causadas por dióxidos de azoto proveniente do tráfego. Estas emissões podem resultar na proliferação de algas que levam à anoxia, a falta de oxigénio na água.

Toxicidade humana

A toxicidade humana é definida como qualquer emissão para a atmosfera, água ou solo, que leve a danos para a saúde humana quando as pessoas estão expostas a essas emissões.

Formação de oxidantes fotoquímicos

A formação de oxidantes fotoquímicos ou formação de *smog* é a poluição do ar por fumos e gases de exaustão que conduz à formação de uma névoa (*fog*) poluída que pode ocorrer subitamente em certas épocas do ano, com efeitos nocivos para a saúde humana. As substâncias que causam o *smog* são principalmente o ozono (em altitudes mais baixas) e as partículas e, em menor extensão, o dióxido de azoto e o dióxido de enxofre.

Formação de Partículas

As partículas PM10 são finas partículas que flutuam no ar, e são definidas como tal as partículas menores que 10 µm. As partículas variam fortemente em tamanho, forma e composição química. As PM10 são prejudiciais à saúde quando inaladas. Aumentam os efeitos das doenças cardiovasculares e retardam o desenvolvimento dos pulmões nas crianças. Em muitas áreas na Europa não são cumpridos níveis máximos tolerados de PM, especialmente perto de estradas movimentadas.

Ecotoxicidade terrestre, das águas superficiais e marinha

A ecotoxicidade é definida como qualquer emissão para a atmosfera, água ou solo, que leve a danos nos ecossistemas, quando estes são expostos a essas emissões, no solo, águas superficiais e ecossistemas marinhos.

Radiações ionizantes

As radiações ionizantes (também designadas por radioatividade) são o resultado da decomposição de elementos radioativos, como o Urânio-235, criptônio-85 e Jódio-129. Existem dois tipos de radiação ionizante: radiação de partículas (radiação alfa, radiação beta, neutrões, prótons) e radiação de alta energia eletromagnética (radiação röntgen (ou raios X) e radiação gama). As radiações ionizantes podem danificar o DNA e podem causar cancro.

Ocupação agrícola e urbana

A categoria de impactes de ocupação do solo indica os efeitos nocivos devidos à ocupação do solo durante um determinado período de tempo para fins agrícolas ou urbanas.

Consumo de recursos minerais e combustíveis fósseis

A utilização de recursos minerais e fósseis está a conduzir ao esgotamento destes recursos. Dependendo da disponibilidade de recursos na crosta terrestre, e em que concentrações estes ocorrem, é calculado um fator maior ou menor. A unidade é definida como o custo marginal de extração de recursos (em dólares por kg).

(Página intencionalmente deixada em branco)

ANEXO II

AVALIAÇÃO DE IMPACTE AMBIENTAL NO ÂMBITO DA AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA

II.1 PRINCIPAIS FATORES CONTRIBUINTES PARA O BENEFÍCIO/IMPACTE AMBIENTAL

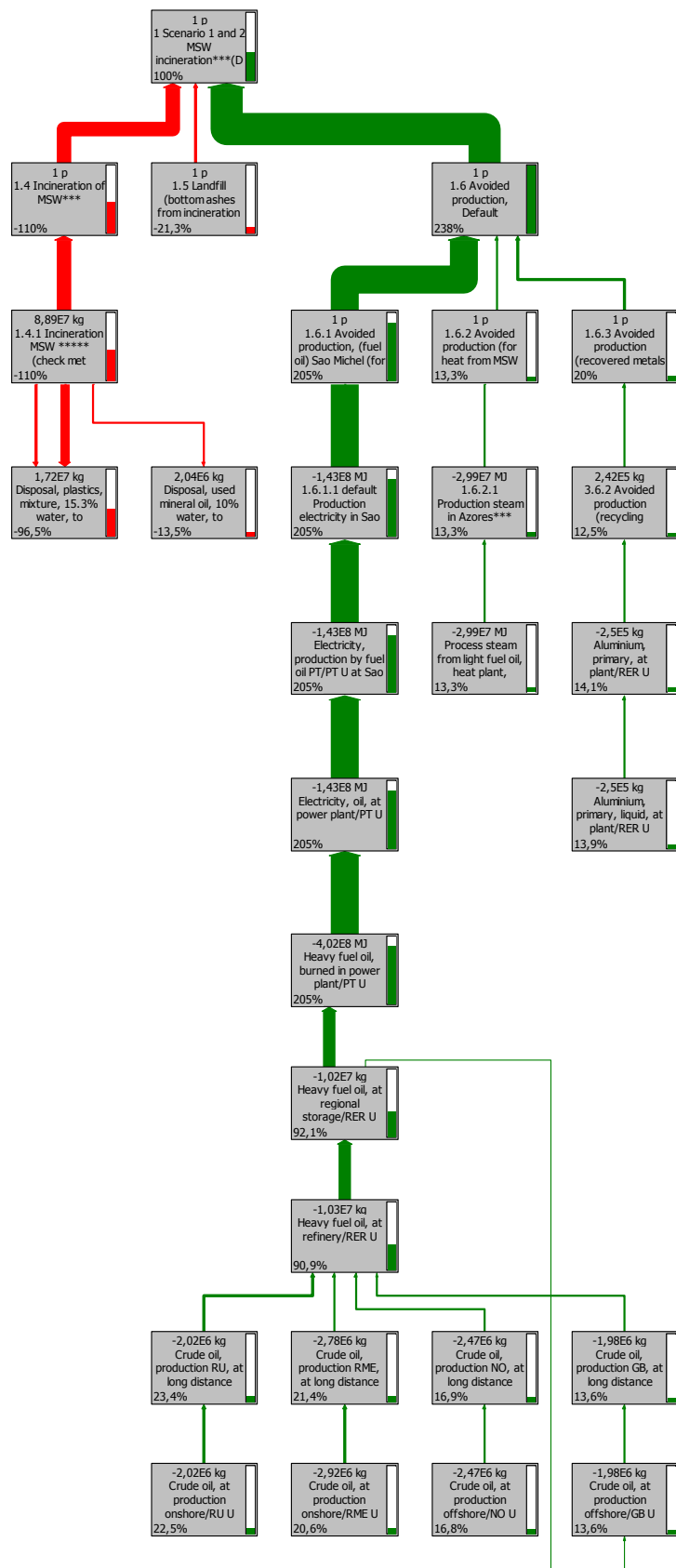


Figura II.1 – Principais fatores contribuintes dos RSU (>4%), nos Cenários 1 e 2

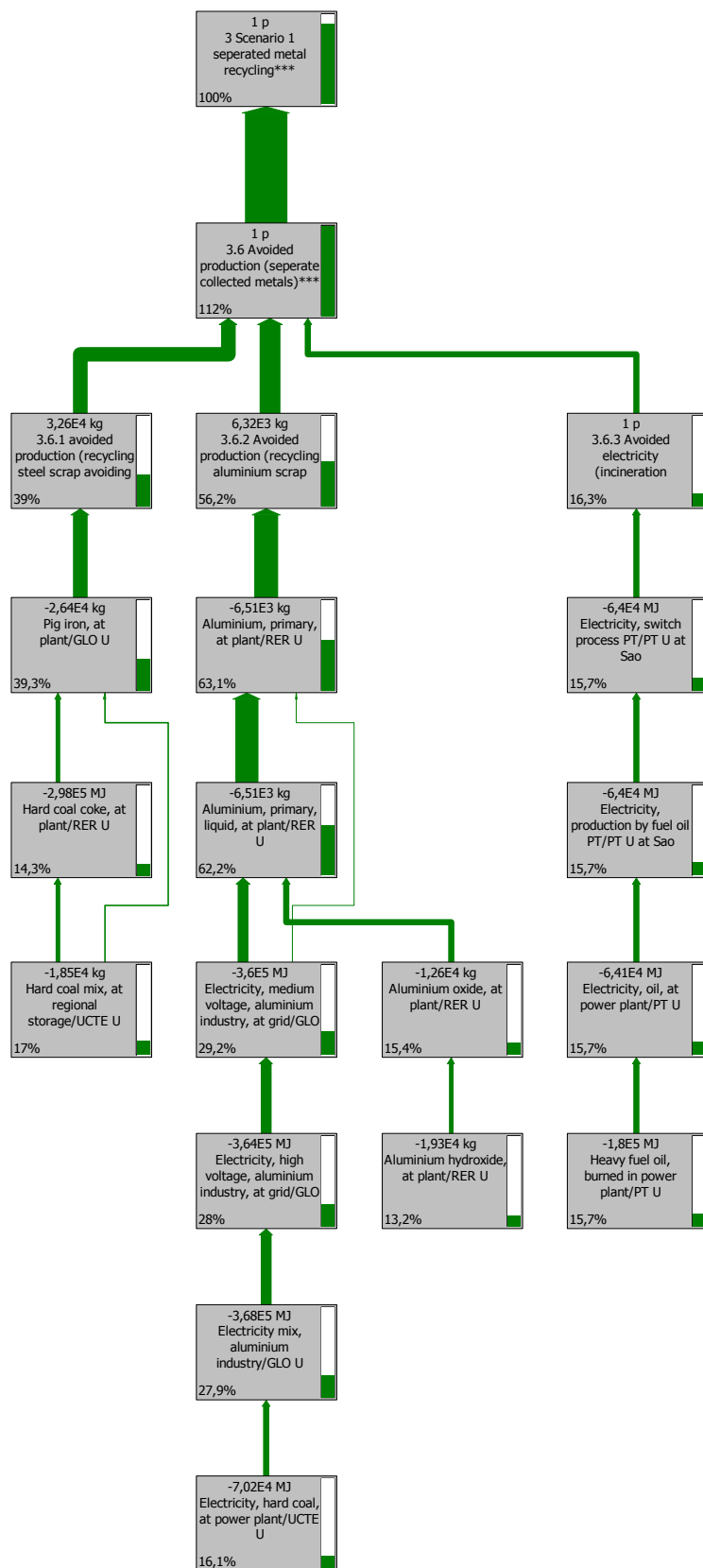


Figura II.2 – Principais fatores contribuintes dos Resíduos de Metais (fração recolhida seletivamente) (>10%), no Cenário 1

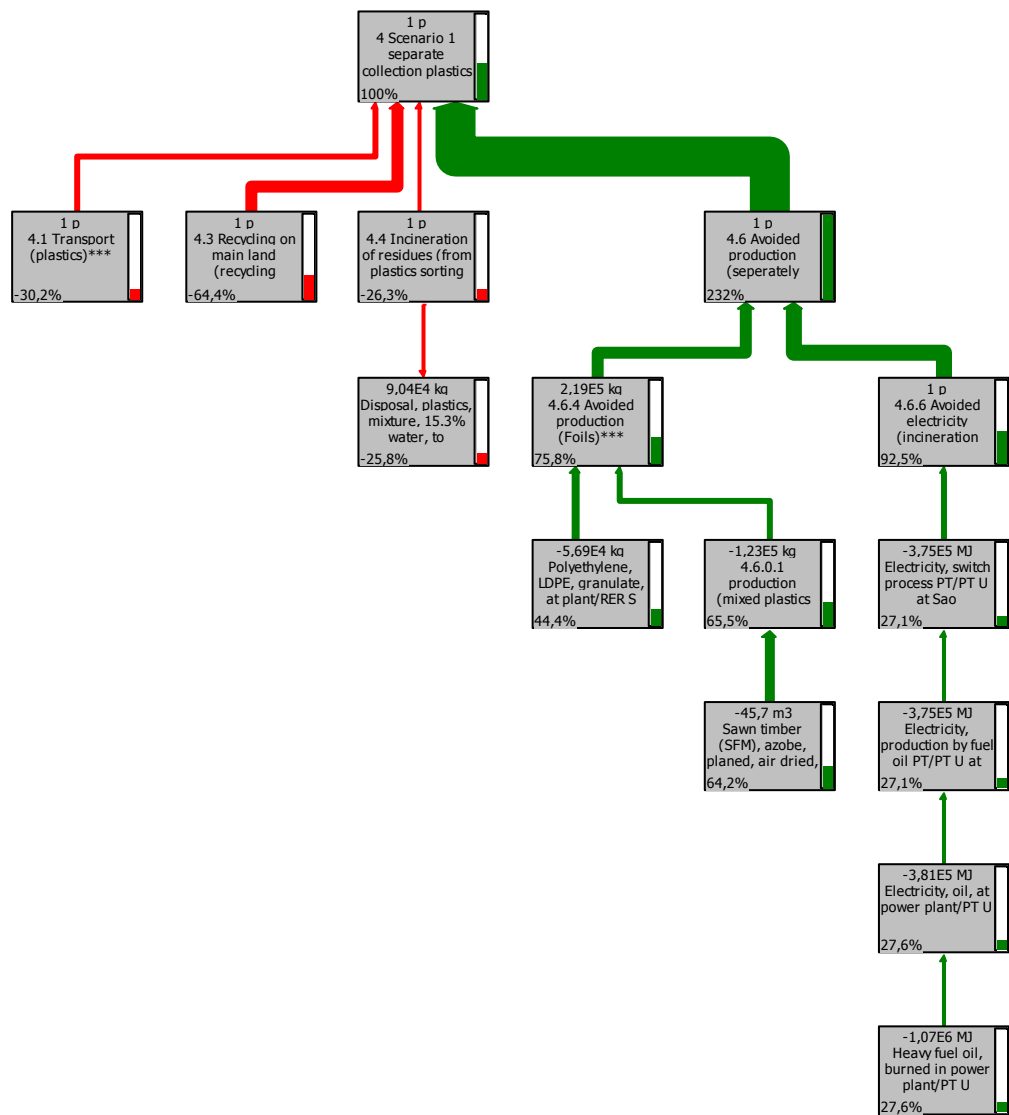


Figura II.3 – Principais fatores contribuintes dos Resíduos de Plásticos (fração recolhida seletivamente) (>10%), no Cenário 1

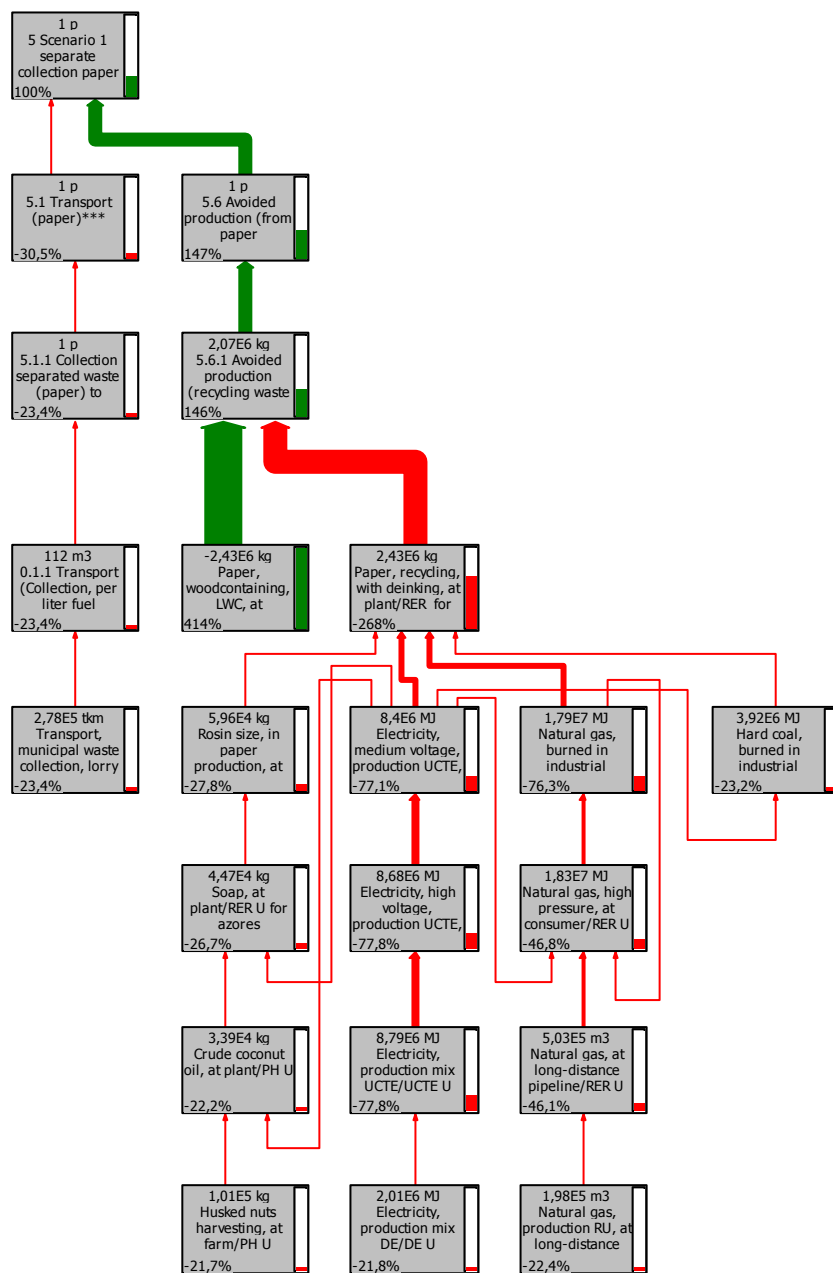


Figura II.4 – Principais fatores contribuintes dos Resíduos de Papel (fração recolhida seletivamente) (>5%), no Cenário 1

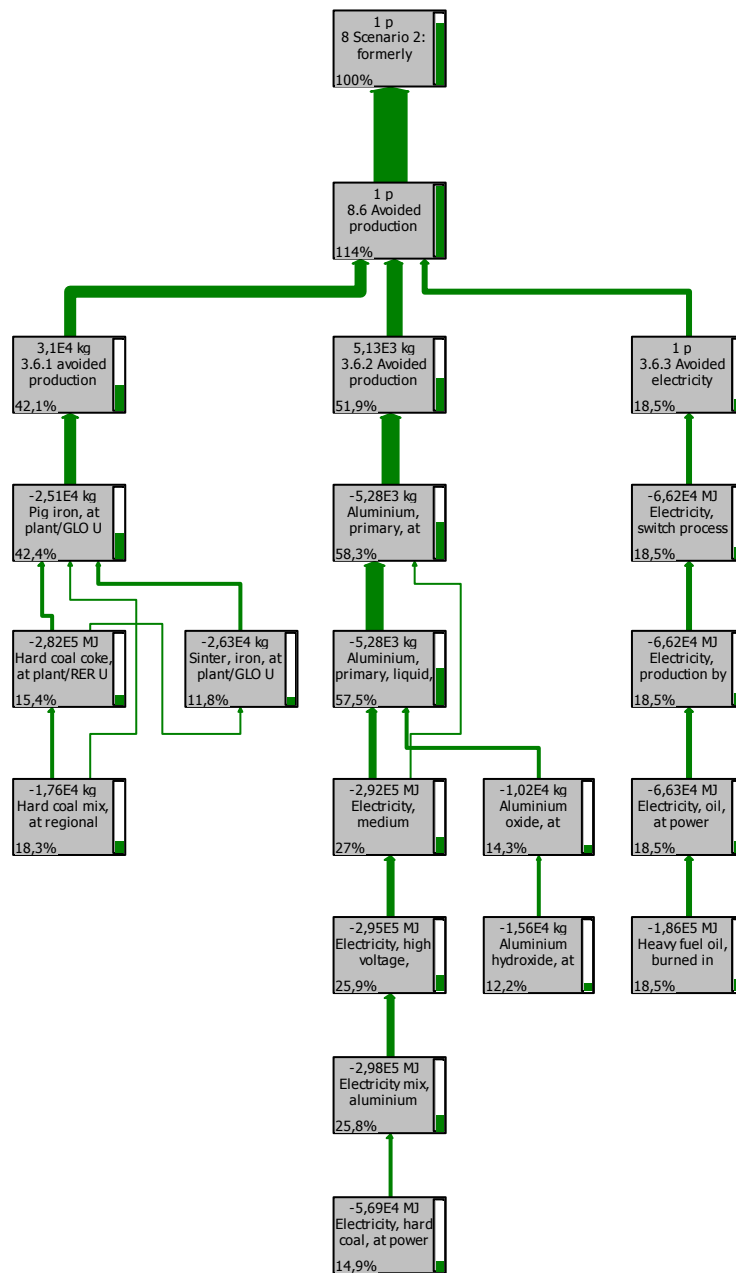


Figura II.5 – Principais fatores contribuintes dos Resíduos de Metais (fração recolhida seletivamente) (>10%), no Cenário 2

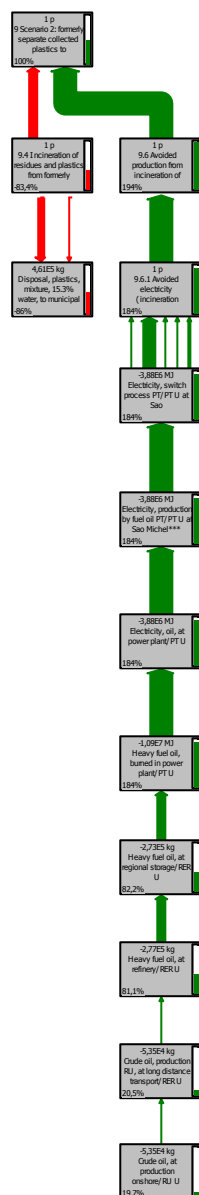


Figura II.6 – Principais fatores contribuintes dos Resíduos de Plásticos (fração recolhida seletivamente) (>10%), no Cenário 2

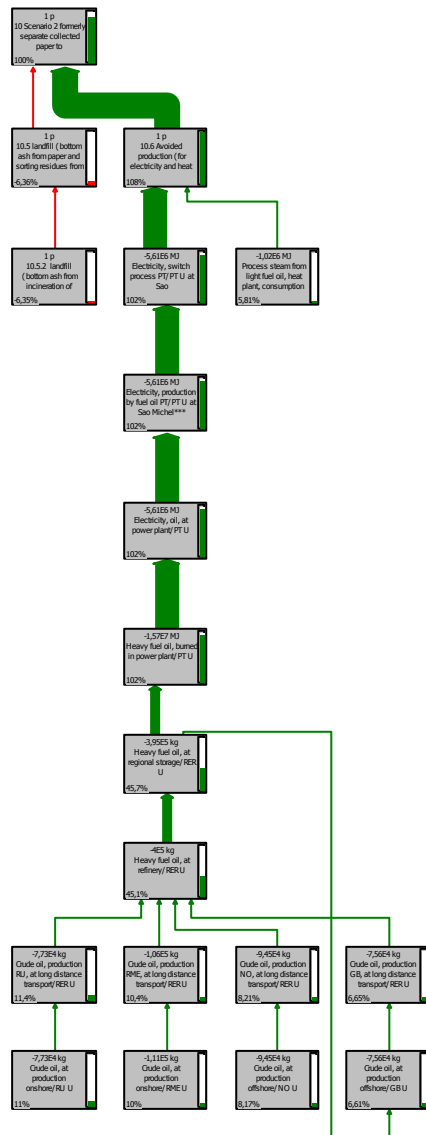


Figura II.7 – Principais fatores contribuintes dos Resíduos de Papel (fração recolhida seletivamente) (>5%), no Cenário 2

II.2 RESULTADOS REFERENTES ÀS FIGURAS DO CAPÍTULO 5

Quadro II.1 – Resultados referentes à Figura 5.1 (Pt ReCiPe)

	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2
Impacte Total – Cenários 1 e 2	-2.225.231	-2.247.093

Quadro II.2 – Resultados referentes à Figura 5.2 (Pt ReCiPe)

Categorias de Efeitos	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2
Outros	-39.776	-13.622
Ocupação urbana do solo	-7.100	-735
Transformação do solo natural	-37.553	-63.326
Ocupação agrícola do solo	-243.283	-983
Consumo/depleção de comb. fósseis	-1.572.014	-1.676.996
Alt. Climáticas Ecosistemas	149.803	110.282
Alt. Climáticas Saúde Humana	229.102	168.673
Toxicidade para o Homem	69.536	48.005
Formação de partículas	-773.947	-818.391

Quadro II.3 – Resultados referentes à Figura 5.3 (Pt ReCiPe)

Categorias de Efeitos	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2
Alt. Climáticas Saúde Humana	229.102	168.673
Destruição do Ozono	-211	-233
Toxicidade para o Homem	43.149	48.005
Formação de oxidantes fotoquímicos	-87	-96
Formação de partículas	-773.947	-818.391
Radiações ionizantes	-501	-281
Alt. Climáticas Ecosistemas	149.803	110.282
Acidificação terrestre	-8.257	-8.801
Eutrofização águas superficiais	-42	-24
Ecotoxicidade terrestre	-3.920	-3.824
Ecotoxicidade p/ ág. superficiais	252	260
Ecotoxicidade marinha	0,48	0,48

Categorias de Efeitos	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2
Ocupação agrícola do solo	-243.283	-983
Ocupação urbana do solo	-7.100	-735
Transformação do solo natural	-37.553	-63.326
Consumo/depleção de metais	-623	-623
Consumo/depleção de comb. fósseis	-1.572.014	-1.676.996

Quadro II.4 – Resultados referentes à Figura 5.4 e Figura 5.5 (Pt ReCiPe)

Fluxo de resíduos	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2
RSU	-2.017.682	-2.017.682
Metais	-11.730	-10.301
Plásticos	-39.786	-60.848
Papel	-156.033	-158.261

Quadro II.5 – Resultados referentes à Figura 5.6 (Pt ReCiPe)

Fases da cadeia	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2
Transporte	176.049	121.090
Triagem	3.578	0
Reciclagem	60.695	11.479
Incineração	2.543.450	2.592.427
Aterro	125.516	129.004
Produção evitada	-5.134.520	-5.101.094

Quadro II.6 – Resultados referentes aos RSU na Figura 5.7 (Pt ReCiPe)

Fases da cadeia	RSU CENÁRIO 1 e CENÁRIO 2
Transporte	115.462
Triagem	0
Reciclagem	11.198
Incineração	2.531.043
Aterro	124.865
Produção evitada	-4.800.251

Quadro II.7 – Resultados referentes aos RSU (Cenários 1 e 2) na Figura 5.8 (Pt ReCiPe)

Categorias de Efeitos	Transporte	Triagem	Reciclagem	Incineração	Aterro	Produção evitada
Formação de partículas	13.724	0	1.023	95.706	974	-876.666
Toxicidade para o Homem	744	0	1.190	45.531	111.672	-112.166
Alt. Climáticas Saúde Humana	31.662	0	2.910	1.374.240	4.367	-1.203.459
Alt. Climáticas Ecossistemas	20.706	0	1.903	898.754	2.856	-787.091
Consumo/depleção de comb. fósseis	46.780	0	3.562	112.321	4.800	-1.739.973
Ocupação agrícola do solo	35	0	234	851	67	-2.129
Transformação do solo natural	1.377	0	171	337	-958	-60.378
Ocupação urbana do solo	286	0	168	1.736	680	-3.488
Outros	148	0	37	1.566	408	-14.902

Quadro II.8 – Resultados referentes aos Resíduos de Metais na Figura 5.9 (Pt ReCiPe)

Fases da cadeia	Metais CENÁRIO 1	Metais CENÁRIO 2
Transporte	920	54
Triagem	64	0
Reciclagem	317	281
Incineração	102	972
Aterro	38	93
Produção evitada	-13.172	-11.702

Quadro II.9 – Resultados referentes aos Resíduos de Metais (Cenário 1) na Figura 5.10 (Pt ReCiPe)

Categorias de Efeitos	Transporte	Triagem	Reciclagem	Incineração	Aterro	Produção evitada
Outros	1,34	0,21	1,05	0,23	0,13	-45,98
Ocupação urbana do solo	2,42	0,04	4,88	0,71	0,21	-28,91
Transformação do solo natural	11,00	0,91	4,95	-0,41	-0,29	-86,33
Ocupação agrícola do solo	0,35	0,01	6,67	0,22	0,02	-46,55
Consumo/depleção de comb. fósseis	369,43	23,31	101,08	27,46	1,47	-4.427,67
Alt. Climáticas Ecosistemas	161,96	10,29	53,42	17,24	0,88	-2.358,44
Alt. Climáticas Saúde Humana	247,64	15,73	81,67	26,36	1,34	-3.604,93
Toxicidade para o Homem	7,32	1,43	33,37	5,37	34,23	-599,71
Formação de partículas	118,65	12,50	29,66	25,11	0,30	-1.973,56

Quadro II.10 – Resultados referentes aos Resíduos de Metais (Cenário 2) na Figura 5.11 (Pt ReCiPe)

Categorias de Efeitos	Transporte	Triagem	Reciclagem	Incineração	Aterro	Produção evitada
Outros	0,07	0,00	0,93	2,67	0,30	-41,68
Ocupação urbana do solo	0,13	0,00	4,45	3,50	0,51	-25,74
Transformação do solo natural	0,65	0,00	4,51	-3,97	-0,71	-77,38
Ocupação agrícola do solo	0,01	0,00	5,97	0,52	0,05	-42,04
Consumo/depleção de comb. fósseis	22,10	0,00	90,03	66,80	3,57	-3.958,59
Alt. Climáticas Ecosistemas	9,82	0,00	47,05	30,05	2,13	-2.074,72
Alt. Climáticas Saúde Humana	15,01	0,00	71,93	45,96	3,25	-3.171,35
Toxicidade para o Homem	0,32	0,00	29,36	777,41	83,16	-523,50
Formação de partículas	6,26	0,00	26,99	48,72	0,73	-1.786,61

Quadro II.11 – Resultados referentes aos Resíduos de Plásticos na Figura 5.12 (Pt ReCiPe)

Fases da cadeia	Plásticos CENÁRIO 1	Plásticos CENÁRIO 2
Transporte	12.012	2.787
Triagem	2.511	0
Reciclagem	25.621	0
Incineração	11.933	53.502
Aterro	604	1.125
Produção evitada	-92.467	-118.262

Quadro II.12 – Resultados referentes aos Resíduos de Plásticos (Cenário 1) na Figura 5.13 (Pt ReCiPe)

Categorias de Efeitos	Transporte	Triagem	Reciclagem	Incineração	Aterro	Produção evitada
Outros	19	7	56	7	2	-118
Ocupação urbana do solo	35	3	46	11	3	-70
Transformação do solo natural	144	27	149	-5	-5	-359
Ocupação agrícola do solo	6	5	114	4	0	-20.517
Consumo/depleção de comb. fósseis	4.837	925	10.458	449	23	-33.190
Alt. Climáticas Ecossistemas	2.090	420	4.400	4.051	14	-10.614
Alt. Climáticas Saúde Humana	3.196	643	6.728	6.194	21	-16.230
Toxicidade para o Homem	112	72	987	865	540	-1482
Formação de partículas	1.573	409	2.683	358	5	-9.888

Quadro II.13 – Resultados referentes aos Resíduos de Plásticos (Cenário 2) na Figura 5.14 (Pt ReCiPe)

Categorias de Efeitos	Transporte	Triagem	Reciclagem	Incineração	Aterro	Produção evitada
Outros	3	0	0	19	4	-365
Ocupação urbana do solo	7	0	0	15	6	-68
Transformação do solo natural	33	0	0	4	-9	-1577
Ocupação agrícola do solo	1	0	0	12	1	-14
Consumo/depleção de comb. fósseis	1.133	0	0	968	43	-43.175
Alt. Climáticas Ecosistemas	503	0	0	19.852	26	-19.143
Alt. Climáticas Saúde Humana	769	0	0	30.355	39	-29.271
Toxicidade para o Homem	16	0	0	1.589	1006	-2.491
Formação de partículas	321	0	0	688	9	-22.158

Quadro II.14 – Resultados referentes aos Resíduos de Papel na Figura 5.15 (Pt ReCiPe)

Fases da cadeia	Papel CENÁRIO 1	Papel CENÁRIO 2
Transporte	47.655	2.787
Triagem	1.003	0
Reciclagem	23.559	0
Incineração	371	6.910
Aterro	8	2.921
Produção evitada	-228.629	-170.879

Quadro II.15 – Resultados referentes aos Resíduos de Papel (Cenário 1) na Figura 5.16 (Pt ReCiPe)

Categorias de Efeitos	Transporte	Triagem	Reciclagem	Incineração	Aterro	Produção evitada
Outros	70	3	48	0	0	-699
Ocupação urbana do solo	126	1	123	0	0	-6.738
Transformação do solo natural	570	14	245	0	0	21.188
Ocupação agrícola do solo	18	0	49	0	0	-221.981
Consumo/depleção de comb. fósseis	19.129	363	8.478	7	0	-7.080
Alt. Climáticas Ecossistemas	8.381	160	4.519	139	0	1.229
Alt. Climáticas Saúde Humana	12.815	245	6.910	213	0	1.879
Toxicidade para o Homem	383	22	699	8	7	-5.516
Formação de partículas	6.164	195	2.488	5	0	-10.912

Quadro II.16 – Resultados referentes aos Resíduos de Papel (Cenário 2) na Figura 5.17 (Pt ReCiPe)

Categorias de Efeitos	Transporte	Triagem	Reciclagem	Incineração	Aterro	Produção evitada
Outros	3	0	0	12	10	-528
Ocupação urbana do solo	7	0	0	17	16	-98
Transformação do solo natural	33	0	0	18	-22	-2.279
Ocupação agrícola do solo	1	0	0	13	2	-20
Consumo/depleção de comb. fósseis	1.133	0	0	1.460	112	-62.385
Alt. Climáticas Ecossistemas	503	0	0	992	67	-27.660
Alt. Climáticas Saúde Humana	769	0	0	1.517	102	-42.294
Toxicidade para o Homem	16	0	0	1.517	2.612	-3.599
Formação de partículas	321	0	0	1.363	23	-32.016

PROFICO

A M B I E N T E

PROFICO AMBIENTE E ORDENAMENTO, LDA.

Morada: Rua Alfredo da Silva 11-B 1300-040 Lisboa

E-mail: ambiente@profico.pt

Tel.: (+351) 21 361 93 60

Fax: (+351) 21 361 93 69

www.proficoambiente

