

**Universidade Federal de Santa Catarina
Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental**

**ANÁLISE AMBIENTAL E ECONÔMICA DE PROCESSOS
DE DESINFECÇÃO DE RESÍDUOS DE SERVIÇO DE SAÚDE**

Filipe Alexandre de Almeida Dias

**FLORIANÓPOLIS, (SC)
SETEMBRO/2008**

**Universidade Federal de Santa Catarina
Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental**

**ANÁLISE AMBIENTAL E ECONÔMICA DE PROCESSOS
DE DESINFECÇÃO DE RESÍDUOS DE SERVIÇO DE SAÚDE**

Filipe Alexandre de Almeida Dias

**Trabalho apresentado à Universidade
Federal de Santa Catarina para
Conclusão do Curso de Graduação em
Engenharia Sanitária e Ambiental**

**Orientador
Pr. Dr. Sebastião Roberto Soares**

**FLORIANÓPOLIS, (SC)
SETEMBRO/2008**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**

**ANÁLISE AMBIENTAL E ECONÔMICA DE PROCESSOS
DE DESINFECÇÃO DE RESÍDUOS DE SERVIÇO DE SAÚDE**

FILIPE ALEXANDRE DE ALMEIDA DIAS

**Trabalho submetido à Banca Examinadora como parte dos requisitos
para Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e
Ambiental–TCC II**

BANCA EXAMINADORA :

**Prof. Dr. Sebastião Roberto Soares
(Orientador)**

**Prof. Dr. Armando Borges de
Castilhos Júnior
(Membro da Banca)**

**Prof. Dr. Sebastião Roberto Soares
(Membro da Banca)**

**FLORIANÓPOLIS, (SC)
SETEMBRO/2008**

RESUMO

Os Resíduos de Serviços de Saúde (RSS) representam uma pequena porção dos resíduos sólidos urbanos. No entanto, apresentam-se como um dos maiores problemas do saneamento ambiental na maioria dos municípios brasileiros devido ao seu potencial risco para a saúde pública e meio ambiente. A tomada de decisão sobre o método mais adequado para o tratamento destes resíduos não deverá restringir-se à sua total eficiência de desinfecção, embora seja esta a condição primária de opção. Os aspectos ambientais e econômicos de todo o ciclo do processo deverão ser também considerados. Neste contexto, a elaboração deste trabalho avaliou três processos aptos ao tratamento de RSS – Grupo A: Autoclave, Microondas e Cal.

A unidade funcional estabelecida para a realização do estudo foi o tratamento de 3200 Kg de RSS por um período de 10 anos. Para a componente ambiental foi utilizada a ferramenta de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV, segundo as normas ISO 14040, 14041, 14042 e 14043) com o auxílio do Software Simapro 7.1, no sentido de analisar qual dos processos tem maior repercussão no meio ambiente. A componente econômica foi realizada através da contabilização de todos os custos inerentes para o tratamento da unidade funcional, entre os quais a aquisição de equipamentos, manutenção, custos energéticos, transporte, etc., consoante o processo analisado.

Concluiu-se que dos três processos analisados, o tratamento de RSS através do forno de microondas é o que alia o melhor desempenho ambiental com o menor custo.

Palavras-chave: Resíduos de Serviço de Saúde, Avaliação do Ciclo de Vida, Microondas, Autoclave e Cal.

ABSTRACT

The waste of Health Services represent a small portion of municipal solid waste. However, they are one of the biggest problems of environmental sanitation in most Brazilian municipalities because of its potential risk to public and environment health. The decision on the most appropriate method for the treatment of this waste should not restrict itself to its total disinfection efficiency, although it is the primary option condition. The environmental and economic aspects of the entire process cycle should also be considered. In this context, this study analysed three processes of health waste treatment – Group A: autoclave, microwave and lime.

The functional unit established for the study was the treatment of 3200 kg of health waste for a period of 10 years. For the environmental component was used the tool Life Cycle Assessment (LCA, according to ISO 14040, 14041, 14042 and 14043), with the help of Software Simapro 7.1, to examine witch processes have greater impact on the environment. The economic component was carried out by accounting all the costs related to the functional unit treatment, including the purchase of equipment, maintenance, energy costs, transport, etc., depending on the process that was analysed.

It was concluded that from the three cases reviewed, the health waste treatment using a microwave oven is the process that allies the best environmental performance with a lower cost.

Keywords: Health waste, Life Cycle Assessment, Microwaves, Autoclave, Lime.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	v
LISTA DE FIGURAS.....	vi
LISTA DE ABREVIATURAS	vii
JUSTIFICATIVA	viii
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	4
2.1. Objetivo Geral.....	4
2.2. Objetivos Específicos	4
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
3.1. Avaliação do Ciclo de Vida.....	5
3.1.1. Conceito	5
3.1.2. Aplicações e Benefícios.....	7
3.1.3. Limitações.....	9
3.1.4. Normatização	10
3.1.5. Fases da ACV	13
3.1.5.1. Definição do Objetivo e Escopo	14
3.1.5.2. Análise do Inventário.....	15
3.1.5.3. Avaliação dos Impactos do Ciclo de Vida (AICV)	17
3.1.5.4. Interpretação do Ciclo de Vida	18
3.1.6. ACV e a complementaridade com outras ferramentas de análise	19
3.1.7. Software de ACV.....	20
3.1.7.1. Software SimaPro	21
3.2. Resíduos de Serviços de Saúde (RSS).....	22
3.2.1. Definição e origem.....	22
3.2.2. Classificação	22
3.2.3. Riscos associados aos RSS	23
3.3. Caracterização dos Processos de Tratamento de RSS	23
3.3.1. Forno de Microondas	24
3.3.1.1. Constituição	25
3.3.1.2. Funcionamento.....	26

3.3.2. Autoclave	28
3.3.2.1. Constituição	28
3.3.2.2. Funcionamento.....	29
3.3.3. Cal.....	30
3.3.3.1. Processo Fabricação.....	33
3.3.4. Vantagens e desvantagens dos processos tratamento RSS	34
4. METODOLOGIA	36
4.1. ACV dos processos de tratamento de RSS	36
4.1.1. Definição do objetivo e escopo.....	36
4.1.1.1. Estabelecimento da unidade funcional	36
4.1.1.2. Fronteiras espaciais e pressupostos.....	37
4.1.1.3. Dados necessários	38
4.1.1.4. Limitações do estudo	39
4.1.2. Análise do Inventário do Ciclo de Vida.....	40
4.1.2.1. Microondas	40
4.1.2.2. Autoclave	41
4.1.2.3. Cal.....	42
4.1.3. Construção de um indicador ambiental de ACV	43
4.2. Avaliação do ciclo econômico dos processos tratamento de RSS.....	46
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
5.1. Análise Ambiental	48
5.1.1. Microondas	48
5.1.2. Autoclave	54
5.1.3. Cal.....	58
5.1.4. Análise ambiental comparativa dos três processos.....	62
5.2. Análise econômica.....	65
5.2.1. Microondas	65
5.2.2. Autoclave	67
5.2.3. Cal.....	69
5.2.4. Análise econômica comparativa dos três processos	70
6. CONCLUSÃO	71
7. RECOMENDAÇÕES	72
8. BIBLIOGRAFIA	73
9. ANEXOS	80

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características da cal virgem e cal hidratada.	32
Tabela 2 – Vantagens e desvantagens dos processos tratamento de RSS.	35
Tabela 3 – Análise de impactos do processo de tratamento por microondas.	50
Tabela 4 – Análise de impactos do processo de tratamento por autoclave.....	55
Tabela 5 – Análise de impactos do processo de tratamento por cal.	59
Tabela 6 – Resumo da análise de impactos dos três processos de tratamento.....	62
Tabela 7 – Resumo da análise econômica dos três processos.	70

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Exemplo de possíveis estágios considerados numa ACV.....	7
Figura 2 – Fases da ACV.....	14
Figura 3 – Constituição de um forno de microondas convencional.	26
Figura 4 – Exemplo de uma autoclave de pequenas dimensões.	29
Figura 5 – Quantidades de materiais e eletricidade usados no processo de fabrico.	40
Figura 6 – Materiais que constituem a autoclave e o respectivo peso estimado.	41
Figura 7 – Produção de cal.	42
Figura 8 – Valores de normalização e ponderação do método EDIP 2003.	45
Figura 9 – Fluxo do processo, microondas.	49
Figura 10 – Microondas. Contribuição (%) de cada um dos sistemas elementares na análise global.	51
Figura 11 – Análise de impactos normalizados e ponderados para o microondas.	52
Figura 12 – Distribuição dos impactos nas etapas do ciclo de vida do microondas....	53
Figura 13 – Fluxo do processo, autoclave.	54
Figura 14 – Autoclave. Contribuição (%) de cada um dos sistemas elementares na análise global.	56
Figura 15 – Análise de impactos normalizados e ponderados para a autoclave.....	57
Figura 16 – Distribuição dos impactos nas etapas do ciclo de vida do autoclave.	57
Figura 17 – Fluxo do processo, cal.	58
Figura 18 – Cal. Contribuição (%) de cada um dos sistemas elementares na análise global.	60
Figura 19 – Análise de impactos normalizados e ponderados para a cal.	61
Figura 20 – Distribuição dos impactos nas etapas do ciclo de vida da cal.	61
Figura 21 – Análise comparativa dos resultados normalizados e ponderados dos três métodos.	63
Figura 22 – Indicador ambiental para os três métodos de tratamento.	64
Figura 23 – Fluxo de caixa para a vida útil do microondas.....	65
Figura 24 – Fluxo de caixa para a vida útil da autoclave.	67

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACV – Avaliação do Ciclo de Vida
AIA – Avaliação de Impacto Ambiental
AICV – Avaliação dos Impactos do Ciclo de Vida
ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária
Ca(OH)₂ – Cal Hidratada
CaO – Cal virgem
CCV – Custo do Ciclo de Vida
CONAMA – Conselho Nacional do Meio ambiente
EDIP – Environmental Design of Industrial Products
IBAM – Instituto Brasileiro de Administração Municipal
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICV – Inventário do ciclo de vida
IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas
ISO – International Organization for Standardization
LCA – Life Cycle Assessment
MO – Microondas
mPt – Milipontos
PEAD - Polietileno de Alta Densidade
Pt – Pontos
RSS – Resíduos de Serviço de Saúde
SETAC – Society of Environmental Toxicology and Chemistry
USEPA – United States Environmental Protection Agency

JUSTIFICATIVA

Para a tomada de decisão sobre o processo adoptar para a desinfeção dos RSS é necessário, para além da sua eficiência (condição primária), avaliar os aspectos ambientais e económicos de todo o ciclo de vida do processo.

Na sequência do estudo realizado por REBELATTO (2006) que comprovou a eficiência de desinfeção de RSS por três processos (microondas, autoclave e cal), realizou-se então este trabalho para avaliar a componente ambiental e económica dos processos citados.

1. INTRODUÇÃO

Os resíduos sólidos apresentam-se como um dos maiores problemas do saneamento ambiental na maioria dos municípios brasileiros. Mais de 70% dos resíduos sólidos urbanos produzidos são dispostos em lixões a céu aberto. Apesar dos Resíduos de Serviços de Saúde (RSS) representarem uma pequena porção dos resíduos sólidos urbanos (1% a 3% do total), as administrações públicas municipais vêm optando por uma gestão diferenciada desses resíduos em função de suas características peculiares e das exigências legais (TEIXEIRA *et al*, 2005).

Os RSS são gerados por prestadores de assistência médica, odontológica, laboratorial, farmacêutica e instituições de ensino e pesquisa médica relacionados tanto à população humana quanto à veterinária, os quais possuindo potencial de risco, em função da presença de materiais biológicos capazes de causar infecção, objetos perfurantes-cortantes potencial ou efetivamente contaminados, produtos químicos perigosos, e mesmo rejeitos radioativos, requerem cuidados específicos de acondicionamento, transporte, armazenamento, coleta, tratamento e disposição final (COELHO, 2002).

A legislação brasileira atual prevê que os RSS devam ter uma disposição final diferenciada dos resíduos sólidos urbanos e os custos com sua destinação devem ser arcados pela instituição geradora (Resolução 283/01 e 358/05 do CONAMA, Resolução RDC nº 306/2004 da ANVISA).

Nem todo o RSS deve ser associado na sua totalidade como perigoso à saúde. Num hospital universitário, 73% (massa) dos resíduos gerados podem ser assimilados aos resíduos domésticos e os restantes 27% são considerados infecciosos (SOARES *et al.*, 1997).

Existem diversas técnicas atualmente que permitem o tratamento dos RSS, desde processos simples, como a disposição dos resíduos em valas sépticas ou a desinfecção por fervura em água, até métodos de natureza mais complexa como esterilização por radiação ionizante ou não-ionizante, por radiação gama entre outros (SOARES, 2005). No entanto, a maioria das tecnologias disponíveis para o tratamento são incompatíveis com a realidade econômica brasileira (TEIXEIRA *et al.*, 2005).

Para além da dificuldade relativa à disponibilidade de recursos financeiros, a gestão dos RSS ainda apresenta uma certa complexidade em virtude da pouca experiência das administrações municipais em equacionar com eficiência tal problema e também pela grande quantidade e diversidade de normas e regulamentações sobre o tema. Entretanto cresce a consciência sobre os potenciais riscos à saúde pública e ao meio ambiente provocados por esse tipo de resíduo. A experiência mostra que, mais recentemente, os órgãos de controlo ambiental têm sido rigorosos em exigir das administrações públicas uma solução diferenciada para esses resíduos (TEIXEIRA *et al.*, 2005).

Assim, a tomada de decisão sobre o método mais adequado para o tratamento destes resíduos não deverá restringir-se à sua eficiência total de desinfecção, embora seja esta a condição primária de opção. Os aspectos ambientais e económicos de todo o ciclo do processo deverão ser também eles considerados.

Neste contexto, a elaboração deste trabalho, visa avaliar três processos aptos ao tratamento de RSS – Grupo A: autoclave, micro-ondas e cal.

Uma vez já provados em estudos anteriores a sua eficácia no tratamento dos RSS (SOARES, 2005), o estudo destes processos foi então centralizado na componente ambiental e económica dos mesmos.

O estudo é baseado para tratamento de RSS em pequena escala e, portanto é direcionado para unidades produtoras de RSS de pequeno e médio porte, responsáveis pela maioria absoluta da produção nacional destes resíduos. Desta forma, a análise efetuada dos respectivos tratamentos poderá servir como auxiliar para tomadas de decisão no futuro por estas mesmas unidades produtoras ou por outros órgãos ou entidades.

Este trabalho realizou-se no Laboratório de Pesquisa de Resíduos Sólidos – Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, pertencente à Universidade Federal de Santa Catarina – Florianópolis – Brasil. Este trabalho é resultado de um trabalho de pesquisa financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento

Científico e Tecnológico (CNPq) com a colaboração direta de 7 pesquisadores listados abaixo:

- Sebastião Roberto Soares (coordenador).
- Filipe Dias (estudante de mestrado (intercâmbio) – Portugal 2007-2008).
- Vamilson Prudêncio (colaborador – estudante de doutorado, 2008).
- Mariah Siebert Zipf (estudante de graduação, bolsista de iniciação científica, 2006-2007).
- Juliana Braun Muller (estudante de graduação, 2007).
- Alexandre Magno de Paula Dias (colaborador estágio de pós-doutoramento, 2006-2007).
- Marielle Feilstrecker Rebelatto (estudante de mestrado, 2006).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

- Definição do processo de tratamento de RSS a partir de critérios ambientais e econômicos, sendo que o estudo será voltado para unidades produtoras de RSS de pequeno e médio porte, responsáveis pela maioria absoluta da produção nacional destes resíduos. Partindo do pressuposto que os três processos considerados são aceitos tecnicamente, a tomada de decisão será feita a partir de critérios ambientais e econômicos agregados segundo um modelo específico de análise multicritério.

2.2. Objetivos Específicos

- Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) de três processos aptos ao tratamento de RSS (Autoclave, Micro-ondas e Cal) de forma a identificar, para a eliminação segura de 3200 Kg de RSS por um período de 10 anos, qual dos processos citados terá menor repercussão sobre o meio ambiente.
- Avaliação econômica do ciclo de vida de três processos aptos ao tratamento de RSS (Autoclave, Micro-ondas e Cal) para identificar a totalidade dos custos inerentes ao tratamento de 3200 Kg de RSS por um período de 10 anos, obtendo um indicador econômico para cada um dos referidos processos.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Avaliação do Ciclo de Vida

3.1.1. Conceito

Todo produto, não importa de que material seja feito, madeira, vidro, plástico, metal ou qualquer outro elemento, provoca um impacto no meio ambiente, seja em função de seu processo produtivo, das matérias-primas que consome ou devido ao seu uso e disposição final (CHEHEBE, 1997, *apud* JUNIOR *et al.*, 2007).

Desde a primeira crise do petróleo (no início da década de 70), a busca de formas alternativas de energia intensificou-se, assim como otimização na utilização dos recursos naturais nos processos. Com esse intuito, diversos estudos e iniciativas foram empreendidos naquela época. Embora a maioria desses estudos tivesse focalizado a questão energética, alguns deles chegaram a considerar, ainda que de forma superficial, vários aspectos ligados à questão ambiental, incluindo estimativas de emissões sólidas, líquidas ou gasosas (TAKAHASHI & MORAIS, 2006).

Um dos primeiros problemas surgidos foi como comparar produtos ou processos distintos, do ponto de vista das suas conseqüências ambientais, sendo que comparar as conseqüências ambientais apenas do processo de produção não era suficiente, era necessário levar em consideração as conseqüências ambientais de todas as outras fases da vida do produto (TAKAHASHI & MORAIS, 2006).

As questões ambientais tornaram-se cada vez mais importantes para a sociedade promovendo a necessidade de desenvolvimento de abordagens e ferramentas de gestão que possibilitassem às empresas, assim como, às diversas partes interessadas da sociedade, como governo, institutos de pesquisas e outros, avaliarem as conseqüências ambientais das decisões adotadas em relação aos seus processos ou produtos (TAKAHASHI & MORAIS, 2006).

Neste sentido surge uma ferramenta denominada Análise do Ciclo de Vida (ACV), ou *Life Cycle Assessment* (LCA).

A *Society of Environmental Toxicology and Chemistry* (SETAC) iniciou os primeiros trabalhos de sistematização e padronização dos termos e critérios da ACV

(ROSSATO, 2002). Segundo a SETAC (2008), a ACV é definida como “o processo objetivo de avaliar as cargas ambientais associadas com um produto, processo ou atividade através da identificação e quantificação do uso de energia e matéria e de emissões ambientais, o impacto do uso de energia e material e das emissões, e a determinação de oportunidades de melhorias ambientais. A avaliação inclui todo o ciclo de vida do produto, processo ou atividade, envolvendo extração e processamento de matérias-primas; fabricação, transporte, e distribuição; uso/ reuso/ manutenção; reciclagem; e disposição final”.

FERREIRA (2004) afirma que a ACV é a compilação e avaliação das entradas, saídas e dos potenciais impactos ambientais de um sistema de produto ao longo do seu ciclo de vida. O “termo ciclo de vida” refere-se à maioria das atividades no decurso da vida do produto desde a sua fabricação, utilização, manutenção, e deposição final, onde se inclui a aquisição de matéria-prima necessária para a fabricação do produto. Segundo ainda este autor, todas as extrações de recursos e emissões para o ambiente são determinadas, quando possível, numa forma quantitativa ao longo de todo o ciclo de vida.

De acordo com JUNIOR *et al.* (2007), a ACV é “uma técnica que permite avaliar o impacto ambiental de um produto, processo ou sistema do *berço ao túmulo* (*cradle to grave*), ou seja, desde a extração da matéria-prima até a disposição final”. Refere ainda que a ACV é essencialmente um instrumento científico qualitativo e quantitativo.

A figura 1 ilustra os possíveis estágios de ciclo de vida que podem ser considerados numa ACV, assim como as entradas e saídas.

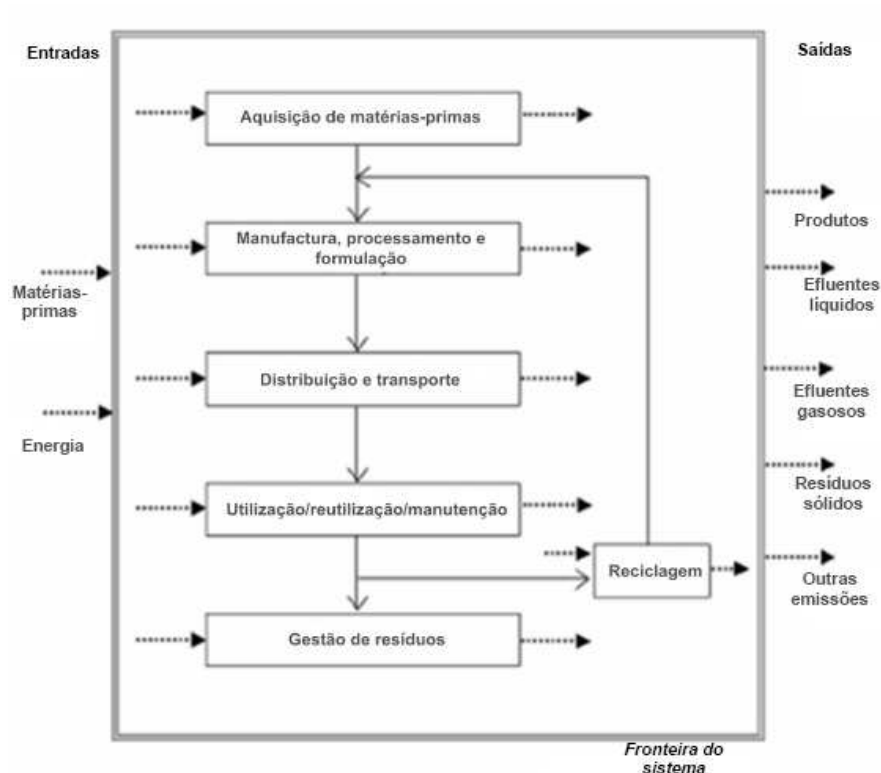


Figura 1 – Exemplo de possíveis estágios considerados numa ACV.

Fonte: VIDEIRA *et al*, 2006.

3.1.2. Aplicações e Benefícios

Segundo JUNIOR *et al.* (2007) a ACV pode ser utilizada para uma grande variedade de propósitos, uma vez que se trata de um forte instrumento para o gerenciamento dos aspectos ambientais das várias fases do sistema de produção.

A ACV permite:

- Desenvolvimento de produtos, otimizando o processo produtivo (FERREIRA, 2004);
- Auxiliar na tomada de decisões na indústria, governo e ONG's, no planejamento estratégico, na definição de prioridades e no desenvolvimento de projetos e processos (JUNIOR *et al.*, 2007);

- Subsidiar as estratégias de marketing (comparação de produtos, rotulagem ecológica e declarações ambientais), gerando uma diferenciação na competitividade dos produtos no mercado cada vez mais exigente, disponibilizar informação aos consumidores sobre as características dos produtos e materiais (JUNIOR et al., 2007);
- Encorajar as empresas, quando a implementação da metodologia de ACV é bem sucedida, a considerar as questões ambientais associadas à produção (JUNIOR et al., 2007);
- Suporte ao ecodesign de produtos (VIDEIRA et al. 2006).

Um dos benefícios dos dados provenientes de um estudo ACV, é que estes em conjunto com outra informação, por exemplo, dados de custos e performance, podem ajudar os responsáveis pela tomada de decisão na seleção de produtos ou processos que resultem no menor impacto para o ambiente (FERREIRA, 2004).

Segundo este mesmo autor, a metodologia ACV é a única que permite identificar a transferência de impactos ambientais de um meio para o outro referindo, por exemplo, que a eliminação de emissões atmosféricas pode ser feita à custa do aumento das emissões de efluentes líquidos. É esta metodologia que permite também a transferência de impactos ambientais de um estágio de ciclo de vida para outro, por exemplo, da fase de aquisição de matérias-primas para a fase de utilização.

A USEPA – *U.S. Environmental Protection Agency* (2001), citada por FERREIRA (2004), refere ainda que na elaboração de um estudo ACV, os pesquisadores podem:

- Desenvolver uma sistemática avaliação das conseqüências ambientais associadas com um dado produto;
- Analisar os balanços (ganhos/perdas) ambientais associados com um ou mais produtos/processos específicos de modo a que os visados (estado/comunidade, etc.) aceitem uma ação planeada;
- Quantificar as descargas ambientais para o ar, água, e solo relativamente a cada estágio do ciclo de vida e/ou processos que mais contribuem;

- Assistir na identificação de significantes trocas de impactos ambientais entre estágios de ciclo de vida e o meio ambiental.
- Avaliar os efeitos humanos e ecológicos do consumo de materiais e descargas ambientais para a comunidade local, região e o mundo;
- Comparar os impactos ecológicos e na saúde humana entre dois ou mais produtos/processos rivais ou identificar os impactos de um produto ou processo específico;
- Identificar impactos em uma ou mais áreas ambientais específicas de interesse.

3.1.3. Limitações

Várias limitações são apontadas aos estudos de ACV por GUINÉE *et al.* (2001):

- A grande característica da ACV é a sua natureza holística, que é simultaneamente sua maior força e, ao mesmo tempo, a sua limitação. O vasto campo de aplicação da ACV de um produto só pode ser conseguido à custa da simplificação de outros aspectos.
- Em geral todos os processos respeitantes a ACV são baseados na modelagem linear.
- Os resultados alcançados para um estudo em determinada região não podem ser transportados para outras regiões, o mesmo acontecendo com a época em que se realiza o estudo, uma vez que diferenças sociais, econômicas e culturais podem afetar o resultado final;
- Na ACV são focados os aspectos ambientais dos produtos, nada diz acerca das suas questões econômicas, sociais ou outras características;
- Embora a ACV seja baseada numa análise científica, ela envolve um número de pressupostos técnicos e escolhas de valores. A ISO padronização do processo, ajuda a evitar arbitrariedades. É importante fazer as suposições e as escolhas mais transparente possível;

- Incerteza relativa à sua credibilidade, devido às suposições da coleta de dados e determinação de categorias de impacto feitas durante o estudo;
- Os bancos de dados são desenvolvidos em diferentes países e muitas vezes são obsoletos, incomparáveis e de qualidade desconhecida;
- A ACV fornece informação para o suporte de uma decisão. Não se pode dizer que “um estudo de ACV prova que esta decisão tinha que ser tomada”, mas sim que “baseado nesse estudo, a seguinte decisão foi tomada”.

FERREIRA (2004) refere ainda que um estudo ACV necessita normalmente de muitos recursos e pode-se arrastar por muito tempo. Assim, os recursos financeiros deverão ser balanceados com os benefícios previsíveis do estudo.

De acordo com JUNIOR *et al.* (2007), como obstáculo e grande dificuldade para aplicação da metodologia é basicamente a sua complexidade e necessidade de dados detalhados do sistema de produção. Isto dificulta a coleta e o fornecimento de informações técnicas gerais, o que exige maior quantidade de pesquisas e esforços para aprofundar o conhecimento sobre o tratamento desses processos, levando, às vezes, à determinação de um limite do processo a ser estudado, não atendendo todo o processo produtivo como deveria acontecer.

3.1.4. Normatização

Com início de estudos de ciclo de vida sem métodos específicos, tornou-se necessária a padronização da metodologia e o estabelecimento de critérios rígidos para disciplinar a forma como estes estudos devem ser conduzidos (MOURAD *et al.*, 2007).

A maior contribuição para a padronização desta técnica foi dada pela SETAC, que posteriormente orientou os trabalhos de normatização internacional da *International Organization for Standardization – ISO* (VALT, 2004).

As séries relacionadas com ACV são as ISO 14040 (1997). Atualmente existem quatro normas (VALT 2004):

- ISO 14040: *Environmental Management – Life Cycle Assessment – Principles and Framework*, aprovada e publicada internacionalmente em 1997. Esta norma estabelece os princípios básicos e os requisitos para a realização e divulgação dos resultados de estudos de ACV, apresentando a definição dos principais termos, descrevendo os objetivos e aplicações da técnica, identificando e caracterizando as fases da ACV.
- ISO 14041: *Environmental Management – Life Cycle Assessment – Goal and scope definition and inventory analysis*, publicada internacionalmente em 1998. Descreve os requisitos para o estabelecimento do objetivo e escopo de um estudo de ACV, detalhando também as etapas de uma análise de inventário.
- ISO 14042: *Environmental Management – Life cycle assessment – life cycle impact assessment*, publicada em 2000. Apresenta os princípios gerais para a realização de avaliações de impacto, os componentes obrigatórios nestas avaliações, a seleção das categorias de impacto a serem estudadas e descreve as etapas de classificação e de caracterização.
- ISO 14043: *Environmental Management – life cycle assessment – life cycle interpretation*, publicada em 2000. Esta norma apresenta os requisitos e recomendações para interpretação dos resultados de uma análise de inventário ou avaliação de impacto. Descreve a identificação dos pontos relevantes do estudo, a avaliação da qualidade dos dados e a análise de sensibilidade.

Esta série de normas foi revisada, e segundo a ISO houve a junção destas em apenas duas normas:

- ISO/FDIS 14040 – *Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework* (2006).
- ISO/FDIS 14044 – *Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and Guidelines* (2006).

A ISO 14044 substitui as normas ISO 14041, 14042 e 14043. Esta especifica requisitos e fornece orientações para a avaliação do ciclo de vida, incluindo:

- Definição do objetivo e do âmbito da ACV;
- Fase da análise inventário do ciclo de vida;
- Fase da avaliação do impacto do ciclo de vida (AICV);
- Fase da interpretação do ciclo vida;
- Elaboração de relatórios e análise crítica da ACV;
- Limitações do ACV;
- Relação entre as fases da ACV;
- Condições de utilização do valor escolhas e elementos opcionais.

A série de normas contém ainda dois relatórios técnicos, com exemplos de aplicação das normas relativas a ACV e uma especificação técnica sobre o formato da documentação dos dados (MOURAD et al., 2007):

- ISO TR 14047: *Illustrative examples on how to apply ISO 14042*. Aprovado para publicação em 2001 e fornece exemplos de como aplicar a norma ISO 14042.
- ISO TR 14048: *Environmental management – life cycle assessment – LCA data documentation format*, 2002, fornece exemplos sobre a documentação dos dados coletados na ACV.
- ISO TR 14049: *Environmental management – life cycle assessment – examples for the application of ISO 14041 to goal scope definition and inventory analysis*, publicada internacionalmente em 2000, fornece exemplos sobre a aplicação da ISO 14041.

Existem várias maneiras de se conduzir uma ACV devido à complexidade dos sistemas ambientais e às diferentes condições e características ambientais existentes em cada região, conduzindo ao desenvolvimento de modelos alternativos (JUNIOR et al., 2007).

Segundo SOUZA *et al.* (2007) *apud* JUNIOR *et al.* (2007), a respeito da ACV, existem três grupos principais dos métodos: o europeu, o norte-americano e o japonês. O primeiro e o mais avançado contem os métodos específicos aos países europeus. No geral, ambos agregam os dados da população e os valores da caracterização específicos às suas circunstâncias ambientais.

O Brasil ainda enfrenta sérios problemas quanto ao desenvolvimento de uma metodologia adaptada a sua realidade devido a ACV ser altamente dependente das circunstâncias regionais, por esse motivo muitos estudos utilizam a norma ISO 14040 como base (JUNIOR *et al.*, 2007).

Em função das novas edições de 2006 das normas ISO 14040 e ISO 14044, a norma NBR ISO 14040 está sendo revisada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, enquanto as normas NBR ISO 14041 (2004), NBR ISO 14042 (2004) e NBR ISO 14043 (2005) serão canceladas e substituídas pelas novas edições (MOURAD *et al.*, 2007).

3.1.5. Fases da ACV

As principais fases da ACV de um produto são a definição de objetivo e escopo, a análise do inventário, a avaliação de impacto e a interpretação. Através da Figura 2 observa-se que as quatro etapas da ACV estão inter-relacionadas, de modo que o correto desenvolvimento de cada uma destas fases é essencial para o desenvolvimento do estudo (VALT, 2004).

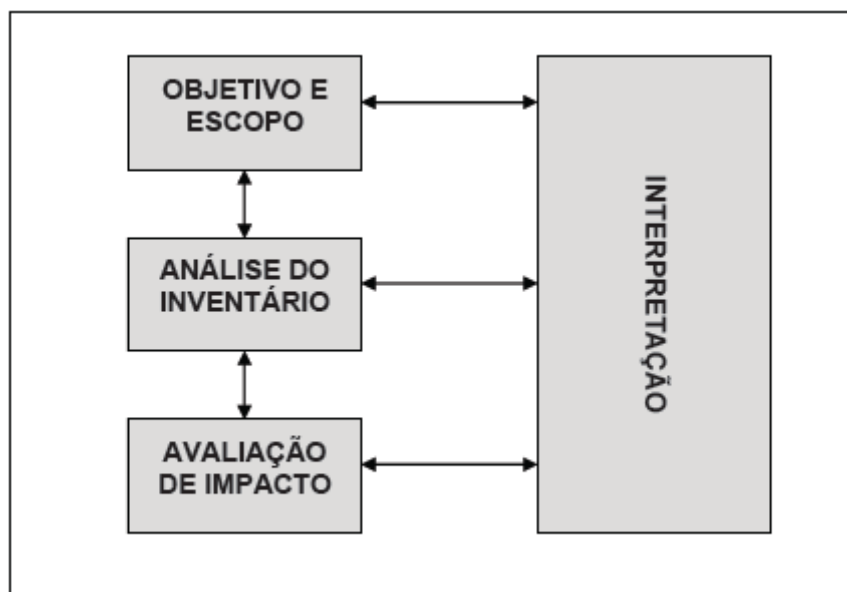


Figura 2 – Fases da ACV. Fonte: ISO 14040, 1997.

3.1.5.1. Definição do Objetivo e Escopo

Segundo a Norma ISO 14041 (1998) o objetivo do estudo de ACV é expor de forma inequívoca a aplicação planeada, as razões para levar a cabo o estudo e a audiência pretendida, i.e, a quem serão comunicados os resultados do estudo.

Para se poder delimitar a ACV, tornando-a exequível, e ao mesmo tempo proveitosa, é fundamental ter o objetivo do estudo muito claro ao longo de todo o processo, permitindo desta forma delimitar os esforços necessários (MEIRA *et al.*, 2003).

Devido à natureza iterativa da ACV, o escopo do estudo pode ser modificado à medida que informações adicionais forem sendo coletadas e quando o sistema estudado for mais bem conhecido (VALT, 2004).

De acordo com FERREIRA (2004), o escopo deve ser suficientemente bem definido para assegurar que a extensão, a profundidade e o detalhe do estudo sejam compatíveis e suficientes, para atingir os objetivos planeados.

Na definição do escopo de um estudo da ACV devem ser considerados e claramente descritos os seguintes itens (NBR ISO 14040, 2001):

- As funções do sistema de produto ou, no caso de estudos comparativos, dos sistemas;
- A unidade funcional;
- O sistema de produto a ser estudado;
- As fronteiras do sistema de produto;
- Procedimentos de alocação;
- Tipos de impacto e metodologia de avaliação de impacto e interpretação subsequente a ser usada;
- Requisitos dos dados;
- Suposições;
- Limitações;
- Requisitos da qualidade dos dados iniciais;
- Tipo de análise crítica, se aplicável; e
- Tipo e formato do relatório requerido para o estudo.

De todos os itens descritos em cima, MOURAD *et al.* (2007) consideram fundamentais os seguintes: Unidade funcional; fronteiras do sistema; alocação; e qualidade e coleta dos dados.

A Norma ISO 14041 (1998) estabelece que o conteúdo mínimo do escopo de um estudo de ACV deve referir-se às suas três dimensões: onde iniciar e parar o estudo do ciclo de vida (a extensão da ACV), quantos e quais subsistemas incluir (a largura da ACV) e o nível de detalhes do estudo (a profundidade da ACV).

3.1.5.2. Análise do Inventário

Esta fase da ACV identifica e quantifica os materiais e energia que entram e saem do sistema, que são levantados na forma de balanços de massa e energia. O que sai do sistema, ou de cada subsistema, um produto secundário comercializado, uma perda de energia, um resíduo gasoso, líquido ou sólido, disposto em aterro, reciclado, etc., deve ser aqui levantado. O mesmo vale para os insumos materiais e energéticos (MEIRA *et al.*, 2003).

Nesta fase é elaborado um fluxograma do sistema em estudo, de modo que as atividades e/ou processos que serão avaliados sejam bem definidos, bem como as fronteiras técnicas do mesmo. Estes dados são compilados e as cargas ambientais do sistema são calculadas e relacionadas à unidade funcional (MOURAD *et al.* 2007).

É importante que os dados venham de fontes seguras. A qualidade das fontes utilizadas deve ser devidamente esclarecida. Se a qualidade dos dados obtidos não for satisfatória para o cumprimento da meta inicialmente estabelecida, devem-se coletar dados adicionais, para melhorar a qualidade ou redefinir a meta e o escopo do estudo (MEIRA *et al.*, 2003).

A análise de inventário é um processo iterativo. Pode ser requerida uma alteração dos procedimentos de recolha de dados, para que os objetivos ainda sejam satisfeitos. Esta alteração deve-se à possibilidade de novos requisitos de dados ou limitações poderem ser identificados à medida que os dados são conhecidos (ISO 14041, 1998).

VIGON (1995) *apud* VALT (2004) refere que os dados relativos aos resíduos sólidos, efluentes líquidos e emissões atmosféricas são normalmente mais difíceis de serem obtidos, principalmente devido à dificuldade de determinação da sua exata composição e da confiabilidade do resultado. Os dados de emissões atmosféricas são freqüentemente disponíveis apenas para os poluentes que são regulamentados, variando bastante de acordo com o tamanho de cada planta e tecnologia utilizada.

LINDFORS (1995) *apud* MEIRA *et al.* (2003), inclui entre as fontes de dados:

- Entrevistas com profissionais que tenham reconhecido conhecimento sobre o assunto;
- Companhias, indústrias que tenham em seus processos os elementos estudados;
- Normas técnicas;
- Fatores de emissão;
- Literatura técnica;
- Informações dentro das companhias, indústrias;
- Fornecedores;
- Bancos de dados prontos de ACV;
- Software de ACV.

3.1.5.3. Avaliação dos Impactos do Ciclo de Vida (AICV)

A SETAC *apud* FERREIRA (2004) define a AICV como um processo técnico, quantitativo e/ou qualitativo, para caracterizar e avaliar os efeitos das cargas ambientais identificadas na componente inventário.

MOURAD *et al.* (2007) menciona que a AICV os dados são interpretados em termos de seus impactos ambientais, por exemplo, acidificação, eutrofização, mudanças climáticas (aquecimento global), etc.

Há muitas metodologias disponíveis para fazer a análise quantitativa/qualitativa que essa fase do estudo requer, como, por exemplo, metodologias de AIA (Avaliação de Impacto Ambiental), análises de risco, análises de melhorias técnicas e econômicas, entre outras. As metodologias são geralmente muito detalhadas e complexas. A escolha vai depender dos objetivos estabelecidos na primeira fase do estudo. (MEIRA *et al.*, 2003).

É recomendado que, seja qual for a metodologia escolhida, as seguintes etapas não podem deixar de ser consideradas (MEIRA *et al.*, 2003):

- Seleção e Definição das Categorias: São identificados os grandes focos de preocupação ambiental, as categorias e os indicadores que o estudo utilizará (estes se relacionam a efeitos ou impactos ambientais conhecidos, efeitos tóxicos, aquecimento global, acidificação, saúde humana, exaustão dos recursos naturais, etc.). As categorias devem ser estabelecidas com base no conhecimento científico dos processos e mecanismos ambientais. Não sendo sempre possível, admite-se que, em alguns casos muito específicos, o julgamento de valores possa substituir parte do conhecimento científico.
- Classificação: Os dados do inventário são classificados e agrupados nas diversas categorias, anteriormente identificadas. A atribuição adequada é crucial nesses casos para a relevância e validade da avaliação do impacto.
- Caracterização: Onde os dados do inventário atribuídos a uma determinada categoria são modelados, para que os resultados possam ser expressos na forma de um indicador numérico para aquela categoria.

Esta etapa de caracterização encerra a fase de AICV em muitos estudos de ACV (MOURAD *et al.*, 2007). De acordo com a norma ISO 14042 (2000), esta é a última etapa dos elementos obrigatórios desta fase.

A estrutura metodológica e científica para avaliação de impacto ainda está sendo desenvolvida. Modelos de categorias de impacto estão em estágios diferentes de desenvolvimento. Não há nenhuma metodologia aceita de forma geral para a associação consistente e acurada de dados de inventário com impactos ambientais potenciais específicos (NBR ISO 14040, 2001).

Existe subjetividade na fase da AICV, tal como a escolha, a modelagem e a avaliação de categorias de impacto. Portanto, transparência é crítica na avaliação de impacto para assegurar que as suposições sejam claramente descritas e relatadas (NBR ISO 14040, 2001).

3.1.5.4. Interpretação do Ciclo de Vida

Nesta fase é feito um resumo dos resultados da análise de inventário e da avaliação de impacto obtido no estudo. Os resultados desta fase são conclusões e recomendações (MOURAD *et al.*, 2007).

De acordo com a norma ISO 14043 (2000), a interpretação deve incluir a identificação dos impactos ambientais significativos; avaliação do estudo em relação a sua completeza, sensibilidade e consistência; assim como conclusões e recomendações de implementação de melhorias com a finalidade de reduzir os impactos ambientais significativos.

As conclusões obtidas após a análise dos resultados permitem a identificação de pontos críticos do ciclo de vida do produto que necessitam de melhorias, possibilitando a implementação de estratégias de produção, como a substituição e recuperação de materiais e a reformulação ou substituição de processos, visando a preservação ambiental (VALT, 2004).

Tal como já referido na fase de Análise do Inventário e conforme representado na figura 2, o estudo de ACV é iterativo e, portanto, informações obtidas na última fase podem ainda afetar as fases anteriores. Quando isso sucede, as

fases iniciais devem ser re-trabalhadas considerando esta nova informação. Portanto, em estudos de ACV é comum o trabalho das várias fases paralelamente.

3.1.6. ACV e a complementaridade com outras ferramentas de análise

O estudo de ACV não determina qual o produto ou processo é o mais caro ou funciona melhor. A informação disponibilizada pela ACV deve ser usada como uma componente de um processo de decisão que tem outras componentes, por exemplo, o custo e a performance (FERREIRA, 2004).

Um produto pode ser analisado através da ACV e ao mesmo tempo, através de uma avaliação de risco, dando particular ênfase aos impactos ambientais locais. Ambos os tipos de dados podem ser relevantes para a decisão a tomar (GUINÉE *et al.*, 2001).

Outra utilização complementar é a utilização da ACV e a Análise do Fluxo de uma Substância. Esta é particularmente apropriada se uma substância específica domina o produto, por exemplo, o cádmio nas baterias recarregáveis ou os fosfatos nos detergentes. Para uma única substância os mecanismos de mercado podem assim também se tornar parte da análise (GUINÉE *et al.*, 2001).

Quando da presença de importantes aspectos econômicos, poderá ser realizada uma análise do Custo do Ciclo de Vida (*Life Cycle Costing* – LCC) (GUINÉE *et al.*, 2001).

O objetivo de todas estas ferramentas é oferecer oportunidades para os diferentes tipos de análise em consonância com as exigências da decisão de dada situação. Estas têm todas limitações, nomeadamente a disponibilidade de dados corretos. Esta conjugação de ferramentas tem objetivo de longo prazo, em vez de o atingir no curto prazo. No entanto, deve ser utilizada e é certamente válida numa tomada de decisão (GUINÉE *et al.*, 2001).

3.1.7. Software de ACV

A ACV é hoje um freqüente método para avaliar o potencial impacto dos produtos, processos ou serviços no ambiente. Para tornar o processamento e o cálculo da ACV mais fácil foram desenvolvidos softwares específicos (UNGER *et al*, 2004).

Os processos ambientais são inúmeras vezes muito complexos, fazendo com que seja difícil elaborar uma ACV. Adicionalmente a ACV fornece muitas vezes inúmeros dados. Os computadores e software constituem ferramentas adequadas para apoiar os utilizadores na gestão, editando essas quantidades de dados. O software de ACV contribui para estrutura do cenário modelado, exibindo as cadeias do processo e apresentando e analisando os resultados (UNGER *et al*, 2004).

Existe uma grande variedade de ferramentas de software de ACV no mercado, disponibilizando diferentes gamas de recursos, podendo-se centralizar num campo específico de ACV ou abrangendo diferentes campos de aplicação (UNGER *et al*, 2004).

Entre os utilizadores desta ferramenta incluem-se: cientistas e pesquisadores, que possuem um bom conhecimento e interpretação do contexto e dos recursos do método de ACV; a indústria, cuja utilização deste software surge no sentido de melhorar a sua performance ambiental, otimizando processos e desenvolvendo novos produtos; e os responsáveis por tomadas de decisão, que necessitando de comparar diferentes soluções, podem utilizar para esse fim o software de ACV (UNGER *et al*, 2004).

Ainda UNGER *et al* (2004) referem que independentemente do usuário e do tipo ACV utilizado, existem uma série de propriedades e características que são essenciais para uma boa qualidade desta ferramenta: Estrutura e exibição dos processos; transparência, flexibilidade e fácil manejo; base de dados; métodos de cálculo, incerteza e variabilidade de análises; propriedades metodológicas; serviço e suporte. A consideração do custo é também importante e, embora a metodologia entre a análise do Custo Ciclo de Vida (CCV) e ACV sejam diferentes, podem ser praticamente integradas uma na outra.

O preço é apontado como a grande desvantagem deste tipo de software, podendo atingir os milhares de Euros, tornando-se proibitivos para os potenciais utilizadores, muito embora salientando que também existem software gratuitos. Os dados e a sua qualidade são referidos como um dos responsáveis pela formulação final do preço (UNGER *et al*, 2004).

3.1.7.1. Software SimaPro

O software de ACV SimaPro foi a ferramenta escolhida para contribuir para a elaboração das respectivas ACV dos diferentes processos de tratamento.

É produzido pela empresa holandesa de consultoria Pré-Consultans (BARBOSA, 2001) e a sua primeira versão foi lançada em 1990, sendo o mais bem sucedido software de ACV do mundo, e uma ferramenta comprovada, confiável e flexível, utilizada por grandes industrias, consultorias e universidades (LAY, 2007).

Segundo BARBOSA (2001), este software ajuda a recolher, analisar e monitorizar a informação ambiental para produtos e serviços incluindo a caracterização, análise de danos, normalização e avaliação. Permite modelar e analisar ciclos de vida complexos de uma forma clara e transparente, seguindo as recomendações da série ISO 14040 (1997).

Algumas das vantagens da utilização do SimaPro são as seguintes (KIAN, 2007):

- Interface do utilizador intuitiva e de acordo com a norma ISO 14040;
- Fácil modelação;
- Modelagem parametrizada com análises de cenários;
- ACV híbrida com base de dados de entradas e saídas;
- Possibilidade de ligação para o Excel;
- Cálculo da avaliação do impacto direto de cada fase do modelo.

Embora possua muitas vantagens, SILVA (2007) refere que para determinadas aplicações pode ser uma ferramenta demasiado complexa. Também o

fato de possuir uma enorme biblioteca poderá ser uma desvantagem, iludindo o utilizador, fazendo com que este standardize os processos.

3.2. Resíduos de Serviços de Saúde (RSS)

3.2.1. Definição e origem

A resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA – n.º 358 de 29 de Abril de 2005, define Resíduos de Serviços de Saúde (RSS) como aqueles resultantes de atividades exercidas nos serviços relacionados com o atendimento à saúde humana ou a animal, que por suas características, necessitam de processos diferenciados em seu manejo, exigindo ou não tratamento prévio à sua disposição final.

Os RSS são gerados nas etapas de atendimento, cuidado, diagnóstico e tratamento de pacientes em estabelecimentos tais como hospitais, farmácias, drogarias, clínicas veterinárias, consultórios médicos, clínicas médicas e odontológicas, ambulatórios, laboratórios de análises clínicas e patológicas, centros de hemoterapia, unidades de hemodiálise e em centros de pesquisa biomédica (CUSSIOL, 2005).

3.2.2. Classificação

Segundo a resolução CONAMA n.º 358/2005, os RSS são classificados em quatro grupos: Grupo A – Resíduos com a possível presença de agentes biológicos que, por suas características de maior virulência ou concentração, podem apresentar risco de infecção; Grupo B – Resíduos químicos; Grupo C – Resíduos radioativos; Grupos D – Resíduos comuns; Grupo E – materiais perfurocortante.

Esta resolução determina que os resíduos sólidos pertencentes ao grupo A não podem ser dispostos no meio ambiente sem tratamento prévio que assegurem eliminação das características de periculosidade do resíduo, a preservação dos

recursos naturais e o atendimento aos padrões de qualidade ambiental e de saúde pública.

3.2.3. Riscos associados aos RSS

Entre os diversos tipos de resíduos produzidos pelo homem, estão os RSS, os quais se tornam de extrema importância pela capacidade que possuem de infectar e contaminar o meio ambiente e a saúde humana, uma vez que compreendem, entre outros, resíduos radioativos, químicos perigosos e microbiológicos patogênicos (vírus, bactérias, protozoários e fungos) (SOUZA, 2006).

Os microrganismos presentes nos RSS não tratados são fontes de contaminação da saúde humana e ambiental, uma vez que sobrevivem por tempo considerável no interior do lixo hospitalar (SOUZA, 2006).

Além dos parâmetros microbiológicos dos RSS, como a presença de bactérias, vírus, fungos e protozoários, somam-se os parâmetros físico-químicos, como umidade, carbono, hidrogênio, enxofre, sólidos, voláteis, poder calorífico, cloro e cloretos, com possível ação degradante ao meio ambiente (SOUZA, 2006).

Devido ao potencial infeccioso degradante e poluente contra o meio ambiente e infeccioso contra a saúde humana, os resíduos de serviços de saúde exigem atenção especial e técnicas corretas de manejo e gerenciamento, desde a etapa de geração até o momento de disposição final (SOUZA, 2006).

3.3. Caracterização dos Processos de Tratamento de RSS

Partindo do pressuposto que os processos de tratamento abordados neste trabalho são todos eles eficazes no tratamento dos RSS, a caracterização seguinte centrar-se-á não na questão de como se efetua o tratamento propriamente dito (aspectos biológicos e físico-químicos responsáveis pela eliminação dos microorganismos), mas sim nos restantes elementos adjacentes ao processo de tratamento, no âmbito do objetivo do trabalho proposto, entre os quais a

caracterização dos equipamentos (microondas e autoclave) e do produto envolvido na desinfecção, no caso da cal.

3.3.1. Forno de Microondas

O forno de microondas (MO) é um equipamento que passou a fazer parte da maioria dos lares nas duas últimas décadas. Mas a sua utilização não se restringe apenas ao uso doméstico. Em laboratórios de química o forno de MO pode ser utilizado para auxiliar em trabalhos rotineiros, tais como: preparo de amostras analíticas, esterilização de materiais, secagem de vidrarias, etc. (BARBOZA *et al*, 2001).

Segundo SANSEVERINO (2001) “as microondas são radiações eletromagnéticas não ionizantes, que possuem uma frequência que vai de 300 a 300.000 MHz e que corresponde a comprimentos de onda de 1mm a 1m. A região de microondas situa-se entre a região de infravermelho e ondas de rádio no espectro eletromagnético”.

Segundo o IBAN (2001) a utilização de um forno de microondas é uma das técnicas utilizadas para a desinfecção dos RSS.

“Os RSS que utilizam microondas e/ou ondas de rádio de baixa frequência para esterilização passam por um processo de fragmentação para redução de dimensão e de volume e são umedecidos previamente até cerca de 10% em massa. [...] As ondas eletromagnéticas, quer sejam microondas, ou de rádio de baixa frequência, aquecem as moléculas de água, que, por sua vez, aquecem toda a massa de resíduos à temperatura em torno de 100°C, por um tempo determinado, suficiente para a desinfecção dos RSS” (IPT/CEMPRE, 2000 *apud* REBELATTO, 2006).

3.3.1.1. Constituição

Os fornos microondas utilizam várias combinações de circuitos elétricos e dispositivos mecânicos para produzir e controlar a energia das microondas para aquecimento. De um modo geral os sistemas de forno de microondas podem ser divididos em duas seções fundamentais: a seção de controlo e a seção de alta tensão. A seção de controlo consiste em um temporizador (eletrônicos ou eletromecânicos), um sistema para controlar ou governar a potência, e vários dispositivos de proteção interligados. Os componentes na secção de alta tensão servem para a passagem da tensão existente em casa em alta tensão. A alta voltagem é então convertida em energia de microondas (GALLAWA, 1997).

Apesar das duas grandes seções referidas anteriormente, as estruturas básicas presentes no forno microondas podem-se dividir em 6 grandes grupos (BURGOS, 2008):

- Magnetron
- Fonte de Alta Tensão (A.T.)
 - Transformador de alta tensão
 - Diodo de A.T.
 - Capacitor de A.T
- Motores e Lâmpada
- Circuitos de Proteção
 - Fusível de 15 A
 - Fusíveis térmicos
 - Micro chaves de segurança
- Circuitos de Controle
 - Fonte de alimentação da placa
 - Transformador da placa
 - Varistor
 - Relês da placa
 - Displays
 - Transistores da placa
 - Membrana

- Parte Mecânica
 - Cavity
 - Door
 - Panel
 - Cabinet

Segundo RIAZ (2008), os materiais que constituem os diversos componentes de um forno de microondas são os seguintes: metais, entre os quais aço inoxidável e galvanizado; plásticos; e vidro.

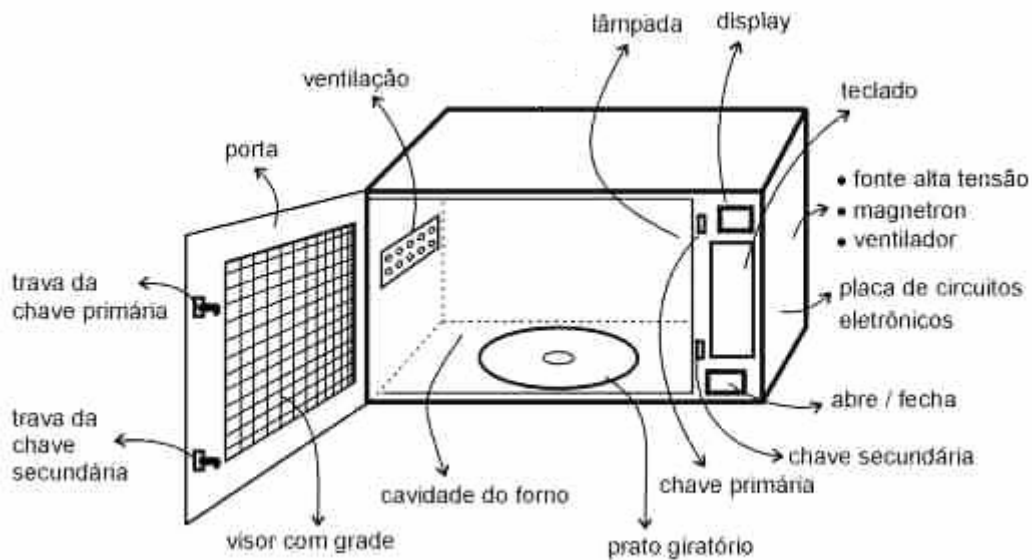


Figura 3 – Constituição de um forno de microondas convencional.

Fonte: LETRONET, 2008.

3.3.1.2. Funcionamento

Seguidamente descreve-se o funcionamento do forno de microondas sinteticamente.

A eletricidade percorre o cabo de alimentação e entra no forno microondas, através de uma série de fusíveis de segurança e proteção dos circuitos. Estes incluem vários circuitos fusíveis e protetores térmicos que são concebidos para desativar o forno em caso de um curto circuito ou se ocorrer um sobre aquecimento. Se todos os

sistemas estiverem operacionais, a eletricidade atravessa os circuitos interligados. Quando a porta do forno está fechada, é estabelecida uma conexão através de uma série de interruptores de segurança interligados.

Na seção de alta tensão, o transformador de alta tensão junto com um arranjo especial diodo e capacitor aumentam a tensão típica doméstica, até cerca de 3000 volts. Esta tensão é a necessária para que o chamado “coração” do forno microondas, o *magnetron*, gere as microondas (GALLAWA, 1997).

O magnetron consiste de um dispositivo sob vácuo, que converte energia elétrica em MO numa frequência de 2450 MHz. Uma diferença de potencial constante é aplicada entre o ânodo (que é um cilindro circular oco) e o cátodo. Os elétrons são acelerados do cátodo para o ânodo, mas a presença de um forte campo magnético (produzido por ímãs colocados entre os dois pólos) faz com que os elétrons descrevam uma trajetória curva e sigam um caminho em espiral, produzindo radiofrequência (RF). Posteriormente, por um mecanismo mais complexo, ocorrerá a emissão de ondas eletromagnéticas por uma antena colocada diretamente sobre o ânodo. As ondas produzidas serão guiadas por um guia de onda até a cavidade contendo o material a ser aquecido. As paredes metálicas do forno absorvem muito pouco da energia. A maior parte é refletida e dissipada em um dispositivo (*dummy load*), que evita que as MO danifiquem a válvula. (BARBOZA et al, 2001).

O tempo de vida útil de um forno microondas é de aproximadamente nove anos. Este tempo para a substituição do aparelho foi obtido tendo em conta que este não pode ser reparado ou os custos de reparação são demasiado elevados. Isto não implica, porém, que durante a sua vida útil o aparelho não necessite de manutenção (AHAM, 1996). Outros autores referem o tempo de vida de um forno de microondas de dez anos (MASANET et al, 2005). O magnetron, a principal peça do forno de microondas, possui também um tempo de vida útil de aproximadamente 10 anos (FORTES, 2008).

3.3.2. Autoclave

A autoclave é um aparelho bastante utilizado em ambiente hospitalar e que permite a esterilização de material contaminado a uma temperatura elevada, através do contacto com o vapor de água, por períodos de tempo suficientes para destruir todos os agentes patogênicos. O processo inclui ciclos de compressão e de descompressão de forma a facilitar o contato entre o vapor e os materiais contaminados. Os valores usuais de pressão são da ordem de 3 a 3,5 bar e a temperatura atinge 135°C. Este procedimento tem a vantagem de ser relativamente simples e poder ser utilizado para a desinfecção de diversos tipos de materiais hospitalares (SOARES, 2005).

O IBAM (2001) refere que a autoclavagem era utilizada originalmente na esterilização de material cirúrgico, sendo depois adaptado e desenvolvido para a esterilização de resíduos. Os resíduos permanecem nesta câmara durante um determinado tempo até se tornarem estéreis, havendo o descarte da água por um lado e dos resíduos pelo outro.

3.3.2.1. Constituição

Segundo a PHOENIX (2008), fabricante de equipamentos científicos, uma autoclave para pequenas unidades de saúde, logo também ela de reduzidas dimensões, é constituída pelos seguintes componentes:

- Câmara interna
- Tampa
- Sistema de Fechamento da Tampa
- Resistência
- Reservatório Externo
- Gabinete
- Painel de Controle
 - Manômetro, display e teclas de controle.

- Sistema Eletrônico de Segurança
- Sistema Mecânico e Elétrico de Segurança
 - Válvula de alívio e fusível de proteção.

A PHOENIX (2008) refere que uma autoclave é constituída pelos seguintes materiais: aço inoxidável, latão, cobre e plástico.



Figura 4 – Exemplo de uma autoclave de pequenas dimensões.

Fonte: SISMATEC, 2008.

3.3.2.2. Funcionamento

A autoclavagem é composta basicamente das seguintes operações (SOARES, 2005):

- Pré-vácuo. Criam-se condições de pressões negativas de forma que, na fase seguinte, o vapor entre mais facilmente em contacto com os materiais a serem esterilizados.
- Admissão de vapor. Introdução de vapor na autoclave, seguido do aumento gradual da pressão, de forma a criar condições para o contacto entre a água superaquecida e os materiais, e para facilitar sua penetração nos invólucros, dando acesso a todas as superfícies.
- Esterilização. Manutenção de temperaturas e pressões elevadas durante determinado período de tempo, ou seja, até se concluir o processo. De

acordo com a carga, o operador deve definir o tempo e a temperatura de cada ciclo.

- Exaustão lenta. Libertação gradual do vapor que passa por um filtro com poros finos o suficiente para evitar a passagem de qualquer microrganismo para o exterior da autoclave, e permitir a diminuição gradual da pressão até que seja atingida uma atmosfera.
- Arrefecimento da carga. Arrefecimento da carga até uma temperatura que permita a retirada dos materiais da autoclave.

O tempo de vida útil de uma autoclave é de aproximadamente 10 anos (NORTHWESTERN UNIVERSITY, 2007).

3.3.3. Cal

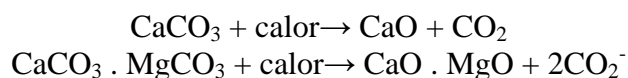
Segundo NODA & REGO (1993) apud SOARES (2005) algumas cidades brasileiras dispõem os RSS em valas e empregam a cal hidratada na tentativa de eliminar microrganismos patogênicos.

REGO *et al* (1993) apud SOUZA (2005) refere que o uso da cal em valas sépticas para eliminação de microrganismos patogênicos não apresenta resultado efetivo, não havendo redução significativa destes nos ensaios por ele realizado.

Quando não utilizado em complementaridade com o sistema de disposição em valas sépticas, o uso de cal é um método eficaz de desinfecção de RSS, como comprovam estudos recentes (REBELATTO, 2006).

A utilização de cal tem por objetivo a ação neutralizadora e bactericida devido ao óxido de cálcio presente na sua constituição. Esta utilização pode ser adotada por municípios conscientes do problema e carentes de recursos financeiros (OROFINO, 1996 apud REBELATTO, 2006).

A cal é o principal produto derivado dos calcários/dolomitos/conchas calcárias. É obtida através de uma reação química simples (calcinação):



A calcinação consiste na decomposição térmica dos calcários/dolomitos/conchas calcárias da qual resulta a formação de dois produtos, cal e dióxido de carbono. Esta reação, quimicamente bem estabelecida em relação às massas moleculares é reversível para ambos os carbonatos de cálcio e de magnésio. O resultado da calcinação dos carbonatos de cálcio e de cálcio-magnésio são respectivamente, os óxidos de cálcio (CaO) e cálcio-magnésio (CaO-MgO), denominados genericamente de cal virgem ou cal área ou cal viva (SOARES, 2005).

Quando provém de rochas carbonatadas puras, a cal virgem é um produto inorgânico branco. Quando tem impurezas, apresenta colorações cremes, amareladas e levemente cinza. Seu odor é equivalente ao “terroso” (SOARES, 2005).

Do seguimento do processo industrial que dá origem à cal virgem resulta a cal hidratada. A reação química que a produz, com a presença de água é uma clássica “reação de fases sólido-líquida”. Dependendo do volume de água utilizada para a reação, o produto final pode ser seco ou com aspectos de creme, lama, leite ou solução saturada.

Resultando da hidratação do óxido de cálcio obtém-se ao hidróxido de cálcio (cal hidratada), de acordo com a seguinte reação: $\text{CaO(s)} + \text{H}_2\text{O(l)} \Rightarrow \text{Ca(OH)}_2\text{(s)}$.

O hidróxido de cálcio apresenta-se como um pó branco, alcalino (pH 12,8), pouco solúvel em água (1,2 g/litro de água, à temperatura de 25° C).

Cal hidratada (Ca(OH)₂) é o nome genérico de todas as formas de hidratos. Mas a cal hidratada propriamente dita se apresenta como pó seco, com 17% a 19% de água combinada (quando dolomítica normal) e 24% a 27% de água combinada (quando cálcica ou hidratada sob pressão). As restantes formas de hidratos têm nomes próprios (SOARES, 2005):

- Cal hidratada úmida. Resultante da hidratação com acesso de água;
- Pasta de cal – cal virgem hidratada com 30 a 45% de água livre;
- Lama de cal – quando o volume de água livre vai de 55 a 73%;
- Leite de cal – quando o volume vai de 80 a 99%;

- Água de cal - quando o hidrato está em solução pura, saturada ou não, sem qualquer sólido em suspensão: solubilidade a 10°C – 1,33g / litro para CaO e 0,01g/ litro para MgO.

A cal hidratada sob pressão - é o produto resultante do processo ao qual é submetida à cal virgem de natureza dolomítica ou magnésiana, para ter todos os seus óxidos transformados em hidratos. A principal diferença entre os dois processos – pressão atmosférica e sobpressão é a utilização de uma autoclave como câmara de hidratação onde cal virgem e água são introduzidas com fluxo constante em peso e volume (SOARES, 2005).

Na tabela 1 estão descritas as propriedades da cal virgem e da cal hidratada.

Tabela 1 – Características da cal virgem e cal hidratada.

<i>PROPRIEDADES</i>	<i>CAL VIRGEM</i>	<i>CAL HIDRATADA</i>
Composição química	CaO; CaO, MgO	Ca(OH) ₂ ou Ca (OH) ₂ Mg (OH) ₂
Sistema cristalização	Cúbico	Hexagonal
Porosidade	18 a 48%	-
Peso específico	3 a 3,6 g/cm ³	2,3 a 2,9 g/cm ³
Densidade aparente	880 a 960 kg/m ³	400 a 640 kg/m ³
Dureza	2 a 3	2 a 3
Coef. de expansão	138 x 10 ⁻⁷ °C	3,34 x 10 ⁻⁵ °C
Condutividade térmica	0,0015 a 0,002 cal/cm/seg/°C	-
Calor específico	0,17 a 0,32	0,27 a 0,37
Calor formação	151.900 a 143.750 cal/mole	8.000 a 153.000 cal/mole
Ângulo de repouso	50 a 55°C	70°C
Solubilidade	-	1,33 g CaO/l a 10°C

REBALATTO (2006), afirma que a cal, por ser uma substância alcalina forte e normalmente de preço reduzido, é utilizada em diversas atividades relacionadas com a preservação das condições sanitárias e de higiene nas grandes e pequenas comunidades. Com a alcalinidade que transmite ao meio, a maioria dos microrganismos não encontram um meio adequado para o seu crescimento. O pH do

resíduo infectante aumenta pela adição da cal e com um tempo de contato adequado, os microrganismos são destruídos.

No mercado pode-se encontrar cal virgem (CaO) e cal hidratada (Ca(OH)_2). A cal virgem deve ser extinta com água antes de ser utilizada, convertendo-se em Ca(OH)_2 , operação que libera muito calor. A cal hidratada não necessita desta etapa, sendo a mais disponível no mercado, porém é mais cara que a cal virgem (SANTOS, 2003).

3.3.3.1. Processo Fabricação

O processo de fabricação da cal segundo GARAY (2008) inicia-se na jazida de calcário é realizado de acordo com as seguintes etapas:

1. Furação, que varia em número e profundidade de acordo com os estudos geológicos pré-existentes, quantidade de rocha que se deseja desmontar e até mesmo a granulometria desejada no minério desmontado.
2. O explosivo é colocado nos furos para que a detonação seja efetuada e o desmonte da rocha aconteça.
3. A rocha desmontada é carregada com o auxílio de pá carregadeiras em caminhões e transportada até o britador, equipamento que efetuará a britagem das rochas nas dimensões desejadas e adequadas para a próxima etapa do processo. A rocha transportada até o britador é britada, onde a granulometria desejada é obtida por meio de regulagem do equipamento conjugado com peneiramento.
4. As pedras são transportadas ao forno, podendo este transporte ser por meio de pás carregadeiras e caminhões ou por meio de transportadores mecânicos como exemplo as correias e cintas transportadoras.
5. Calcinação da rocha calcária e transformação em cal num dos principais equipamentos do processo, o forno. As pedras irão permanecer no seu interior para que as reações ocorram sendo que o tempo de permanência da pedra no interior do forno esta diretamente ligado ao tipo de forno que a linha

produtiva dispõe. A principal reação que ocorre no interior do forno durante a calcinação é descarbonatação do calcário que se dá por meio da ação do calor que é obtido no forno através da queima do combustível. Os combustíveis utilizados são de várias origens sendo os mais utilizados: lenha, serragem, borracha, gás natural, biogás, óleos minerais e até mesmo resíduos industriais ou um mix dos combustíveis citados.

6. A descarga do forno se dá de forma contínua ou intermitente (batelada) a depender do tipo de forno e o produto obtido nesta etapa é a cal virgem em pedra que após o resfriamento já possui diversos tipos de aplicação podendo assim ser comercializada ou alimentada às fases seguintes do processo. Nesta etapa do processo, a cal virgem em pedra poderá seguir caminhos distintos sendo um para a produção de cal virgem em pó ou um outro para a produção da cal hidratada.
7. A cal virgem em pedra é armazenada para resfriamento e posteriormente transportada para a fase seguinte do processo, a hidratação.
8. A hidratação, como é conhecida esta etapa, normalmente ocorre nos hidratadores, denominação utilizada para o conjunto de equipamentos utilizados nesta etapa do processo. A forma de hidratação bem como os equipamentos utilizados podem variar bastante de acordo com a linha produtiva uma vez que muitas linhas realizam uma etapa de pré-hidratação utilizando a cal virgem em pedra quando ainda armazenadas em montes enquanto outras possuem equipamentos mais modernos e automatizados onde a hidratação ocorre após a moagem da cal virgem em pedra.
9. Após a hidratação a cal, agora denominada de cal hidratada, é armazenada para posteriormente ser ensacada ou mesmo comercializada a granel.

3.3.4. Vantagens e desvantagens dos processos tratamento RSS

De acordo com a literatura pesquisada os processos de tratamento de RSS acima referenciados apresentam diversas vantagens e desvantagens, descritas na Tabela 2.

Tabela 2 – Vantagens e desvantagens dos processos tratamento de RSS.

Tratamento	Vantagens	Desvantagens
Microondas	<ul style="list-style-type: none"> • Ausência de emissão de efluentes de qualquer natureza (IBAM, 2001); • Reduz o volume do resíduo em torno de 80% devido à prévia trituração (MATTIOLI <i>et al</i>, 2002); • As microondas trabalham muito rápido e o RSS é aquecido por dentro, já que as microondas podem penetrar no material diretamente (MATTIOLI <i>et al</i>, 2002). 	<ul style="list-style-type: none"> • Redução do volume de resíduos a ser aterrado obtido somente na trituração (IBAM, 2001); • As microondas não podem aquecer o material que está seco e é poroso, sem a necessidade de certa quantidade de umidade; • Triturar o resíduo antes de ser esterilizado não é recomendável porque este processo pode ser perigoso pois o triturador se infectaria com o resíduo (MATTIOLI <i>et al</i>, 2002).
Autoclave	<ul style="list-style-type: none"> • Custo operacional relativamente baixo; • Não emite efluentes gasosos e o efluente líquido é estéril; • Manutenção relativamente fácil e barata (IBAM, 2001). • Facilidade na instalação e operação do sistema; • Opera em condição higiênica e segura (MATTIOLI <i>et al</i>, 2002). • Pode ser realizada no próprio gerador (SOUSA, 2007) 	<ul style="list-style-type: none"> • Não reduz o volume dos resíduos, a não ser que haja trituração prévia (IBAM, 2001); • Não garantia de que todas as bactérias sejam totalmente destruídas na faixa da temperatura de trabalho (MATTIOLI <i>et al</i>, 2002). • Os sacos plásticos utilizados para acondicionar os resíduos, dificultam a penetração do vapor, mesmo quando abertos (SOUSA, 2007)
Cal	<ul style="list-style-type: none"> • Preço reduzido (REBALATTO, 2006). 	<ul style="list-style-type: none"> • Incerteza na eliminação total de microrganismos (REGO & RAGO, 1993 <i>apud</i> REBALATTO, 2006).

4. METODOLOGIA

4.1. ACV dos processos de tratamento de RSS

4.1.1. Definição do objetivo e escopo

Segundo a norma ISO 14041, estabeleceu-se o objetivo do estudo de forma clara e sem qualquer possibilidade de segunda interpretação.

Para o escopo da ACV, de acordo com o proposto pela norma ISO 14041, foram incluídos os seguintes itens:

- A função do produto ou serviço;
- A unidade funcional;
- As fronteiras espaciais e pressupostos;
- Os dados necessários para a caracterização do sistema;
- Limitações do estudo;
- O tipo de avaliação de impacto a serem utilizados.

4.1.1.1. Estabelecimento da unidade funcional

Para o estabelecimento da unidade funcional foram consideradas as seguintes condições:

- Produção e Tratamento de 1 kg por dia de RSS;
- Vida útil da autoclave: 10 anos. Após este período o equipamento será descartado como resíduo;
- Vida útil do forno de microondas: 10 anos. Após este período o equipamento será descartado como resíduo;
- Os equipamentos (forno e autoclave) têm uso exclusivo para a desinfecção dos resíduos;
- Produção durante 320 dias/ano durante 10 anos - 3200 kg de resíduos.

Unidade funcional: tratamento (desinfecção completa) de 3200 kg de RSS em 10 anos.

4.1.1.2. Fronteiras espaciais e pressupostos

Para o estabelecimento dos diversos processos elementares a considerar no estudo foram definidas as seguintes condições:

- A fase de transporte para os resíduos resultantes do tratamento através de microondas e autoclave não são considerados, pois o resíduo é considerado comum, não necessitando de transporte especializado, podendo ser recolhido com os restantes resíduos comuns;
- A fase de aterro para os resíduos resultantes do tratamento das três alternativas não será considerada na avaliação ambiental, pois acontecem nas mesmas condições nos demais métodos considerados;
- Por outro lado serão considerados os impactos resultantes da disposição final dos equipamentos (forno de microondas e autoclave), ao final de sua vida útil (cenário mais desfavorável);
- Para o tratamento com autoclave a disposição final dos sacos de plástico é considerada, pois a sua massa é adicionada ao resíduo quando este é depositado no aterro.
- Relativamente à cal, a fase de transporte considera a coleta do resíduo no estabelecimento produtor. Na sequência o resíduo será tratado com cal no próprio local do aterro. Nesta avaliação, a massa de resíduo de entrada não será considerada como contribuinte ao aterro sanitário. Apenas a massa de cal adicionada no tratamento será considerada como contribuinte ao aterro sanitário. Este procedimento simplificador deve-se ao fato que a massa de resíduo de entrada é a mesma nos três casos;
- Os tratamentos com autoclave e microondas são feitos na fonte geradora;
- O processo de desinfecção com cal será feito nas instalações do aterro.

- Após tratamento por autoclave, microondas e cal os resíduos serão considerados comuns;
- As alternativas 1, 2 e 3 recorrem ao mesmo tipo de aterro sanitário após tratamento;

Assim, objectivando a unidade funcional e as fronteiras espaciais e pressupostos foram estabelecidos para os diversos tratamentos os seguintes processos elementares a incluir no estudo:

Microondas: Produção do equipamento + produção dos recipientes plásticos + uso (eletricidade) + aterro (equipamento)

Autoclave: Produção do equipamento + produção dos sacos plásticos para autoclave + uso (eletricidade + água) + aterro (equipamento e sacos plástico)

Cal: Produção de cal + transporte + aterro (cal).

4.1.1.3. Dados necessários

Para análise do inventário, segundo a norma ISO 14041, foram coletados os dados qualitativos e quantitativos para cada processo unitário incluído dentro dos limites do sistema.

A coleta de dados considera os fluxos de entrada e de saída, sendo um processo complexo e intensivo em recursos, podendo os procedimentos adotados variar com o âmbito, o sistema e a aplicação pretendida para a ACV.

Os dados foram obtidos das empresas que operam os processos específicos.

Para os dados não disponíveis diretamente, foram utilizados dados de outras fontes potenciais, tais como:

- Dados de projeto dos processos;

- Cálculos de engenharia baseados na química e tecnologia dos processos;
- Estimativas de operações similares;
- Bases de dados publicadas.

Os dados foram baseados num período de tempo suficientemente longo, para atenuar comportamentos anormais, tais como paragens de máquinas ou perturbações no processo.

O gerenciamento das informações e sistematização dos processos foram realizados através do software específico de ACV, SimaPro 7.1.6. A apresentação em inglês de certas figuras e resultados deve-se às condições de entrada de dados deste mesmo software.

4.1.1.4. Limitações do estudo

A principal limitação do estudo é os dados relativos à produção dos equipamentos (microondas e autoclave) e da cal. Não foi possível obter todos os dados necessários para uma caracterização mais profunda. Contudo, não estando o objetivo do estudo centralizado apenas na produção dos equipamentos e da cal, mas sim em todas as restantes etapas consideradas para o tratamento da unidade funcional, este efeito é de certa forma atenuado.

Existem diversos métodos de AICV, todos eles com uma certa subjetividade inserida, como por exemplo, a escolha, a modelagem e a avaliação de categorias de impacto. Para além desta subjetividade este estudo é também limitado no sentido da utilização de um único método de AICV (EDIP 2003), que não permite a comparação de resultados com outros métodos, que poderiam eventualmente ser diferentes.

Os potenciais de impactos são avaliados individualmente, pois representam efeitos distintos e independentes. Para a sua comparação, eles precisam ser normalizados para um padrão com a mesma unidade. Esta normalização depende de dados regionais e nacionais com relação às categorias de impactos, os quais não existem no Brasil.

4.1.2. Análise do Inventário do Ciclo de Vida

A análise do inventário do ciclo de vida (ICV) compreende o planejamento e a coleta das informações necessárias para atingir o objetivo definido no estudo.

Um fluxograma técnico do processo é desenhado, de acordo com as fronteiras do sistema, quantificando as principais entradas e as saídas de cada processo elementar. O impacto ambiental associado a eles ainda não é conhecido nesta fase.

4.1.2.1. Microondas

Os dados considerados para o processo de tratamento por microondas são os seguintes:

Produção do equipamento

Microondas 18 l	Quantidade	Unidade
Materiais/montagem		
X6Cr17 (430) I	15	kg
Glass (virgin)	1	kg
Aluminium 0% recycled ETH S	0,03	kg
Acrylic varnish, 87.5% in H2O, at plant/RER S	1	kg
Copper I	0,05	kg
Glass fibre I	0,2	kg
PVC (s) I	0,1	kg
Zinc I	0,05	kg
Cardboard cellulose S B250	2	kg
PS (EPS) B250 (1998)	0,5	kg
Cable, three-conductor cable, at plant/GLO S	3	m
Processes		
Electricity, high voltage, production BR, at grid/BR S	0,000036	TJ

Figura 5 – Quantidades de materiais e eletricidade usados no processo de fabrico.

Produção de recipientes plásticos

Para a colocação dos resíduos no forno são necessários recipientes. Foram considerados recipientes de 100g de polietileno de alta densidade: uso de dois por ano ou 20 recipientes para a unidade funcional.

Uso do forno de microondas

O consumo do forno de microondas segundo REBELATTO (2006), baseado na potência nominal do aparelho utilizado (900 W) e no tempo necessário para a desinfecção de 1kg de RSS, são consumidos 0,075 kWh.

Para a unidade funcional: $0,075 \times 3200 = 240$ kWh.

4.1.2.2. Autoclave

Para o processo tratamento por autoclave foram considerados os seguintes dados:

Produção do equipamento

Nome parte	Material	Peso estimado (kg)
Câmara interna	Aço inox	20
Tampa	Aço inox	10
Anel vedação	Borracha silicone	0,3
Cabos (fechamento tampa)	Baquelite	0,7
Resistência elétrica	Aço Ni Cr	0,5
Reservatório	Al	1,5
Gabinete (chapas)	Aço carbono	7
Tinta	Acrílico vinil	1
TOTAL		41

Figura 6 – Materiais que constituem a autoclave e o respectivo peso estimado.

Produção de sacos de autoclave

Para o tratamento de um kg de RSS é necessário um saco de autoclave. Estes recipientes têm 5g em polipropileno. Para a unidade funcional são usadas 3200 unidades.

Uso da autoclave

- Consumo de energia

Resultados experimentais apontam para que o consumo de energia da autoclave depende da temperatura inicial à qual ela se encontra. Uma vez que a autoclave foi considerada de uso exclusivo para o tratamento de 1 kg de RSS por dia, considerou-se uma temperatura inicial de 25°C. Para esta temperatura o consumo obtido foi de 0,5 kWh. Para a unidade funcional: $0,5 \times 3200 = 1600$ kWh.

- Consumo de água

A autoclave gasta 0,15 litros de água por ciclo de tratamento de 1kg de resíduo. Por unidade funcional: $0,15 \times 3200 = 480$ litros de água.

4.1.2.3. Cal

Foram considerados os seguintes dados:

Produção da Cal

Nome		
Cal		
Materiais/montagem		
Lime, hydrated, packed, at plant/CH S	1600	kg
Processos		
Truck 16t B250	320	tkm

Figura 7 – Produção de cal.

Consumo de Cal

Para o tratamento de 1 kg de resíduo num período de 20 dias é necessário 50 % de cal. O que equivale a 0,5 kg de cal. Para a unidade funcional são precisos 1600 kg.

Transporte

- A distância de transporte da fábrica de cal ao ponto de uso foi de 200 km;
- A distância de transporte do resíduo a tratar com cal até o ponto de tratamento foi estimada em 60 km.

4.1.3. Construção de um indicador ambiental de ACV

Para examinar o sistema de desinfecção sob uma perspectiva ambiental, devem-se relacionar os resultados do inventário (etapa anterior) às categorias de impacto e transformá-los em resultados dos indicadores de categorias.

Pretende-se com esta etapa:

- Tornar os resultados mais relevantes, compreensíveis e fáceis de comunicar;
- Melhorar a legibilidade dos resultados, reduzindo o número de parâmetros para um por categoria ou um índice único, permitindo, desta maneira, a comparação entre sistemas.

De acordo com a norma ISO 14044 (ISO, 2006), a Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida (AICV) é composta de seis elementos, sendo três de realização compulsória e três opcionais. Esta divisão, que corresponde às etapas metodológicas desta fase, é referente à objetividade e a subjetividade inserida por eles.

- Seleção: consiste na determinação de quais categorias de impacto, indicadores e modelos de caracterização, serão adotados. A escolha baseia-se nos objetivos e escopo da pesquisa.
- Classificação: correlaciona as cargas ambientais do ICV dentro das diferentes categorias de impacto ambiental, sendo possível que uma mesma carga seja computada em uma ou mais categorias.
- Caracterização: envolve a conversão das cargas classificadas para unidades comuns e a agregação dos resultados convertidos dentro da categoria de impacto. Para isso, faz-se uso dos fatores de caracterização, resultando em um índice numérico.
- Normalização: é o primeiro elemento de realização facultativa. Nela, os indicadores de impacto são relacionados a uma situação de referência, fornecendo informação sobre a significância relativa dos resultados dos indicadores de categorias.
- Agrupamento (agregação): envolve a ordenação dos resultados caracterizados, e normalizados, em um ou mais conjuntos. É muito útil para a análise e apresentação dos resultados.
- Ponderação: consiste na atribuição de pesos (fatores de ponderação) a cada categoria de impacto ou conjunto, destacando sua importância relativa com relação aos demais. A determinação dos fatores de ponderação é um processo inteiramente subjetivo, que pode ser baseado no conhecimento, história, experiências e preferências de quem os estabelece.

Existem vários métodos para a construção de indicadores ambientais. Para este trabalho foram selecionadas as condições propostas pelo método EDIP 2003.

O método EDIP2003, *Environmental Design of Industrial Products*, é resultante do trabalho da Universidade Técnica da Dinamarca (DTU) em cooperação com o Instituto de Desenvolvimento de Produto (IPL), a Confederação das Indústrias Dinamarquesas, a Agência de Proteção Ambiental Dinamarquesa, o Ministério do Meio Ambiente da Dinamarca e as cinco maiores indústrias dinamarquesas (TACHARD; OMETTO, 2007). Foi desenvolvido para avaliar os impactos

ambientais de produtos e materiais e para a incorporação das considerações ambientais no desenvolvimento de novos produtos.

Como referências de normalização, o EDIP utiliza o consumo de recursos e os impactos potenciais que a sociedade impõe ao meio ambiente e ao ambiente de trabalho a cada ano, relacionados à população que contribui para a intervenção ambiental na escala geográfica escolhida, que pode ser: a Dinamarca, quinze países da União Europeia – EU 15 – ou o mundo. Desta forma, as referências, baseadas no ano de 1994, são definidas como “impacto potencial por ano por pessoa” ou “equivalente por pessoa”.

O procedimento de ponderação utilizado pelo EDIP 2003 é baseado nos objetivos de redução da política ambiental da Dinamarca para as substâncias que contribuem para as categorias de impacto. O ano das referências de ponderação é 2004.

Os valores para normalização e ponderação adotados são os apresentados na Figura 8.

Categoria de impacto	Fator de normalização	Fator de ponderação
Potencial de aquecimento global (PAG)	1.15 E-7	1.3
Redução da camada de ozônio	4.95 ^E -3	23
Acidificação	8.06 ^E -6	1.3
Eutrofização	3.36 ^E -6	1.2
Formação de foto-oxidantes	5.00 ^E -6	1.2
Eco-toxicidade aquática crônica	2.13 ^E -6	2.3
Eco-toxicidade aquática aguda	2.08 ^E -5	2.3
Eco-toxicidade terrestre crônica	3.33 ^E -5	2.3
Toxicidade humana via arr	1.09 ^E -10	2.8
Toxicidade humana via água	1.69 ^E -5	2.5
Toxicidade humana via solo	3.23 ^E -3	2.5
Lodos	7.41 ^E -4	1.1
Resíduos perigosos	4.83 ^E -2	1.1
Resíduos radioativos	2.86 ^E 1	1.1
Cinzas/ escórias	2.86 ^E -3	1.1
Recursos	0	0

Figura 8 – Valores de normalização e ponderação do método EDIP 2003.

O inventário completo de todas as substâncias que contribuem para as categorias de impacto listadas acima pode ser visto em anexo.

A unidade escolhida para apresentação dos resultados provenientes do método EDIP 2003 é *milipontos (mPt)* ou *pontos (Pt)*, consoante a escala adotada para uma melhor visualização dos resultados. 1 *Pt* = 1000 *mPt*. Quanto maior o número de *mPt* ou *Pt* maior é o impacto.

No final, será apresentado o indicador ambiental para os três processos de tratamento, resultado da soma dos pontos obtidos em cada categoria de impacto normalizada e ponderada.

4.2. Avaliação do ciclo econômico dos processos tratamento de RSS

A construção do indicador econômico será realizada a partir do ICV.

Este indicador visa demonstrar custos associados à unidade funcional, neste caso, o custo relativo à desinfecção de uma quantidade determinada de RSS com uma eficiência dada e ao longo de um período de tempo de referência.

Os custos de investimentos (e eventualmente de manutenção) serão distribuídos ao longo do período de tempo considerado e adicionados aos custos de operação.

As mesmas considerações feitas para a análise ambiental são válidas para a análise econômica do processo, incluindo ainda:

- Taxa interna de retorno mensal = $0,14580\% + 0,5\% = 0,64580\%$
- Após o uso os equipamentos (microondas e autoclave) não apresentarão valor residual.
- Custo do kWh: R\$ 0,41719 (CELESC, 2008).
- Custo do aterro: estes valores serão desconsiderados da avaliação, pois ocorrem em todos os sistemas considerados, não constituindo diferenciais de análise. Além do mais o resíduo estando desinfectado pode ser gerido como resíduo classe II.

O custo mensal equivalente dos equipamentos para o horizonte de 10 anos será:

$$A = P \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right]$$

Onde:

A = valor equivalente mensal

P = valor presente do forno de microondas

i = taxa de juros (mensal) = 0,64580 % a.m

n = número de períodos (meses)

O valor presente correspondente às manutenções dos equipamentos é calculado pela seguinte fórmula:

$$PV = \frac{FV}{(1+i)^n}$$

Onde:

PV = Valor presente

FV = Valor futuro

i = taxa de juros (mensal) = 0,64580 % a.m

n = número de períodos (meses)

Os resultados serão apresentados em termos de custos/unidade funcional, custo/mês e custo/kg de resíduo tratado.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Análise Ambiental

Segue-se a análise ambiental dos três métodos analisados. São apresentados para os três processos individualmente: os fluxos; o resultado da análise do impacto do ciclo de vida da unidade funcional (tabela); a contribuição de cada uma das etapas nas diferentes categorias de impacto; a análise de impactos normalizados e ponderados para as diferentes categorias de impacto; e a distribuição dos impactos nas diferentes etapas do ciclo de vida.

Seguidamente apresenta-se a comparação dos três métodos, em simultâneo, no que diz respeito aos seus impactos nas diferentes categorias de impacto, com valores normalizados e ponderados. Por último é realizada a análise final dos três métodos, após resultado da soma dos pontos obtidos anteriormente em cada categoria de impacto.

Todos os resultados apresentados são produto dos dados geridos pelo software Simapro 7.1.6, e do método de AICV considerado, EDIP 2003.

5.1.1. Microondas

Na Figura 9 apresenta-se o fluxo do processo do tratamento por microondas. Para uma melhor visualização do diagrama, foi reduzido o seu grau de detalhe, omitindo alguns elementos menos significativos, entre os quais, na etapa da produção do forno de microondas. Também a etapa de produção do recipiente plástico por ter pouco peso relativo foi omitida.

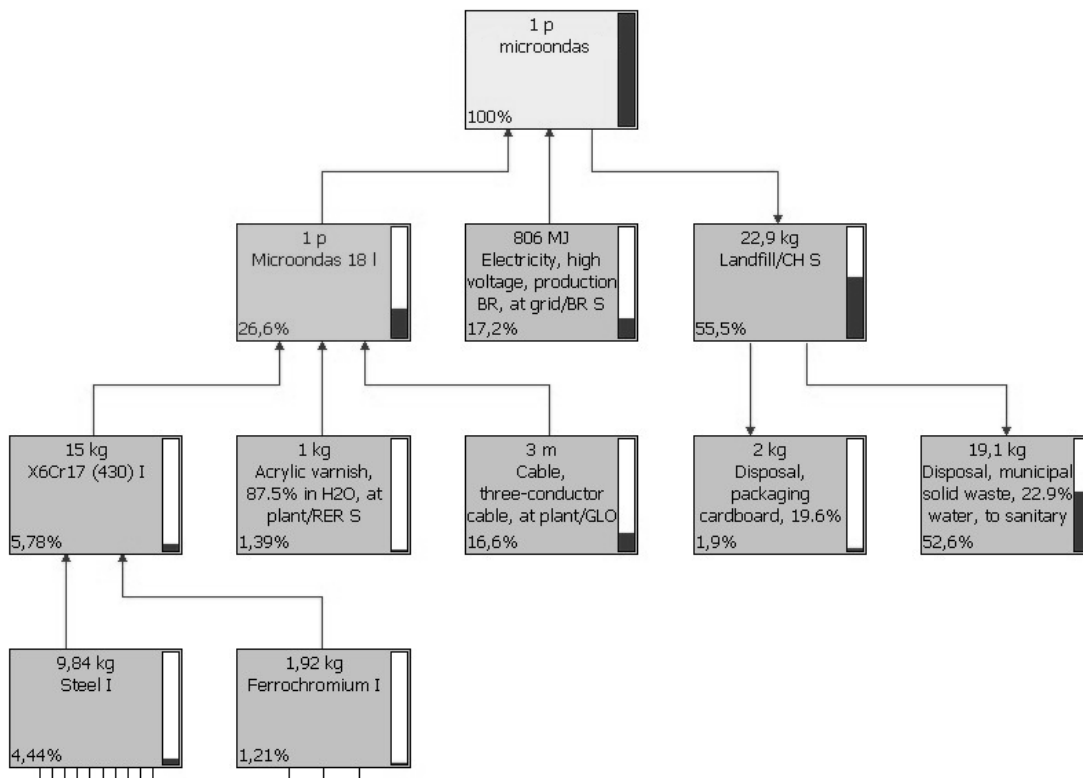


Figura 9 – Fluxo do processo, microondas.

O fluxo do processo permite uma visualização dos vários elementos considerados na ACV da unidade funcional, colocada no topo do fluxo. Como fluxo de entrada para o processo de tratamento através de microondas está a etapa da produção do forno de microondas e ainda a eletricidade gasta por este para a desinfecção dos RSS. A disposição final do equipamento no aterro sanitário corresponde ao fluxo de saída.

A Tabela 3 apresenta o resultado da análise de impacto do ciclo de vida da unidade funcional. As categorias de impacto e os modelos de caracterização são aqueles propostos pelo método EDIP 2003. A gestão dos dados foi realizada com o auxílio do software Simapro 7.1.6.

Tabela 3 – Análise de impactos do processo de tratamento por microondas.

Categorias de impacto	Unidade	Total	Microondas 181	Eletricidade, BR	Aterro sanitário	Uso do recipiente microondas
Aquecimento global	kg CO ₂ eq	96,38290083	41,24659709	34,17492174	15,85664222	5,104739779
Redução do ozono	kg CFC ₁₁ eq	4,90692E-06	2,79608E-06	2,01095E-06	7,51362E-08	2,47602E-08
Formação de ozono (Vegetação)	m ² .ppm.h	745,3574456	283,3966985	224,6124705	193,2288828	44,11939379
Formação de ozono (Humanos)	person.ppm.h	0,056035615	0,019814482	0,017364905	0,015499974	0,003356254
Acidificação	m ²	7,544696863	6,459479423	0,740629611	0,088810324	0,255777504
Eutrofização terrestre	m ²	4,6982782	3,573739232	0,851049576	0,070389689	0,203099703
Eutrofização aquática (N)	kg N	0,029098294	0,016134164	0,003062042	0,009117415	0,000784672
Eutrofização aquática (P)	kg P	0,000539426	0,000179941	0,000122686	0,000190234	4,65648E-05
Toxicidade humana via ar	m ³	3590037,065	1048059,526	464353,1087	2071872,812	5751,617575
Toxicidade humana via água	m ³	6391,474391	604,9295377	52,13881925	5705,186167	29,21986698
Toxicidade humana via solo	m ³	15,24257788	7,48543718	5,376943477	2,364127918	0,016069304
Eco-toxicidade aquática crônica	m ³	63862,24083	7721,794106	552,9904419	55408,00998	179,4463015
Eco-toxicidade aquática aguda	m ³	26369,73029	617,0281102	180,614219	25514,6523	57,43566927
Eco-toxicidade terrestre crônica	m ³	26,93426674	10,52906152	16,12639447	0,271352825	0,007457928
Resíduos Perigosos	kg	0,058015407	0,048940223	0,000421944	5,93203E-05	0,00859392
Escórias / Cinzas	kg	0,031544404	0,01338895	0,001862532	0,015754992	0,00053793
Resíduos volumosos	kg	38,81461056	10,04867552	5,7211056	22,98715101	0,057678432
Resíduos radioativos	kg	0,001648204	0,000646354	0,000976211	2,54979E-05	1,41545E-07
Recursos (todos)	kg	0,058490844	0,05710913	0,001196122	4,92116E-05	0,000136381

Uma melhor visualização da contribuição (%) de cada um dos sistemas elementares (etapas) nas diferentes categorias de impacto pode ser observada na Figura 10.

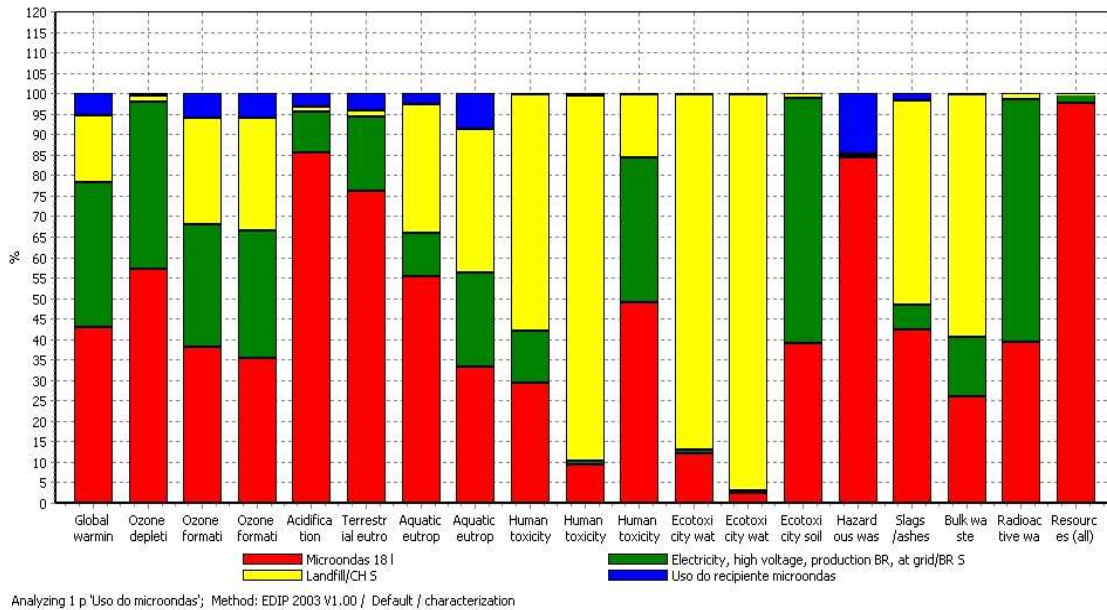


Figura 10 – Microondas. Contribuição (%) de cada um dos sistemas elementares na análise global.

Através da observação da Figura 10 constata-se que a contribuição (%) das quatro etapas consideradas (*produção microondas, produção de eletricidade, aterro e uso do recipiente*) é bastante variável consoante a categoria de impacto. O valor de uma etapa pode atingir cerca de 97% numa determinada categoria (por ex. a *produção do microondas* na categoria de impacto *recursos*), ao mesmo tempo que noutra categoria (por ex. *eco-toxicologia aquática aguda*), o valor é na ordem dos 2%.

É notório o pouco peso relativo do *uso do recipiente* na quase totalidade das diferentes categorias de impacto.

Na Figura 11 encontram-se as mesmas categorias de impactos analisadas, mas os resultados obtidos são normalizados e ponderados de acordo com os fatores de normalização e ponderação do método EDIP 2003. A unidade adotada para apresentação dos valores é *mPt*.

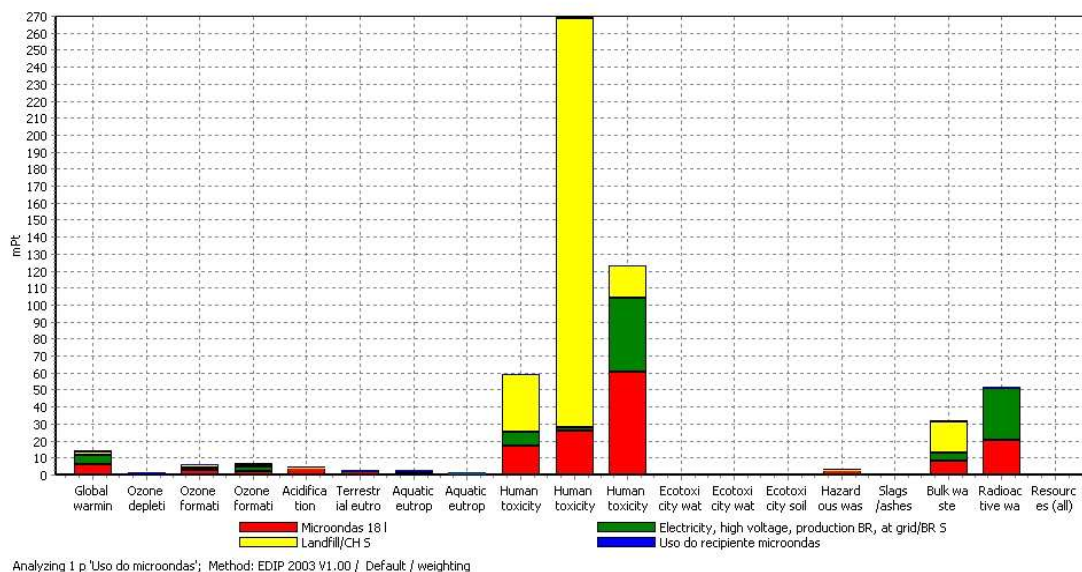


Figura 11 – Análise de impactos normalizados e ponderados para o microondas.

Após a normalização e ponderação dos valores, verifica-se através da Figura 11 que a grande maioria das categorias de impacto não apresentam um peso relativo significativo.

Os maiores impactos verificam-se nas diversas *toxicidades humanas* (via ar, água e solo). A *toxicidade via água* tem o maior impacto, onde a etapa *aterro* tem o maior peso relativo, sendo responsável pela quase totalidade do impacto nesta categoria.

As categorias de impacto *resíduos radioativos* e *resíduos volumosos* apresentam ainda alguma relevância.

Tal como o esperado, a etapa *uso do recipiente* não apresenta mais uma vez um peso relevante em nenhuma categoria de impacto, uma vez que o peso relativo de cada etapa dentro de cada categoria não se altera após a normalização e ponderação dos resultados.

Na Figura 12 pretende-se apresentar o quanto contribui cada uma das etapas elementares do processo para o impacto do ciclo de vida da unidade funcional.

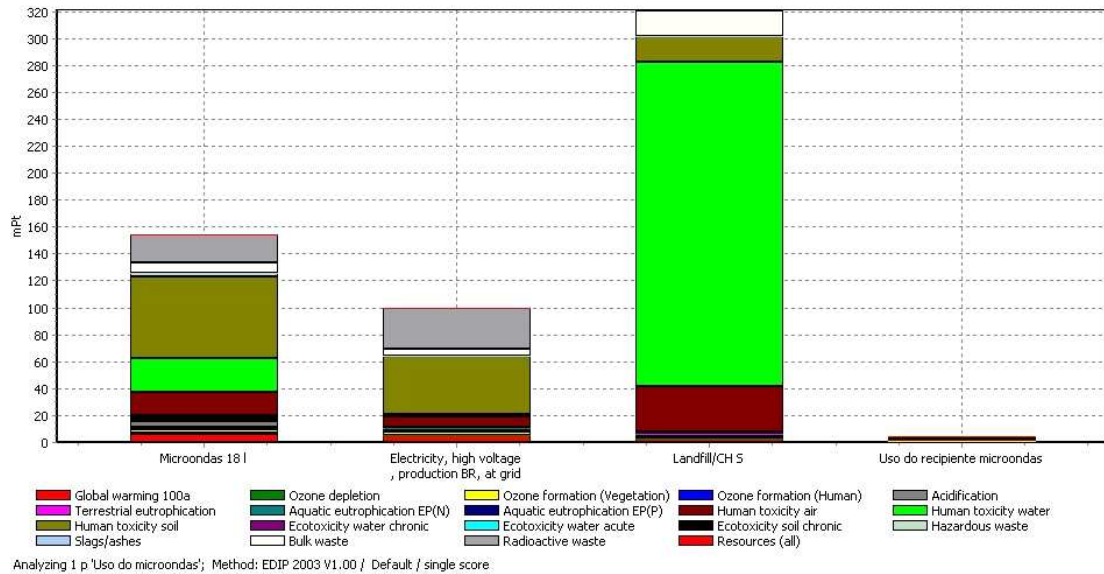


Figura 12 – Distribuição dos impactos nas etapas do ciclo de vida do microondas.

Como demonstra a Figura 12, de todas as etapas consideradas para a ACV do processo de tratamento por microondas, a etapa do aterro do equipamento é a que maior impacto tem, correspondendo a mais de metade do impacto total. Seguem-se a etapa de produção do equipamento e do consumo de eletricidade.

Dentro da etapa do *aterro* verifica-se que o impacto da *toxicidade humana via água* é responsável por mais de metade do impacto total desta etapa.

A contribuição da etapa do uso do recipiente para o impacto total é praticamente inexistente.

5.1.2. Autoclave

Na Figura 13 apresenta-se o fluxo do processo do tratamento por autoclave. Tal como para o processo por microondas, para uma melhor visualização do diagrama, foi reduzido o grau de detalhe, omitindo alguns elementos menos significativos. Entre os quais encontra-se a etapa correspondente à utilização de água, que por ter um impacto muito reduzido, não consta do diagrama.

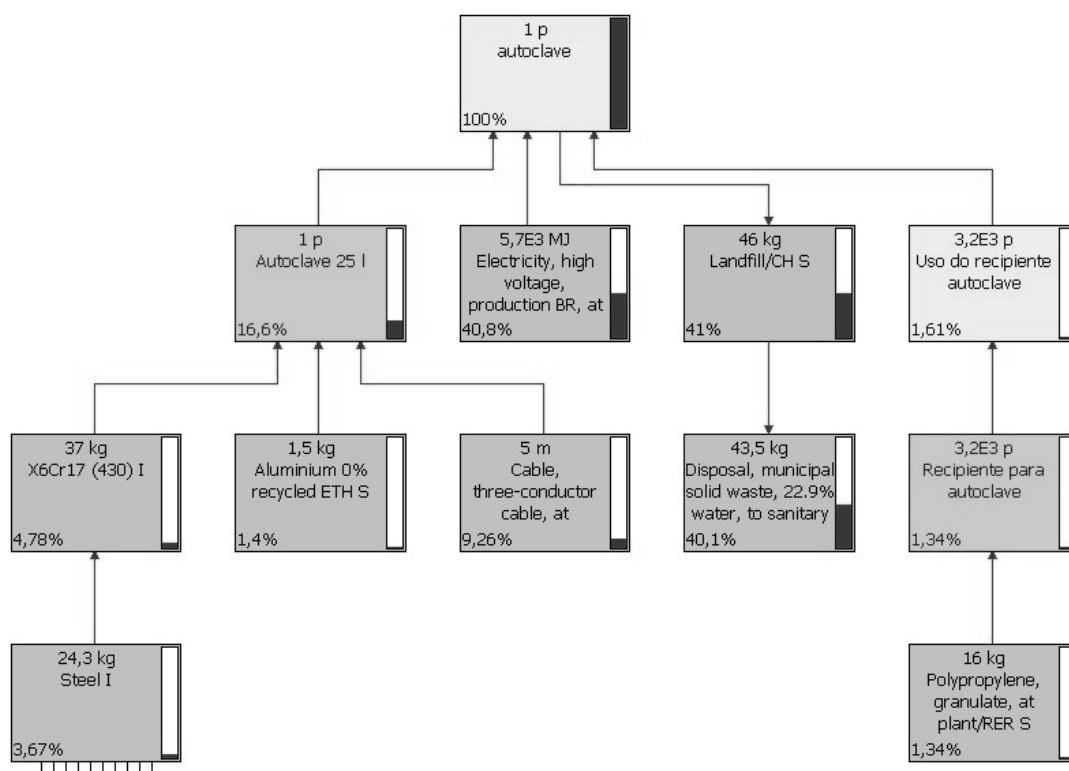


Figura 13 – Fluxo do processo, autoclave.

O fluxo do processo permite uma visualização dos vários elementos considerados na ACV da unidade funcional, colocada no topo do fluxo. Como fluxo de entrada para o processo de tratamento através da autoclave está a etapa da produção do equipamento, a eletricidade gasta por este para a desinfecção dos RSS e o uso do recipiente. A disposição final do equipamento no aterro sanitário corresponde ao fluxo de saída.

A Tabela 4 apresenta o resultado da análise de impacto do ciclo de vida da unidade funcional. As categorias de impacto e os modelos de caracterização são aqueles propostos pelo método EDIP 2003. A gestão dos dados foi realizada com o auxílio do software Simapro 7.1.6.

Tabela 4 – Análise de impactos do processo de tratamento por autoclave.

<i>Categorias de Impacto</i>	<i>Unidades</i>	<i>Total</i>	<i>Autoclave 25 l</i>	<i>Electricidade, BR</i>	<i>Aterro</i>	<i>Uso do recipiente autoclave</i>	<i>Uso da água torneira</i>
Aquecimento global	kg CO ₂ eq	407,287464	99,32192053	241,3603848	28,68007812	37,83616582	0,08891474
Redução do ozono	kg CFC ₁₁ eq	2,61307E-05	1,15707E-05	1,42023E-05	1,55182E-07	1,96572E-07	5,951E-09
Formação de ozono (Vegetação)	m ² .ppm.h	2806,786813	580,7977045	1586,325573	349,6899585	289,533329	0,44024849
Formação de ozono (Humanos)	person.ppm.h	0,213167166	0,040522659	0,122639642	0,028033944	0,02193964	3,1281E-05
Acidificação	m ²	18,60867256	11,59674617	5,23069663	0,169758901	1,607147454	0,0043234
Eutrofização terrestre	m ²	14,75155648	7,171173692	6,010537634	0,145128771	1,420231137	0,00448525
Eutrofização aquática (N)	kg N	0,079660968	0,03391589	0,021625674	0,018365001	0,005737411	1,6991E-05
Eutrofização aquática (P)	kg P	0,002495071	0,000378444	0,000866471	0,000433308	0,000815932	9,1516E-07
Toxicidade humana via ar	m ³	9574797,094	2000744,811	3279493,83	4176147,48	88153,89033	30257,0819
Toxicidade humana via água	m ³	14756,00916	1342,429476	368,230411	12884,14178	158,0584382	3,1490548
Toxicidade humana via solo	m ³	57,56947672	14,24844965	37,97466331	5,241433337	0,094820221	0,0101102
Eco-toxicidade aquática crônica	m ³	336734,705	15789,59849	3905,494996	315900,2575	914,6154916	224,738561
Eco-toxicidade aquática aguda	m ³	145281,8626	1505,725794	1275,587922	141999,5588	295,0830353	205,907045
Eco-toxicidade terrestre crônica	m ³	135,3901726	20,80234886	113,8926609	0,58273698	0,086635925	0,02578992
Resíduos Perigosos	kg	0,141660756	0,080689996	0,002979982	0,000126279	0,05785856	5,9393E-06
Escórias / Cinzas	kg	0,129724402	0,017767996	0,013154132	0,088981769	0,00975168	6,8824E-05
Resíduos volumosos	kg	90,73271357	3,833131104	40,4053083	46,14207375	0,272425078	0,07977534
Resíduos radioativos	kg	0,007980811	0,001011592	0,006894489	5,28355E-05	7,55668E-07	2,1139E-05
Recursos (todos)	kg	0,125082501	0,115462306	0,00844761	0,000103253	0,001057756	1,1576E-05

A Figura 14 permite uma melhor visualização da contribuição (%) de cada um dos sistemas elementares nas diferentes categorias de impacto.

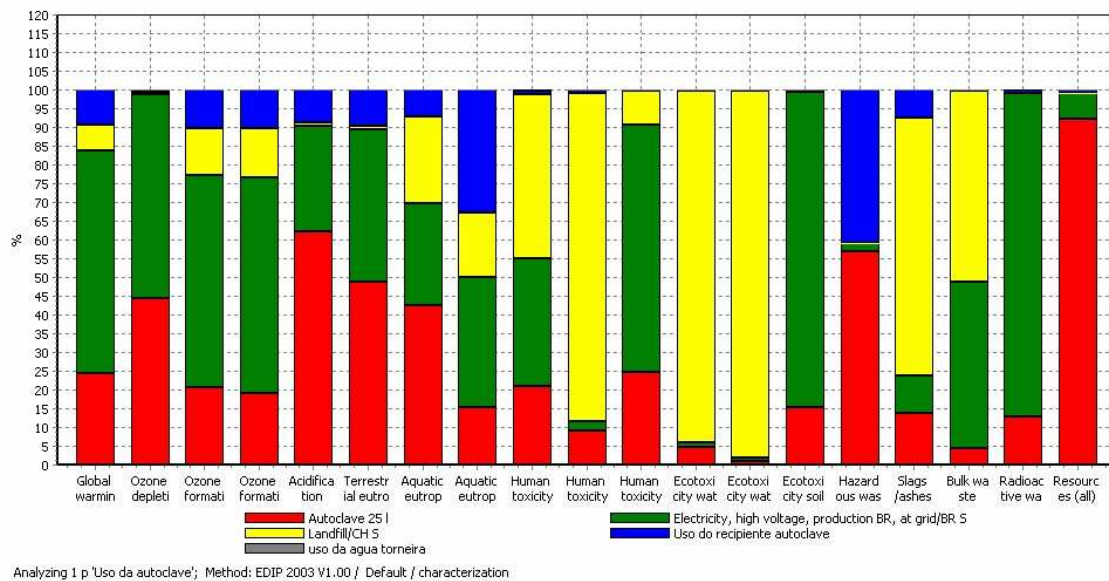


Figura 14 – Autoclave. Contribuição (%) de cada um dos sistemas elementares na análise global.

É possível verificar, através da observação da Figura 14, que a contribuição (%) das cinco etapas consideradas (*produção autoclave, eletricidade, aterro, uso do recipiente e uso da água torneira*) é bastante variável consoante a categoria de impacto. A título de exemplo, a etapa *aterro* é responsável pela quase totalidade do impacto *na eco-toxicologia aquática crônica e aguda*. No entanto, o seu peso relativo na categoria *acidificação* é praticamente inexistente.

O *uso da água torneira* é, no geral, a etapa que menor peso relativo apresenta nas diversas categorias. Também o *uso do recipiente* na maioria das categorias tem um peso relativo pouco relevante, com exceção para a *eutrofização aquática (P)* e *resíduos perigosos*.

Na Figura 15 encontram-se as categorias de impactos analisadas com os resultados normalizados e ponderados de acordo com os fatores de normalização e ponderação do método EDIP 2003. A unidade adotada para apresentação dos valores é *mPt*.

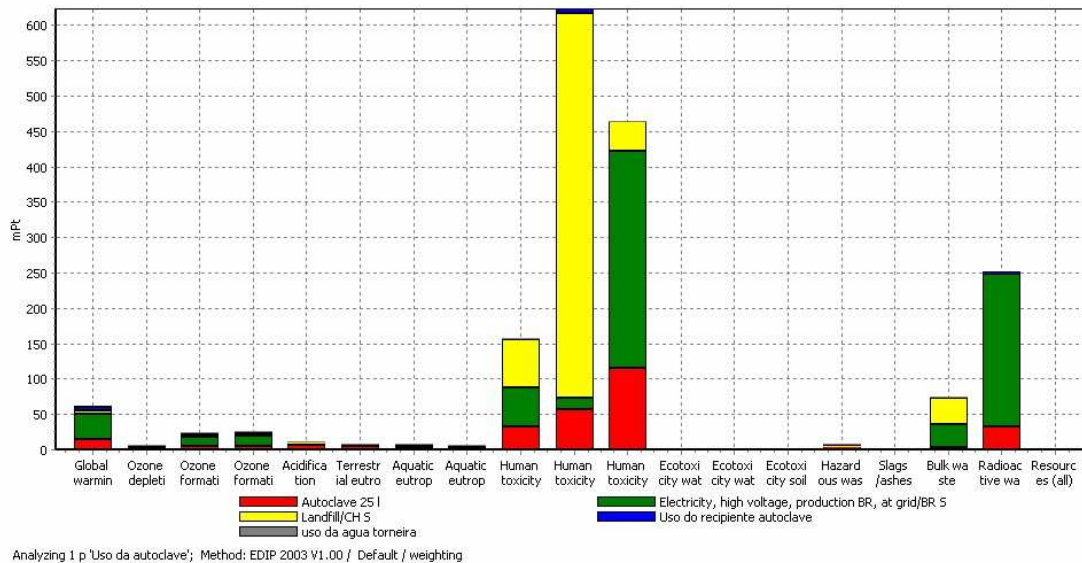


Figura 15 – Análise de impactos normalizados e ponderados para a autoclave.

Após a normalização e ponderação dos valores, verifica-se através da Figura 15 que a grande maioria das categorias de impacto, assim como o verificado para o processo através de microondas, não apresentam um peso relativo significativo.

Os maiores impactos verificam-se nas *toxicidades humanas via água e solo*. Ainda com algum peso encontram-se as categorias de *lixo radioativo* seguida da *toxicidade via ar*.

Na Figura 16 pretende-se apresentar o quanto contribui cada uma das etapas elementares do processo para o impacto do ciclo de vida da unidade funcional.

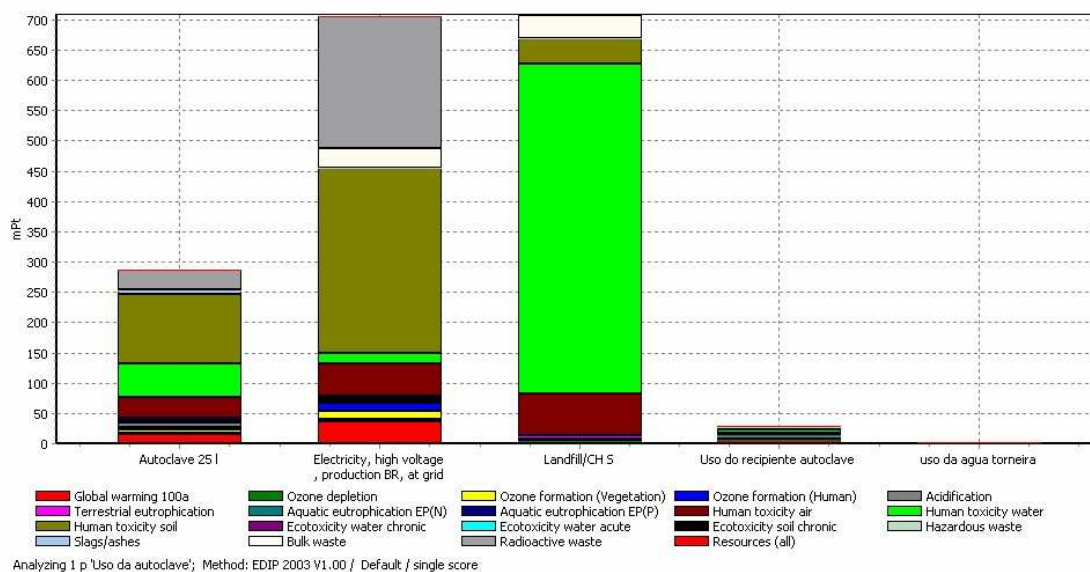


Figura 16 – Distribuição dos impactos nas etapas do ciclo de vida do autoclave.

Através da Figura 16, observa-se que as etapas relativas à *eletricidade* e ao *aterro* do equipamento são as responsáveis pela maioria dos impactos.

A etapa relativa à produção da autoclave ainda contribui de forma considerável para o impacto total.

O *uso do recipiente* e da *água da torneira* têm uma contribuição para o impacto total praticamente desprezível!

5.1.3. Cal

A Figura 17 consiste no fluxo do processo da cal, de acordo com os dados introduzidos no software SimaPro e do método de AICV escolhido (EDIP 2003).

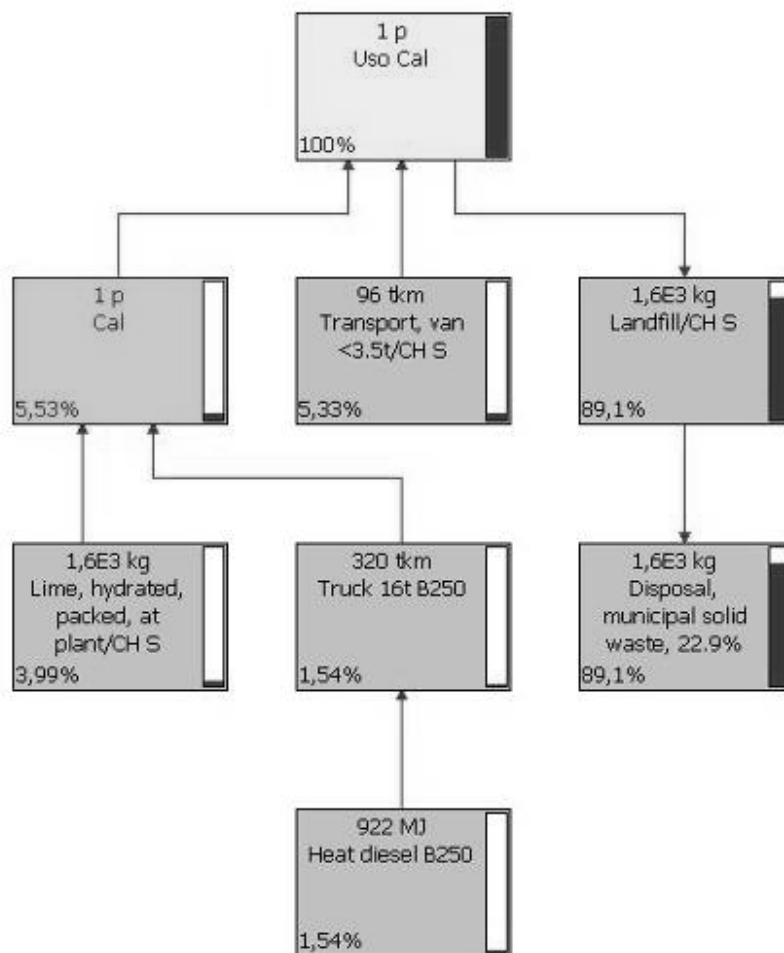


Figura 17 – Fluxo do processo, cal.

O fluxo representado permite uma visualização dos vários elementos considerados na ACV da unidade funcional, colocada no topo do fluxo. Como fluxos de entrada para o processo de tratamento através da cal está a etapa da produção da cal e ainda o transporte. Este último engloba o transporte do local de produção da cal até ao aterro e o transporte do RSS da unidade produtora até ao local de tratamento, também no aterro. Como fluxo de saída está a disposição final da cal no aterro sanitário.

A Tabela 5 apresenta o resultado da análise de impacto do ciclo de vida da unidade funcional. As categorias de impacto e os modelos de caracterização são aqueles propostos pelo método EDIP 2003. A gestão dos dados foi realizada com o auxílio do software Simapro 7.1.6.

Tabela 5 – Análise de impactos do processo de tratamento por cal.

Categorias de impacto	Unidade	Total	Cal	Transporte, van <3.5t	Aterro sanitário
Aquecimento global	kg CO ₂ eq	2546,508597	1343,104222	152,8278276	1050,576548
Redução do ozono	kg CFC ₁₁ eq	0,000174409	0,000148053	2,09961E-05	5,36065E-06
Formação de ozono (Vegetação)	m ² .ppm.h	19321,27147	5168,671967	1346,7736	12805,8259
Formação de ozono (Humanos)	person.ppm.h	1,484437838	0,363403717	0,094152825	1,026881296
Acidificação	m ²	43,24473115	28,55366216	8,835438915	5,855630069
Eutrofização terrestre	m ²	75,09210117	55,23407346	14,81608955	5,04193816
Eutrofização aquática (N)	kg N	0,935397901	0,209227804	0,05531991	0,670850187
Eutrofização aquática (P)	kg P	0,017986981	0,001284174	0,000790286	0,015912521
Toxicidade humana via ar	m ³	173948911,5	16208735,62	8584078,756	149156097,1
Toxicidade humana via água	m ³	467368,0697	1546,060458	776,4330891	465045,5762
Toxicidade humana via solo	m ³	405,2557321	74,01043481	141,0921233	190,153174
Eco-toxicidade aquática crônica	m ³	4315697,736	30015,22954	9335,625207	4276346,881
Eco-toxicidade aquática aguda	m ³	1902864,597	10390,80682	2304,245224	1890169,545
Eco-toxicidade terrestre crônica	m ³	487,7278216	46,69052146	421,2833565	19,75394358
Resíduos Perigosos	kg	0,045776896	0,00432896	0,037003776	0,00444416
Escórias / Cinzas	kg	2,36136528	1,033776	0,11158128	1,216008
Resíduos volumosos	kg	1618,290059	5,205504	8,81705376	1604,267501
Resíduos radioativos	kg	0,013985267	0,007971792	0,004160365	0,001853109
Recursos (todos)	kg	0,038114846	0,012110988	0,022423399	0,003580459

A Figura 18 permite uma melhor visualização da contribuição (%) de cada um dos sistemas elementares nas diferentes categorias de impacto.

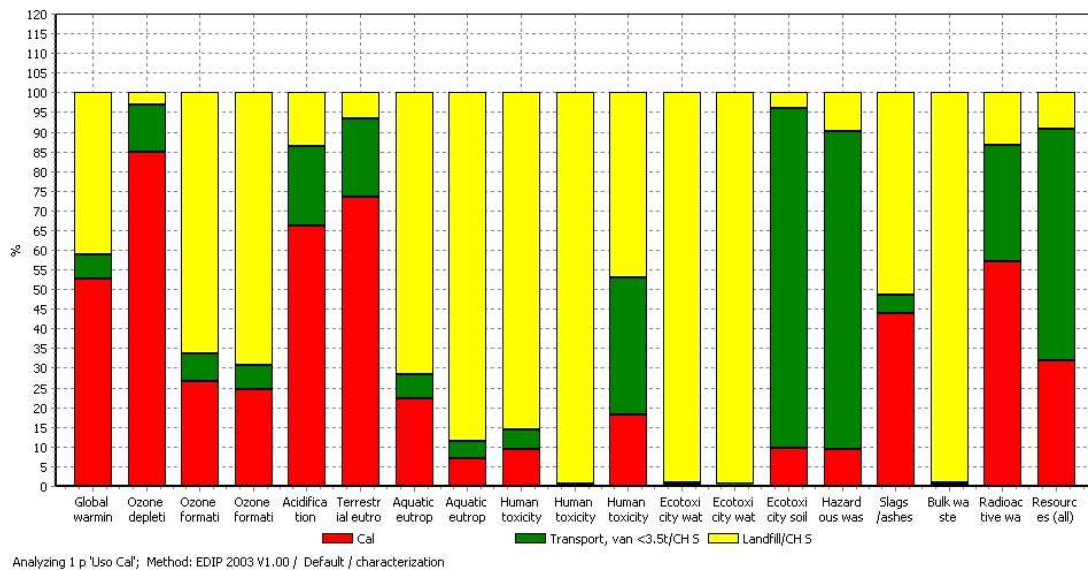


Figura 18 – Cal. Contribuição (%) de cada um dos sistemas elementares na análise global.

Tal como para o microondas e para a autoclave, pela observação da Figura 18 constata-se que a contribuição (%) dos três sistemas elementares considerados (*produção cal*, *transporte do resíduo*, *aterro*) é bastante variável consoante a categoria de impacto.

É notório um predomínio na maioria das categorias de impacto da etapa *aterro* no que diz respeito ao seu peso relativo para os restantes dois sistemas elementares. De destacar que para as categorias *toxicidade humana via água*, *ecotoxicidade aquática crônica e aguda* e *resíduos volumosos*, o peso relativo da etapa *aterro* é de praticamente 100%.

Embora exista o predomínio em cima referido, existem categorias de impacto ambiental onde o predomínio é claramente superior para a etapa da *produção de cal* (*redução do ozono*) ou para a etapa do *transporte* quando analisada a categoria de impacto *eco-toxicidade terrestre crônica*.

Na Figura 19 encontram-se as mesmas categorias de impactos analisadas, mas os resultados obtidos são normalizados e ponderados de acordo com os fatores de normalização e ponderação do método EDIP 2003. A unidade adotada para apresentação dos valores é *Pt*.

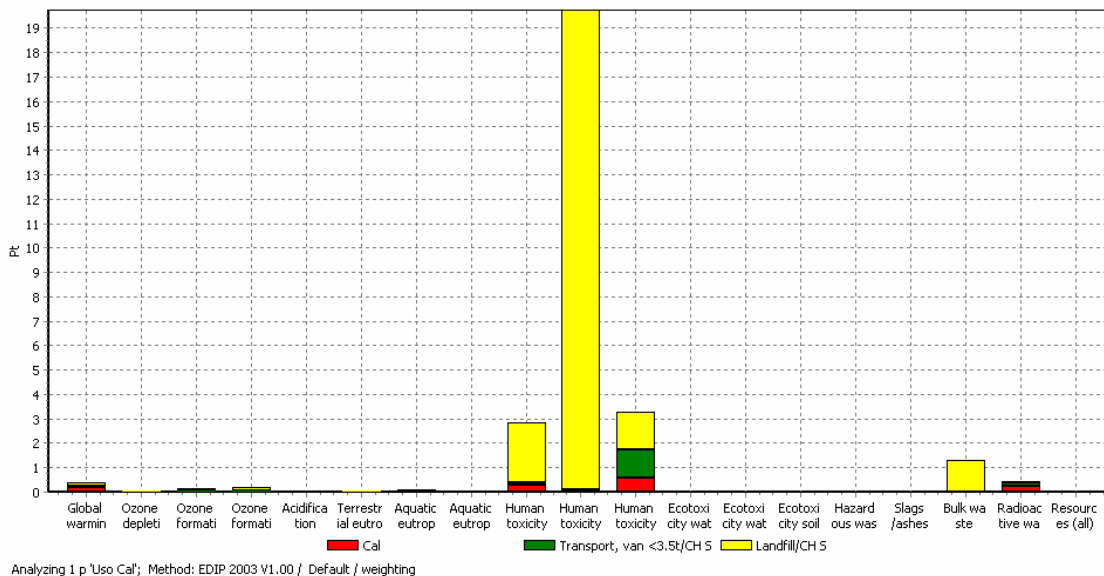


Figura 19 – Análise de impactos normalizados e ponderados para a cal.

Após a normalização e ponderação dos valores, verifica-se através da Figura 19 que a grande maioria das categorias de impacto não apresentam resultados significativos.

Os maiores impactos estão concentrados na *toxicidade humana via água*, correspondendo esta única categoria à quase totalidade dos impactos.

Com algum impacto ainda relevante encontram-se a *toxicidade humana via ar e via solo*.

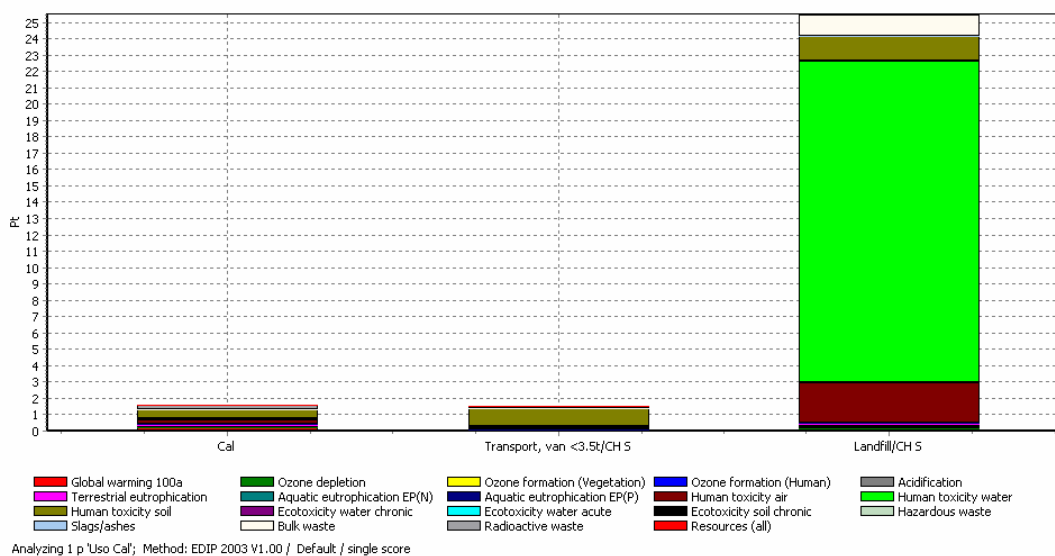


Figura 20 – Distribuição dos impactos nas etapas do ciclo de vida da cal.

Na Figura 20 apresenta-se a contribuição de cada etapa elementar do processo para o impacto do ciclo de vida da unidade funcional. A unidade adotada é *pontos* (Pt).

De todas as etapas consideradas, a etapa *aterro* é responsável pela quase totalidade dos impactos. Nesta etapa, a categoria *toxicidade humana via água* corresponde a aproximadamente 80% do total dos impactos.

A etapa da *produção da cal* e do *transporte* apresentam um impacto muito semelhante.

5.1.4. Análise ambiental comparativa dos três processos

A Tabela 6 apresenta um resumo da análise de impacto do ciclo de vida dos três métodos. A gestão dos dados foi realizada com o auxílio do software Simapro 7.1.6.

Tabela 6 – Resumo da análise de impactos dos três processos de tratamento.

<i>Categorias de impacto</i>	<i>Unidade</i>	<i>Cal</i>	<i>Autoclave</i>	<i>Microondas</i>
Aquecimento global	kg CO ₂ eq	2546,509	407,2875	96,382901
Redução do ozono	kg CFC ₁₁ eq	0,000174	2,61E-05	4,907E-06
Formação de ozono (Vegetação)	m ² .ppm.h	19321,27	2806,787	745,35745
Formação de ozono (Humanos)	person.ppm.h	1,484438	0,213167	0,0560356
Acidificação	m ²	43,24473	18,60867	7,5446969
Eutrofização terrestre	m ²	75,0921	14,75156	4,6982782
Eutrofização aquática (N)	kg N	0,935398	0,079661	0,0290983
Eutrofização aquática (P)	kg P	0,017987	0,002495	0,0005394
Toxicidade humana via ar	m ³	1,74E+08	9574797	3590037,1
Toxicidade humana via água	m ³	467368,1	14756,01	6391,4744
Toxicidade humana via solo	m ³	405,2557	57,56948	15,242578
Eco-toxicidade aquática crônica	m ³	4315698	336734,7	63862,241
Eco-toxicidade aquática aguda	m ³	1902865	145281,9	26369,73
Eco-toxicidade terrestre crônica	m ³	487,7278	135,3902	26,934267
Resíduos Perigosos	kg	0,045777	0,141661	0,0580154
Escórias / Cinzas	kg	2,361365	0,129724	0,0315444
Resíduos volumosos	kg	1618,29	90,73271	38,814611
Resíduos radioativos	kg	0,013985	0,007981	0,0016482
Recursos (todos)	kg	0,038115	0,125083	0,0584908

A Figura 21 apresenta os resultados normalizados e ponderados dos três processos para as diversas categorias de impacto. Uma vez que os resultados apresentados anteriormente para o microondas e a autoclave foram em *mPt* e para a cal em *Pt*, optou-se pela apresentação dos resultados em *Pt*, pois foi a que permitiu uma melhor visualização gráfica.

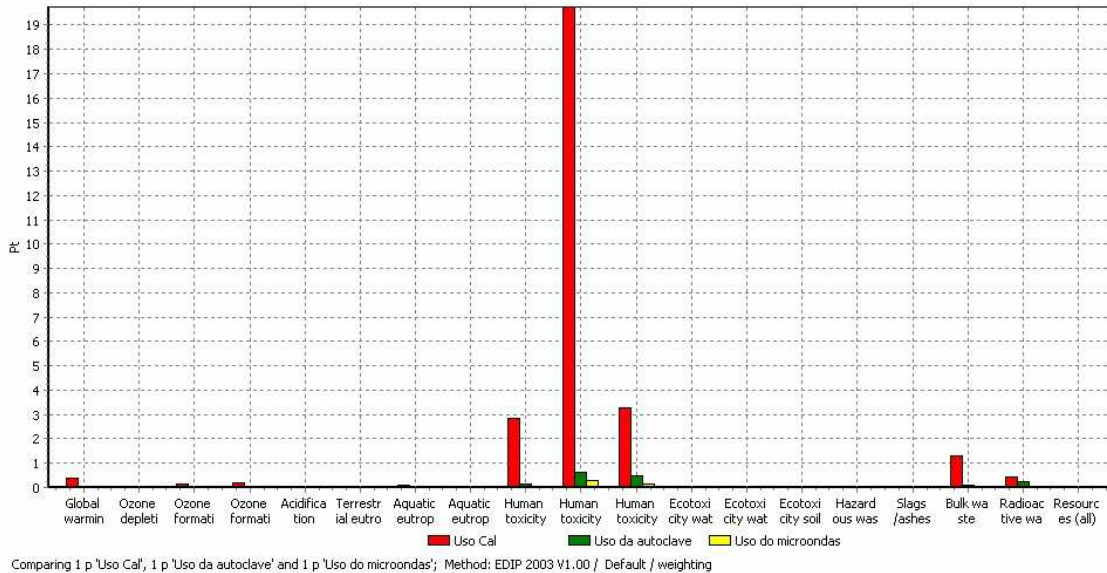


Figura 21 – Análise comparativa dos resultados normalizados e ponderados dos três métodos.

Os processos apresentam para a maioria das categorias, um impacto muito pouco relevante no peso total dos impactos, fato que já se tinha comprovado a quando da análise individual dos três métodos.

Os processos de tratamento através do forno de microondas e da autoclave apresentam resultados quase imperceptíveis para todas as categorias. Isto deveu-se à unidade adotada para a apresentação dos resultados em cima ser de uma escala bastante superior (*Pt*), ao contrário da adotada na análise individual dos dois métodos (*mPt*).

O processo de tratamento através da cal apresenta para as categorias de maior significância, nomeadamente *toxicidade humana via água, ar e solo* um impacto bastante superior aos restantes dois métodos.

A Figura 22 apresenta o indicador ambiental para os três processos de tratamento, resultado da soma dos pontos obtidos em cada categoria de impacto normalizada e ponderada.

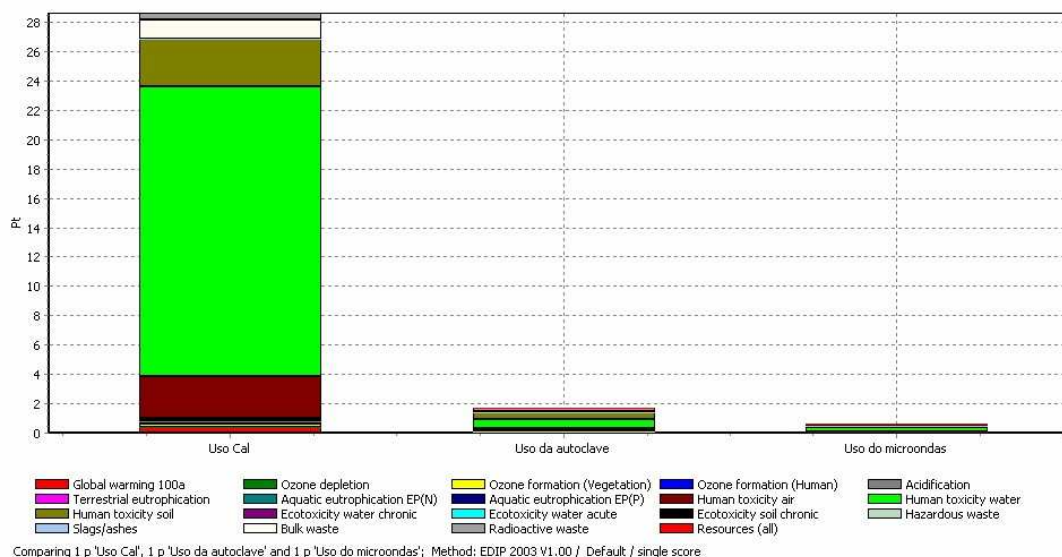


Figura 22 – Indicador ambiental para os três métodos de tratamento.

Constata-se que dos três processos avaliados, o processo de tratamento através da cal é o que apresenta maior pontuação. Significa, portanto, que é o método que terá maiores repercussões ambientais. A pontuação obtida para a cal é superior em mais de 14 vezes ao da autoclave e mais de 25 vezes superior ao do microondas.

O processo através da autoclave é o segundo método a apresentar maior pontuação, no entanto já bastante inferior à da cal. A diferença pontual para o microondas não é grande, cerca de 1 Pt, ao contrário da diferença para a cal que é aproximadamente de 26 Pt. Apesar da curta diferença da pontuação para o microondas, pode-se afirmar que o impacto da autoclave é aproximadamente o dobro da do microondas, visto que este apresenta uma pontuação muito baixa.

O uso de microondas como processo de tratamento revela-se o processo com menor impacto ambiental, apresentando a menor pontuação dos três métodos.

A pontuação obtida para os diferentes processos não permite afirmar que um determinado método vai ser muito prejudicial ou não para o ambiente, apenas indica qual deles tem maiores impactos.

5.2. Análise econômica

5.2.1. Microondas

Para o cálculo do custo associado à unidade funcional foram considerados os seguintes custos elementares:

Forno + manutenção + energia elétrica + recipientes plásticos

Custo forno: R\$ 259,99 (Abril de 2008)

Custo dos recipientes plásticos: 2 unidades/ano ou 0,17 unidades/mês x R\$ 2,00/unidade = R\$ 0,34/mês

Manutenção (média estimada): R\$ 45/3 anos

Energia: Unidade funcional = 240 kWh (10 anos)

Por ano: 240 kWh / 10 = 24 kWh.

Por mês: 24 / 12 = 2 kWh / mês

Custo por mês: 2 x R\$ 0,41719 /kWh = R\$ 0,8344 / mês

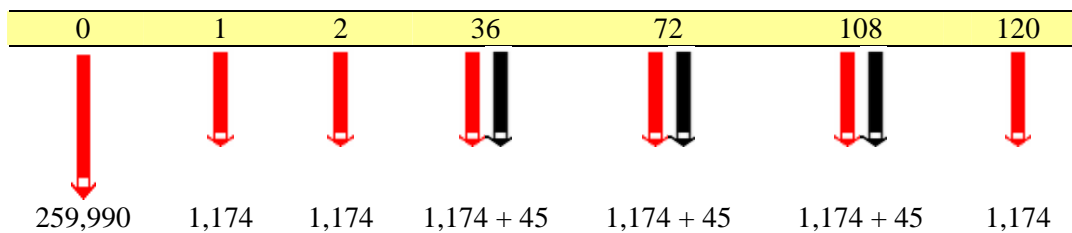


Figura 23 – Fluxo de caixa para a vida útil do microondas.

O valor presente correspondente às manutenções do microondas é calculado pela fórmula:

$$PV = \frac{FV}{(1+i)^n}$$

Onde:

PV = Valor presente

FV = Valor futuro

i = taxa de juros (mensal) = 0,64580 % a.m

n = número de períodos (meses)

$$P0 = 259,990$$

$$P1 = 45 / (1 + 0,64580/100)^{36} = 35,691$$

$$P2 = 45 / (1 + 0,64580/100)^{72} = 28,309$$

$$P3 = 45 / (1 + 0,64580/100)^{108} = 22,453$$

O valor presente do microondas é a soma do valor da sua aquisição mais as manutenções.

$$P = P0 + P1 + P2 + P3$$

$$P = 346,444$$

O custo mensal equivalente do microondas para o horizonte de 10 anos é calculado pela fórmula:

$$A = P \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right]$$

Onde:

A = valor equivalente mensal

P = valor presente do forno de microondas

i = taxa de juros (mensal) = 0,64580 % a.m

n = número de períodos (meses)

$$A = 346,444 \times 0,006458 \times (1 + 0,006458)^{120} / ((1 + 0,006458)^{120} - 1) = R\$ 4,158$$

Para além do valor equivalente mensal do forno é necessário somar-lhe o custo referente à eletricidade e dos recipientes por mês.

$$\text{Eletricidade} + \text{Recipientes} = 0,834 + 0,34 = R\$ 1,174$$

$$\underline{\text{Custo mensal}} = 4,158 + 1,174 = R\$ 5,33$$

$$\underline{\text{Custo unidade funcional (3200 kg)}} = 5,332 \times 12 \times 10 = R\$ 639,84$$

$$\underline{\text{Custo / kg}} = 639,84 / 3200 = R\$ 0,20$$

5.2.2. Autoclave

Para o cálculo do custo associado à unidade funcional foram considerados os seguintes custos elementares:

Autoclave + manutenção + energia elétrica + sacos de autoclave + água

Custo autoclave: R\$ 2800,00 (Abril de 2008)

Custo sacos de autoclave: R\$ 0,095 / unidade. Resíduos tratados por mês = 26,7 kg.

Custo / mês: $0,095 \times 26,7 \text{ unidades/mês} = \text{R\$ } 2,55$

Manutenção: R\$ 390,00 / 4anos

Energia: Unidade funcional = 1600 kWh (10 anos)

Por ano: $1600 \text{ kWh} / 10 = 160 \text{ kWh}$.

Por mês: $160 / 12 = 13,333 \text{ kWh} / \text{mês}$

Custo por mês: $13,333 \times \text{R\$ } 0,41719 / \text{kWh} = \text{R\$ } 5,56 / \text{mês}$

Água: 150ml / ciclo

Num mês: $0,150 \text{ L} \times 26,7 = 4,005 \text{ L}$

Custo da água: R\$ 5,216 / m³ (Comércio 2, maior que 10 m³)

Custo água / mês: $4,005 \times (5,216 / 1000) = 0,021 / 1000 = \text{R\$ } 0,021$

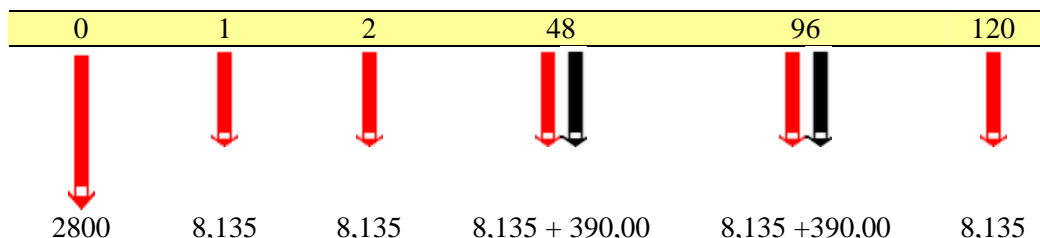


Figura 24 – Fluxo de caixa para a vida útil da autoclave.

O valor presente correspondente às manutenções da autoclave é calculado pela fórmula:

$$PV = \frac{FV}{(1+i)^n}$$

$$P0 = 2800$$

$$P1 = 390/(1 + 0,64580/100)^{48} = 286,33$$

$$P2 = 390/(1 + 0,64580/100)^{96} = 210,22$$

O valor presente da autoclave é a soma do valor da sua aquisição mais as manutenções.

$$P = P0 + P1 + P2 = R\$ 3296,558$$

O custo mensal equivalente da autoclave para o horizonte de 10 anos é calculado pela fórmula:

$$A = P \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right]$$

$$A = 3296,56 \times 0,006458 \times (1 + 0,006458)^{120} / ((1 + 0,006458)^{120} - 1) = R\$ 39,56$$

Para além do valor equivalente mensal do forno é necessário somar-lhe o custo referente à eletricidade, dos sacos e da água por mês.

$$\text{Eletricidade} + \text{sacos} + \text{água} = 5,56 + 2,55 + 0,025 = R\$ 8,135$$

$$\underline{\text{Custo mensal:}} 39,56 + 8,135 = R\$ 47,70$$

$$\underline{\text{Custo unidade funcional (3200 kg):}} 47,70 \times 12 \times 10 = R\$ 5724$$

$$\underline{\text{Custo / kg:}} 5724 / 3200 = R\$ 1,79$$

5.2.3. Cal

Para o cálculo do custo associado à unidade funcional foram considerados os seguintes custos elementares:

Custo da saca de 20 kg: R\$ 7,50 = R\$ 0,375/kg.

Resíduos tratados por mês = 26,7 Kg

Num mês: 26,7 x R\$ 0,375 x 1/2 = R\$ 5,00

Custo do transporte: Este caso diferencia-se dos demais, pois considera que o resíduo será tratado no próprio local de disposição final. Para tal a necessidade de coleta especializada de resíduos de serviço de saúde, com veículo tipo van. A companhia que opera este tipo de serviço adota uma tarifa na ordem de R\$ 90/mês para atendimento de clínicas e ambulatórios de pequeno porte. Este valor considera o custo de tratamento e disposição final. A estimativa é que 1/2 do custo se refere especificamente ao transporte.

Tem-se então R\$ 45,00/mês referente ao transporte.

O aumento de massa de resíduo no aterro é de 50%, correspondente à massa adicionada de cal para o tratamento de um kg de resíduo. Este acréscimo de massa será computado nos custos visto se tratar de um diferencial com relação aos dois processos anteriores. Como já referido, estima-se que dos R\$ 90/mês metade seja para transporte e a outra para a disposição final (R\$ 45). Desta disposição final é estimado que metade do valor é especificamente para o tratamento do resíduo (R\$ 22,5) e a outra metade para os restantes custos de operação no local, por exemplo, associado a despesas de pessoal. Considera-se então, o valor correspondente apenas ao tratamento específico.

Custo aproximado da disposição final: 1/4 x 90,00 = R\$ 22,5

Como a cal corresponde a 50% da massa do resíduo considera-se que o custo da disposição final desta será: R\$ 22,5 x 1/2 = R\$ 11,25

Custo mensal: R\$ 5,00 + 45,00 + 11,25 = R\$ 61,21

Custo unidade funcional (3200 kg): 61,21 x 12 x 10 = R\$ 7345,2

Custo / kg: 7345,2 / 3200 = R\$ 2,30

Obs. Este valor, assim como nos casos anteriores não considera o aterramento da quantidade original dos resíduos, somente a fração adicional referente à cal.

5.2.4. Análise econômica comparativa dos três processos

Na Tabela 7 encontra-se o resumo da análise econômica dos três processos.

Tabela 7 – Resumo da análise econômica dos três processos.

<i>Processo</i>	<i>Custo Mensal</i>	<i>Custo / Kg</i>	<i>Custo / Unidade funcional</i>
Microondas	R\$ 5,33	R\$ 0,20	R\$ 639,84
Autoclave	R\$ 47,70	R\$ 1,79	R\$ 5.724,00
Cal	R\$ 61,21	R\$ 2,30	R\$ 7.345,20

O processo de tratamento através do forno de microondas revela-se o mais econômico dos três processos, apresentando um custo para o tratamento da unidade funcional bastante inferior aos restantes.

Segue-se o processo de tratamento pela autoclave, com um custo superior ao do forno de microondas na ordem dos R\$ 5000.

Por último a cal apresenta os maiores encargos para o tratamento da unidade funcional, totalizando cerca de R\$ 6700 a mais que o forno de microondas, e ainda com uma diferença considerável para a autoclave.

Observação: A proposição de um indicador global não se fez necessária, neste caso, em virtude da classificação idêntica dos processos segundo os critérios ambiental e econômico.

6. CONCLUSÃO

Para todos os processos de tratamento verifica-se que o peso relativo das diferentes etapas consideradas é bastante variável consoante as categorias de impacto.

A maioria das categorias de impactos consideradas no estudo, após normalização e ponderação dos resultados, têm uma contribuição muito reduzida para o impacto total.

Após a normalização e ponderação dos resultados, os maiores impactos estão concentrados nas categorias relativas à *toxicidade humana*, sendo que a *toxicidade humana via água* é que apresenta, para todos os processos, maior impacto.

A etapa do *aterro* é a que mais contribui para a totalidade do impacto em todos os processos considerados.

Para os processos através de microondas e autoclave, o uso de recipientes para a colocação do resíduo contribui de forma pouco significativa para a totalidade do impacto.

Os valores obtidos através da ACV pelo método EDIP 2003 para os três processos analisados, revelam que o tratamento através do forno de microondas é o que tem menor impacto sobre o meio ambiente, apresentando a menor pontuação. Segue-se o processo através da autoclave. A cal tem uma pontuação bastante superior aos restantes processos, revelando-se assim o processo com maiores repercussões sobre o meio ambiente.

A análise econômica efetuada revela que o processo através das microondas é o que apresenta menor custo global. A autoclave e a cal revelam-se métodos com um custo global bastante superior ao do forno de microondas, com a cal a apresentar o maior custo de todos eles.

A desinfecção de RSS através do forno de microondas, para as condições propostas, revela-se o processo que alia o melhor desempenho ambiental e o menor custo.

7. RECOMENDAÇÕES

O indicador ambiental final obtido não indica uma grande diferença entre o processo de desinfecção por microondas e o processo através da autoclave. Por este fato, e uma vez que a ACV é uma ferramenta que incorpora sempre alguma subjetividade na sua elaboração, é recomendado que em estudos posteriores se incorporasse diversos métodos de AICV, de forma a poder avaliar se para todos eles o resultado final do indicador ambiental é efectivamente o mesmo.

Na tomada de decisão sobre o melhor processo a adotar para a desinfecção dos RSS, para além da sua eficiência e as questões ambientais e económicas inerentes, é recomendado que as questões relacionadas com a segurança e a eficiência no seu manuseio sejam também ela consideradas.

8. BIBLIOGRAFIA

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). *Resolução RDC n.º 306 de 07 de Dezembro de 2004*. Disponível em: www.anvisa.gov.br. Acesso em Abril de 2008.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2000. *Consulta Pública n.º 48, de 4 de julho de 2000*.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR ISO 14040: Gestão ambiental: avaliação do ciclo de vida – princípios e estrutura. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIATION OF HOME APPLIANCE MANUFACTURES (AHAM), 1996. *Average Useful Life of Major Home Appliances*. Washington. Disponível em: www.aham.org/industry/ht/a/GetDocumentAction/id/5271. Acedido em Março de 2008.

BARBOZA, A. C. R. N., CRUZ, C. V. M. S., GRAZIANI, M. B., LORENZETTI, M. C. F. e SABADINI, E., 2001. *Aquecimento em forno de microondas: Desenvolvimento de alguns conceitos fundamentais*. Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, v.24, n.6, 901-904. São Paulo, Brasil.

BARBOZA, E. M. F., 2001. *Rotulagem Ambiental, Rótulos Ambientais e Análise do Ciclo de Vida (ACV)*. Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBCT).

BURGOS, L.C. *Burgos Eletrônica: Forno Microondas*, 2008. Disponível em: www.burgoseletronica.net/index.htm. Acedido em Março de 2008.

CENTRAIS ELÉTRICAS DE SANTA CATARINA (CELESC), 2008. Disponível em: <http://portal.celesc.com.br/portal/home/>. Acedido em Maio de 2008.

COELHO, H., 2002. *Gerenciamento de Resíduos Sólidos de Serviço de Saúde*. Boletim de Pneumologia Sanitária - Vol. 10, Nº 1 – Jan./Jun.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). *Resolução n.º 358 de 29 de Abril de 2005*. Disponível em: www.mma.gov.br. Acesso em Abril de 2008.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução Nº 283, de 12 de Julho de 2001. Disponível em: www.mma.gov.br. Acesso em Abril de 2008.

CUSSIOL, N. A. M., 2005. *Disposição Final de resíduos Potencialmente Infectantes de Serviços de Saúde em Célula Especial e por Co-disposição com Resíduos Sólidos Urbanos*. Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, MG, Brasil.

FERREIRA, J. V. R., 2004. *Análise do Ciclo de Vida dos Produtos*. Instituto Politécnico de Viseu. Portugal.

FORTES, R. R. *Micro Alerta*, 2003. Disponível em: www.inova.unicamp.br/inventabrasil/microale.htm. Acedido em Março de 2008.

FRANCISCO, A. R., OLIVEIRA, F. S., LOPES, L. O., BUFFON, M. L., SANTOS, S. R., SANTOS, C., YOSHIZANE, H. P., 2007. *Operação Amazônia Ocidental 2007*. Projecto Rondon – Ministério da Defesa. Universidade Estadual de Campinas, Centro Superior de Educação e Tecnológica, Faculdade de Ciências Médicas. Atalaia do Norte. p.46-48.

GALLAWA, J.C. *The Complete Microwave Oven Service Handbook*, 1997. Disponível em: www.gallawa.com/microtech/how_work.html. Acedido em Março de 2008.

GARAY, A., 2008. *Processo Produtivo*. Sindicato das Indústrias de Cal no Estado do Paraná. Disponível em: www.fiepr.org.br/sindicatos/sindicalpr/. Acedido em: Maio de 2008.

GUASSÚ, D. N. O., 2007. *Diagnóstico da Gestão de Resíduos de Serviço de Saúde Gerados no Município de Inhapim – MG*. Centro Universitário de Caratinga, Programa de Pós-Graduação Meio Ambiente e Sustentabilidade, Mestrado Profissional. Caratinga – MG. p.105.

GUEDES, W. A., 2006. *Gerenciamento de Resíduos de Serviço de Saúde: Aspectos Legais, Técnicos e de Conformidade de Produtos Relacionados com os mesmos*. Universidade Federal Fluminense, Mestrado em Sistema de Gestão.

GUINÉE, J. B., GORRÉE, M., HUPPES, R. H. G., KLEIJN, R., KONING, A., VAN OERS, L., SLEESWIJK, A. W., SUH, S., HAES, H. A. U., 2001. *Life Cycle Assessment - An operational guide to the ISO standards, Final Report*. Centre of Environmental Science – Leiden University. Holanda.

KIAN, L. W., 2007. *Life Cycle Assessment of CSR Autoclaves Lightweight Concrete Production in Malaysia*. University of Southern Queensland, Faculty of Engineering and Surveying.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMISTRAÇÃO MUNICIPAL (IBAM), 2001. *Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. Manual Gerenciamento Integrado de Resíduos sólidos*. Brasil.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *ISO 14040: Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework*. Genève, 1997.

_____. *ISO 14041: Environmental management – Life cycle assessment – Goal and scope definition and inventory analysis*. Genève, 1998.

_____. *ISO 14042: Environmental management – Life cycle assessment – Life cycle impact assessment*. Genève, 2000.

_____. *ISO 14043: Environmental management – Life cycle assessment – Life cycle interpretation* –Genève, 2000.

_____. *ISO 14044: Environmental management – Life cycle assessment — Requirements and guidelines*. 2006.

JUNIOR, A. F. B., MORAIS, R. M., EMERENCIANO, S. V., PIMENTA, H. C. D., GOUVINHAS, R. P., 2007. *Conceitos e Aplicações de ACV no Brasil*. XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Foz do Iguaçu, PR, Brasil.

LANGE, L., 2005. Avaliação da sustentabilidade tecnológica e ambiental de aterros sanitários como método de tratamento e de disposição final de RSS. Relatório final. Edital I. Brasília. Fundação Nacional de Saúde (FUNASA).

LAY, W. K., 2007. *Life Cycle Assessment of CSR Autoclaves Lightweight Concrete Production in Malaysia*. Course ENG4111 and ENG4112 Research Project towards the degree of Bachelor of Engineering (Civil Engineering). Faculty of Engineering and Surveying, University of Southern Queensland.

LETRONET, 2008. O Portal da Eletrônica. Disponível em: <http://www.letronet.com.br/>. Acedido em Maio de 2008.

MACHADO, N. L., MORAES, L. R. S., 2003. *RSSS: Revisitando as soluções Adotadas no Brasil para Tratamento e Destino Final*. Engenharia Sanitária e Ambiental, Vol. 9 - Nº 1 55-64.

MASANET, E., PRICE, L., RUE DU CAN, S. BROWN, R. *Optimization of Product Life Cycles to Reduce Greenhouse Gas Emissions in California*. Lawrence Berkeley National Laboratory, Energy Analysis Department, Environmental Energy Technologies Division, Berkeley, Califórnia, 2005. p. 22.

MATTIOLI, C. E., SILVA, C. L., 2002. *Avaliação de Parâmetros na Implantação de Processos para Tratamento de Resíduos Sólidos de Serviços de Saúde*. VI Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental.

MEIRA, C. C., KIPERSTOCK, A., 2003. *ACV – Análise do Ciclo de Vida*. Prevenção da Poluição, Capítulo 5. Universidade Federal da Bahia.

MOURAD, A. N., GARCIA, E. E. C., QUEIROZ, G. C., GATTI, J. B., COLTRO, L., JAIME, S. B. M., 2007. *Avaliação do Ciclo de Vida como Instrumento de Gestão*. Centro Tecnologia de Embalagem (CETEA/ITAL). Campinas.

NORTHWESTERN UNIVERSITY. *Useful Lives*. Equipment Inventory, Accounting Services Department, Northwestern University, Evanston. 2007. Disponível em: www.northwestern.edu/equipment-inventory/propertycodes.html. Acedido em Abril de 2008.

PEREIRA, M. C. B., 2003. *Gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos nas Vizinhanças dos Rios Miranda e Apa*. Subprojecto 3.4 – Gestão ambiental nas Vizinhanças dos Rios Miranda e Apa, Projecto Implementação de Práticas de Gerenciamento Integrado de Bacia Hidrográfica para o Pantanal e Bacia do Alto Paraguai. Campo Grande, Mato Grosso do Sul. Brasil.

PHOENIX - INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE EQUIPAMENTOS CIENTÍFICOS, 2008. Disponível em: www.phoenix.ind.br/ab_25_det.htm. Acedido em Abril de 2008.

REBELATTO, M. F., 2006. *Avaliação de Métodos de Desinfecção de Resíduo Infecioso e de seu Percolado*. Dissertação apresentada ao Colegiado do Programa de Pós- Graduação em Engenharia Ambiental – PPGEA do Centro de Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC, Brasil.

RIAZ, R. *Microwave oven*. 2008. Disponível em: www.enotes.com/how-products-encyclopedia/microwave-oven. Acedido em Março de 2008.

RODRIGUES P. C. A., 2007. *Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviço de Saúde: uma questão de biossegurança em hospital para atendimento médico de grande complexidade*. Monografia apresentada à Escola de Guerra Naval. Rio de Janeiro.

ROSSATO, I.F., 2002. *Um Método de Inventário do Ciclo de Processo de Manufatura – ICPM*. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC, Brasil.

SANSEVERINO, A. M., 2001. Antonio Manzolillo. *Microondas em Síntese Orgânica*. Química Nova, São Paulo, v.25, n.4. Disponível em: www.scielo.br. Acesso em: Março de 2008.

SANTOS, A. D. Dos., 2003. *Estudo das possibilidades de reciclagem dos resíduos de tratamento de esgoto da Região Metropolitana de São Paulo*. Dissertação (mestrado) da Escola politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo.

SILVA, C., 2007. *Avaliação do Ciclo de Vida - Apresentação de um exemplo prático baseado na ferramenta SIMAPRO*. Seminário “Eco-Eficiência de Produtos e Sistemas de Processos: ACV E AFM”. Universidade Lusíada. Lisboa.

SISMATEC, 2008. *Manual de Instalação e Serviço, Autoclave*. Disponível em: www.sismatec.com.br. Acedido em: Abril de 2008.

SOARES, S.R, 2005. *Avaliação de Métodos de Desinfecção de Resíduo Hospitalar e de seu Percolado*. Relatório Final de Pesquisa. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC, Brasil.

SOARES, S.R.; CASTILHOS JÚNIOR, A.B.; MACEDO, M.C., 1997. *Diagnóstico da produção de resíduos de serviços de saúde*. Estudo de caso: Hospital Universitário. Florianópolis, Trabalho apresentado no 19º Congresso da ABES. Foz do Iguaçu, Pr, Brasil.

SOCIETY OF ENVIRONMENTAL TOXICOLOGY AND CHEMISTRY (SETAC), 2008. Disponível em: www.setac.org. Acedido em Maio de 2008.

SOUSA, C. M. M., 2007. *Autoclave*. Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas – SBRT.

SOUZA, E. L., 2006. *Contaminação ambiental pelos resíduos de serviços de saúde*. Faculdades Integradas Fafibe – Bebedouro. São Paulo, Brasil.

SPINA, M.I.A.P., 2005. *Características do Gerenciamento dos Resíduos Sólidos dos Serviços de Saúde em Curitiba e Análise das Implicações Sócioambientais decorrentes dos Métodos de Tratamento e Destino Final*. Editora Universidade Federal do Paraná. Curitiba.

TACHARD, A. L.; OMETTO, A. R. *A importância da normalização de impactos na ACV para comparação de produtos em termos ambientais*. In: Conferência Internacional do Ciclo de Vida (CILCA 2007), São Paulo, 2007.

TAKAHASHI, F., MORAIS, F., 2006. *Avaliação do Ciclo de Vida dos Produtos: Uma Ferramenta de Controle Ambiental*. II Encontro de Engenharia e Tecnologia dos Campos Gerais. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Brasil.

TEIXEIRA, G. P., FERREIRA, J. A., CAMPOS, J. C., 2005. *Descrição e Análise da Gestão dos Resíduos de Serviços de Saúde no Município de Juiz de Fora – MG*. 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Campo Grande, MS, Brasil.

UNGER, N., BEIGL, P., WASSERMANN, G., 2004. *General requirements for LCA software tools*. Institute of Waste Management, BOKU – University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna, Austria.

VALT, R. B. G., 2004. *Análise do Ciclo de Vida de Embalagens de PET, de Alumínio e de Vidro para Refrigerantes no Brasil variando a Taxa de Reciclagem dos Materiais*. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Área de Concentração em Engenharia de Processos Térmicos e Químicos, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, Brasil.

VIANA, F. N. M, TEIXEIRA, P. F., 2006. *Monitoramento e Adequação da Implantação do Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviço de Saúde do Hospital Regional de Sobradinho*. Projeto de Especialização em Farmácia Hospitalar, Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade de Brasília. Brasil.

VIDEIRA, N., ANTUNES, P., 2006. *Análise de Ciclo de Vida*. ECOMAN, Centro de Economia Ecológica e Gestão do Ambiente, Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa. Portugal.

9. ANEXOS

Anexo 1 – Inventário completo de todas as substâncias que contribuem para as categorias de impacto.

Substância	Compartimento	Unidade	Cal	Autoclave	Microondas
1-Propanol	Air	µg	1,8595136	0,32593154	0,15896089
1,4-Butanediol	Air	ng	143,28064	81,544486	44,73887
1,4-Butanediol	Water	ng	57,312	32,617792	17,895375
2-Propanol	Air	mg	2,6004192	1,512595	0,83075576
2,4-D	Soil	mg	0,25318032	121,13341	17,805382
4-Methyl-2-pentanone	Water	ng	31,25856	7,2749607	1,4062959
Acenaphthene	Air	ng	105,75878	768,24216	123,06929
Acenaphthene	Water	µg	48,934128	4,3748873	0,87287754
Acenaphthylene	Water	mg	0,003060334	15,88225	0,020754589
Acetaldehyde	Air	g	3,4350774	0,037554682	0,008872435
Acetaldehyde	Water	µg	80,99744	46,670184	25,620707
Acetic acid	Air	mg	163,92814	932,71142	708,50721
Acetic acid	Water	mg	4,538528	84,201537	83,017292
Acetone	Air	mg	25,195888	95,814688	16,255412
Acetone	Water	ng	74,5032	17,339161	3,3518967
Acetonitrile	Air	µg	754,68976	24,071147	5,3093705
Acidity, unspecified	Water	mg	16,093904	39,194056	18,41264
Acids, unspecified	Water	mg	x	1,054596	0,01653
Aclonifen	Soil	µg	187,90928	5,0623817	1,6561705
Acrolein	Air	µg	194,4612	115,35744	20,281663
Acrylate, ion	Water	µg	15,93968	9,2645323	5,0881168
Acrylic acid	Air	µg	6,73488	3,9144978	2,1498784
Actinides, radioactive, unspecified	Air	mBq	35,66752	32,748071	5,8504095
Actinides, radioactive, unspecified	Water	Bq	4,465616	1,7380477	0,43108389
Aerosols, radioactive, unspecified	Air	mBq	548,488	90,394921	39,347478
Air	Raw	g	x	x	22
Aldehydes, unspecified	Air	mg	2,4513437	1,4122455	2,5075095
Aldrin	Soil	g	1,74E-07	1,8669385	0,27441185
Aluminium, 24% in bauxite, 11% in crude ore, in ground	Raw	g	169,48672	65,118044	18,646127
Aluminum	Air	g	29,607248	22,59882	12,094472
Aluminum	Water	kg	20,039093	2,0648927	0,27865776
Aluminum	Soil	g	2,3703216	0,92888211	0,12384223
Americium-241	Air	µBq	x	926,08704	18,36
Americium-241	Water	mBq	x	121,96583	2,418
Ammonia	Air	g	19,913108	15,439249	6,1183951
Ammonia, as N	Water	mg	x	118,39709	2,178
Ammonium carbonate	Air	µg	112,64352	13,596253	8,6898621
Ammonium, ion	Water	kg	2,2345858	0,063852605	0,029699397
Anhydrite, in ground	Raw	mg	7,377216	72,116598	18,487324
Antimony	Air	mg	4,3417824	59,041447	35,224362
Antimony	Water	g	3,8528709	0,29040909	0,10398287
Antimony	Soil	ng	329,6608	31,47388	15,812928

Antimony-122	Water	mBq	15,814176	20,634647	3,0335793
Antimony-124	Air	µBq	39,225344	63,303608	7,7650695
Antimony-124	Water	Bq	1,2468448	1,1096704	0,18115984
Antimony-125	Air	µBq	409,34464	521,37366	78,274424
Antimony-125	Water	Bq	1,1546336	1,0309888	0,17762678
AOX, Adsorbable Organic Halogen as Cl	Water	mg	8,8796558	1,6023013	400,5007
Argon-41	Air	Bq	198,15104	165,96396	24,292292
Arsenic	Air	mg	35,981667	452,32989	268,68379
Arsenic	Soil	mg	0,94364306	133,23846	19,578835
Arsenic, ion	Water	g	1,0926953	0,079380553	0,028106925
Arsine	Air	pg	78,504	45,627718	25,05899
Artificial fertilizer	Raw	g	x	x	5,28
Atrazine	Soil	mg	4,55E-05	489,7629	71,987773
Barite	Water	g	8,583344	9,8305912	1,1504049
Barite, 15% in crude ore, in ground	Raw	g	376,9136	73,519383	14,643614
Barium	Air	mg	28,398256	12,019024	2,6785472
Barium	Water	g	248,01636	8,3659172	3,4243558
Barium	Soil	g	1,1603333	0,19710673	0,039022478
Barium-140	Air	mBq	26,62752	33,998954	5,093271
Barium-140	Water	mBq	69,27376	88,515628	13,252011
Baryte, in ground	Raw	g	x	21,102009	0,58152179
Basalt, in ground	Raw	g	9,609696	4,1606004	1,528439
Bauxite, in ground	Raw	kg	x	5,5254239	0,11152797
Benomyl	Soil	µg	1,6139104	0,051478021	0,011354442
Bentazone	Soil	µg	95,9	2,5835568	0,84521863
Benzal chloride	Air	pg	5,266992	1,225544	0,23691544
Benzaldehyde	Air	µg	95,941888	5,0822704	2,1711541
Benzene	Air	g	13,262416	2,6872043	0,43363026
Benzene	Water	g	1,0392469	0,09006464	0,021066958
Benzene, 1,2-dichloro-	Water	µg	19,26832	10,966007	6,016416
Benzene, chloro-	Water	µg	397,8784	226,44094	124,23385
Benzene, ethyl-	Air	mg	364,34066	43,320976	6,582051
Benzene, ethyl-	Water	mg	188,8311	19,468037	3,4452689
Benzene, hexachloro-	Air	µg	61,658982	10,344386	3,3667405
Benzene, pentachloro-	Air	µg	55,706026	1,1128894	0,35527158
Benzo(a)pyrene	Air	mg	1,4949084	19,787084	4,119916
Beryllium	Air	µg	52,536656	190,15981	86,16962
Beryllium	Water	mg	15,320084	3,3844317	3,6062993
Biomass	Raw	g	x	x	226
BOD5, Biological Oxygen Demand	Water	kg	30,865132	1,0096913	0,47938719
Borax, in ground	Raw	mg	1,2048896	1,2061915	0,19971872
Boron	Air	g	1,061387	0,25325445	0,076906449
Boron	Water	g	11,539512	0,65913076	0,2631381
Boron	Soil	mg	36,529035	4,9802936	1,2241683
Boron trifluoride	Air	pg	0,585888	0,22747122	0,17013518
Bromate	Water	mg	41,857984	22,414569	18,246053
Bromine	Air	mg	84,109387	68,335288	13,490102
Bromine	Water	g	27,183293	1,3218675	0,85681388
Butadiene	Air	ng	150,13486	74,196563	29,315116

Butane	Air	g	10,496661	2,5373054	0,34475787
Butanol	Air	pg	444,1808	252,78955	138,6906
Butanol	Water	µg	44,39792	25,568197	14,035937
Butene	Air	mg	239,72112	21,753747	3,416427
Butene	Water	µg	20,521504	12,599887	5,0474506
Butyl acetate	Water	µg	57,71712	33,238523	18,246521
Butyrolactone	Air	ng	41,46336	23,597594	12,946596
Butyrolactone	Water	ng	99,51232	56,634699	31,071824
Cadmium	Air	mg	17,167538	160,95116	94,086518
Cadmium	Soil	mg	0,09716176	1,6774044	0,24839749
Cadmium-109	Water	µBq	x	3,2104118	0,0633
Cadmium, 0.30% in sulfide, Cd 0.18%, Pb, Zn, Ag, In, in ground	Raw	mg	224,13216	123,08192	1,1336925
Cadmium, ion	Water	g	18,684507	0,59438703	0,23818478
Calcite, in ground	Raw	kg	2133,6294	6,2345479	1,3811773
Calcium	Air	g	1,255559	0,70312557	0,10524313
Calcium	Soil	g	9,8829024	6,3276502	0,90451428
Calcium compounds, unspecified	Water	g	x	1,011072	0,4862901
Calcium, ion	Water	kg	23,215972	0,81524066	0,34446574
Calumite	Raw	g	x	x	14,444444
Carbetamide	Soil	µg	51,009008	1,573286	0,61877847
Carbofuran	Soil	µg	884,8072	28,221835	6,2248246
Carbon	Soil	g	7,1257867	4,4807935	0,62156687
Carbon-14	Air	Bq	3457,728	2136,0155	412,27475
Carbon-14	Water	Bq	x	6,1739136	0,1224
Carbon dioxide	Air	kg	72,875419	109,97233	26,642198
Carbon dioxide, biogenic	Air	kg	266,03747	29,966858	7,1002939
Carbon dioxide, fossil	Air	kg	1364,1974	189,04187	35,673361
Carbon dioxide, in air	Raw	kg	36,364771	26,489318	4,1205547
Carbon dioxide, land transformation	Air	kg	0,013643392	140,98341	20,722749
Carbon disulfide	Air	g	1,262551	10,428986	6,2074558
Carbon monoxide	Air	g	399,90132	856,12367	343,61751
Carbon monoxide, biogenic	Air	kg	0,040876763	1,5778854	0,23287437
Carbon monoxide, fossil	Air	kg	7,8331713	0,30807661	0,065459027
Carbon, in organic matter, in soil	Raw	g	1,1176176	0,035647741	0,007862743
Carbonate	Water	mg	158,86784	587,40841	147,58555
Carboxylic acids, unspecified	Water	g	30,39544	2,9792295	0,59776131
Cerium-141	Air	mBq	6,455088	8,2008679	1,233917
Cerium-141	Water	mBq	27,696992	35,250977	5,2956437
Cerium-144	Air	mBq	x	9,8510544	0,1953
Cerium-144	Water	Bq	0,008431904	2,8101984	0,057112137
Cerium, 24% in bastnasite, 2.4% in crude ore, in ground	Raw	pg	0,602256	-0,01089036	-0,00633748
Cesium	Water	mg	7,8670576	0,81211431	0,14355711
Cesium-134	Air	mBq	0,30915168	35,649438	0,7580917
Cesium-134	Water	Bq	0,5607824	6,517664	0,18795974
Cesium-136	Water	mBq	4,915664	6,2446604	0,93964707
Cesium-137	Air	mBq	5,480368	74,901674	2,3945135
Cesium-137	Water	Bq	520,79429	267,2885	52,185551
Chemical waste, inert	Waste	g	x	x	5,1

Chemical waste, regulated	Waste	g	x	x	1
Chlorate	Water	mg	335,64128	180,16643	343,56788
Chloride	Water	kg	16,938786	1,3991124	0,53054906
Chloride	Soil	g	665,95073	3,7100694	0,93479108
Chlorinated solvents, unspecified	Water	µg	280,90731	168,83042	86,044045
Chlorine	Air	g	0,10058868	17,742859	7,1101461
Chlorine	Water	mg	16,959792	9,2143537	1,9000433
Chloroform	Air	µg	62,464103	65,033587	11,167323
Chloroform	Water	µg	0,891344	98,395098	2,2163482
Chlorosilane, trimethyl-	Air	ng	120,99296	70,324416	38,622433
Chlorothalonil	Soil	mg	16,82475	0,64954254	0,31509681
Chromium	Air	mg	140,3271	162,25219	69,167926
Chromium	Water	mg	12,260934	13,45503	7,9601825
Chromium	Soil	mg	12,361376	5,7092099	0,78909483
Chromium-51	Air	µBq	413,64032	697,74447	82,48442
Chromium-51	Water	Bq	5,250768	6,4910985	0,98799995
Chromium VI	Air	mg	3,2536972	3,8483863	1,6304676
Chromium VI	Water	g	3,4832022	0,3950361	0,13462288
Chromium VI	Soil	mg	75,15488	5,8508081	2,5033182
Chromium, 25.5% in chromite, 11.6% in crude ore, in ground	Raw	g	42,49568	43,692975	18,640405
Chromium, in ground	Raw	kg	x	6,6301836	2,6520071
Chromium, ion	Water	mg	35,838528	76,328862	2,9911754
Chrysotile, in ground	Raw	mg	6,02312	4,1933693	3,4341638
Cinnabar, in ground	Raw	µg	830,1568	405,00894	324,62454
Clay, bentonite, in ground	Raw	g	83,22592	28,319422	6,4537121
Clay, unspecified, in ground	Raw	kg	1,4782528	2,1482119	1,3272091
Coal, 18 MJ per kg, in ground	Raw	kg	0,17701216	4,8572195	0,61244039
Coal, 29.3 MJ per kg, in ground	Raw	kg	x	17,694782	7,1052071
Coal, brown, 10 MJ per kg, in ground	Raw	g	x	x	7,7
Coal, brown, 8 MJ per kg, in ground	Raw	g	235,47489	785,91838	66,870118
Coal, brown, in ground	Raw	kg	14,33344	4,2182708	2,0745782
Coal, hard, unspecified, in ground	Raw	kg	12,77144	24,025658	4,8103202
Cobalt	Air	mg	10,607788	6,7951473	2,1844852
Cobalt	Water	g	2,4515368	0,53759022	0,27510737
Cobalt	Soil	µg	39,548	237,80751	37,233682
Cobalt-57	Air	nBq	x	84,731981	1,68
Cobalt-57	Water	mBq	156,04192	198,69647	29,836256
Cobalt-58	Air	mBq	0,5760224	2,1505063	0,13824043
Cobalt-58	Water	Bq	23,859936	27,768583	4,2645603
Cobalt-60	Air	mBq	5,088608	8,5644253	1,0143305
Cobalt-60	Water	Bq	20,951616	51,485247	4,3301935
Cobalt, in ground	Raw	µg	823,632	279,2574	45,141045
COD, Chemical Oxygen Demand	Water	kg	127,22021	3,8309868	1,9562944
Colemanite, in ground	Raw	mg	951,08064	59,547969	27,285405
Construction waste	Waste	mg	x	x	14
Copper	Air	g	0,40999989	1,4991953	0,88228107
Copper	Soil	mg	51,081591	6,0278128	1,9853932
Copper, 0.99% in sulfide, Cu 0.36% and Mo 8.2E-3% in crude ore, in ground	Raw	g	7,859584	117,00769	70,007008

Copper, 1.18% in sulfide, Cu 0.39% and Mo 8.2E-3% in crude ore, in ground	Raw	g	43,5584	649,05761	388,3402
Copper, 1.42% in sulfide, Cu 0.81% and Mo 8.2E-3% in crude ore, in ground	Raw	g	11,554512	172,17067	103,0121
Copper, 2.19% in sulfide, Cu 1.83% and Mo 8.2E-3% in crude ore, in ground	Raw	g	57,3136	853,53063	510,67823
Copper, in ground	Raw	g	x	3,8519259	51,086505
Copper, ion	Water	kg	1,9372177	0,053323184	0,023373249
Corn	Raw	g	x	x	40,2
Crude oil	Water	mg	x	167,61293	29,153947
Cumene	Air	mg	325,79075	13,744449	5,7158692
Cumene	Water	mg	782,84736	33,027996	13,7355
Curium-242	Air	nBq	x	4,7818867	0,0948
Curium-244	Air	nBq	x	43,429469	0,861
Curium alpha	Air	mBq	x	1,4693563	0,02913
Curium alpha	Water	mBq	x	161,9142	3,21
Cyanide	Air	mg	116,33589	14,836825	5,3808081
Cyanide	Water	mg	81,267921	420,26337	248,3832
Cypermethrin	Soil	µg	126,5415	4,0383247	0,90171174
Detergent, oil	Water	mg	x	x	4,9
Diatomite, in ground	Raw	µg	13,531104	4,5361436	0,92247775
Dichromate	Water	mg	1,9942848	0,15333283	0,065634222
Dinitrogen monoxide	Air	g	14,693069	14,603444	2,5153326
Dioxins, measured as 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin	Air	µg	0,2409597	2,5160793	1,0087639
DOC, Dissolved Organic Carbon	Water	kg	114,8064	3,3424368	1,6654963
Dolomite, in ground	Raw	g	10,730352	3,1456937	187,81834
Dust, unspecified	Waste	g	x	16,07855	2,9537155
Energy, from hydro power	Raw	MJ	x	64,052781	25,797301
Energy, from uranium	Raw	MJ	x	38,832671	15,510255
Energy, gross calorific value, in biomass	Raw	MJ	406,84352	271,32099	42,949396
Energy, gross calorific value, in biomass, primary forest	Raw	kJ	77,484512	2,4714922	0,54512817
Energy, kinetic (in wind), converted	Raw	MJ	6,811152	2,681919	0,9905675
Energy, potential (in hydropower reservoir), converted	Raw	MJ	473,14994	5222,6249	776,87436
Energy, solar, converted	Raw	kJ	143,62976	25,282295	12,334079
Energy, unspecified	Raw	MJ	x	4,9882743	3,1402692
Ethane	Air	g	3,8851723	7,154183	1,0843129
Ethane, 1,1-difluoro-, HFC-152a	Air	µg	53,15776	9,3157164	4,5433822
Ethane, 1,1,1-trichloro-, HCFC-140	Air	ng	344,42796	316,41843	56,517934
Ethane, 1,1,1-trichloro-, HCFC-140	Water	ng	x	77,526	1,395
Ethane, 1,1,1,2-tetrafluoro-, HFC-134a	Air	µg	78,77737	71,620389	13,235853
Ethane, 1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoro-, CFC-113	Air	ng	319,632	185,77685	102,02943
Ethane, 1,2-dichloro-	Air	mg	7,169632	1,1089832	34,356811
Ethane, 1,2-dichloro-	Water	µg	266,65792	493,72428	104,24448
Ethane, 1,2-dichloro-1,1,2,2-tetrafluoro-, CFC-114	Air	mg	1,5016096	2,4250653	0,27245933
Ethane, dichloro-	Air	µg	x	311,56426	6,15
Ethane, dichloro-	Water	µg	x	163,62811	204,89064
Ethane, hexachloro-	Water	ng	x	3,5564486	0,0702
Ethane, hexafluoro-, HFC-116	Air	mg	3,6551982	61,528535	1,620945
Ethanol	Air	mg	28,399173	24,729665	5,7942165
Ethanol	Water	µg	102,15712	58,832072	32,296474

Ethene	Air	mg	606,68784	276,53663	133,9703
Ethene	Water	mg	19,195584	269,56671	264,31842
Ethene, chloro-	Air	mg	4,703728	14,445379	24,162902
Ethene, chloro-	Water	µg	64,97792	5,6135308	102,01314
Ethene, tetrachloro-	Air	ng	786,46741	688,39255	125,60297
Ethene, tetrachloro-	Water	ng	x	422,51578	8,34
Ethene, trichloro-	Water	µg	x	27,367796	0,82592454
Ethyl acetate	Air	mg	12,235168	7,0460918	3,8679894
Ethyl acetate	Water	ng	6,929984	4,0078092	2,2005607
Ethyl cellulose	Air	µg	24,444576	14,210216	7,8043757
Ethylene diamine	Air	ng	204,79232	131,36144	62,116052
Ethylene diamine	Water	ng	496,4704	318,44834	150,58242
Ethylene oxide	Air	µg	410,6529	840,95081	760,7556
Ethylene oxide	Water	µg	8,1384	4,6742496	2,4899404
Ethyne	Air	mg	7,691895	93,579392	89,955288
Fatty acids as C	Water	mg	x	556,01419	9,867
Feldspar, in ground	Raw	g	8,48E-05	7,13E-06	86,888891
Fenpiclonil	Soil	µg	668,70848	25,740595	12,459258
Fluoranthene	Air	mg	x	13,28211	5,3136
Fluoride	Water	g	84,438285	3,9690973	1,6026154
Fluoride	Soil	mg	166,85392	23,66901	5,5963989
Fluorine	Air	mg	14,264199	260,28347	114,05915
Fluorine	Water	mg	x	x	3,14
Fluorine, 4.5% in apatite, 1% in crude ore, in ground	Raw	mg	443,6032	380,10873	196,82612
Fluorine, 4.5% in apatite, 3% in crude ore, in ground	Raw	g	0,21881264	4,7424124	0,75900444
Fluorspar, 92%, in ground	Raw	g	14,749792	11,60126	5,8193663
Fluorspar, in ground	Raw	µg	x	x	200
Fluosilicic acid	Air	mg	4,24472	1,7214538	0,47856373
Fluosilicic acid	Water	mg	7,64056	3,0986877	0,86143301
Formaldehyde	Air	g	6,4718164	0,6039767	0,045861389
Formaldehyde	Water	mg	51,493475	6,5414822	5,5048636
Formic acid	Air	mg	5,0627867	0,16979281	0,040340412
Furan	Air	mg	1,4333093	0,045717984	0,0100839
Gallium, 0.014% in bauxite, in ground	Raw	ng	410,1376	71,747466	34,989712
Gas, mine, off-gas, process, coal mining/kg	Raw	g	x	27,963552	0,546
Gas, mine, off-gas, process, coal mining/m3	Raw	l	124,98608	221,74517	43,117849
Gas, natural, 30.3 MJ per kg, in ground	Raw	kg	x	4,0860443	1,5330127
Gas, natural, 35 MJ per m3, in ground	Raw	m3	1,1144458	14,844423	0,18934395
Gas, natural, 36.6 MJ per m3, in ground	Raw	l	x	4,8	256,38956
Gas, natural, feedstock, 35 MJ per m3, in ground	Raw	l	x	x	198
Gas, natural, in ground	Raw	m3	22,034496	36,216203	7,2313672
Gas, off-gas, oil production, in ground	Raw	l	x	2,5489313	1,2259464
Gas, petroleum, 35 MJ per m3, in ground	Raw	l	x	143,54376	2,649
Glutaraldehyde	Water	mg	1,0596784	1,2125919	0,14200191
Glyphosate	Soil	mg	18,948816	174,48253	25,757201
Gold, Au 1.1E-4%, Ag 4.2E-3%, in ore, in ground	Raw	µg	23,948384	13,919984	7,6449536
Gold, Au 1.3E-4%, Ag 4.6E-5%, in ore, in ground	Raw	µg	43,91536	25,52594	14,019002
Gold, Au 1.4E-4%, in ore, in ground	Raw	µg	52,58208	30,563639	16,785792

Gold, Au 2.1E-4%, Ag 2.1E-4%, in ore, in ground	Raw	µg	80,31456	46,682266	25,63802
Gold, Au 4.3E-4%, in ore, in ground	Raw	µg	19,905056	11,569748	6,3541857
Gold, Au 4.9E-5%, in ore, in ground	Raw	µg	47,67584	27,710611	15,218657
Gold, Au 6.7E-4%, in ore, in ground	Raw	µg	73,808	42,901515	23,561742
Gold, Au 7.1E-4%, in ore, in ground	Raw	µg	83,2272	48,376461	26,56824
Gold, Au 9.7E-4%, Ag 9.7E-4%, Zn 0.63%, Cu 0.38%, Pb 0.014%, in ore, in ground	Raw	µg	4,987184	2,8987773	1,59202
Granite, in ground	Raw	ng	506,88352	96,301076	41,255862
Gravel, in ground	Raw	kg	371,09376	54,801685	12,113691
Gypsum, in ground	Raw	mg	54,38192	127,76664	51,986308
Heat, waste	Air	MJ	5508,4961	3205,8845	553,80211
Heat, waste	Water	MJ	17987,031	547,6119	273,00486
Heat, waste	Soil	MJ	1515,8464	47,172604	24,418779
Helium	Air	g	1,4685984	0,20538613	0,01369634
Helium, 0.08% in natural gas, in ground	Raw	µg	2,0688896	0,36224027	0,17666247
Heptane	Air	g	2,3971776	0,20493635	0,033960693
Herbicide	Raw	mg	x	x	7
Hexane	Air	g	5,3361087	1,2159211	0,19808876
Hydrocarbons, aliphatic, alkanes, cyclic	Air	mg	1,2504982	0,1434159	0,047742495
Hydrocarbons, aliphatic, alkanes, unspecified	Air	g	4,3389141	0,90532511	0,36515047
Hydrocarbons, aliphatic, alkanes, unspecified	Water	g	1,02272	0,10650776	0,018693122
Hydrocarbons, aliphatic, alkenes, unspecified	Air	mg	x	18,773258	1,4265023
Hydrocarbons, aliphatic, alkenes, unspecified	Water	mg	x	1,3886415	0,041198271
Hydrocarbons, aliphatic, unsaturated	Air	g	1,1342384	0,35225166	0,062353381
Hydrocarbons, aliphatic, unsaturated	Water	mg	94,403952	8,4403644	1,68402
Hydrocarbons, aromatic	Air	g	1,2942548	2,0092749	0,37780125
Hydrocarbons, aromatic	Water	g	5,1229099	0,46483618	0,10420129
Hydrocarbons, chlorinated	Air	mg	2,1625358	262,89917	2,447489
Hydrocarbons, chlorinated	Water	µg	972,3489	6,1180521	30,974106
Hydrocarbons, halogenated	Air	ng	x	68,32	765,08
Hydrocarbons, unspecified	Air	g	x	40,063503	15,658959
Hydrocarbons, unspecified	Water	mg	252,86338	554,40887	156,90136
Hydrogen	Air	g	0,55778699	1,0008665	0,41465554
Hydrogen	Water	mg	x	166,55857	33,128368
Hydrogen-3, Tritium	Air	kBq	14,758496	5,8135312	1,3735339
Hydrogen-3, Tritium	Water	kBq	1181,8891	654,81601	119,18982
Hydrogen chloride	Air	g	32,057914	6,6504839	1,8890027
Hydrogen fluoride	Air	g	10,003338	2,121851	0,3492524
Hydrogen peroxide	Air	µg	18,211072	10,542983	5,789141
Hydrogen peroxide	Water	mg	3,480623	0,12933475	0,066100892
Hydrogen sulfide	Air	g	0,23268081	3,007559	1,0814934
Hydrogen sulfide	Water	g	120,17434	3,4126228	1,6961043
Hydroxide	Water	µg	550,8704	299,55518	163,96775
Hypochlorite	Water	mg	23,386048	35,274564	4,0505938
Hypochlorous acid	Water	mg	x	32,435319	2,6287931
Indium, 0.005% in sulfide, In 0.003%, Pb, Zn, Ag, Cd, in ground	Raw	mg	3,754992	2,0547395	0,020560225
Iodide	Water	mg	808,09981	83,039989	15,063941
Iodine	Air	mg	19,39709	25,778772	5,7206444
Iodine-129	Air	Bq	2,749296	1,3348756	0,27065069

Iodine-129	Water	Bq	x	17,704276	0,351
Iodine-131	Air	Bq	73,5672	16,853314	7,8255962
Iodine-131	Water	mBq	288,17664	292,32693	46,857743
Iodine-133	Air	mBq	36,135136	60,968104	7,1360193
Iodine-133	Water	mBq	43,488256	57,775907	8,3629222
Iodine-135	Air	mBq	9,32016	33,596597	2,0612256
Iron	Air	mg	113,73363	208,88793	35,512297
Iron	Water	g	0,62319648	3,7274002	0,34757463
Iron	Soil	g	7,7831722	2,7557478	0,57287623
Iron-59	Air	µBq	x	1,8915681	0,0375
Iron-59	Water	mBq	11,956032	15,190923	2,2854729
Iron ore, in ground	Raw	mg	x	115,43839	473,76235
Iron, 46% in ore, 25% in crude ore, in ground	Raw	kg	4,496176	1,2717089	0,369008
Iron, in ground	Raw	kg	x	28,426219	11,316666
Iron, ion	Water	kg	3,4994069	0,11435384	0,051053498
Isocyanic acid	Air	µg	961,2176	476,63903	123,36052
Isoprene	Air	µg	66,510961	2,1213966	0,46791533
Kaolinite, 24% in crude ore, in ground	Raw	g	1,7419424	1,4250378	0,66604893
Kieserite, 25% in crude ore, in ground	Raw	mg	8,604736	4,4894242	1,8363798
Kjeldahl-N	Water	g	0,41208106	6,6668995	2,6733538
Krypton-85	Air	Bq	638,4768	4555020,8	90372,934
Krypton-85m	Air	Bq	392,2896	493,43194	74,288049
Krypton-87	Air	Bq	92,01632	111,77396	17,032747
Krypton-88	Air	Bq	117,97408	360,37043	26,369248
Krypton-89	Air	Bq	48,40416	62,573949	9,2443005
Land use II-III	Raw	m2a	x	0,56839488	0,01092
Land use II-III, sea floor	Raw	m2a	x	0,32941488	0,00303
Land use II-IV	Raw	cm2a	x	493,29456	6,15
Land use II-IV, sea floor	Raw	cm2a	x	339,30624	3,12
Land use III-IV	Raw	cm2a	x	367,43184	3,33
Land use IV-IV	Raw	cm2a	x	22,321642	0,441
Lanthanum	Air	µg	x	103,44705	7,9135771
Lanthanum-140	Air	mBq	2,2757536	3,0106987	0,43738743
Lanthanum-140	Water	mBq	73,78272	93,799623	14,10504
Lanthanum, 7.2% in bastnasite, 0.72% in crude ore, in ground	Raw	pg	0,04328352	0,001201684	0,00091052
Lead	Air	g	0,15369462	1,4807543	0,88934491
Lead	Water	g	803,49824	22,449896	9,6907809
Lead	Soil	mg	2,3257392	0,88876636	0,14780698
Lead-210	Air	Bq	7,6661376	10,760164	2,0876064
Lead-210	Water	Bq	8,2394176	81,470093	13,692634
Lead, 5.0% in sulfide, Pb 3.0%, Zn, Ag, Cd, In, in ground	Raw	g	14,576832	0,83013403	0,17987887
Lead, in ground	Raw	mg	x	270,85562	5,4888823
Limestone, in ground	Raw	kg	x	3,9847484	1,91447
Linuron	Soil	mg	1,4477296	408,17412	60,002478
Lithium, ion	Water	mg	8,0144	1,8651744	0,36055961
m-Xylene	Air	mg	19,322549	11,837722	1,8600391
m-Xylene	Water	ng	225,8656	52,565025	10,161375
Magnesite, 60% in crude ore, in ground	Raw	g	58,50368	16,065857	4,9702706

Magnesium	Air	mg	423,64694	156,09829	32,782437
Magnesium	Water	kg	5,529117	0,17113352	0,070136229
Magnesium	Soil	g	1,9236683	0,73357724	0,12824949
Magnesium, 0.13% in water	Raw	mg	3,453976	0,25833918	0,12140559
Mancozeb	Soil	mg	21,853435	0,84363504	0,40924815
Manganese	Air	mg	52,081313	212,96859	114,33575
Manganese	Water	g	410,46907	12,306275	5,2948585
Manganese	Soil	mg	132,9904	286,51292	44,037059
Manganese-54	Air	µBq	211,8304	318,90631	41,479401
Manganese-54	Water	Bq	1,4382208	5,7874567	0,33942692
Manganese, 35.7% in sedimentary deposit, 14.2% in crude ore, in ground	Raw	g	29,130992	3,9155074	0,85664758
Manganese, in ground	Raw	g	x	360,0734	144,00355
Manure	Raw	g	x	x	125,4
Marl, in ground	Raw	g	x	431,10844	15,88292
Mercury	Air	mg	12,507047	7,5114958	2,4708099
Mercury	Water	g	2,3077948	0,065131141	0,029077247
Mercury	Soil	µg	6,1561776	102,83741	12,979207
Metal waste	Waste	g	x	x	1,0613333
Metaldehyde	Soil	µg	13,912459	0,46254574	0,19718772
Metallic ions, unspecified	Water	g	6,820652	0,048104761	0,32359573
Metals, unspecified	Air	mg	229,38502	20,704483	59,652299
Metamorphous rock, graphite containing, in ground	Raw	mg	225,59936	91,150691	25,413916
Methane	Raw	g	x	4,8036711	2,310397
Methane	Air	g	88,709075	257,91113	41,414303
Methane, biogenic	Air	kg	32,978495	3,5822718	0,89680933
Methane, bromo-, Halon 1001	Air	pg	1,1075168	0,1915695	0,0402015
Methane, bromochlorodifluoro-, Halon 1211	Air	mg	0,2764848	1,2347727	0,21550967
Methane, bromotrifluoro-, Halon 1301	Air	mg	14,253002	1,3650508	0,26425571
Methane, chlorodifluoro-, HCFC-22	Air	mg	1,2969132	10,568652	1,69925
Methane, chlorotrifluoro-, CFC-13	Air	µg	x	5,1747898	0,1026
Methane, dichloro-, HCC-30	Air	mg	0,009408224	263,4095	0,011925888
Methane, dichloro-, HCC-30	Water	mg	58,7464	11,811778	1,9968494
Methane, dichlorodifluoro-, CFC-12	Air	µg	2,3961335	13,323572	1,2648434
Methane, dichlorofluoro-, HCFC-21	Air	mg	2,82E-06	1,1203285	0,020250728
Methane, fossil	Air	kg	2,5147281	0,56794527	0,13215334
Methane, monochloro-, R-40	Air	µg	9,2194813	8,3908669	1,50216
Methane, tetrachloro-, CFC-10	Air	µg	322,2506	328,45856	136,38494
Methane, tetrachloro-, CFC-10	Water	ng	x	644,41882	12,72
Methane, tetrafluoro-, CFC-14	Air	mg	32,689245	553,63144	14,520116
Methane, trichlorofluoro-, CFC-11	Air	µg	0,00458464	38,433956	0,7631821
Methane, trifluoro-, HFC-23	Air	ng	898,5248	427,2291	231,68321
Methanol	Air	mg	247,81808	330,19403	281,35092
Methanol	Water	mg	9,1362416	18,529332	4,5314452
Methyl acrylate	Air	µg	7,641376	4,4413095	2,4391961
Methyl acrylate	Water	µg	149,2752	86,762703	47,650543
Methyl amine	Air	ng	14,946112	8,5060806	4,6668081
Methyl amine	Water	ng	35,86976	20,414156	11,200061
Methyl borate	Air	pg	2,5795904	1,4988878	0,82336796

Methyl ethyl ketone	Air	mg	12,235072	7,0460918	3,8679894
Methyl formate	Air	ng	29,605344	17,220512	9,4579303
Methyl formate	Water	ng	11,819552	6,8751361	3,7759971
Metolachlor	Soil	mg	10,478368	0,28228514	0,092350962
Metribuzin	Soil	µg	769,4471	29,70493	14,409917
Mineral waste	Waste	g	x	2,6689493	18,278338
Mineral waste, from mining	Waste	g	x	x	665,91778
Molybdenum	Air	mg	2,5404484	1,77048	0,34445847
Molybdenum	Water	g	1,4028123	0,09188155	0,027697012
Molybdenum	Soil	µg	9,553856	48,591851	7,8218299
Molybdenum-99	Water	mBq	25,438336	32,341626	4,863126
Molybdenum, 0.010% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 1.83% in crude ore, in ground	Raw	g	1,065096	15,861836	9,4903389
Molybdenum, 0.014% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.81% in crude ore, in ground	Raw	g	0,15176784	2,261449	1,3530563
Molybdenum, 0.022% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.36% in crude ore, in ground	Raw	g	10,239104	1,372258	0,30003168
Molybdenum, 0.025% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.39% in crude ore, in ground	Raw	g	0,556128	8,2868688	4,9581487
Molybdenum, 0.11% in sulfide, Mo 4.1E-2% and Cu 0.36% in crude ore, in ground	Raw	g	20,664784	2,769393	0,60547682
Molybdenum, in ground	Raw	ng	x	337,71636	8,0955965
Monoethanolamine	Air	µg	757,312	402,05118	168,29054
Naphthalene	Air	µg	x	543,05278	238,20899
Napropamide	Soil	µg	24,61424	0,81835245	0,3488698
Neodymium, 4% in bastnasite, 0.4% in crude ore, in ground	Raw	pg	-0,0999744	-0,005223917	-0,00325897
Neptunium-237	Air	nBq	x	48,575088	0,963
Neptunium-237	Water	mBq	x	7,7930141	0,1545
Nickel	Air	mg	197,37301	931,76732	532,84886
Nickel	Soil	µg	864,16096	514,69543	90,069654
Nickel, 1.13% in sulfide, Ni 0.76% and Cu 0.76% in crude ore, in ground	Raw	g	2,9207222	0,23222835	0,044419759
Nickel, 1.98% in silicates, 1.04% in crude ore, in ground	Raw	g	160,9568	114,96612	46,502146
Nickel, in ground	Raw	g	x	607,75254	240,00352
Nickel, ion	Water	g	173,1188	6,3796919	2,9151437
Niobium-95	Air	µBq	25,145856	40,766487	4,9816697
Niobium-95	Water	mBq	106,8272	121,07585	20,001434
Nitrate	Air	mg	1,3078494	1,1705092	0,56585215
Nitrate	Water	kg	4,5701953	0,12959136	0,064221139
Nitric oxide	Air	mg	x	11,28365	x
Nitrite	Water	g	80,67198	2,3352796	1,052187
Nitrogen	Air	g	x	3,549732	0,00381
Nitrogen	Water	g	35,256234	1,0992271	0,51892922
Nitrogen	Soil	µg	x	120,95597	2,196
Nitrogen dioxide	Air	g	x	84,256578	33,639326
Nitrogen oxides	Air	kg	2,8771999	0,56970143	0,16064253
Nitrogen, in air	Raw	g	x	x	1,7
Nitrogen, organic bound	Water	kg	1,6498968	0,050929955	0,022272076
Nitrogen, total	Water	g	2,3750485	0,13778288	0,035927801
Nitrogen, total	Soil	mg	x	18,4	2,7
NMVOC, non-methane volatile organic compounds, unspecified origin	Air	kg	1,0943798	0,18007111	0,043914637
Noble gases, radioactive, unspecified	Air	kBq	26416,768	10278,388	2549,7689
o-Xylene	Water	ng	164,51856	38,28852	7,4015575

Occupation, arable	Raw	cm2a	x	328,08574	157,79771
Occupation, arable, non-irrigated	Raw	m2a	0,10328778	7,1131612	1,0464883
Occupation, construction site	Raw	m2a	0,4182807	0,021150773	0,008187447
Occupation, dump site	Raw	m2a	2,7090288	2,0070437	1,1299727
Occupation, dump site, benthos	Raw	cm2a	137,75536	89,18376	16,583544
Occupation, forest	Raw	mm2a	x	3,7883919	1,8220834
Occupation, forest, intensive	Raw	m2a	56,345989	0,049664848	0,024398678
Occupation, forest, intensive, normal	Raw	m2a	23,168989	1,5624696	0,50925053
Occupation, forest, intensive, short-cycle	Raw	cm2a	194,35936	6,1994727	1,3674091
Occupation, industrial area	Raw	m2a	0,2275728	1,9527908	0,76660273
Occupation, industrial area, benthos	Raw	mm2a	202,32528	83,794204	15,391456
Occupation, industrial area, built up	Raw	cm2a	687,9168	555,27875	258,34295
Occupation, industrial area, vegetation	Raw	cm2a	796,5728	317,4993	97,070728
Occupation, mineral extraction site	Raw	m2a	1,0408544	0,21176215	0,048612364
Occupation, permanent crop, fruit, intensive	Raw	cm2a	283,04128	5,971263	1,3449854
Occupation, shrub land, sclerophyllous	Raw	m2a	0,40495218	0,021727172	0,007668003
Occupation, traffic area	Raw	m2a	x	0,2062417	0,083203045
Occupation, traffic area, rail embankment	Raw	cm2a	228,79888	88,132842	27,696005
Occupation, traffic area, rail network	Raw	cm2a	252,99856	97,453427	30,625366
Occupation, traffic area, road embankment	Raw	m2a	1,7362474	0,018190396	0,00600261
Occupation, traffic area, road network	Raw	m2a	5,8706464	0,1505202	0,056583889
Occupation, urban, continuously built	Raw	m2a	x	0,29784487	0,11937229
Occupation, urban, discontinuously built	Raw	cm2a	1,9067088	36,377725	5,3665448
Occupation, water bodies, artificial	Raw	m2a	0,3949776	47,490796	6,9910549
Occupation, water courses, artificial	Raw	m2a	0,49810464	0,040539441	0,015158407
Oil waste	Waste	g	x	26,320999	10,634494
Oil, crude, 41 MJ per kg, in ground	Raw	kg	x	2,4518742	0,97893647
Oil, crude, 42.6 MJ per kg, in ground	Raw	kg	22,12652	2,217338	0,67474239
Oil, crude, 42.7 MJ per kg, in ground	Raw	kg	x	6,3064529	1,256335
Oil, crude, feedstock, 41 MJ per kg, in ground	Raw	g	x	x	365
Oil, crude, in ground	Raw	kg	169,61328	31,460873	5,7596921
Oils, biogenic	Soil	mg	459,37085	21,328089	7,7682734
Oils, unspecified	Water	g	237,23202	40,576441	8,5985692
Oils, unspecified	Soil	g	159,56856	38,350029	8,1365785
Olivine, in ground	Raw	mg	2,99744	29,816553	7,6336252
Orbencarb	Soil	mg	4,1551723	0,16041157	0,077816054
Organic substances, unspecified	Air	mg	x	x	7,2
Organic substances, unspecified	Water	µg	x	x	300
Oxygen, in air	Raw	mg	x	x	560
Ozone	Air	g	0,81913114	7,2775778	1,1066925
Packaging waste, unspecified	Waste	µg	x	x	1000
PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons	Air	mg	34,545384	101,28697	6,0766599
PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons	Water	mg	56,301565	35,651039	1,8832771
Palladium, in ground	Raw	ng	x	302,43115	5,3597231
Paraffins	Air	ng	39,89904	13,931555	5,6977736
Paraffins	Water	ng	115,79296	40,430411	16,535404
Particulates	Air	g	30,043348	0,2176	6,0815556
Particulates, < 10 µm (mobile)	Air	mg	x	477,07536	9,33
Particulates, < 10 µm (stationary)	Air	g	x	28,773686	0,561

Particulates, < 2.5 um	Air	g	102,07925	54,991664	21,798462
Particulates, > 10 um	Air	g	359,11309	245,30878	42,380489
Particulates, > 10 um (process)	Air	g	x	9,1518288	0,1713
Particulates, > 2.5 um, and < 10um	Air	g	170,03951	44,532286	17,999829
Particulates, SPM	Air	g	x	28,714455	11,294238
Pd, Pd 2.0E-4%, Pt 4.8E-4%, Rh 2.4E-5%, Ni 3.7E-2%, Cu 5.2E-2% in ore, in ground	Raw	µg	380,54176	37,676496	7,3693586
Pd, Pd 7.3E-4%, Pt 2.5E-4%, Rh 2.0E-5%, Ni 2.3E+0%, Cu 3.2E+0% in ore, in ground	Raw	µg	914,5184	90,543535	17,709856
Peat, in ground	Raw	g	54,247152	22,537541	8,1078006
Pentane	Air	g	13,224145	3,0532516	0,41092043
Peroxitan	Raw	g	x	x	1,19
Pesticides	Raw	mg	x	x	100,8
Phenol	Air	mg	231,11272	5,6682677	4,5868977
Phenol	Water	mg	898,42017	123,84266	22,687739
Phenol, pentachloro-	Air	mg	0,37206928	6,6490392	1,0062214
Phenols, unspecified	Water	mg	146,96881	16,085046	5,7286222
Phosphate	Water	g	61,092883	5,7218634	1,7275653
Phosphine	Air	ng	5,82144	3,383637	1,8583276
Phosphorus	Air	mg	64,90913	31,229511	5,3571209
Phosphorus	Water	mg	196,09727	902,77696	35,161721
Phosphorus	Soil	mg	135,54859	160,52563	24,019866
Phosphorus compounds, unspecified	Water	µg	x	113,4372	1,149
Phosphorus pentoxide	Water	mg	x	x	1,7
Phosphorus, 18% in apatite, 12% in crude ore, in ground	Raw	g	0,8781344	18,897008	3,0269764
Phosphorus, 18% in apatite, 4% in crude ore, in ground	Raw	g	1,7744224	1,5204414	0,7873096
Phosphorus, total	Air	mg	x	3,7045902	0,0735705
Phosphorus, total	Water	mg	x	0,000290693	1,5401398
Phosphorus, total	Soil	kg	x	x	x
Phthalate, dimethyl tere-	Water	µg	x	10,136352	0,0132
Phthalate, dioctyl-	Water	ng	x	14,764685	0,2904
Phthalate, p-dibutyl-	Water	µg	x	1,60806	0,002094
Pirimicarb	Soil	µg	9,071504	0,24438978	0,079953423
Plastic waste	Waste	mg	x	x	44
Platinum	Air	µg	0,030598416	2,9093854	0,38644513
Platinum, in ground	Raw	ng	x	344,2021	6,3553415
Plutonium-238	Air	nBq	375,0528	254,1668	38,349822
Plutonium-241	Air	mBq	x	80,807098	1,602
Plutonium-241	Water	Bq	x	12,045339	0,2388
Plutonium-alpha	Air	mBq	0,000859762	2,9360473	0,058282993
Plutonium-alpha	Water	mBq	x	485,75088	9,63
Polonium-210	Air	Bq	12,911846	18,629383	3,6575684
Polonium-210	Water	Bq	11,093335	120,92852	20,335554
Polychlorinated biphenyls	Air	µg	69,203925	18,087368	5,6577015
Portachrome	Raw	mg	x	x	-818,88889
Potassium	Air	g	4,0018564	2,383412	0,37364979
Potassium	Water	g	x	2,8815482	0,22989685
Potassium	Soil	mg	920,74976	846,99252	138,48501
Potassium-40	Air	Bq	1,3225851	2,4897217	0,48673879
Potassium-40	Water	Bq	4,1816922	17,179564	2,8635198

Potassium, ion	Water	kg	3,3627829	0,11172797	0,044979661
Potatoes	Raw	g	x	x	26
Production waste, not inert	Waste	g	x	15,082052	7,253937
Promethium-147	Air	mBq	x	24,967728	0,495
Propanal	Air	µg	96,897955	5,1248874	2,2220284
Propane	Air	g	10,601566	3,1438081	0,48629199
Propene	Air	mg	623,00684	83,768819	16,8551
Propene	Water	mg	292,2	12,696023	5,2641304
Propionic acid	Air	mg	2,7595905	25,111243	2,8926853
Propylene oxide	Air	mg	1,9788192	0,20249916	0,066341897
Propylene oxide	Water	mg	4,761392	0,48713696	0,15956411
Protactinium-234	Air	mBq	445,6768	299,5169	55,055518
Protactinium-234	Water	Bq	8,213392	5,5111972	1,0130392
Pt, Pt 2.5E-4%, Pd 7.3E-4%, Rh 2.0E-5%, Ni 2.3E+0%, Cu 3.2E+0% in ore, in ground	Raw	µg	10,222976	53,897348	8,0023785
Pt, Pt 4.8E-4%, Pd 2.0E-4%, Rh 2.4E-5%, Ni 3.7E-2%, Cu 5.2E-2% in ore, in ground	Raw	µg	36,648816	193,2115	28,686973
Radioactive species, unspecified	Water	kBq	13,316511	3,753793	26,005399
Radioactive species, alpha emitters	Water	mBq	16,74352	78,134611	16,288472
Radioactive species, from fission and activation	Water	mBq	x	346,63114	6,87
Radioactive species, Nuclides, unspecified	Water	Bq	2677,9223	1040,4392	258,24413
Radioactive species, other beta emitters	Air	Bq	21,712846	7,2791633	1,4807213
Radioactive species, unspecified	Air	kBq	1392,5498	408,04578	2824,6107
Radium-224	Water	Bq	393,35008	40,427598	7,1138698
Radium-226	Air	Bq	16,251592	12,42504	2,329941
Radium-226	Water	Bq	5745,927	5497,2973	694,36338
Radium-228	Air	Bq	0,8823168	1,4457053	0,43285079
Radium-228	Water	Bq	786,71965	80,847229	14,228113
Radon-220	Air	Bq	60,278817	103,72616	19,121233
Radon-222	Air	kBq	58871,091	42218,835	7314,5303
Recycling glass	Raw	g	x	x	105,55556
Rh, Rh 2.0E-5%, Pt 2.5E-4%, Pd 7.3E-4%, Ni 2.3E+0%, Cu 3.2E+0% in ore, in ground	Raw	µg	8,6952048	0,28273915	0,066889016
Rh, Rh 2.4E-5%, Pt 4.8E-4%, Pd 2.0E-4%, Ni 3.7E-2%, Cu 5.2E-2% in ore, in ground	Raw	µg	27,234128	0,88558682	0,20950656
Rhenium, in crude ore, in ground	Raw	µg	41,303248	0,43260263	0,086893579
Rhenium, in ground	Raw	ng	x	307,66847	5,4321443
Rhodium, in ground	Raw	ng	x	321,94429	5,6429418
Rubidium	Water	mg	78,988015	7,2256344	1,4420914
Ruthenium	Water	mg	x	1,0598948	0,019578
Ruthenium-103	Air	µBq	5,524832	7,5085463	1,0657778
Ruthenium-103	Water	mBq	5,367696	7,0013499	1,0296609
Ruthenium-106	Air	mBq	x	293,57126	5,82
Ruthenium-106	Water	Bq	x	29,357126	0,582
Salts, unspecified	Water	g	x	2,8989322	0,091104313
Sand and clay, unspecified, in ground	Raw	mg	x	x	60
Sand, quartz, in ground	Raw	g	x	x	562,22222
Sand, unspecified, in ground	Raw	g	0,2750608	185,70226	114,34634
Scandium	Air	µg	14,754688	55,447483	9,3410817
Scandium	Water	mg	11,214194	12,24715	3,263968
Selenium	Air	mg	8,3831136	52,270446	29,030388
Selenium	Water	mg	199,10088	53,826418	10,482715

Shale, in ground	Raw	mg	20,886048	204,16384	52,344861
Silicates, unspecified	Air	mg	x	53,693249	25,824566
Silicon	Air	g	1,6104405	0,64809617	0,094406358
Silicon	Water	kg	2,1222187	0,56744175	0,26756916
Silicon	Soil	g	0,41063328	1,1169492	0,17805084
Silicon tetrafluoride	Air	µg	13,411136	11,492806	5,9511094
Silicon, in ground	Raw	g	x	330	132
Silver	Air	µg	8,8608656	1,7752309	0,77356742
Silver	Water	µg	x	74,428418	2,0343928
Silver-110	Air	µBq	54,75424	118,85078	11,443711
Silver-110	Water	Bq	20,428224	24,046287	3,6753242
Silver, 0.007% in sulfide, Ag 0.004%, Pb, Zn, Cd, In, in ground	Raw	µg	573,4752	314,90993	172,45802
Silver, 3.2ppm in sulfide, Ag 1.2ppm, Cu and Te, in crude ore, in ground	Raw	µg	409,2912	224,71473	123,06482
Silver, Ag 2.1E-4%, Au 2.1E-4%, in ore, in ground	Raw	µg	37,75024	20,740757	11,359056
Silver, Ag 4.2E-3%, Au 1.1E-4%, in ore, in ground	Raw	µg	86,21632	47,370087	25,943319
Silver, Ag 4.6E-5%, Au 1.3E-4%, in ore, in ground	Raw	µg	84,50592	46,429762	25,428217
Silver, Ag 9.7E-4%, Au 9.7E-4%, Zn 0.63%, Cu 0.38%, Pb 0.014%, in ore, in ground	Raw	µg	55,7624	30,63682	16,778727
Silver, in ground	Raw	mg	x	6,7558776	0,19672084
Silver, ion	Water	g	1,1517702	0,031906046	0,013828174
Slags	Waste	g	x	2,0652126	1,7742015
Slags and ashes	Waste	g	x	x	2,15
Sodium	Air	mg	857,95387	228,28846	40,968964
Sodium	Soil	g	6,4404064	0,79662651	0,15901196
Sodium-24	Water	mBq	192,47552	261,58024	37,127801
Sodium chlorate	Air	µg	183,02624	142,62492	68,825211
Sodium chloride, in ground	Raw	kg	1,478072	0,29217488	0,48292847
Sodium dichromate	Air	µg	550,1776	41,551924	17,801025
Sodium dichromate, in ground	Raw	µg	x	x	600
Sodium formate	Air	mg	13,388538	0,009752453	0,004895132
Sodium formate	Water	mg	32,165074	0,023429229	0,01176008
Sodium hydroxide	Raw	g	x	x	24
Sodium hydroxide	Air	µg	67,69952	39,285152	21,573723
Sodium nitrate, in ground	Raw	µg	2,4932128	29,516771	19,370561
Sodium sulphate, various forms, in ground	Raw	g	3,59528	2,9770993	1,6129327
Sodium, ion	Water	kg	11,123222	0,63004507	0,16945671
Solids, inorganic	Water	g	54,8916	18,397348	149,26604
Solved organics	Water	mg	x	5,3693125	162,58245
Solved solids	Water	g	10,514402	5,8889946	1,8084041
Solved substances	Water	g	x	3,2998712	0,27785213
Solved substances, inorganic	Water	g	428,3207	1,3168	87,139289
Soot	Air	g	x	39,232195	15,649933
Stibnite, in ground	Raw	µg	1,4061632	0,47138782	0,095862979
Strontium	Air	mg	6,1788272	12,430542	2,7226819
Strontium	Water	g	15,696491	2,5048159	0,55677889
Strontium	Soil	mg	23,559326	3,9744035	0,78620421
Strontium-89	Air	µBq	x	87,161011	1,728
Strontium-89	Water	mBq	441,61728	550,14028	84,092637

Strontium-90	Air	mBq	x	48,575088	0,963
Strontium-90	Water	Bq	2034,7331	452,58429	213,72222
Styrene	Air	µg	344,69579	165,32241	45,424588
Sulfate	Air	g	1,180805	0,94243111	0,23894297
Sulfate	Water	kg	5,485331	0,66724563	0,2717089
Sulfide	Water	mg	47,264186	5,1676279	1,2442201
Sulfite	Water	mg	64,93168	29,407503	10,957511
Sulfur	Water	g	0,50336151	1,1932696	0,18214642
Sulfur	Soil	g	1,4177446	0,51519456	0,067978717
Sulfur containing material	Raw	g	x	x	11,42
Sulfur dioxide	Raw	mg	x	x	15,5
Sulfur dioxide	Air	g	842,6625	695,32615	312,99531
Sulfur dioxide, secondary	Raw	g	x	x	43,644444
Sulfur hexafluoride	Air	mg	8,8459629	1,4733475	0,72291295
Sulfur oxides	Air	g	109,82062	186,45689	58,959327
Sulfur trioxide	Water	mg	x	5,8398505	0,32154625
Sulfur, in ground	Raw	g	0,16949952	0,74168595	1,9570427
Sulfuric acid	Air	mg	0,014293698	0,008242996	2,7545254
Sulfuric acid	Soil	ng	8,73232	5,0754275	2,7874345
Suspended solids, unspecified	Water	g	50,221315	24,213184	5,0459655
Suspended substances, unspecified	Water	g	63,334626	0,72770857	11,970629
Sylvite, 25 % in sylvinitite, in ground	Raw	g	1,8537952	164,35428	24,179431
t-Butyl methyl ether	Air	mg	284,45491	0,049075845	0,011459825
t-Butyl methyl ether	Water	mg	10,396657	1,1598933	0,24692884
Talc, in ground	Raw	g	23,566024	0,1543281	0,074830668
Tantalum, 81.9% in tantalite, 1.6E-4% in crude ore, in ground	Raw	µg	445,5376	247,39516	135,56331
Tebutam	Soil	µg	58,3248	1,9391198	0,8266661
Technetium-99	Air	µBq	x	2,0579988	0,0408
Technetium-99	Water	Bq	x	3,0869568	0,0612
Technetium-99m	Water	mBq	584,6848	742,43164	111,7424
Teflubenzuron	Soil	µg	51,295939	1,9803016	0,96064963
Tellurium-123m	Air	µBq	x	220,90356	4,38
Tellurium-123m	Water	mBq	83,9248	44,856925	9,7067369
Tellurium-132	Water	mBq	1,4729568	1,8799202	0,28173686
Tellurium, 0.5ppm in sulfide, Te 0.2ppm, Cu and Ag, in crude ore, in ground	Raw	µg	61,3936	33,707693	18,460044
Terpenes	Air	µg	628,91888	20,060643	4,4246877
Thallium	Air	µg	65,622944	100,27932	16,880071
Thallium	Water	mg	13,711072	1,2023879	0,45933052
Thiram	Soil	µg	2,8632176	0,091327512	0,020143823
Thorium	Air	µg	18,974336	114,59817	24,773294
Thorium-228	Air	mBq	280,2744	565,05681	106,34287
Thorium-228	Water	Bq	1573,4801	162,60615	28,609568
Thorium-230	Air	Bq	1,6706912	1,5256023	0,2449974
Thorium-230	Water	Bq	1120,64	762,8136	138,43395
Thorium-232	Air	mBq	405,78608	702,74346	142,21347
Thorium-232	Water	Bq	0,6572992	1,5134642	0,24933981
Thorium-234	Air	mBq	445,7568	299,60262	55,070992
Thorium-234	Water	Bq	8,214272	5,5166007	1,0132868

Tin	Air	mg	6,4666458	59,124816	35,095049
Tin	Soil	mg	0,00977952	-3,3574777	-0,49260814
Tin, 79% in cassiterite, 0.1% in crude ore, in ground	Raw	mg	231,0576	26,559535	10,612195
Tin, in ground	Raw	mg	x	3,7606526	0,10943685
Tin, ion	Water	g	117,48008	3,236733	1,4742767
TiO2, 54% in ilmenite, 2.6% in crude ore, in ground	Raw	g	24,377792	237,27202	233,34988
TiO2, 95% in rutile, 0.40% in crude ore, in ground	Raw	mg	0,44010768	51,257889	0,004124638
Titanium	Air	mg	8,9463669	16,543425	2,7622086
Titanium	Soil	mg	2,74952	17,953581	2,8150067
Titanium, ion	Water	g	5,9044887	7,8399723	5,754386
TOC, Total Organic Carbon	Water	kg	114,83444	3,3585363	1,6669184
Toluene	Air	g	9,7127408	0,56475611	0,14192082
Toluene	Water	g	1,0968363	0,10098144	0,021534358
Transformation, from arable	Raw	mm2	136,69392	467,94184	75,108265
Transformation, from arable, non-irrigated	Raw	dm2	19,01488	782,93144	115,25572
Transformation, from arable, non-irrigated, fallow	Raw	mm2	20,561968	7,8999969	2,2610965
Transformation, from dump site, inert material landfill	Raw	cm2	5,971616	17,893489	3,3832643
Transformation, from dump site, residual material landfill	Raw	mm2	228,0016	245,41081	106,11784
Transformation, from dump site, sanitary landfill	Raw	cm2	800,60287	23,046631	10,877677
Transformation, from dump site, slag compartment	Raw	mm2	104,94957	5,6706829	1,2275646
Transformation, from forest	Raw	dm2	11,451424	32,994296	4,9399786
Transformation, from forest, extensive	Raw	dm2	57,506003	1,1894847	0,41215782
Transformation, from forest, intensive, clear-cutting	Raw	mm2	694,16912	22,14095	4,8835892
Transformation, from industrial area	Raw	mm2	272,8016	236,94004	45,14332
Transformation, from industrial area, benthos	Raw	mm2	0,16226176	0,76490138	0,13299834
Transformation, from industrial area, built up	Raw	mm2	0,6333024	0,54271646	0,28102347
Transformation, from industrial area, vegetation	Raw	mm2	1,0803584	0,92580239	0,47938515
Transformation, from mineral extraction site	Raw	cm2	392,23712	47,769574	10,924768
Transformation, from pasture and meadow	Raw	dm2	10,102282	0,64532444	0,21474791
Transformation, from pasture and meadow, intensive	Raw	mm2	155,178	5,15921	2,1994034
Transformation, from sea and ocean	Raw	cm2	137,97872	89,226044	16,594353
Transformation, from shrub land, sclerophyllous	Raw	cm2	837,7777	811,11302	128,66879
Transformation, from tropical rain forest	Raw	mm2	694,16912	22,14095	4,8835892
Transformation, from unknown	Raw	dm2	14,111344	3,8267767	1,4226988
Transformation, to arable	Raw	cm2	10,132864	16,414291	3,4391999
Transformation, to arable, non-irrigated	Raw	dm2	19,03024	790,58928	116,38145
Transformation, to arable, non-irrigated, fallow	Raw	mm2	27,58704	16,347098	4,1744513
Transformation, to dump site	Raw	cm2	22,9052	147,85017	84,047297
Transformation, to dump site, benthos	Raw	cm2	137,75536	89,18376	16,583544
Transformation, to dump site, inert material landfill	Raw	cm2	5,971616	17,893489	3,3832643
Transformation, to dump site, residual material landfill	Raw	mm2	228,0112	245,4124	106,11808
Transformation, to dump site, sanitary landfill	Raw	cm2	800,60287	23,046631	10,877677
Transformation, to dump site, slag compartment	Raw	mm2	104,94957	5,6706829	1,2275646
Transformation, to forest	Raw	dm2	11,943702	0,86590593	0,24821671
Transformation, to forest, intensive	Raw	dm2	37,518653	0,03307831	0,01624991

Transformation, to forest, intensive, clear-cutting	Raw	mm2	694,16912	22,14095	4,8835892
Transformation, to forest, intensive, normal	Raw	dm2	19,13892	1,1431514	0,39140696
Transformation, to forest, intensive, short-cycle	Raw	mm2	694,16912	22,14095	4,8835892
Transformation, to heterogeneous, agricultural	Raw	cm2	68,29392	8,721435	1,7031427
Transformation, to industrial area	Raw	cm2	14,977616	66,108513	29,169197
Transformation, to industrial area, benthos	Raw	mm2	22,416592	4,0898636	1,0496815
Transformation, to industrial area, built up	Raw	cm2	16,86064	43,973232	10,056907
Transformation, to industrial area, vegetation	Raw	cm2	17,876768	8,3738934	2,2666544
Transformation, to mineral extraction site	Raw	dm2	21,161696	3,2087773	0,68884215
Transformation, to pasture and meadow	Raw	mm2	32,41328	146,44359	27,005073
Transformation, to permanent crop, fruit, intensive	Raw	mm2	398,43968	8,405964	1,8933729
Transformation, to sea and ocean	Raw	mm2	0,16226176	0,76490138	0,13299834
Transformation, to shrub land, sclerophyllous	Raw	cm2	809,91741	43,451273	15,334536
Transformation, to traffic area, rail embankment	Raw	mm2	53,23968	20,507618	6,4445805
Transformation, to traffic area, rail network	Raw	mm2	58,5192	22,541544	7,0837516
Transformation, to traffic area, road embankment	Raw	cm2	95,0936	1,2311761	0,42815784
Transformation, to traffic area, road network	Raw	cm2	217,18736	20,296557	5,5653094
Transformation, to unknown	Raw	mm2	317,1904	179,86048	42,191536
Transformation, to urban, continuously built	Raw	cm2	x	52,172005	30,0959
Transformation, to urban, discontinuously built	Raw	mm2	3,797904	72,462174	10,689826
Transformation, to water bodies, artificial	Raw	dm2	2,3566784	31,246428	4,6232667
Transformation, to water courses, artificial	Raw	cm2	59,636416	4,3050563	1,7247332
Tributyltin	Water	µg	x	817,48836	27,427198
Tributyltin compounds	Water	mg	8,104208	1,8966338	0,51268198
Triethylene glycol	Water	mg	2,731184	227,99543	2,6075221
Tungsten	Water	mg	9,1437232	7,1272659	2,00784
Ulexite, in ground	Raw	mg	12,687088	4,9911664	1,8696805
Undissolved substances	Water	g	x	14,124203	0,14505
Uranium	Air	µg	19,97392	111,19931	19,330831
Uranium-234	Air	Bq	5,204144	3,6886275	0,67677369
Uranium-234	Water	Bq	9,856096	6,6875336	1,2171037
Uranium-235	Air	mBq	251,32896	169,07153	31,007563
Uranium-235	Water	Bq	16,262432	10,918488	2,0059457
Uranium-238	Air	Bq	6,1743981	5,4925487	1,0370453
Uranium-238	Water	Bq	28,963969	58,319914	10,059704
Uranium alpha	Air	Bq	24,212768	15,665782	2,9710837
Uranium alpha	Water	Bq	473,1984	321,7424	58,441564
Uranium ore, 1.11 GJ per kg, in ground	Raw	mg	x	x	520,02555
Uranium, 451 GJ per kg, in ground	Raw	mg	15,996053	4,6876393	32,473802
Uranium, 560 GJ per kg, in ground	Raw	mg	x	120,30132	2,385
Uranium, in ground	Raw	g	1,8235936	1,2412809	0,26276733
Urea	Raw	g	x	x	1,706
Vanadium	Air	mg	183,99303	192,86466	37,728615
Vanadium	Soil	µg	78,69952	513,87951	80,573167
Vanadium, ion	Water	g	4,8582972	0,44223546	0,18766292
Vermiculite, in ground	Raw	mg	7,153936	2,3695164	0,54221275
VOC, volatile organic compounds	Air	mg	x	349,58821	143,66179

VOC, volatile organic compounds as C	Water	mg	x	36,724243	0,678
VOC, volatile organic compounds, unspecified origin	Water	g	2,7733488	0,25755905	0,051470652
Volume occupied, final repository for low-active radioactive waste	Raw	cm3	3,73472	2,2466734	0,45411432
Volume occupied, final repository for radioactive waste	Raw	mm3	860,8272	433,88675	94,984893
Volume occupied, reservoir	Raw	m3y	4,140224	204,63129	30,014931
Volume occupied, underground deposit	Raw	cm3	28,61056	72,083636	25,798633
Waste in bioactive landfill	Waste	g	x	x	156,57778
Waste in incineration	Waste	g	x	x	5,0094222
Waste in inert landfill	Waste	mg	x	x	14,8
Waste water/m3	Water	l	x	x	212,26667
Waste, final, inert	Waste	g	x	262,15755	125,31655
Waste, from incinerator	Waste	mg	x	x	3,1
Waste, industrial	Waste	g	x	x	1,47
Waste, inorganic	Waste	kg	x	0,07674108	6,7351008
Waste, nuclear, high active/m3	Waste	mm3	x	0,75266625	0,36200602
Waste, nuclear, low and medium active/m3	Waste	mm3	x	169,54137	81,543441
Waste, unspecified	Waste	mg	x	x	9,4
water	Air	g	44,54793	34,007239	18,449145
Water, barrage	Raw	kg	x	x	8,9
Water, cooling, unspecified natural origin/kg	Raw	kg	x	x	85
Water, cooling, unspecified natural origin/m3	Raw	m3	2,91968	2,1462151	0,54566388
Water, lake	Raw	l	7,456368	2,4855944	0,5689907
Water, process, unspecified natural origin/kg	Raw	kg	x	x	2,75
Water, process, unspecified natural origin/m3	Raw	l	x	0,01416	2,1243222
Water, river	Raw	l	835,7584	816,19236	198,97771
Water, salt, ocean	Raw	l	95,61584	35,889413	10,008048
Water, salt, sole	Raw	l	84,01744	8,3558428	1,6832596
Water, turbine use, unspecified natural origin	Raw	m3	4498,3072	11489,463	1734,1684
Water, unspecified natural origin/kg	Raw	kg	x	526,72984	31,634764
Water, unspecified natural origin/m3	Raw	m3	1,2131968	0,21968224	0,046058192
Water, well, in ground	Raw	m3	1,0956453	0,044168241	0,01331104
Wood, dry matter	Raw	g	x	47,50847	0,933
Wood, feedstock	Raw	kg	x	x	1,436
Wood, hard, standing	Raw	l	1,3303072	0,25614227	0,080770207
Wood, primary forest, standing	Raw	cm3	7,1876	0,22925553	0,050566598
Wood, soft, standing	Raw	l	42,238058	0,54099199	0,27136625
Wood, unspecified, standing/kg	Raw	kg	0,001735612	0,007209192	2,7436027
Wood, unspecified, standing/m3	Raw	mm3	16,460224	49,460684	22,727463
Xenon-131m	Air	Bq	476,0176	583,78156	88,662942
Xenon-133	Air	kBq	17,223744	24,275729	3,285824
Xenon-133m	Air	Bq	21,52272	22,412457	3,6128876
Xenon-135	Air	kBq	6,903008	8,950596	1,3004092
Xenon-135m	Air	Bq	4329,2928	5345,8102	811,9661
Xenon-137	Air	Bq	132,50912	168,18844	25,243547
Xenon-138	Air	Bq	997,3744	1259,6648	189,21757
Xylene	Air	g	9,6733872	0,47080053	0,091509523
Xylene	Water	mg	765,63477	81,827208	14,524375
Yttrium-90	Water	µBq	x	68,41031	1,35
Zeolite, in ground	Raw	mg	x	2,9331888	1,4107607
Zinc	Air	mg	365,61891	886,35186	484,39455

Zinc	Soil	mg	185,30411	45,310745	7,5436099
Zinc-65	Air	mBq	1,057728	1,5564727	0,20640401
Zinc-65	Water	Bq	2,6095264	3,3519846	0,49955827
Zinc waste	Waste	g	x	x	30
Zinc, 9.0% in sulfide, Zn 5.3%, Pb, Ag, Cd, In, in ground	Raw	g	22,13072	7,6266447	1,867809
Zinc, in ground	Raw	g	x	0,003449315	52,500182
Zinc, ion	Water	kg	1,7432418	0,048313474	0,021296985
Zirconium	Air	µg	79,13952	28,18029	7,6205794
Zirconium-95	Air	mBq	1,0338912	1,3159653	0,19768091
Zirconium-95	Water	mBq	30,219968	288,12523	10,727732
Zirconium, 50% in zircon, 0.39% in crude ore, in ground	Raw	µg	577,5968	334,10035	183,44675
