

Relatório Final

Avaliação de Ciclo de Vida do AHBS



Destinatário:



Desenvolvido por:



[Setembro 2012]

Avaliação de Ciclo de Vida do AHBS

Estudo desenvolvido para a EDP

Intervenientes na Avaliação de Ciclo de Vida:



Paulo Ribeiro (Gestão operacional)
Ana Lopes (LCA Practitioner)
Francisco Amaral (LCA Practitioner)

3 Drivers – Engenharia, Inovação e Ambiente Lda.

Av. 5 de Outubro, nº 124, 4º

1050-061 Lisboa, Portugal

Tel: (+351) 216 026 334, Fax: (+351) 309 817 274

E-mail: pribeiro@3drivers.pt

Internet: <http://www.3drivers.pt>

Revisão crítica:

Roland Clift (University of Surrey)

Créditos da imagem da capa:

EDP Produção.

Créditos das imagens e figuras no relatório:

3 Drivers, se não especificado.



Paulo Ferrão (Coordenação do projecto)
Gonçalo Pereira (Modelação energética)
Carlos Silva (Modelação energética)
André Pina (Modelação energética)

Instituto Superior Técnico (IST)

Centro de Estudos em Desenvolvimento, Tecnologias e Políticas de Desenvolvimento (IN+)

Av. Rovisco Pais, 1

1049-001 Lisboa

Tel: (+ 351) 218 417 732, Fax: (+351) 218 496 156

E-mail: anaquaresma@dem.ist.utl.pt

Internet: in3.dem.ist.utl.pt

Data do documento:

Setembro de 2012

Disclaimer:

[O conteúdo deste documento é da autoria dos seus autores, sendo que as conclusões expressas podem não coincidir necessariamente com a posição oficial da entidade que adjudicou o estudo.]

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	V	3.2	Limitações Iniciais Relacionadas com os Objectivos	13
ÍNDICE DE TABELAS	VII	3.3	Razões para o Desenvolvimento do Estudo e Contexto da Decisão	14
NOMENCLATURA	IX	3.4	Públicos-Alvo	15
GLOSSÁRIO	XI	3.5	Existência de Afirmações Comparativas	15
SUMÁRIO EXECUTIVO	XIII	3.6	Entidade Promotora do Estudo, Equipa de Projecto e Outras Partes Interessadas	16
SUMÁRIO TÉCNICO	XVII	3.6.1	Entidade Promotora	16
1 INTRODUÇÃO	1	3.6.2	Equipa de Projecto	16
2 ASPECTOS GERAIS	3	3.6.3	Partes Interessadas	17
2.1 Data e Contexto do Relatório	3	4 ÂMBITO DO ESTUDO		19
2.2 Conformidade com Documentos e Normas de Referência	3	4.1	Sistema em Análise	19
2.3 Antecedentes - Estudos de ICV e ACV Anteriores	3	4.2	Função do Sistema em Análise	20
2.3.1 Considerações Iniciais	3	4.3	Unidade Funcional	23
2.3.2 Estudos Genéricos de Produção de Energia	4	4.4	Fluxos de Referência	23
2.3.2.1 Life-cycle assessment of electricity generation options: The status of research in year 2001	4	4.5	Tipo de Metodologia ICV	23
2.3.2.2 Life Cycle Inventories of Energy Systems: Results for Current Systems in Switzerland and other UCTE Countries	5	4.5.1	Modelo de Ciclo de Vida	23
2.3.3 Estudos a Centrais Hidroeléctricas	6	4.5.2	Subdivisão de Processos e Multifuncionalidade	24
2.3.3.1 Vattenfall AB Generation Nordic Certified Environmental Product Declaration	6	4.6	Fronteiras do Sistema	25
2.3.3.2 Life-Cycle inventory for hydroelectric generation: a Brazilian case study.	7	4.7	Critérios de exclusão para Inclusão de Inputs e Outputs	28
2.3.3.3 Environmental Product Declaration: Wildegger-Brugg run-of-river Power Plant.	9	4.8	Critérios para a ICV	28
2.3.4 Estudos de Aspectos Particulares da Produção de Energia Hidroeléctrica	10	4.8.1	Representatividade Tecnológica	28
2.3.4.1 Greenhouse Gas Emissions from Building and Operating Electric Power Plants in the Upper Colorado River Basin.	10	4.8.2	Representatividade Geográfica	28
2.3.4.2 Impacts from decommissioning of hydroelectric dams: a life cycle perspective.	11	4.8.3	Representatividade Temporal	29
2.3.4.3 Hidroeléctricas como "Fábricas de Metano": O papel dos reservatórios em áreas de floresta tropical na emissão de gases com efeito de estufa.	11	4.8.4	Integração da Electricidade Produzida Externamente ao Sistema	30
2.3.4.4 Land Use and Electricity Generation: A Life-Cycle Analysis.	12	4.8.5	Tratamento dos Bens de Capital	30
2.3.4.5 Extreme Methane Emissions from a Swiss hydropower reservoir: Contribution from Bubbling Sediments.	12	4.8.6	Análise de Risco e Aspectos Sociais	30
3 OBJECTIVOS DO ESTUDO	13	4.9	Critérios para a AICV	30
3.1 Aplicações Pretendidas	13	4.9.1	Categorias de Impacte, Métodos e Outros Aspectos	30
		4.9.2	Software Utilizado	31
		4.10	Comparação entre Sistemas de Produto	31
		4.11	Modificações em Relação ao Âmbito Definido Inicialmente	31
		5 INVENTÁRIO DO CICLO DE VIDA (ICV)		33
		5.1	Procedimentos de Recolha de Dados	33
		5.2	Descrição Qualitativa e Quantitativa dos Processos Unitários	34
		5.3	Fontes Bibliográficas	34
		5.4	Procedimentos de Cálculo	34

LCA Baixo Sabor – Relatório Final

5.5	Validação dos Dados	35	7.1.5.2	Balço ambiental do AHBS	74
5.6	Análise de Sensibilidade para Refinação das Fronteiras do Sistema	35	7.1.5.3	Comparação dos impactes do AHBS com os impactes médios estimados para o SEN	76
5.7	Substituição Específica ou Procedimentos de Alocação para Processos Multifuncionais	36	7.2	Pressupostos e Limitações	76
5.8	Tabela de Inventário do AHBS	37	7.3	Conclusões e Recomendações	77
			7.3.1	Conclusões	77
			7.3.2	Recomendações para trabalhos futuros	79
6	RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DE IMPACTES NO CICLO DE VIDA (AICV)	39	8	REVISÃO CRÍTICA	81
6.1	Considerações Iniciais	39	8.1	Nome e Afiliação dos Revisores	81
6.1.1	Métodos Utilizados	39	8.2	Relatório de Revisão Crítica	81
6.1.2	Elementos Opcionais da AICV	39	8.3	Resposta às Recomendações	92
6.1.3	Processos Excluídos da Análise	39	9	REFERÊNCIAS	93
6.2	Método ReCiPe	40	APÊNDICE	95	
6.2.1	Impacte ambiental	40	Tabelas de inventário do AHBS, por GWh (segundo os modelos energéticos BAU, BAU low carbon, SIH)	96	
6.2.1.1	Impactes no CV	40			
6.2.1.2	Impactes na Fase de Construção	42			
6.2.1.3	Impactes na Fase de Operação	48			
6.2.1.4	Impactes na Fase de Fim de Vida	52			
6.2.1.5	Avaliação comparativa do desempenho ambiental do Aproveitamento Hidroeléctrico do Baixo Sabor com outras soluções alternativas de produção de energia eléctrica	52			
6.2.2	Benefícios ambientais	55			
6.2.3	Balço ambiental	57			
6.3	Método Cumulative Energy Demand	60			
6.4	Método Ecological Footprint (Pegada Ecológica)	62			
6.5	Considerações finais	64			
6.5.1	Limitações dos Resultados da AICV e conclusões para a revisão/aprofundamento da avaliação	64			
6.5.2	Relação entre os Resultados da AICV e os Objectivos e Âmbito do Estudo	64			
6.5.3	Relação dos Resultados da AICV e os Resultados de ICV	64			
7	INTERPRETAÇÃO	65			
7.1	Resultados	65			
7.1.1	Identificação das Questões Significativas	65			
7.1.1.1	Impactes ambientais do AHBS	65			
7.1.1.2	Balço ambiental do AHBS	67			
7.1.2	Controlo de Integralidade	67			
7.1.3	Controlo de Coerência	67			
7.1.4	Análise e Controlo de Sensibilidade	68			
7.1.4.1	Considerações iniciais	68			
7.1.4.2	Tempo médio de vida	68			
7.1.4.3	Regime de exploração	70			
7.1.4.4	Aspectos metodológicos	72			
7.1.5	Análise de Incerteza	73			
7.1.5.1	Considerações iniciais	73			

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 2.1 – Emissões de GEE de sistemas energéticos</i>	4	<i>Figura 6.11 - Impactes da Fase de Operação por GWh – Importância da bombagem face aos restantes processos do CV</i>	49
<i>Figura 2.2 - Direct Land Requirements de sistemas energéticos</i>	5	<i>Figura 6.12 - Impactes da Fase de Operação – Comparação do mix de bombagem do AHBS com o mix de produção do SEN 2009</i>	50
<i>Figura 2.3 - Energy Payback Ratio de sistemas energéticos</i>	5	<i>Figura 6.13 - Impactes da fase de Operação por GWh – Bombagem, origem do mix</i>	50
<i>Figura 2.4 – Emissão de GEE, barragem de Wildegg-Brugg, na Suíça</i>	10	<i>Figura 6.14 - Comparação dos impactes do AHBS com os impactes médios do SEN por GWh (Modelo BAU, Normalização)</i>	53
<i>Figura 2.5 – Transformação do uso do solo resultante de várias opções tecnológicas</i>	12	<i>Figura 6.15 - Comparação dos impactes do AHBS com outras soluções tecnológicas não renováveis por GWh (Normalização)</i>	54
<i>Figura 4.1 – Localização dos escalões de montante e de jusante do AHBS</i>	19	<i>Figura 6.16 - Comparação dos impactes do AHBS com outras soluções tecnológicas renováveis por GWh</i>	54
<i>Figura 4.2 – Diagrama do CV do AHBS identificando os fluxos materiais e de energia relevantes</i>	26	<i>Figura 6.17 - Benefícios da Fase de Operação por GWh – Origem (Modelo BAU, Normalização)</i>	56
<i>Figura 5.1 – Entradas directas mais relevantes do AHBS</i>	33	<i>Figura 6.18 - Balanço Ambiental do AHBS (Modelo BAU, Normalização)</i>	58
<i>Figura 5.2 - Diferenças existentes entre os três cenários de referência considerados</i>	35	<i>Figura 6.19 - Balanço Ambiental do AHBS por GWh (Modelo BAU, Normalização)</i>	59
<i>Figura 6.1 - Impactes ambientais no Ciclo de Vida do AHBS por GWh</i>	41	<i>Figura 6.20 - Balanço ambiental do AHBS – Modelo CED (BAU, Caracterização)</i>	61
<i>Figura 6.2 - Impactes Ambientais do Ciclo de Vida do AHBS por GWh (Modelo BAU, Normalização)</i>	42	<i>Figura 6.21 - Balanço ambiental do AHBS – Modelo Ecological Footprint (BAU, Caracterização)</i>	63
<i>Figura 6.3 - Impactes da Fase de Construção por GWh – Componentes (Modelo BAU, Normalização)</i>	43	<i>Figura 7.1 – Análise de cenários de diferentes tempos de vida do AHBS (com base no Modelo BAU, valores normalizados por GWh)</i>	68
<i>Figura 6.4 - Impactes da Fase de Construção por GWh – Importância das Infra-estruturas e dos equipamentos electromecânicos (Modelo BAU, Normalização)</i>	44	<i>Figura 7.2 – Análise do balanço do AHBS nos primeiros quinquênios de funcionamento (com base no Modelo BAU, valores normalizados por GWh)</i>	69
<i>Figura 6.5 - Impactes da Fase de Construção por GWh – Relevância dos processos de transporte (Modelo BAU, Normalização)</i>	44	<i>Figura 7.3 – Análise de sensibilidade do balanço do AHBS considerando diversos cenários energéticos</i>	72
<i>Figura 6.6 - Impactes da Fase de Construção por GWh – Contributo das diferentes infra-estruturas do escalão de montante</i>	45	<i>Figura 7.4 – Análise de cenários com inclusão e exclusão das emissões de longo prazo</i>	73
<i>Figura 6.7 - Impactes da Fase de Construção por GWh – Contributo de diferentes processos para a construção da Barragem e Órgãos de Descarga do escalão de montante</i>	46	<i>Figura 7.5 – Análise de incerteza ao cenário de referência do modelo BAU por GWh (Normalização)</i>	75
<i>Figura 6.8 - Impactes da Fase de Construção por GWh – Contributo de diferentes equipamentos electromecânicos do escalão de montante (Modelo BAU, Normalização)</i>	46	<i>Figura 7.6 – Comparação dos impactes do AHBS com os impactes médios estimados para o SEN por GWh (modelo BAU, Normalização)</i>	76
<i>Figura 6.9 - Impactes da Fase de Construção por GWh – Contributo de diferentes componentes dos grupos reversíveis do escalão de montante (Modelo BAU, Normalização)</i>	47	<i>Figura 7.7 – Análise de incerteza da comparação entre os impactes gerados pelo AHBS e os impactes médios do SEN considerando a sua evolução estimada por GWh</i>	76
<i>Figura 6.10 - Impactes da Fase de Operação por GWh (Modelo BAU, Normalização)</i>	48		

ÍNDICE DE TABELAS

<i>Tabela 2.1 – Tempos médios de vida considerados para várias componentes</i>	6	<i>Tabela 7.1 – Identificação das questões significativas para categorias de impacto seleccionadas</i>	65
<i>Tabela 2.3 – Resultados de ICV à barragem do Itaipu</i>	8	<i>Tabela 7.2 – Variação de parâmetros do regime de exploração do AHBS para análise de sensibilidade (Modelos BAU, BAU low carbon e SIH)</i>	71
<i>Tabela 2.4 – Resultados de impacto ambiental, barragem de Wildegg-Brugg, na Suíça</i>	10	<i>Tabela 7.3 – “Pedigree matrix” utilizada para estimar o nível de incerteza associado aos dados e pressupostos utilizados.</i>	74
<i>Tabela 2.5 – Emissões de GEE aquando do desmantelamento de várias barragens (Pacca, 2007)</i>	11	<i>Tabela 7.4 – Análise de Inceteza aos cenários de referência dos modelos BAU, BAU low carbon e SIH</i>	75
<i>Tabela 3.1 – Públicos-alvo</i>	15		
<i>Tabela 3.2 – Equipa responsável pelo estudo de ACV</i>	16		
<i>Tabela 3.3 – Públicos-alvo e partes interessadas</i>	17		
<i>Tabela 4.1 – Características técnicas do AHBS</i>	20		
<i>Tabela 4.2 – Diagrama esquemático das fronteiras do sistema consideradas na ACV ao AHBS</i>	27		
<i>Tabela 4.3 – Categorias de impacto, indicadores e factores de caracterização do método ReCiPe - midpoint</i>	32		
<i>Tabela 5.1 - Métodos de recolha de dados</i>	33		
<i>Tabela 5.3 - Resumo da tabela de inventário do AHBS por GWh com as principais entradas e saídas do AHBS base nos modelos BAU, BAU low carbon e SIH</i>	38		
<i>Tabela 6.1 - Impactes Ambientais do Ciclo de Vida do AHBS por GWh (Caracterização)</i>	41		
<i>Tabela 6.2 - Impactes Ambientais da Fase de Construção do Sistema AHBS (Caracterização)</i>	42		
<i>Tabela 6.3 - Impactes Ambientais da Fase de Operação do Sistema AHBS – Cenário BAU (Caracterização)</i>	48		
<i>Tabela 6.5 - Benefícios Ambientais da Fase de Operação do Sistema AHBS por GWh (Caracterização)</i>	55		
<i>Tabela 6.6 - Balanço Ambiental do Sistema AHBS por GWh (Caracterização)</i>	57		
<i>Tabela 6.7 - Balanço Ambiental do Sistema AHBS no CV (Caracterização)</i>	58		
<i>Tabela 6.8 - Balanço Ambiental do Sistema AHBS por GWh (Caracterização)</i>	60		
<i>Tabela 6.9 - Balanço Ambiental do Sistema AHBS no CV (Caracterização)</i>	60		
<i>Tabela 6.10– Balanço Ambiental do Sistema AHBS por GWh – Modelo EF (Caracterização)</i>	62		
<i>Tabela 6.11 – Balanço Ambiental do Sistema AHBS no CV - Modelo EF (Caracterização)</i>	62		

NOMENCLATURA

		ONGA	Organizações Não Governamentais de Ambiente
		PCR	<i>Product Category Rules</i>
ACV	Análise de Ciclo de Vida	PE	Pessoas equivalente
AHBS	Aproveitamento Hidroeléctrico do Baixo Sabor	PNAER	Plano Nacional de Acção para as Energias Renováveis
BAU	Modelo energético <i>Business as Usual</i>	PRE	Produção em Regime Especial
BAU low carbon	Modelo energético <i>Business as Usual low carbon</i>	QFD	<i>Quality Function Deployment</i>
CCS	<i>Carbon Capture and Storage</i>	REN	Rede Eléctrica Nacional
CV	Ciclo de Vida	SIH	Modelo energético Sem Investimento em Hídricas
DPI	Direcção de Projectos e Investimentos da EDP Produção	SEN	Sistema Eléctrico Nacional
DPC	Direcção de Planeamento e Controlo da EDP Produção	UNGE	Unidade de Negócio de Gestão de Energia da EDP
DSA	Direcção de Sustentabilidade e Ambiente da EDP		
EDP	Energias de Portugal S.A.		
EIA	Estudo de Impacte Ambiental		
EPD	<i>Environmental Product Declaration</i>		
ERSE	Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos		
GEE	<i>Greenhouse Gases</i>		
GPP	<i>Green Private Procurement</i>		
GS	Gestor do Sistema		
ICV	Inventário de Ciclo de Vida		
IEC	<i>The International EPD Consortium</i>		
IES	<i>Institute for Environment and Sustainability</i>		
ILCD	<i>International Reference Life Cycle Data System</i>		
IN+	Centro de Estudos em Inovação, Tecnologias e Políticas de Desenvolvimento do Instituto Superior Técnico (IST)		
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>		
IST	Instituto Superior Técnico		
JRC	<i>Joint Research Centre</i>		
KEPI	<i>Key Performance Indicators</i>		
LCA	<i>Life Cycle Assessment</i>		
LNEG	Laboratório Nacional de Energia e Geologia		
MIT	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>		

GLOSSÁRIO

Afirmação comparativa	Alegação ambiental relativa à superioridade ou equivalência de um produto em relação a um produto concorrente que desempenhe a mesma função;	Critérios de exclusão	Especificação da quantidade de fluxo de material ou energia ou do nível de significância ambiental associado aos processos unitários ou sistema de produto a serem excluídos de um estudo;
Alocação	Imputação dos fluxos de entrada ou saída de um processo ou sistema de produto entre o sistema de produto em estudo e um ou mais outros sistemas de produto;	Emissões e descargas	Emissões para o ar descargas para a água ou solo;
Análise de incerteza	Procedimento sistemático para quantificar a incerteza introduzida nos resultados do inventário do ciclo de vida, devida aos efeitos cumulativos da imprecisão do modelo, da incerteza e da variabilidade dos dados;	Energia de alimentação	Calor de combustão de uma matéria-prima que não é utilizada como fonte de energia para um sistema de produto, expresso em termos de poder calorífico superior ou de poder calorífico inferior;
Análise de sensibilidade	Procedimentos sistemáticos para estimar os efeitos das escolhas efectuadas, em relação aos métodos e dados, no resultado de um estudo;	Energia de processo	Entrada de energia necessária para operar o processo ou equipamento num processo unitário, excluindo as entradas de energia para produção e fornecimento da própria energia;
Aspecto ambiental	Elemento das actividades, produtos ou serviços de uma organização que pode interagir com o ambiente;	Entrada	Fluxo de produto, material ou energia que entra num processo unitário;
Avaliação	Elemento no seio da fase de interpretação do ciclo de vida pretendido para gerar confiança nos resultados da avaliação do ciclo de vida;	Entrada auxiliar	Entrada de material utilizada no processo unitário que produz o produto, mas que não constitui parte dele;
Avaliação de impacte do ciclo de vida (AICV)	Fase da avaliação do ciclo de vida com o objectivo de compreender e avaliar a magnitude e significância dos impactes ambientais potenciais para um sistema de produto ao longo do seu ciclo de vida;	Factor de caracterização	Factor derivado de um modelo de caracterização que é aplicado para converter um resultado atribuído do inventário do ciclo de vida à unidade comum do indicador de categoria;
Avaliação do ciclo de vida (ACV)	Compilação e avaliação das entradas, saídas e dos impactes ambientais potenciais de um sistema de produto ao longo do seu ciclo de vida;	Fluxo de produto	Produtos que entram de ou saem para outro sistema de produto;
Categoria de impacte	Classe que representa questões ambientais dignas de preocupação à qual os resultados de inventário de ciclo de vida poderão ser atribuídos;	Fluxo de referência	Medida das saídas de processos de um dado sistema de produto necessária para cumprir a função expressa pela unidade de referência;
Ciclo de vida	Etapas consecutivas e interligadas de um sistema de produto, desde a obtenção de matérias-primas ou sua produção a partir de recursos naturais até ao destino final;	Fluxo elementar	Material ou energia que entra no sistema em estudo que tenha sido extraído do ambiente sem transformação prévia humana, ou material ou energia que sai do sistema em estudo e que é libertado para o ambiente sem subsequente transformação humana;
Controlo de coerência	Processo que verifica se os pressupostos, métodos e dados são aplicados de modo coerente ao longo do estudo e se estes estão de acordo com a definição do objectivo e do âmbito antes que se retirem as devidas conclusões;	Fluxo energético	Entrada para ou saída de um processo unitário ou sistema de produto, quantificada em unidades de energia;
Controlo de integralidade	Processo que verifica se a informação das fases de uma avaliação de ciclo de vida é suficiente para se alcançarem conclusões de acordo com a definição do objectivo e do âmbito;	Fluxo intermédio	Fluxo de produto, material ou energia que ocorre entre processos unitários do sistema de produto em estudo;
Controlo de sensibilidade	Processo que verifica se a informação obtida de uma análise de sensibilidade é relevante para se alcançarem conclusões e para que se façam recomendações;	Fronteira do sistema	Conjunto de critérios que especificam que processos unitários são parte de um sistema de produto;
Co-produto	Qualquer de dois ou mais produtos oriundos do mesmo processo unitário ou sistema de produto;	Impacte final por categoria	Atributo ou aspecto do ambiental natural, saúde humana ou recursos, que identifica uma questão ambiental que causa preocupação;
		Indicador de categoria de impacte	Representação quantificável de uma categoria de impacte
		Interpretação do ciclo de vida	Fase da avaliação do ciclo de vida na qual os resultados, quer do inventário, quer da avaliação de impacte, ou de ambas, são avaliadas de acordo com o objectivo e âmbito definidos, com vista à obtenção de conclusões e recomendações;

LCA Baixo Sabor – Relatório Final

Inventário de ciclo de vida (ICV)	Fase da avaliação do ciclo de vida que envolve a compilação e quantificação de entradas e saídas para um sistema de produto ao longo do seu ciclo de vida;
Matéria-prima	Material primário ou secundário que é utilizado para produzir um produto;
Mecanismo ambiental	Sistema de processo físicos, químicos e biológicos para uma determinada categoria de impacte, que alia os resultados do inventário de ciclo de vida aos indicadores de categoria e aos impactes finais por categoria;
Parte interessada	Indivíduo ou grupo preocupado com ou afectado com o desempenho ambiental de um sistema de produto, ou pelos resultados da avaliação do ciclo de vida.
Processo	Conjunto de actividades inter-relacionadas ou que interagem entre si, que transforma entradas em saídas;
Processo unitário	O menor elemento considerado no inventário do ciclo de vida para o qual os dados de entrada e saída são quantificados;
Produto	Qualquer bem ou serviço;
Produto intermédio	Saída de um processo unitário que constitui uma entrada para outros processos unitários que requer transformação posterior dentro do sistema;
Qualidade dos dados	Característica dos dados relacionados com a sua capacidade para satisfazer requisitos estabelecidos;
Resíduo	Substâncias ou objectos que o detentor tem intenção de ou é obrigado a rejeitar;
Resultado do inventário do ciclo de vida	Conjunto de informação resultando do inventário do ciclo de vida que cataloga os fluxos que atravessam a fronteira do sistema e que constitui o ponto de partida para avaliação de impacte do ciclo de vida;
Revisão crítica	Processo que visa assegurar a coerência ente a avaliação do ciclo de vida e os princípios e requisitos das Normas Internacionais sobre a avaliação do ciclo de vida;
Saída	Fluxo de produto, material ou energia que sai de um processo unitário;
Sistema de produto	Conjunto de processos unitários com fluxos elementares e de produto, desempenhando uma ou mais funções definidas, e que modelam o ciclo de vida do produto;
Transparência	Apresentação aberta, completa e compreensível de informação;
Unidade funcional	Desempenho quantificado de um sistema de produto para utilização como unidade de referência;

SUMÁRIO EXECUTIVO

O presente relatório insere-se no **Projecto de Avaliação de Ciclo de Vida (ACV)** ao Aproveitamento Hidroeléctrico do Baixo Sabor (AHBS) da EDP – Energias de Portugal, denominado “**Projecto LCA**”, em curso no âmbito do **Plano Operacional de Sustentabilidade e Ambiente da EDP**.

O primeiro objectivo do “Projecto LCA” consistiu em dotar a EDP de competências que permitissem identificar e fundamentar a adopção de medidas direccionadas para a redução do impacte ambiental associado à construção, operação e manutenção de aproveitamentos hidroeléctricos e de outros projectos de produção e distribuição de energia, numa óptica de eco-eficiência, consistindo o segundo objectivo na realização da ACV do AHBS.

A 3 Drivers e o Instituto Superior Técnico (IST) prestaram apoio à EDP no âmbito do referido projecto, em **duas actividades complementares**:

- **Formação dos colaboradores da EDP** em Avaliação de Ciclo de Vida (ACV).
- **Desenvolvimento de uma ACV ao Aproveitamento Hidroeléctrico do Baixo Sabor (AHBS)**, como caso de estudo inicial para desenvolver e consolidar as competências em ACV dos quadros da EDP.

O presente relatório denominado “**Avaliação de Ciclo de Vida do AHBS – Relatório Final**”, insere-se no âmbito **segunda actividade apresentando os aspectos mais relevantes da modelação de ACV desenvolvida, os principais resultados obtidos e as conclusões do processo de revisão crítica realizado por um perito externo independente (processo de peer review)**.

O AHBS, situado na Região de Trás-os-Montes e Alto Douro, mais concretamente na bacia hidrográfica do rio Sabor, é constituído por um escalão de montante (principal) e um de jusante (secundário) e integra ainda uma série de projectos complementares e de medidas compensatórias, que não contribuindo directamente para os objectivos do aproveitamento, nomeadamente a produção de energia eléctrica, visam assegurar a mitigação dos impactes socioeconómicos e ambientais originados pela construção e exploração do aproveitamento.

O aproveitamento hidroeléctrico do Baixo Sabor tem múltiplas funções, sendo que as principais estão ligadas à produção da energia eléctrica. Entre estas contam-se as seguintes:

- Aumentar a oferta de energia eléctrica através do aproveitamento directo do potencial hídrico do rio Sabor.

- Potenciar o aproveitamento da energia proveniente de outras fontes renováveis, nomeadamente das centrais eólicas, através da bombagem de água para as albufeiras, como reserva estratégica energética.

Neste contexto, avaliaram-se ou **impactes/benefícios ambientais do aproveitamento hidroeléctrico do Baixo Sabor associados à produção de energia eléctrica**, tendo-se seleccionado como **unidade funcional do estudo 1 GWh de energia eléctrica injectada na Rede Eléctrica Nacional (REN) em alta tensão**.

O modelo de ciclo de vida utilizado para o cálculo dos impactes ambientais directos e indirectos associados ao AHBS é do tipo “**attributional model**” ou seja, foi desenvolvido de acordo com os processos unitários existentes ou que se perspectivam para o futuro. No entanto, especificamente para o cálculo dos impactes evitados pela geração de energia do AHBS recorreu-se a uma abordagem com elementos consequenciais.

Para este efeito foram desenvolvidos **três modelos do Sistema Eléctrico Nacional** com resolução horária e baseados em variáveis estocásticas, que simulam a contribuição de cada tipo de fonte de energia eléctrica para o *mix* energético Português.

O cálculo do consumo de energia eléctrica em bombagem do AHBS e dos benefícios evitados pela venda de energia eléctrica produzida pelo aproveitamento foi realizado contrapondo a estimativa de operação do SEN com ou sem AHBS, considerando cenários de evolução do SEN que traduzem diferentes opções políticas ao nível dos investimentos a realizar nas diferentes tecnologias de produção de electricidade e na prioridade do seu despacho. Os cenários de evolução base, que foram desenvolvidos pelo IST, são os seguintes:

- **O Modelo BAU**, “Business as Usual”, considera a situação de exploração expectável (hidraulicidade média) para o AHBS tendo em conta os investimentos previstos no PNAER.
- **O Modelo BAU low carbon**, “Baixo Carbono”, considera a situação de exploração expectável (hidraulicidade média) para o AHBS, tendo em conta uma prioridade à produção de energia a partir de fontes com menor produção de CO₂.

- **O Modelo SIH**, “Sem Investimento em Hídricas”, considera a situação de exploração expectável (hidraulicidade média) para o AHBS na altura em que foi tomada a decisão de construir o aproveitamento, ou seja, num momento em que não existia ainda Plano Nacional de Barragens com Elevado Potencial Hidroeléctrico.

À luz das aplicações pretendidas inicialmente para a ACV, as principais conclusões do estudo, que foram revistas em sede de processo de revisão crítica por um perito externo e independente em ACV e sistema energéticos, são apresentadas de seguida.

Principais entradas e saídas por unidade funcional:

Em termos das principais entradas e saídas tanto de materiais como de energia por unidade funcional do AHBS, embora a sua magnitude varie de acordo com os modelos energéticos considerados, elas são as seguintes:

Entradas:

- Água.
- Combustíveis (carvão, petróleo, gás natural).
- Minerais não metálicos (rocha (agregados), calcite e argila).
- Minerais metálicos (óxidos de ferro).

Saídas:

- Emissões atmosféricas (dióxido de carbono, metano, óxidos de azoto, óxidos de enxofre, partículas).
- Calor residual dissipado.

“Pegada de carbono” estimada:

As emissões de Gases com Efeito de Estufa (GEE) associadas ao AHBS, ou seja, tendo em consideração apenas os impactes gerados pelo aproveitamento no seu ciclo de vida, variam entre 104 t a 158 t CO_{2 eq}/GWh de energia eléctrica injectada na Rede Eléctrica Nacional (REN) em alta tensão (Unidade Funcional do estudo), consoante o modelo energético considerado.

Se tivermos em conta com o benefício ambiental obtido pela venda de energia eléctrica à rede e, como tal, considerar-se o balanço ambiental do AHBS, contrapondo os impactes gerados pelo AHBS aos benefícios que advêm do aproveitamento, verifica-se que o AHBS resulta numa poupança de emissões de GEE entre 386 t CO_{2 eq}/GWh no cenário BAU e 245 t CO_{2 eq}/GWh no cenário BAU low carbon, o que significa no ciclo de vida uma poupança entre 12.630 kt CO_{2 eq} e 7.462 kt CO_{2 eq}.

Por outro lado, o tempo de recuperação das emissões de GEE geradas directa e indirectamente na fase de construção do AHBS é relativamente curto, dado que, tendo em conta os regimes de exploração previstos para o aproveitamento, no final do primeiro quinquénio o balanço de carbono do AHBS será já positivo.

Aspectos (fases, categorias de impacte, processos unitários) mais relevantes em termos de impacte ambiental

Em termos das fases do ciclo de vida do AHBS, a que assume maior importância para o seu impacte ambiental é a fase de operação, para todos os modelos energéticos considerados.

No que respeita às categorias de impacte, verificou-se que tendo em conta os resultados do impacte do AHBS normalizado pelas emissões de um cidadão médio europeu, as categorias mais relevantes são, entre outras, a transformação de solos naturais, a depleção de combustíveis fósseis, a eutrofização de águas doces, a toxicidade humana e as alterações climáticas. A importância relativa das várias categorias varia ligeiramente de acordo com o modelo energético considerado e, igualmente, com a consideração ou não das emissões de longo prazo.

Em relação aos processos/substâncias, verificou-se que os que são os mais relevantes na grande parte das categorias de impacte ambiental são:

- Carvão utilizado para produção de electricidade que é consumida em bombagem, em centrais com ou sem tecnologia de sequestro de carbono (CCS).
- Gás natural utilizado para produção de electricidade que é consumida em bombagem, quer em centrais de ciclo combinado, quer em centrais de co-geração a gás natural.
- Betão consumido nas infra-estruturas.
- Aço consumido nas infra-estruturas e equipamentos.

Considerando o balanço ambiental do AHBS, que é dado pelos impactes directos e indirectos gerados pelo AHBS, subtraídos dos impactes evitados pela injeção de electricidade na rede eléctrica nacional que evita a produção por outras fontes, verifica-se que para os cenários de referência dos modelos energéticos desenvolvidos, os impactes gerados pelo AHBS no seu ciclo de vida são contrabalançados pelos impactes evitados pela produção de electricidade para a generalidade das categorias de impacte ambiental consideradas pelo método ReCiPe.

Como referido, tal deve-se sobretudo ao balanço a nível do consumo de combustíveis fósseis (carvão, gás natural, petróleo) para assegurar a função de reserva de energia (bombagem) e o consumo de combustíveis fósseis evitados pela venda de electricidade gerada pelo AHBS.

No caso da energia primária não renovável - fóssil, verifica-se que para todos os modelos, o AHBS resulta numa poupança energia primária que varia entre os 7,3 TJ /GWh no cenário BAU e 6,0 TJ/GWh no cenário SIH, o que significa no ciclo de vida uma poupança entre 222.391 TJ e 183.636 TJ.

Comparação com a opção zero, ou seja, a evolução do actual Sistema Eléctrico Nacional (SEN) sem a concretização AHBS.

Comparando-se os impactes ambientais gerados pelo AHBS ao longo do seu horizonte de projecto com a opção zero, ou seja, com a evolução do actual Sistema Eléctrico Nacional (SEN) sem a concretização AHBS, verifica-se que para os cenários de referência dos modelos onde esta análise é possível realizar (modelos energéticos BAU, BAU low carbon e SIH), o AHBS apresenta um desempenho ambiental mais favorável que o desempenho médio do SEN, que integra o *mix* médio ponderado representativo de tecnologias renováveis e não renováveis estimadas para o período de funcionamento do AHBS.

Comparação com outras soluções tecnológicas

Comparativamente às tecnologias de produção não renovável baseadas em combustíveis fósseis, verifica-se que o AHBS apresenta melhor desempenho em grande parte das categorias de impacte e dos vários cenários de referência dos modelos energéticos considerados.

No que concerne à comparação com soluções de produção renovável, o AHBS apresenta, como seria de esperar, impactes ambientais geralmente superiores a estas soluções por GWh de energia produzida, dado que a sua produção tem origem parcialmente em água previamente bombada, que requer o consumo de electricidade que é parcialmente baseado em combustíveis fósseis e tem adicionalmente associada uma fracção relevante de energia dissipada, na conjugação das eficiências dos processos de bombagem e turbinagem.

Na hipótese de um regime de exploração para o AHBS sem recurso a bombagem, o impacte ambiental do aproveitamento por GWh seria bastante menor, equiparando-se a níveis das restantes tecnologias renováveis (eólica, fotovoltaica, hidroeléctrica a fio de água), embora tal significasse, igualmente, que o nível total de produção de electricidade do AHBS se reduziria e este aproveitamento deixaria de desempenhar a função de reserva de energia, ou seja, deixaria de potenciar o aproveitamento da energia proveniente de outras fontes renováveis e igualmente, a possibilidade de ser utilizado para substituir parcialmente tecnologias baseadas em combustíveis fósseis.

SUMÁRIO TÉCNICO

O presente relatório insere-se no **Projecto de Avaliação de Ciclo de Vida (ACV)** ao Aproveitamento Hidroeléctrico do Baixo Sabor (**AHBS**) da EDP – Energias de Portugal, denominado “**Projecto LCA**”, em curso no âmbito do **Plano Operacional de Sustentabilidade e Ambiente da EDP**.

O primeiro objectivo do “Projecto LCA” consistiu em dotar a EDP de competências que permitissem identificar e fundamentar a adopção de medidas direccionadas para a redução do impacte ambiental associado à construção, operação e manutenção de aproveitamentos hidroeléctricos e de outros projectos de produção e distribuição de energia, numa óptica de eco-eficiência, consistindo o segundo objectivo na realização da ACV do AHBS.

A 3 Drivers e o Instituto Superior Técnico (IST) prestaram apoio à EDP no âmbito do referido projecto, em **duas actividades complementares**:

- **Formação dos colaboradores da EDP** em Avaliação de Ciclo de Vida (ACV).
- **Desenvolvimento de uma ACV ao Aproveitamento Hidroeléctrico do Baixo Sabor (AHBS)**, como caso de estudo inicial para desenvolver e consolidar as competências em ACV dos quadros da EDP.

O presente relatório denominado “**Avaliação de Ciclo de Vida do AHBS – Relatório Final**”, insere-se no âmbito segunda actividade apresentando os aspectos mais relevantes da modelação de ACV desenvolvida, os principais resultados obtidos e as conclusões do processo de revisão crítica realizado por um perito externo independente (processo de *peer review*).

O AHBS situa-se na Região de Trás-os-Montes e Alto Douro, mais concretamente na bacia hidrográfica do rio Sabor e é constituído por um escalão de montante (principal) e um de jusante (secundário)

O **escalão de montante** situa-se a 12,6 km da confluência do rio Sabor com o rio Douro (ver figura 4.1) e é constituído por uma barragem abóbada cuja albufeira tem uma capacidade de armazenamento de cerca de 1.095 hm³ para o nível de pleno armazenamento (NPA) à cota (234), correspondendo a uma área inundada de cerca de 2.820 ha. A central hidroeléctrica do escalão de montante apresenta 2 grupos Francis Reversíveis, cada um com 81 MW de potência de turbinamento e 70,5 MW de potência de bombagem, com uma queda nominal de 94,0 m (EDP Produção, 2008; EDP Produção, 2009).

O **escalão de jusante** situa-se a 3 km da confluência do rio Sabor com o rio Douro e é constituído por uma barragem do tipo gravidade. A central hidroeléctrica do escalão de jusante apresenta 2 grupos Francis Reversíveis, cada um com 19 MW de potência de turbinagem e 18 MW de potência de bombagem, com uma queda nominal de 30,0 m (EDP Produção, 2008; EDP Produção, 2009).

Adicionalmente aos dois escalões¹, pode-se considerar que fazem ainda parte do aproveitamento hidroeléctrico do Baixo Sabor uma série de projectos complementares e de medidas compensatórias (EDP Produção, 2009), que não contribuindo para os objectivos do aproveitamento, nomeadamente a produção de energia eléctrica, visam assegurar a mitigação dos impactes socioeconómicos e ambientais originados pela construção e exploração do aproveitamento.

O aproveitamento hidroeléctrico do Baixo Sabor tem múltiplas funções, sendo que as principais estão ligadas à produção da energia eléctrica, nomeadamente:

- Aumentar a oferta de energia eléctrica através do aproveitamento directo do potencial hídrico do rio Sabor.
- Potenciar o aproveitamento da energia proveniente de outras fontes renováveis, nomeadamente das centrais eólicas, através da bombagem de água para as albufeiras, como reserva estratégica energética.
- Aumentar a oferta de energia das barragens situadas a jusante no rio Douro, através da maximização do caudal turbinado por estas barragens.

Neste contexto, avaliaram-se os **impactes/benefícios ambientais do aproveitamento hidroeléctrico do Baixo Sabor associados à produção de energia eléctrica**.

Na avaliação utilizaram-se os seguintes pressupostos:

- Apenas se teve em consideração a função de produção de energia hidroeléctrica pelo AHBS, tendo-se considerado que todos os impactes ambientais do aproveitamento hidroeléctrico do Baixo Sabor estão associados à produção de energia eléctrica, excluindo-se desta forma a contribuição de funções acessórias como as de reserva de água para consumo humano, combate a incêndios e regulação dos caudais do Douro e Sabor.

¹ Que incluem as barragens propriamente ditas, os órgãos de descarga, os órgãos de exploração, a central e os edifícios de apoio e da subestação, os acessos e as albufeiras.

- A unidade funcional do estudo é 1 GWh de energia eléctrica injectada na Rede Eléctrica Nacional (REN) em alta tensão.
- O modelo de ciclo de vida utilizado para o cálculo dos impactes ambientais directos e indirectos associados ao AHBS é do tipo “attributional model” ou seja, foi desenvolvido de acordo com os processos unitários existentes ou que se perspectivam para o futuro. No entanto, especificamente para o cálculo dos impactes evitados pela geração de energia do AHBS recorreu-se a uma abordagem com elementos consequenciais.
- Consideraram-se os impactes directos e indirectos do AHBS, incluindo-se os impactes dos bens de capital mas excluindo-se as emissões de longo prazo, com base no método de avaliação ReCiPe Midpoint (H), v. 1.05 e igualmente nos métodos Cumulative Energy Demand, v.1.08 e Ecological Footprint, v.1.01 para análise de aspectos específicos.
- Adicionalmente às diversas componentes dos 2 escalões do AHBS, consideraram-se ainda os projectos complementares e as medidas compensatórias que são induzidas pela construção do aproveitamento.
- O horizonte de vida do projecto é de 75 anos.
- A fase de construção do AHBS, que se iniciou em 2008, decorrerá até 2014 e a fase de operação iniciar-se-á em 2014 e decorrerá pelo menos até 2089.
- O AHBS irá produzir energia hidroeléctrica gerada com base em água do rio Sabor e com base em água previamente bombada de jusante para montante dos 2 escalões, na sua função de reserva da energia.
- O consumo em bombagem e a produção total de electricidade do AHBS, bem como a proveniência desse consumo e a produção evitada por outras fontes, ao longo do seu ciclo de vida do aproveitamento, foi estimada com base em três modelos de evolução do Sistema Eléctrico Nacional (SEN).
- Os modelos energéticos considerados na análise foram desenvolvidos pelo IST especificamente para o efeito (modelos BAU, BAU low carbon e SIH)
- O cálculo do consumo de energia eléctrica em bombagem do AHBS e dos benefícios evitados pela venda de energia eléctrica produzida pelo aproveitamento foi realizado contrapondo a estimativa de operação do SEN com ou sem AHBS, considerando cenários de evolução do SEN que traduzem diferentes opções políticas ao nível dos investimentos a realizar nas diferentes tecnologias e na prioridade do seu despacho.
- A modelação das tecnologias que contribuem para a *mix* de electricidade consumida em bombagem e de produção de electricidade evitada pela geração de energia do AHBS foi realizada com base nas tecnologias actuais, reflectindo as características das centrais portuguesas, sempre que os dados o permitiram. Exceptua-se o caso das centrais termoeléctricas a carvão com tecnologia CCS, cuja introdução foi prevista na totalidade dos modelos energéticos considerados e que foi modelada em termos de ACV com recurso a bibliografia científica.

No que concerne aos modelos energéticos desenvolvidos pelo IST, estes assentam em diferentes cenários de evolução:

- **O Modelo BAU**, “Business as Usual”, considera a situação de exploração expectável (hidraulicidade média) para o AHBS tendo em conta os investimentos previstos no PNAER.
- **O Modelo BAU low carbon**, “Baixo Carbono”, considera a situação de exploração expectável (hidraulicidade média) para o AHBS, tendo em conta uma prioridade à produção de energia a partir de fontes com menor produção de CO₂.
- **O Modelo SIH**, “Sem Investimento em Hídricas”, considera a situação de exploração expectável (hidraulicidade média) para o AHBS na altura em que foi tomada a decisão de construir o aproveitamento, ou seja, num momento em que não existia ainda Plano Nacional de Barragens com Elevado Potencial Hidroeléctrico.

Os modelos desenvolvidos assentam numa simulação do Sistema Eléctrico Nacional (SEN) com ou sem AHBS, de base estocástica, que representa as dinâmicas de oferta-procura baseadas em dados históricos e as perspectiva para o futuro tendo em consideração os investimentos programados em termos de capacidade instalada por tecnologia e de procura de energia a nível nacional.

A simulação da entrada em funcionamento das fontes produtoras para responder à procura em cada período é realizada por ordem de mérito, que reflecte não só os custos de operação, mas também a prioridade de despachabilidade da electricidade de origem renovável (assumindo que no futuro, estas tecnologias apresentarão sempre custos marginais de produção mais baixos do que todas as outras tecnologias e a ordem de mérito manter-se-á).

Para cada um dos modelos, avaliou-se o desempenho do Sistema Eléctrico Nacional com ou sem o AHBS, ao invés de modelar de forma diferenciada como o SEN irá evoluir com ou sem este empreendimento, segundo uma abordagem “totalmente consequencial”, dado que a construção ou não do AHBS não implica alterações de grande escala e estruturais no mercado eléctrico nacional.

Uma descrição mais detalhada dos modelos energéticos utilizados pode ser encontrada no documento específico que complementa o presente relatório.

Por outro lado, as principais limitações apresentadas pelo estudo são as seguintes:

- Características técnicas específicas do AHBS, incluindo a sua capacidade de bombagem, o que obriga a um cuidado acrescido na comparação dos resultados obtidos com outros aproveitamentos hidroeléctricos a fio de água, não reversíveis, etc.
- Desfasamento entre a data de elaboração do estudo e o período de construção e operação do AHBS, pelo que se utilizou um misto de dados medidos no terreno com dados dos projectos de execução para as várias componentes do AHBS (infra-estruturas, equipamentos, etc.).
- Tempo de vida estimado para o AHBS que é bastante longo e, como tal, aumenta a incerteza dos resultados obtidos.
- Não consideração dos impactes relacionados com a infra-estrutura de transporte de energia do escalão de jusante, necessidades de reinvestimento das infra-estruturas e outros consumos e emissões na fase de exploração (excepto consumo de electricidade e gasóleo dos serviços auxiliares e consumo de lubrificantes) e fim de vida das várias infra-estruturas e equipamentos do AHBS, assim como dos resíduos gerados a nível das fases de construção e operação (excepto madeiras de cofragens e resíduos inertes aproveitados como agregados para fabrico de betão utilizado no aproveitamento).

- Incerteza metodológica associada aos modelos de avaliação considerados, com especial enfoque ao nível de algumas categorias de impacte do método ReCiPe (e.g. toxicidade humana, etc.) e Ecological Footprint.

Tendo em conta os resultados do Inventário de Ciclo de Vida (ICV), da Avaliação de Impactes no Ciclo de Vida (AICV), da análise e controlo de sensibilidade e da análise de incerteza, que foram avaliados em sede de processo de revisão crítica por um perito externo e independente em ACV e sistema energéticos, considera-se que as limitações apresentadas não colocam em causa os principais resultados da ICV e AICV, nomeadamente as que se apresentam nos próximos parágrafos.

Principais entradas e saídas por unidade funcional:

Em termos das principais entradas e saídas tanto de materiais como de energia por unidade funcional do AHBS, embora a sua magnitude varie de acordo com os modelos energéticos considerados, elas são as seguintes:

Entradas:

- Água.
- Combustíveis (carvão, petróleo, gás natural).
- Minerais não metálicos (rocha (agregados), calcite e argila).
- Minerais metálicos (óxidos de ferro).

Saídas:

- Emissões atmosféricas (dióxido de carbono, metano, óxidos de azoto, óxidos de enxofre, partículas).
- Calor residual dissipado.

Tendo em conta os resultados das análises de sensibilidade e de incerteza realizadas, pode afirmar-se que estas conclusões têm um elevado grau de confiança.

“Pegada de carbono” estimada:

As emissões de GEE associadas ao AHBS, ou seja, tendo em consideração apenas os impactes gerados pelo aproveitamento no seu ciclo de vida, variam entre 104 t a 158 t CO₂eq, consoante o modelo energético considerado, por 1 GWh de energia eléctrica injectada na Rede Eléctrica Nacional (REN) em alta tensão (Unidade Funcional do estudo) (ver igualmente tabela ST.1).

ão)

Total	SIH	
	C	O
1,6E+05	5,9E+03	1,5E+05
1,0E-02	3,3E-04	9,9E-03
1,9E+04	9,1E+02	1,8E+04
5,7E+02	2,7E+01	5,4E+02
2,3E+02	1,1E+01	2,2E+02
4,7E+03	2,8E+02	4,4E+03
5,4E+02	2,4E+01	5,2E+02
1,0E+01	4,2E-01	9,9E+00
1,9E+02	8,7E+00	1,9E+02
1,3E+02	5,3E-01	1,3E+02
1,8E+01	1,4E+00	1,6E+01
9,6E+01	7,4E+00	8,8E+01
1,5E+04	5,5E+02	1,4E+04
1,4E+03	6,8E+01	1,3E+03
2,5E+01	1,3E+00	2,4E+01
8,7E+02	1,2E+02	7,5E+02
7,6E+03	1,9E+03	5,7E+03
6,3E+04	1,1E+03	6,2E+04

Se tivermos em conta o benefício ambiental obtido pela venda de energia eléctrica à rede e, como tal, considerar-se o balanço ambiental do AHBS, contrapondo os impactes gerados pelo AHBS aos benefícios que advêm do aproveitamento, verifica-se que o AHBS resulta numa poupança de emissões de GEE entre 386 t CO₂ eq/GWh no cenário BAU e 245 t CO₂ eq/GWh no cenário BAU low carbon, o que significa no ciclo de vida uma poupança entre 12.630 kt CO₂ eq e 7.462 kt CO₂ eq.

Tendo em consideração os resultados da análise de sensibilidade efectuada ao tempo médio de vida do AHBS, seu regime de exploração e, igualmente, em termos de escolhas metodológicas realizadas na ACV, bem como a análise de incerteza relativa ao balanço do aproveitamento, pode afirmar-se com um elevado grau de confiança que o AHBS, no seu ciclo de vida, apresenta um benefício ambiental em termos de emissões de GEE.

Por outro lado, o tempo de recuperação das emissões de GEE geradas directa e indirectamente na fase de construção do AHBS é relativamente curto, dado que, tendo em conta os regimes de exploração previstos para o aproveitamento, no final do primeiro quinquénio o balanço de carbono do AHBS será já positivo, como verificado em sede de análise de sensibilidade.

Aspectos (fases, processos unitários, categorias de impacte) mais relevantes em termos de impacte ambiental

Em termos das fases do ciclo de vida do AHBS, a que assume maior importância para o impacte ambiental do AHBS é a fase de operação, para todos os modelos energéticos considerados.

No que respeita às categorias de impacte, verificou-se que tendo em conta os resultados do impacte do AHBS normalizado pelas emissões de um cidadão médio europeu, as categorias mais relevantes são, entre outras, a transformação de solos naturais, a depleção de combustíveis fósseis, a eutrofização de águas doces, a toxicidade humana e as alterações climáticas. A importância relativa das várias categorias varia ligeiramente de acordo com o modelo energético considerado e, igualmente, caso tenha-se em conta as emissões de longo prazo.

Em relação aos processos/substâncias, verificou-se que os que são os mais relevantes na grande parte das categorias de impacte ambiental são:

- Carvão utilizado para produção de electricidade que é consumida em bombagem, em centrais com ou sem tecnologia de CCS.
- Gás natural utilizado para produção de electricidade que é consumida em bombagem, quer em centrais de ciclo combinado, quer em centrais de co-geração a gás natural.
- Betão consumido nas infra-estruturas.
- Aço consumido nas infra-estruturas e equipamentos.

Tendo em conta os resultados da análise de sensibilidade e de incerteza realizada, pode afirmar-se que estas conclusões têm um grau de confiança significativo.

Considerando o balanço ambiental do AHBS, que é dado pelos impactes directos e indirectos gerados pelo AHBS, subtraídos dos impactes evitados pela injeção de electricidade na rede eléctrica nacional que evita a produção por outras fontes, verifica-se que para os cenários de referência dos modelos energéticos desenvolvidos os impactes gerados pelo AHBS no seu ciclo de vida são contrabalançados pelos impactes evitados pela produção de electricidade para a generalidade das categorias de impacto ambiental consideradas pelo método ReCiPe, excepto no caso das categorias toxicidade humana, ecotoxicidade terrestre e depleção de recursos metálicos. (ver tabela ST.2 e figura ST.1)

Como referido, tal deve-se sobretudo ao balanço a nível do consumo de combustíveis fósseis (carvão, gás natural, petróleo) para assegurar a função de reserva de energia (bombagem) e o consumo evitado de combustíveis fósseis pela venda de electricidade gerada pelo AHBS.

No caso da energia primária não renovável - fóssil, verifica-se que para todos os modelos, o AHBS resulta numa poupança energia primária que varia entre os 7,3 TJ /GWh no cenário BAU e 6,0 TJ/GWh no cenário SIH, o que significa no ciclo de vida uma poupança entre 222.391 TJ e 183.636 TJ.

Tendo em conta os resultados da modelação, em relação à categoria toxicidade humana, o maior contributo para o impacto ambiental provém do aterro das cinzas produzidas pela queima de biomassa em centrais térmicas.

No entanto, os resultados desta categoria de impacto ambiental têm uma grande incerteza inerente e são muito sensíveis em relação à consideração ou não das emissões de longo prazo, dado que muitos dos poluentes que contribuem para este tipo de impactes são bastante persistentes no ambiente. No caso do AHBS, considerando as emissões de longo prazo, os benefícios ambientais do AHBS acabam por ser superiores aos impactes, tal como se concluiu com um grau de confiança significativo com base na análise de incerteza realizada.

Comparação com a opção zero, ou seja, a evolução do actual Sistema Eléctrico Nacional (SEN) sem a concretização AHBS.

Comparando-se os impactes ambientais gerados pelo AHBS ao longo do seu horizonte de projecto com a opção zero, ou seja, a evolução do actual Sistema Eléctrico Nacional (SEN) sem a concretização AHBS, verifica-se que para os cenários de referência dos modelos utilizados o AHBS apresenta um desempenho ambiental mais favorável que o desempenho médio do SEN, que integra a *mix* médio ponderado representativo de tecnologias renováveis e não renováveis estimadas para o período de funcionamento do AHBS.

Tendo em conta a análise de incerteza realizada a esta comparação, pode afirmar-se, com um grau de confiança significativo, que esta relação se mantém maioritariamente mesmo tendo em consideração a incerteza associada aos dados de base utilizados para a modelação.

Tabela ST.2 - Balanço Ambiental do Sistema AHBS por GWh (Caracterização)

Categoria	Unidade	BAU			BAU low carbon			SIH		
		Balanço	Impacte	Benefício	Balanço	Impacte	Benefício	Balanço	Impacte	Benefício
Alterações climáticas	kg CO ₂ eq	-3,9E+05	1,4E+05	-5,2E+05	-2,4E+05	1,0E+05	-3,5E+05	-3,5E+05	1,6E+05	-5,0E+05
Depleção da camada de ozono	kg CFC-11 eq	-1,6E-02	8,5E-03	-2,5E-02	-2,2E-02	1,1E-02	-3,3E-02	-2,2E-02	1,0E-02	-3,2E-02
Toxicidade humana	kg 1,4-DB eq	5,0E+03	1,5E+04	-1,0E+04	2,5E+03	1,5E+04	-1,2E+04	9,2E+03	1,9E+04	-9,7E+03
Formação de oxidantes fotoquímicos	kg NMVOC	-9,8E+02	4,7E+02	-1,5E+03	-5,4E+02	3,4E+02	-8,8E+02	-7,3E+02	5,7E+02	-1,3E+03
Formação de partículas atmosféricas	kg PM ₁₀ eq	-3,2E+02	1,9E+02	-5,1E+02	-2,0E+02	1,5E+02	-3,5E+02	-2,2E+02	2,3E+02	-4,5E+02
Radiação ionizante	kg U ₂₃₅ eq	-7,8E+03	4,0E+03	-1,2E+04	-2,3E+04	7,7E+03	-3,0E+04	-9,4E+03	4,7E+03	-1,4E+04
Acidificação terrestre	kg SO ₂ eq	-1,1E+03	4,4E+02	-1,6E+03	-6,7E+02	3,2E+02	-1,0E+03	-8,4E+02	5,4E+02	-1,4E+03
Eutrofização de águas doces	kg P eq	-3,0E+01	8,2E+00	-3,8E+01	-1,6E+01	2,7E+00	-1,8E+01	-1,9E+01	1,0E+01	-3,0E+01
Eutrofização marinha	kg N eq	-3,4E+02	1,6E+02	-5,0E+02	-1,8E+02	1,1E+02	-2,9E+02	-2,4E+02	1,9E+02	-4,4E+02
Ecotoxicidade terrestre	kg 1,4-DB eq	8,2E+01	1,1E+02	-2,4E+01	5,2E+01	1,1E+02	-5,5E+01	1,0E+02	1,3E+02	-2,8E+01
Ecotoxicidade de águas doces	kg 1,4-DB eq	-3,0E+01	1,5E+01	-4,4E+01	-2,6E+01	1,1E+01	-3,7E+01	-2,0E+01	1,8E+01	-3,8E+01
Ecotoxicidade marinha	kg 1,4-DB eq	-1,0E+02	7,9E+01	-1,8E+02	-8,4E+01	6,9E+01	-1,5E+02	-7,2E+01	9,5E+01	-1,7E+02
Ocupação de solos agrícolas	m ² a	-3,5E+02	1,2E+04	-1,2E+04	-1,7E+03	1,0E+04	-1,2E+04	5,0E+03	1,5E+04	-9,5E+03
Ocupação de solos urbanos	m ² a	-2,8E+03	1,1E+03	-3,9E+03	-1,8E+03	5,5E+02	-2,3E+03	-1,7E+03	1,4E+03	-3,1E+03
Transformação de solos naturais	m ²	-4,3E+01	2,2E+01	-6,4E+01	-4,6E+01	2,3E+01	-6,9E+01	-4,5E+01	2,5E+01	-7,0E+01
Depleção de recursos hídricos	m ³	-1,4E+03	7,4E+02	-2,1E+03	-1,3E+03	6,4E+02	-2,0E+03	-1,1E+03	8,7E+02	-2,0E+03
Depleção de recursos metálicos	kg Fe eq	3,5E+03	7,0E+03	-3,5E+03	2,4E+03	7,1E+03	-4,7E+03	4,2E+03	7,6E+03	-3,4E+03
Depleção de combustíveis fósseis	kg oil eq	-1,7E+05	5,0E+04	-2,2E+05	-1,4E+05	3,3E+04	-1,8E+05	-1,4E+05	6,3E+04	-2,1E+05

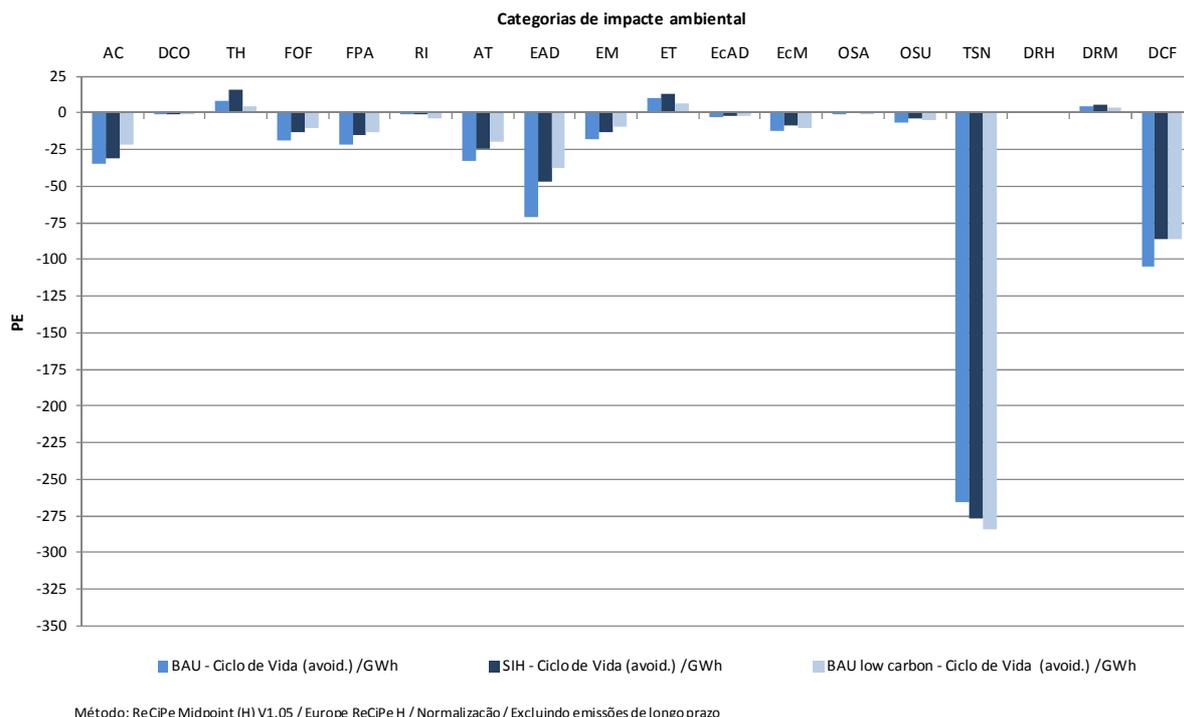


Figura ST.1 - Balanço Ambiental do AHBS por GWh (Normalização)

Comparação com outras soluções tecnológicas

Comparativamente às tecnologias de produção não renovável baseadas em combustíveis fósseis, verifica-se que o AHBS apresenta melhor desempenho em grande parte das categorias de impacto e dos vários cenários de referência dos modelos energéticos considerados.

No que concerne à comparação com soluções de produção renovável, o AHBS apresenta, como seria de esperar, impactos ambientais geralmente superiores a estas soluções por GWh de energia produzida, dado que a sua produção tem origem parcialmente em água previamente bombeada, que requer o consumo de electricidade, que é parcialmente baseado em combustíveis fósseis e tem adicionalmente associada uma fracção relevante de energia dissipada, na conjugação das eficiências dos processos de bombagem e turbinagem.

Na hipótese de um regime de exploração para o AHBS sem recurso a bombagem, o impacto ambiental do aproveitamento por GWh seria bastante menor, equiparando-se a níveis das restantes tecnologias renováveis (eólica, fotovoltaica, hidroeléctrica a fio de água), embora tal significasse, igualmente, que o nível total de produção de electricidade do AHBS se reduziria, e este aproveitamento deixaria de desempenhar a função de reserva de energia, ou seja, deixaria de potenciar o aproveitamento da energia proveniente de outras fontes renováveis e igualmente, a possibilidade de ser utilizado para substituir parcialmente tecnologias baseadas em combustíveis fósseis.

Tendo em conta o trabalho desenvolvido ao longo do projecto onde a ACV do AHBS se enquadrou, nos parágrafos seguintes apresentam-se algumas recomendações para desenvolvimento.

Reforço das capacidades em ACV da EDP

- A EDP deve produzir e consolidar uma base de dados interna sobre processos energéticos para apoio ao processo de decisão, tendo por base a grande quantidade de informação ambiental que dispõe (e.g. dados de exploração das centrais EDP em Portugal e no estrangeiro).
- A EDP deve nomear um responsável que aja como o “gestor da ferramenta”, garantindo a gestão da base de dados e o adequado uso da metodologia de ACV pelas várias empresas, bem como a potencial interacção com outros projectos que utilizem metodologias análogas e/ou complementares (e.g. cálculo da pegada de carbono, EIA) e a disseminação de resultados a nível interno e externo.

Apoio ao processo de decisão e avaliação de novos projectos:

- A utilização da ACV deve ser incentivada internamente, por exemplo, ao nível da avaliação de fornecedores e cadeia de valor.
- A utilização da ACV deve constituir-se uma das ferramentas para avaliação do desenvolvimento/adaptação de aproveitamentos hidroeléctricos, mas igualmente de outros tipos de equipamentos de produção e distribuição de energia.
- Para apoio e facilitação ao processo de decisão, a EDP poderá desenvolver um indicador único de impacte (que agregue e pondere os resultados de caracterização das várias categorias de impacte dos métodos de avaliação, como o ReCiPe) e que reflecta a escolha de valores corporativos da EDP².
- Aquando do projecto de novos aproveitamentos e equipamentos, devem ser estimados os principais fluxos de massa e energia com incidência ambiental, sendo que, para tal, é essencial que as equipas projectistas e os fornecedores de equipamentos devam ser incitados a contabilizar e fornecer essa informação.
- A ACV pode e deve ser utilizada como complemento a Estudos de Impacte Ambiental (EIA) de novos aproveitamentos/equipamentos ou de reformulações de existentes, sobretudo no que concerne aos projectos mais sensíveis publica e politicamente.

Utilização dos resultados do estudo

- Os resultados da ACV, que foram validados pelo processo de revisão crítica, podem constituir uma fonte de informação valiosa para serem integrados em relatórios ambientais e na estratégia de marketing da EDP.

Os estudos de ACV devem, nos casos em que exista interesse, conduzir a Declarações Ambientais de Produto, de que as realizadas pela Xpo AG (2010) e Vattenfall AB são exemplos

² Desde que devidamente ressalvado que tal elemento metodológico da ACV apresenta uma elevada carga subjectiva inerente.

1 INTRODUÇÃO

O presente relatório insere-se no **Projecto de Avaliação de Ciclo de Vida (ACV)** ao Aproveitamento Hidroeléctrico do Baixo Sabor (AHBS) da EDP – Energias de Portugal, denominado “**Projecto LCA**”, em curso no âmbito do **Plano Operacional de Sustentabilidade e Ambiente da EDP**.

O primeiro objectivo do “Projecto LCA” consistiu em dotar a EDP de competências que permitissem identificar e fundamentar a adopção de medidas direccionadas para a redução do impacte ambiental associado à construção, operação e manutenção de aproveitamentos hidroeléctricos e de outros projectos de produção e distribuição de energia, numa óptica de eco-eficiência, consistindo o segundo objectivo na realização da ACV do AHBS.

Nesse sentido, a 3 Drivers e o Instituto Superior Técnico (IST) prestaram apoio à EDP no âmbito do referido projecto, em **duas actividades complementares**:

- **Formação dos colaboradores da EDP** em Avaliação de Ciclo de Vida (ACV).
- **Desenvolvimento de uma ACV ao Aproveitamento Hidroeléctrico do Baixo Sabor (AHBS)**, como caso de estudo inicial para desenvolver e consolidar as competências em ACV dos quadros da EDP.

O presente relatório denominado “**Avaliação de Ciclo de Vida do AHBS – Relatório Final**”, insere-se no âmbito **segunda actividade e apresenta os aspectos mais relevantes da modelação de ACV desenvolvida, bem como os principais resultados obtidos e as conclusões do processo de revisão crítica realizado por um perito externo independente (processo de *peer review*)**.

Deste modo, o presente relatório encontra-se estruturado da seguinte forma:

- **Aspectos gerais**, onde se apresentam os documentos metodológicos que servem de orientação à ACV.
- **Objectivos do estudo**, onde se apresenta a entidade promotora do estudo, a sua equipa de trabalho, as razões para a execução da ACV e se identificam os públicos-alvo e as partes interessadas do mesmo.
- **Âmbito do estudo**, onde se descreve nomeadamente o sistema em análise, a unidade funcional definida, as fronteiras consideradas para o sistema, as categorias de impacte ambiental incluídas na análise e o *software* utilizado para modelar o ciclo de vida do AHBS.
- **Inventário de ciclo de vida**, onde se descrevem os principais aspectos relacionados com os dados de base de modelação do ciclo de vida do AHBS, nomeadamente os procedimentos de recolha de dados, as fontes bibliográficas a utilizar, os procedimentos de cálculo e validação, assim bem como os procedimentos de alocação utilizados. Este capítulo é complementado com os documentos anexos ao presente relatório.
- **Avaliação de impactes no ciclo de vida**, onde se apresentam os métodos de avaliação utilizados e se descrevem os resultados obtidos.
- **Interpretação**, onde se apresentam os principais aspectos metodológicos relacionados com a interpretação do ciclo de vida do AHBS.
- **Revisão crítica**, onde se apresentam os resultados da revisão do estudo realizada por um perito externo independente (*peer review*).

De referir que devido às especificidades do AHBS e ao âmbito e objectivos da ACV desenvolvida, na execução dos trabalhos tomou-se a decisão de desenvolver duas actividades de trabalho paralelas:

1. Modelação do ciclo de vida do AHBS e elaboração da ACV propriamente dita, cuja responsabilidade foi da 3 Drivers, sob coordenação científica do IST.
2. Modelação do Sistema Eléctrico Nacional (SEN) e enquadramento do AHBS no contexto da sua evolução futura, cuja responsabilidade foi do IST, sendo que os resultados obtidos servem como dados essenciais para a ACV ao AHBS.

Neste contexto, o presente relatório é complementado por outros dois documentos:

- Relatório com os resultados da modelação do sistema energético nacional realizada pelo IST.
- Anexo ao presente relatório, onde se apresentam os dados de base e os procedimentos de cálculo considerados para a modelação de ACV, bem como ainda outros aspectos considerados de relevância.

2 ASPECTOS GERAIS

2.1 Data e Contexto do Relatório

O presente relatório, datado de Setembro de 2012, insere-se no Projecto de Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) da EDP – Energias de Portugal, denominado “Projecto LCA”, em curso no âmbito do Plano Operacional de Sustentabilidade e Ambiente da EDP e no âmbito da Tarefa 3.5 – Relatório final integrando as conclusões da “Peer Review” do referido projecto.

Como referido anteriormente, o principal objectivo do “Projecto LCA” consiste em dotar a EDP de competências que permitam identificar e fundamentar a adopção de medidas direccionadas para a redução do impacte ambiental associado à construção, operação e manutenção de aproveitamentos hidroeléctricos e de outros projectos de produção e distribuição de energia, numa óptica de eco-eficiência.

2.2 Conformidade com Documentos e Normas de Referência

O estudo de ACV em execução, assim bem como os seus documentos e relatórios, têm por base os requisitos das normas ISO 14040:2006 e ISO 14044:2006, publicadas em 2006, e cuja versão portuguesa é a norma ISO 14040, datada de 2008 (NP EN ISO 14040:2008, 2008).

Em 2010 foi publicado o documento: “The International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook – First edition”, pelo Institute for Environment and Sustainability (IES) do Joint Research Centre (JRC) da Comissão Europeia, com o objectivo de estabelecer a melhor prática em termos de Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) e a base para assegurar a qualidade e consistência de dados, métodos e avaliações de ciclo de vida (JRC/IES, 2010). O ILCD Handbook segue as normas ISO 14040:2006 e ISO 14044:2006, completando-as nos aspectos em que estas normas são mais genéricas e podem dar origem a diferentes interpretações e, deste modo, por em causa a consistência e a qualidade dos estudos de ACV.

Apesar do ILCD Handbook – First Edition ter sido publicado após o “Projecto de Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) da EDP” se ter iniciado, realizou-se um esforço para que o estudo de ACV em execução e os seus produtos fossem conduzidos sempre que possível de acordo com este referencial.

2.3 Antecedentes - Estudos de ICV e ACV Anteriores

2.3.1 Considerações Iniciais

A energia assume um papel fulcral na nossa vida e é normalmente transversal a qualquer ciclo de vida de um produto. Deste modo, para a realização de estudos de Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) torna-se central o conhecimento e a descrição do ciclo de vida das várias fontes de energia (Dones, et al. (2007).

É neste contexto que têm surgido vários estudos de ACV ou de Inventário de Ciclo de Vida (ICV) no sector da energia. Em alguns destes, o objectivo e o âmbito da análise está orientado para o desempenho ambiental do sistema electroprodutor em termos globais ou para a comparação de várias soluções tecnológicas, sejam elas renováveis ou não renováveis, pelo que integram a componente hidroeléctrica (e.g. Gagnon, Bélanger, & Uchiyama (2001); Pacca & Horvath (2002); Coltro, Garcia, & Queiroz (2003); Hondo (2005); Vattenfall AB (2005); Di, Nie, Yuan, & Zuo (2007); Dones, et al. (2007); Peiu (2007); Varun, Prakash, & Bhat (2009)).

Pelo âmbito e escala de análise deste tipo de estudos, os seus resultados apenas devem ser utilizados como referência e orientação, dado que resultam de estimativas médias das várias fases do ciclo de vida, sendo que, por outro lado, são ainda necessários desenvolvimentos mais profundos na ACV de soluções tecnológicas no sector da energia (Dones, et al., 2007).

No que concerne à produção de hidroelectricidade, uma central produtora, devido às suas condições técnicas e geográficas específicas, apresenta uma configuração própria que resulta em processos e fases do ciclo de vida que podem ser bastante distintas dos existentes em outros casos de estudo (Pacca & Horvath, 2002; Dones, et al., 2007; Gagnon, Bélanger, & Uchiyama, 2001).

É o caso, por exemplo, da existência ou não de bombagem durante a sua fase de exploração. Deste modo, um estudo de ACV a uma dada central necessita de considerar estas especificidades, não podendo apenas alicerçar-se em dados genéricos ou resultados obtidos em outros casos de estudo, sendo que os dados bibliográficos devem ser utilizados como indicação ou para suprimir eventuais lacunas de informação.

Por outro lado, é de realçar que alguns dos fenómenos ambientais que ocorrem durante o ciclo de vida de um aproveitamento hidroeléctrico são ainda um desafio para a comunidade científica (Dones, et al., 2007), como é o caso das emissões de GEE nas albufeiras dos empreendimentos.

Os estudos abrangentes e detalhados de ACV e ICV a aproveitamentos hidroeléctricos não são muito abundantes.

Entre os existentes, podem-se citar, por exemplo, o estudo de ICV da central hidroeléctrica de Itaipú (Ribeiro & Silva, 2009) e a ACV do reforço de potência da Central de Frades (Ferreira M. M., 2007). A estes acrescem os estudos direccionados para a produção de declarações ambientais de produto (EPD - *Environmental Product Declaration*) relacionados com a produção de energia hidroeléctrica na Suécia e na Suíça (Vattenfall AB Vattenkraft, 2008; Xpox AG, 2010).

Para além dos estudos de ACV e ICV abrangentes, existe ainda literatura científica que se debruça sobre aspectos específicos relacionados com o ciclo de vida das centrais hidroeléctricas. Para além do aspecto relacionado com as emissões de GEE (e.g. Rosa et al. (2004); Bambace et al. (2007); Fearnside (2008); Ramos et al. (2009); Delsontro, McGinnis, Sobek, Ostrovsky, & Wehrli (2010)), pode-se citar o caso da alteração do uso do solo e suas implicações (e.g. Fthenakis & Kim (2009)).

Deste modo, de seguida apresentam-se alguns dos estudos citados anteriormente, de acordo com o seu tipo e ordem cronológica, expressando-se os resultados de cada um.

2.3.2 Estudos Genéricos de Produção de Energia

2.3.2.1 Life-cycle assessment of electricity generation options: The status of research in year 2001

O estudo tem como âmbito os sistemas de produção de energia e pretende fornecer o estado de arte relativamente aos estudos elaborados até 2001 (Gagnon, Bélanger, & Uchiyama, 2001). Sendo um estudo antigo, tem a vantagem de analisar comparativamente e compreensivelmente várias soluções tecnológicas.

Comparativamente, de entre as várias soluções tecnológicas para a produção de energia eléctrica, o estudo indica as centrais hidroeléctricas (de reservatório e de fio-de-água), as centrais nucleares e os parques eólicos como melhores opções quanto ao desempenho global. Para o caso das centrais hidroeléctricas de reservatório, estas requerem grandes áreas de solo, mas considerando as valias para controlo de cheias e armazenamento de água para irrigação, estas garantem um bom desempenho global. Adicionalmente, a flexibilidade das centrais hidroeléctricas, pela sua capacidade de armazenamento, garantem uma boa disponibilidade de fornecimento de energia eléctrica à rede em curtos períodos de resposta.

Um dos aspectos ambientais abordados no estudo são as emissões de GEE. O melhor desempenho ambiental quanto às emissões de GEE é o das centrais hidroeléctricas a fio-de-água, seguido das centrais nucleares, barragens de reservatório e parques eólicos, como se ilustra na figura 2.1 seguinte. As barragens a fio-de-água e as centrais nucleares apresentam pouca flexibilidade na geração de energia e os parques eólicos são caracterizados por uma produção intermitente.

Tendo em conta estes aspectos, torna-se necessário avaliar o desempenho ambiental recorrendo a soluções de *backup*, por forma a que se comparem funções equivalentes no sistema electroprodutor. Estas soluções de *backup* podem ser centrais termoeléctricas a carvão ou a fuelóleo, aumentando significativamente os factores de emissão de GEE.

Os factores de emissão das barragens de reservatório ou a fio-de-água utilizados no estudo têm em conta as condições de um clima boreal e o período de vida útil considerado para as barragens foi de 100 anos.

Uma das fontes para a emissão de GEE é a decomposição da matéria orgânica (biomassa) armazenada e inundada pela albufeira. Os factores de emissão com origem nestes fenómenos são dependentes das condições específicas do local. Primeiro, a área da albufeira pode variar de acordo com a topografia. Segundo, a quantidade de biomassa armazenada e inundada pela albufeira pode variar significativamente, apresentando o estudo valores entre 500 t/ha (ecossistema tropical) e 100 t/ha (ecossistema boreal).

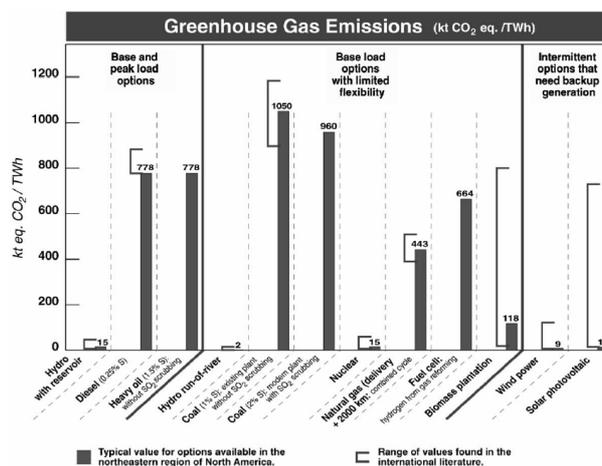


Figura 2.1 – Emissões de GEE de sistemas energéticos

Fonte: Gagnon, Bélanger & Uchiyama (2001).

Outro dos aspectos ambientais referidos é o uso do solo. Este aspecto deve ser incluído nos estudos de ACV já que todas as soluções tecnológicas para a produção de energia eléctrica necessitam de grandes áreas de solo (directa e indirectamente). Contudo, existe uma limitação quanto à intensidade do impacto no solo que não é considerada numa ACV. Especificamente para as centrais hidroeléctricas, o uso do solo depende da topografia do local, e como tal, pode variar bastante. O estudo apresenta apenas factores de uso do solo directos (ver figura 2.2). Por exemplo, o estudo refere que considerando a redução da produtividade dos solos devido às emissões de SO_x pelas centrais termoeléctricas, se podem obter valores de uso do solo (directos e indirectos) 10 vezes superiores às centrais hidroeléctricas.

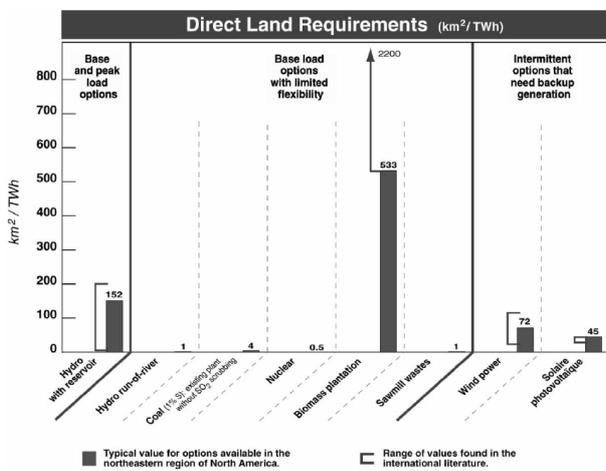


Figura 2.2 - Direct Land Requirements de sistemas energéticos

Fonte: Gagnon, Bélanger, & Uchiyama (2001).

Gagnon, Bélanger, & Uchiyama (2001) apresentam ainda como resultados o *payback* de energia para as diferentes soluções. Isto é, o rácio entre a energia produzida durante o período de vida útil e a energia necessária para a construção, manutenção e combustíveis consumidos, os quais se apresentam na figura 2.3.

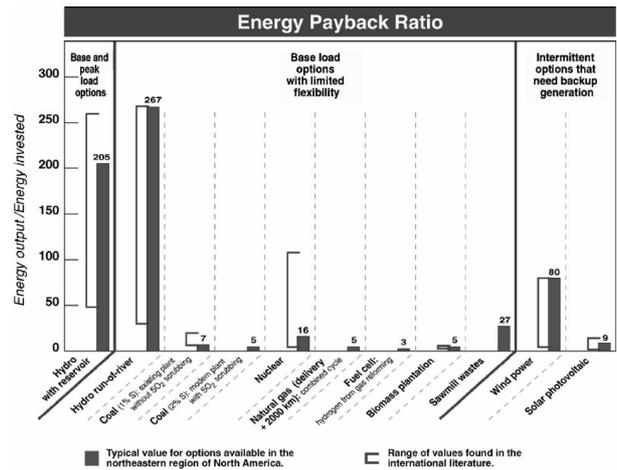


Figura 2.3 - Energy Payback Ratio de sistemas energéticos

Fonte: Gagnon, Bélanger, & Uchiyama (2001).

2.3.2.2 Life Cycle Inventories of Energy Systems: Results for Current Systems in Switzerland and other UCTE Countries

Este estudo é parte integrante da base de dados Ecoinvent, a base de dados melhor documentada e usada para fins de ACV (Dones, et al., 2007).

O contributo das centrais hidroeléctricas para o desempenho global da energia eléctrica fornecida ao consumidor é modelado recorrendo a uma base de dados de mais de 50 aproveitamentos hidroeléctricos para as barragens de reservatório, e cinco para as barragens a fio-de-água: quatro na Suíça e uma na Áustria. A extrapolação para o território europeu é realizada para condições existentes na Finlândia e para 2 regiões genéricas, uma com condições alpinas e outra com condições não alpinas, sendo que o que varia são as estimativas de emissão de gases com efeito de estufa pelas albufeiras.

A extrapolação é realizada através do aumento dos factores de incerteza dos dados de inventário de partida. Para além do aumento da incerteza, a diferenciação entre regiões é dada por diferentes *mix* energéticos, factores de uso do solo e factores de emissão de GEE.

Para o caso das barragens com capacidade de efectuar bombagem, o estudo considera que são equivalentes às barragens de reservatório na sua essência e apenas diferem de um consumo de energia de alta tensão, que corresponde a um dado *mix* energético dependendo da região europeia em causa.

A fronteira do sistema considerada foi a energia produzida e fornecida até ao barramento. Os materiais identificados como sendo de maior consumo (Betão e Aço), são modelados pelos seguintes parâmetros:

- Betão
 - Barragens de reservatório, massa de cimento por m³ – 230 kg, com proporção de cimento/brita/água de 1/8,5/0,5
 - Barragens de fio de água, massa de cimento por m³ – 285 kg, com proporção de cimento/brita/água de 1/8,5/0,5
- Aço
 - % do consumo total, Varões de aço em armações de betão – 25%, Aço inoxidável – 15% e Aço de liga leve – 60%.

Durante a fase de construção são consumidos materiais, energia, gásóleo, explosivos, etc., os quais são considerados no estudo. Para além destes consumos, são emitidas partículas nas escavações, explosões e fabrico de betão. Devido a ausência de dados para as emissões de partículas durante a fase de construção, são considerados valores para actividades semelhantes, como actividades de exploração mineira, recorrendo a várias fontes.

O tempo de vida útil dos órgãos de uma barragem foi considerado de acordo com a tabela seguinte (tabela 2.1):

Tabela 2.1 - Tempos médios de vida considerados para várias componentes

	Barragens de reservatório	Barragens a fio-de-água
Cimento no corpo principal das barragens	150	80
Cimento nas galerias de adução	100	80
Varões de aço em armaduras de betão	150	80
Aço para turbinas e condutas	80	40

Fonte: (Dones, et al., 2007).

Dones, et al. (2007) referem que uma das principais fontes de emissões de GEE se deve à decomposição da matéria orgânica armazenada e inundada pela albufeira. Em geral, as emissões de GEE aumentam com a profundidade e com a temperatura. O estudo considerou vários factores de emissão de acordo com a localização das barragens (ver igualmente o anexo ao presente relatório).

O uso do solo foi outro aspecto considerado na construção da base de dados Ecoinvent, sem no entanto incluir o uso do solo indirectamente alocado pelo ciclo de vida dos materiais e energia utilizados na fase de construção e de operação. Para a zona de implantação da barragem, a conversão do solo assume-se como industrial. A área inundada pela albufeira considera-se como um uso do solo do tipo massa de água artificial. Diferentes valores para barragens com reservatório foram considerados para as condições alpinas (montanhosas) e as condições não alpinas (menos montanhosas e como tal, com albufeiras com maior área).

As considerações apresentadas anteriormente estão na base para a construção da base de dados Ecoinvent, sendo enquadradas no sistema de produção de energia eléctrica de cada país, de acordo com os vários *mix* energéticos.

Deste modo, fica patente que, tal como os autores referem, o contributo das centrais hidroeléctricas para o desempenho ambiental global do sistema electroprodutor deve ser apenas considerado para esse fim, e não utilizado como resultado representativo de um único aproveitamento hidroeléctrico, pela especificidade local deste tipo de aproveitamento, para além da origem dos dados para a modelação do sistema de produção de energia hidroeléctrica.

2.3.3 Estudos a Centrais Hidroeléctricas

2.3.3.1 Vattenfall AB Generation Nordic Certified Environmental Product Declaration

A declaração ambiental de produto em análise no documento Vattenfall AB Vattenkraft (2008) diz respeito à geração líquida e distribuição de 1 kWh com origem nas 14 centrais hidroeléctricas na Suécia (9,680 TWh), seleccionadas para representar o universo da Vattenfall AB Generation Nordic.

A declaração ambiental considera nos processos nucleares a construção e conversão de energia, nos processos de montante a produção dos materiais e energia auxiliares e nos processos de jusante a distribuição da energia até ao consumidor. O tempo de vida útil considerado foi de 60 anos para os equipamentos e de 100 anos para o corpo de barragem. O desmantelamento das infra-estruturas dos aproveitamentos hidroeléctricos não foi considerado.

Na tabela 2.2 apresenta-se um resumo dos resultados obtidos.

Tabela 2.2 – Tabela de Inventário da Vattenfall AB G.N.

As fronteiras do sistema consideradas incluem a fase de construção e a fase de operação, para além do ciclo de vida

dos principais materiais e consumos de energia (cimento, aço, cobre, gasóleo e óleo lubrificante) e ainda, operações no local de construção, emissões da albufeira, transporte de materiais e trabalhadores, e movimentação e escavação de terras.

Como resultado, os principais processos identificados como pontos críticos no ciclo de vida foram:

- Albufeira (uso do solo, emissões de CO₂ e CH₄);
- Ciclo de vida do aço (consumo de água e energia; CO; partículas, emissões de SO_x e NO_x);
- Ciclo de vida do cimento (consumo de água e energia; emissões de CO₂; partículas);
- Operação de máquinas de construção civil (consumo de gasóleo; NO_x).

Especificamente para as centrais hidroeléctricas, as operações de construção das instalações principais são as mais críticas para condução da ACV. Os equipamentos, combustíveis e ciclos de vida dos materiais devem ser igualmente considerados dada a sua importância. Para além disso, é também importante considerar os aspectos relativos à manutenção e equipamentos substituídos, já que o tempo médio de vida de alguns equipamentos é inferior ao tempo de vida da central.

No caso de estudo não foi necessário alocar os vários aspectos ambientais às diferentes categorias de impacto já que se trata de um ICV. Os aspectos ambientais que advêm do uso do solo foram contabilizados considerando uma alteração do uso de solo em área, embora os Ribeiro & Silva (2009) reconheçam que esta é uma limitação dos resultados e que não representa na totalidade os aspectos sociais e ambientais, ou seja, a sua magnitude.

Resource use

ECOPROFILE	Input							
	Unit/kWh	Up-stream process	Core-process	Core-process - Infra-structure	Total generated	Down-stream process ²	Downstream process - Infra-structure	Total distributed
Electricity use in the power station ¹	kWh		3,2·10 ³		3,2·10 ³	9,6·10 ⁵		3,3·10 ³
Fossil energy resources	kWh	6,3·10 ⁻⁵	3,4·10 ⁻⁶	2,8·10 ³	2,9·10 ³	3,1·10 ⁻⁴	5,0·10 ⁻³	8,2·10 ⁻³
Renewable fuel	kWh	4,6·10 ¹³	5,0·10 ¹⁴	9,2·10 ⁻⁶	9,2·10 ⁻⁶	2,8·10 ⁷	1,1·10 ¹⁰	9,5·10 ⁻⁶
Soil, morain	g			21	21			21
Iron in ore	g	5,5·10 ⁻⁵	8,6·10 ⁻⁶	4,9·10 ¹	4,9·10 ¹	1,5·10 ⁻²	6,4·10 ¹	1,1
Copper in ore	g	6,1·10 ⁻⁷	4,6·10 ⁻⁸	4,2·10 ³	4,2·10 ³	1,3·10 ⁻⁴	6,8·10 ³	1,1·10 ⁻²
Potential energy of water through hydro turbines	kWh				11	3,4·10 ²		1,2
Rock, gravel, sand	g	2,9·10 ⁻⁹	2,9·10 ⁻¹⁰	36	36	1,1	5,7·10 ⁻⁷	37
Water use	g	5,6·10 ⁻²	7,3·10 ⁻³	11	11	5,3·10 ¹	16	28
Input of material from the technosphere (agglomeration of app. 30 substances)	g	2,5·10 ⁻⁵	1,3·10 ⁻⁶	3,5·10 ⁻⁴	3,8·10 ⁻⁴	1,0·10 ⁻⁴	3,0·10 ⁻⁴	7,8·10 ⁻⁴

Emissions

ECOPROFILE	Output							
	Unit/kWh	Up-stream process	Core-process	Core-process - Infra-structure	Total generated	Down-stream process ²	Downstream process - Infra-structure	Total distributed
Pollutant emissions								
Greenhouse gases	g CO ₂ eq. (100 y)	2,4·10 ⁻³	2,0·10 ⁻²	4,5	4,5	2,7·10 ¹	1,2	6,0
Ozone-depleting gases	g CFC-11 eq. (20 y)	1,5·10 ⁻⁹	4,2·10 ⁻¹⁰	3,1·10 ⁸	3,3·10 ⁻⁸	7,6·10 ⁻⁹	3,8·10 ⁻⁸	7,8·10 ⁻⁸
Acidifying substances	g SO ₂ eq.	2,6·10 ⁻⁵	1,8·10 ⁻⁵	4,5·10 ³	4,6·10 ⁻³	2,8·10 ⁻⁴	4,9·10 ³	9,8·10 ⁻³
Gases contributing to the formation of ground-level ozone	g ethene eq.	1,7·10 ⁻⁵	6,3·10 ⁻⁶	8,1·10 ⁻⁴	8,4·10 ⁻⁴	8,6·10 ⁻⁵	1,1·10 ⁻³	2,0·10 ⁻³
Eutrophying substances	g PO ₄ ³⁻ eq.	2,3·10 ⁻⁶	8,0·10 ⁻⁶	4,9·10 ²	4,9·10 ⁻²	1,5·10 ³	8,5·10 ⁻⁴	5,1·10 ⁻²
Emissions of toxic and other substances to air, ground, and water								
Particulate matter to air (PM)	g	2,1·10 ⁻⁶	2,8·10 ⁻⁶	1,0·10 ³	1,0·10 ⁻³	4,3·10 ⁻⁵	6,4·10 ⁻³	7,5·10 ⁻³
Polyaromatic hydrocarbons (PAH)	g	2,6·10 ⁻¹⁰	3,0·10 ⁻¹¹	8,6·10 ⁸	8,6·10 ⁻⁸	3,3·10 ⁻⁹	1,6·10 ⁻⁶	1,7·10 ⁻⁶
C-14 to air	kBq	1,5·10 ⁻⁸	1,8·10 ⁻⁹	3,1·10 ⁶	3,1·10 ⁻⁶	1,3·10 ⁷	4,5·10 ⁻⁶	7,7·10 ⁻⁶
Kr-85 to air	kBq	6,2·10 ⁻⁹	6,7·10 ⁻¹⁰	1,7·10 ⁷	1,7·10 ⁻⁷	2,2·10 ⁸	1,2·10 ⁻⁶	1,4·10 ⁻⁶
Rn-222 to air	kBq	2,8·10 ⁻⁴	3,2·10 ⁻⁵	5,9·10 ²	5,9·10 ⁻²	2,5·10 ³	8,2·10 ⁻²	1,4·10 ¹

¹ Environmental impact from this electricity use is included in the results.

² Includes the extra electricity generation in Vattenfall's Nordic hydropower plants necessary to compensate for distribution losses in the networks.

ECOPROFILE	Output							
	Unit/kWh	Upstream process	Core process	Core process - Infra-structure	Total generated	Down stream-process ¹	Downstream process - Infra-structure	Total distributed
Other information								
Hazardous waste - non-radioactive								
Hazardous waste to deposition	g		4,3·10 ⁻⁴	1,1·10 ⁻⁴	5,4·10 ⁻⁴	1,6·10 ⁻⁵		5,6·10 ⁻⁴
Hazardous waste to incineration	g		1,2·10 ⁻³		1,2·10 ⁻³	3,5·10 ⁻⁵		1,2·10 ⁻³
Hazardous waste - radioactive								
Low and intermediate level radioactive waste	m ³	1,7·10 ⁻¹³	2,4·10 ¹⁴	2,6·10 ⁻¹¹	2,6·10 ⁻¹¹	1,5·10 ⁻¹²	1,8·10 ¹⁰	2,1·10 ⁻¹⁰
Waste to recycling								
Aluminium				3,2·10 ⁻⁵	3,2·10 ⁻⁵	9,6·10 ⁷		3,3·10 ⁻⁵
Concrete				9,1·10 ³	9,1·10 ⁻³	2,7·10 ⁴		9,4·10 ⁻³
Copper				2,3·10 ⁻⁴	2,3·10 ⁻⁴	6,8·10 ⁻⁶		2,3·10 ⁻⁴
Steel				5,3·10 ¹	5,3·10 ⁻¹	1,6·10 ²		5,5·10 ⁻¹
Other waste to recycling	g		4,2·10 ⁻⁴	2,4·10 ⁻³	2,8·10 ⁻³	8,4·10 ⁻⁵		2,9·10 ⁻³
Other waste to deposition	g			6,8·10 ¹	6,8·10 ⁻¹	2,0·10 ²		7,0·10 ⁻¹
Other waste to incineration	g		4,5·10 ³	1,5·10 ¹	1,6·10 ⁻¹	4,7·10 ³		1,6·10 ⁻¹
Waste - rock, gravel and soil	g			34	34	1,0		35

¹ Includes the extra electricity generation in Vattenfall's Nordic hydropower plants necessary to compensate for distribution losses in the networks.

2.3.3.2 Life-Cycle inventory for hydroelectric generation: a Brazilian case study.

O estudo de Ribeiro & Silva (2009) resultou num ICV da central hidroeléctrica do Itaipu, a maior central hidroeléctrica do mundo responsável por 23,8% do consumo de energia eléctrica no Brasil (93,428 GWh) em 2000.

Não havendo um período estabelecido e ainda sendo bastante influenciado por uma correcta manutenção e qualidade das infra-estruturas, o tempo médio de vida de uma central hidroeléctrica considerado no estudo foi de 100 anos (valor considerado de acordo com a prática comum e em outros estudos consultados).

Os resultados do ICV em relação às suas entradas e saídas, estão representados na tabela 2.3, incluindo no caso de aplicação de um critério de *cut-off* de 1% em massa.

De acordo com os resultados de Ribeiro & Silva (2009), os principais fluxos de materiais consumidos são:

- Água;
- Basalto (Rocha);
- Terra;
- Calcário;
- Areia;
- Minério de ferro.

As substâncias responsáveis por 99,9% das emissões atmosféricas totais são:

- CO₂;
- CH₄;
- CO;
- Partículas;
- SO_x;
- NO_x;

Por outro lado, tendo em conta os resultados, os processos mais importantes para a geração de impacte ambiental são

- Emissões de CO₂ e CH₄ na albufeira;
- Alteração do uso do solo;
- Ciclo de vida do aço;
- Ciclo de vida do cimento;
- Operações de máquinas de construção civil;

Ribeiro & Silva (2009) concluem que os transportes não têm destaque, comparando com as operações das máquinas de construção civil. Deste modo, a energia consumida na fase de construção da barragem tem uma importância relativa que não se deve menosprezar.

Tabela 2.3 – Resultados de ICV à barragem do Itaipu

Table 4
Consolidated LCI for Itaipu Power Plant (UF = 1 MWh)

	Unit (UF)	Total	Construction	Operation
Material resources consumption				
Water	kg	8.90E+00	7.16E+00	1.74E+00
Air	kg	1.24E-05	7.86E-06	4.55E-06
Sand	kg	4.12E-01	4.12E-01	-
Clay	kg	8.34E-02	8.34E-02	4.15E-07
Basalt	kg	5.47E+00	5.47E+00	-
Bauxite	kg	4.00E-05	3.56E-05	4.36E-06
Calcite	kg	4.86E-01	4.70E-01	1.62E-02
Dolomite	kg	9.69E-04	6.14E-04	3.55E-04
Fluorspar	kg	6.63E-04	4.20E-04	2.43E-04
Gypsum	kg	8.33E-03	8.33E-03	-
Wood	kg	1.44E-01	9.13E-02	5.25E-02
Copper ore	kg	2.01E-03	5.47E-04	1.46E-03
Iron ore	kg	1.66E-01	1.05E-01	6.10E-02
Manganese ore	kg	1.27E-03	8.04E-04	4.65E-04
Quartzite	kg	2.54E-03	1.61E-03	9.31E-04
Salt	kg	1.90E-05	1.69E-05	2.07E-06
Iron scrap	kg	6.53E-02	4.14E-02	2.39E-02
Copper scrap	kg	2.93E-04	7.99E-05	2.13E-04
Earth	kg	3.05E+00	3.05E+00	-
Energy resources consumption				
Coal	MJ	1.65335	1.038186	0.615164
Energy (inespecific)	MJ	4.33E-02	3.86E-02	4.73E-03
Uranium energy	MJ	9.50E-04	8.46E-04	1.04E-04
Hydroelectricity	MJ	1.46E+00	1.36E+00	9.61E-02
Natural gas	MJ	0.285592	0.23958	0.045512
Crude oil	MJ	5.4753	4.7862	0.69368
Air emissions				
1,3 Butadiene	kg	1.40E-07	1.28E-07	1.17E-08
Aldehyde	kg	3.40E-05	3.40E-05	-
Ammonia	kg	2.16E-07	1.36E-07	8.06E-08
Benzene	kg	1.64E-05	1.60E-05	4.17E-07
Benzo(a)pyrene	kg	2.42E-09	1.52E-09	9.00E-10
CaO	kg	1.21E-03	7.69E-04	4.45E-04
CH ₄	kg	1.32E-01	4.50E-04	1.32E-01
Pb	kg	1.65E-11	1.04E-11	6.10E-12
CO	kg	1.12E-01	7.12E-02	4.08E-02
CO ₂	kg	1.56E+00	4.45E-01	1.12E+00
VOC	kg	3.74E-04	2.75E-04	9.87E-05
Ethene	kg	3.70E-05	2.34E-05	1.36E-05
F ₂	kg	7.65E-08	4.80E-08	2.85E-08
FeO	kg	8.18E-04	5.18E-04	3.00E-04
Fluorethene	kg	2.42E-08	1.52E-08	9.00E-09
Fluoride	kg	1.72E-06	1.10E-06	6.19E-07
H ₂	kg	1.83E-04	1.16E-04	6.70E-05
H ₂ S	kg	1.10E-05	6.98E-06	4.07E-06
HCl	kg	4.97E-08	4.42E-08	5.42E-09
Hydrocarbons	kg	4.21E-04	3.74E-04	4.72E-05
Inspec.	kg	1.03E-05	6.47E-06	3.84E-06
Particulate matter	kg	2.49E-02	1.96E-02	5.32E-03
Hg	kg	8.27E-15	5.22E-15	3.05E-15
Heavy metals	kg	9.50E-08	8.46E-08	1.04E-08
Methyl mercaptan	kg	1.35E-09	1.20E-09	1.47E-10
N ₂ O	kg	5.89E-07	5.77E-07	1.21E-08
NO _x	kg	2.98E-03	2.71E-03	2.70E-04
Crude oil	kg	1.79E-05	1.60E-05	1.95E-06
SO ₂	kg	3.76E-03	2.10E-03	1.66E-03
Toluene	kg	1.05E-07	6.57E-08	3.90E-08
Xylene	kg	1.13E-07	7.07E-08	4.20E-08
Water discharges				
Acetic acid	kg	5.80E-03	3.68E-03	2.13E-03
Acetaldehyde	kg	8.09E-05	5.12E-05	2.96E-05
Acetone	kg	1.50E-04	9.52E-05	5.51E-05
Acid (H+)	kg	2.85E-06	2.54E-06	3.11E-07
Tar	kg	1.39E-02	8.79E-03	5.08E-03
Ammoniac	kg	5.19E-08	3.29E-08	1.90E-08
Lead	kg	4.03E-09	2.53E-09	1.50E-09
Cyanide	kg	3.18E-07	2.02E-07	1.17E-07
Cl ⁻	kg	3.75E-06	3.34E-06	4.09E-07
Cu	kg	1.21E-09	7.58E-10	4.50E-10
Chromium ³⁺	kg	1.47E-09	9.32E-10	5.39E-10
COD	kg	2.46E-07	2.19E-07	2.68E-08

(continued)

Fonte: Ribeiro & Silva (2009).

Table 4 (continued)

	Unit (UF)	Total	Construction	Operation
Phenol	kg	5.37E-07	3.41E-07	1.95E-07
Fe	kg	5.38E-06	3.41E-06	1.97E-06
Fluoride	kg	2.23E-06	1.41E-06	8.16E-07
H ₂	kg	1.54E-07	1.37E-07	1.68E-08
Hexane	kg	5.36E-08	3.40E-08	1.97E-08
Hydrocarbons	kg	2.10E-06	1.82E-06	2.82E-07
General inorganic	kg	6.36E-03	1.73E-03	4.63E-03
Metallic ions	kg	5.00E-07	4.45E-07	5.45E-08
Manganese	kg	1.15E-07	7.28E-08	4.21E-08
Hg	kg	2.42E-10	1.52E-10	9.00E-11
Methanol	kg	2.10E-03	1.33E-03	7.71E-04
Methyl acetate	kg	1.85E-04	1.17E-04	6.78E-05
N total	kg	4.03E-08	2.53E-08	1.50E-08
NH ₃	kg	4.76E-06	3.02E-06	1.75E-06
Nitrate	kg	4.75E-06	3.01E-06	1.74E-06
Oil	kg	1.34E-05	8.67E-06	4.69E-06
Dissolved organic	kg	1.90E-06	1.69E-06	2.07E-07
PAH	kg	4.03E-10	2.53E-10	1.50E-10
Crude oil	kg	2.22E-06	1.98E-06	2.43E-07
Sodium	kg	1.88E-06	1.67E-06	2.05E-07
Dissolved solids	kg	6.30E-06	3.99E-06	2.31E-06
Suspended solids	kg	1.92E-05	1.21E-05	7.03E-06
Dissolved substances	kg	9.50E-07	8.46E-07	1.04E-07
Suspended substances	kg	6.65E-06	5.93E-06	7.26E-07
Sulfite	kg	3.56E-07	2.25E-07	1.30E-07
Zn	kg	1.78E-05	1.13E-05	6.53E-06
Solid waste				
Solid waste	kg	3.10E-01	8.75E-02	2.23E-01
Non-material burdens				
Heat loss (air)	MJ	1.24E-02	9.44E-03	2.91E-03
Heat loss (water)	MJ	6.35E-02	4.85E-02	1.50E-02
Land use	m ²	1.52E-01	6.64E-04	1.52E-01

In terms of data quality, the most uncertain estimation is about greenhouse gas emission. It was assumed that the whole area of the reservoir will have the same specific emissions during its operational period; this is an assumption taken in previous studies [2], which is surely a rough estimation. However, until now, there are no better values for those emissions, and data quality improvements can be done as soon as science develop further methodologies in this area.

Table 5
Simplified LC for Itaipu Power Plant (UF = 1 MWh).

	Unit (UF)	Total	Construction	Operation (100-year)
Material resources consumption				
Water	kg	8.90E+00	7.16E+00	1.74E+00
Sand	kg	4.12E-01	4.12E-01	-
Basalt	kg	5.47E+00	5.47E+00	-
Calcite	kg	4.86E-01	4.70E-01	1.62E-02
Iron ore	kg	1.66E-01	1.05E-01	6.10E-02
Earth	kg	3.05E+00	3.05E+00	-
Energetic resources consumption				
Coal	MJ	1.65335	1.038186	0.615164
Hydroelectricity	MJ	1.46E+00	1.36E+00	9.61E-02
Natural gas	MJ	0.285592	0.23958	0.045512
Oil	MJ	5.4753	4.7862	0.69368
Atmospheric emissions				
CH ₄	kg	1.32E-01	4.50E-04	1.32E-01
CO	kg	1.12E-01	7.12E-02	4.08E-02
CO ₂	kg	1.56E+00	4.45E-01	1.12E+00
Particulate	kg	2.49E-02	1.96E-02	5.32E-03
NO _x	kg	2.98E-03	2.71E-03	2.70E-04
SO _x	kg	3.76E-03	2.10E-03	1.66E-03
Non-material burdens				
Land use	m ²	1.52E-01	6.64E-04	1.52E-01

Fonte: Ribeiro & Silva (2009).

2.3.3.3 Environmental Product Declaration: Wildeg-Brugg run-of-river Power Plant.

A declaração ambiental de produto em análise no documento Axpo AG (2010) diz respeito à geração líquida e distribuição de 1 kWh da central hidroelétrica a fio-de-água de Wildeg-Brugg, na Suíça.

A área de captação (limites da concessão) é de 11.711 km², com um canal artificial de 4,5 km onde se situa a central (ligeiramente a meio do troço). A queda útil máxima (para um caudal máximo de operação de 400 m³/s) é de 14,1 metros. Em média produz cerca de 300 GWh por ano.

Nos processos nucleares foram consideradas três fases: Construção, Instalação de equipamentos e Operação (consumos de energia elétrica, gásóleo e óleos lubrificantes). Importa referir que as emissões decorrentes da albufeira e o uso do solo não foram considerados na ACV.

Nos processos de montante considerados, os mais relevantes são o ciclo de vida dos consumos em energia elétrica, os óleos lubrificantes e gasolina e o gásóleo.

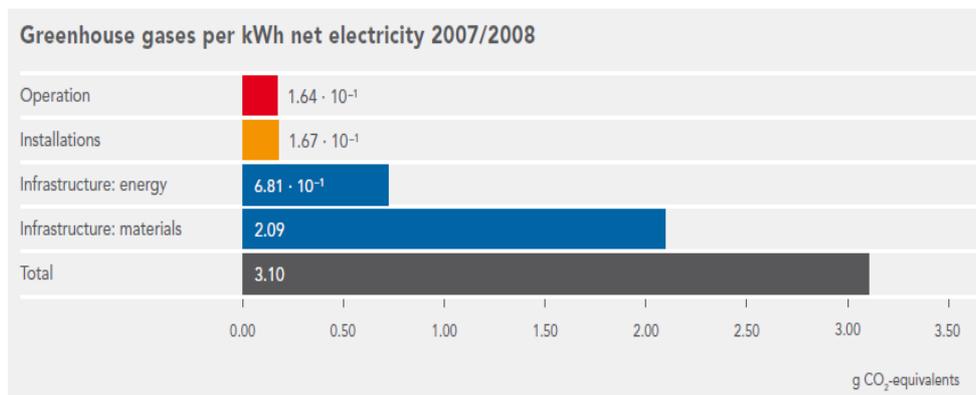
Nos processos de jusante, o estudo considerou os elementos da rede de distribuição de electricidade ao consumidor, com 0,9% de perdas.

O estudo assentou em dados de campo e a fonte bibliográfica utilizada foi a base de dados Ecoinvent. A modelação do ciclo de vida teve como referência o ano hidrológico de 2007/2008 e considerou-se um tempo de vida útil de 80 anos para o aproveitamento.

Em termos de consumos de materiais, os principais foram a brita e areia (1,49E1 g/kWh), o calcário (1.99 g/kWh), a argila (7,13E-1 g/kWh) e o ferro (3,83E-1 g/kWh), para além da água (5,51E1 g/kWh).

Em termos de emissão de GEE, os resultados do estudo apresentam-se na figura 2.4:

Figura 2.4 – Emissão de GEE, barragem de Wildegg-Brugg, na Suíça



All results are rounded.

Os resultados globais da ACV para várias categorias de impacto apresentam-se na tabela 2.4, identificando-se os processos mais relevantes para cada uma delas:

Tabela 2.4 – Resultados de impacto ambiental, barragem de Wildegg-Brugg, na Suíça

Environmental impact	Unit	Upstream and core processes	Downstream processes		Total
		1 kWh at Wildegg-Brugg Power Plant	Grid operation	Grid infrastructure	1 kWh at customer
Greenhouse gases	g CO ₂ -equivalents	3.10	9.73 · 10 ⁻²	1.43 · 10 ⁻¹	3.34
Ozone-depleting gases	g CFC-11-equivalents	1.64 · 10 ⁻⁷	1.48 · 10 ⁻⁹	6.90 · 10 ⁻⁹	1.72 · 10 ⁻⁷
Formation of ground-level ozone	g ethylene-equivalents	1.41 · 10 ⁻³	1.27 · 10 ⁻⁵	8.96 · 10 ⁻⁵	1.51 · 10 ⁻³
Acidifying substances	g SO ₂ -equivalents	9.84 · 10 ⁻³	8.89 · 10 ⁻⁵	6.48 · 10 ⁻⁴	1.06 · 10 ⁻²
Eutrophying substances	g PO ₄ ³⁻ -equivalents	1.83 · 10 ⁻³	1.65 · 10 ⁻⁵	8.10 · 10 ⁻⁵	1.93 · 10 ⁻³
Depletion of fossil resources	MJ-equivalents	3.50 · 10 ⁻²	3.16 · 10 ⁻⁴	2.29 · 10 ⁻³	3.76 · 10 ⁻²

All results are rounded.

Environmental impact	Unit	Upstream processes	Core processes			Downstream processes	Total
		Production of auxiliary materials and electricity	Infrastructure (construction and decommissioning)	Installations	Operation Wildegg-Brugg Power Plant	Electricity distribution	
Greenhouse gases	CO ₂ -equivalents	3%	83%	5%	2%	7%	100%
Ozone-depleting gases	CFC-11 equivalents	7%	78%	5%	5%	5%	100%
Formation of ground-level ozone	ethylene-equivalents	2%	77%	11%	4%	7%	100%
Acidifying substances	SO ₂ -equivalents	2%	74%	13%	4%	7%	100%
Eutrophying substances	PO ₄ ³⁻ -equivalents	1%	82%	7%	5%	5%	100%
Depletion of fossil resources	MJ-equivalents	5%	77%	8%	2%	7%	100%

All results are rounded.

2.3.4 Estudos de Aspectos Particulares da Produção de Energia Hidroelétrica

2.3.4.1 Greenhouse Gas Emissions from Building and Operating Electric Power Plants in the Upper Colorado River Basin.

O estudo de Pacca & Horvath (2002) compara as emissões de GEE associadas à fase de construção e operação das fontes de energia na bacia hidrográfica do rio colorado.

Por um lado, as centrais hidroelétricas não usam combustíveis fósseis directamente na fase de operação, por outro, emitem GEE com a decomposição da biomassa armazenada e inundada pela albufeira. Ao longo do período de operação de uma central hidroelétrica, a biomassa decomposta pela albufeira vai diminuindo e como consequência, as emissões de GEE vão igualmente diminuindo.

Para além da temperatura como factor relevante para a taxa de decomposição, o tipo de vegetação que dá origem à biomassa em decomposição é um aspecto relevante para estimar as quantidades de carbono emitidas. No âmbito deste estudo, considerou-se uma vegetação típica de deserto com uma concentração de carbono de 0,3 kg C/m² (Harte, J., 1988).

Por outro lado, para além das emissões de GEE com origem na biomassa armazenada na albufeira, Pacca & Horvath (2002) consideram um balanço de carbono entre o uso do solo anterior à albufeira e a sua situação depois de formada a albufeira.

Isto é, contabilizou-se o real efeito da albufeira no que diz respeito às emissões de GEE, que exige uma estimativa do carbono captado pelos serviços naturais do ecossistema existente (Net Ecosystem Productivity (NEP)), antes da formação da albufeira e as emissões de carbono ao longo do tempo útil de vida da albufeira.

Assumindo uma temperatura anual média de 298 K, uma produtividade primária líquida anual de 0,032 kgC/m² e uma densidade de carbono de 0,3 kgC/m² (valor para matagal de deserto), o resultado da produtividade líquida do ecossistema anual calculada foi de 12 gC/m².

Considerando os dados anuais constantes, num período temporal de 20 anos as emissões calculadas exclusivamente com origem na albufeira foram de 400.000 Mt de CO₂ equivalente por ano.

O balanço final de carbono aos 20 anos de operação mais a construção da barragem resulta entre 3.000.000 a 6.000.000 Mt de CO₂ equivalente emitidas para a atmosfera, significando que 67%-83% têm origem nas emissões da albufeira, 7%-13% em perdas de NEP e 8%-17% na fase de construção.

2.3.4.2 Impacts from decommissioning of hydroelectric dams: a life cycle perspective.

Neste estudo, Pacca (2007) demonstra a possível importância do desmantelamento de uma central hidroeléctrica como fase do ciclo de vida, quanto à emissão de gases com efeito de estufa. As centrais hidroeléctricas têm um tempo de vida útil elevado, mas o desmantelamento do corpo principal representa uma fase com um elevado potencial de emissão de GEE devido ao acumular de sedimentos com carbono.

Na tabela 2.5 apresentam-se alguns resultados obtidos pelo autor, considerando que o armazenamento de sedimentos nas albufeiras foi 100 anos (vida útil da barragem).

A emissão equivalente do carbono contido nos sedimentos foi estimada em cerca de 128-380 g/kWh de CO₂ equivalente para um cenário de 11% de mineralização do carbono orgânico nos sedimentos (SOC – Sediment Organic Carbon) e de 35-104 g/kWh de CO₂ equivalente para um cenário de 3% de mineralização do SOC.

Table 1 Summary of results

Reservoir	Sediment volume (m ³)	Annual max storage (m ³)	Percent filled after 100 years (%)	Average annual gross energy (MWh)	100 year energy (MWh)	100 year sediment mass (Mg)	100 year carbon mass (Mg)	Potential CO ₂ emissions (Mg)	Potential CH ₄ emissions (Mg)
Hoover	1.04E+10	3.52.E+10	30	4.1E+06	4.1E+08	1.0E+10	2.2E+08	7.3E+08	3.0E+07
Glen Canyon	3.49E+09	3.23.E+10	11	3.5E+06	3.5E+08	3.5E+09	7.4E+07	2.5E+08	9.9E+06
Garrison	3.11E+09	3.00.E+10	10	2.4E+06	2.4E+08	3.1E+09	6.6E+07	2.2E+08	8.8E+06
Oahe	2.42E+09	2.78.E+10	9	2.8E+06	2.8E+08	2.4E+09	5.2E+07	1.7E+08	6.9E+06
Fort Peck	1.98E+09	2.34.E+10	8	1.1E+06	1.1E+08	2.0E+09	4.2E+07	1.4E+08	5.6E+06
Fort Randall	1.92E+09	6.E+09	31	1.8E+06	1.8E+08	1.9E+09	4.1E+07	1.4E+08	5.5E+06

Tabela 2.5 – Emissões de GEE aquando do desmantelamento de várias barragens (Pacca, 2007)

2.3.4.3 Hidroeléctricas como "Fábricas de Metano": O papel dos reservatórios em áreas de floresta tropical na emissão de gases com efeito de estufa.

Segundo Fearnside (2008), podem-se definir quatro grupos de fonte de carbono emitido na fase de exploração de uma albufeira:

- Stock de carbono presente na vegetação e no solo antes da formação da albufeira. Estes incluem os stocks preexistentes na zona de inundação sazonal e de qualquer vegetação que seja influenciada pela variação do nível freático;
- Carbono na forma dissolvida ou particulada que é transportado pelo normal curso do rio até à albufeira. A parcela particulada é depositada no fundo da albufeira decompondo-se em metano e contribuindo para um fenómeno de ebulição, emissão de metano na superfície;
- Carbono que é fixado na albufeira por intermédio dos ecossistemas aquáticos (plâncton e macrófitas) ou pelo crescimento de vegetação na zona de inundação.
- Stock de carbono presente nas árvores que são mortas em zona de inundação e ficam à superfície da água.

Nos primeiros anos é emitido grande parte dos stocks de carbono do grupo 1 e 4, observando-se uma diminuição de emissões de carbono para os anos seguintes, sendo que os stocks do grupo 2 e 3 ganham predominância (Fearnside, 2008).

O metano produzido por decomposição pode ser libertado por dois fenómenos: por ebulição e por difusão. O fenómeno de ebulição permite que o metano atravesse a termoclina e é altamente dependente da profundidade da água em cada ponto do reservatório, com emissões de bolhas de maiores dimensões a profundidades menores.

2.3.4.4 Land Use and Electricity Generation: A Life-Cycle Analysis.

Fthenakis & Kim (2009) analisaram a transformação do uso do solo de várias opções tecnológicas para a produção de energia.

Entende-se por uso do solo a área de ocupação e a sua transformação (magnitude de impacte). Por outro lado, do ponto de vista de uma abordagem de ciclo de vida, estes autores identificaram usos do solo directos e indirectos. Os usos do solo indirectos dizem respeito às áreas e transformações de solo inerentes em cada material, energia ou processo necessário à construção, operação ou desmantelamento do sistema de produto em análise.

Para o uso do solo indirecto, que está relacionado com o consumo de energia e materiais, o estudo de Fthenakis & Kim (2009) considera os factores de ocupação e transformação da base de dados Ecoinvent, analisando-se vários casos de estudo de produção de energia eléctrica

Comparando a produção de energia eléctrica por uma central hidroeléctrica e por outros tipos de sistemas, os autores estimaram que a magnitude de impacte a nível da transformação do uso do solo da central hidroeléctrica analisada encontra-se entre as dos sistemas baseados em fotovoltaico e as dos sistemas de aproveitamento de biomassa (figura 2.5).

Verificaram igualmente que a área necessária para a implementação de uma central hidroeléctrica com reservatório varia significativamente de acordo com as condições específicas do local e do tipo de barragem.

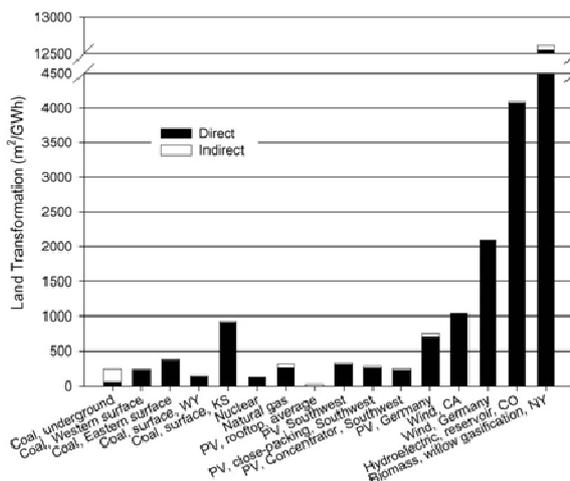


Figura 2.5 – Transformação do uso do solo resultante de várias opções tecnológicas

Fonte: Fthenakis & Kim (2009).

2.3.4.5 Extreme Methane Emissions from a Swiss hydropower reservoir: Contribution from Bubbling Sediments.

Delsonro, et al. (2010) monitorizaram as emissões de metano numa albufeira de uma barragem do tipo fio-de-água (com 90 anos de vida útil) em zona temperada, durante um ano. Foi observada uma grande libertação de metano por ebulição. Para a difusão de metano, os valores observados foram bastante reduzidos, embora se tenha observado elevadas concentrações de metano para as águas descarregadas.

Desenvolveu-se um modelo para contabilizar a emissão de metano para a atmosfera e como resultados obteve-se em média um valor de mais de 150 mg de CH₄ m⁻² d⁻¹. Este valor é o mais alto registo alguma vez documentado para albufeiras de média latitude.

Adicionalmente, o estudo verificou que as emissões de metano são muito dependentes da temperatura, destacando-se que a única fonte de metano durante o período invernal é através da difusão.

3 OBJECTIVOS DO ESTUDO

3.1 Aplicações Pretendidas

As aplicações pretendidas para o presente estudo de ACV apresentam-se de seguida por ordem de relevância, sendo que em itálico referem-se os tipos de aplicação considerados segundo a classificação referenciada no ILCD Handbook (JRC/IES, 2010):

1. **Objectivo principal: Produzir informação sobre o desempenho ambiental do Aproveitamento Hidroeléctrico do Baixo Sabor (AHBS), que permita:**
 - a. Produzir uma Tabela de Inventário (*ecoprofile*) do aproveitamento que apresente as principais entradas (recursos e energia) e saídas (emissões e resíduos) por unidade funcional considerada (*identification of Key Environmental Performance Indicators (KEPI)*).
 - b. Calcular a sua “pegada de carbono” estimada (*Carbon footprint analysis*).
 - c. Verificar quais os aspectos (fases, processos unitários, categorias de impacte) mais relevantes em termos de impacte ambiental, no contexto do ciclo de vida do projecto, incluindo a análise os projectos complementares e medidas compensatórias associadas ao projecto (*Weak point analysis*).
2. **Objectivo secundário: Avaliar comparativamente o desempenho ambiental do Aproveitamento Hidroeléctrico do Baixo Sabor com outras soluções alternativas de produção de energia eléctrica, no quadro do Sistema Eléctrico Nacional (SEN), nomeadamente:**
 - d. A opção zero, ou seja, a evolução do actual Sistema Eléctrico Nacional (SEN) sem a concretização AHBS (*Comparison of specific goods or services*).
 - e. Outras soluções tecnológicas, considerando a evolução marginal do sistema electroprodutor nacional (*Comparison of specific goods or services*).

Adicionalmente, apesar de não constituir um objectivo do estudo, e como tal não condicionar a definição de âmbito, o desenvolvimento da ICV e AICV, bem como a interpretação dos resultados obtidos, subsidiariamente com a execução do estudo pretende-se indirectamente alavancar as competências internas da entidade promotora do estudo (a EDP) na identificação do impacte ambiental de produtos e serviços e sua mitigação, nomeadamente a nível:

- Do planeamento estratégico da EDP (*Policy development*).
- Da distinção ambiental de fornecedores de produtos e serviços (*Green Private Procurement - GPP*).
- Da definição de medidas direccionadas para a redução do impacte ambiental associado à construção, operação e manutenção de aproveitamentos hidroeléctricos e outros empreendimentos, numa óptica de eco-eficiência (*Eco-design*).

3.2 Limitações Iniciais Relacionadas com os Objectivos

Tendo em consideração os objectivos do estudo, que enquadram o método seguido, os pressupostos considerados e os impactes analisados, nos parágrafos seguintes apresentam-se algumas limitações à generalização dos resultados obtidos fora dos objectivos definidos, bem como para outros casos de estudo.

- **Características técnicas específicas do AHBS.**

O AHBS é empreendimento constituído por dois escalões, com uma capacidade de armazenagem importante e cujas turbinas são reversíveis, sendo que uma parte significativa da energia a produzir no seu ciclo de vida provém de água que foi previamente bombada de jusante dos escalões, para efeitos de reserva de energia. Nesse sentido, por exemplo, a comparação dos resultados obtidos com aproveitamento hidroeléctricos a fio de água, aproveitamentos com reservatórios mas sem grupos reversíveis, etc., deve ser realizada com as devidas ressalvas, dado que, por exemplo, estes não apresentam consumo de electricidade para bombagem de água para montante.

- **Desfasamento entre a data de elaboração do estudo e o período de construção e operação**

O estudo de ACV apresentado neste relatório concluiu-se em final de 2012, antes da data prevista para o final das obras do AHBS, em 2014.

Neste contexto, para a realização da ACV utilizou-se um misto de dados medidos no terreno com dados dos projectos de execução para as várias componentes do AHBS (infra-estruturas, equipamentos, etc.). No caso da modelação do comportamento energético do AHBS na sua fase de operação, dado não existirem dados reais de exploração do AHBS, utilizaram-se modelos energéticos desenvolvidos especificamente para esse fim pelo IST.

Para além dos dados específicos do AHBS, recorreu-se a bibliografia para colmatar algumas lacunas de dados encontradas, como por exemplo, na estimativa das emissões de GEE decorrentes da criação das albufeiras dos escalões de montante e jusante.

• Tempo de vida estimado para o AHBS

O tempo de vida estimado para o AHBS é bastante longo, cerca de 75 anos. Neste contexto, os cenários analisados em termos de consumo de materiais e recursos ao longo desse período de vida e, igualmente, a nível da energia produzida, fazem aumentar a incerteza dos resultados, dado a evolução tecnológica que ocorrerá nesse tempo. De igual forma, a comparação com outros sistemas acaba por apresentar o mesmo tipo de limitação, dado que estes são sujeitos igualmente à evolução tecnológica (e.g. futura implementação de tecnologias de captura e armazenamento de carbono em termoeléctricas a carvão).

De referir que as limitações enunciadas não colocam em causa a validade do estudo à partida face às aplicações pretendidas, apenas significam que os seus resultados devem ser enquadrados no âmbito dos objectivos definidos, devendo a sua generalização ser realizada com as devidas ressalvas.

3.3 Razões para o Desenvolvimento do Estudo e Contexto da Decisão

A decisão para a realização de um estudo ao Aproveitamento Hidroeléctrico do Baixo Sabor (AHBS) por parte da entidade promotora do mesmo, a EDP, surge no seguinte contexto:

- Realização, em 2007, de um estudo de aplicação da metodologia de ACV na EDP, efectuado no âmbito de uma tese de mestrado (Ferreira M. , 2007), que demonstrou a validade da utilização da metodologia no universo EDP.

- Decisão de construção do AHBS e necessidade de promover uma estimativa dos seus benefícios ambientais, nomeadamente os relacionados com a produção de energia hidroeléctrica e o armazenamento de energia proveniente de fontes renováveis (sobretudo eólica).
- Aplicação dos Princípios de Desenvolvimento Sustentável do Grupo EDP, apoiada num programa interno de melhoria contínua. Definiu-se como objectivo desenvolver competências na avaliação ambiental ACV, numa óptica de contabilização objectiva de impactes (responsabilidade social) e de promoção de *eco-design* e *eco-procurement* (redução do impacte ambiental associado à construção, operação e manutenção de aproveitamentos hidroeléctricos e outros empreendimentos da EDP).

Nesse sentido, foram estabelecidas as aplicações pretendidas para o estudo, que como referido anteriormente, são sucintamente as seguintes, por ordem de relevância:

- Produzir informação sobre o desempenho ambiental do AHBS.
- Avaliar comparativamente o desempenho ambiental do AHBS com outras soluções alternativas de produção de energia eléctrica, no quadro do Sistema Eléctrico Nacional (SEN).

Deste modo, tendo em conta as aplicações pretendidas, bem como a natureza do AHBS e sua inserção no quadro do SEN, o contexto de decisão que melhor se aplica ao estudo, e que tem implicações a nível dos métodos seguidos para as fases de ICV e AICV, é a classificação **“A – Micro-level decision support”**, na metodologia do ILCD Handbook (JRC/IES, 2010). A fundamentação para esta classificação é apresentada nos parágrafos seguintes.

O AHBS encontra-se a ser construído, pelo que não se coloca a questão de o projecto poder avançar ou não consoante os resultados do estudo de ACV. No entanto, tendo em conta as razões que levaram ao desenvolvimento do estudo, bem como as aplicações pretendidas, pretende-se avaliar, em última análise, se a decisão tomada resulta num benefício ambiental face a soluções alternativas, quantificando-o.

Por outro lado, tendo em conta os dados existentes, as alterações de mercado induzidas pela construção e operação do AHBS são de pequena escala e não estruturais, seja a nível energético (aumento de capacidade instalada de produção de electricidade (oferta) e aumento da produção induzido pelo consumo de electricidade para bombagem (procura) no âmbito do SEN) e material (e.g. consumo de cimento).

No que respeita ao mercado de electricidade, o aumento de capacidade instalada e produção resultante do AHBS é relativamente marginal. Comparando com a potência instalada do SEM em 2010, de 18.935 MW (Ferrão, et al., 2011), o aumento de potência resultante da construção do AHBS (200 MW), representa apenas um acréscimo de 1,06%, sendo que se espera igualmente que a potência instalada no SEN aumente ao longo do tempo, atingindo o valor de 47.350 MW, em 2030.

No que concerne à produção de electricidade, segundo os modelos energéticos desenvolvidos, o AHBS irá produzir entre de 30.497 GWh e 36.468 GWh de electricidade ao longo de 75 anos (incluindo turbinamento de água proveniente de jusante), o que se estima que represente entre 0,55% e 0,67% da produção total do SEN.

Da mesma forma, o aumento de produção de electricidade do SEN necessário para satisfazer as necessidades estimadas de bombagem é igualmente relativamente incipiente, não acarretando por esta via a necessidade de novas instalações de produção de energia, apesar de que, pelo seu efeito de reservatório, o AHBS irá permitir um aumento do *load factor* das unidades existentes ou que estão projectadas para o futuro face às previsões actuais de aumento do consumo de energia no futuro.

3.4 Públicos-Alvo

Os públicos-alvo, isto é, a quem se pretende comunicar os resultados do estudo são, em primeiro lugar as empresas do universo EDP (promotor do estudo). Essas empresas são apresentadas na tabela 3.1.

Subsidiariamente e caso a EDP manifeste interesse, o estudo ou os seus resultados, em parte ou na totalidade, poderão ser divulgados aos diversos intervenientes da cadeia de valor do aproveitamento, aos universitários e agentes do sistema científico e tecnológico nacional e ao público em geral, sendo que são entidades externas ao promotor do projecto e, em alguns casos, com perfil não técnico.

Tabela 3.1 – Públicos-alvo

Entidade		Tipo de relação com o promotor	Tipo de audiência	
EMPRESAS DO GRUPO EDP	EDP Nível corporativo	Direcção de Sustentabilidade e Ambiente	Entidades internas	Técnica
		Unidade de Negócio de Gestão de Energia (UNGE)		
		Direcção de Planeamento Energético (DPE)		
	EDP Produção	Direcção de Projectos de Investimento (DPI)		
		Direcção de Planeamento e Controlo		
	EDP Distribuição			
Outras empresas e unidades do grupo EDP				
OUTROS	Organizações Não-Governamentais de Ambiente (ONGA)	Entidades externas	Não técnica	
	Público em geral	Entidades externas	Não técnica	

3.5 Existência de Afirmações Comparativas

Como referido anteriormente, o estudo tem várias aplicações, pretendendo-se, entre outros aspectos, “Avaliar comparativamente o desempenho ambiental do Aproveitamento Hidroeléctrico do Baixo Sabor com outras soluções alternativas de produção de energia eléctrica, no quadro do Sistema Eléctrico Nacional (SEN)”.

Por outro lado, a EDP equaciona a divulgação dos resultados a diversas entidades externas, pelo que, a conjugação destes dois factos tem implicações ao nível metodológico, de relato dos resultados do estudo e de revisão crítica da ACV (JRC/IES, 2010) e (NP EN ISO 14040:2008, 2008)).

3.6 Entidade Promotora do Estudo, Equipa de Projecto e Outras Partes Interessadas

3.6.1 Entidade Promotora

A entidade que promoveu o estudo é a **EDP – Energias de Portugal S.A.**, empresa que desenvolve a sua actividade principal no sector da energia, onde é o maior operador de electricidade em Portugal e um dos quatro maiores da Península Ibérica, operando nas actividades de geração, distribuição e comercialização de energia eléctrica. Na Península Ibérica a EDP opera ainda no negócio do gás, sendo o segundo maior operador em Portugal e em Espanha.

A EDP está presente nos sectores eléctricos da América Latina, de África e de Macau, nos negócios da produção, distribuição e comercialização, sendo que as suas empresas ligadas às energias renováveis são líderes mundiais no sector.

3.6.2 Equipa de Projecto

As entidades que desenvolveram o estudo, em colaboração com a EDP, são a empresa **3 Drivers - Engenharia, Inovação e Ambiente Lda.** e o **Instituto Superior Técnico (IST)**, através do Centro de Estudos em Inovação, Tecnologias e Políticas de Desenvolvimento (IN+). Ambas as entidades são **entidades externas** ao promotor do estudo.

A **3 Drivers – Engenharia, Inovação e Ambiente** é uma empresa dedicada ao trabalho de consultoria tecnológica na área da sustentabilidade e constituída por quadros qualificados ao nível de mestrado e doutoramento.

A 3 Drivers e os seus recursos humanos já desenvolveram trabalhos relacionados com a avaliação de ciclo de vida de produtos e serviços (e.g. embalagens, equipamentos eléctricos, etc.), estruturação, implementação e avaliação de desempenho de entidades gestoras e sistemas de gestão de resíduos (e.g. Valorcar, Valorpneu, Sogilub, Amb3E, Sigeru), avaliação tecnológica de operadores (e.g. fragmentadores de veículos em fim de vida), estudos de viabilidade tecnológica (e.g. unidade de regeneração para óleos usados), estudos no âmbito da sustentabilidade na construção (definição de indicadores, normas e boas práticas ambientais) e desenvolvimento de novas aplicações de reciclagem e valorização energética (e.g. uso de células de combustível para valorização de resíduos orgânicos).

A ligação próxima a universidades e centros de investigação e desenvolvimento na área do ambiente induz uma grande flexibilidade na aquisição de competências, o que viabiliza a realização de trabalhos nos mais variados âmbitos.

O **Instituto Superior Técnico (IST)**, através do Centro de Estudos em Inovação, Tecnologias e Políticas de Desenvolvimento (IN+), tem desenvolvido actividades multidisciplinares, integrando investigação básica e aplicada ao desenvolvimento tecnológico e focado na sustentabilidade, nomeadamente na promoção do desenvolvimento socioeconómico e da qualidade do ambiente conjuntamente com a gestão de recursos energéticos. O centro inclui três laboratórios principais: o laboratório de termofluidos, combustão e sistemas energéticos, o laboratório de sistemas ambientais e o laboratório de políticas e gestão de tecnologias.

O presente estudo é desenvolvido no âmbito do laboratório de sistemas ambientais. Nos últimos anos o IN+ tem-se envolvido activamente na aplicação de metodologias de Ecologia Industrial (e.g. ACV) (de que o livro “A Ecologia Industrial e as Embalagens de Bebidas e Bens alimentares em Portugal” é um exemplo), na avaliação de fluxos de materiais para Portugal e na definição de práticas e avaliação de políticas para a gestão de resíduos, conjuntamente com diversas instituições governamentais e indústrias privadas.

O IN+ encontra-se actualmente envolvido no desenvolvimento do programa MIT Portugal e no desenvolvimento de variados projectos nas áreas de Sustainable Energy Systems, Engineering Design and Advanced Manufacturing.

Na tabela 3.2 apresenta-se a equipa responsável pelo desenvolvimento do estudo, assim bem como o revisor do mesmo.

Tabela 3.2 – Equipa responsável pelo estudo de ACV

Actividade	Recursos envolvidos	Responsabilidade	Entidades	Relação com o promotor
Equipa técnica da ACV	Paulo Ribeiro	Gestão operacional LCA Project Manager	3 Drivers	Entidade externa
	Ana Lopes	LCA Practitioner		
	Francisco Amaral	LCA Practitioner		
	Paulo Ferrão	Coordenação científica	IST/MIT Portugal	Entidade externa
Peer reviewers	Roland Clift	Revisão do estudo	Universidade de Surrey (UK)	Recurso externo

Para além da equipa de projecto, colaboraram no desenvolvimento do mesmo outras entidades e recursos. Neste aspecto, de salientar as equipas do IST/MIT Portugal (entidade externa) e da EDP (de várias empresas do grupo que promoveu o projecto) que contribuíram para a realização da ACV, através do fornecimento de dados fundamentais para o mesma.

A equipa do IST/MIT Portugal avaliou o efeito que a construção do AHBS irá ter termos de produção e consumo de energia eléctrica no SEN. Esta equipa foi constituída pelo Prof. Paulo Ferrão, Doutor Carlos Silva e Eng. André Pina e Eng. Gonçalo Pereira.

A equipa da EDP forneceu dados relativos aos fluxos mássicos e energéticos envolvidos na construção do AHBS, bem como dados de exploração do aproveitamento, incluindo estimativas para a produção e consumo de energia eléctrica. Entre os colaboradores da EDP que colaboraram no estudo contam-se o Doutor Pedro Paes, o Eng. Décio Silva, o Eng. João Oliveira, Eng. Liliana Benites, entre outros.

3.6.3 Partes Interessadas

As partes interessadas são os indivíduos ou grupos preocupados com ou afectados com o desempenho ambiental do sistema em análise, ou pelos resultados da avaliação de ciclo de vida. Na tabela 3.3 identificam-se as partes interessadas, classificando os em termos técnicos e de relação com o promotor do estudo.

Tabela 3.3 – Públicos-alvo e partes interessadas

Entidade	Tipo de relação com o promotor	Tipo de audiência
Fornecedores de equipamentos e serviços da EDP	Entidade externa restrita	Técnica
Entidades do Estado ligadas ao sector da energia e planeamento energético (e.g. DGEG, LNEG)	Público	Técnica
Universidades e entidades do sistema científico nacional		
Empresas concorrentes da EDP		
Residentes na área de influência do aproveitamento	Público	Não técnica
Organizações Não-Governamentais de Ambiente (ONGA)		
Público em geral		

4 ÂMBITO DO ESTUDO

4.1 Sistema em Análise

O sistema em foco neste estudo é o **Aproveitamento Hidroeléctrico do Baixo Sabor (AHBS)**, sendo o promotor da construção a EDP - Gestão da Produção de Energia, S.A., abreviadamente designada por EDP Produção, empresa do grupo EDP – Energias de Portugal S.A.

O aproveitamento hidroeléctrico do Baixo Sabor situa-se no norte de Portugal, na Região de Trás-os-Montes e Alto Douro, mais concretamente na bacia hidrográfica do rio Sabor. É constituído por um escalão de montante (principal) e um de jusante (secundário) (ver tabela 4.1).

Adicionalmente aos dois escalões³, pode-se considerar que fazem ainda parte do aproveitamento hidroeléctrico do Baixo Sabor uma série de projectos complementares e de medidas compensatórias (EDP Produção, 2009), que não contribuindo para os objectivos do aproveitamento, nomeadamente a produção de energia eléctrica, visam assegurar a mitigação dos impactes socioeconómicos e ambientais originados pela construção e exploração do aproveitamento.

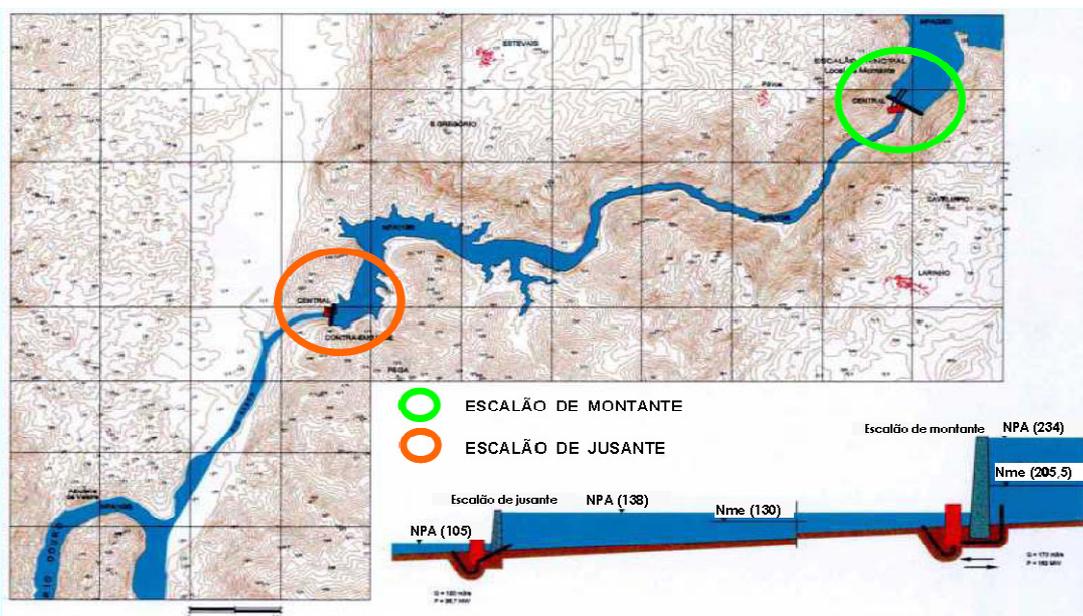


Figura 4.1 – Localização dos escalões de montante e de jusante do AHBS

O **escalão de montante** situa-se a 12,6 km da confluência do rio Sabor com o rio Douro (ver figura 4.1) e é constituído por uma barragem abóbada cuja albufeira tem uma capacidade de armazenamento de cerca de 1.095 hm³ para o nível de pleno armazenamento (NPA) à cota (234), correspondendo a uma área inundada de cerca de 2.820 ha. A central hidroeléctrica do escalão de montante apresenta 2 grupos Francis Reversíveis, cada um com 81 MW de potência de turbinamento e 70,5 MW de potência de bombagem, com uma queda nominal de 94,0 m (EDP Produção, 2008; EDP Produção, 2009).

O **escalão de jusante** situa-se a 3 km da confluência do rio Sabor com o rio Douro e é constituído por uma barragem do tipo gravidade. A central hidroeléctrica do escalão de jusante apresenta 2 grupos Francis Reversíveis, cada um com 19 MW de potência de turbinagem e 18 MW de potência de bombagem, com uma queda nominal de 30,0 m (EDP Produção, 2008; EDP Produção, 2009).

O aproveitamento hidroeléctrico do Baixo Sabor pretende aproveitar o potencial hídrico da bacia hidrográfica do rio Sabor, contemplando uma área total de 3.500 km² para a conversão em energia eléctrica (EDP Produção, 2008). No entanto, o aproveitamento apresenta ainda outras funções, como referido nos próximos parágrafos.

³ Que incluem as barragens propriamente ditas, os órgãos de descarga, os órgãos de exploração, a central e os edifícios de apoio e da subestação, os acessos e as albufeiras.

Tabela 4.1 – Características técnicas do AHBS

Característica	Unidade	Escalão de Montante	Escalão de Jusante
Tipo de barragem		Abobada	Gravidade
Nº de Grupos	n.º	2	2
Tipo de grupos	-	Francis	Francis
Queda nominal	m	94	30
Caudal (turbinamento)	m ³ /s	2 x 85	2 x 60
Potência (turbinamento)	MW	2 x 81	2 x 19
Caudal (bombagem)	m ³ /s	2 x 70	2 x 55
Potência (bombagem)	MW	2 x 70,5	2 x 18
Área de regolfo das albufeiras (NPA)	ha	2820	200
Armazenamento útil	hm ³	630	

Fonte: (EDP Produção, 2008; EDP Produção, 2009).

4.2 Função do Sistema em Análise

O aproveitamento hidroeléctrico do Baixo Sabor tem múltiplas funções, sendo que as principais estão ligadas à produção da energia eléctrica (EDP Produção, 2009).

Nos próximos parágrafos referem-se as funções projectadas para o aproveitamento, efectuando-se uma análise a essas funções tendo em conta os objectivos definidos para a ACV. Neste contexto, as funções associadas ao AHBS são as seguintes:

1) Aumentar a oferta de energia eléctrica através do aproveitamento directo do potencial hídrico do rio Sabor.

Portugal aproveita actualmente 45% do seu potencial hídrico, quando a média europeia é de 70%. Desta forma, o aproveitamento irá contribuir para aumentar a utilização dos recursos energéticos hídricos endógenos e ajudar a satisfazer as necessidades crescentes de consumo, com especial ênfase nos períodos de ponta. Pretende-se que substitua parte da energia eléctrica produzida por centrais térmicas de combustíveis fósseis (carvão e gás natural) e diminua a intensidade das respectivas emissões de CO₂ do sistema eléctrico nacional.

2) Aumentar a oferta de energia das barragens situadas a jusante no rio Douro, através da maximização do caudal turbinado por estas barragens. A instalação deste aproveitamento permite armazenar água para a produção de energia eléctrica que seria desperdiçada de outra forma, nomeadamente nos períodos de grande pluviosidade, em que as capacidades de armazenamento das barragens a jusante estejam saturadas e, conseqüentemente, sejam obrigadas a libertar água pelo descarregador de cheias sem aproveitamento energético. Desta forma, além da energia produzida pelo próprio aproveitamento, este visa igualmente aumentar a energia total produzida a jusante e otimizar energeticamente e economicamente a sua gestão.

3) Potenciar o aproveitamento da energia proveniente de outras fontes renováveis, nomeadamente das centrais eólicas, através da bombagem de água para as albufeiras, como reserva estratégica energética. O carácter intermitente e aleatório da produção da energia eólica estabelece um perfil de oferta diário que não é necessariamente coincidente com as necessidades da procura. Actualmente, verifica-se a existência de períodos, com especial incidência no vazio, em que a sua produção⁴ excede as necessidades do consumo, podendo levar nalguns casos ao desperdício de energia. Por outro lado, a imprevisibilidade da sua geração induz sérios problemas no despacho, exigindo reservas de regulação capazes e aptas para suprir as diferenças verificadas entre a produção inicialmente prevista e a verificada em tempo real.

Desta forma, a produção de energia eléctrica de base eólica obriga a uma gestão particularmente cuidadosa no balanço de cargas por parte do Gestor do Sistema (GS), de modo a garantir simultaneamente a fiabilidade da oferta e a segurança de toda a estrutura da rede eléctrica. Nesse sentido, vale a pena mencionar que alguns estudos indicam que é absolutamente fundamental aumentar as reservas de regulação, especialmente para poder integrar a meta de 5100 MW de potência instalada de eólica para 2013, sem comprometer a segurança do SEN (Estanqueiro, et al., 2008; Faias, Matos, Sousa, & Castro, 2008; Faias, Sousa, & Castro, 2007).

⁴ Incluída na PRE.

Tendo isto em conta, o aproveitamento do Baixo Sabor visa apresentar-se como reserva de regulação valiosa⁵ para acomodar em segurança a larga implementação de energia eólica na rede e ajustar a sua produção ao perfil do consumo, através da lógica de armazenamento e transferência da energia produzida durante os períodos de vazio para as horas de ponta.

4) Regularizar os caudais do rio Sabor e no rio Douro. Os caudais do rio Sabor e do rio Douro são altamente variáveis, sendo que existem normalmente vários dias do ano em que o caudal do rio Sabor reduz-se a zero, principalmente em épocas de estio, e alturas em que o caudal é bastante elevado, quando ocorrem fenómenos de precipitação intensos (Nunes, 2008), com consequências relevantes para a subida do nível das águas do Douro, a jusante, dado que não existe capacidade de armazenamento no rio Sabor.

No que concerne ao rio Douro, trata-se de um rio com uma bacia hidrográfica de grandes dimensões e que apresenta várias barragens, sendo que, no entanto, a capacidade de regularização de caudais se situa fundamentalmente em Espanha.

Desta forma, o aproveitamento hidroeléctrico do Baixo Sabor apresenta uma capacidade de armazenamento importante, sobretudo no contexto nacional da Bacia do Douro, contribuindo para a regularização de caudais.

5) Ser uma fonte de abastecimento de água para as populações. A área onde se insere o aproveitamento hidroeléctrico do Baixo Sabor é uma área sujeita a secas devido ao regime de pluviosidade. Desta forma, o aproveitamento hidroeléctrico do Baixo Sabor pode constituir uma reserva importante de água para as populações.

6) Ser uma fonte de abastecimento de água para os meios de combate a incêndios. Tendo em conta a extensão das albufeiras do escalão de montante e jusante, os planos de água criados pelo aproveitamento hidroeléctrico do Baixo Sabor permitirão aumentar as disponibilidades de água para o combate a incêndios a nível regional.

⁵ Reserva para descer, pela sua capacidade de armazenamento através da bombagem, e reserva para subir, devido às suas excelentes performances de resposta rápida para subir a potência activa.

Tendo em conta os objectivos definidos para o estudo, **não serão contempladas na ACV as funções 4, 5 e 6**, ou seja, as funções que não dizem respeito directamente à produção de energia eléctrica. O motivo de exclusão prende-se com o facto destas últimas funções serem funções acessórias do aproveitamento e não funções principais, que decorrem da necessidade de criar albufeiras de dimensão importante com vista à produção de energia eléctrica para consumo (funções 1 a 3).

Como esses usos são marginais e em alguns processos não é possível desagregar os processos unitários entre as várias funções do aproveitamento (e.g. desmatção e desarborização⁶), **considerou-se neste contexto que todos os impactes ambientais do aproveitamento hidroeléctrico do Baixo Sabor estão associados à produção de energia eléctrica. Este pressuposto é, portanto, conservativo em relação aos objectivos do estudo.**

Existem contudo outras funções que ultrapassam o mero fornecimento de energia eléctrica para consumo, que se prendem essencialmente com a fiabilidade e segurança do sistema electroprodutor, nomeadamente:

- **Reserva para a regulação da frequência, tensão e potência.**
- **Melhoria da capacidade de resiliência da rede a eventos acidentais como cavas de tensão.**
- **Fornecimento de energia reactiva.**

Do referido anteriormente, decorre a necessidade de se recorrer a modelos económico-energéticos do SEN no âmbito deste estudo, uma vez que um dos objectivos estabelecidos para a ACV é a comparação do desempenho ambiental do aproveitamento hidroeléctrico do Baixo Sabor com outras soluções alternativas. Adicionalmente, existem outras razões suficientemente significativas (abaixo descritas), que reforçam e tornam praticamente incontornável o recurso à modelação. Para esse efeito, são utilizados modelos desenvolvidos pelo IST para este fim específico, que são os modelos “BAU”, “BAU low carbon” e “SIH” (ver, por exemplo, documento em anexo).

As principais razões que justificam a necessidade de modelação do SEN prendem-se essencialmente com os seguintes aspectos:

⁶ A desmatção da área de regolfo da albufeira tem como objectivo principal minimizar os problemas relacionados com emissões atmosféricas, mas é igualmente importante no que concerne à captação de água para consumo humano e agrícola e à navegabilidade do rio.

Estimar o total de energia eléctrica produzida anualmente e a quantidade da energia substituída das várias fontes (*avoided products*).

Considerando que a produção de energia eléctrica no SEN tem lugar em regime liberalizado, onde as trocas comerciais entre produtores e consumidores ocorrem em mercado aberto, segundo uma lógica de optimização económica dos agentes intervenientes, o total de energia fornecida não resulta somente da disponibilidade do aproveitamento hídrico em fornecê-la, mas da competitividade nas dinâmicas horárias do mercado, com particular ênfase nos preços marginais das restantes instalações produtoras e/ou ordem de despacho no total de energia disponibilizada pelas fontes de PRE. Pela mesma lógica, o total de energia de cada fonte que poderá ser substituída depende directamente destas dinâmicas.

Deste modo, o montante da produção de energia eléctrica do Baixo Sabor e consequente substituição de energia de outras instalações, irá depender da sua capacidade competitiva para se impor às circunstâncias do mercado que variam de acordo com a quantidade e estrutura do aparelho electroprodutor remanescente, e que portanto, só poderá ser contabilizado com rigor através da modelação do SEN e respectivas dinâmicas técnico-económicas.

Identificar a origem da energia que é armazenada por bombagem ao longo do ano.

Uma das grandes questões associadas ao aproveitamento hidroeléctrico do Baixo Sabor prende-se com a capacidade de armazenamento do aproveitamento que permite acumular energia produzida de fontes renováveis em períodos cuja produção exceda as necessidades do consumo. Contudo, a origem do kWh que é armazenado em cada instante é variável e raramente apenas de fontes renováveis. Pelo menos parte da energia é proveniente das centrais térmicas, cujo custo de funcionamento por unidade energética produzida é baixo e cujas dinâmicas de funcionamento são bastante lentas e obrigam a que não exista grande flutuação da sua carga na oferta final.

Tendo isto em conta, o *mix* produtor que suporta a energia que é armazenada é variável, e portanto, tem consequências ambientais igualmente variáveis.

Dada a incerteza acerca deste aspecto importa estimar com detalhe a origem da energia armazenada através da bombagem, de modo a determinar com maior precisão a mais-valia em termos ambientais da existência de capacidade de armazenamento do Baixo Sabor.

Identificar as alternativas possíveis para o aproveitamento do Baixo Sabor que sejam verdadeiros substitutos segundo o critério de segurança e fiabilidade do abastecimento de energia eléctrica aos consumidores.

As várias tecnologias de produção de energia eléctrica não têm características de desempenho equivalentes no fornecimento de energia eléctrica, entre os quais se inclui a flexibilidade para se adaptar às necessidades dinâmicas e imediatas da procura e a disponibilidade de serviços auxiliares ao Gestor do Sistema (GS).

Assim, para determinar com maior exactidão as alternativas que garantam simultaneamente a satisfação do consumo e níveis idênticos de segurança para a operação e regulação da rede eléctrica, é necessário recorrer a modelos que permitam identificar a tecnologia ou conjunto de tecnologias aptos, bem como quantificar a sua capacidade instalada necessária.

Quantificar o total de capacidade instalada e a energia eólica produzida (e de outras tecnologias renováveis de carácter intermitente) que a implementação do aproveitamento do Baixo Sabor potencia.

Somente através da modelação do sistema electroprodutor é possível determinar com maior precisão a influência que o aproveitamento do Baixo Sabor exerce enquanto entidade reguladora da oscilação da produção da energia eólica, com especial ênfase no armazenamento da energia produzida nos períodos de vazio. Isto é, o SEN dispõe de inúmeros recursos com capacidade de *reserva para descer*⁷ (que permitem o aproveitamento da energia eólica) e será através da conjugação destes e das suas disponibilidades horárias que se determina a influência de cada um deles no efeito potenciador de aproveitamento da energia eólica.

Identificar o desempenho do aproveitamento no contexto da sua futura operação.

Tendo em conta o longo tempo de vida útil previsto para o aproveitamento hidroeléctrico do Baixo Sabor, todas as questões mencionadas nos pontos acima terão de ser deslocadas no tempo, assumindo como ano de referência um ano futuro onde o aproveitamento esteja já em pleno funcionamento. Assim, a estrutura, composição e dinâmicas anuais de produção-consumo do aparelho electroprodutor no qual o aproveitamento estará inserido só poderão ser obtidas através da modelação desse cenário futuro.

⁷ Unidades produtoras flexíveis com a capacidade técnica de amortecer períodos de excesso de produção eólica, através do armazenamento do excedente (bombagem no caso de instalações hidroeléctricas) ou através da redução do seu output para a rede eléctrica.

Esta modelação deve considerar diversas variáveis técnicas e económicas que influenciam, por um lado, o consumo final dos diversos sectores, e por outro, a decisão do investimento privado na construção/remodelação/desactivação das instalações produtoras bem como a optimização da sua exploração.

4.3 Unidade Funcional

Em ACV, a comparação entre dois produtos/sistemas só pode ser realizada tendo em consideração a mesma unidade, que se denomina de unidade funcional. O maior propósito da unidade funcional é servir de referência para o cálculo dos impactes ambientais, e concomitantemente, para a comparação dos vários sistemas em análise, permitindo referenciar os *inputs* e os *outputs* de um determinado processo (Sven Lundie, 2005).

Desta forma, tendo em conta os objectivos do estudo, a **unidade funcional** seleccionada é: **1 GWh de energia eléctrica injectada na Rede Eléctrica Nacional (REN) em alta tensão**, ou seja, este será o produto considerado como output do sistema.

4.4 Fluxos de Referência

O fluxo de referência é a medida das saídas de processos de um dado sistema de produto necessária para cumprir a função expressa pela unidade de referência, sendo portanto a realização da unidade funcional.

No presente estudo o fluxo de referência é:

- **1 GWh de energia eléctrica proveniente do AHBS e injectada na Rede Eléctrica Nacional (REN) em alta tensão**

Para os sistemas alternativos utilizados em comparação:

- **1 GWh de energia eléctrica injectada na Rede Eléctrica Nacional (REN) em alta tensão**

De referir que, portanto, apenas se teve em conta a produção de electricidade do AHBS, não considerando o eventual acréscimo na produção de electricidade de outros aproveitamentos situados a jusante do AHBS (no Douro), pela maximização do seu caudal turbinado devido à gestão/regularização de caudais (ver capítulo 4.2, função 2).

4.5 Tipo de Metodologia ICV

4.5.1 Modelo de Ciclo de Vida

O modelo de ciclo de vida para o cálculo dos impactes ambientais directos e indirectos associados ao AHBS é do tipo “**attributional model**” ou seja, o modelo de ciclo de vida é desenvolvido de acordo com os processos unitários existentes ou que se perspectivam para o futuro. No entanto, especificamente para o cálculo dos impactes evitados pela geração de energia do AHBS recorreu-se a uma abordagem com elementos consequenciais, embora de forma conservativa.

Para este efeito, foram desenvolvidos modelos do Sistema Eléctrico Nacional com resolução horária, baseados em variáveis estocásticas, que simulam a contribuição de cada tipo de fonte de energia eléctrica para o *mix* energético de Portugal.

O cálculo do consumo de energia eléctrica em bombagem do AHBS e dos benefícios evitados pela venda de energia eléctrica produzida pelo aproveitamento foi realizado contrapondo a estimativa de operação do SEN com ou sem AHBS, considerando cenários de evolução do SEN que traduzem diferentes opções políticas ao nível dos investimentos a realizar nas diferentes tecnologias e na prioridade do seu despacho (para maior detalhe, ver anexo “Projecto LCA EDP - Relatório final sobre a modelação das emissões evitadas pela produção e armazenamento de energia eléctrica através do aproveitamento hídrico do Baixo Sabor”). Os cenários de evolução base são os seguintes:

- Cenário BAU - correspondente à evolução expectável do SEN, conforme prevista em 2010.
- Cenário SIH – correspondente ao cenário base perspectivado mas sem os aproveitamentos hídricos previstos no Plano Nacional de Barragens com Elevado Potencial Hidroeléctrico – PNBEPH e que reflecte a evolução expectável para o SEN na altura em que foi tomada a decisão de construir o AHBS.
- Cenário BAU low carbon, correspondente à evolução expectável do SEN prevista em 2010, mas com um despacho prioritário da produção em regime especial (PRE) e de fontes com teor menos intenso em carbono.

Como referido anteriormente, de realçar que o aumento de capacidade instalada e de produção de electricidade resultante do AHBS é relativamente marginal no quadro do SEN. Comparando com a potência instalada do SEN em 2010, de 18.935 MW (Ferrão, et al., 2011), o aumento de potência resultante da construção do AHBS (200 MW), representa apenas um acréscimo de 1,06%, sendo que se espera igualmente que a potência instalada no SEN aumente ao longo do tempo, atingindo o valor de 47.350 MW, em 2030. No que concerne à produção de electricidade, segundo os modelos energéticos desenvolvidos, o AHBS irá produzir entre de 30.497 GWh e 36.468 GWh de electricidade ao longo de 75 anos (incluindo turbinamento de água proveniente de jusante), o que se estima que represente entre 0,55% e 0,67% da produção total do SEN.

Deste modo, para a avaliação do impacte ambiental do AHBS e dos seus benefícios, optou-se por avaliar o desempenho do Sistema Eléctrico Nacional com ou sem o AHBS, ao invés de modelar de forma diferenciada como o SEN irá evoluir com ou sem este empreendimento, segundo uma abordagem “totalmente consequencial”, dado que a construção ou não do AHBS não implica alterações de grande escala e estruturais no mercado eléctrico nacional.

De facto, o AHBS não é factor condicionante prioritário do desenvolvimento futuro do SEN, apesar do aumento da capacidade de bombagem e armazenamento de energia devido ao AHBS potenciar o aproveitamento da energia proveniente de outras fontes renováveis, como a energia eólica e, como tal, influenciar em certa medida e de forma indirecta a viabilização económica de novos investimentos para o aproveitamento destas fontes de energia.

4.5.2 Subdivisão de Processos e Multifuncionalidade

Caso ocorram casos de multifuncionalidade no sistema em análise (processos em que exista mais do que uma função, como por exemplo no caso de uma co-geração onde é produzida electricidade e calor), aplicaram-se os procedimentos abaixo descritos pela ordem descrita em baixo. Quando aplicável, esses procedimentos estão descritos no anexo ao presente relatório e, igualmente, no capítulo referente ao inventário do ciclo de vida (ICV).

1. Evitar antes de mais processos “Black box”.
2. Subdivisão dos processos multifuncionais em vários processos unitários para que a um processo unitário corresponda apenas uma função.

3. Expansão do sistema (incluindo substituição), incluindo as funções adicionais, tendo em conta os objectivos e âmbito da ACV e os critérios delineados para a definição das fronteiras.
4. Alocação com base em regras de causalidade

Nos parágrafos seguintes apresentam-se as regras a aplicar em cada uma das situações referidas.

Subdivisão dos processos multifuncionais. O método de subdivisão do processo com múltiplas funções em vários processos unitários é o desejável, embora em muitos casos não seja possível desagregar processos unitários por existirem apenas dados agregados relativos às entradas e saídas para o sistema em que resultam vários co-produtos.

Expansão do sistema (incluindo substituição).

Casos de relações sistema-sistema: Caso a função secundária do sistema analisado apenas seja utilizada nesse sistema, ou seja, no caso em que apenas afecte os processos existentes nesse sistema, a expansão do sistema deverá ser realizada através de substituição por tecnologia marginal de curto prazo.

Casos genéricos de multifuncionalidade:

1. Substituição do *mix* de mercado de alternativas específicas - Caso existam processos/alternativas funcionalmente equivalentes à co-função do sistema em análise e o seu nível de produção seja suficientemente elevado, a substituição da co-função deverá ser realizada pela do *mix* médio de mercado dos processos/sistemas substitutos, excluindo do *mix* a co-função substituída. Caso esta última represente apenas uma pequena fracção em termos do impacte ambiental do *mix* de mercado, não é necessário realizar a correcção ao *mix* (excluir a co-função), dado que os resultados ambientais não são significativamente alterados.
2. Substituição do *mix* de mercado de alternativas genéricas – Caso não existam processos/alternativas funcionalmente equivalentes à co-função do sistema em análise ou o seu nível de produção não é suficientemente elevado, a substituição da co-função deverá ser realizada por alternativas genéricas, utilizando os mesmos procedimentos referidos no ponto anterior.

3. Caso nenhum dos dois pontos anteriores se aplique, tal pode significar que o sistema em análise acarreta consequências de grande escala em outros sistemas, pelo que neste caso o contexto de decisão que define o estudo terá que ser alterado para “classificação “B – Macro-level decision support”, com as consequentes alterações metodológicas que tal implica.

Multifuncionalidade em resíduos e tratamento de produtos em fim de vida:

1. Reciclagem *closed-loop* - Não existe necessidade de expansão das fronteiras de sistema, uma vez não ocorre saída do sistema de produto.
2. Reciclagem *open loop* – sem alterações nas propriedades inerentes do material reciclado (*same primary route*)” – a expansão do sistema deve ser realizada de acordo com as regras definidas para os casos genéricos de multifuncionalidade. A produção primária evitada da componente reutilizada, do material reciclado ou da energia recuperada deve ser substituída, utilizando a abordagem substituição de reciclabilidade, com a simplificação de substituir o *mix* médio de consumo do mercado onde o produto secundário é produzido.
3. Reciclagem *open loop* – sem alterações nas propriedades inerentes do material reciclado (*diferent primary route*) – o *mix* do consumo de mercado dos produtos alternativos no âmbito alargado deve ser utilizado para a substituição.
4. No caso de reciclagem *open loop, different primary route* e para o caso de produtos secundários com alterações importantes das suas propriedades (*downcycling*), é adicionalmente necessário verificar que existem alternativas funcionalmente equivalentes para a componente reutilizada, do material reciclado ou da energia recuperada, caso contrário o contexto de decisão que define o estudo terá que ser alterado para “classificação “B – Macro-level decision support”, com as consequentes alterações metodológicas que tal implica.

As regras de expansão do sistema aplicam-se tanto aos casos da expansão das fronteiras do sistema e substituição da co-função não requerida pelo processo/sistema alternativo de fornecimento desta, como igualmente aos casos onde se pretende realizar um estudo comparativo de vários sistemas multifuncionais, pelo que é necessário expandir as fronteiras dos sistemas de modo a incluir funções não consideradas (e.g. telemóveis com diferentes funcionalidades).

Neste último caso, o modelo principal de cada alternativa comparada deve ser complementado com cenários que reflectam os piores e melhores casos razoáveis, sendo que se deve proceder igualmente a uma análise de incerteza, a não ser que tenha sido já utilizada para definir os piores e melhores casos. Estes cenários devem ser definidos com base nos consensos possíveis com as partes interessadas.

Alocação. Caso a modelação da substituição não seja praticável, dado existirem inúmeros processos alternativos ou estes apresentarem igualmente co-funções, e os dados genéricos não sejam suficientemente precisos para representar convenientemente os processos/sistemas substituídos, poder-se-á aplicar um processo de alocação em dois passos.

1. Determinação de regras de causalidade físicas, ou seja as entradas e saídas do sistema devem ser repartidas pelas diferentes co-funções tendo em consideração as relações físicas entre elas, nomeadamente a massa e a energia.
2. Caso não seja possível, identificar outros critérios de alocação. Neste aspecto, por exemplo, a utilização do critério de *Quality Function Deployment* (QFD) é um processo preferível à alocação pelos preços de mercado.

Devido à incerteza que o processo de alocação acarreta, deverão ser formalizados no relatório os seguintes aspectos, quando for utilizado o processo para qualquer processo ou sistema:

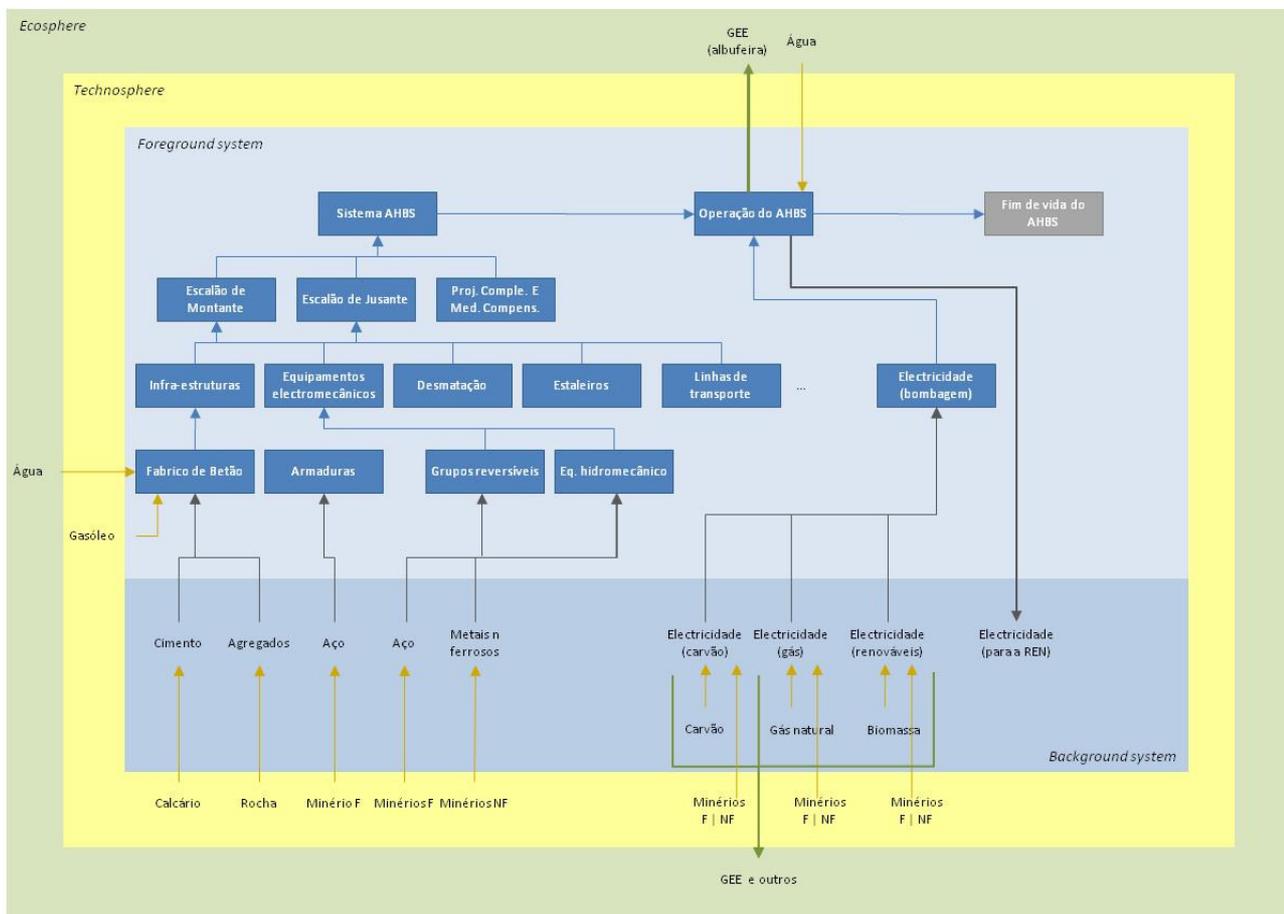
- Fundamentar que o processo de alocação não acarreta um favorecimento relevante ao processo/sistema analisado (caso contrário não se poderá utilizar o processo de alocação).
- O aumento da incerteza deverá ficar explícito no relatório e deve ser considerado na interpretação de resultados.

As diferenças em termos de funcionalidade entre as funções substituídas e as substitutas devem ser preferencialmente consideradas pela correcção das quantidades substitutas ou pela alteração do valor de mercado corrigido da função.

4.6 Fronteiras do Sistema

Na figura seguinte (figura 4.2) apresenta-se um diagrama muito simplificado com as fronteiras do sistema do AHBS, onde se identificam as fases do ciclo de vida do AHBS que foram consideradas na análise, bem como os fluxos de materiais e energia relevantes.

Figura 4.2 – Diagrama do CV do AHBS identificando os fluxos materiais e de energia relevantes



De referir que no estudo de ACV realizado, aos processos relacionados com a produção e distribuição de energia eléctrica, são considerados adicionalmente os impactes relacionados com o desenvolvimento de projectos complementares que se realizam devido à existência do aproveitamento (e.g. vias de acesso externas) e as medidas compensatórias definidas para preservação da biodiversidade.

Uma descrição mais detalhada dos processos unitários incluídos na análise, para cada fase do ciclo de vida, assim como dos fluxos considerados apresenta-se na tabela 4.2 e no documento anexo ao presente relatório.

Segundo uma perspectiva de gestão, os processos de *foreground* são aqueles que estão sobre a influência directa do produtor do bem ou serviço ou consumidor do bem ou aquele em que este tem influência.

Os processos de *background* compreendem os processos que são operados como parte do sistema mas que não estão sob o controlo directo ou influência do produtor do bem ou serviço ou do seu utilizador. No caso da modelação do tipo *attribitional* tipicamente dizem respeito aos fornecedores de 2ª linha e inferiores (JRC/IES, 2010).

Tabela 4.2 – Diagrama esquemático das fronteiras do sistema consideradas na ACV ao AHBS

Ecoesfera (Principais fluxos considerados)	Entradas	<ul style="list-style-type: none"> Água Agregados Calcário Ferro 			<ul style="list-style-type: none"> Água Área de solo (inundada) Recursos energéticos renováveis (vento, etc.) Recursos energéticos não renováveis (e.g. carvão) 				
	Saídas		<ul style="list-style-type: none"> Emissão de GEE directas pelo consumo de gasóleo e indirectas pelo consumo de electricidade 		<ul style="list-style-type: none"> Emissões de GEE da albufeira Emissões indirectas resultantes da produção de electricidade utilizada na bombagem e serviços auxiliares 				
Foreground and Background systems	Fase de Construção			Fase de Operação			Fim de fim de vida		
		Produção e transporte de materiais/componentes	Construção do AHBS	Start-up	Operação normal	Manutenções periódicas	Desmantelamento do aproveitamento	Transporte dos materiais/componentes em fim de vida	Destino final dos materiais/componentes em fim de vida
	Principais Processos incluídos	<ul style="list-style-type: none"> Betão Cimento Cinzas volantes Aço Aglomerados 	<ul style="list-style-type: none"> Infra-estruturas (EM) Infra-estruturas (EJ) Equipamentos electromecânicos (EM) Equipamentos electromecânicos (EJ) Linhas de transporte de energia e dados (EM) Projectos complementares Medidas compensatórias Consumos e emissões associados aos estaleiros Desmatção da área da albufeira (EM) Desmatção da área da albufeira (EJ) 		<ul style="list-style-type: none"> Consumo de electricidade em bombagem Albufeiras (emissões e recursos) Consumos nos serviços auxiliares Consumo de lubrificantes, gasóleo e baterias para equipamentos do AHBS 	<ul style="list-style-type: none"> Substituição de equipamentos electromecânicos (EM) Substituição de equipamentos electromecânicos (EJ) 			
	Principais Processos excluídos		<ul style="list-style-type: none"> Linha de transporte de energia e dados (EJ) 			<ul style="list-style-type: none"> Outros consumos e emissões (e.g. gasóleo em visitas de rotina ao AHBS) Emissões difusas associadas a transformadores e equipamentos afins (e.g. SF6) 	<ul style="list-style-type: none"> Manutenção das infra-estruturas (EM) Manutenção das infra-estruturas (EJ) Manutenção das infra-estruturas (projectos complementares e medidas compensatórias) 	<ul style="list-style-type: none"> Desmantelamento (EM) Desmantelamento (EJ) 	Transporte dos materiais/componentes para fim de vida
Tecnosfera (Principais fluxos considerados)	Entradas	<ul style="list-style-type: none"> Cimento Cinzas volantes Aço Combustíveis fósseis 	<ul style="list-style-type: none"> Electricidade Gasóleo 		<ul style="list-style-type: none"> Electricidade - <i>Mix</i> específica de bombagem (AHBS) Electricidade - <i>Mix</i> do SEN para consumo dos serviços auxiliares 				
	Saídas				<ul style="list-style-type: none"> Produção de electricidade para a REN 				

A avaliação constante do presente relatório foi efectuada com base em dados fornecidos pela EDP no que respeita nomeadamente aos valores de projecto para as várias componentes do sistema AHBS e ainda com base em valores bibliográficos que foi possível compilar e adaptar à realidade do AHBS. Uma descrição pormenorizada dos principais dados e pressupostos considerados é efectuada em documento anexo ao presente relatório.

Devido a não existir informação suficiente para a realização da modelação, ficaram excluídos da análise os seguintes itens:

- Fase de construção
 - Infra-estrutura de transporte de energia do Escalão de Jusante.
- Fase de operação
 - Necessidades de manutenção das infra-estruturas.
 - Outros consumos e emissões, tais como emissões de GEE pelo uso de equipamento eléctrico (e.g. SF₆), à excepção dos consumos de electricidade para serviços auxiliares e de lubrificantes, gasóleo e baterias directamente utilizadas nos escalões do AHBS.
- Fase de fim de vida
 - Fim de vida das várias infra-estruturas e equipamentos do AHBS, bem como dos resíduos gerados nas fases de construção e operação, com excepção da madeira retirada da operação de desmatagem do AHBS, cofragens e do aproveitamento de agregados produzidos localmente (escavações) para fabrico de betão.

4.7 Critérios de exclusão para Inclusão de Inputs e Outputs

Os critérios de inclusão para definir as quantidades de fluxos de materiais ou energia a incluir no âmbito das fronteiras do sistema são os considerados ao nível da ISO 14040, que são os seguintes:

- Significância ambiental, ou seja, definir a inclusão das entradas que contribuem mais de uma quantidade adicional definida em relação à quantidade estimada para o impacto ambiental dos processos escolhidos inicialmente.

- Massa, ou seja, definir a inclusão das entradas que cumulativamente contribuem mais de uma percentagem definida da massa total de entradas do sistema de produto analisado.
- Energia, ou seja, definir a inclusão das entradas que cumulativamente contribuem mais de uma percentagem definida da energia total de entradas do sistema de produto analisado.

Os valores de *cut-off* que são considerados inicialmente são 1% de relevância ambiental, 1% da massa, 1% de energia e, por esta ordem, embora devido ao âmbito e objectivos do estudo, alguns processos unitários que estão abaixo dos valores de *cut-off* são considerados (e.g. medidas compensatórias do projecto, processos ligados aos equipamentos hidráulicos, eléctricos e de controlo).

Por outro lado, em cada caso o valor final deve ser estabelecido dependendo da precisão, exactidão e integridade que é necessária para mostrar diferenças significativas entre os sistemas comparados.

4.8 Critérios para a ICV

4.8.1 Representatividade Tecnológica

A informação específica sobre as tecnologias utilizadas na construção e operação do AHBS são as seguintes:

Fase de Construção.

- Processos de *foreground*: Tecnologias usadas no AHBS quando identificadas, tecnologia média europeia para outros.
- Processos de *background*: tecnologia média europeia.

Fase de operação.

- Processos de *foreground*: Tecnologias usadas no AHBS quando identificadas, tecnologia média europeia para outros.
- Processos de *background*: *mix* médio europeu, excepto no caso da electricidade consumida no AHBS, que reflecte as tecnologias da sua origem.

4.8.2 Representatividade Geográfica

As fronteiras geográficas dos dados adoptados a nível dos vários processos são referidas de seguida e reflectem as localizações específicas onde os processos ocorrem, a nível dos processos *foreground*.

Fase de Construção

Processos de *foreground*:

- Escalões de Montante e de Jusante:
 - Infra-estruturas, Desmatção e Estaleiros: AHBS (Portugal)
 - Equipamentos: Locais de origem dos vários tipos de equipamentos - Portugal, Espanha, Áustria, Alemanha, etc.
- Transporte de Energia e Dados: AHBS (Portugal)
- Projectos Complementares e Medidas Compensatórias: AHBS (Portugal)

Processos de *background*:

- Valores médios europeus.

Fase de Operação

Processos de *foreground*:

- Todos os processos, excepto emissões de GEE das albufeiras: AHBS (Portugal)
- Albufeiras (Emissões de GEE): Europa - valores bibliográficos médios de regiões temperadas

Processos de *background*:

- Produção de Electricidade (bombagem e outros): Portugal e importação (Espanha)
- Outros: valores médios europeus.

4.8.3 Representatividade Temporal

Em termos dos períodos de referência utilizados, estes são os seguintes para as diferentes fases do AHBS:

- Fase de construção - 2008 a 2014
- Fase de operação - 2015 a 2089

No caso da fase de operação, esta reflecte o horizonte temporal considerado para o projecto, que é de:

- 75 anos para as infra-estruturas (barragens, galerias, etc.) dos escalões de montante e jusante (e.g. betão).
- Tempos de vida variáveis para os equipamentos electromecânicos das centrais hidroeléctricas (e.g. grupos reversíveis, etc.).

No caso das infra-estruturas, prevê-se que os escalões do aproveitamento hidroeléctrico do Baixo Sabor tenham um tempo de vida bastante elevado, sendo que o seu desmantelamento a existir (fim-de-vida) apenas é perspectivável num horizonte temporal muito longínquo em condições normais, tendo em conta os exemplos existentes actualmente para este tipo de projectos. Como se pode constatar no capítulo 2.3, vários estudos bibliográficos referem tempos de vida superiores à projectada para o AHBS (e.g. (Dones, et al., 2007) e (Varun, Bhat, & Prakash, 2009)), pelo que o cenário de referência estabelecido neste ponto pode-se argumentar que é conservador em termos de impacte ambiental.

Tendo em conta o referido, a representatividade temporal dos processos modelados é a seguinte:

Fase de Construção.

Processos de *foreground*:

- 2008-2014 (dados medidos no terreno e estimativas de projecto AHBS)

Processos de *background*:

- Variável, valores referentes à base de dados Ecoinvent 2.2.

Fase de Operação.

Processos de *foreground*:

- 2015 a 2089 (estimativas de operação AHBS, sobretudo consumo de electricidade em bombagem e produção de electricidade)

Processos de *background*:

- Produção de Electricidade por várias tecnologias fósseis e não fósseis para bombagem e serviços auxiliares:
 - Consumos e valores de emissão observados em Portugal no período 2007-2010, quando disponíveis
 - Para outros aspectos, valores médios estimados para Portugal e Europa presentes na base de dados Ecoinvent 2.2.
- Outros: variável, valores referentes à base de dados Ecoinvent 2.2.

No caso dos processos de *foreground* do AHBS, parte ou a totalidade do período de referência situa-se no futuro, o que implica que se assumam estimativas para a análise, como por exemplo, a estimativa do *mix* de produção de energia eléctrica consumida na operação de bombagem do aproveitamento.

Em termos de utilização de processo de *background*, utilizaram-se sobretudo processos já constantes em base de dados, sobretudo da base de dados Ecoinvent 2.2, que reflectissem igualmente períodos temporais mais semelhantes com os períodos de referência.

4.8.4 Integração da Electricidade Produzida Externamente ao Sistema

A electricidade consumida na construção do aproveitamento e proveniente da rede eléctrica nacional corresponde ao *mix* de produção de electricidade para o período de referência.

A nível da operação da central no seu período de vida, o consumo de electricidade da rede eléctrica é importante no contexto global do aproveitamento, devido aos grupos reversíveis existentes cujo objectivo é providenciar capacidade de bombagem de água de jusante para montante para disponibilização de caudal turbinável em períodos de ponta (armazenamento de energia).

Neste contexto, considerou-se a evolução expectável do *mix* de consumo do AHBS e para a sua produção de energia eléctrica e dos respectivos impactes ambientais, o que foi realizado através de modelação e cenarização do sistema electroprodutor nacional.

4.8.5 Tratamento dos Bens de Capital

A análise realizada integra os bens de capital (e.g. fábricas, veículos de transporte, etc.) sempre que disponível informação sobre estes bens.

4.8.6 Análise de Risco e Aspectos Sociais

Os impactes ambientais devido a acidentes ou outros eventos pontuais não estão incluídos na ACV.

Não são igualmente considerados os impactes sociais do aproveitamento

4.9 Critérios para a AICV

4.9.1 Categorias de Impacte, Métodos e Outros Aspectos

O âmbito da avaliação de impacte do ciclo de vida do AHBS inclui a generalidade das categorias de impacte ambiental que são consideradas nos métodos de avaliação mais recentes, sendo que é dado ênfase particular às categorias de impacte usualmente mais ligadas à produção e uso de energia, como por exemplo, as emissões de gases com efeito de estufa.

Dado os objectivos da análise, utilizaram-se métodos de avaliação de impactes recentes e/ou abrangentes por forma a avaliar o comportamento ambiental do aproveitamento hidroeléctrico do Baixo Sabor:

- **ReCiPe**
- **Cumulative energy demand**
- **Ecological footprint (Pegada de carbono)**

O mais amplamente utilizado foi o método ReCiPe, sendo que para a análise de questões específicas utilizaram-se igualmente os restantes métodos.

Para qualquer dos métodos referidos, os resultados da AICV são apresentados tendo em conta os seguintes aspectos:

- Inclusão de bens de capital
- Exclusão das emissões de longo prazo (superiores a 100 anos)

ReCiPe. O método foi desenvolvido pela RIVM, CML, PRé Consultants, Radboud Universiteit Nijmegen e CE Delft e é uma evolução dos métodos CML 2001 (midpoint) e Eco-indicator 99 (endpoint). A primeira versão do ReCiPe foi publicada em 2008, sendo que a última versão disponível (versão 1.05) foi publicada em 2010 (ver tabela 4.3).

O método contempla 2 tipos de indicadores distintos (Midpoint e Endpoint) e 3 perspectivas diferentes (Egalitarian - E, Individualist - I and the Hierarchist - H).

No presente estudo, excepto indicação em contrário, utilizou-se o seguinte sistema de indicadores:

- **ReCiPe v1.05, Midpoint, perspectiva Hierarchist (H), com factores de normalização para Europa (ano 2000) (quando aplicável)**

Cumulative energy demand. Este método foi publicado pelo Swiss Centre for LCI no âmbito da base de dados Ecoinvent v.2.0 e expandido pela PRe Netherlands para incluir outras matérias-primas existentes no Software Simapro 7.3. O método não contempla factores de normalização.

Este método é interessante para avaliar energeticamente o AHBS (contabilizando consumos directos e indirectos no seu ciclo de vida), identificando-se por exemplo o *Energy Payback Ratio*.

No presente estudo utilizou-se a seguinte versão:

- **Cumulative Energy Demand v1.08**

Ecological Footprint (Pegada ecológica). Este método avalia a área necessária para cumprir determinada função, sendo que neste caso, o aspecto mais relevante é o cálculo da pegada de carbono do AHBS.

O uso deste método, com todas as limitações científicas que apresenta, desde que ressalvadas, pode no entanto ser interessante para efeitos de comunicação.

No presente estudo utiliza-se a seguinte versão:

- **Ecological footprint v1.01**

4.9.2 Software Utilizado

Para o desenvolvimento da ACV, foi utilizado o Programa Simapro, da Pré Consultants, versão 7.3.

4.10 Comparação entre Sistemas de Produto

No presente relatório, avaliam-se comparativamente o desempenho ambiental do Aproveitamento Hidroeléctrico do Baixo Sabor com outras soluções alternativas de produção de energia eléctrica, no quadro do Sistema Eléctrico Nacional (SEN), nomeadamente a nível das emissões evitadas (*avoided emissions*) devido à produção de energia eléctrica pelo AHBS.

4.11 Modificações em Relação ao Âmbito Definido Inicialmente

Em relação ao âmbito definido inicialmente, as alterações efectuadas são as seguintes:

Unidade Funcional e Fluxo de Referência.

- Alterou-se a unidade funcional de 1 kWh de energia eléctrica injectada na rede eléctrica nacional para 1 GWh de energia eléctrica injectada na rede eléctrica nacional, ou seja, alterou-se apenas a ordem de grandeza da unidade funcional. A alteração foi efectuada por uma questão de simplificação dos cálculos na fase de ICV devido à magnitude da produção de electricidade do AHBS.

Documento de referência.

- Adoptou-se como referência para o desenvolvimento da ACV, para além das normas ISO 14040 e 14044, o documento “The International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook – First edition”, publicado em 2010 pelo Institute for Environment and Sustainability (IES) do Joint Research Centre (JRC) pertencente à Comissão Europeia. Considerou-se este documento dado que vem estabelecer a melhor prática em termos de Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) e a base para assegurar a qualidade e consistência de dados, métodos e avaliações de ciclo de vida (JRC/IES, 2010).

Fronteiras da avaliação.

- Por não haver dados suficientes, a fase de fim de vida dos escalões não foi considerada na avaliação, contrariamente ao que se tinha previsto inicialmente.

Tabela 4.3 – Categorias de impacto, indicadores e factores de caracterização do método ReCiPe - midpoint

Categoria de impacto		Factor de caracterização (LCA)		
Nome	Abrev.	Nome	Unidade	Abrev.
Alterações climáticas	AC	Potencial de Alterações climáticas	kg (CO ₂ para o ar)	PAC
Depleção da camada de ozono	DCO	Potencial de Depleção da camada de ozono	kg (CFC-11 para o ar)	PDCO
Toxicidade humana	TH	Potencial de Toxicidade humana	kg (14-DBC para o ar)	PTH
Formação de oxidantes fotoquímicos	FOF	Potencial de Formação de oxidantes fotoquímicos	kg (COVNM para o ar)	P
Formação de partículas atmosféricas	FPA	Potencial de Formação de partículas atmosféricas	kg (PM ₁₀ para o ar)	PFFPA
Radiação ionizante	RI	Potencial de Radiação ionizante	kg (U ²³⁵ para o ar)	PRI
Acidificação terrestre	AT	Potencial de Acidificação terrestre	kg (SO ₂ para o ar)	PAT
Eutrofização de águas doces	EAD	Potencial de Eutrofização de águas doces	kg (P para as águas doces)	PEAD
Eutrofização marinha	EM	Potencial de Eutrofização marinha	kg (N para as águas doces)	PEM
Ecotoxicidade terrestre	ET	Potencial de Ecotoxicidade terrestre	kg (14-DBC para o solo industrial)	PET
Ecotoxicidade de águas doces	EAD	Potencial de Ecotoxicidade de águas doces	kg (14-DBC para as águas doces)	PEAD
Ecotoxicidade marinha	EM	Potencial de Ecotoxicidade marinha	kg (14-DBC para as águas salgadas)	PEM
Ocupação de solos agrícolas	OSA	Potencial de Ocupação de solos agrícolas	m ² yr (solo agrícola)	POSA
Ocupação de solos urbanos	OSU	Potencial de Ocupação de solos urbanos	m ² yr (solo urbano)	POSU
Transformação de solos naturais	TSN	Potencial de Transformação de solos naturais	m ² (solo natural)	PTSN
Depleção de recursos hídricos	DRH	Potencial de Depleção de recursos hídricos	m ³ (água)	PDRH
Depleção de recursos metálicos	DRM	Potencial de Depleção de recursos metálicos	kg (Fe)	PDRM
Depleção de combustíveis fósseis	DCF	Potencial de Depleção de combustíveis fósseis	kg (petróleo)	PDCF

Notas: kg (petróleo) – 42 MJ/kg, no solo, CFC-11 – Clorofluorcarbonetos, COV: Compostos Orgânicos Voláteis Não Metânicos, 14-DCB: 1,4 diclorobenzeno.

5 INVENTÁRIO DO CICLO DE VIDA (ICV)

5.1 Procedimentos de Recolha de Dados

Os procedimentos de recolha de dados para construção das tabelas de inventário são apresentados na tabela 5.1.

Tabela 5.1 - Métodos de recolha de dados

Tipo de dados	Métodos aplicáveis
Foreground	<ul style="list-style-type: none"> Específicos do sistema em análise <ul style="list-style-type: none"> Relatórios técnicos, relatórios públicos, SGA, outros documentos similares e estimativas periciais. Composições materiais obtidas de documentação sobre os processos construtivos, como sejam planos, facturas, relatórios de projecto, EIA, etc. A necessidade de reinvestimentos foi avaliada pela EDP.
Ligação foreground-background	<ul style="list-style-type: none"> Informação foi recolhida dos fornecedores, sempre que possível, e válida para o período de referência.
Background	<ul style="list-style-type: none"> Foram utilizados sobretudo dados bibliográficos de referência, quando não existiam informações específicas do AHBS.

No âmbito destes métodos, para além da recolha dos dados em si, procedeu-se à recolha de metainformação relacionada com esses dados, de modo a permitir averiguar da sua validade tendo em conta os objectivos e o âmbito do estudo e ainda, estimar o seu grau de incerteza, para efeitos de análise de sensibilidade.

Em termos dos dados, de referir que, dada a fase actual de construção do AHBS, que se prolongará até 2014, bem como a natureza do projecto que pressupõe uma fase de utilização com um tempo de vida bastante longo (75 anos), recorreu-se a muitos dados que são estimativas de projecto, para as diferentes fases do ciclo de vida do AHBS (ver igualmente figura 5.1).

Neste contexto, merece particular menção que a energia eléctrica consumida durante a fase de exploração para efeitos de bombagem e ainda, a energia eléctrica que será produzida, assume valores absolutos e características que dependem de vários factores, nomeadamente do mercado de electricidade, condições climatéricas, etc.

Deste modo, devido à relevância desta questão, desenvolveram-se modelos de exploração do AHBS com vista a modelar o desempenho energético futuro do AHBS, modelos esses cujos resultados servem de entrada à ACV realizada – modelos BAU, BAU low carbon e SIH.

Dada a relevância da questão, os resultados da modelação são apresentados em documento próprio em complemento ao presente este relatório.

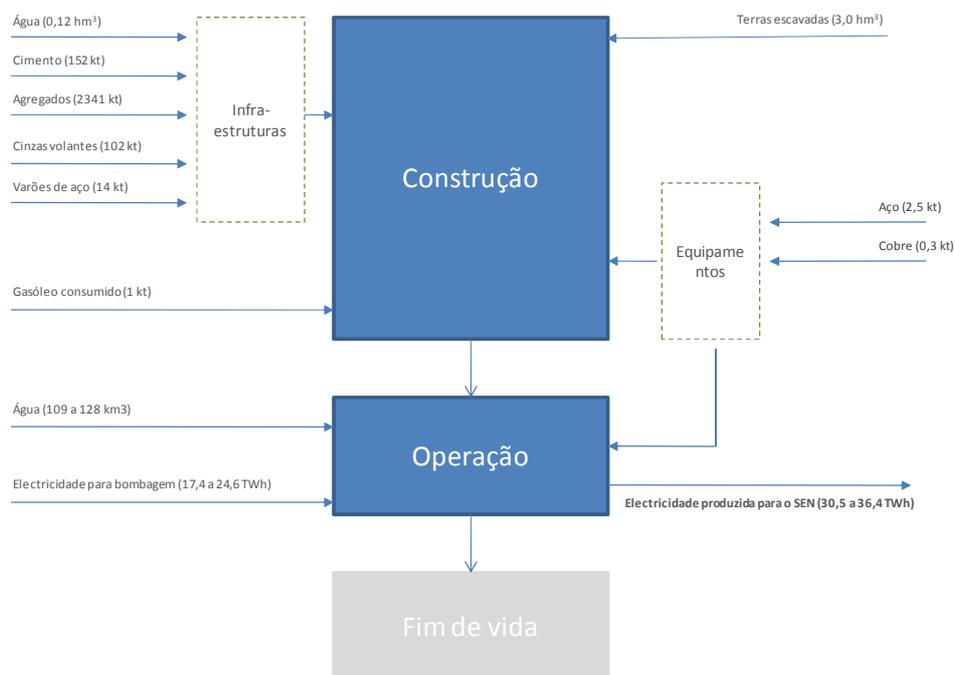


Figura 5.1 – Entradas directas mais relevantes do AHBS

5.2 Descrição Qualitativa e Quantitativa dos Processos Unitários

A descrição qualitativa e quantitativa dos processos unitários considerados no estudo é realizada em anexo ao presente relatório. Na figura 5.1 apresentam-se alguns das entradas e outputs mais importantes do ciclo de vida do AHBS.

5.3 Fontes Bibliográficas

Em termos de fontes de informação, os dados para os processos de *foreground* do sistema AHBS têm, sempre que possível, como proveniência a própria EDP ou os seus clientes ou fornecedores, enquanto para a compilação de dados genéricos (*background*) utilizou-se de preferência bases de dados de ACV ou outra informação bibliográfica com carácter científico (tabela 5.2).

Tabela 5.2 - Fontes de informação

Tipo de processos	Fontes de informação
<i>Foreground</i>	<ul style="list-style-type: none"> • EDP • Outras fontes genéricas para lacunas de dados
Ligação <i>foreground-background</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Fornecedores da EDP
<i>Background</i>	<p>Fontes principais:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ecoinvent 2.2 • Outras bases de dados de LCA • Revistas científicas <p>Outras fontes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bases de dados de patentes • Folhas de segurança de materiais • Agência Portuguesa do Ambiente (APA) • Relatórios da Direcção Geral de Energia e Geologia (DGEG) • Comissão para as alterações climáticas e Sistema de Previsão do Cumprimento de Quioto. • Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE) • Dados bibliográficos publicados em literatura • Fornecedores de equipamentos

5.4 Procedimentos de Cálculo

Os procedimentos de cálculo por processo unitário são apresentados em anexo ao presente relatório, quando se faz referência aos processos modelados.

Sempre que possível utilizaram-se consistentemente os dados de processos de *foreground*, sejam dados reais verificados na construção do AHBS, sejam estimativas resultantes da modelação da fase de operação do AHBS.

A esse respeito, de salientar os três modelos energéticos utilizados para calcular o consumo em bombagem e a produção total de electricidade do AHBS, bem como os *mix* de origem da electricidade consumida em bombagem e o *mix* das fontes energéticas substituídas pela produção do AHBS (ver igualmente figura 5.2).

Neste contexto, os cenários de referência considerados são os seguintes:

- **O Cenário BAU**, “Business as Usual”, considera a situação de exploração expectável (hidraulicidade média) para o AHBS tendo em conta os investimentos previstos no PNAER.
- **O Cenário BAU low carbon**, “Baixo Carbono”, considera a exploração expectável (hidraulicidade média) para o AHBS, tendo em conta uma priorização à produção de energia a partir de fontes com menor emissão de CO₂.
- **O Cenário SIH**, “Sem Investimento em Hídricas”, considera a situação de exploração expectável (hidraulicidade média) para o AHBS na altura em que foi tomada a decisão de construir o aproveitamento, ou seja, num momento em que não existia ainda Plano Nacional de Barragens com Elevado Potencial Hidroeléctrico.

Os modelos desenvolvidos (“BAU”, “BAU low carbon” e “SIH”) assentam numa simulação do Sistema Eléctrico Nacional (SEN) de base estocástica, que representa as dinâmicas de oferta-procura baseadas em dados históricos e as perspectiva para o futuro tendo em consideração os investimentos programados em termos de capacidade instalada por tecnologia e de procura de energia a nível nacional.

A simulação da entrada em funcionamento das fontes produtoras para responder à procura em cada período é realizada por ordem de mérito, que reflecte não só os custos de operação, mas também a prioridade de despachabilidade da electricidade de origem renovável (assumindo que no futuro, estas tecnologias apresentarão sempre custos marginais de produção mais baixos do que todas as outras tecnologias e a ordem de mérito manter-se-á).



Figura 5.2 - Diferenças existentes entre os três cenários de referência considerados

Para cada um dos modelos, a estimativa para o desempenho do AHBS (tanto em termos de impacto, como de benefício) é dada comparando a estimativa de evolução do SEN sem Baixo Sabor com a estimativa de evolução do SEN com Baixo Sabor, tendo por base os cenários de exploração respectivos (procura-oferta de energia, produção de electricidade por tecnologia, etc.).

Uma descrição mais detalhada dos modelos energéticos utilizados pode ser encontrada no documento específico que complementa o presente relatório.

5.5 Validação dos Dados

Aquando da recolha de dados, foi pedido à EDP, e concomitantemente, aos seus fornecedores, que fornecessem indicações que pudessem avaliar a qualidade dos dados.

Deste modo, sempre que possível para cada processo, foi compilada informação para indicar se os dados eram provenientes de medições, calculados, estimados ou resultantes da modelação (no caso da fase de operação - consumos de electricidade para bombagem e produção total de electricidade), para além de serem dados de uma fonte ou valores médios de várias medições/estimativas/locais.

Os dados compilados pela EDP foram pré-avaliados por esta empresa, sendo que a equipa de ACV realizou ela própria uma avaliação desses dados, nomeadamente comparando-os com informação bibliográfica, quando disponível.

5.6 Análise de Sensibilidade para Refinação das Fronteiras do Sistema

Em relação às fronteiras do sistema, como referido anteriormente, não foram considerados os seguintes processos:

- Fase de construção
 - Infra-estrutura de transporte de energia do Escalão de Jusante.
- Fase de operação
 - Necessidades de manutenção das infra-estruturas.
 - Outros consumos e emissões, tais como emissões de GEE pelo uso de equipamento eléctrico (e.g. SF₆), à excepção dos consumos de electricidade para serviços auxiliares e de lubrificantes, gasóleo e baterias directamente utilizadas nos escalões do AHBS.

- Fase de fim de vida
 - Fim de vida das várias infra-estruturas e equipamentos do AHBS (desmantelamento), bem como dos resíduos gerados nas fases de construção e operação, com excepção da madeira retirada da operação de desmatagem do AHBS, cofragens e do aproveitamento de agregados produzidos localmente (escavações) para fabrico de betão.

Para os processos excluídos na análise considerou-se não ser necessário efectuar uma análise de sensibilidade compreensiva aos resultados da AICV, devido às questões apresentadas de seguida.

No que concerne à infra-estrutura de transporte de energia do Escalão de Jusante, a suas características são semelhantes à infra-estrutura análoga para o escalão de montante, embora de menor dimensão, dada a sua maior proximidade à subestação do Pocinho, onde se realiza a interligação entre o AHBS e a Rede Eléctrica Nacional (REN).

Tomando por base os resultados da ICV e AICV do processo de construção da Infra-estrutura de transporte de energia do Escalão de Montante, verifica-se que esta é relativamente marginal quer em relação à fase de construção do AHBS, quer sobretudo em relação ao ciclo de vida do aproveitamento.

No que concerne às necessidades de manutenção das infra-estruturas do AHBS, segundo dados e a experiência da EDP, qualquer futura intervenção significativa no AHBS só se justificará na eventualidade de remodelações relacionadas com a segurança da obra ou com o reforço da capacidade produtiva deste empreendimento, situações altamente improváveis face aos critérios actualmente disponíveis. Deste modo é impossível o desmantelamento do AHBS no horizonte do projecto considerado.

Em relação à contabilização de outros consumos e emissões, tais como emissões de GEE pelo uso de equipamento eléctrico (e.g. SF₆), à excepção dos consumos de electricidade para serviços auxiliares e de lubrificantes, gásóleo e baterias directamente utilizadas nos escalões do AHBS, estima-se igualmente que serão marginais face aos restantes processos considerados na fase de exploração.

Por exemplo, no que concerne especificamente às emissões de SF₆, um cálculo realizado para outra central da EDP com características semelhantes, aponta para que o valor estimado seja de 3 ordens de magnitude inferior às emissões de GEE estimadas do AHBS.

Finalmente no que concerne ao fim de vida das várias infra-estruturas e equipamentos do AHBS, bem como dos resíduos gerados nas fases de construção e operação, por falta de dados não foram igualmente considerados.

No entanto, os impactes/benefícios face ao ciclo de vida do AHBS estimam-se que sejam reduzidos, dado que:

- As necessidades de manutenção das infra-estruturas serão insignificantes face à experiência da EDP na exploração deste tipo de aproveitamentos.
- Os equipamentos electromecânicos mais volumosos e importantes do AHBS têm um tempo de vida equiparável ao tempo de vida considerado para o AHBS (equipamentos hidromecânicos, aparelhos de movimentação de carga e pessoas e parte substancial dos equipamentos integrantes dos grupos reversíveis (ver anexo)), pelo que os equipamentos electromecânicos substituídos são apenas uma fracção da quantidade total de equipamentos utilizados no AHBS.
- O principal fluxo mássico de resíduos advirá portanto da fase de construção, nomeadamente do processo de escavação, sendo que neste aspecto em particular, da rocha escavada são produzidos agregados para produção do betão (aspecto considerado na análise).
- Os impactes relacionados com a fase de construção do AHBS são pouco relevantes quando comparados com a fase de exploração.

5.7 Substituição Específica ou Procedimentos de Alocação para Processos Multifuncionais

No inventário de ciclo de vida realizado evitou-se sempre que possível a utilização de procedimentos de alocação e, igualmente, de substituição específica. Estes processos apenas foram realizados em dois processos energéticos particulares.

Procedimentos de alocação.

Para a modelação do consumo de electricidade em bombagem do AHBS e que é proveniente da Produção em Regime Especial (PRE) Térmica através da combustão de biogás, que produz como co-produtos a electricidade e o calor, utilizou-se o processo da base de dados Ecoinvent 2.2 “Electricity, biogas, allocation exergy, at micro gas turbine 100kWe/CH U”.

A alocação realizada baseou-se nas regras de causalidade física, neste caso na exergia.

Este processo é marginal para efeitos de ICV, dado que apenas contribui com 0,20% a 0,23% do consumo de electricidade em bombagem do AHBS, tendo em conta os modelos energéticos utilizados.

Procedimento de substituição.

Para a modelação do consumo de electricidade em bombagem do AHBS e que é proveniente da Produção em Regime Especial (PRE) Térmica através da combustão de gás natural em co-geração, que produz como co-produtos a electricidade e o calor, utilizou-se o processo "natural gas, burned in power plant/MJ/UCTE".

Este processo foi revisto com base em dados de exploração de centrais de co-geração em Portugal, que apresentam uma eficiência eléctrica média estimada de 31,7% e eficiência global de 81,8%.

Neste caso, realizou-se a expansão das fronteiras do sistema de modo a contemplar a produção de calor, tendo-se considerado como "avoided product" o calor gerado, modelado com o processo "Heat, natural gás at industrial furnace > 100kW / ReR U" dado ser funcionalmente equivalente à co-função do sistema em análise.

Este processo contribui com 11,4% a 11,9% do consumo de electricidade em bombagem do AHBS, no caso dos modelos energéticos BAU, BAU low carbon e SIH.

Nos restantes processos modelados não se efectuaram procedimentos de alocação e/ou substituição, sendo que aquando da existência de co-produtos, utilizou-se uma abordagem conservativa em termos do impacto ambiental gerado pelo AHBS.

É o caso da própria função do AHBS, que é em primeira análise a produção de electricidade, mas que serve igualmente como reserva de água para consumo humano, combate a incêndios e regulação dos caudais do Douro e Sabor.

Deste modo, todos os impactes ambientais do aproveitamento hidroeléctrico do Baixo Sabor estão associados à produção de energia eléctrica.

5.8 Tabela de Inventário do AHBS

Na figura 5.3 são apresentados alguns das mais importantes entradas e saídas de inventário do sistema de produto em análise, por unidade funcional, ou seja, por 1 GWh de energia eléctrica injectada na Rede Eléctrica Nacional (REN) em alta tensão, de acordo com os cenários de referência dos modelos energéticos considerados para a fase de exploração (BAU, BAU low carbon e SIH).

As tabelas de inventário completas do sistema com base nos 3 cenários de referência dos modelos energéticos utilizados são apresentadas em apêndice.

Tabela 5.3 - Resumo da tabela de inventário do AHBS por GWh com as principais entradas e saídas do AHBS base nos modelos BAU, BAU low carbon e SIH

	Unid.	BAU	BAU low carbon	SIH
Entradas				
Água turbinada	hm ³	6,5	7,3	6,3
Carvão	t	58,8	8,1	76,7
Petróleo	t	2,9	2,7	3,4
Gás natural	m ³	21.832	28.574	26.464
Rocha (agregados)	t	88,1	87,4	76,3
Calcite	t	7,5	7,5	6,6
Argila	t	2,4	2,4	2,1
Óxidos de ferro	t	1,5	1,5	1,5
Ocupação do solo	ha ² a	8,8	8,7	7,9
Transformação, energia potencial	TJ	4,5	4,6	4,4
Transformação, outras formas	TJ	1,6	1,7	2,0
Saídas				
Dióxido de carbono, fóssil	t	110,4	83,3	132,4
Metano	t	1,0	0,9	1,0
COV(s)	kg	46,2	43,9	55,3
Dióxidos de enxofre	kg	199,8	154,5	242,1
Óxidos de azoto	kg	403,2	285,8	491,2
Partículas, > 10 µm	kg	139,0	28,8	175,6
Partículas, >2.5 µm and <10 µm	kg	9,6	8,9	10,3
Partículas, <2.5 µm	kg	13,0	18,0	14,9
Calor, residual	TJ	1,4	1,1	1,7

6 RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DE IMPACTES NO CICLO DE VIDA (AICV)

6.1 Considerações Iniciais

6.1.1 Métodos Utilizados

Neste capítulo apresentam-se os resultados da Avaliação de Impactes no Ciclo de Vida (AICV) para cada um dos cenários de referência estabelecidos para o AHBS, segundo os modelos energéticos considerados.

Para a realização da AICV utilizou-se, preferencialmente, o método ReCiPe Midpoint (H), v. 1.05, tendo-se igualmente utilizado os métodos Cumulative Energy Demand, v. 1.08 e Ecological Footprint, v. 1.01 para algumas análises específicas.

Para cada um dos métodos efectuaram-se os passos metodológicos obrigatórios, nomeadamente a Classificação e Caracterização de impactes.

Foram considerados todos os processos incluídos na definição das fronteiras do sistema, nomeadamente os processos que se apresentam no capítulo 4 e 5.

6.1.2 Elementos Opcionais da AICV

Na avaliação realizada utilizaram-se ainda elementos opcionais da AICV para aspectos específicos do CV do AHBS. Neste sentido, utilizou-se a normalização para identificação da magnitude dos resultados de cada categoria em relação a informação de referência.

6.1.3 Processos Excluídos da Análise

A avaliação constante do presente relatório foi efectuada com base em dados fornecidos pela EDP no que respeita nomeadamente aos valores de projecto para as várias componentes do sistema AHBS e ainda com base em valores bibliográficos que foi possível compilar e adaptar à realidade do AHBS. Uma descrição pormenorizada dos principais dados e pressupostos considerados é efectuada no anexo ao presente relatório.

Devido a não existir informação suficiente para a realização da modelação, ficaram excluídos da análise os seguintes itens (ver igualmente capítulo 4.6):

- Fase de construção
 - Infra-estrutura de transporte de energia do escalão de jusante.

- Fase de operação
 - Necessidades de manutenção das infra-estruturas.
 - Outros consumos e emissões, tais como emissões de GEE pelo uso de equipamento eléctrico (e.g. SF₆), à excepção dos consumos de electricidade para serviços auxiliares e de lubrificantes, gasóleo e baterias directamente utilizadas nos escalões do AHBS.
- Fase de fim de vida
 - Fim de vida das várias infra-estruturas (desmantelamento) equipamentos do AHBS, bem como dos resíduos gerados nas fases de construção e operação, com excepção da madeira retirada da operação de desmatção do AHBS, cofragens e do aproveitamento de agregados produzidos localmente (escavações) para fabrico de betão e do aproveitamento de agregados para o fabrico de betão.

É de realçar que os resultados apresentados neste capítulo têm em conta o seguinte:

- Excepto informação em contrário, **os resultados de impacte referem-se** a resultados por unidade funcional do estudo (**1 GWh de energia eléctrica injectada na Rede Eléctrica Nacional (REN) em alta tensão**), ou seja, consideram-se a soma dos impactes directos e indirectos.
- **Reflectem os três cenários de referência dos modelos desenvolvidos para análise do AHBS:**
 - **Cenário BAU**
 - **Cenário BAU low carbon**
 - **Cenário SIH**

A diferença fundamental entre os cenários desenvolvidos diz respeito aos modelos de análise energética que foram usados para calcular o consumo de energia em bombagem do AHBS e a sua produção total de electricidade ao longo do ciclo de vida do aproveitamento.

Neste contexto, apresentam-se de seguida os principais resultados preliminares da ACV realizada ao AHBS, sendo que, primeiramente se discutem aspectos relativos aos impactes ambientais originados nas diferentes fases do ciclo de vida do AHBS e num segundo momento, se realiza um balanço ao ciclo de vida do AHBS, contabilizando não só o impacte ambiental gerado mas igualmente o crédito ambiental obtido pelo AHBS devido à produção de energia eléctrica.

6.2 Método ReCiPe

6.2.1 Impacte ambiental

6.2.1.1 Impactes no CV

Os impactes ambientais do Ciclo de Vida do AHBS por GWh são apresentados na Tabela 6.1 e figura 6.1, considerando os três cenários de referência BAU, BAU low carbon e SIH.

Estes resultados dizem respeito à soma dos impactes directos (e.g. consumo de aço para construção das infra-estruturas do AHBS) e dos impactes indirectos (e.g. emissões de CO₂ resultantes da produção de electricidade consumida em bombagem pelo AHBS).

Os resultados apresentados na tabela não têm em conta os créditos obtidos pela venda de energia eléctrica à Rede Eléctrica Nacional (REN), sendo que esse aspecto é avaliado isoladamente no capítulo 6.2.2 (“Benefícios ambientais”) e em conjunto com os impactes ambientais gerados no capítulo 6.2.3 (“Balanço ambiental”).

Tendo em conta os resultados obtidos, verifica-se, por exemplo, que para a produção de 1 GWh de energia eléctrica injectada na Rede Eléctrica Nacional (REN) em alta tensão (Unidade Funcional do estudo), são emitidas entre 104 t e 158 t CO₂_{eq}, consoante o cenário de referência considerado.

Por exemplo, no que respeita à categoria Depleção dos recursos metálicos, dado que o *mix* de bombagem dos diferentes cenários inclui uma percentagem significativa de electricidade proveniente de produção eólica e fotovoltaica, que são bastante intensivas no consumo de metais, os resultados do inventário de ciclo de vida, nesta categoria de impacte são muito relevantes.

Em termos da contribuição das diferentes fases do ciclo de vida, verifica-se que a fase de operação é claramente dominante nas diversas categorias de impacte ambiental, para todos os cenários de análise (ver igualmente figura 6.2). Este facto é explicado pelo consumo de energia eléctrica para bombagem, como demonstrado aquando da avaliação específica da fase de operação.

Normalizando os resultados de caracterização da Tabela 6.1 através da divisão pelas emissões/consumos homólogos de um cidadão médio europeu com base no ano de 2000, verifica-se que as categorias mais proeminentes são as categorias Transformação dos solos naturais, Depleção dos combustíveis fósseis e Toxicidade humana.

No caso da categoria Transformação de solos naturais, o resultado deriva não só da alocação directa de espaço pela construção do AHBS (escalões, outras infra-estruturas e albufeira), mas igualmente e de forma indirecta, do espaço necessário para a produção de electricidade que é consumida em bombagem pelo AHBS (e.g. área relativa à extracção de carvão que é consumida nas respectivas centrais termoeléctricas, etc.)

A origem dos impactes associados à categoria de Depleção dos combustíveis fósseis está sobretudo no consumo e extracção desses combustíveis. Estes processos são inerentes à produção de electricidade que é consumida em bombagem pelo AHBS, sendo que neste aspecto o carvão é particularmente penalizante.

Como referido anteriormente, os resultados de normalização têm que ser encarados com cuidado, não só devido às limitações impostas pelos dados existentes, mas igualmente pelo carácter metodológico inerente à normalização de impactes das diversas categorias.

Os diversos resultados apresentados estão em linha com o esperado, dado o nível de bombagem estimado para o AHBS.

Nos parágrafos seguintes detalham-se os impactes do AHBS nas suas diferentes fases de ciclo de vida, usando-se para o efeito os resultados do cenário BAU.

Tabela 6.1 - Impactes Ambientais do Ciclo de Vida do AHBS por GWh (Caracterização)

Categoria	Unidade	BAU			BAU low carbon			SIH		
		Total	C	O	Total	C	O	Total	C	O
Alterações climáticas	kg CO2 eq	1,4E+05	7,0E+03	1,3E+05	1,0E+05	7,0E+03	9,7E+04	1,6E+05	5,9E+03	1,5E+05
Depleção da camada de ozono	kg CFC-11 eq	8,5E-03	4,0E-04	8,1E-03	1,1E-02	4,0E-04	1,0E-02	1,0E-02	3,3E-04	9,9E-03
Toxicidade humana	kg 1,4-DB eq	1,5E+04	1,1E+03	1,4E+04	1,5E+04	1,1E+03	1,4E+04	1,9E+04	9,1E+02	1,8E+04
Formação de oxidantes fotoquímicos	kg NMVOC	4,7E+02	3,3E+01	4,4E+02	3,4E+02	3,3E+01	3,1E+02	5,7E+02	2,7E+01	5,4E+02
Formação de partículas atmosféricas	kg PM10 eq	1,9E+02	1,3E+01	1,7E+02	1,5E+02	1,3E+01	1,4E+02	2,3E+02	1,1E+01	2,2E+02
Radiação ionizante	kg U235 eq	4,0E+03	3,3E+02	3,7E+03	7,7E+03	3,3E+02	7,4E+03	4,7E+03	2,8E+02	4,4E+03
Acidificação terrestre	kg SO2 eq	4,5E+02	2,9E+01	4,2E+02	3,2E+02	2,9E+01	3,0E+02	5,4E+02	2,4E+01	5,2E+02
Eutrofização de águas doces	kg P eq	8,2E+00	5,0E-01	7,7E+00	2,7E+00	5,0E-01	2,2E+00	1,0E+01	4,2E-01	9,9E+00
Eutrofização marinha	kg N eq	1,6E+02	1,0E+01	1,5E+02	1,1E+02	1,0E+01	1,0E+02	1,9E+02	8,7E+00	1,9E+02
Ecotoxicidade terrestre	kg 1,4-DB eq	1,1E+02	6,3E-01	1,1E+02	1,1E+02	6,3E-01	1,1E+02	1,3E+02	5,3E-01	1,3E+02
Ecotoxicidade de águas doces	kg 1,4-DB eq	1,5E+01	1,7E+00	1,3E+01	1,1E+01	1,7E+00	9,4E+00	1,8E+01	1,4E+00	1,6E+01
Ecotoxicidade marinha	kg 1,4-DB eq	7,9E+01	8,9E+00	7,1E+01	6,9E+01	8,9E+00	6,0E+01	9,6E+01	7,4E+00	8,8E+01
Ocupação de solos agrícolas	m2a	1,2E+04	6,6E+02	1,1E+04	1,0E+04	6,6E+02	9,4E+03	1,5E+04	5,5E+02	1,4E+04
Ocupação de solos urbanos	m2a	1,1E+03	8,1E+01	1,0E+03	5,5E+02	8,1E+01	4,7E+02	1,4E+03	6,8E+01	1,3E+03
Transformação de solos naturais	m2	2,2E+01	1,5E+00	2,0E+01	2,3E+01	1,5E+00	2,1E+01	2,5E+01	1,3E+00	2,4E+01
Depleção de recursos hídricos	m3	7,4E+02	1,5E+02	6,0E+02	6,4E+02	1,5E+02	4,9E+02	8,7E+02	1,2E+02	7,5E+02
Depleção de recursos metálicos	kg Fe eq	7,0E+03	2,3E+03	4,7E+03	7,1E+03	2,3E+03	4,8E+03	7,6E+03	1,9E+03	5,7E+03
Depleção de combustíveis fósseis	kg oil eq	5,0E+04	1,4E+03	4,9E+04	3,3E+04	1,4E+03	3,1E+04	6,3E+04	1,1E+03	6,2E+04

Notas: Modelo ReCiPe, Midpoint (H) V1.05
 Fase de Construção (C), Fase de Operação (O).

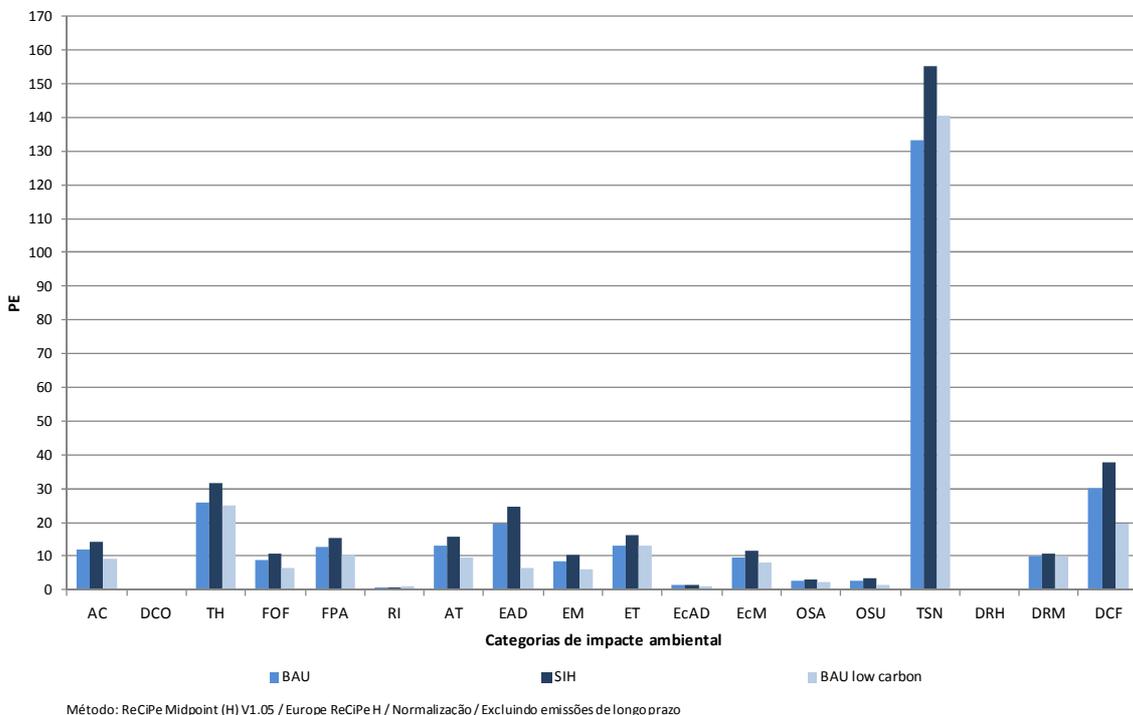


Figura 6.1 - Impactes ambientais no Ciclo de Vida do AHBS por GWh (Modelos BAU, BAU low carbon, SIH, Normalização)

Nota: Valores de normalização de um cidadão médio europeu (ano 2000).

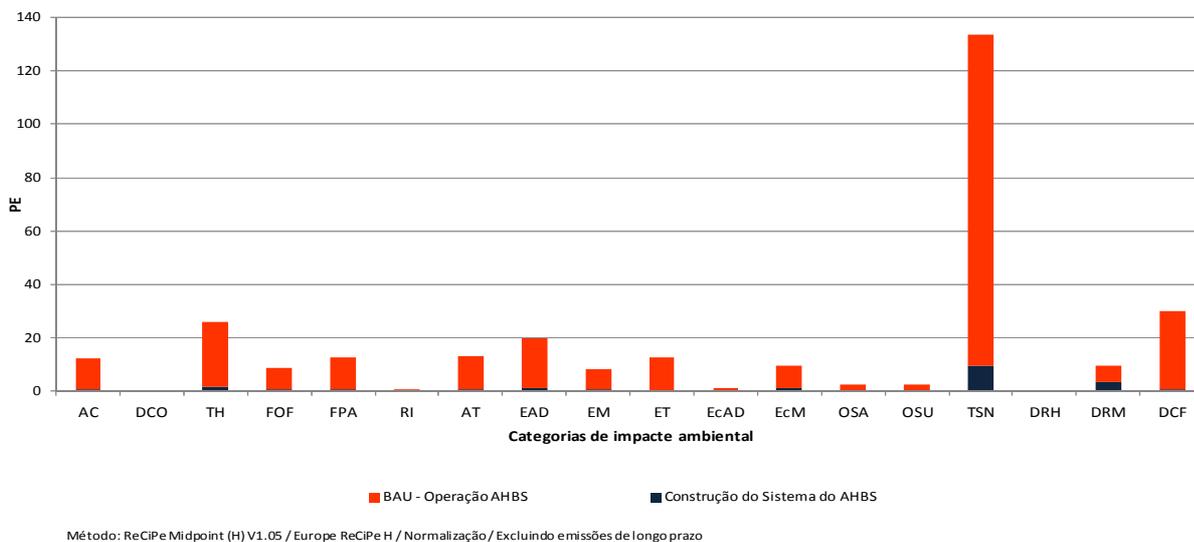


Figura 6.2 - Impactes Ambientais do Ciclo de Vida do AHBS por GWh (Modelo BAU, Normalização)

Nota: Valores de normalização de um cidadão médio europeu (ano 2000).

6.2.1.2 Impactes na Fase de Construção

Sistema AHBS. Na fase de construção do AHBS, dada a dimensão relativa das duas instalações, o Escalão de Montante (EM) assume maior relevância, embora a construção do Escalão de Jusante (EJ) e, em menor grau, dos Projectos Complementares e Medidas Compensatórias (PCMC), apresentem ainda uma contribuição a ter em conta para a generalidade das categorias de impacte ambiental desta fase.

Os resultados da caracterização do sistema AHBS apresentam-se na Tabela 6.2. Em termos de impacte global originado pela construção das diferentes componentes do AHBS, o que inclui não só os impactes directos mas igualmente os impactes indirectos, a construção do sistema AHBS acarreta, no total, por exemplo, a produção 214,2 kt de CO₂ eq ou a depleção de 71,0 kt Fe eq, considerando o modelo BAU.

Tal significa que, por GWh de energia eléctrica produzida a fase de construção do AHBS é responsável pela emissão de 7,0 t de CO₂ eq ou a depleção de 2,3 t Fe eq, ainda tendo por base o modelo BAU.

Tabela 6.2 - Impactes Ambientais da Fase de Construção do Sistema AHBS (Caracterização)

Categoria	Unidade	Cenário BAU	
		Total	Por GWh
Alterações climáticas	kg CO ₂ eq	2.1E+08	7.0E+03
Depleção da camada de ozono	kg CFC-11 eq	1.2E+01	4.0E-04
Toxicidade humana	kg 1,4-DB eq	3.3E+07	1.1E+03
Formação de oxidantes fotoquímicos	kg NMVOC	9.9E+05	3.3E+01
Formação de partículas atmosféricas	kg PM ₁₀ eq	4.0E+05	1.3E+01
Radiação ionizante	kg U ₂₃₅ eq	1.0E+07	3.3E+02
Acidificação terrestre	kg SO ₂ eq	8.8E+05	2.9E+01
Eutrofização de águas doces	kg P eq	1.5E+04	5.0E-01
Eutrofização marinha	kg N eq	3.2E+05	1.0E+01
Ecotoxicidade terrestre	kg 1,4-DB eq	1.9E+04	6.3E-01
Ecotoxicidade de águas doces	kg 1,4-DB eq	5.1E+04	1.7E+00
Ecotoxicidade marinha	kg 1,4-DB eq	2.7E+05	8.9E+00
Ocupação de solos agrícolas	m ² a	2.0E+07	6.6E+02
Ocupação de solos urbanos	m ² a	2.5E+06	8.1E+01
Transformação de solos naturais	m ²	4.6E+04	1.5E+00
Depleção de recursos hídricos	m ³	4.5E+06	1.5E+02
Depleção de recursos metálicos	kg Fe eq	7.1E+07	2.3E+03
Depleção de combustíveis fósseis	kg oil eq	4.1E+07	1.4E+03

Notas: Modelo ReCiPE, Midpoint (H) V1.05.

O Escalão de Montante é responsável por 60% a 74% do impacte total da fase de construção do AHBS nas diferentes categorias do modelo ReCiPe, enquanto o escalão de jusante apenas contribui entre 17% a 28% para o impacte total desta fase, conforme ilustrado na figura 6.3.

Normalizando os resultados de caracterização obtidos para a fase de construção do sistema AHBS, verifica-se que as categorias que apresentam um maior resultado de normalização são as categorias de Transformação dos solos naturais, Depleção dos recursos metálicos, e Toxicidade Humana (ver figura 6.3).

Destas, a categoria Transformação solos naturais destaca-se, sendo que este resultado se deve sobretudo ao impacte indirecto resultante do fabrico do cimento utilizado na construção das infra-estruturas do AHBS.

Em termos da emissão de gases com efeito de estufa, e por GWh, a modelação realizada aponta para que a fase de construção do AHBS seja equivalente à emissão anual de 0,63 cidadãos europeus, se tivermos em conta o modelo BAU (ver figura 6.4).

No que concerne à construção dos escalões, os processos mais importantes são os que estão relacionados com a construção das infra-estruturas (trabalhos de construção civil), embora o fabrico e a instalação dos equipamentos electromecânicos seja relevante em algumas categorias de impacte específicas, como por exemplo, nas categorias toxicidade humana e ecotoxicidade marinha (ver figura 6.4).

Por outro lado, os processos relacionados com o transporte de matérias-primas, produtos e equipamentos electromecânicos constituem uma fonte de impacte importante, apesar de ser minoritária, conforme ilustrado na figura 6.5.

Pela relevância para o impacte ambiental gerado na fase de construção do AHBS, nos parágrafos seguintes detalham-se as origens e os contributos das diferentes infra-estruturas para o impacte ambiental global desta fase.

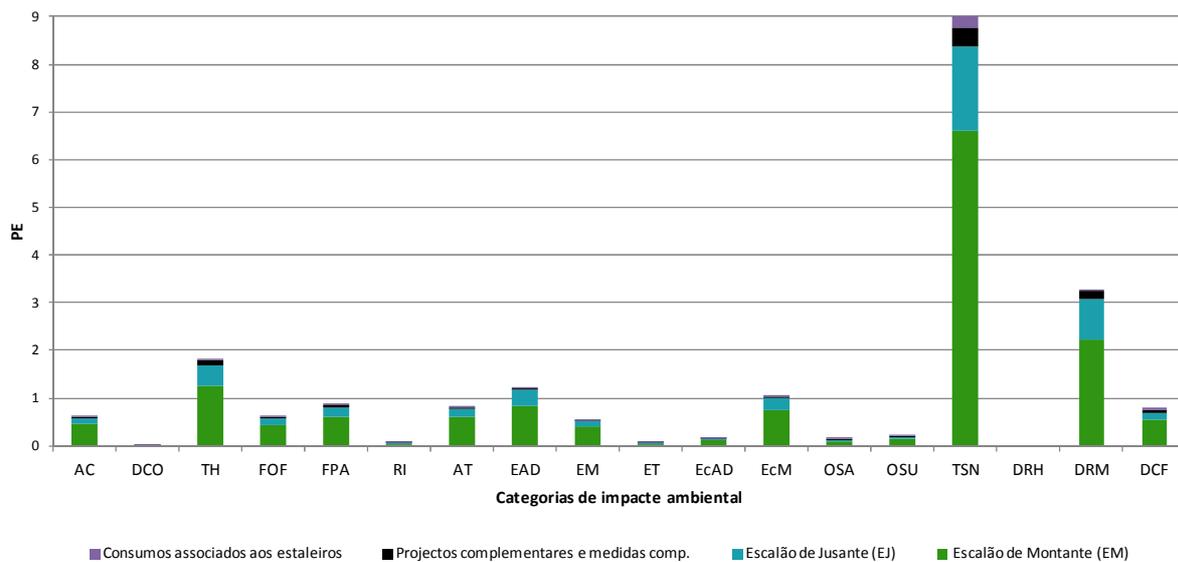
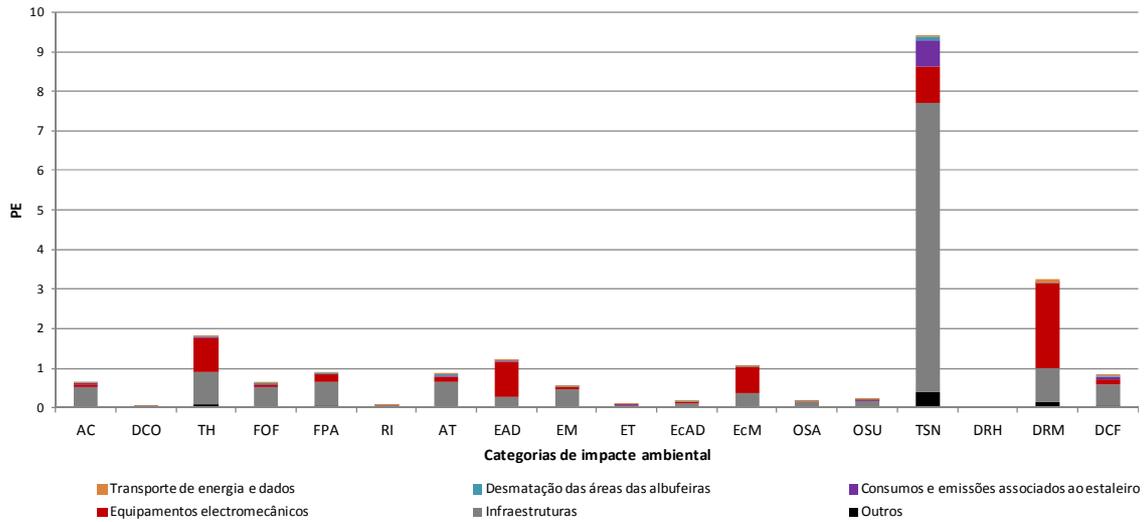


Figura 6.3 - Impactes da Fase de Construção por GWh – Componentes (Modelo BAU, Normalização)

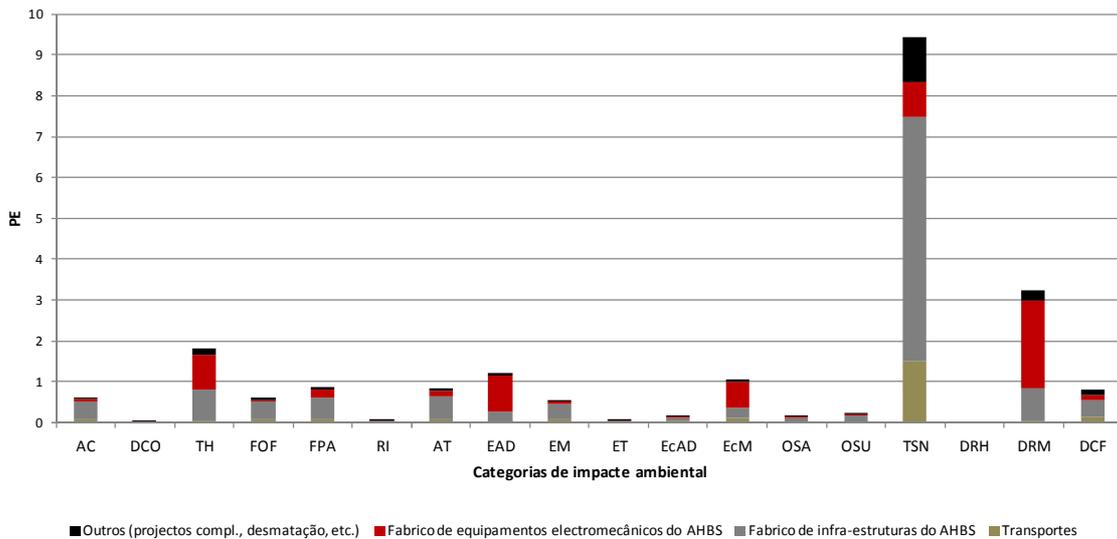
Notas: Valores de normalização de um cidadão médio europeu (ano 2000).



Método: ReCiPe Midpoint (H) V1.05 / Europe ReCiPe H / Normalização / Excluindo emissões de longo prazo

Figura 6.4 - Impactes da Fase de Construção por GWh – Importância das Infra-estruturas e dos equipamentos electromecânicos (Modelo BAU, Normalização)

Notas: Valores de normalização de um cidadão médio europeu (ano 2000).



Método: ReCiPe Midpoint (H) V1.05 / Europe ReCiPe H / Normalização / Excluindo emissões de longo prazo

Figura 6.5 - Impactes da Fase de Construção por GWh – Relevância dos processos de transporte (Modelo BAU, Normalização)

Notas: Valores de normalização de um cidadão médio europeu (ano 2000).

Infra-estruturas. No caso das infra-estruturas, as componentes mais relevantes do AHBS em termos de impacto ambiental são as componentes que apresentam maior consumo de betão e aço, como por exemplo a barragem e os órgãos de descarga do escalão de montante e do escalão de jusante, as centrais hidroeléctricas (infra-estrutura) e a restituição do escalão de jusante.

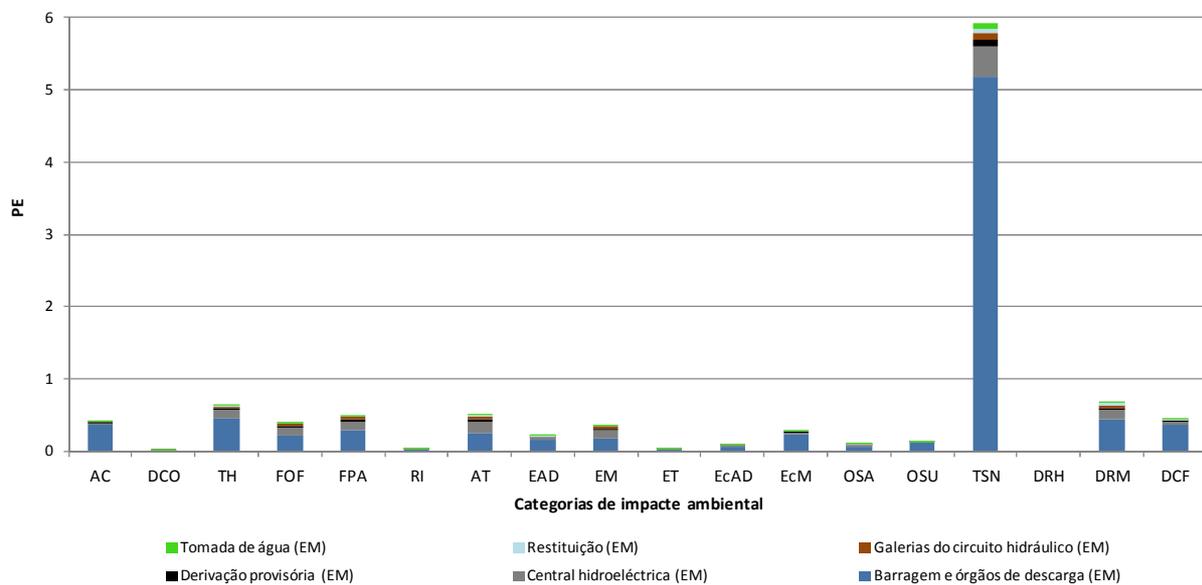
Na figura 6.6 ilustra-se o impacto ambiental gerado pelas várias sub-componentes do escalão de montante.

De facto, em termos gerais, os impactos ambientais relativos às infra-estruturas derivam sobretudo do fabrico e transporte dos vários tipos de betão e aço utilizados no aproveitamento, neste último caso sobretudo os varões de aço em armaduras de betão, sem prejuízo de outros processos que também são relevantes para categorias de impacto específicas (e.g. emissão de partículas devido às actividades de escavação) (ver figura 6.7).

Equipamentos. No caso dos equipamentos, os principais impactos advêm do fabrico e transporte dos grupos reversíveis, embora os equipamentos hidromecânicos e, igualmente os transformadores principais apresentem uma contribuição relevante.

Na figura 6.9 ilustra-se o impacto ambiental dos diferentes tipos de equipamento utilizados no AHBS, considerando o exemplo do escalão de montante do AHBS.

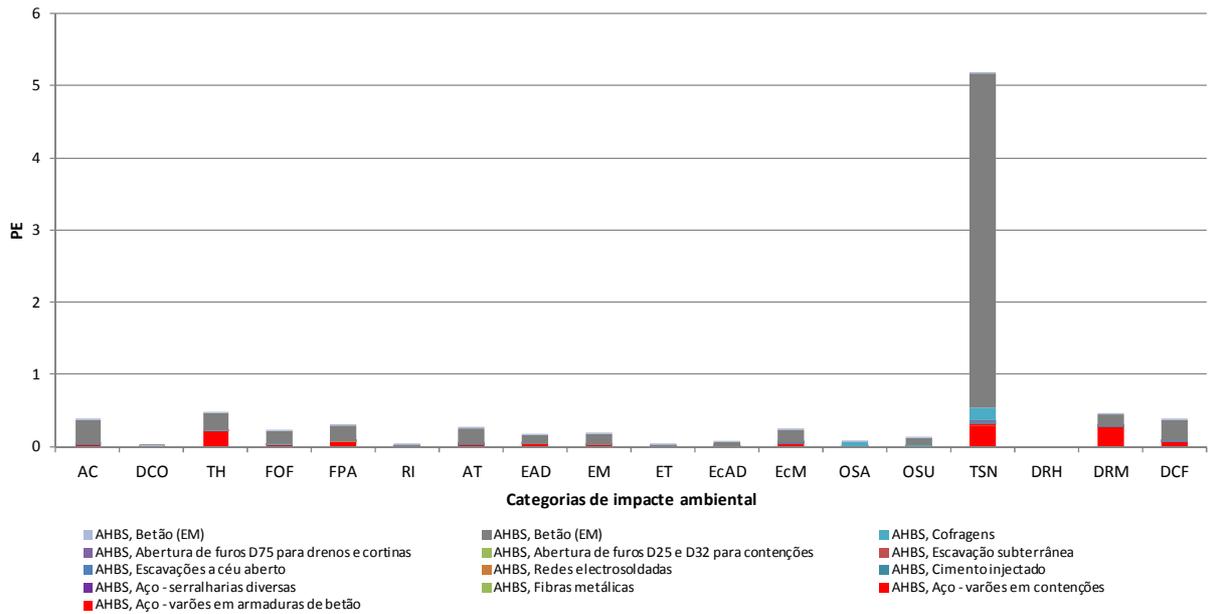
Em termos dos Grupos reversíveis, como esperado, o impacto principal advêm do fabrico e transporte do Rotor e do Estator, devido não só à massa destes componentes, mas igualmente o tipo de materiais dominantes (aço e cobre) (ver figura 6.9).



Método: ReCiPe Midpoint (H) V1.05 / Europe ReCiPe H / Normalização / Excluindo emissões de longo prazo

Figura 6.6 - Impactes da Fase de Construção por GWh – Contributo das diferentes infra-estruturas do escalão de montante (Modelo BAU, Normalização)

Notas: Valores de normalização de um cidadão médio europeu (ano 2000).



Método: ReCiPe Midpoint (H) V1.05 / Europe ReCiPe H / Normalização / Excluindo emissões de longo prazo

Figura 6.7 - Impactes da Fase de Construção por GWh – Contributo de diferentes processos para a construção da Barragem e Órgãos de Descarga do escalão de montante (Modelo BAU, Normalização)

Notas: Valores de normalização de um cidadão médio europeu (ano 2000).

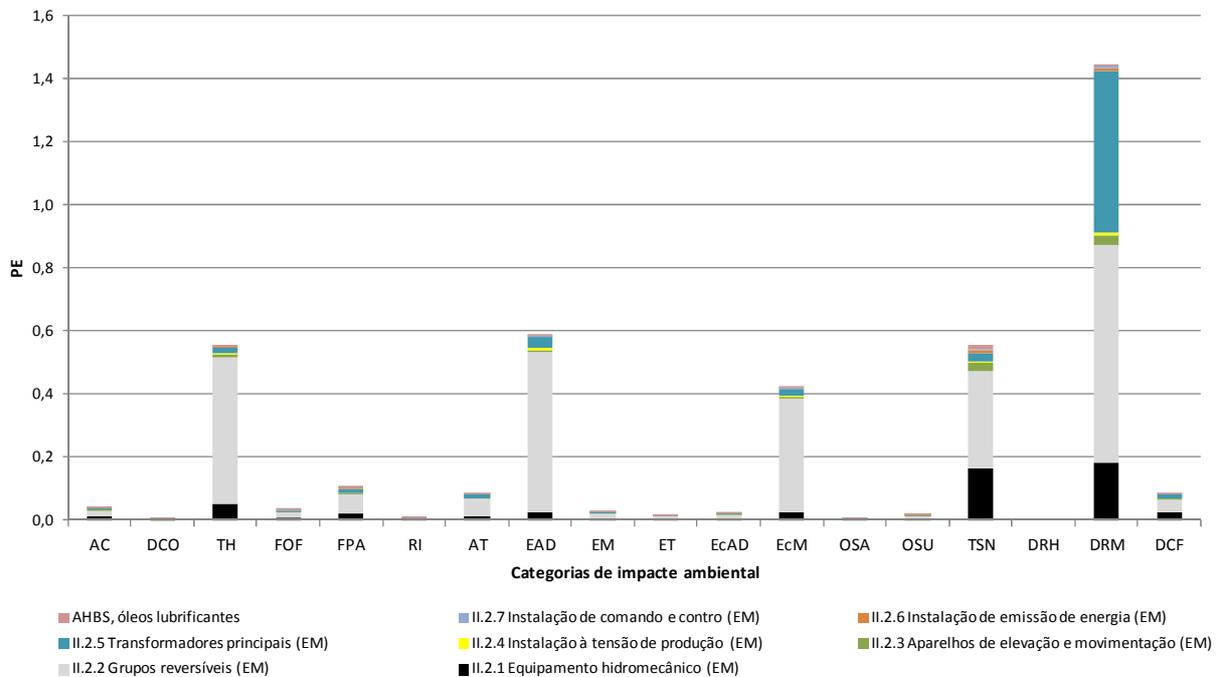


Figura 6.8 - Impactes da Fase de Construção por GWh – Contributo de diferentes equipamentos electromecânicos do escalão de montante (Modelo BAU, Normalização)

Notas: Valores de normalização de um cidadão médio europeu (ano 2000).

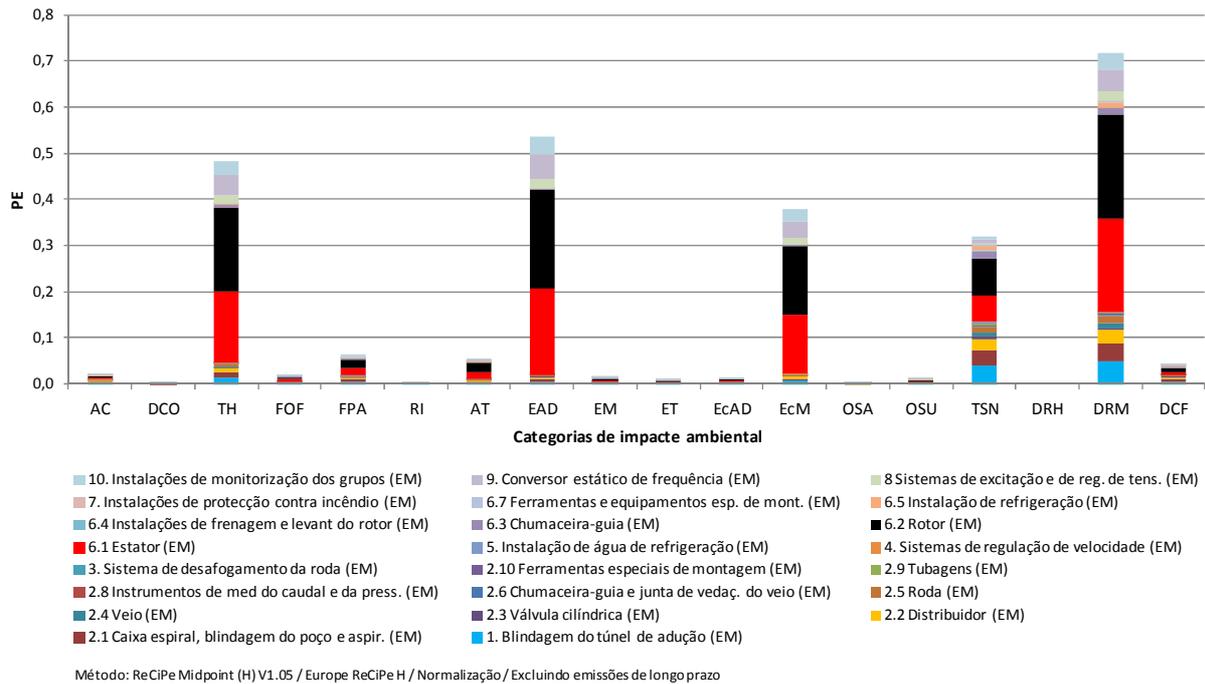


Figura 6.9 - Impactes da Fase de Construção por GWh – Contributo de diferentes componentes dos grupos reversíveis do escalão de montante (Modelo BAU, Normalização)

Notas: Valores de normalização de um cidadão médio europeu (ano 2000).

6.2.1.3 Impactes na Fase de Operação

Sistema ABS

A fase de operação é responsável pela maior parte do impacte ambiental do AHBS. O impacte ambiental advém do consumo de energia eléctrica da Rede Eléctrica Nacional (REN) para bombagem (função de reserva de energia), uso do solo e água das albufeiras e necessidades de reinvestimento de infra-estruturas e outros consumos e emissões. Adicionalmente, são ainda de considerar as emissões que ocorrem devido à criação das albufeiras a montante dos escalões, nomeadamente as emissões de GEE.

Verifica-se que dos itens mencionados, o mais relevante é o consumo de electricidade para bombagem, que domina não só os restantes impactes da fase de operação, mas igualmente os impactes do AHBS gerados ao longo do seu ciclo de vida (ver resultados do cenário BAU presentes na tabela 6.3). Este resultado é transversal aos vários modelos energéticos considerados, sendo que na figura 6.10 se apresenta o exemplo do modelo BAU.

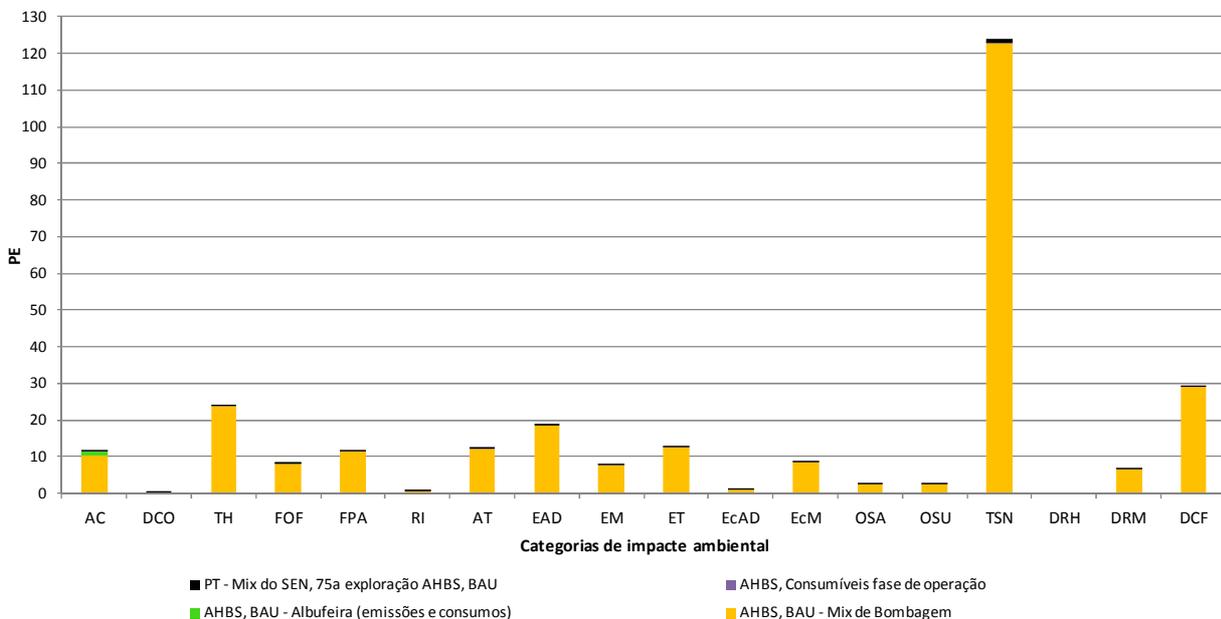
Dos restantes itens considerados, as emissões de gases com efeito de estufa das albufeiras dos 2 escalões do AHBS contribuem apenas para o impacte ambiental nas categorias alterações climáticas e formação de oxidantes fotoquímicos devido à libertação de metano para atmosfera (ver figura 6.11).

Nos parágrafos seguintes desagregam-se os impactes da fase de operação do AHBS nas suas várias componentes.

Tabela 6.3 - Impactes Ambientais da Fase de Operação do Sistema AHBS – Cenário BAU (Caracterização)

Categoria	Unidade	Total	Por GWh
Alterações climáticas	kg CO2 eq	4.1E+09	1.4E+05
Depleção da camada de ozono	kg CFC-11 eq	2.6E+02	8.5E-03
Toxicidade humana	kg 1,4-DB eq	4.7E+08	1.5E+04
Formação de oxidantes fotoquímicos	kg NMVOC	1.4E+07	4.7E+02
Formação de partículas atmosféricas	kg PM10 eq	5.7E+06	1.9E+02
Radiação ionizante	kg U235 eq	1.2E+08	4.0E+03
Acidificação terrestre	kg SO2 eq	1.4E+07	4.4E+02
Eutrofização de águas doces	kg P eq	2.5E+05	8.2E+00
Eutrofização marinha	kg N eq	4.9E+06	1.6E+02
Ecotoxicidade terrestre	kg 1,4-DB eq	3.2E+06	1.1E+02
Ecotoxicidade de águas doces	kg 1,4-DB eq	4.4E+05	1.5E+01
Ecotoxicidade marinha	kg 1,4-DB eq	2.4E+06	7.9E+01
Ocupação de solos agrícolas	m2a	3.5E+08	1.2E+04
Ocupação de solos urbanos	m2a	3.3E+07	1.1E+03
Transformação de solos naturais	m2	6.6E+05	2.2E+01
Depleção de recursos hídricos	m3	2.3E+07	7.4E+02
Depleção de recursos metálicos	kg Fe eq	2.1E+08	7.0E+03
Depleção de combustíveis fósseis	kg oil eq	1.5E+09	5.0E+04

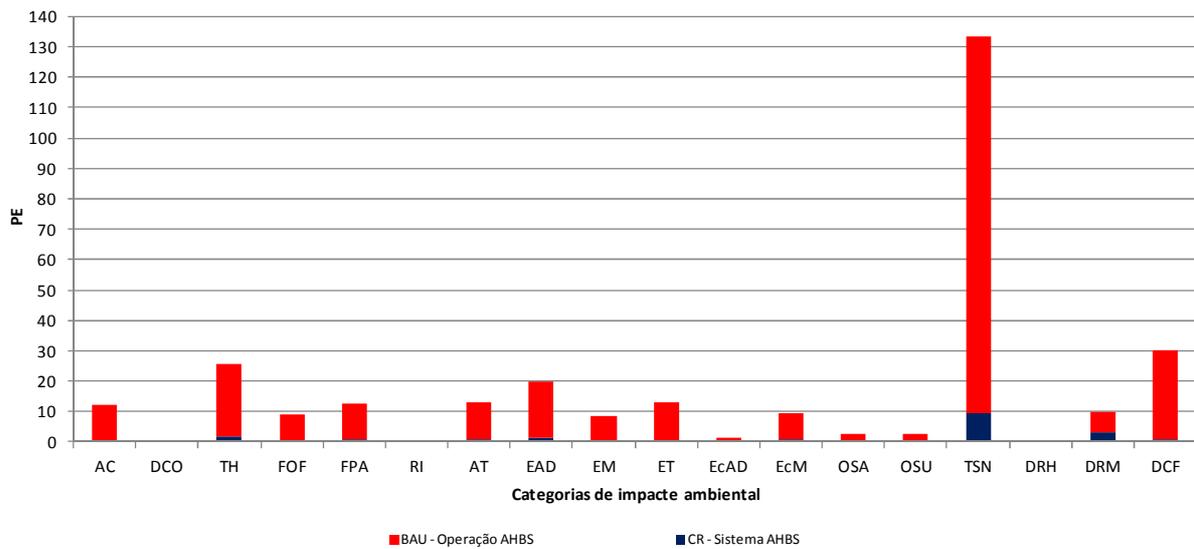
Notas: Modelo ReCiPe, Midpoint (H) V1.05. Valores por GWh com base no cenário BAU.



Método: ReCiPe Midpoint (H) V1.05 / Europe ReCiPe H / Normalização / Excluindo emissões de longo prazo

Figura 6.10 - Impactes da Fase de Operação por GWh (Modelo BAU, Normalização)

Notas: Valores de normalização de um cidadão médio europeu (ano 2000).



Método: ReCiPe Midpoint (H) V1.05 / Europe ReCiPe H / Normalização / Excluindo emissões de longo prazo

Figura 6.11 - Impactes da Fase de Operação por GWh – Importância da bombagem face aos restantes processos do CV (Modelo BAU, Normalização)

Notas: Valores de normalização de um cidadão médio europeu (ano 2000).

Consumo de electricidade em bombagem. A função de reserva de energia do AHBS advém da capacidade de reversibilidade das turbinas utilizadas, que permitem bombear água de jusante para montante através do consumo de energia eléctrica.

Tendo em conta os modelos de exploração desenvolvidos para o AHBS pelo IST (modelos BAU, BAU low Carbon e SIH), a função de reserva de energia assume especial importância, sendo que uma parte substancial da energia produzida pelo AHBS será proveniente de água previamente bombada de jusante para montante dos 2 escalões que compõem o aproveitamento (ver documento anexo ao presente relatório).

Para além da quantidade de electricidade consumida, o outro aspecto importante que determina a magnitude e as características do impacte ambiental resultante do consumo de electricidade é a sua proveniência, ou seja o *mix* de electricidade consumida, que é diferente do *mix* médio do SEN, devido às condições específicas de exploração do AHBS.

A estimativa da quantidade de electricidade consumida em bombagem, bem como a proveniência dessa electricidade varia consoante o modelo de energético considerado, pelo que a magnitude e a origem do impacte ambiental varia igualmente consoante o modelo.

A título de exemplo, considerando o modelo BAU, verifica-se que a maior parte do impacte ambiental resultante do consumo de electricidade para bombagem é proveniente da produção de electricidade em centrais térmicas, com especial relevo para o carvão, mesmo considerando a introdução da tecnologia de *Carbon Capture and Storage (CCS)* (ver figura 6.13).

Por outro lado, é de realçar que para o cenário referido, na quase totalidade das categorias de impacte ambiental, o *mix* de produção de electricidade consumida no AHBS apresenta menor impacte que o estimado para o *mix* de produção do SEN em 2009, conforme se apresenta na figura 6.12.

Este resultado deve-se sobretudo a uma maior intensidade de consumo de energia renovável para bombagem por parte do AHBS face ao *mix* médio de produção do SEN em 2009.

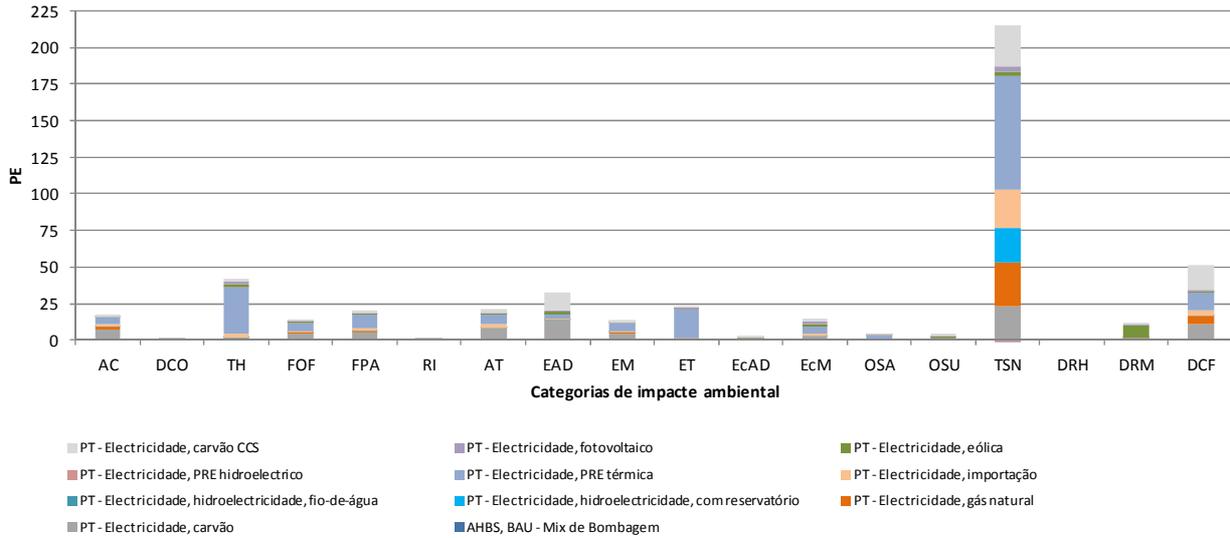


Figura 6.13 - Impactes da fase de Operação por GWh – Bombagem, origem do mix (Modelo BAU, Normalização)

Notas: Valores de normalização de um cidadão médio europeu (ano 2000).

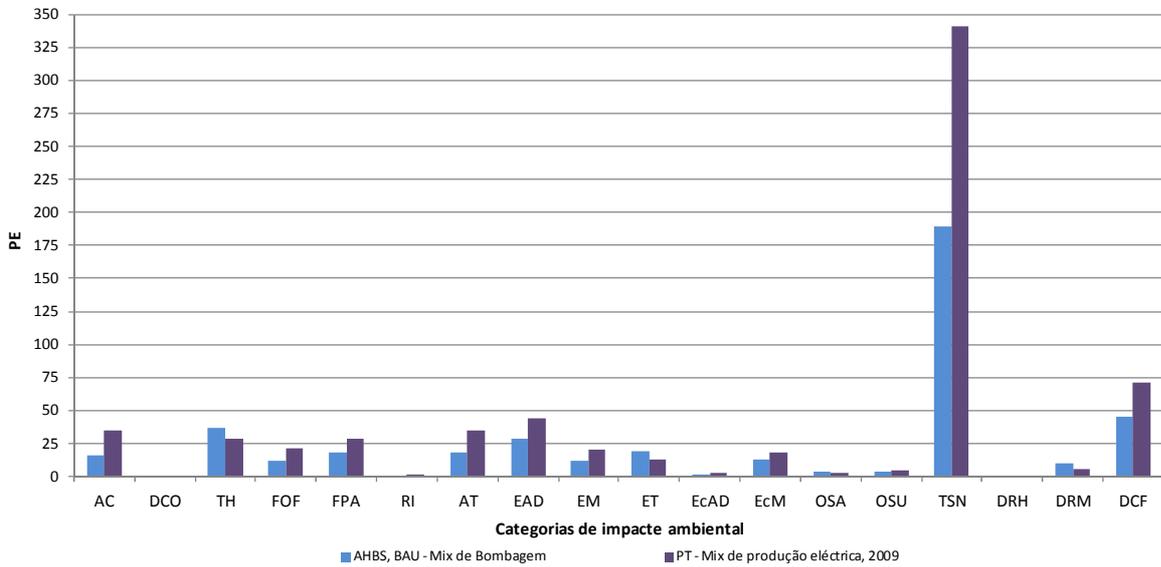


Figura 6.12 - Impactes da Fase de Operação – Comparação do mix de bombagem do AHBS com o mix de produção do SEN 2009 (Modelo BAU, Normalização)

Notas: Valores de normalização de um cidadão médio europeu (ano 2000).

Albufeiras (emissões e recursos). A existência de albufeiras artificiais a montante das barragens, que têm como intuito o armazenamento de água para utilização posterior para produção de energia eléctrica origina, pela sua natureza, impactes ambientais que devem ser contabilizados na ACV. Os impactes considerados no presente estudo são da seguinte natureza:

- Emissão de gases com efeito de estufa resultante das condições anaeróbicas presentes na albufeira.
- Uso do solo (zona inundada).
- Uso da água (para produção de energia eléctrica).
- Transformação de energia potencial em energia cinética (com a resultante degradação energética).

Em termos da emissão de gases com efeito de estufa, a literatura existente aponta para que o resultado do impacte ambiental dos aproveitamentos hidroeléctricos no seu ciclo de vida possa ser sensível em relação às emissões de GEE resultantes da criação de albufeiras, sobretudo em barragens com reservatório, situadas em climas quentes e com água com grande carga orgânica (proveniente de montante ou preexistente na área inundada – e.g. biomassa não removida aquando da construção da barragem).

No caso do AHBS, não existem actualmente dados que permitam estimar especificamente as emissões de GEE das albufeiras dos escalões de montante e jusante, dadas as suas características físicas, localização (clima) e conteúdo orgânico presente na água do rio Sabor.

No entanto, apesar do clima na região do AHBS apresentar verões quentes, tendo em consideração que o conteúdo orgânico presente nas albufeiras é relativamente reduzido dado que, por um lado, procedeu-se à desmatação da área das albufeiras com remoção do coberto vegetal e, por outro, a bacia hidrográfica do rio Sabor tem um nível reduzido de actividade agrícola, biomassa vegetal e fontes antropogénicas de poluição orgânica, é de esperar que as emissões resultantes da criação das albufeiras sejam reduzidas, sobretudo quando comparadas com as emissões estimadas em albufeiras de países tropicais, onde tipicamente não existe remoção prévia do coberto vegetal.

Por outro lado, é necessário ter igualmente em conta que a jusante do AHBS já existe uma série de lagos artificiais (“cascata de barragens do rio Douro”). Neste contexto, parte dos GEE emitidos fisicamente nas albufeiras do AHBS devido à degradação da matéria orgânica presente do rio Sabor, seriam de qualquer forma emitidos a jusante nas albufeiras do Douro, pelo que qualquer análise que tenha como objectivo quantificar especificamente as emissões GEE atribuídas à construção do AHBS deve ter esse facto em consideração.

Não existindo informações concretas sobre o nível de emissões de GEE esperadas para o ciclo de vida do AHBS, por forma a avaliar o potencial contributo deste processo para o impacte ambiental do ciclo de vida do AHBS, recorreu-se a literatura existente de casos de estudo de barragens e lagos naturais situados em zonas temperadas, para o estabelecimento de um cenário de referência para esse fim.

Neste sentido, com base na análise bibliográfica realizada e que está patente no anexo B, considerou-se um factor de emissão de 8,36 g CH₄/m².ano, o que representa um valor de 621 kg de CH₄/GWh. Face à reduzida carga orgânica presente no rio Baixo Sabor, o cenário de referência pode inclusive ser bastante conservador, devendo as emissões reais ser mais reduzidas, embora não seja possível comprovar esse facto.

Os dados bibliográficos existentes apresentam uma variância bastante elevada, devido não só à diversidade de características das barragens estudadas, mas igualmente à incerteza científica que ainda existe em redor deste tema, o que tem despoletado o desenvolvimento de vários projectos científicos, um dos quais da UNESCO/IHA, que ainda decorre (UNESCO/IHA, 2009).

Deste modo, na tabela 6.4 apresenta-se a estimativa conservadora para as emissões totais de GEE e por GWh de electricidade gerada pelo AHBS. De referir que o valor total não depende dos modelos energéticos de referência (porque este dependem do factor de emissão por área), já no que respeita ao valor por GWh produzido, este é ligeiramente diferente dado que a estimativa de produção de electricidade é diferente entre os três modelos energéticos desenvolvidos.

Tabela 6.4 - Emissão estimada de GEE das Albufeiras Durante a Fase de Exploração do AHBS (Caracterização)

Categoria	Unidade	Total	Por GWh
Alterações climáticas	kg CO ₂ eq	4.2E+08	1.4E+04
Formação de oxidantes fotoquímicos	kg NMVOC	1.9E+05	6.3E+00

Tendo em conta o cenário de referência BAU, verifica-se que no total, as emissões de GEE das albufeiras representam apenas 5,7% do impacte global do AHBS nesta categoria – alterações climáticas.

As emissões de metano das albufeiras contribuem igualmente para o impacte na categoria de formação de oxidantes fotoquímicos, sendo que o valor emitido representa 1,3% das emissões totais do AHBS nesta categoria.

Este resultado indica que, mesmo tendo em consideração a incerteza científica existente as emissões de GEE pelas albufeiras do AHBS, são de uma ordem de grandeza abaixo das emissões totais do ciclo de vida do AHBS.

Substituição de equipamentos electromecânicos e manutenção de infra-estruturas

Tendo em conta os dados históricos da EDP, a manutenção das infra-estruturas durante a operação do AHBS foi considerada desprezável. Quanto aos impactes resultantes da substituição de equipamentos, estes foram considerados ao nível das diversas componentes do AHBS (ver capítulo 6.2.1.2)

Outros consumos e emissões

Foram considerados os consumos auxiliares durante a operação do AHBS. Os impactes associados são relativamente desprezáveis, dado que se estima que os consumos auxiliares representem apenas 0,52% da produção eléctrica do AHBS.

Já no que respeita aos consumíveis na fase de operação, trata-se de fluxos de materiais (e.g. lubrificantes) e energéticos (gasóleo) insignificantes (ver figura 6.13).

Produção de electricidade para a REN

O efeito da produção de electricidade para a Rede Eléctrica Nacional é contabilizado no capítulo 6.2.2 (“Benefícios Ambientais”)

6.2.1.4 Impactes na Fase de Fim de Vida

Devido à inexistência de dados, a fase de fim de vida das infra-estruturas e equipamentos foi excluída das fronteiras do sistema modelado e portanto da avaliação realizada.

6.2.1.5 Avaliação comparativa do desempenho ambiental do Aproveitamento Hidroeléctrico do Baixo Sabor com outras soluções alternativas de produção de energia eléctrica

A opção zero, ou seja, a evolução do actual Sistema Eléctrico Nacional (SEN) sem a concretização AHBS

Para dar resposta a uma das aplicações pretendidas para o estudo, integrada num dos seus objectivos secundários, efectuou-se uma avaliação onde se comparou os impactes ambientais gerados pelo AHBS ao longo do seu horizonte de projecto com a opção zero, ou seja, a evolução do actual Sistema Eléctrico Nacional (SEN) sem a concretização AHBS.

Verifica-se que para os modelos energéticos utilizados os cenários de referência do AHBS apresentam em qualquer categoria de impacte ambiental um desempenho ambiental mais favorável que o desempenho médio do SEN, que integra o *mix* médio ponderado representativo de tecnologias renováveis e não renováveis estimadas para o período de funcionamento do AHBS.

Na figura 6.14 ilustra-se a comparação efectuada, utilizando para o efeito os resultados do modelo BAU, mas cujos resultados são transversais aos modelos BAU low carbon e SIH.

Outras soluções tecnológicas, considerando a evolução marginal do sistema electroprodutor nacional

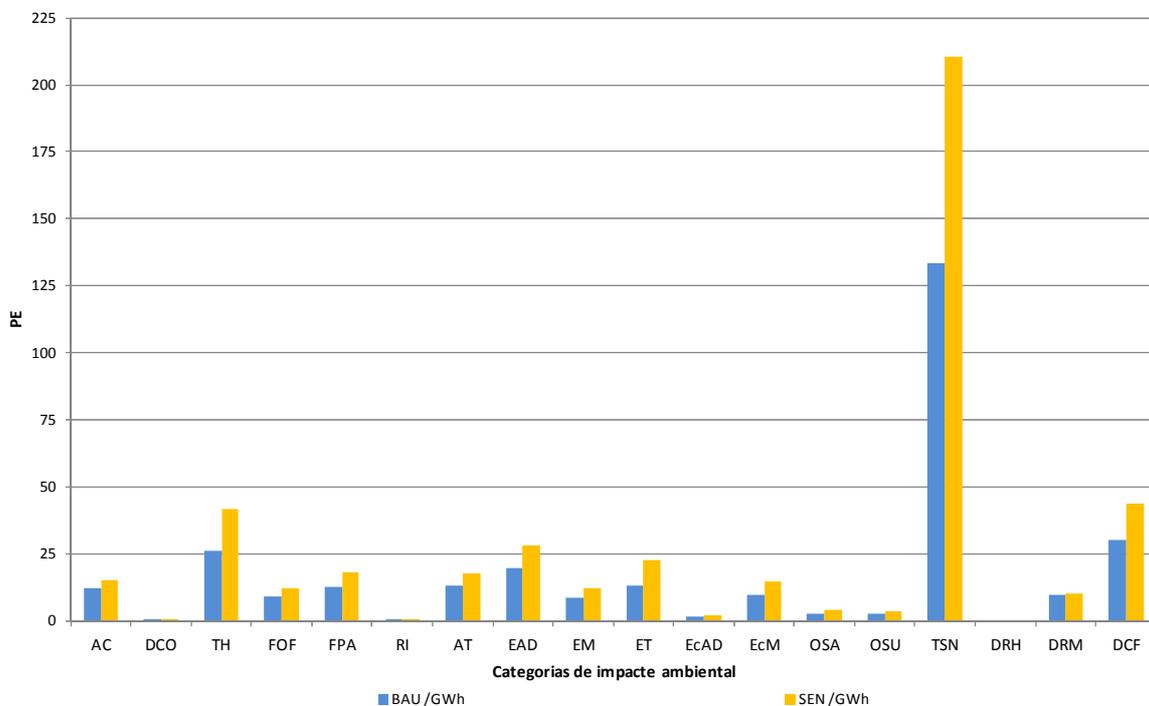
Para além da comparação com a opção zero, realizou-se uma comparação entre os impactes do AHBS e outras soluções tecnológicas de produção de electricidade, quer de carácter renovável quer de carácter não renovável. Nas figuras 6.15 e 6.16 ilustra-se a comparação dos resultados obtidos para o AHBS considerando os três modelos energéticos e os resultados obtidos para a geração equivalente de electricidade por outras soluções.

Comparativamente às tecnologias de produção não renováveis baseadas em combustíveis fósseis, verifica-se que o AHBS apresenta melhor desempenho em grande parte das categorias de impacte e vários modelos energéticos considerados.

Este resultado deve-se principalmente a, por um lado, o AHBS utilizar uma quantidade significativa de água proveniente do rio Sabor para a produção de electricidade (produção essa que tem associada um reduzido impacte ambiental comparativo) e, por outro, mesmo tendo em conta o efeito das eficiências de conversão de energia, no caso da produção de electricidade associada à bombagem prévia (função de reserva de energia), a electricidade consumida para o efeito apresentar um *mix* de origem com uma fracção de fontes renováveis significativa.

Já no que concerne à comparação com soluções de produção renováveis, o AHBS apresenta, como seria de esperar, impactes ambientais geralmente superiores a estas soluções por unidade de energia produzida, dado que a sua produção tem origem parcialmente em água previamente bombada, como referido anteriormente, que requer o consumo de electricidade parcialmente baseado em combustíveis fósseis, e que tem adicionalmente associada uma fracção relevante de energia dissipada, na conjugação das eficiências do processos de bombagem e turbinagem.

De referir igualmente que, caso se considerasse um regime de exploração para o AHBS sem recurso a bombagem, o impacte ambiental do aproveitamento por GWh seria bastante menor, equiparando-se ao nível das restantes tecnologias apresentadas na figura 6.16, embora tal significasse igualmente que o nível total de produção de electricidade do AHBS se reduziria e este aproveitamento, que deixaria de desempenhar a função de reserva de energia, ou seja, de potenciar o aproveitamento da energia proveniente de outras fontes renováveis e igualmente a possibilidade de ser utilizado para substituir parcialmente tecnologias baseadas em combustíveis fósseis.



Método: ReCIpe Midpoint (H) V1.05 / Europe ReCIpe H / Normalização / Excluindo emissões de longo prazo

Figura 6.14 - Comparação dos impactes do AHBS com os impactes médios do SEN por GWh (Modelo BAU, Normalização)

Notas: Valores de normalização de um cidadão médio europeu (ano 2000).

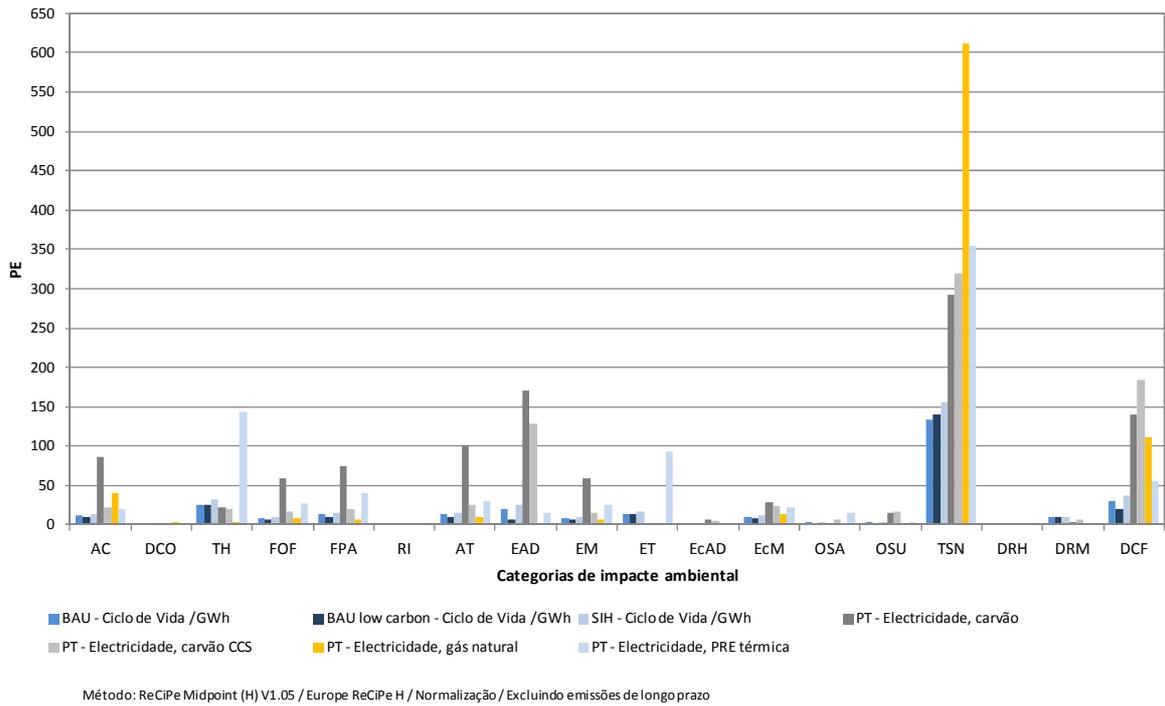


Figura 6.15 - Comparação dos impactes do AHBS com outras soluções tecnológicas não renováveis por GWh (Normalização)

Notas: Valores de normalização de um cidadão médio europeu (ano 2000).

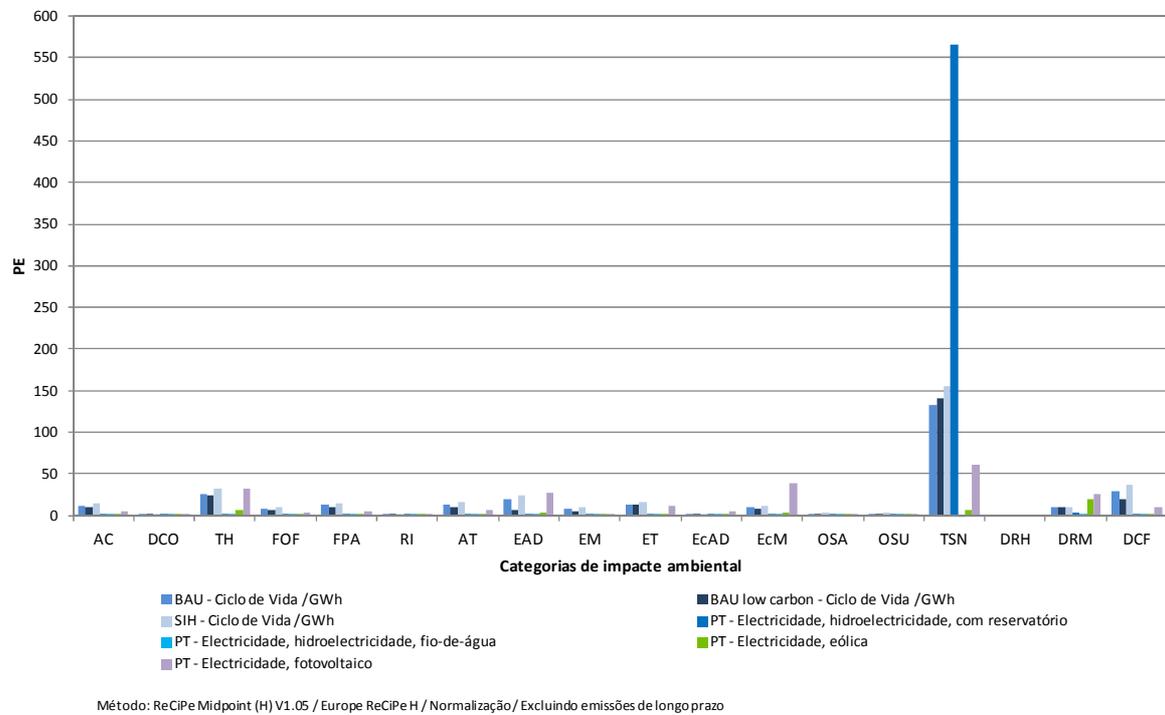


Figura 6.16 - Comparação dos impactes do AHBS com outras soluções tecnológicas renováveis por GWh (BAU, BAU low carbon, SIH, Normalização)

Notas: Valores de normalização de um cidadão médio europeu (ano 2000).

6.2.2 Benefícios ambientais

O crédito ambiental do AHBS advém da venda de energia eléctrica à REN na fase de operação do AHBS, o que evita a sua produção por fontes alternativas.

O AHBS converte a energia potencial contida na água situada a montante de cada um dos escalões em energia cinética, aquando da passagem da água de uma cota mais elevada para uma cota mais baixa. Essa energia cinética é por sua vez convertida em energia eléctrica, que é vendida à Rede Eléctrica Nacional, evitando-se a produção de electricidade por fontes alternativas.

Neste contexto, o benefício ambiental desta energia advém da substituição da sua produção por fontes alternativas (emissões evitadas) e é função não só da magnitude de produção, mas igualmente do *mix* de substituição que resulta das condições de exploração do AHBS e igualmente do Sistema Eléctrico Nacional (SEN).

Deste modo, a estimativa do benefício ambiental do AHBS varia consoante o modelo energético utilizado, dado que estes diferem precisamente na estimativa do nível de produção e *mix* de substituição, visto que têm por base diferentes pressupostos.

Na tabela 6.5 e figura 6.17 apresenta-se a estimativa para os benefícios ambientais estimados de cada um dos modelos energéticos, por GWh de electricidade produzida.

De acordo com os resultados, verifica-se que não existe um cenário que domine os restantes, dado que a sua importância relativa varia consoante a categoria de impacto ambiental considerada.

A título de exemplo, no caso da categoria alterações climáticas, o modelo BAU apresenta por GWh produzido um resultado superior aos demais.

Tabela 6.5 - Benefícios Ambientais da Fase de Operação do Sistema AHBS por GWh (Caracterização)

Categoria	Unidade	BAU	BAU low carbon	SIH
		Por GWh	Por GWh	Por GWh
Alterações climáticas	kg CO ₂ eq	-5.2E+05	-3.5E+05	-5.0E+05
Depleção da camada de ozono	kg CFC-11 eq	-2.5E-02	-3.3E-02	-3.2E-02
Toxicidade humana	kg 1,4-DB eq	-1.0E+04	-1.2E+04	-9.7E+03
Formação de oxidantes fotoquímicos	kg NMVOC	-1.5E+03	-8.8E+02	-1.3E+03
Formação de partículas atmosféricas	kg PM ₁₀ eq	-5.1E+02	-3.5E+02	-4.5E+02
Radiação ionizante	kg U ₂₃₅ eq	-1.2E+04	-3.0E+04	-1.4E+04
Acidificação terrestre	kg SO ₂ eq	-1.6E+03	-1.0E+03	-1.4E+03
Eutrofização de águas doces	kg P eq	-3.8E+01	-1.8E+01	-3.0E+01
Eutrofização marinha	kg N eq	-5.0E+02	-2.9E+02	-4.4E+02
Ecotoxicidade terrestre	kg 1,4-DB eq	-2.4E+01	-5.5E+01	-2.8E+01
Ecotoxicidade de águas doces	kg 1,4-DB eq	-4.4E+01	-3.7E+01	-3.8E+01
Ecotoxicidade marinha	kg 1,4-DB eq	-1.8E+02	-1.5E+02	-1.7E+02
Ocupação de solos agrícolas	m ² a	-1.2E+04	-1.2E+04	-9.5E+03
Ocupação de solos urbanos	m ² a	-3.9E+03	-2.3E+03	-3.1E+03
Transformação de solos naturais	m ²	-6.4E+01	-6.9E+01	-7.0E+01
Depleção de recursos hídricos	m ³	-2.1E+03	-2.0E+03	-2.0E+03
Depleção de recursos metálicos	kg Fe eq	-3.5E+03	-4.7E+03	-3.4E+03
Depleção de combustíveis fósseis	kg oil eq	-2.2E+05	-1.8E+05	-2.1E+05

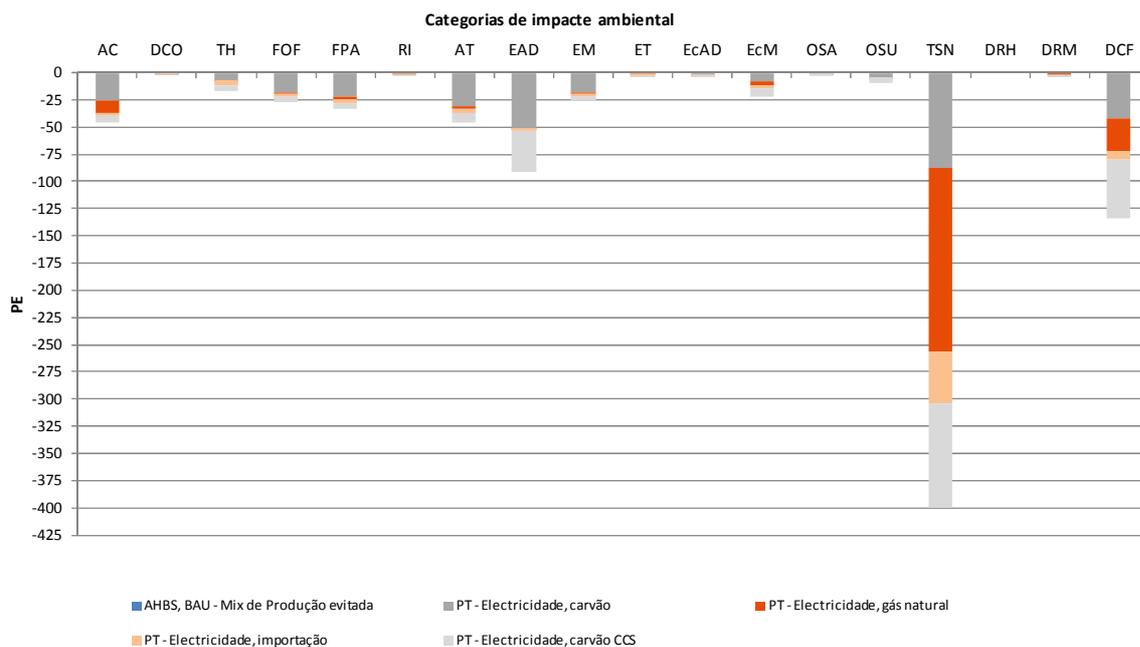


Figura 6.17 - Benefícios da Fase de Operação por GWh – Origem (Modelo BAU, Normalização)

Notas: Valores de normalização de um cidadão médio europeu (ano 2000).

6.2.3 Balanço ambiental

Em termos da avaliação do impacto global ao longo do Ciclo de Vida (CV) do Aproveitamento Hidroeléctrico do Baixo Sabor (AHBS), é necessário distinguir duas situações que foram já alvo de análise em subcapítulos anteriores:

- Impacte ambiental originado pelo aproveitamento.
- Benefício ambiental obtido pela venda de energia eléctrica à rede.

Neste sentido, de seguida discute-se o balanço ambiental do AHBS, contrapondo os impactes gerados pelo AHBS aos benefícios que advêm do aproveitamento.

Os modelos energéticos utilizados estimam em grande parte das categorias de impacto ambiental, benefícios ambientais do AHBS superiores aos impactes, pelo que o balanço global do AHBS é favorável ambientalmente, i.e., os impactes evitados são superiores aos gerados (ver tabela 6.6, tabela 6.7 e figura 6.18).

Exceptua-se, por exemplo, a categoria depleção dos recursos metálicos, sendo que a explicação para esse facto advém da electricidade consumida em bombagem ser proveniente de fontes renováveis, que são mais intensivas em termos de consumo de metal (e.g. fabrico de turbinas eólicas) que as centrais térmicas.

Se tomarmos como exemplo a categoria Alterações climáticas, verifica-se que para todos os cenários, o AHBS resulta numa poupança de emissões de GEE. Esta poupança varia entre 386 t CO_{2 eq}/GWh no cenário BAU e 245 t CO_{2 eq}/GWh no cenário BAU low carbon, o que significa no ciclo de vida uma poupança entre 12.630 kt CO_{2 eq} para o cenário SIH e 7.462 kt CO_{2 eq} para o cenário BAU low carbon.

No que respeita aos resultados da normalização, verifica-se o balanço ambiental é sempre favorável para a maior parte das categorias de impacto, nomeadamente as categorias transformação de solos naturais, depleção de combustíveis fósseis, formação de oxidantes fotoquímicos eutrofização de águas doces e alterações climáticas.

Tabela 6.6 - Balanço Ambiental do Sistema AHBS por GWh (Caracterização)

Categoria	Unidade	BAU			BAU low carbon			SIH		
		Balanço	Impacte	Benefício	Balanço	Impacte	Benefício	Balanço	Impacte	Benefício
Alterações climáticas	kg CO _{2 eq}	-3,9E+05	1,4E+05	-5,2E+05	-2,4E+05	1,0E+05	-3,5E+05	-3,5E+05	1,6E+05	-5,0E+05
Depleção da camada de ozono	kg CFC-11 eq	-1,6E-02	8,5E-03	-2,5E-02	-2,2E-02	1,1E-02	-3,3E-02	-2,2E-02	1,0E-02	-3,2E-02
Toxicidade humana	kg 1,4-DB eq	5,0E+03	1,5E+04	-1,0E+04	2,5E+03	1,5E+04	-1,2E+04	9,2E+03	1,9E+04	-9,7E+03
Formação de oxidantes fotoquímicos	kg NMVOC	-9,8E+02	4,7E+02	-1,5E+03	-5,4E+02	3,4E+02	-8,8E+02	-7,3E+02	5,7E+02	-1,3E+03
Formação de partículas atmosféricas	kg PM ₁₀ eq	-3,2E+02	1,9E+02	-5,1E+02	-2,0E+02	1,5E+02	-3,5E+02	-2,2E+02	2,3E+02	-4,5E+02
Radiação ionizante	kg U ₂₃₅ eq	-7,8E+03	4,0E+03	-1,2E+04	-2,3E+04	7,7E+03	-3,0E+04	-9,4E+03	4,7E+03	-1,4E+04
Acidificação terrestre	kg SO ₂ eq	-1,1E+03	4,4E+02	-1,6E+03	-6,7E+02	3,2E+02	-1,0E+03	-8,4E+02	5,4E+02	-1,4E+03
Eutrofização de águas doces	kg P eq	-3,0E+01	8,2E+00	-3,8E+01	-1,6E+01	2,7E+00	-1,8E+01	-1,9E+01	1,0E+01	-3,0E+01
Eutrofização marinha	kg N eq	-3,4E+02	1,6E+02	-5,0E+02	-1,8E+02	1,1E+02	-2,9E+02	-2,4E+02	1,9E+02	-4,4E+02
Ecotoxicidade terrestre	kg 1,4-DB eq	8,2E+01	1,1E+02	-2,4E+01	5,2E+01	1,1E+02	-5,5E+01	1,0E+02	1,3E+02	-2,8E+01
Ecotoxicidade de águas doces	kg 1,4-DB eq	-3,0E+01	1,5E+01	-4,4E+01	-2,6E+01	1,1E+01	-3,7E+01	-2,0E+01	1,8E+01	-3,8E+01
Ecotoxicidade marinha	kg 1,4-DB eq	-1,0E+02	7,9E+01	-1,8E+02	-8,4E+01	6,9E+01	-1,5E+02	-7,2E+01	9,5E+01	-1,7E+02
Ocupação de solos agrícolas	m ² a	-3,5E+02	1,2E+04	-1,2E+04	-1,7E+03	1,0E+04	-1,2E+04	5,0E+03	1,5E+04	-9,5E+03
Ocupação de solos urbanos	m ² a	-2,8E+03	1,1E+03	-3,9E+03	-1,8E+03	5,5E+02	-2,3E+03	-1,7E+03	1,4E+03	-3,1E+03
Transformação de solos naturais	m ²	-4,3E+01	2,2E+01	-6,4E+01	-4,6E+01	2,3E+01	-6,9E+01	-4,5E+01	2,5E+01	-7,0E+01
Depleção de recursos hídricos	m ³	-1,4E+03	7,4E+02	-2,1E+03	-1,3E+03	6,4E+02	-2,0E+03	-1,1E+03	8,7E+02	-2,0E+03
Depleção de recursos metálicos	kg Fe eq	3,5E+03	7,0E+03	-3,5E+03	2,4E+03	7,1E+03	-4,7E+03	4,2E+03	7,6E+03	-3,4E+03
Depleção de combustíveis fósseis	kg oil eq	-1,7E+05	5,0E+04	-2,2E+05	-1,4E+05	3,3E+04	-1,8E+05	-1,4E+05	6,3E+04	-2,1E+05

Tabela 6.7 - Balanço Ambiental do Sistema AHBS no CV (Caracterização)

Categoria	Unidade	BAU			BAU low carbon			SIH		
		Balanço	Impacte	Benefício	Balanço	Impacte	Benefício	Balanço	Impacte	Benefício
Alterações climáticas	kg CO ₂ eq	-1,2E+10	4,1E+09	-1,6E+10	-7,5E+09	3,2E+09	-1,1E+10	-1,3E+10	5,8E+09	-1,8E+10
Depleção da camada de ozono	kg CFC-11 eq	-5,0E+02	2,6E+02	-7,6E+02	-6,7E+02	3,3E+02	-1,0E+03	-7,8E+02	3,7E+02	-1,2E+03
Toxicidade humana	kg 1,4-DB eq	1,5E+08	4,7E+08	-3,2E+08	7,7E+07	4,5E+08	-3,8E+08	3,3E+08	6,9E+08	-3,5E+08
Formação de oxidantes fotoquímicos	kg NMVOC	-3,0E+07	1,4E+07	-4,4E+07	-1,6E+07	1,0E+07	-2,7E+07	-2,6E+07	2,1E+07	-4,7E+07
Formação de partículas atmosféricas	kg PM ₁₀ eq	-9,7E+06	5,7E+06	-1,5E+07	-6,1E+06	4,6E+06	-1,1E+07	-8,2E+06	8,3E+06	-1,6E+07
Radiação ionizante	kg U ₂₃₅ eq	-2,4E+08	1,2E+08	-3,6E+08	-6,9E+08	2,4E+08	-9,3E+08	-3,4E+08	1,7E+08	-5,1E+08
Acidificação terrestre	kg SO ₂ eq	-3,4E+07	1,4E+07	-4,8E+07	-2,1E+07	9,9E+06	-3,0E+07	-3,1E+07	2,0E+07	-5,0E+07
Eutrofização de águas doces	kg P eq	-9,0E+05	2,5E+05	-1,2E+06	-4,8E+05	8,2E+04	-5,6E+05	-7,0E+05	3,8E+05	-1,1E+06
Eutrofização marinha	kg N eq	-1,0E+07	4,9E+06	-1,5E+07	-5,4E+06	3,4E+06	-8,8E+06	-8,9E+06	7,1E+06	-1,6E+07
Ecotoxicidade terrestre	kg 1,4-DB eq	2,5E+06	3,2E+06	-7,4E+05	1,6E+06	3,3E+06	-1,7E+06	3,8E+06	4,9E+06	-1,0E+06
Ecotoxicidade de águas doces	kg 1,4-DB eq	-9,1E+05	4,4E+05	-1,4E+06	-7,8E+05	3,4E+05	-1,1E+06	-7,3E+05	6,4E+05	-1,4E+06
Ecotoxicidade marinha	kg 1,4-DB eq	-3,1E+06	2,4E+06	-5,5E+06	-2,6E+06	2,1E+06	-4,7E+06	-2,6E+06	3,5E+06	-6,1E+06
Ocupação de solos agrícolas	m ² a	-1,1E+07	3,5E+08	-3,6E+08	-5,2E+07	3,1E+08	-3,6E+08	1,8E+08	5,3E+08	-3,5E+08
Ocupação de solos urbanos	m ² a	-8,6E+07	3,3E+07	-1,2E+08	-5,5E+07	1,7E+07	-7,1E+07	-6,3E+07	4,9E+07	-1,1E+08
Transformação de solos naturais	m ²	-1,3E+06	6,6E+05	-2,0E+06	-1,4E+06	6,9E+05	-2,1E+06	-1,6E+06	9,1E+05	-2,5E+06
Depleção de recursos hídricos	m ³	-4,2E+07	2,3E+07	-6,5E+07	-4,0E+07	1,9E+07	-6,0E+07	-4,0E+07	3,2E+07	-7,2E+07
Depleção de recursos metálicos	kg Fe eq	1,1E+08	2,1E+08	-1,1E+08	7,5E+07	2,2E+08	-1,4E+08	1,5E+08	2,8E+08	-1,2E+08
Depleção de combustíveis fósseis	kg oil eq	-5,3E+09	1,5E+09	-6,8E+09	-4,4E+09	9,9E+08	-5,4E+09	-5,2E+09	2,3E+09	-7,5E+09

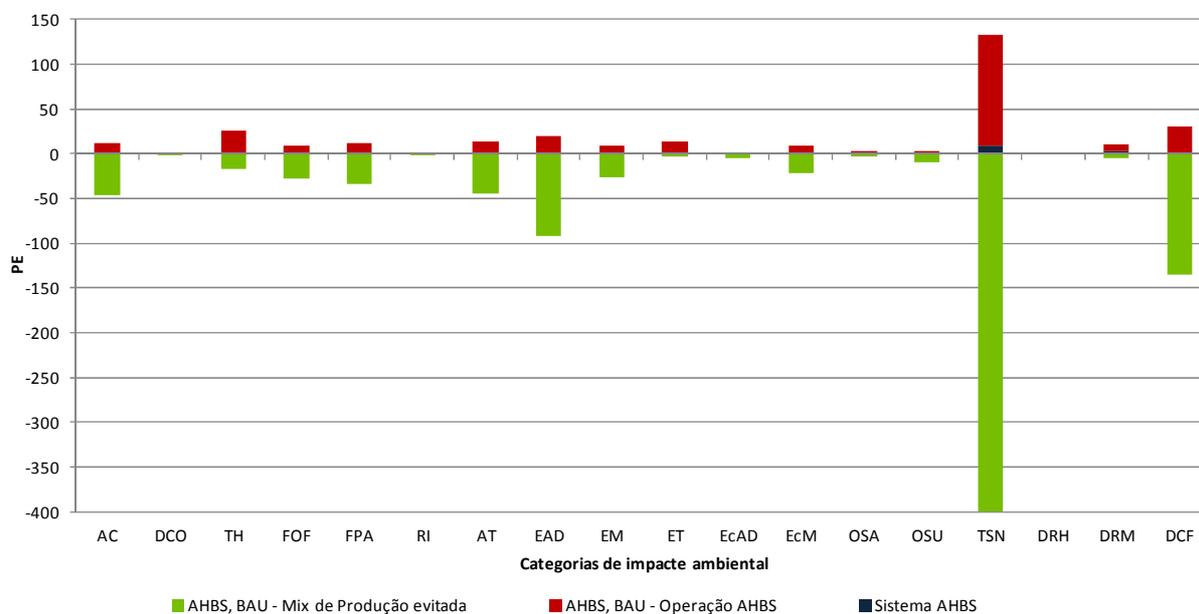


Figura 6.18 - Balanço Ambiental do AHBS (Modelo BAU, Normalização)

Notas: Valores de normalização de um cidadão médio europeu (ano 2000).

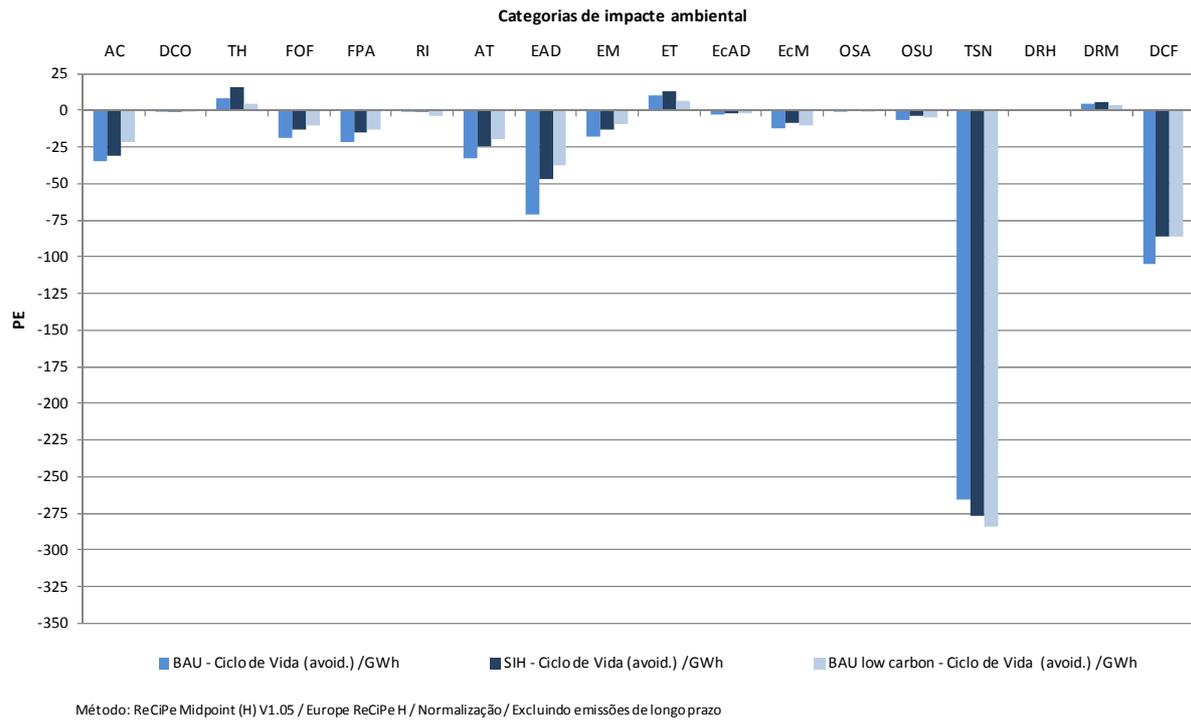


Figura 6.19 - Balanço Ambiental do AHBS por GWh (Modelo BAU, Normalização)

Notas: Valores de normalização de um cidadão médio europeu (ano 2000).

6.3 Método Cumulative Energy Demand

Nas tabela 6.8 e tabela 6.9 apresenta-se o balanço ambiental do AHBS com base no método de avaliação de impactes “Cumulative Energy Demand”, que avalia energeticamente o desempenho do sistema em energia primária (o que inclui a energia de alimentação - *embodied energy* e a energia necessária para extrair materiais da natureza, entre outros).

Verifica-se pela análise da tabela 6.8, tabela 6.9 e figura 6.20 que o AHBS permite poupar sobretudo recursos não renováveis e, em especial, combustíveis fósseis, ao mesmo tempo que apresenta um consumo de recursos renováveis (materiais, recursos energéticos, etc.) superior à substituição induzida pelo AHBS tendo em conta a energia eléctrica vendida à rede (*mix* de substituição de energia).

Se tomarmos como exemplo a categoria Não renovável, fóssil, verifica-se que para todos os modelos, o AHBS resulta numa poupança energia primária desta proveniência.

A poupança varia entre os 7,3 TJ /GWh no cenário BAU e 6,0 TJ/GWh no cenário SIH, o que significa no ciclo de vida uma poupança entre 222.391 TJ e 183.636 TJ.

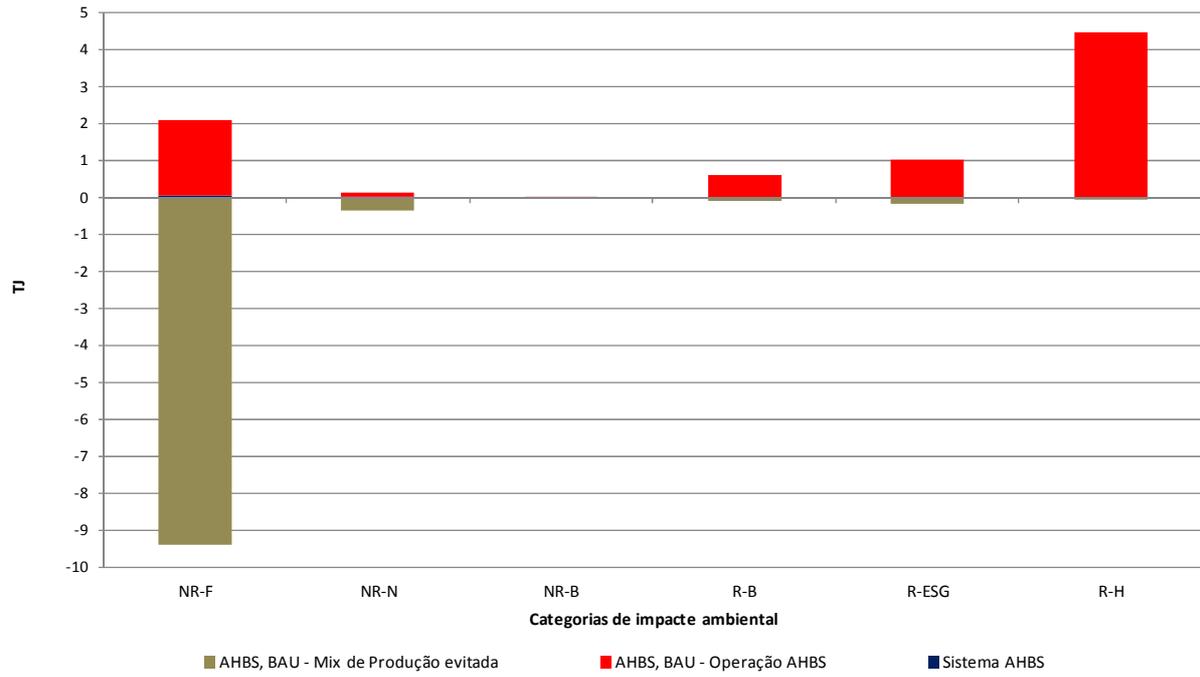
A relação energética entre os benefícios gerados e os impactes originados situa-se entre 1,5 e 5,4.

Tabela 6.8 - Balanço Ambiental do Sistema AHBS por GWh (Caracterização)

Categoria	Unidade	BAU			BAU low carbon			SIH		
		Balanço	Impacte	Benefício	Balanço	Impacte	Benefício	Balanço	Impacte	Benefício
Não renovável, fóssil	MJ eq	-7,3E+00	2,1E+06	-9,4E+06	-6,0E+00	1,4E+06	-7,4E+06	-6,0E+00	2,6E+06	-8,6E+06
Não renovável, nuclear	MJ eq	-2,4E+05	1,3E+05	-3,7E+05	-7,1E+05	2,4E+05	-9,6E+05	-2,9E+05	1,5E+05	-4,4E+05
Não renovável, biomassa	MJ eq	-1,5E+00	1,8E+00	-3,2E+00	-2,1E+00	1,9E+00	-4,0E+00	-1,7E+00	2,1E+00	-3,7E+00
Renovável, biomassa	MJ eq	5,2E+05	6,2E+05	-1,1E+05	3,4E+05	6,3E+05	-2,9E+05	6,6E+05	7,9E+05	-1,3E+05
Renovável, eólica solar geotérmica	MJ eq	8,5E+05	1,0E+06	-1,6E+05	5,4E+05	1,1E+06	-5,6E+05	1,0E+06	1,2E+06	-2,2E+05
Renovável, hídrica	MJ eq	4,4E+06	4,5E+06	-5,6E+04	4,4E+06	4,6E+06	-1,5E+05	4,4E+06	4,4E+06	-6,9E+04

Tabela 6.9 - Balanço Ambiental do Sistema AHBS no CV (Caracterização)

Categoria	Unidade	BAU			BAU low carbon			SIH		
		Balanço	Impacte	Benefício	Balanço	Impacte	Benefício	Balanço	Impacte	Benefício
Não renovável, fóssil	MJ eq	-2,2E+05	6,4E+10	-2,9E+11	-1,8E+05	4,2E+10	-2,3E+11	-2,2E+05	9,6E+10	-3,1E+11
Não renovável, nuclear	MJ eq	-7,3E+09	3,8E+09	-1,1E+10	-2,2E+10	7,4E+09	-2,9E+10	-1,1E+10	5,3E+09	-1,6E+10
Não renovável, biomassa	MJ eq	-4,5E+04	5,3E+04	-9,8E+04	-6,3E+04	5,8E+04	-1,2E+05	-6,0E+04	7,6E+04	-1,4E+05
Renovável, biomassa	MJ eq	1,6E+10	1,9E+10	-3,2E+09	1,0E+10	1,9E+10	-8,8E+09	2,4E+10	2,9E+10	-4,7E+09
Renovável, eólica solar geotérmica	MJ eq	2,6E+10	3,1E+10	-5,0E+09	1,6E+10	3,3E+10	-1,7E+10	3,7E+10	4,5E+10	-8,1E+09
Renovável, hídrica	MJ eq	1,3E+11	1,4E+11	-1,7E+09	1,4E+11	1,4E+11	-4,5E+09	1,6E+11	1,6E+11	-2,5E+09



Method: Cumulative Energy Demand V1.08 / Cumulative energy demand / Caracterização/ Excluindo emissões de longo prazo

Figura 6.20 - Balanço ambiental do AHBS – Modelo CED (BAU, Caracterização)

6.4 Método Ecological Footprint (Pegada Ecológica)

Na tabela 6.10 e tabela 6.11 apresenta-se o balanço ambiental do AHBS com base no método de avaliação de impactes “Ecological Footprint”, que avalia a área necessária para cumprir determinada função.

Das categorias consideradas, a mais interessante é a relativa ao dióxido de carbono, que avalia a área necessária para realizar o offset das emissões de carbono resultantes do ciclo de vida do sistema em análise (ecossistemas para o serviço de abate de poluição).

Verifica-se pela análise da tabela 6.10, tabela 6.11 e figura 6.21 que o AHBS, dado contribuir para a redução das emissões de dióxido de carbono para a atmosfera, permite uma poupança de área produtiva reservada para o offset das emissões.

A poupança obtida varia entre os 0,98 km².a/GWh no modelo BAU e 0,60 km².a/GWh no modelo BAU low carbon, o que anualmente significa uma poupança anual entre 398 km² e 244 km², respectivamente, o que representa entre 0,43% e 0,26% da área de Portugal e entre 0,12% e 0,19% da pegada ecológica nacional relativa às emissões de dióxido de carbono.

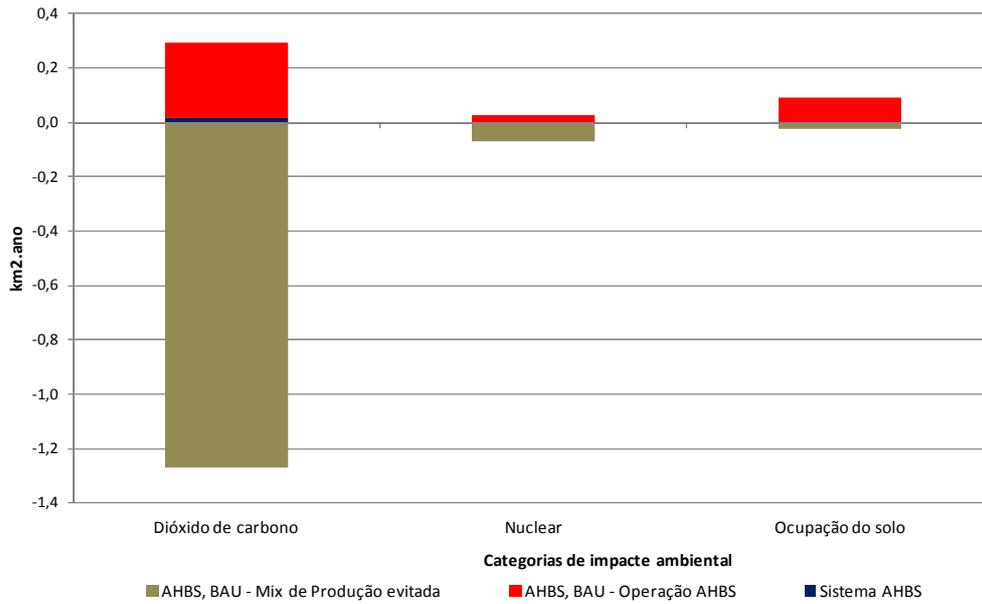
De referir que apesar de ser interessante, o uso deste método tem muitas limitações científicas, que estão relacionadas, por exemplo, com a exclusão de várias áreas da terra do cálculo da biocapacidade, falhas na alocação de espaço para as necessidades de espécies que não o Homem e utilização dos factores de produtividade agrícola (Venetoulis & Talberth, 2006).

Tabela 6.10– Balanço Ambiental do Sistema AHBS por GWh – Modelo EF (Caracterização)

Categoria	Unidade	BAU			BAU low carbon			SIH		
		Balanço	Impacte	Benefício	Balanço	Impacte	Benefício	Balanço	Impacte	Benefício
Dióxido de carbono	m ² a	-9,8E+05	2,9E+05	-1,3E+06	-6,0E+05	2,2E+05	-8,2E+05	-8,9E+05	3,5E+05	-1,2E+06
Nuclear	m ² a	-4,7E+04	2,5E+04	-7,1E+04	-1,4E+05	4,8E+04	-1,9E+05	-5,7E+04	2,8E+04	-8,6E+04
Ocupação do solo	m ² a	6,8E+04	9,4E+04	-2,6E+04	6,9E+04	9,1E+04	-2,2E+04	6,6E+04	8,6E+04	-2,0E+04

Tabela 6.11 – Balanço Ambiental do Sistema AHBS no CV - Modelo EF (Caracterização)

Categoria	Unidade	BAU			BAU low carbon			SIH		
		Balanço	Impacte	Benefício	Balanço	Impacte	Benefício	Balanço	Impacte	Benefício
Dióxido de carbono	m ² a	-3,0E+10	9,0E+09	-3,9E+10	-1,8E+10	6,8E+09	-2,5E+10	-3,2E+10	1,3E+10	-4,5E+10
Nuclear	m ² a	-1,4E+09	7,5E+08	-2,2E+09	-4,3E+09	1,5E+09	-5,7E+09	-2,1E+09	1,0E+09	-3,1E+09
Ocupação do solo	m ² a	2,1E+09	2,9E+09	-7,8E+08	2,1E+09	2,8E+09	-6,9E+08	2,4E+09	3,1E+09	-7,4E+08



Método: Cumulative Energy Demand V1.08 / Ecological Footprint / Caracterização / Excluindo emissões de longo prazo

Figura 6.21 - Balanço ambiental do AHBS – Modelo Ecological Footprint (BAU, Caracterização)

6.5 Considerações finais

6.5.1 Limitações dos Resultados da AICV e conclusões para a revisão/aprofundamento da avaliação

Como referido anteriormente, os resultados apresentados reflectem os cenários de referência desenvolvidos para análise do AHBS, nomeadamente os cenários BAU, SIH e BAU low carbon e os pressupostos e dados compilados tendo em conta o âmbito e objectivos do estudo.

6.5.2 Relação entre os Resultados da AICV e os Objectivos e Âmbito do Estudo

A análise realizada encontra-se fundamentalmente em linha com o previsto inicialmente, sendo que existem apenas desvios pontuais relacionados com a disponibilidade e representatividade e qualidade dos dados.

Estes não são no entanto impeditivos de os resultados da AICV serem utilizados para procurar dar resposta às aplicações pretendidas inicialmente para o estudo.

Neste contexto, a relação entre os resultados obtidos e as aplicações pretendidas é a seguinte:

1. Objectivo principal: Produzir informação sobre o desempenho ambiental do Aproveitamento Hidroeléctrico do Baixo Sabor (AHBS), que permita:
 - a. Produzir uma Tabela de Inventário (*ecoprofile*) do aproveitamento que apresente as principais entradas e saídas por unidade funcional -> ICV, capítulo 5.8.
 - b. Calcular a sua “pegada de carbono” estimada -> AICV, capítulos 6.2.1 a 6.2.3.
 - c. Verificar quais os aspectos (fases, processos unitários, categorias de impacte) mais relevantes em termos de impacte ambiental -> AICV, capítulos 6.2.1 a 6.2.3.

Objectivo secundário: Avaliar comparativamente o desempenho ambiental do Aproveitamento Hidroeléctrico do Baixo Sabor com outras soluções alternativas de produção de energia eléctrica, no quadro do Sistema Eléctrico Nacional (SEN), nomeadamente:

- d. A opção zero, ou seja, a evolução do actual Sistema Eléctrico Nacional (SEN) sem a concretização AHBS -> AICV, capítulo 6.2.1.5.

- e. Outras soluções tecnológicas, considerando a evolução marginal do sistema electroprodutor nacional -> AICV, capítulo 6.2.1.5.

No capítulo 7 efectua-se uma avaliação dos resultados obtidos tendo em conta vários critérios, de modo a se avaliar se as informações obtidas são suficientes para se alcançarem conclusões no contexto das aplicações pretendidas.

6.5.3 Relação dos Resultados da AICV e os Resultados de ICV

Os impactes ambientais por categoria de impacte advêm de uma diversidade bastante grande de substâncias e variam de categoria para categoria. No entanto, em termos gerais, com base nos resultados existentes, é possível afirmar que as principais substâncias consumidas que geram impacte ambiental são as seguintes:

- Carvão consumido indirectamente na produção de electricidade consumida em bombagem.
- Gás natural consumido indirectamente para produção de electricidade consumida em bombagem.
- Matérias-primas do cimento consumido no fabrico das infra-estruturas.
- Óxidos de ferro do aço consumido no fabrico das infra-estruturas e equipamentos electromecânicos.
- Petróleo utilizado para o fabrico de combustíveis utilizados directamente (construção das infra-estruturas) e indirectamente (transporte de matérias-primas e equipamentos) na fase de construção e indirectamente na fase de operação (transportes e produção eléctrica à base de fuelóleo de importação)

7 INTERPRETAÇÃO

7.1 Resultados

A interpretação dos resultados do Inventário de Ciclo de Vida (ICV) e da Avaliação de Impacte do Ciclo de Vida (AICV) foi realizada com base nos resultados do método ReCiPe para os modelos energéticos analisados e segundo os elementos metodológicos que se apresentam nos capítulos seguintes.

7.1.1 Identificação das Questões Significativas

7.1.1.1 Impactes ambientais do AHBS

As fases do ciclo de vida do AHBS mais relevantes, bem como as principais substâncias que contribuem para o impacte ambiental do AHBS são identificadas tendo em consideração os resultados obtidos para os cenários de referência, com base numa análise de pareto.

As categorias de impacte ambiental relevantes são identificadas tendo em consideração os resultados da normalização na fase de AICV.

Fases do ciclo de vida mais relevantes. Em termos das fases do ciclo de vida do AHBS, a que assume maior importância para o impacte ambiental do AHBS é a fase de operação, conforme se demonstra na tabela 7.1, que ilustra o contributo da fase de construção e operação para o impacte ambiental do ciclo de vida do AHBS, segundo os vários modelos energéticos considerados.

Na fase de operação é o consumo de electricidade para bombagem que é o aspecto mais significativo, sendo que para tal, o principal contributo advém do consumo de combustíveis fósseis, variando no entanto a importância relativa de cada uma das tecnologias fósseis consoante o modelo energético considerado.

Já na fase de construção, o aspecto mais significativo é a construção do escalão de montante, que é responsável por 60% a 74% do impacte total da fase de construção do AHBS nas diferentes categorias do modelo ReCiPe, enquanto o escalão de jusante apenas contribui entre 17% a 28% para o referido impacte.

Tabela 7.1 – Identificação das questões significativas para categorias de impacte seleccionadas

	Ab.	Unid.	BAU		BAU low carbon		SIH	
			C	O	C	O	C	O
Alterações climáticas	AC	kg CO ₂ eq	5%	95%	7%	93%	4%	96%
Depleção da camada de ozono	DCO	kg CFC-11eq			4%	96%	3%	97%
Toxicidade humana	TH	kg 1,4-DBeq	7%	93%	7%	93%	5%	95%
Formação de oxidantes fotoquímicos	FOF	kg NMVOC	7%	93%	9%	91%	5%	95%
Formação de partículas atmosféricas	FPA	kg PM10eq	7%	93%	9%	91%	5%	95%
Radiação ionizante	RI	kg U235eq	8%	92%	4%	96%	6%	94%
Acidificação terrestre	AT	kg SO ₂ eq	6%	94%	9%	91%	4%	96%
Eutrofização de águas doces	EAD	kg P _{eq}	6%	94%	19%	81%	4%	96%
Eutrofização marinha	EM	kg N _{eq}	6%	94%	9%	91%	4%	96%
Ecotoxicidade terrestre	ET	kg 1,4-DBeq	1%	99%	1%	99%	0%	100%
Ecotoxicidade de águas doces	EcAD	kg 1,4-DBeq	11%	89%	15%	85%	8%	92%
Ecotoxicidade marinha	EcM	kg 1,4-DBeq	11%	89%	13%	87%	8%	92%
Ocupação de solos agrícolas	OSA	m ² a	6%	94%	7%	93%	4%	96%
Ocupação de solos urbanos	OSU	m ² a	7%	93%	15%	85%	5%	95%
Transformação de solos naturais	TSN	m ²	7%	93%	7%	93%	5%	95%
Depleção de recursos hídricos	DRH	m ³	20%	80%	23%	77%	14%	86%
Depleção de recursos metálicos	DRM	kg Fe _{eq}	33%	67%	32%	68%	26%	74%
Depleção de combustíveis fósseis	DCF	kg oil _{eq}	3%	97%	4%	96%	2%	98%

Nota: Contributo para o impacte ambiental por categoria.
Fase de Construção (C), Fase de Operação (O).

Categorias de impacto mais relevantes. Na tabela 7.1 podem verificar-se quais as categorias mais relevantes em termos de impacto ambiental normalizado. Estas são, entre outras, a transformação de solos naturais, a depleção de combustíveis fósseis, a eutrofização de águas doces, a toxicidade humana e as alterações climáticas.

De seguida apresenta-se uma descrição da origem do impacto em algumas das categorias mais importantes, sendo que, como referido anteriormente, tal tem origem no consumo de electricidade em bombagem.

Alterações climáticas.

O impacto do AHBS nesta categoria deve-se sobretudo às emissões indirectas de dióxido de carbono associadas à produção de electricidade que é consumida pelo AHBS em bombagem, na sua função de reserva de energia.

O regime de exploração do AHBS, qualquer que seja o modelo energético considerado, implica um nível elevado de consumo de electricidade que, apesar de na maior parte dos modelos energéticos ter uma componente renovável importante, contempla ainda uma fracção relevante de termoeléctricas à base de combustíveis fósseis.

A esta última tecnologia está associada, directa ou indirectamente, uma intensidade carbónica elevada, mesmo no caso de termoeléctricas com tecnologia de *Carbon Capture and Storage* (CCS).

Por ordem, no modelo BAU os processos mais significativos associados ao AHBS são o carvão (32%) e a PRE térmica de origem fóssil (co-geração de gás natural) (20%).

No modelo SIH os resultados são semelhantes aos do modelo BAU.

No modelo BAU low carbon, o contributo mais significativo advém da importação de electricidade (29%), associado em grande parte ao carvão e gás natural, sendo que os processos seguintes em termos de relevância são a utilização das tecnologias PRE térmica (sobretudo co-geração de gás natural) (27%) e carvão (20%) em Portugal.

Depleção dos recursos metálicos.

O impacto ambiental nesta categoria é, acima de tudo, indirecto advindo da produção de electricidade consumida em bombagem pelo AHBS, com especial ênfase na produção eólica, seguida da fotovoltaica. São ainda relevantes os processos associados à construção dos equipamentos electromecânicos do AHBS, bem como das suas infra-estruturas (consumo de aços e outros metais).

Depleção dos combustíveis fósseis.

Os impactes associados à depleção dos combustíveis fósseis têm principalmente origem no consumo deste tipo de combustíveis para a produção da electricidade que é consumida em bombagem, como referido anteriormente na discussão efectuada na categoria de alterações climáticas. Este aspecto é transversal aos vários modelos energéticos elaborados.

Formação de partículas atmosféricas.

Nesta categoria, como nas duas anteriores, os impactes verificados devem-se ao consumo de energia eléctrica a partir de fontes não renováveis. Mais especificamente, as partículas que são emitidas para a atmosfera na produção de electricidade a partir de carvão e, igualmente de biomassa.

Formação de oxidantes fotoquímicos.

Oxidantes fotoquímicos são poluentes secundários formados pela reacção de poluentes primários, sob acção da luz solar. A origem destes poluentes é, tal como em outras categorias de impacto ambiental, acima de tudo consequência do consumo de electricidade na bombagem realizada durante a operação do AHBS.

Particularmente, a formação de oxidantes fotoquímicos faz-se a partir da presença de gases NOx resultantes da queima de carvão e gás natural para a produção de energia eléctrica.

Acidificação terrestre.

O impacto do AHBS na acidificação terrestre deve-se à emissão gasosa de óxidos de enxofre consequência da produção de energia eléctrica consumida em bombagem pelo AHBS. Particularmente neste aspecto, a fonte principal relaciona-se com a produção de electricidade nas termoeléctricas a carvão.

Transformação de solos naturais.

Na categoria de transformação de solos naturais, o principal contributo para o impacto gerado pelo AHBS é indirecto e deve-se à extracção e transporte de gás natural que é utilizado para a produção de electricidade por centrais de ciclo combinado e de co-geração e que por sua vez é consumida para a operação de bombagem do AHBS.

Principais processos/substâncias que geram impacto ambiental. Os principais processos/substâncias que geram impacto ambiental na maior parte das categorias de impacto ambiental, são as seguintes:

- Carvão utilizado para produção da electricidade consumida em bombagem, em centrais com ou sem tecnologia de CCS.
- Gás natural utilizado para produção da electricidade consumida em bombagem, quer em centrais de ciclo combinado, quer em centrais de co-geração a gás natural.
- Betão consumido nas infra-estruturas.
- Aço consumido nas infra-estruturas e equipamentos.

7.1.1.2 Balanço ambiental do AHBS

A produção de electricidade do AHBS é proveniente de duas fontes:

- A água do rio Sabor, proveniente de montante dos escalões do AHBS.
- A água bombada de jusante (da área de regolfo da barragem da Valeira, no Douro) ou do escalão de jusante do AHBS.

Esta electricidade é injectada na rede eléctrica nacional, para satisfazer a sua procura “instantânea sendo que, deste modo, é evitada a produção de electricidade por outras fontes que seriam necessárias para satisfazer a referida procura.

Tendo este aspecto em conta, o balanço ambiental do AHBS é dado pelos impactes directos e indirectos gerados pelo AHBS, subtraídos dos impactes evitados pela injeção de electricidade na rede eléctrica nacional.

Considerando os modelos energéticos desenvolvidos para o ciclo de vida do projecto, os impactes gerados pelo AHBS na fase de construção e operação (incluindo bombagem) são contrabalançados pelos impactes evitados pela produção de electricidade para a generalidade das categorias de impacto ambiental consideradas pelo método ReCiPe, excepto no caso das categorias toxicidade humana, ecotoxicidade terrestre e depleção de recursos metálicos.

Tendo em conta os resultados da modelação em relação à categoria toxicidade humana, o maior contributo para o impacto ambiental provém do aterro das cinzas produzidas pela queima de biomassa em centrais térmicas. Este impacto acaba por não ser contrabalançado pela produção de electricidade do AHBS, tendo em conta o *mix* de produção evitada estimado, assente sobretudo em termoeléctricas a carvão e gás natural.

Apesar do referido acima, os resultados desta categoria de impacto ambiental têm uma grande incerteza inerente e são muito sensíveis em relação à consideração ou não das emissões de longo prazo, dado que muitos dos poluentes que contribuem para este tipo de impactes são bastante persistentes no ambiente.

Um exemplo deste aspecto são os resultados obtidos considerando as emissões de longo prazo. Tendo em conta este tipo de emissões, o balanço ambiental do AHBS nesta categoria passa a ser positivo, ou seja, os impactes evitados pela produção de electricidade contrabalança os impactes gerados pelo aproveitamento (ver análise e controlo de sensibilidade, capítulo 7.1.4).

No caso da categoria ecotoxicidade terrestre, a origem do impacto é coincidente com a categoria toxicidade humana, sendo que, neste caso, os resultados não são significativamente alterados se forem contabilizados os impactes de longo prazo.

Em relação à categoria depleção de recursos metálicos, dado que a origem dos impactes gerados pelo AHBS é não só indirectamente o consumo de electricidade em bombagem proveniente de fontes renováveis, que apresentam uma intensidade em recursos metálicos bastante elevada, mas igualmente do consumo directo de metais para a construção dos escalões do AHBS, os benefícios pela produção de electricidade acabam por não compensar os impactes gerados, uma vez que o *mix* de substituição estimados são sobretudo assentes em combustíveis fósseis, que apresentam intensidades de recursos metálicos bastante menores.

7.1.2 Controlo de Integralidade

Para a execução do presente relatório efectuou-se uma análise prévia de integralidade, sendo que, como referido anteriormente, existem processos que não foram incluídos na análise, nomeadamente os relacionados com a manutenção das infra-estruturas e seu fim de vida bem como dos equipamentos.

No entanto, tendo por base as informações disponíveis, bem como os estudos existentes na bibliografia, os principais processos, tanto em termos de fluxos mássicos e energéticos, como de relevância ambiental, foram incluídos na análise.

7.1.3 Controlo de Coerência

Para a execução do presente relatório efectuou-se uma análise prévia de coerência de acordo com o âmbito e objectivos do estudo definidos inicialmente, sendo que se concluiu que este está alinhado em termos gerais com o previsto, com a excepção:

- Alguns dados em falta (nomeadamente processos de fim de vida do AHBS e suas componentes).
- Desvio na qualidade dos dados para alguns processos (estimativas que foi necessário realizar dado não existirem informações específicas do AHBS (e.g emissões das albufeiras).

No entanto, os cálculos e a modelação efectuada para os principais processos da ACV são coerentes e consistentes com os objectivos e o âmbito definidos inicialmente.

7.1.4 Análise e Controlo de Sensibilidade

7.1.4.1 Considerações iniciais

Para avaliar a influência de alguns pressupostos assumidos e, deste modo, verificar se as informações obtidas são suficientes para se alcançarem conclusões e efectuarem recomendações, realizou-se uma análise e controlo de sensibilidade a alguns aspectos do trabalho realizado, nomeadamente a nível do:

- Tempo médio de vida do AHBS
- Regime de exploração do AHBS
- Aspectos metodológicos da ACV realizada

Os resultados da análise efectuada apresentam-se nos subcapítulos seguintes.

7.1.4.2 Tempo médio de vida

As barragens hidroeléctricas têm tempos médios de vida bastante elevados. Por exemplo, até à data, nenhuma barragem da EDP foi descomissionada e/ou demolida, continuando todas em funcionamento. Para a análise assumiu-se como tempo médio de vida do AHBS o período de 75 anos, que é o horizonte de projecto considerado pela EDP, ou seja, estimaram-se os impactes e o balanço ambiental do AHBS até ao ano de 2089.

Sendo este parâmetro à partida um aspecto importante para estimar o desempenho ambiental do AHBS, efectuou-se uma análise de sensibilidade para testar a relevância do tempo médio de vida em termos de resultados ambientais. Para este efeito, estimou-se o balanço ambiental do AHBS tendo por base diferentes tempos de vida de exploração: 25, 50, 75, 100 e 150 anos.

Assim, no que concerne ao balanço ambiental do AHBS por GWh, as diferenças de resultados encontradas são relativamente marginais, o que já seria de esperar dado que os impactes da construção do AHBS (infra-estruturas, equipamentos electromecânicos, incluindo a sua substituição, etc.) são bastante reduzidos face aos impactes da fase de operação, como se pode verificar na figura 7.1.

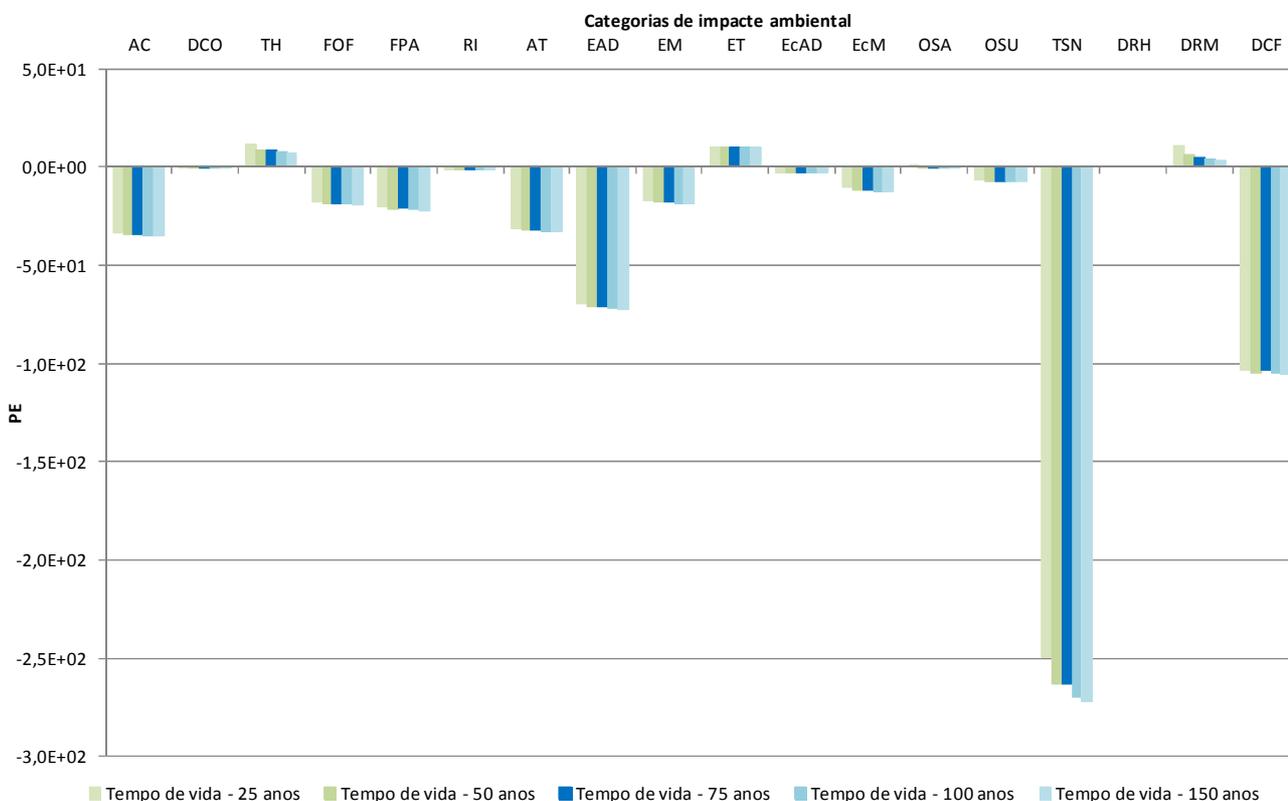


Figura 7.1 – Análise de cenários de diferentes tempos de vida do AHBS (com base no Modelo BAU, valores normalizados por GWh)

Por exemplo, no que respeita às emissões de gases com efeito de estufa (categoria de impacte - alterações climáticas), as componentes do AHBS apenas representam 5% do impacte do empreendimento, sendo completamente dominante a fase de exploração (devido sobretudo ao regime de bombagem).

Os valores constantes na figura 7.1 dizem respeito a valores médios por GWh produzidos ao longo do tempo de vida considerado sendo que, no entanto, a modelação energética do regime de exploração do AHBS que foi efectuada contempla a variação da quantidade de energia produzida e consumida, bem como o *mix* de electricidade bombada e evitada, ao longo do tempo, com especial enfoque nos primeiros anos.⁸.

A variação reflecte a evolução prevista para o sistema electroprodutor à medida que este migra para *mix* energéticos mais assentes em renováveis e, como tal, menos intensivos em carbono.

Neste contexto, avaliou-se o referido efeito, tendo-se chegado à conclusão que o padrão de resultados por categoria de impacte é relativamente consistente para os primeiros quinquénios analisados (ver figura 7.2). Por outro lado, conclui-se igualmente que na maior parte das categorias de impacte, incluindo na categoria de alterações climáticas, os impactes resultantes da construção do AHBS são rapidamente contrabalançados pelas emissões evitadas pelo seu regime de exploração.

Na categoria de alterações climáticas, ao fim do primeiro quinquénio de funcionamento, as emissões evitadas são já superiores às emissões produzidas.

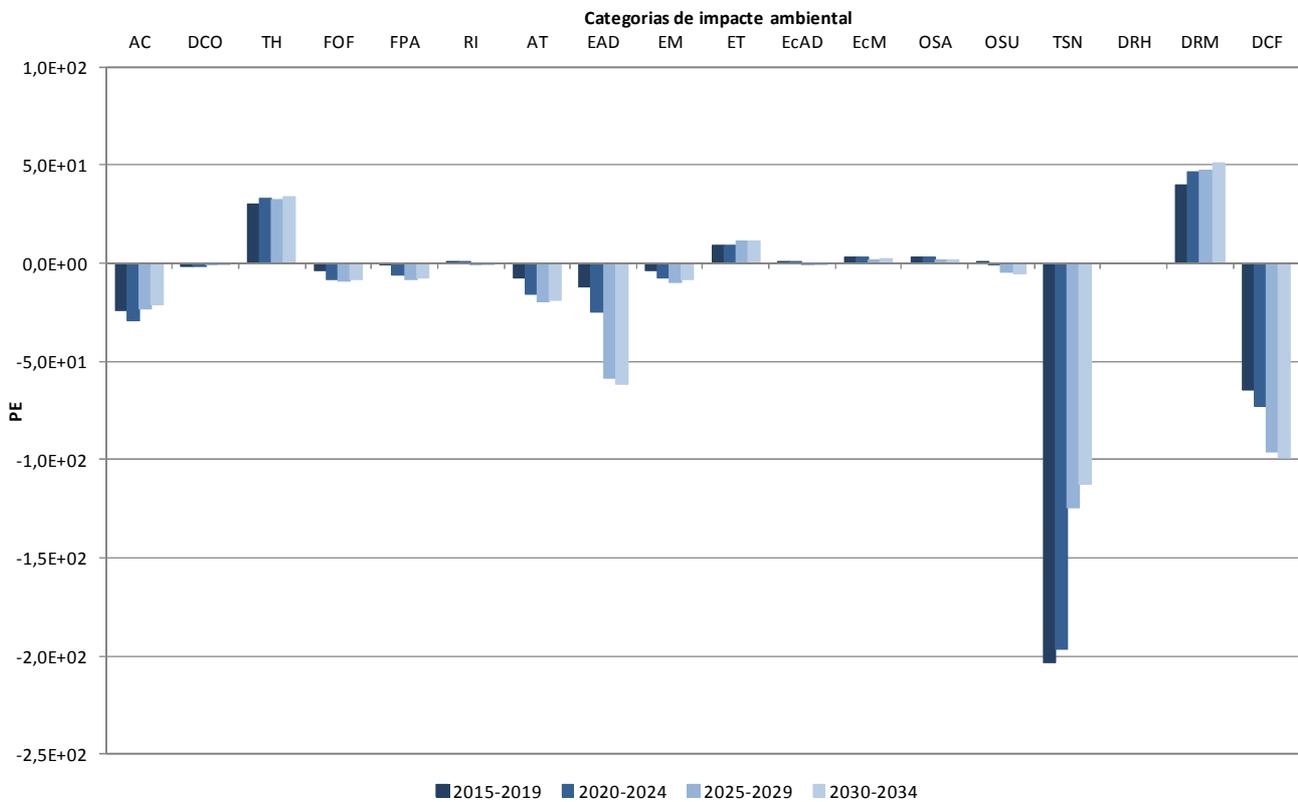


Figura 7.2 – Análise do balanço do AHBS nos primeiros quinquénios de funcionamento (com base no Modelo BAU, valores normalizados por GWh)

Nota: ambos os quinquénios incorporam os impactes da fase de construção.

7.1.4.3 Regime de exploração

Tal como já referido anteriormente, a fase de operação do AHBS é a fase mais significativa em termos de impacte ambiental para a generalidade das categorias de impacte consideradas, como se pode constatar no capítulo 6 e no presente capítulo aquando da identificação das questões significativas.

No âmbito da fase de exploração, os aspectos mais importantes estão relacionados com a quantidade e o *mix* de produção de electricidade que será consumida pelo AHBS, sobretudo ao nível da sua função de reserva de energia, bem como, quando consideradas as emissões evitadas, com o nível de produção do AHBS e respectivo *mix* de substituição de outras tecnologias.

Adicionalmente, a questão das emissões de GEE pela criação das albufeiras do AHBS pode ser considerada uma questão importante na categoria de impacte respectiva, sobretudo devido à incerteza associada a este parâmetro.

Neste contexto, de seguida apresenta-se uma análise de sensibilidade ao regime de exploração do AHBS, incluindo igualmente o aspecto relacionado com as emissões de GEE pelas albufeiras do AHBS.

De referir que uma análise e controlo de sensibilidade prévia foi já realizada em parte no presente relatório, tendo por base os dados existentes, na medida que se consideraram três modelos energéticos diferentes para estimar o comportamento do AHBS na sua fase de operação.

Estes modelos, apesar de assentarem em modelos/premissas diferentes, têm igualmente alguns pressupostos comuns que são transversais e cuja influência importa analisar, nomeadamente:

- Consideraram situações de exploração médias em termos de hidraulicidade, tanto ao nível das características em bombagem como de produção.
- Pressupõem a entrada em funcionamento da tecnologia de *Carbon Carbon and Storage* (CCS) nas termoeléctricas a carvão a partir de 2025.
- Consideraram o mesmo nível de consumo de electricidade para os serviços auxiliares.
- Assumem o mesmo nível de emissão de GEE pelas albufeiras do AHBS.

Deste modo, efectuou-se uma análise de sensibilidade aos referidos parâmetros, numa óptica de avaliação do balanço ambiental do AHBS, ou seja considerando-se as *avoided emissions*, elaborando-se dois novos cenários por cada um dos cenários de referência (modelos energéticos), com base nos seguintes pressupostos:

- Cenário A – Cenário conservador em termos de balanço ambiental:
 - Condições de baixa hidraulicidade, que originam uma menor disponibilidade de água para produção de energia eléctrica (e igualmente menor capacidade de bombagem).
 - Existência de tecnologia CCS nas centrais termoeléctricas a carvão, que na prática significa um *mix* de substituição de energia eléctrica com menor intensidade em carbono.
 - Maior nível de consumo de electricidade para funcionamento dos serviços auxiliares (nível semelhante ao verificado na barragem da Raiva, da EDP).
 - Limite superior referido por (Saarnio, Winiwarter, & Leitão, 2009) para as emissões de pequenos lagos naturais.
- Cenário B – Cenário favorável em termos de balanço ambiental:
 - Condições de alta hidraulicidade, que originam uma maior disponibilidade de água para produção de energia eléctrica (e igualmente maior capacidade de bombagem).
 - Não entrada em funcionamento da tecnologia CCS nas centrais termoeléctricas a carvão, que na prática significa um *mix* de substituição de energia eléctrica com maior intensidade em carbono.
 - Menor nível de consumo de electricidade para funcionamento dos serviços auxiliares (nível semelhante ao verificado na barragem da Aguiera, da EDP).
 - Limite inferior referido por (Saarnio, Winiwarter, & Leitão, 2009) para as emissões de pequenos lagos naturais.

Na Tabela 7.2 apresentam-se os parâmetros analisados.

Os resultados da análise de sensibilidade realizada com base no método de avaliação de impactes ReCiPE e considerando o balanço ambiental do AHBS ao longo do todo o seu ciclo de vida são apresentados na figura 7.3.

Dos resultados obtidos, constata-se que na generalidade das categorias de impacte, excepto nas categorias de toxicidade humana, ecotoxicidade terrestre, ocupação de solos agrícolas e depleção de recursos metálicos, a grande maioria dos cenários avaliados apresenta um valor de impacte negativo, ou seja, com um balanço ambiental favorável.

Tabela 7.2 – Variação de parâmetros do regime de exploração do AHBS para análise de sensibilidade (Modelos BAU, BAU low carbon e SIH)

Parâmetro		BAU CR	BAU lc CR	SIH CR	BAU A	BAU lc A	SIH A	BAU B	BAU lc B	SIH B	
Produção de electricidade	Produção total (GWh)	30497 GWh		36468 GWh	21795 GWh		23825 GWh	34308 GWh		39171 GWh	
	Mix de substituição (%)	Térmica a Carvão	29,81%	4,04%	24,57%	30,82%	3,60%	28,62%	61,90%	27,67%	59,74%
		Térmica a Gás Natural	27,65%	28,62%	37,44%	17,88%	32,56%	52,50%	19,86%	28,27%	25,91%
		Importações	12,73%	43,88%	17,43%	27,34%	42,76%	3,77%	18,24%	44,06%	14,35%
		Térmica a Carvão com CCS	29,81%	23,46%	20,56%	23,97%	21,08%	15,12%	-	-	-
Consumo de electricidade	Consumo total da bombagem (GWh)	17374 GWh		24610 GWh	13571 GWh		14037 GWh	20164 GWh		23905 GWh	
	Mix de bombagem (%)	Térmica a Carvão	7,22%	0,07%	7,37%	7,74%	0,07%	8,27%	13,81%	0,04%	15,34%
		Térmica a Gás Natural	4,51%	7,37%	4,31%	5,04%	7,30%	5,34%	3,39%	6,22%	3,34%
		Hidroeléctrica, com reservatório	3,74%	5,01%	2,36%	2,16%	3,73%	1,26%	5,55%	5,59%	3,93%
		Hidroeléctrica, fio de água	6,90%	9,38%	4,22%	3,85%	6,79%	2,23%	10,68%	10,59%	7,32%
		Importações	6,62%	17,05%	6,42%	6,84%	18,65%	6,92%	5,81%	16,75%	5,87%
		PRE Térmica	20,18%	19,07%	21,59%	21,36%	20,60%	21,75%	18,79%	18,80%	20,74%
		PRE Hidroeléctrica	2,62%	2,29%	3,10%	3,10%	2,75%	3,25%	2,09%	2,14%	2,65%
		PRE Eólica	35,40%	35,32%	36,02%	35,35%	35,42%	35,97%	35,30%	35,30%	36,02%
		PRE fotovoltaica	4,45%	4,44%	4,72%	4,61%	4,68%	4,62%	4,57%	4,57%	4,80%
		Térmica a Carvão com CCS	8,35%	-	9,88%	9,95%	-	10,38%	-	-	-
		Consumo de serviços auxiliares (% da prod.)		0,52%			2,23%			0,36%	
		Outros aspectos	Existência de carvão com CCS		Sim			Sim			Não
Emissões de CH ₄ pelas albufeiras (g/m ² .ano)			8,36 g/m ² .ano			23 g/m ² .ano			0,1 g/m ² .ano		

Neste particular, de realçar a categoria das alterações climáticas, em que todos os cenários avaliados apontam para um balanço do AHBS seja favorável, ou seja, que as emissões evitadas pela substituição da produção de energia eléctrica por outras fontes são superiores às emissões produzidas pela construção do aproveitamento e pelo consumo de energia decorrente da sua função de reserva de energia (bombagem).

7.1.4.4 Aspectos metodológicos

Em sede de âmbito e objectivos considerou-se de um ponto de vista metodológico não incluir os impactes decorrentes das emissões de longo prazo, dado a incerteza associada à inclusão deste tipo de emissões.

Nesse contexto, realizou-se uma análise de sensibilidade a este aspecto, sendo que na figura 7.4 se apresentam as variações do impacte ambiental para as diversas categorias. Verifica-se que as variações são significativas nas categorias ecotoxicidade humana, eutrofização de águas doces, ecotoxicidade de águas doces e ecotoxicidade de águas marinhas.

Considerando as emissões de longo prazo, o balanço do AHBS sai bastante favorecido, sendo que na categoria de toxicidade humana, o balanço do AHBS inverte-se, passando a ser positivo.

Em relação a outros aspectos metodológicos considerados, nomeadamente a inclusão dos bens de capital e a exclusão do fim de vida dos resíduos do AHBS, não se efectuou análise de sensibilidade pelas seguintes razões:

- Inclusão de bens de capital: este aspecto já foi considerado na análise.
- Benefícios/impactes pelo fim de vida dos resíduos do AHBS: este aspecto não foi contabilizado devido à falta de dados, excepto em aspectos de pormenor, como os relacionados com o fim de vida da madeira retirada do processo de desmatização e das madeiras utilizadas em cofragem, mas que não afectam os resultados globais, dado que:
 - Os impactes relacionados com a fase de construção do AHBS são pouco relevantes quando comparados com a fase de exploração.
 - As necessidades de manutenção das infra-estruturas estimam-se que serão insignificantes face à experiência da EDP na exploração deste tipo de aproveitamentos.

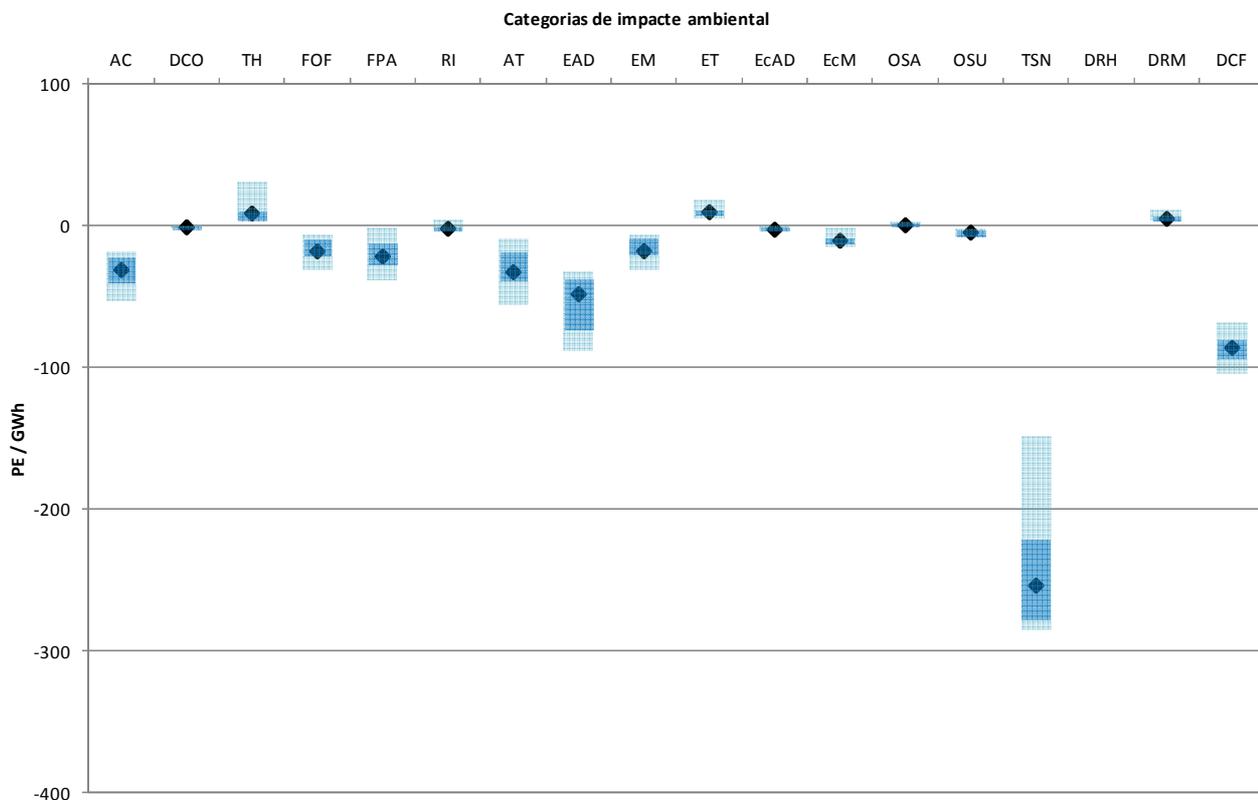


Figura 7.3 – Análise de sensibilidade do balanço do AHBS considerando diversos cenários energéticos

Nota: Em azul claro apresenta-se o range dos resultados encontrados. Em azul-escuro apresentam-se os quartis centrais. Com um ponto apresenta-se a mediana.

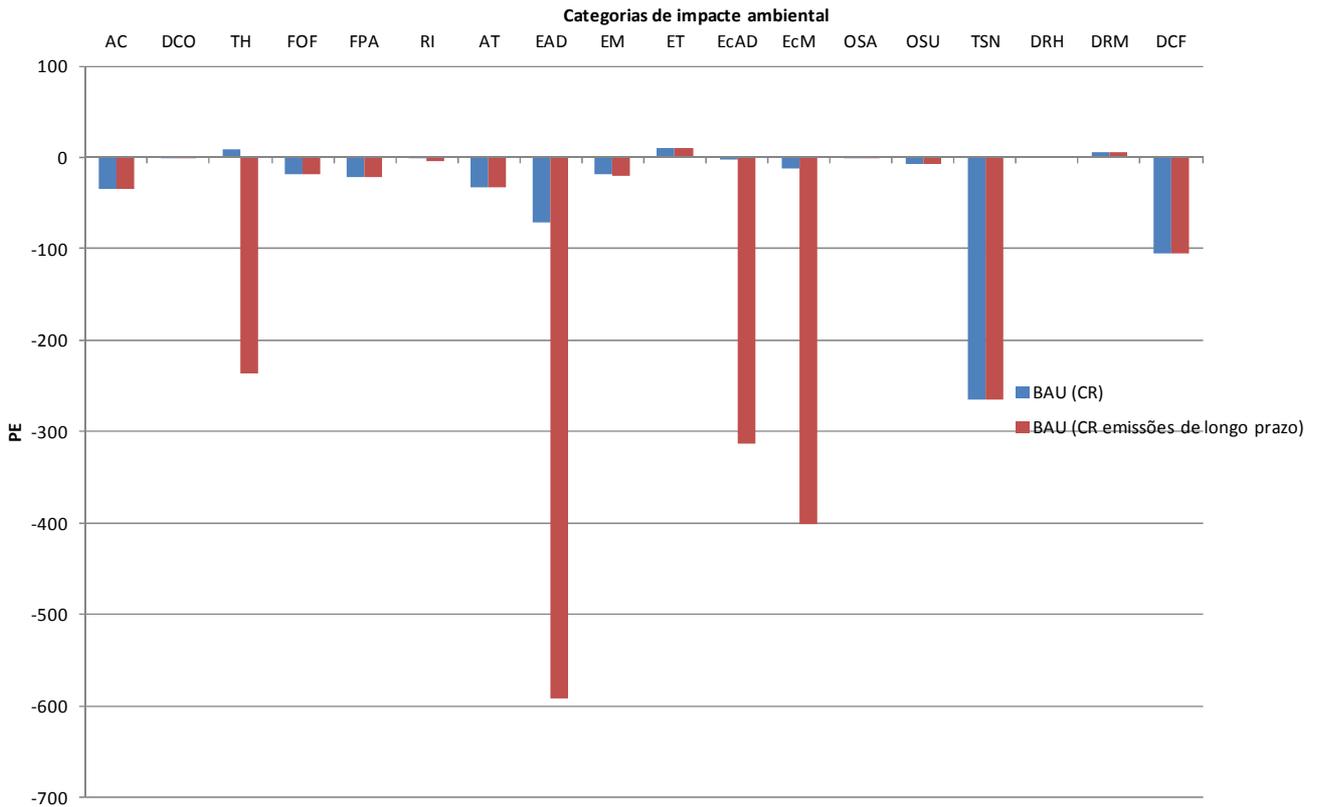


Figura 7.4 – Análise de cenários com inclusão e exclusão das emissões de longo prazo

- Procedimentos de alocação: dado apenas se ter realizado o procedimento de alocação num caso muito específico (Produção em Regime Especial (PRE) Térmica através da combustão de biogás) e que é marginal em termos de ICV⁹ e AICV.

7.1.5 Análise de Incerteza

7.1.5.1 Considerações iniciais

De realçar que devido às características do AHBS, nomeadamente no contexto dos seus períodos de construção e operação, muitos dos dados utilizados para a realização da ACV são dados compilados dos projectos de execução das várias componentes e sub-componentes do AHBS, bem como dados que estimam o futuro regime de exploração do aproveitamento, no contexto da sua inserção no SEN.

Deste modo, importa analisar a influência que a incerteza associada aos dados utilizados pode acarretar a nível dos resultados ambientais do AHBS, para avaliar a robustez das conclusões principais do estudo.

Neste contexto, efectuou-se uma análise de incerteza aos três modelos desenvolvidos, tendo por base a metodologia estabelecida pela base de dados Ecoinvent 2.2, também conhecida como “pedigree matrix”.

Nesta metodologia, a estimativa da incerteza associada a um processo faz-se de acordo com a metainformação associada aos dados, utilizando para isso a seguinte expressão (Frischknecht, et al., 2005).

Equação 1 – Cálculo da incerteza associada aos dados

$$SD_{g\#5} := \sigma_g^2 = \exp^{\sqrt{[\ln(U_1)]^2 + [\ln(U_2)]^2 + [\ln(U_3)]^2 + [\ln(U_4)]^2 + [\ln(U_5)]^2 + [\ln(U_6)]^2 + [\ln(U_7)]^2}}$$

with:

- U₁: uncertainty factor of reliability
- U₂: uncertainty factor of completeness
- U₃: uncertainty factor of temporal correlation
- U₄: uncertainty factor of geographic correlation
- U₅: uncertainty factor of other technological correlation
- U₆: uncertainty factor of sample size
- U₇: basic uncertainty factor

⁹ Representa 0,20% a 0,23% do consumo de electricidade em bombagem do AHBS, no caso dos modelos energéticos BAU, BAU low carbon e SIH..

Estimada a incerteza associada a cada parâmetro utilizado na simulação, bem como a sua distribuição estatística associada, com base no método de Monte Carlo efectuou-se um conjunto de simulações sistemáticas para análise de incerteza, introduzindo variações nos parâmetros de entrada de acordo com o grau de incerteza existente nos dados.

7.1.5.2 Balanço ambiental do AHBS

Na Tabela 7.3 apresentam-se os resultados da análise realizada para os três modelos construídos, focando-se nomeadamente o valor esperado, bem como o erro associado para um intervalo de confiança de 95%.

De realçar que os valores apresentados na Tabela 7.3 e figura 7.5 consideram a inclusão dos impactes/benefícios de muito longo prazo (com mais de 100 anos), ao contrário da quase totalidade dos resultados apresentados anteriormente, pelo que, em algumas categorias específicas os resultados apresentados diferem em alguma extensão aos anteriores e como tal, não são directamente comparáveis.

Tal é o caso por exemplo da categoria de toxicidade humana, em que o balanço ambiental do AHBS sem consideração das emissões de muito longo prazo é desfavorável, enquanto que neste caso o AHBS aparece com um desempenho favorável nesta categoria de impacte ambiental.

A razão para a utilização de um pressuposto metodológico diferente do utilizado ao longo do relatório e especificado no capítulo 4.9, deve-se ao facto do software utilizado na modelação, o Simapro, não permitir realizar a análise de incerteza sem considerar o efeito das emissões de muito longo prazo.

Apesar desta limitação, que impede uma comparação directa dos resultados obtidos em sede de análise de sensibilidade com alguns resultados obtidos anteriormente, pode-se concluir que na quase totalidade das categorias de impacte, considerando o balanço ambiental do AHBS, a incerteza dos dados não influi no “sinal” desse balanço, ou seja, a conclusão que o AHBS apresenta um desempenho ambiental favorável ou desfavorável não é afectado pela incerteza associada aos dados.

Tabela 7.3 – “Pedigree matrix” utilizada para estimar o nível de incerteza associado aos dados e pressupostos utilizados.

Score:	1	2	3	4	5
U1 Reliability	Verified data based on measurements 1.00	Verified data partly based on assumptions OR non-verified data based on measurements 1.05	Non-verified data partly based on qualified estimates 1.10	Qualified estimate (e.g. by industrial expert); data derived from theoretical information (stoichiometry, enthalpy, etc.) 1.20	Non-qualified estimate 1.50
U2 Completeness	Representative data from all sites relevant for the market considered over an adequate period to even out normal fluctuations 1.00	Representative data from >50% of the sites relevant for the market considered over an adequate period to even out normal fluctuations 1.02	Representative data from only some sites (<<50%) relevant for the market considered OR >50% of sites but from shorter periods 1.05	Representative data from only one site relevant for the market considered OR some sites but from shorter periods 1.10	Representativeness unknown or data from a small number of sites AND from shorter periods 1.20
U3 Temporal correlation	Less than 3 years of difference to our reference year (2000) 1.00	Less than 6 years of difference to our reference year (2000) 1.03	Less than 10 years of difference to our reference year (2000) 1.10	Less than 15 years of difference to our reference year (2000) 1.20	Age of data unknown or more than 15 years of difference to our reference year (2000) 1.50
U4 Geographical correlation	Data from area under study 1.00	Average data from larger area in which the area under study is included 1.01	Data from smaller area than area under study, or from similar area 1.02		Data from unknown OR distinctly different area (north america instead of middle east, OECD-Europe instead of Russia) 1.10
U5 Further technological	Data from enterprises, processes and materials under study (i.e. identical technology) 1.00		Data on related processes or materials but same technology, OR Data from processes and materials under study but from different technology 1.20	Data on related processes or materials but different technology, OR data on laboratory scale processes and same technology 1.50	Data on related processes or materials but on laboratory scale of different technology 2.00
U6 Sample size	>100, continuous measurement, balance of purchased products 1.00	>20 1.02	> 10, aggregated figure in env. report 1.05	>=3 1.10	unknown 1.20

Fonte: (Frischknecht, et al., 2005).

Tabela 7.4 – Análise de incerteza aos cenários de referência dos modelos BAU, BAU low carbon e SIH

	Ab.	Unid.	BAU			BAU low carbon			SIH		
			μ	[2,5%-97,5%]		μ	[2,5%-97,5%]		μ	[2,5%-97,5%]	
Alterações climáticas	AC	kg CO ₂ eq	-3,7,E+05	-5,7,E+05	-1,6,E+05	-2,4,E+05	-3,9,E+05	-1,4,E+05	-3,3,E+05	-5,0,E+05	-1,8,E+05
Depleção da camada de ozono	DCO	kg CFC-11 eq	-1,5,E-02	-3,1,E-02	-5,5,E-03	-2,3,E-02	-5,4,E-02	-8,7,E-03	-2,0,E-02	-5,3,E-02	-8,1,E-03
Toxicidade humana	TH	kg 1,4-DB eq	-1,4,E+05	-5,5,E+05	8,0,E+03	-7,4,E+04	-3,9,E+05	3,9,E+03	-7,8,E+04	-5,0,E+05	1,7,E+04
Formação de oxidantes fotoquímicos	FOF	kg NMVOC	-9,3,E+02	-1,5,E+03	-2,1,E+02	-5,1,E+02	-9,7,E+02	-1,3,E+02	-6,8,E+02	-1,4,E+03	-9,3,E+01
Formação de partículas atmosféricas	FPA	kg PM10 eq	-3,0,E+02	-5,1,E+02	-3,5,E+01	-1,9,E+02	-3,6,E+02	-2,6,E+01	-2,1,E+02	-4,5,E+02	4,8,E+01
Radiação ionizante	RI	kg U235 eq	-3,0,E+04	-1,8,E+05	-3,9,E+03	-6,0,E+04	-2,6,E+05	-1,0,E+04	-2,8,E+04	-1,4,E+05	-4,0,E+03
Acidificação terrestre	AT	kg SO ₂ eq	-1,1,E+03	-1,7,E+03	-2,7,E+02	-6,5,E+02	-1,1,E+03	-2,4,E+02	-7,9,E+02	-1,5,E+03	-1,5,E+02
Eutrofização de águas doces	EAD	kg P eq	-2,2,E+02	-8,2,E+02	-4,3,E+01	-1,3,E+02	-4,0,E+02	-2,6,E+01	-1,8,E+02	-6,0,E+02	-2,5,E+01
Eutrofização marinha	EM	kg N eq	-3,7,E+02	-5,9,E+02	-9,0,E+01	-1,9,E+02	-3,7,E+02	-5,3,E+01	-2,6,E+02	-4,9,E+02	-3,5,E+01
Ecotoxicidade terrestre	ET	kg 1,4-DB eq	9,5,E+01	1,5,E+01	3,3,E+02	6,2,E+01	-3,1,E+01	3,5,E+02	1,1,E+02	1,8,E+01	4,3,E+02
Ecotoxicidade de águas doces	EcAD	kg 1,4-DB eq	-3,4,E+03	-1,1,E+04	-8,1,E+02	-2,1,E+03	-5,6,E+03	-5,8,E+02	-2,2,E+03	-6,0,E+03	-5,5,E+02
Ecotoxicidade marinha	EcM	kg 1,4-DB eq	-3,3,E+03	-1,0,E+04	-7,9,E+02	-2,1,E+03	-5,4,E+03	-6,0,E+02	-2,2,E+03	-5,8,E+03	-5,7,E+02
Ocupação de solos agrícolas	OSA	m ² a	1,0,E+03	-1,5,E+04	1,7,E+04	-4,0,E+02	-1,9,E+04	1,1,E+04	4,7,E+03	-7,6,E+03	1,8,E+04
Ocupação de solos urbanos	OSU	m ² a	-2,7,E+03	-5,0,E+03	-8,6,E+02	-1,7,E+03	-3,2,E+03	-6,6,E+02	-1,6,E+03	-3,5,E+03	-4,4,E+02
Transformação de solos naturais	TSN	m ²	-4,1,E+01	-1,1,E+02	2,8,E+01	-4,8,E+01	-1,4,E+02	1,3,E+01	-3,8,E+01	-1,2,E+02	8,0,E+01
Depleção de recursos hídricos	DRH	m ³	-1,3,E+03	-2,1,E+03	-5,1,E+02	-1,3,E+03	-2,5,E+03	-4,1,E+02	-1,0,E+03	-2,1,E+03	-3,3,E+01
Depleção de recursos metálicos	DRM	kg Fe eq	3,9,E+03	1,0,E+03	1,0,E+04	3,0,E+03	-1,1,E+03	7,9,E+03	4,3,E+03	7,8,E+02	1,1,E+04
Depleção de combustíveis fósseis	DCF	kg oil eq	-1,7,E+05	-2,5,E+05	-8,3,E+04	-1,4,E+05	-2,3,E+05	-8,2,E+04	-1,4,E+05	-2,4,E+05	-7,6,E+04

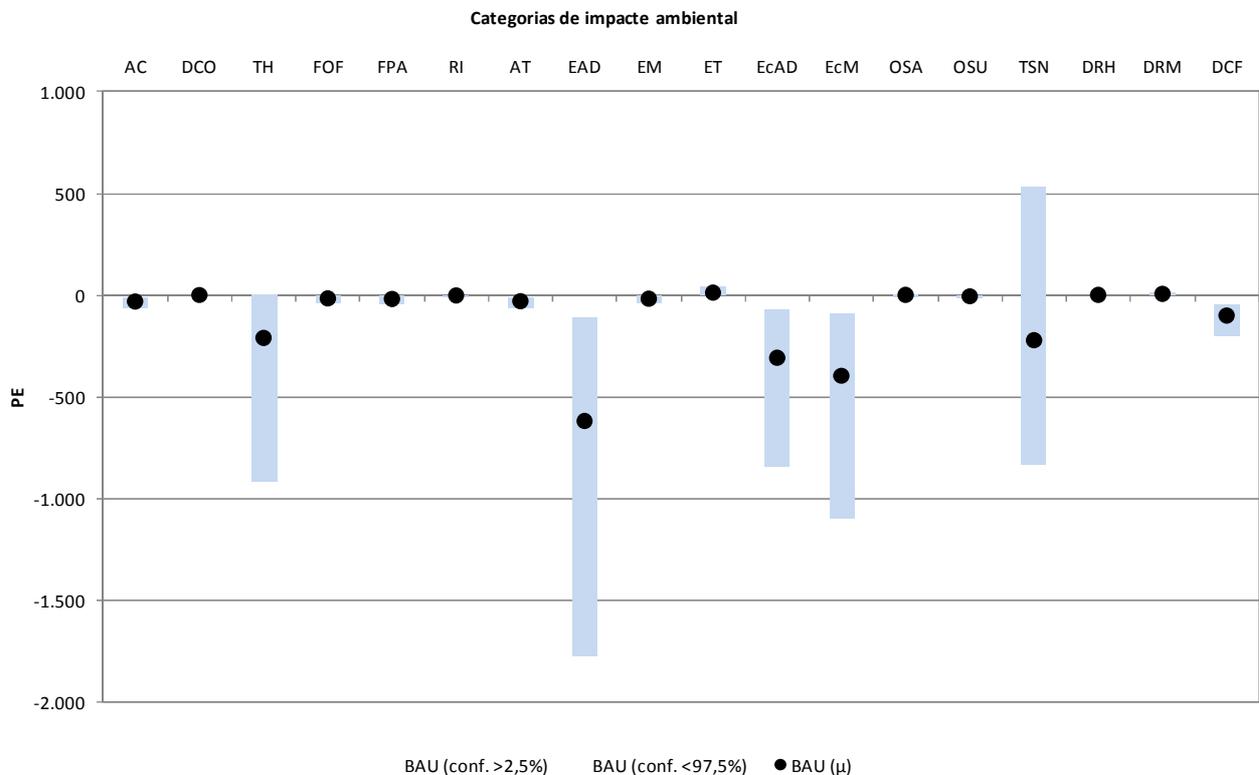


Figura 7.5 – Análise de incerteza ao cenário de referência do modelo BAU por GWh (Normalização)

Nota: Em azul claro apresenta-se o range dos resultados encontrados. Com um ponto apresenta-se o valor esperado.

7.1.5.3 Comparação dos impactes do AHBS com os impactes médios estimados para o SEN

Adicionalmente à análise realizada, avaliou-se o efeito da incerteza dos dados no que concerne à comparação entre os impactes do AHBS (incluindo consumo em bombagem) com os impactes médios do SEN considerando a sua evolução sem a concretização AHBS.

Na figura 7.6 apresenta-se a comparação entre estes dois cenários por GWh, ilustrando-se as percentagens das simulações por categoria de impacte em que o AHBS apresenta na maior parte dos casos desempenho ambiental mais favorável que os valores médios para o SEN.

7.2 Pressupostos e Limitações

De seguida resumem-se os principais pressupostos e limitações do estudo, tendo em consideração igualmente a interpretação dos resultados obtidos:

Pressupostos:

- Na avaliação apenas se teve em consideração a função de produção de energia hidroeléctrica pelo AHBS, tendo-se considerado que todos os impactes ambientais do aproveitamento hidroeléctrico do Baixo Sabor estão associados à produção de energia eléctrica, excluindo-se desta forma a contribuição de funções acessórias como as de reserva de água para consumo humano, combate a incêndios e regulação dos caudais do Douro e Sabor.
- A unidade funcional do estudo é 1 GWh de energia eléctrica injectada na Rede Eléctrica Nacional (REN) em alta tensão.
- Consideraram-se os impactes directos e indirectos do AHBS, incluindo-se os impactes dos bens de capital mas excluindo-se as emissões de longo prazo, com base no método de avaliação ReCiPe Midpoint (H), v. 1.05, mas igualmente nos métodos Cumulative Energy Demand, v.1.08 e Ecological Footprint, v.1.01 para análise de aspectos específicos.

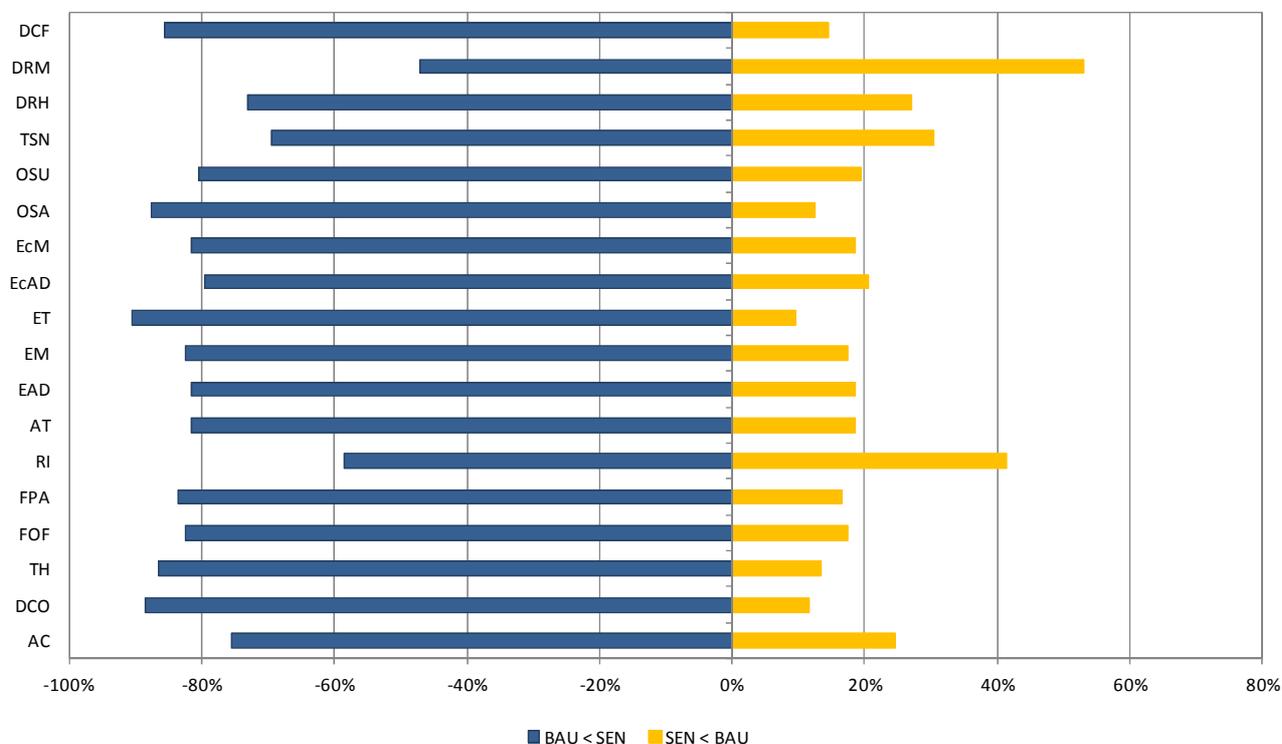


Figura 7.6 – Comparação dos impactes do AHBS com os impactes médios estimados para o SEN por GWh (modelo BAU, Normalização)

- Em adição às diversas componentes dos 2 escalões do AHBS, consideraram-se ainda os projectos complementares e as medidas compensatórias que são induzidas pela construção do aproveitamento.
- O horizonte de vida do projecto é de 75 anos.
- A fase de construção do AHBS, que se iniciou em 2008, decorrerá até 2014 e a fase de operação iniciará-se em 2014 e decorrerá pelo menos até 2089.
- O AHBS irá produzir energia hidroeléctrica gerada com base em água do rio Sabor e com base em água previamente bombada de jusante para montante dos 2 escalões, na sua função de reserva da energia.
- O consumo em bombagem e a produção total de electricidade do AHBS, bem como a proveniência desse consumo e a produção evitada por outras fontes, ao longo do ciclo de vida do aproveitamento, foi estimada com base em três modelos de evolução do Sistema Eléctrico Nacional (SEN).
- Os modelos energéticos considerados na análise foram desenvolvidos pelo IST especificamente para o efeito (modelos BAU, BAU low Carbon e SIH)
- A modelação das tecnologias que contribuem para a *mix* de electricidade consumida em bombagem e de produção de electricidade evitada pela geração de energia do AHBS foi realizada com base nas tecnologias actuais, reflectindo as características das centrais portuguesas, sempre que os dados o permitiram. Exceptua-se o caso das centrais termoeléctricas a carvão com tecnologia CCS, cuja introdução foi prevista na totalidade dos modelos energéticos considerados e que foi modelada em termos de ACV com recurso a bibliografia científica.
- Tempo de vida estimado para o AHBS que é bastante longo e, como tal, aumenta a incerteza dos resultados obtidos.
- Não consideração dos impactes relacionados com a infra-estrutura de transporte de energia do escalão de jusante, necessidades de reinvestimento das infra-estruturas e outros consumos e emissões na fase de exploração (excepto consumo de electricidade e gásóleo dos serviços auxiliares e consumo de lubrificantes) e fim de vida das várias infra-estruturas e equipamentos do AHBS, assim bem como dos resíduos gerados a nível das fases de construção e operação (excepto madeiras de cofragens e resíduos inertes aproveitados como agregados para fabrico de betão utilizado no aproveitamento).
- Incerteza metodológica associada aos modelos de avaliação considerados, com especial enfoque ao nível de algumas categorias de impacto do método ReCiPe (e.g. toxicidade humana, etc.) e Ecological Footprint.

Tendo em conta os resultados da ICV, AICV e da análise e controlo de sensibilidade e análise de incerteza, considera-se que as limitações apresentadas não colocam em causa os principais resultados da ICV e AICV, que se apresentam de seguida, no contexto dos objectivos do estudo.

7.3 Conclusões e Recomendações

7.3.1 Conclusões

As principais conclusões do estudo são efectuadas à luz das aplicações pretendidas para o mesmo e definidas inicialmente, que são as seguintes, por ordem de importância:

1. Objectivo principal: Produzir informação sobre o desempenho ambiental do Aproveitamento Hidroeléctrico do Baixo Sabor (AHBS).
2. Objectivo secundário: Avaliar comparativamente o desempenho ambiental do Aproveitamento Hidroeléctrico do Baixo Sabor com outras soluções alternativas de produção de energia eléctrica, no quadro do Sistema Eléctrico Nacional (SEN).

Limitações:

- Características técnicas específicas do AHBS, incluindo a sua capacidade de bombagem, o que obriga a um cuidado acrescido na comparação dos resultados obtidos com outros aproveitamentos hidroeléctricos a fio de água, não reversíveis, etc..
- Desfasamento entre a data de elaboração do estudo e o período de construção e operação, pelo que se utilizou um misto de dados medidos no terreno com dados dos projectos de execução para as várias componentes do AHBS (infra-estruturas, equipamentos, etc.).

1.a) Produzir uma Tabela de Inventário (*ecoprofile*) do aproveitamento que apresente as principais entradas e saídas por unidade funcional.

Em termos das principais entradas e saídas tanto de materiais como de energia por unidade funcional do AHBS, embora a sua magnitude varie de acordo com os modelos energéticos considerados, elas são as seguintes:

Entradas:

- Água.
- Combustíveis (carvão, petróleo, gás natural).
- Minerais não metálicos (rocha (agregados), calcite e argila).
- Minerais metálicos (óxidos de ferro).

Saídas:

- Emissões atmosféricas (dióxido de carbono, metano, óxidos de azoto, óxidos de enxofre, partículas).
- Calor residual dissipado.

Tendo em conta os resultados das análises de sensibilidade e de incerteza realizadas, pode afirmar-se que estas conclusões têm um elevado grau de confiança.

1.b) Calcular a sua “pegada de carbono” estimada.

As emissões de GEE associadas ao AHBS, ou seja, tendo em consideração apenas os impactes gerados pelo aproveitamento no seu ciclo de vida, variam entre 104 t a 158 t CO_{2 eq}, consoante o modelo energético considerado, por 1 GWh de energia eléctrica injectada na Rede Eléctrica Nacional (REN) em alta tensão (Unidade Funcional do estudo).

Se tivermos em conta o benefício ambiental obtido pela venda de energia eléctrica à rede e, como tal, se considerarmos o balanço ambiental do AHBS, contrapondo os impactes gerados pelo AHBS aos benefícios que advêm do aproveitamento, verifica-se que o AHBS resulta numa poupança de emissões de GEE entre 386 t CO_{2 eq}/GWh no cenário BAU e 245 t CO_{2 eq}/GWh no cenário BAU low carbon, o que significa no ciclo de vida uma poupança entre 12.630 kt CO_{2 eq} e 7.462 kt CO_{2 eq}.

Tendo em consideração os resultados da análise de sensibilidade efectuada ao tempo médio de vida do AHBS, seu regime de exploração e, igualmente, em termos de escolhas metodológicas realizadas na ACV, bem como a análise de incerteza relativa ao balanço do aproveitamento pode afirmar-se com um elevado grau de confiança que o AHBS, no seu ciclo de vida, apresenta um benefício ambiental em termos de emissões de GEE.

Por outro lado, o tempo de recuperação das emissões de GEE geradas directa e indirectamente na fase de construção do AHBS é relativamente curto, dado que, tendo em conta os regimes de exploração previstos para o aproveitamento, no final do primeiro quinquénio o balanço de carbono do AHBS será já positivo, como verificado em sede de análise de sensibilidade.

1.c) Verificar quais os aspectos (fases, processos unitários, categorias de impacte) mais relevantes em termos de impacte ambiental.

Em termos das fases do ciclo de vida do AHBS, a que assume maior importância para o impacte ambiental do AHBS é a fase de operação, para todos os modelos energéticos considerados.

No que respeita às categorias de impacte, verificou-se que tendo em conta os resultados do impacte do AHBS normalizado pelas emissões de um cidadão médio europeu, as categorias mais relevantes são, entre outras, a transformação de solos naturais, a depleção de combustíveis fósseis, a eutrofização de águas doces, a toxicidade humana e as alterações climáticas. A importância relativa das várias categorias varia ligeiramente de acordo com o modelo energético considerado e, igualmente, caso se tiver em conta as emissões de longo prazo.

Em relação aos processos/substâncias, verificou-se que os mais relevantes na grande parte das categorias de impacte ambiental são:

- Carvão utilizado para produção de electricidade que é consumida em bombagem, em centrais com ou sem tecnologia de CCS.
- Gás natural utilizado para produção de electricidade que é consumida em bombagem, quer em centrais de ciclo combinado, quer em centrais de co-geração a gás natural.
- Betão consumido nas infra-estruturas.
- Aço consumido nas infra-estruturas e equipamentos.

Tendo em conta os resultados da análise de sensibilidade e de incerteza realizada, pode afirmar-se que estas conclusões têm um grau de confiança significativo.

Considerando o balanço ambiental do AHBS, que é dado pelos impactes directos e indirectos gerados pelo AHBS, subtraídos dos impactes evitados pela injeção de electricidade na rede eléctrica nacional que evita a produção por outras fontes, verifica-se que para os cenários de referência dos modelos energéticos desenvolvidos pelo IST os impactes gerados pelo AHBS no seu ciclo de vida são contrabalançados pelos impactes evitados pela produção de electricidade para a generalidade das categorias de impacto ambiental consideradas pelo método ReCiPe, excepto no caso das categorias toxicidade humana, ecotoxicidade terrestre e depleção de recursos metálicos.

Como referido, tal deve-se sobretudo ao balanço a nível do consumo de combustíveis fósseis (carvão, gás natural, petróleo) para assegurar a função de reserva de energia (bombagem) e o consumo de combustíveis fósseis evitados pela venda de electricidade gerada pelo AHBS.

No caso da energia primária não renovável - fóssil, verifica-se que para todos os modelos, o AHBS resulta numa poupança de energia primária que varia entre os 7,3 TJ /GWh no cenário BAU e 6,0 TJ/GWh no cenário SIH, o que significa no ciclo de vida uma poupança entre 222.391 TJ e 183.636 TJ.

Tendo em conta os resultados da modelação, em relação à categoria toxicidade humana, o maior contributo para o impacto ambiental provém do aterro das cinzas produzidas pela queima de biomassa em centrais térmicas. No entanto, os resultados desta categoria de impacto ambiental têm uma grande incerteza inerente e são muito sensíveis em relação à consideração ou não das emissões de longo prazo, dado que muitos dos poluentes que contribuem para este tipo de impactes são bastante persistentes no ambiente. No caso do AHBS, considerando as emissões de longo prazo, os benefícios ambientais do AHBS acabam por ser superiores aos impactes, tal como se concluiu com um grau de confiança significativo com base na análise de incerteza realizada.

2.a) A opção zero, ou seja, a evolução do actual Sistema Eléctrico Nacional (SEN) sem a concretização AHBS.

Comparando-se os impactes ambientais gerados pelo AHBS ao longo do seu horizonte de projecto com a opção zero, ou seja, a evolução do actual Sistema Eléctrico Nacional (SEN) sem a concretização AHBS, verifica-se que para os cenários de referência dos modelos utilizados o AHBS apresenta um desempenho ambiental mais favorável que o desempenho médio do SEN, que integra o *mix* médio ponderado representativo de tecnologias renováveis e não renováveis estimadas para o período de funcionamento do AHBS.

Tendo em conta a análise de incerteza realizada a esta comparação, pode afirmar-se, com um grau de confiança significativo, que esta relação se mantém maioritariamente mesmo tendo em consideração a incerteza associada aos dados de base utilizados para a modelação.

2.b) Outras soluções tecnológicas, considerando a evolução marginal do sistema electroprodutor nacional.

Comparativamente às tecnologias de produção não renovável baseadas em combustíveis fósseis, verifica-se que o AHBS apresenta melhor desempenho em grande parte das categorias de impacto e dos vários cenários de referência dos modelos energéticos considerados.

No que concerne à comparação com soluções de produção renovável, o AHBS apresenta, como seria de esperar, impactes ambientais geralmente superiores a estas soluções por GWh de energia produzida, dado que a sua produção tem origem parcialmente em água previamente bombada, que requer o consumo de electricidade, que é parcialmente baseado em combustíveis fósseis e tem adicionalmente associada uma fracção relevante de energia dissipada, na conjugação das eficiências dos processos de bombagem e turbinagem.

Na hipótese de um regime de exploração para o AHBS sem recurso a bombagem, o impacto ambiental do aproveitamento por GWh seria bastante menor, equiparando-se a níveis das restantes tecnologias renováveis (eólica, fotovoltaica, hidroeléctrica a fio de água), embora tal significasse, igualmente, que o nível total de produção de electricidade do AHBS se reduziria, e este aproveitamento deixaria de desempenhar a função de reserva de energia, ou seja, deixaria de potenciar o aproveitamento da energia proveniente de outras fontes renováveis e igualmente, a possibilidade de ser utilizado para substituir parcialmente tecnologias baseadas em combustíveis fósseis.

7.3.2 Recomendações para trabalhos futuros

Tendo em conta o trabalho desenvolvido ao longo do projecto onde a ACV do AHBS se enquadrou, de seguida apresentam-se algumas recomendações para desenvolvimento.

Reforço das capacidades em ACV da EDP:

- A EDP deve produzir e consolidar uma base de dados interna sobre processos energéticos para apoio ao processo de decisão, tendo por base a grande quantidade de informação ambiental que dispõe (e.g. dados de exploração das centrais EDP em Portugal e no estrangeiro).
- A EDP deve nomear um responsável que aja como o “gestor da ferramenta”, garantindo a gestão da base de dados e o adequado uso da metodologia de ACV pelas várias empresas, bem como a potencial interação com outros projectos que utilizem metodologias análogas e/ou complementares (e.g. calculo da pegada de carbono, EIA) e a disseminação de resultados a nível interno e externo.

Apoio ao processo de decisão e avaliação de novos projectos:

- A utilização da ACV deve ser incentivada internamente, por exemplo, ao nível da avaliação de fornecedores e cadeia de valor.
- A utilização da ACV deve constituir-se uma das ferramentas para avaliação do desenvolvimento/adaptação de aproveitamentos hidroeléctricos, mas igualmente de outros tipos equipamentos de produção e distribuição de energia.
- Para apoio e facilitação ao processo de decisão, a EDP poderá desenvolver um indicador único de impacte (que agregue e pondere os resultados de caracterização das várias categorias de impacte dos métodos de avaliação, como o ReCiPe) e que reflecta a escolha de valores corporativos da EDP¹⁰.
- Aquando do projecto de novos aproveitamentos e equipamentos devem ser estimados os principais fluxos de massa e energia com incidência ambiental, sendo que, para tal, é essencial que as equipas projectistas e os fornecedores de equipamentos devam ser incitados a contabilizar e fornecer essa informação.
- A ACV pode e deve ser utilizada como complemento a Estudos de Impacte Ambiental (EIA) de novos aproveitamentos/equipamentos ou de reformulações de existentes, sobretudo no que concerne aos projectos mais sensíveis publica e politicamente.

Utilização dos resultados das ACV desenvolvidas:

- Os resultados das ACV, devidamente validados, podem constituir uma fonte de informação valiosa para serem integrados em relatórios ambientais e na estratégia de marketing da EDP.
- Os estudos de ACV devem, nos casos em que exista interesse, conduzir a Declarações Ambientais de Produto, de que as realizadas pela Axpo AG (2010) e Vattenfall AB são exemplos.

¹⁰ Desde que devidamente ressalvado que tal elemento metodológico da ACV apresenta uma elevada carga subjectiva inerente.

8 REVISÃO CRÍTICA

8.1 Nome e Afiliação dos Revisores

Uma das aplicações do estudo envolve a comparação dos impactes ambientais da produção de energia eléctrica pelo aproveitamento do Baixo Sabor com a produção de energia eléctrica por soluções alternativas, podendo esta comparação ser divulgada ao público.

Apesar de no sentido estrito não se pretender realizar alegações ambientais directas relativas à superioridade ou equivalência do sistema Baixo Sabor em relação a sistemas de empresas concorrentes da EDP que desempenhem a mesma função, o âmbito do estudo, bem como os seus objectivos e complexidade levam à necessidade de este ser alvo de revisão crítica.

A revisão crítica é um processo para verificar se o estudo cumpriu os requisitos metodológicos, de dados, de interpretação e de relato de acordo com as normas seguidas. Deve ainda assegurar que a classificação, caracterização, normalização, agregação e ponderação são suficientes e bem documentadas para permitir que a fase de interpretação seja realizada.

Dada a natureza sensível do estudo, tendo em conta a sugestão apresentada pela equipa que desenvolve a ACV e que foi aceite pela EDP, o *peer review* foi efectuado pelo Prof. Roland Clift, da Universidade de Surrey do Reino Unido, perito em ACV e em sistemas energéticos.

De seguida apresenta-se o resultado da avaliação realizada pelo Prof. Roland Clift, bem como as respectivas respostas da equipa que desenvolveu a ACV às recomendações efectuadas.

8.2 Relatório de Revisão Crítica

O relatório do processo de revisão crítica da autoria do Prof. Roland Clift é apresentado nas páginas seguintes.

Critical Review of

Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) do AHBS

- Life Cycle Assessment of hydroelectric development at Baixo Sabor (AHBS),
carried out for EDP by 3 Drivers and IST

Roland Clift CBE FREng

Emeritus Professor of Environmental Technology

Centre for Environmental Strategy

University of Surrey

Guildford GU2 7XH, UK

1. INTRODUCTION

This study has been carried out not just to provide a life-cycle environmental evaluation of the hydroelectric development at Baixo Sabor (AHBS) but also to introduce Energias de Portugal (EDP) to Life Cycle Assessment (LCA/ACV) and its use to evaluate, manage and reduce the environmental impacts of energy projects. The report on the study gives more detail and explanation than is normally provided in an LCA study, and this is consistent with the purpose of the exercise. This review will therefore comment on the approach and methodology in more detail than would normally be included in a peer review.

LCA is more commonly applied to consumer products. Application to infrastructure projects is more unusual. Furthermore, because AHBS is intended to provide storage to back-up other forms of renewable generation as well as to provide generating capacity itself, the study also presents some unusual methodological questions. This review will therefore consider the methodological approach taken and the different approaches to impact assessment, as well as the input data, results and conclusions.

2. METHODOLOGY AND SCOPE OF STUDY

2.1 Attributional and Consequential Analyses

One of the current research issues in LCA is the distinction between “attributional” and “consequential” analyses. The distinction is not clearly defined - ISO standards do not mention the two types of approach - but, in broad terms, attributional (or “accounting”) LCA describes an existing product system whereas consequential (or “prospective”) LCA attempts to explore the system effects of changes in economic activities. Attributional analysis is specified in standard approaches to developing consumer labels such as the “carbon footprint” and in Environmental Product Declarations (EPDs - Declarações Ambientais de Produto). This study assesses the environmental impacts of constructing, operating and ultimately demolishing the AHBS facility, both as a distinct activity and in the context of the whole system for generating and distributing electricity in Portugal. It therefore correctly uses a mixture of attributional and consequential approaches.

Using life cycle inventory data for existing economic activities, recognising that the construction of the facility (AHBS) and its future power generation represent marginal changes to total economic activity and power generation in Portugal, is consistent with an attributional approach to describing an existing or planned product system. The results from this part of the study could be used as the basis for an Environmental Product Declaration describing electricity production at AHBS.

The study goes on to compare the output from the installation with the same output from a generation and distribution system without AHBS, using the scenarios and system models developed at IST; this represents a consequential approach and is appropriate to support strategic decisions such as whether to proceed with the AHBS development. This mixture of approaches illustrates the point that the distinction between attributional and consequential analyses is not sharp and some analyses include both attributional and consequential elements.

An essential feature of the analysis is the distinction between the Foreground sub-system (in this case AHBS) described by specific primary data and the Background sub-system comprising the processes which are not directly affected by decisions based on the study and which can be described by generic secondary data. The total set of burdens (i.e. inputs and emissions) is then (Clift et al., 2000):

Direct burdens associated with the Foreground activities

Plus

Indirect burdens associated with material and energy inputs from the Background to the Foreground

Minus

Avoided burdens associated with Background activities displaced by output from the Foreground.

The direct and indirect burdens in this study are straightforward (see Section 3 below). However, a consequential system model is essential to estimate the avoided burdens. The modelling approach used here estimates the avoided burdens by calculating the burdens associated with the operation of a generating mix operating with and without AHBS. Three generating systems are considered, corresponding to three different scenarios for the development of the system for electricity generation and distribution in Portugal.

2.2 Functional Unit and Allocation

The report includes a sound exposition of the ISO approach to allocating burdens and environmental impacts between the different functions of a multi-functional system, although the approach has not been applied in this study.

The AHBS project is inherently multifunctional. Six different functions are identified, of which only three are related to production of electrical power; the others, concerned with management of water flow and supply, are excluded from the assessment. It would, in principle, have been possible to deal with the three non-power functions by system expansion, but the functional unit for the study is limited to power output: 1 GWh of electrical energy delivered into the national grid. This is one of the respects in which the study is conservative; i.e. likely to provide low estimates for the project's benefits.

3. INVENTORY ANALYSIS

Primary sources for system inputs and emissions are used whenever appropriate, particularly for the Foreground processes. Where the activities have already been carried out (i.e. for construction activities already carried out at the time of the study), the relevant data have been recorded and documented. Best estimates are used for operations which have yet to be carried out. Background processes are described by secondary data, obtained from reliable and widely used sources (primarily Ecoinvent). This is consistent with best practice, as is the “cut-off” basis used to define the boundary of the product system. Given that the study ends up comparing electricity generation with and without AHBS and that the minor processes excluded from the system are common to the cases considered, the cut-off rules are doubly sound.

In the attributional analysis, the indirect and avoided burdens are correctly described by the average output from the Background sub-system. In this study, this primarily affects the electrical power used at AHBS for pumping water up the system for energy storage; this is appropriately described by the average of the national grid without AHBS.

4. LIFE CYCLE IMPACT ASSESSMENT

4.1 ReCiPe

ReCiPe represents a recent update of the CML 2001 method which assesses the environmental significance of inputs and emissions by grouping them into a recognised set of environmental impact categories. This approach is widely accepted and used in the LCA community. The impacts used in this study are known as “mid-points”. It is also possible to use “end-point” indicators, which are further along the cause-effect chain and attempt to give more information on the significance of the impacts. However, proceeding from mid-points to end-points introduces additional uncertainties; mid-points, as used here, are therefore generally considered preferable in this kind of study.

To reveal the relative significance of the different impacts, it is common practice to “normalise” them with respect to some standard human activity. In this study, the impacts are normalised with respect to European resource use and emissions. This represents established best practice.

The results show that the most significant impacts differ between the different phases in the life cycle of the project. Land-use change appears to be the dominant impact after normalisation; in the case of AHBS, however, this is a local impact which is better dealt with by the complementary approach of Environmental Impact Assessment (as the study recognises). Of the impacts which are best described by LCA, climate change dominates (unsurprisingly) along with the closely related category “Depletion of fossil fuel reserves”. The study therefore correctly highlights climate change in reporting the environmental benefits of the AHBS project.

One of the few impact categories in which AHBS apparently does not represent an improvement is human toxicity. However, impact assessment for this category is notoriously unreliable because the environmental models on which the impact assessment is based are notoriously deficient in their treatment of persistent pollutants. The study is therefore correct in not attaching undue significance to this impact but recognising that it is a specific source of long-term uncertainty; this is also common practice, pending the establishment and validation of better models for the behaviour of persistent pollutants.

4.2 Cumulative Energy Demand

Cumulative Energy Demand is an alternative approach to impact assessment. Because it focuses on one impact or attribute, it is not widely used. Given that the environmental performance of AHBS is dominated by the related impacts of climate change and fossil fuel depletion, it is not surprising that Cumulative Energy Demand adds nothing to the comparison revealed by ReCiPe. The savings in primary energy calculated are sound; their order-of-magnitude is consistent with simple independent calculations. They also show

that the AHBS project would represent an environmental benefit even if it were only used for pumped storage (a conclusion which is consistent with assessments of pumped storage schemes in the UK).

4.3 Ecological Footprint

The Ecological Footprint is an attempt to aggregate the impacts of a project or product into a single metric representing the land area which would need to be appropriated to offset the impacts. The metric lacks a sound scientific basis (as the report on this study recognises) so that little significance can be attached to these results. It is recommended that no further effort be devoted to the Ecological Footprint approach.

4.4 Aggregation of Environmental Impacts

The study recommends that EDP should develop a single indicator of environmental impact which aggregates the different impacts assessed, for example by ReCiPe, and “which reflects a study of the corporate values of EDP”. Some cautionary remarks are appropriate.

This kind of aggregation requires a very careful elicitation of “corporate values” in a way which can be used to develop weighting factors for the different environmental impacts (whether mid-points or end-points). Deliberative processes using some form of Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) have been used for this purpose. However, these processes are not straightforward. In particular, it must be recognised that the grouping of impacts into the categories recognised by ReCiPe (and more generally in LCA) is already strongly normative so that any MCDA process should start further back and include the selection and definition of impact categories (see e.g. Elghali et al., 2006).

There are arguments in favour of this form of valuation rather than, for example, expressing impacts in terms of monetised damage costs (an approach which has been much discussed and generally discredited) or in terms of some simplistic measure such as Ecological Footprint (which, as noted above, is devoid of scientific credibility and therefore generally discredited). One of these positive arguments is that there is no pretence that the weights have any significance outside the organisation whose corporate values they seek to represent. However, this also means that any aggregated single-parameter indicator of environmental impact can only be used for internal decisions within EDP (see e.g. Clift, 2012). Other organisations will look for disaggregated impact data, most commonly at the level of mid-point categories, so that developing a single indicator would not remove the need for reporting of conventional life cycle impacts.

A similar conclusion applies to the recommendation that equipment suppliers be encouraged to produce LCA information on their products in the form of

Environmental Product Declarations (EPDs). In order to be of general use, EPDs need to report unaggregated impacts at the mid-point level. This remark also applies to any EPDs made generally available by EDP.

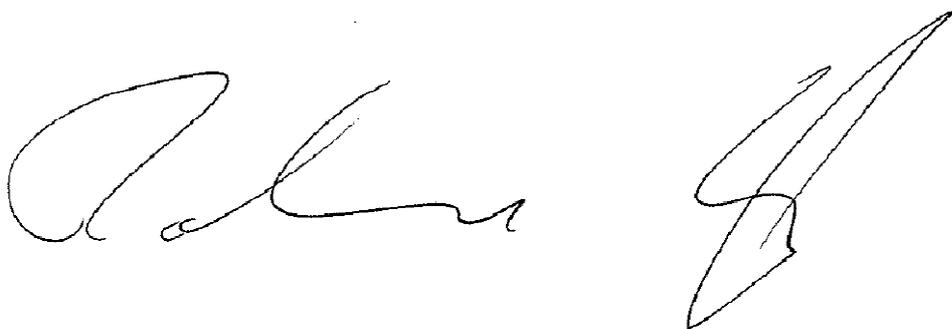
|

5. SUMMARY OF CRITICAL REVIEW

The life cycle assessment of the hydroelectric and pumped storage project at Baixo Sabor (AHBS) is exemplary:

it is methodologically sound, applying established best practice;
it appears to be based on sound data, as representative as is possible for a project still in construction;
the approach taken and the system defined for study do not give an unrealistically favourable evaluation of the project; in fact they have been chosen, if anything, to ensure that the evaluation cannot be criticised for favourable bias;
the impact assessment has been carried out according to accepted best practice (supplemented by two other approaches, which are less widely accepted and arguably less informative).

The "headline" conclusions concerning the environmental benefits from the AHBS project are sound, in particular as regards other means of generating electrical power in Portugal. Given that the attributional part of the study complies with the requirements of standards for "carbon labelling" of products, the results are fit for public declaration and to provide the basis for an Environmental Product Declaration of electrical energy produced at AHBS. The report on the study is particularly complimented for its general thoroughness and clarity, although some minor recommendations to improve the presentation follow.



6. REFERENCES

Elghali, L., Cowell, S.J., Begg, K.G. and Clift, R. (2006) "Support for sustainable development policy decisions: A case study from highway maintenance", *Int JLCA* **11** (1), 29-39.

Clift, R., Doig, A. and Finnveden, G. (2000) "The application of life cycle assessment to integrated solid waste management: Part 1 – Methodology", *Trans. IChemE* **65**, 281-295.

Clift, R. (2012) "Integrated waste management: environmental assessment and planning", *Ambiente Rischio Comunicazione* **2**, 74-89.

7. MINOR EDITORIAL RECOMMENDATIONS

More clarity is desirable on how exactly the three different electricity models have been used in the study. Evidently the models represent how a defined system for generation and distribution of electricity would behave with and without the AHBS facility, but do not attempt to model how the system itself would develop with and without AHBS. This corresponds to the mixture of attributional and consequential approaches which the study takes. However, it would help the clarity of the report if this were set out more explicitly.

The discussion of methodology to deal with multifunctional processes on pages 25 and 26 needs editorial attention; e.g. in describing a two-step (or multiple) process, the steps in addition to the first step need to be numbered. Similarly if closed-loop recycling is numbered "1", then open-loop recycling and downcycling should also be numbered.

8.3 Resposta às Recomendações

Tendo em consideração a avaliação realizada pelo Prof. Roland Clift, a equipa que desenvolveu a ACV seguiu as recomendações sugeridas, pelo que procedeu à revisão editorial do estudo nos dois aspectos mencionados.

Neste sentido, procedeu-se à clarificação de como os diferentes cenários de produção e consumo de electricidade são utilizados no estudo, pelo que se detalhou a metodologia dos modelos energéticos utilizados e seu uso na ACV, sobretudo no capítulo 4.5.1, sumário executivo e sumário técnico.

Finalmente, procedeu-se à numeração dos procedimentos que devem ser utilizados para lidar com situações de subdivisão de processos e multifuncionalidade e que são referidos no capítulo 4.5.2.

9 REFERÊNCIAS

- APEB. (2008). *A especificação do betão - Guia para a utilização da norma NP EN 206-1*. Associação Portuguesa das Empresas de Betão Pronto.
- Axpo AG. (2010). *Environmental Product Declaration: Wildegg-Brugg run-of-river Power Plant*. Baden, Switzerland: Axpo AG.
- Bambace, L. A., Ramos, F. M., Lima, I. B., & Rosa, R. R. (2007). Mitigation and recovery of methane emissions from tropical hydroelectric dams. *Energy*, 1038-1046.
- Calçada, M., Diogo, R., Neves, A., & Toureiro, C. (s.d.). *O SIG e a Exploração Florestal - Empreitada de Desmatção e Desarborização da Albufeira da Barragem do Alqueva*.
- Coltro, L., Garcia, E. E., & Queiroz, G. d. (2003). Life Cycle Inventory for Electric Energy System in Brazil. *International Journal of LCA*, 290-296.
- Delsontro, T., McGinis, D., Sobek, S., Ostrovsky, I., & Wehrli, B. (2010). Extreme Methane Emissions from a Swiss Hydropower Reservoir: Contribution from Bubbling Sediments. *Environment, Science and technology*, 44, 2419-2425.
- Delsontro, T., McGinnis, D. F., Sobek, S., Ostrovsky, I., & Wehrli, B. (2010). Extreme Methane Emissions from a Contribution from Bubbling Sediments. *Environ. Sci. Technol.*, 2419-2425.
- Di, X., Nie, Z., Yuan, B., & Zuo, T. (2007). Life Cycle Inventory for Electricity Generation in China. *International Journal of LCA*, 217-224.
- Dias, A. B. (2002). Construção em tijolo cerâmico: das exigências normativas do produto à prática de aplicação. *Seminário sobre Paredes de Alvenaria* (pp. 41-64). Porto: P. B. Lourenço & H. Sousa.
- Dones, R., Jungbluth, N., Emmenegger, M., Heck, T., Bauer, C., Bolliger, R., et al. (2007). *Life Cycle Inventories of Energy Systems: Results for Current Systems in Switzerland and other UCTE Countries. ecoinvent report No. 5*. Dubendorf, CH: Paul Scherrer Institut Villigen, Swiss Centre for Life Cycle Inventories.
- EDP. (2006). *Aproveitamento Hidroeléctrico do Baixo Sabor - Estudos Ambientais, Plano de Desmatção e Desarborização*. EDP.
- EDP Produção. (Janeiro de 2010). *Aproveitamento Hidroeléctrico do Baixo Sabor - estimativa das emissões de CO2 evitadas pelo Baixo Sabor durante o período de exploração usando o modelo VALORAGUA*. Lisboa, Portugal.
- EDP Produção. (11 de 11 de 2009). *Aproveitamento Hidroeléctrico do Baixo Sabor - LCA – Enquadramento Geral das Obras*. Porto: EDP Produção.
- EDP Produção. (2008). *Aproveitamento Hidroeléctrico do Baixo Sabor, Fornecimento dos Equipamentos – Processo de Concurso*. Porto: EDP Produção.
- ERSE. (2010). *Perdas na rede de transporte*. Obtido em 22 de Janeiro, de www.erse.pt: http://www.erse.pt/pt/electricidade/factosenumeros/Paginas/PerdasnaRedeTransporte_PC.aspx
- Estanqueiro, A., Castro, R., Flores, P., Ricardo, J., Pinto, M., Rodrigues, R., et al. (2008). How to Prepare a Power System for 15% of Wind Energy Penetration: the Portuguese Case Study. *Wind Energy*, 11 (75-84).
- Faias, S., Matos, F., Sousa, J., & Castro, R. (2008). Evaluation of energy storage devices for renewable energies integration: Application to a portuguese wind farm. *5th International Conference on European Electricity Market*.
- Faias, S., Sousa, J., & Castro, R. (2007). Forecasting the impact of increasing integration of renewable sources in the Power unbalance during peak and off-peak hour. *International Conference on Power Engineering, Energy and Electrical Drives*.
- Fearnside, P. M. (2008). *Hidroeléctricas como "Fábricas de Metano": O papel dos reservatórios em áreas de floresta tropical na emissão de gases com efeito de estufa*. 100-115: O ecol. Bras.
- Ferrão, P., Silva, C., Pereira, G., Pina, A., Ribeiro, P., Amaral, F., et al. (Agosto de 2011). *Relatório final sobre a modelação das emissões evitadas pela produção e armazenamento de energia eléctrica através do aproveitamento hídrico do Baixo Sabor*. Lisboa.
- Ferreira, D., Barros, J., & Lourenço, P. (2001). Pilares de Betão Armados Reforçados com Laminados de Fibras de Carbono. *Engenharia Civi - UM*, pp. 7-18.
- Ferreira, M. (Novembro de 2007). *Avaliação de Ciclo de Vida de uma Central Hidroeléctrica - Central de Frades, caso de estudo na EDP – Energias de Portugal, S.A. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia do Ambiente*. Lisboa, Portugal: Instituto Superior Técnico.
- Ferreira, M. M. (2007). *Avaliação de Ciclo de Vida de uma Central Hidroeléctrica: Central de Frades, caso de estudo na EDP - Energias de Portugal, S. A. Portugal*: Instituto Superior Técnico.
- Frischknecht, R., Jungbluth, N., Althaus, H.-J., Doka, G., Dones, R., Heck, T., et al. (2005). The ecoinvent Database: Overview and Methodological Framework. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 10 (1), 3-9.

- Fthenakis, V., & Kim, H. C. (2009). Land use and electricity generation: A life-cycle analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 1465-1474.
- Gagnon, L., Bélanger, C., & Uchiyama, Y. (2001). Life-cycle assessment of electricity generation options: The status of research in year 2001. *Energy Policy*, 1267-1278.
- Goedkoop, M., Heijungs, R., Huijbregts, M., De Schryver, A., Struijs, J., & van Zelm, R. (2009). *ReCiPe 2008 - Report I: Characterisation*. Netherlands: VROM.
- Hondo, H. (2005). Life cycle GHG emission analysis of power generation systems: Japanese case. *Energy*, 2042-2056.
- ISO/FDIS 14040. (2006). *Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework*. France: AFNOR Standardization Unit.
- JRC/IES. (2010). *ILCD Handbook: General guide for Life Cycle Assessment - Detailed Guide - First Edition*. Joint Research Centre (JRC)/Institute for Environment and Sustainability (IES). Ispra, Italy: European Commission.
- JRC/IES. (2010). *ILCD Handbook: General guide for Life Cycle Assessment - Provisions and action steps - First Edition*. Joint Research Centre (JRC)/Institute for Environment and Sustainability (IES). Ispra, Italy: European Commission.
- Nepomuceno, M. (1999). *Estudo da composição de betões*. Covilhã: Universidade da Beira Interior - Departamento de Engenharia Civil.
- NP EN ISO 14040:2008. (2008). *Gestão ambiental - Avaliação de ciclo de vida, Princípios e enquadramento (ISO 14040:2006)*. IPQ.
- Nunes, A. (2008). Recursos Hídricos na Bacia do Rio Sabor: Evolução Recente e Relações com Mudanças Sócioambientais. *6º Congreso Ibérico sobre Gestión Y Planificación del Agua*. Vitoria - Gasteiz.
- Pacca, S. (2007). Impacts from decommissioning of hydroelectric dams: a life cycle perspective. *Climatic Change*, 281-294.
- Pacca, S., & Horvath, A. (2002). Greenhouse Gas Emissions from Building and Operating Electric Power Plants in the Upper Colorado River Basin. *Environmental Science & Technology*, 3194-3200.
- Peiu, N. (2007). Life Cycle Inventory Study of the Electrical Energy Production in Romania. *International Journal of LCA*.
- Ramos, F. M., Bambace, A. W., Lima, I. B., Rosa, R. R., Mazzi, E. A., & Fearnside, P. M. (2009). Methane stocks in tropical hydropower reservoirs as a potential energy source. *Climatic Change*, 1-13.
- Ribeiro, F. d., & Silva, G. A. (2009). Life-Cycle inventory for hydroelectric generation: a Brazilian case study. *Journal of Cleaner Production*, 1-11.
- Rosa, L. P., Santos, M. A., Matvienko, B., Santos, E. O., & Sikar, E. (2004). Greenhouse Gas Emissions From Hydroelectric Reservoirs in Tropical Regions. *Climatic Change*, 9-21.
- Saarnio, S., Winiwarter, W., & Leitão, J. (2009). Methane release from wetlands and watercourses in Europe. *Atmospheric Environment*, 43, 1421-1429.
- Sven Lundie, G. M. (2005). Life cycle assessment of food waste management options. *Journal of Cleaner Production* 13, 275-286.
- Technical University of Denmark. (Abril de 2010). *Easewaste*. Obtido em 29 de Abril de 2010, de http://www.easewaste.dk/index.php?option=com_content&task=view&id=5&Itemid=6
- The International EPD Consortium (IEC). (2007). *PCR CPC 17 - Product Category Rules For preparing an Environmental Product Declaration (EPD) for Electricity, Steam, and Hot and Cold Water Generation and Distribution, Version 1.1*. The International EPD Consortium (IEC).
- UNESCO/IHA. (2009). *The UNESCO/IHA Measurement Specification Guidance For Evaluating The GHG Status of Man-Made Freshwater Reservoirs - Edition 1*. UNESCO/IHA.
- Varun, I., Bhat, I., & Prakash, R. (2009). LCA of renewable energy for electricity generation systems - a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 1067-1073.
- Varun, Prakash, R., & Bhat, I. K. (2009). Energy, economics and environmental impacts of renewable energy systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2716-2721.
- Vattenfall AB. (2005). *Life-Cycle Assessment: Vattenfall's Electricity in Sweden*. Stockholm, Sweden: Vattenfall Business Service Nordic AB.
- Vattenfall AB Vattenkraft. (2008). *Vattenfall AB Generation Nordic Certified Environmental Product Declaration EPD of Electricity from Vattenfall's Nordic Hydropower*. Stockholm, Sweden: Vattenfall Business Service Nordic AB.
- Venetoulis, J., & Talberth, J. (2006). Refining the ecological footprint. *Environment, Development and Sustainability*.

Apêndice

Tabelas de inventário do AHBS, por GWh (segundo os modelos energéticos BAU, BAU low carbon, SIH)

No	Substance	Compartment	Unit	BAU - Ciclo de Vida /GWh	SIH - Ciclo de Vida /GWh	BAU low carbon - Ciclo de Vida /GWh
1	Air	Raw	kg	41,278967	34,593565	41,14891
2	Aluminium, 24% in bauxite, 11% in crude ore, in ground	Raw	kg	43,202584	50,735328	39,500943
3	Anhydrite, in ground	Raw	kg	0,001170376	0,001438831	0,00085657
4	Barite, 15% in crude ore, in ground	Raw	kg	35,340172	42,385532	41,429883
5	Basalt, in ground	Raw	kg	3,5883311	3,9417283	3,2649864
6	Biomass, feedstock	Raw	MJ	0,54806548	0,76725848	3,56E-10
7	Borax, in ground	Raw	kg	0,017351992	0,021650657	0,017935496
8	Bromine, 0.0023% in water Cadmium, 0.30% in sulfide, Cd 0.18%, Pb, Zn, Ag, In, in ground	Raw	kg	0,000260044	0,000306278	0,00017284
9	Calcite, in ground	Raw	kg	0,10014183	0,12431058	0,10246745
10	Calcium chloride	Raw	kg	7465,9543	6563,053	7518,1426
11	Carbon dioxide, in air	Raw	kg	8,18E-11	6,84E-11	8,18E-11
12	Carbon, in organic matter, in soil	Raw	kg	58252,233	73309,467	59053,121
13	Cerium, 24% in bastnasite, 2.4% in crude ore, in ground	Raw	kg	0,069255037	0,057915731	0,069255037
14	Chromite, 25.5% in chromite, 11.6% in crude ore, in ground	Raw	kg	47,887162	55,370033	50,332509
15	Chromium, in ground	Raw	kg	6,09E-06	5,09E-06	6,09E-06
16	Chrysotile, in ground	Raw	kg	0,001018084	0,001235078	0,000812231
17	Cinnabar, in ground	Raw	kg	0,000100029	0,000121247	8,16E-05
18	Clay, bentonite, in ground	Raw	kg	21,015424	22,354419	21,951003
19	Clay, unspecified, in ground	Raw	kg	2384,335	2075,4942	2386,0523
20	Coal, brown, in ground	Raw	kg	1486,9118	1802,9781	898,64026
21	Coal, hard, unspecified, in ground	Raw	kg	57289,39	74945,909	7235,3935
22	Cobalt, in ground	Raw	kg	0,002550436	0,002139508	0,002546967
23	Colemanite, in ground	Raw	kg	0,14362867	0,17821032	0,14749769
24	Copper, 0.52% in sulfide, Cu 0.27% and Mo 8.2E-3% in crude ore, in ground	Raw	kg	8,54E-07	7,14E-07	8,54E-07
25	Copper, 0.99% in sulfide, Cu 0.36% and Mo 8.2E-3% in crude ore, in ground	Raw	kg	1,9624908	2,1124632	1,9760458
26	Copper, 1.18% in sulfide, Cu 0.39% and Mo 8.2E-3% in crude ore, in ground	Raw	kg	10,794798	11,604564	10,867914
27	Copper, 1.42% in sulfide, Cu 0.81% and Mo 8.2E-3% in crude ore, in ground	Raw	kg	2,8634745	3,0782764	2,8828697
28	Copper, 2.19% in sulfide, Cu 1.83% and Mo 8.2E-3% in crude ore, in ground	Raw	kg	16,147787	17,017956	16,252199
29	Copper, in ground	Raw	kg	8,41E-06	7,03E-06	8,41E-06
30	Diatomite, in ground	Raw	kg	1,27E-05	1,56E-05	1,35E-05
31	Dolomite, in ground	Raw	kg	9,7563176	11,112826	10,156981
32	Energy, from coal	Raw	MJ	51,665685	55,663716	29,565267
33	Energy, from coal, brown	Raw	MJ	19,238756	16,08928	19,237807
34	Energy, from gas, natural	Raw	MJ	75,174593	89,88705	27,237166
35	Energy, from oil	Raw	MJ	42,447398	42,579068	29,883899
36	Energy, from peat	Raw	MJ	0,40619148	0,38123698	0,33247437
37	Energy, from uranium	Raw	MJ	101,37627	103,05954	68,942762
38	Energy, from wood	Raw	MJ	0,30674956	0,42895537	0,000843475
39	Energy, geothermal, converted	Raw	MJ	0,83780969	0,98271503	0,33737315
40	Energy, gross calorific value, in biomass	Raw	MJ	624647,74	786471,54	627811,16
41	Energy, gross calorific value, in biomass, primary forest	Raw	MJ	1,7540903	2,0786715	1,9062174
42	Energy, kinetic (in wind), converted	Raw	MJ	904984,38	1086728	982808,4
43	Energy, potential (in hydropower reservoir), converted	Raw	MJ	4478587,9	4438715,8	4576937,8
44	Energy, solar, converted	Raw	MJ	111141,86	138840,72	114671,14
45	Europium, 0.06% in bastnasite, 0.006% in crude ore, in ground	Raw	kg	0,000173508	0,000145099	0,000173508
46	Feldspar, in ground	Raw	kg	2,09E-05	2,42E-05	2,12E-05
47	Fluorine, 4.5% in apatite, 1% in crude ore, in ground	Raw	kg	0,039238015	0,045988023	0,042945643
48	Fluorine, 4.5% in apatite, 3% in crude ore, in ground	Raw	kg	0,02004135	0,02365957	0,021467328
49	Fluorspar, 92%, in ground	Raw	kg	3,8095562	4,6141318	4,2944658
50	Gadolinium, 0.15% in bastnasite, 0.015% in crude ore, in ground	Raw	kg	0,000433029	0,000362128	0,000433029
51	Gallium, 0.014% in bauxite, in ground	Raw	kg	0,000197237	0,000246395	0,000203461
52	Gas, mine, off-gas, process, coal mining/m3	Raw	m3	407,73308	547,19554	72,859588
53	Gas, natural, in ground	Raw	m3	21832,433	26464,183	28573,658
54	Gold, Au 1.1E-4%, Ag 4.2E-3%, in ore, in ground	Raw	kg	1,58E-05	1,95E-05	1,54E-05
55	Gold, Au 1.3E-4%, Ag 4.6E-5%, in ore, in ground	Raw	kg	2,91E-05	3,58E-05	2,83E-05
56	Gold, Au 1.4E-4%, in ore, in ground	Raw	kg	3,48E-05	4,29E-05	3,39E-05
57	Gold, Au 2.1E-4%, Ag 2.1E-4%, in ore, in ground	Raw	kg	5,31E-05	6,55E-05	5,17E-05
58	Gold, Au 4.3E-4%, in ore, in ground	Raw	kg	1,32E-05	1,62E-05	1,28E-05
59	Gold, Au 4.9E-5%, in ore, in ground	Raw	kg	3,15E-05	3,89E-05	3,07E-05
60	Gold, Au 6.7E-4%, in ore, in ground	Raw	kg	4,88E-05	6,02E-05	4,75E-05

62	Gold, Au 7.1E-4%, in ore, in ground	Raw	kg	5,51E-05	6,78E-05	5,36E-05
63	Gold, Au 9.7E-4%, Ag 9.7E-4%, Zn 0.63%, Cu 0.38%, Pb 0.014%, in ore, in ground	Raw	kg	3,30E-06	4,06E-06	3,21E-06
64	Gold, in ground	Raw	kg	3,35E-11	2,80E-11	3,35E-11
65	Granite, in ground	Raw	kg	3,50E-06	3,25E-06	3,55E-06
66	Gravel, in ground	Raw	kg	88118,58	76339,808	87432,416
67	Gypsum, in ground	Raw	kg	0,15837332	0,1973785	0,16344404
68	Indium, 0.005% in sulfide, In 0.003%, Pb, Zn, Ag, Cd, in ground	Raw	kg	0,01147555	0,014322489	0,011823752
69	Iodine, 0.03% in water	Raw	kg	5,78E-05	6,81E-05	3,90E-05
70	Iron, 46% in ore, 25% in crude ore, in ground	Raw	kg	1476,731	1541,1985	1453,1138
71	Kaolinite, 24% in crude ore, in ground	Raw	kg	1,3648859	1,5789412	0,94531111
72	Kieserite, 25% in crude ore, in ground	Raw	kg	0,005585063	0,006681664	0,004709576
73	Lanthanum, 7.2% in bastnasite, 0.72% in crude ore, in ground	Raw	kg	0,020761681	0,017362318	0,020761681
74	Lead, 5.0% in sulfide, Pb 3.0%, Zn, Ag, Cd, In, in ground	Raw	kg	0,40002159	0,44323105	0,40474066
75	Lead, in ground	Raw	kg	3,92E-05	3,47E-05	3,58E-05
76	Lithium, 0.15% in brine, in ground	Raw	kg	0,000161698	0,000135613	0,000161288
77	Magnesite, 60% in crude ore, in ground	Raw	kg	22,953181	23,738544	22,700506
78	Magnesium chloride	Raw	kg	0,006730369	0,005628389	0,006730369
79	Magnesium, 0.13% in water	Raw	kg	0,42593428	0,51098358	0,43763901
80	Magnesium, in ground	Raw	kg	1,27E-25	1,78E-25	x
81	Manganese, 35.7% in sedimentary deposit, 14.2% in crude ore, in ground	Raw	kg	14,841134	14,753745	14,747146
82	Manganese, in ground	Raw	kg	9,89E-06	8,47E-06	9,54E-06
83	Mercury, in ground	Raw	kg	1,13E-05	1,58E-05	x
84	Metamorphous rock, graphite containing, in ground	Raw	kg	31,395852	26,624923	31,41663
85	Molybdenum, 0.010% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 1.83% in crude ore, in ground	Raw	kg	0,30008568	0,31625665	0,30202604
86	Molybdenum, 0.014% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.81% in crude ore, in ground	Raw	kg	0,03761196	0,040433401	0,037866718
87	Molybdenum, 0.016% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.27% in crude ore, in ground	Raw	kg	1,31E-08	1,10E-08	1,31E-08
88	Molybdenum, 0.022% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.36% in crude ore, in ground	Raw	kg	0,1077208	0,11557873	0,10668461
89	Molybdenum, 0.025% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.39% in crude ore, in ground	Raw	kg	0,13782183	0,14816046	0,13875534
90	Molybdenum, 0.11% in sulfide, Mo 4.1E-2% and Cu 0.36% in crude ore, in ground	Raw	kg	0,21419906	0,22926089	0,21201334
91	Molybdenum, in ground	Raw	kg	1,15E-07	9,61E-08	1,15E-07
92	Natural aggregate	Raw	kg	4,8367377	4,0448071	4,836736
93	Neodymium, 4% in bastnasite, 0.4% in crude ore, in ground	Raw	kg	0,011418925	0,009549275	0,011418925
94	Nickel, 1.13% in sulfide, Ni 0.76% and Cu 0.76% in crude ore, in ground	Raw	kg	0,15718819	0,15932697	0,12386971
95	Nickel, 1.98% in silicates, 1.04% in crude ore, in ground	Raw	kg	119,69281	137,05007	124,96236
96	Nickel, in ground	Raw	kg	1,16E-06	9,69E-07	1,16E-06
97	Nitrogen, in air	Raw	kg	0,004199202	0,005878626	4,86E-09
98	Occupation, arable, non-irrigated	Raw	m2a	7,1373579	8,675239	5,8539222
99	Occupation, construction site	Raw	m2a	3,9729979	4,7440264	4,5936442
100	Occupation, dump site	Raw	m2a	332,20592	430,8068	53,738785
101	Occupation, dump site, benthos	Raw	m2a	6,0296641	7,2952509	7,4240421
102	Occupation, forest, intensive	Raw	m2a	34,819309	41,639704	30,243895
103	Occupation, forest, intensive, normal	Raw	m2a	11567,168	14478,474	10027,899
104	Occupation, forest, intensive, short-cycle	Raw	m2a	0,44000526	0,52142492	0,47816561
105	Occupation, industrial area	Raw	m2a	203,89535	262,79639	66,223006
106	Occupation, industrial area, benthos	Raw	m2a	0,082614251	0,099448542	0,10630601
107	Occupation, industrial area, built up	Raw	m2a	34,682603	39,676316	36,536448
108	Occupation, industrial area, vegetation	Raw	m2a	21,254066	21,116068	19,860055
109	Occupation, mineral extraction site	Raw	m2a	145,08268	175,24979	46,375763
110	Occupation, permanent crop, fruit, intensive	Raw	m2a	0,64218544	0,76055109	0,69836189
111	Occupation, shrub land, sclerophyllous	Raw	m2a	1,4116501	1,4964897	1,5814879
112	Occupation, traffic area, rail embankment	Raw	m2a	10,02992	12,88003	2,1818292
113	Occupation, traffic area, rail network	Raw	m2a	11,090777	14,242341	2,4125995
114	Occupation, traffic area, road embankment	Raw	m2a	116,97043	145,8331	101,84516
115	Occupation, traffic area, road network	Raw	m2a	200,52172	236,18679	207,79905
116	Occupation, urban, discontinuously built	Raw	m2a	0,010792766	0,013043797	0,008933755
117	Occupation, water bodies, artificial	Raw	m2a	75222,296	62869,821	75633,714
118	Occupation, water courses, artificial	Raw	m2a	289,01592	268,19323	346,22317
119	Oil, crude, in ground	Raw	kg	2919,8471	3396,1449	2661,0943
120	Olivine, in ground	Raw	kg	0,000947234	0,001117429	0,000871098
121	Oxygen, in air	Raw	kg	-0,10336599	-0,086435066	-0,10337759
122	Palladium, in ground	Raw	kg	5,79E-12	4,84E-12	5,79E-12
123	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	kg	4,13E-06	4,87E-06	4,06E-06
124	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	kg	9,93E-06	1,17E-05	9,75E-06
125	Peat, in ground	Raw	kg	0,68964464	0,83337742	0,71658562
126	Phosphorus, 18% in apatite, 12% in crude ore, in ground	Raw	kg	0,085830046	0,10102395	0,09095786

LCA Baixo Sabor – Relatório Final

127	Phosphorus, 18% in apatite, 4% in crude ore, in ground	Raw	kg	0,15695209	0,18395211	0,1717826
128	Phosphorus, in ground	Raw	kg	1,39E-08	1,91E-08	6,19E-10
129	Platinum, in ground	Raw	kg	6,96E-11	5,82E-11	6,96E-11
130	Potassium chloride	Raw	kg	1,08E-05	1,51E-05	3,83E-09
131	Praseodymium, 0.42% in bastnasite, 0.042% in crude ore, in ground	Raw	kg	0,001211592	0,001013215	0,001211592
132	Primary energy from waves	Raw	MJ	0,01003821	0,014052886	x
133	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	kg	2,25E-06	2,70E-06	4,08E-06
134	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	kg	8,08E-06	9,67E-06	1,46E-05
135	Pumice, in ground	Raw	kg	7,56E-07	6,32E-07	7,56E-07
136	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	kg	2,64E-07	3,08E-07	5,02E-07
137	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	kg	8,26E-07	9,66E-07	1,57E-06
138	Rhenium, in crude ore, in ground	Raw	kg	1,10E-07	1,29E-07	1,02E-07
139	Samarium, 0.3% in bastnasite, 0.03% in crude ore, in ground	Raw	kg	0,000864576	0,000723017	0,000864576
140	Sand, unspecified, in ground	Raw	kg	16,644129	19,994746	18,056713
141	Shale, in ground	Raw	kg	0,003314684	0,004074578	0,00242636
142	Silver, 0.007% in sulfide, Ag 0.004%, Pb, Zn, Cd, In, in ground	Raw	kg	0,022292068	0,027842205	0,022971058
143	Silver, 3.2ppm in sulfide, Ag 1.2ppm, Cu and Te, in crude ore, in ground	Raw	kg	0,016228332	0,020268846	0,016722971
144	Silver, Ag 2.1E-4%, Au 2.1E-4%, in ore, in ground	Raw	kg	0,001475091	0,001842351	0,001520026
145	Silver, Ag 4.2E-3%, Au 1.1E-4%, in ore, in ground	Raw	kg	0,003368937	0,004207718	0,003471565
146	Silver, Ag 4.6E-5%, Au 1.3E-4%, in ore, in ground	Raw	kg	0,003302123	0,004124268	0,003402715
147	Silver, Ag 9.7E-4%, Au 9.7E-4%, Zn 0.63%, Cu 0.38%, Pb 0.014%, in ore, in ground	Raw	kg	0,00217892	0,002721416	0,002245296
148	Silver, in ground	Raw	kg	5,77E-09	4,82E-09	5,77E-09
149	Slate, in ground	Raw	kg	3,37E-08	4,72E-08	7,21E-14
150	Sodium chloride, in ground	Raw	kg	102,03393	119,49342	92,221681
151	Sodium nitrate, in ground	Raw	kg	5,19E-08	6,21E-08	5,69E-08
152	Sodium sulphate, various forms, in ground	Raw	kg	0,23395381	0,27276498	0,26491458
153	Soil, unspecified, in ground	Raw	kg	173,81308	145,35422	173,81308
154	Stibnite, in ground	Raw	kg	0,20431332	0,28602605	1,40E-06
155	Sulfur, in ground	Raw	kg	1,4007331	1,6689691	1,4976709
156	Sylvite, 25 % in sylvinitite, in ground	Raw	kg	0,7184893	0,82884993	0,72435398
157	Talc, in ground	Raw	kg	0,12818943	0,14673535	0,082856274
158	Tantalum, 81.9% in tantalite, 1.6E-4% in crude ore, in ground	Raw	kg	0,014257217	0,017805967	0,014688579
159	Tellurium, 0.5ppm in sulfide, Te 0.2ppm, Cu and Ag, in crude ore, in ground	Raw	kg	0,00243429	0,003040378	0,002508487
160	Tin, 79% in cassiterite, 0.1% in crude ore, in ground	Raw	kg	0,06746454	0,081101859	0,070540797
161	Tin, in ground	Raw	kg	6,93E-17	5,79E-17	6,93E-17
162	TiO2, 54% in ilmenite, 2.6% in crude ore, in ground	Raw	kg	1,3532644	1,6105245	1,2902938
163	TiO2, 95% in rutile, 0.40% in crude ore, in ground	Raw	kg	7,97E-06	8,29E-06	7,72E-06
164	Titanium, in ground	Raw	kg	8,52E-06	7,12E-06	8,52E-06
165	Transformation, from arable	Raw	m2	0,019806998	0,023265222	0,017422927
166	Transformation, from arable, non-irrigated	Raw	m2	13,165335	16,0031	10,802412
167	Transformation, from arable, non-irrigated, fallow	Raw	m2	0,005235841	0,006148877	0,004786147
168	Transformation, from dump site, inert material landfill	Raw	m2	0,14823842	0,14191343	0,17614871
169	Transformation, from dump site, residual material landfill	Raw	m2	0,11398274	0,13256546	0,11969896
170	Transformation, from dump site, sanitary landfill	Raw	m2	0,013976671	0,017439819	0,014041482
171	Transformation, from dump site, slag compartment	Raw	m2	0,005949825	0,00716713	0,006216911
172	Transformation, from forest	Raw	m2	8,4112805	10,064631	9,7712252
173	Transformation, from forest, extensive	Raw	m2	88,412583	110,30656	78,131659
174	Transformation, from forest, intensive, clear-cutting	Raw	m2	0,015714544	0,018622402	0,017077419
175	Transformation, from industrial area	Raw	m2	0,12825293	0,15400132	0,18591823
176	Transformation, from industrial area, benthos	Raw	m2	0,00073289	0,000885839	0,001022887
177	Transformation, from industrial area, built up	Raw	m2	5,12E-05	5,96E-05	5,65E-05
178	Transformation, from industrial area, vegetation	Raw	m2	8,73E-05	0,000101726	9,63E-05
179	Transformation, from mineral extraction site	Raw	m2	1,1092847	1,0960668	0,93784658
180	Transformation, from pasture and meadow	Raw	m2	6,9230475	7,7571811	7,8110375
181	Transformation, from pasture and meadow, intensive	Raw	m2	0,010743077	0,013058707	0,008814691
182	Transformation, from sea and ocean	Raw	m2	6,0358496	7,3026874	7,4309992
183	Transformation, from shrub land, sclerophyllous	Raw	m2	2,0382687	1,9130375	2,4621956
184	Transformation, from tropical rain forest	Raw	m2	0,015714544	0,018622402	0,017077419
185	Transformation, from unknown	Raw	m2	18,185673	18,897437	14,641848
186	Transformation, from water bodies, artificial	Raw	m2	990,26134	828,12329	990,26134
187	Transformation, to arable	Raw	m2	1,4093731	1,7332898	1,5271211
188	Transformation, to arable, non-irrigated	Raw	m2	13,176072	16,016158	10,811221
189	Transformation, to arable, non-irrigated, fallow	Raw	m2	0,014408628	0,014259492	0,013930591
190	Transformation, to dump site	Raw	m2	2,6919517	3,5005802	0,39213442
191	Transformation, to dump site, benthos	Raw	m2	6,0296641	7,2952509	7,4240421
192	Transformation, to dump site, inert material landfill	Raw	m2	0,14823842	0,14191343	0,17614871
193	Transformation, to dump site, residual material landfill	Raw	m2	0,11409395	0,13270425	0,11981353
194	Transformation, to dump site, sanitary landfill	Raw	m2	0,013976671	0,017439819	0,014041482
195	Transformation, to dump site, slag compartment	Raw	m2	0,005949825	0,00716713	0,006216911
196	Transformation, to forest	Raw	m2	1,0351297	0,94657191	1,0705179

197	Transformation, to forest, intensive	Raw	m2	0,23197383	0,27741397	0,20149532
198	Transformation, to forest, intensive, clear-cutting	Raw	m2	0,015714544	0,018622402	0,017077419
199	Transformation, to forest, intensive, normal	Raw	m2	87,302041	108,93416	77,15095
200	Transformation, to forest, intensive, short-cycle	Raw	m2	0,015714544	0,018622402	0,017077419
201	Transformation, to heterogeneous, agricultural	Raw	m2	0,40672381	0,4866998	0,47201471
202	Transformation, to industrial area	Raw	m2	3,9672806	5,1738176	1,1258712
203	Transformation, to industrial area, benthos	Raw	m2	0,006185636	0,007436601	0,006957226
204	Transformation, to industrial area, built up	Raw	m2	0,93385605	1,0485344	1,0232248
205	Transformation, to industrial area, vegetation	Raw	m2	0,45116881	0,45454292	0,42093622
206	Transformation, to mineral extraction site	Raw	m2	10,612955	11,923635	10,781828
207	Transformation, to pasture and meadow	Raw	m2	0,10299268	0,12477861	0,13722764
208	Transformation, to permanent crop, fruit, intensive	Raw	m2	0,009040131	0,01070638	0,009830935
209	Transformation, to sea and ocean	Raw	m2	0,00073289	0,000885839	0,001022887
210	Transformation, to shrub land, sclerophyllous	Raw	m2	0,28214763	0,29908583	0,31610604
211	Transformation, to traffic area, rail embankment	Raw	m2	0,023338852	0,029970839	0,005076948
212	Transformation, to traffic area, rail network	Raw	m2	0,025653449	0,032943153	0,005580445
213	Transformation, to traffic area, road embankment	Raw	m2	0,8718013	1,0861648	0,77193832
214	Transformation, to traffic area, road network	Raw	m2	4,5314782	5,3701591	4,8219846
215	Transformation, to unknown	Raw	m2	0,098036804	0,10317626	0,12127
216	Transformation, to urban, discontinuously built	Raw	m2	0,000214985	0,000259824	0,000177955
217	Transformation, to water bodies, artificial	Raw	m2	6,7475455	5,4416848	9,3864301
218	Transformation, to water courses, artificial	Raw	m2	3,5469867	3,2816588	4,2755421
219	Ulexite, in ground	Raw	kg	1,6541321	1,9874281	1,7951191
220	Uranium, in ground	Raw	kg	0,22402744	0,25916756	0,43435118
221	Vermiculite, in ground	Raw	kg	0,00409828	0,004968195	0,001565237
222	Volume occupied, final repository for low-active radioactive waste	Raw	m3	0,000448069	0,00051824	0,000868341
223	Volume occupied, final repository for radioactive waste	Raw	m3	0,000113069	0,000130962	0,000220905
224	Volume occupied, reservoir	Raw	m3y	473843,22	396118,85	475647,8
225	Volume occupied, underground deposit	Raw	m3	0,00205052	0,002389839	0,00222894
226	Water, cooling, unspecified natural origin/m3	Raw	m3	3982,734	5157,6599	1065,7812
227	Water, lake	Raw	m3	4,3107668	5,2256776	1,6436895
228	Water, river	Raw	m3	500,19832	621,45497	446,85336
229	Water, salt, ocean	Raw	m3	33,363459	39,569397	56,352986
230	Water, salt, sole	Raw	m3	2,2007757	2,57478	2,0170611
231	Water, turbine use, unspecified natural origin	Raw	m3	6547200,5	6274423,8	7269408
232	Water, unspecified natural origin/kg	Raw	kg	122,38632	134,33951	65,630248
233	Water, unspecified natural origin/m3	Raw	m3	171,16644	159,60354	171,63157
234	Water, well, in ground	Raw	m3	68,059113	87,776887	15,10709
235	Wood, hard, standing	Raw	m3	17,12419	21,602589	17,033552
236	Wood, primary forest, standing	Raw	m3	0,000162708	0,000192816	0,00017682
237	Wood, soft, standing	Raw	m3	44,313532	55,735666	44,790867
238	Wood, unspecified, standing/kg	Raw	kg	880,3386	736,19848	880,3386
239	Wood, unspecified, standing/m3	Raw	m3	4,31E-05	4,59E-05	4,49E-05
240	Zinc, 9.0% in sulfide, Zn 5.3%, Pb, Ag, Cd, In, in ground	Raw	kg	1,9872803	2,1883269	1,849318
241	Zinc, in ground	Raw	kg	1,50E-05	1,26E-05	1,48E-05
242	Zirconium, 50% in zircon, 0.39% in crude ore, in ground	Raw	kg	0,002350355	0,00292955	0,00240219
243	1-Butanol	Air	kg	8,83E-09	1,10E-08	8,88E-09
244	1-Pentanol	Air	kg	2,18E-08	2,56E-08	1,40E-08
245	1-Pentene	Air	kg	1,65E-08	1,94E-08	1,06E-08
246	1-Propanol	Air	kg	0,000912853	0,001140367	0,000941413
247	1,4-Butanediol	Air	kg	2,20E-06	2,74E-06	2,26E-06
248	2-Aminopropanol	Air	kg	1,49E-09	1,82E-09	1,28E-09
249	2-Butene, 2-methyl-	Air	kg	5,12E-10	4,30E-10	5,11E-10
250	2-Methyl-1-propanol	Air	kg	3,93E-08	4,62E-08	2,58E-08
251	2-Nitrobenzoic acid	Air	kg	2,43E-09	2,99E-09	2,16E-09
252	2-Propanol	Air	kg	0,000401276	0,000471233	0,000314466
253	Acenaphthene	Air	kg	8,75E-07	1,08E-06	9,86E-07
254	Acetaldehyde	Air	kg	0,053261191	0,066104416	0,06092373
255	Acetic acid	Air	kg	0,11126555	0,13330406	0,16185132
256	Acetone	Air	kg	0,030698064	0,037751204	0,038404924
257	Acetonitrile	Air	kg	1,71E-05	2,02E-05	1,86E-05
258	Acidity, unspecified	Air	kg	7,99E-10	6,70E-10	7,97E-10
259	Acrolein	Air	kg	7,80E-06	8,43E-06	7,49E-06
260	Acrylic acid	Air	kg	4,70E-06	5,79E-06	4,59E-06
261	Actinides, radioactive, unspecified	Air	Bq	13,274912	16,157281	17,814917
262	Aerosols, radioactive, unspecified	Air	Bq	104,30597	121,13481	212,79408
263	Aldehydes, unspecified	Air	kg	0,001035665	0,001099882	0,001241068
264	Aluminium	Air	kg	14,907796	16,866253	5,8504054
265	Ammonia	Air	kg	7,8903999	9,1166256	3,972733
266	Ammonium carbonate	Air	kg	5,31E-06	6,13E-06	5,25E-06
267	Ammonium, ion	Air	kg	1,07E-10	8,98E-11	1,07E-10
268	Aniline	Air	kg	9,21E-08	1,09E-07	6,54E-08
269	Anthracene	Air	kg	8,32E-11	6,95E-11	8,32E-11
270	Anthranilic acid	Air	kg	1,77E-09	2,18E-09	1,57E-09
271	Antimony	Air	kg	0,001308772	0,001468447	0,001114537
272	Antimony-124	Air	Bq	0,000682408	0,000696407	0,00062396

LCA Baixo Sabor – Relatório Final

273	Antimony-125	Air	Bq	0,006589918	0,006823053	0,005979973
274	Argon-41	Air	Bq	14027,719	16858,324	8617,3195
275	Arsenic	Air	kg	0,012207118	0,013908876	0,010447899
276	Arsenic trioxide	Air	kg	2,26E-13	1,89E-13	2,26E-13
277	Arsine	Air	kg	7,35E-11	8,32E-11	7,22E-11
278	Barium	Air	kg	0,022660279	0,029385693	0,005274468
279	Barium-140	Air	Bq	0,42866431	0,44382945	0,3889883
280	Benzal chloride	Air	kg	5,14E-12	6,37E-12	5,27E-12
281	Benzaldehyde	Air	kg	2,85E-06	2,91E-06	2,45E-06
282	Benzene	Air	kg	0,64941073	0,8233753	0,42864007
283	Benzene, 1-methyl-2-nitro-	Air	kg	2,10E-09	2,59E-09	1,86E-09
284	Benzene, 1,2-dichloro-	Air	kg	7,87E-08	9,48E-08	6,09E-08
285	Benzene, 1,3,5-trimethyl-	Air	kg	3,24E-12	2,71E-12	3,24E-12
286	Benzene, ethyl-	Air	kg	0,020804204	0,025810871	0,020719947
287	Benzene, hexachloro-	Air	kg	1,54E-05	1,61E-05	1,53E-05
288	Benzene, pentachloro-	Air	kg	2,79E-06	2,55E-06	2,82E-06
289	Benzo(a)anthracene	Air	kg	4,18E-11	3,50E-11	4,18E-11
290	Benzo(a)pyrene	Air	kg	0,000483057	0,000589099	0,000449664
291	Benzo(b)fluoranthene	Air	kg	7,47E-11	6,24E-11	7,47E-11
292	Benzo(ghi)perylene	Air	kg	3,73E-11	3,12E-11	3,73E-11
293	Beryllium	Air	kg	3,11E-05	3,20E-05	2,95E-05
294	Boron	Air	kg	0,47861157	0,62180892	0,081378141
295	Boron trifluoride	Air	kg	7,49E-13	9,24E-13	7,32E-13
296	Bromine	Air	kg	0,31082737	0,40498294	0,062593377
297	Butadiene	Air	kg	3,13E-06	3,91E-06	3,22E-06
298	Butane	Air	kg	1,0718842	1,3001262	1,2433939
299	Butene	Air	kg	0,004136748	0,004778685	0,003897756
300	Butyrolactone	Air	kg	6,34E-07	7,91E-07	6,52E-07
301	Cadmium	Air	kg	0,003460808	0,003853013	0,003365414
302	Calcium	Air	kg	3,3217222	4,1845732	3,3553603
303	Carbon-14	Air	Bq	380069,36	439184,85	727752,38
304	Carbon dioxide, biogenic	Air	kg	5711,0872	6308,6588	9802,0486
305	Carbon dioxide, fossil	Air	kg	110371,71	132402,97	83267,479
306	Carbon dioxide, land transformation	Air	kg	16,408586	17,671868	9,6746892
307	Carbon disulfide	Air	kg	0,19522973	0,2100883	0,19170844
308	Carbon monoxide, biogenic	Air	kg	5,170543	6,4116841	5,3770366
309	Carbon monoxide, fossil	Air	kg	98,911556	112,22924	90,364517
310	Cerium-141	Air	Bq	0,10391792	0,1075943	0,094299561
311	Cesium-134	Air	Bq	0,045329242	0,03889834	0,044868585
312	Cesium-137	Air	Bq	0,17066554	0,16028874	0,16249958
313	Chloramine	Air	kg	7,93E-08	9,34E-08	5,18E-08
314	Chloride	Air	kg	1,33E-06	1,11E-06	1,33E-06
315	Chlorine	Air	kg	0,12472941	0,1558021	0,12664174
316	Chloroacetic acid	Air	kg	1,86E-06	2,31E-06	1,09E-06
317	Chloroform	Air	kg	0,000583704	0,000707148	0,000604164
318	Chlorosilane, trimethyl-	Air	kg	1,85E-06	2,05E-06	1,69E-06
319	Chlorosulfonic acid	Air	kg	1,69E-08	2,08E-08	1,49E-08
320	Chromium	Air	kg	0,17029386	0,19743886	0,17680316
321	Chromium-51	Air	Bq	0,006659043	0,006894624	0,0060427
322	Chromium VI	Air	kg	0,004408209	0,005145026	0,004388805
323	Chromium, ion	Air	kg	2,48E-10	2,08E-10	2,48E-10
324	Chrysene	Air	kg	1,03E-10	8,60E-11	1,03E-10
325	Cobalt	Air	kg	0,004043929	0,004788406	0,003809905
326	Cobalt-58	Air	Bq	0,009525783	0,009812449	0,0086675
327	Cobalt-60	Air	Bq	0,088329864	0,09017815	0,080747732
328	Copper	Air	kg	0,054134563	0,061558484	0,052707347
329	Cumene	Air	kg	0,002766326	0,003222586	0,002851165
330	Cyanide	Air	kg	0,003414443	0,003700981	0,003531334
331	Cyanoacetic acid	Air	kg	1,38E-08	1,70E-08	1,22E-08
332	Cyclohexane	Air	kg	2,71E-09	2,27E-09	2,71E-09
333	Dibenz(a,h)anthracene	Air	kg	2,33E-11	1,95E-11	2,33E-11
334	Diethanolamine	Air	kg	2,62E-15	2,19E-15	2,62E-15
335	Diethylamine	Air	kg	4,17E-08	4,93E-08	2,97E-08
336	Dimethyl malonate	Air	kg	1,73E-08	2,13E-08	1,53E-08
337	Dinitrogen monoxide	Air	kg	5,299994	6,6116276	4,3933708
338	Dioxins, measured as 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin	Air	kg	5,26E-08	5,90E-08	4,60E-08
339	Dipropylamine	Air	kg	2,58E-08	3,04E-08	1,82E-08
340	Ethane	Air	kg	5,269319	6,4217605	6,6689082
341	Ethane, 1,1-difluoro-, HFC-152a	Air	kg	0,026036755	0,032526318	0,026853808
342	Ethane, 1,1,1-trichloro-, HCFC-140	Air	kg	1,28E-07	1,56E-07	1,72E-07
343	Ethane, 1,1,1,2-tetrafluoro-, HFC-134a	Air	kg	0,003422269	0,00355471	0,00339452
344	Ethane, 1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoro-, CFC-113	Air	kg	2,23E-07	2,75E-07	2,18E-07
345	Ethane, 1,2-dichloro-	Air	kg	0,002510494	0,002931964	0,002687797
346	Ethane, 1,2-dichloro-1,1,2,2-tetrafluoro-, CFC-114	Air	kg	0,000187753	0,000216126	0,000374492
347	Ethane, hexafluoro-, HFC-116	Air	kg	0,00161104	0,001945111	0,001538387
348	Ethanol	Air	kg	0,012804928	0,014889156	0,027608319
349	Ethene	Air	kg	0,080551158	0,097260234	0,052537576

350	Ethene, chloro-	Air	kg	0,001413042	0,001653394	0,00150739
351	Ethene, tetrachloro-	Air	kg	0,011468796	0,009600144	0,011469578
352	Ethyl acetate	Air	kg	0,087075673	0,10863958	0,08934642
353	Ethyl cellulose	Air	kg	1,41E-05	1,73E-05	1,36E-05
354	Ethylamine	Air	kg	1,80E-07	2,23E-07	1,75E-07
355	Ethylene diamine	Air	kg	2,11E-06	2,60E-06	1,97E-06
356	Ethylene oxide	Air	kg	0,17542176	0,24555448	0,000118312
357	Ethyne	Air	kg	0,008436499	0,010348907	0,007183944
358	Fluoranthene	Air	kg	2,71E-10	2,26E-10	2,71E-10
359	Fluorene	Air	kg	8,59E-10	7,19E-10	8,59E-10
360	Fluoride	Air	kg	3,81E-06	3,19E-06	3,81E-06
361	Fluorine	Air	kg	0,02999329	0,037547582	0,030336886
362	Fluosilicic acid	Air	kg	0,001113936	0,001313018	0,001005893
363	Formaldehyde	Air	kg	0,17247472	0,21531742	0,14848119
364	Formamide	Air	kg	3,99E-08	4,68E-08	2,57E-08
365	Formic acid	Air	kg	0,000116613	0,000138167	0,000126015
366	Furan	Air	kg	3,24E-05	3,85E-05	3,53E-05
367	Heat, waste	Air	MJ	1237010,1	1517436,1	1019896,9
368	Helium	Air	kg	0,009733479	0,010775576	0,009329842
369	Heptane	Air	kg	0,036755148	0,042457379	0,034027876
370	Hexamethylene diamine	Air	kg	6,09E-12	5,09E-12	6,09E-12
371	Hexane	Air	kg	0,95531451	1,1748706	1,062989
372	Hydrocarbons, aliphatic, alkanes, cyclic	Air	kg	0,000222227	0,000263877	0,000238229
373	Hydrocarbons, aliphatic, alkanes, unspecified	Air	kg	1,2361324	1,4824845	1,1104374
374	Hydrocarbons, aliphatic, unsaturated	Air	kg	1,9796508	2,5044359	1,801304
375	Hydrocarbons, aromatic	Air	kg	0,16913544	0,19693365	0,1902872
376	Hydrocarbons, chlorinated	Air	kg	0,003374493	0,003618214	0,003470024
377	Hydrogen	Air	kg	0,098436357	0,11134792	0,10856762
378	Hydrogen-3, Tritium	Air	Bq	2265260,1	2628622,7	4485797,1
379	Hydrogen bromide	Air	kg	2,08E-08	1,74E-08	2,08E-08
380	Hydrogen chloride	Air	kg	5,0795749	6,0971799	1,6519228
381	Hydrogen cyanide	Air	kg	8,96E-10	7,50E-10	8,96E-10
382	Hydrogen fluoride	Air	kg	1,6954801	2,0400731	0,44956668
383	Hydrogen iodide	Air	kg	2,29E-11	1,92E-11	2,29E-11
384	Hydrogen peroxide	Air	kg	6,28E-05	7,82E-05	6,41E-05
385	Hydrogen sulfide	Air	kg	0,80188835	0,97625939	0,98886794
386	Indeno(1,2,3-cd)pyrene	Air	kg	2,78E-11	2,32E-11	2,78E-11
387	Iodine	Air	kg	0,11419344	0,14926306	0,013082714
388	Iodine-129	Air	Bq	381,23557	442,11183	743,41408
389	Iodine-131	Air	Bq	5359,805	6501,6168	3219,6216
390	Iodine-133	Air	Bq	2,2256816	2,6192242	2,7465942
391	Iodine-135	Air	Bq	3,7156495	4,529884	4,9483621
392	Iron	Air	kg	0,048892193	0,057513832	0,038260441
393	Isocyanic acid	Air	kg	0,000231537	0,000288369	0,000174307
394	Isoprene	Air	kg	1,51E-06	1,78E-06	1,64E-06
395	Isopropylamine	Air	kg	5,12E-08	6,38E-08	5,19E-08
396	Krypton-85	Air	Bq	43149,936	52172,9	26210,133
397	Krypton-85m	Air	Bq	5433304	4545179,1	5432461,4
398	Krypton-87	Air	Bq	1883,8636	2042,3078	1550,9683
399	Krypton-88	Air	Bq	2214,0884	2364,2275	1885,1461
400	Krypton-89	Air	Bq	805,44957	839,92315	720,57445
401	Lactic acid	Air	kg	2,02E-08	2,38E-08	1,43E-08
402	Lanthanum-140	Air	Bq	0,036636257	0,037932361	0,033245305
403	Lead	Air	kg	0,059090801	0,068418929	0,056625084
404	Lead-210	Air	Bq	18600,214	23943,985	7340,4972
405	Lead compounds	Air	kg	3,83E-12	3,20E-12	3,83E-12
406	m-Xylene	Air	kg	0,067883862	0,085532974	0,068628833
407	Magnesium	Air	kg	0,23427417	0,29387861	0,2260532
408	Manganese	Air	kg	0,10839473	0,13579897	0,10492668
409	Manganese-54	Air	Bq	0,003410167	0,003530811	0,003094531
410	Mercury	Air	kg	0,00442901	0,005078304	0,002725919
411	Methane	Air	kg	0,085678956	0,11064676	0,016496457
412	Methane, biogenic	Air	kg	649,89351	552,01596	655,74358
413	Methane, bromo-, Halon 1001	Air	kg	1,18E-12	1,46E-12	1,21E-12
414	Methane, bromochlorodifluoro-, Halon 1211	Air	kg	0,001104914	0,001340056	0,001451468
415	Methane, bromotrifluoro-, Halon 1301	Air	kg	0,000103089	0,000117777	9,60E-05
416	Methane, chlorodifluoro-, HCFC-22	Air	kg	0,005757631	0,006982378	0,006954295
417	Methane, chlorotrifluoro-, CFC-13	Air	kg	1,22E-07	1,02E-07	1,22E-07
418	Methane, dichloro-, HCC-30	Air	kg	2,00E-05	2,42E-05	2,13E-05
419	Methane, dichlorodifluoro-, CFC-12	Air	kg	0,000111657	0,000131858	0,000118275
420	Methane, dichlorofluoro-, HCFC-21	Air	kg	3,94E-07	4,77E-07	4,05E-07
421	Methane, fossil	Air	kg	355,60741	460,34068	206,72791
422	Methane, monochloro-, R-40	Air	kg	2,03E-05	2,52E-05	2,20E-05
423	Methane, tetrachloro-, CFC-10	Air	kg	0,000110359	0,000135577	9,28E-05
424	Methane, tetrafluoro-, CFC-14	Air	kg	0,009919645	0,011787087	0,009129706
425	Methane, trichlorofluoro-, CFC-11	Air	kg	1,54E-06	1,53E-06	1,56E-06
426	Methane, trifluoro-, HFC-23	Air	kg	0,000125332	0,000151893	0,000128881

LCA Baixo Sabor – Relatório Final

427	Methanesulfonic acid	Air	kg	1,40E-08	1,72E-08	1,23E-08
428	Methanol	Air	kg	0,03076626	0,03741742	0,040674501
429	Methyl acetate	Air	kg	5,63E-10	6,93E-10	4,99E-10
430	Methyl acrylate	Air	kg	5,33E-06	6,57E-06	5,20E-06
431	Methyl amine	Air	kg	2,35E-07	2,93E-07	2,41E-07
432	Methyl borate	Air	kg	8,17E-09	9,61E-09	5,29E-09
433	Methyl ethyl ketone	Air	kg	0,087075555	0,10863943	0,089346314
434	Methyl formate	Air	kg	1,51E-08	1,77E-08	1,04E-08
435	Methyl lactate	Air	kg	2,22E-08	2,61E-08	1,57E-08
436	Molybdenum	Air	kg	0,000724728	0,000914191	0,000427272
437	Monoethanolamine	Air	kg	0,003412847	0,004246418	0,003529371
438	Naphthalene	Air	kg	8,73E-09	7,30E-09	8,73E-09
439	Nickel	Air	kg	0,049704803	0,059243983	0,036211186
440	Niobium-95	Air	Bq	0,000404817	0,000419138	0,000367348
441	Nitrate	Air	kg	0,001212953	0,001384327	0,001323597
442	Nitric oxide	Air	kg	8,95E-11	7,49E-11	8,95E-11
443	Nitrobenzene	Air	kg	1,25E-07	1,48E-07	8,92E-08
444	Nitrogen	Air	kg	0,035283209	0,029506198	0,035283209
445	Nitrogen oxides NMVOC, non-methane volatile organic compounds, unspecified origin	Air	kg	403,22394	491,17511	285,8213
446	Noble gases, radioactive, unspecified	Air	Bq	29,465842	34,683809	26,66882
447	Octane	Air	kg	3,66E+09	4,25E+09	7,14E+09
448	Oxygen	Air	kg	9,21E-07	7,70E-07	9,21E-07
449	Ozone	Air	kg	0,004605605	0,003851518	0,004605605
450	PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons	Air	kg	0,045104021	0,053636574	0,030768827
451	Palladium	Air	kg	0,017787837	0,021688393	0,01668486
452	Particulates, < 10 um	Air	kg	2,26E-15	1,89E-15	2,26E-15
453	Particulates, < 2.5 um	Air	kg	33,930807	42,860798	29,687656
454	Particulates, > 10 um	Air	kg	13,026116	14,925335	18,041484
455	Particulates, > 2.5 um, and < 10um	Air	kg	139,03922	175,57655	28,822249
456	Pentane	Air	kg	9,5528862	10,346464	8,8914018
457	Phenanthrene	Air	kg	1,1100335	1,3472684	1,1483398
458	Phenol	Air	kg	2,74E-09	2,29E-09	2,74E-09
459	Phenol, 2,4-dichloro-	Air	kg	0,001142544	0,001294304	0,001097111
460	Phenol, pentachloro-	Air	kg	4,06E-09	4,92E-09	3,92E-09
461	Phosphine	Air	kg	3,37E-05	4,11E-05	2,22E-05
462	Phosphorus	Air	kg	4,06E-09	5,01E-09	3,97E-09
463	Platinum	Air	kg	0,17041511	0,2146444	0,17212597
464	Plutonium-238	Air	Bq	2,89E-08	3,37E-08	6,54E-08
465	Plutonium-alpha	Air	Bq	5,20E-05	6,03E-05	0,000101371
466	Polonium-210	Air	Bq	0,000123074	0,00014148	0,000236333
467	Polychlorinated biphenyls	Air	kg	33856,482	43602,124	13134,154
468	Potassium	Air	kg	2,43E-05	2,55E-05	2,40E-05
469	Potassium-40	Air	Bq	13,248154	16,692019	13,389979
470	Propanal	Air	kg	8396,6656	10948,745	1359,68
471	Propane	Air	kg	0,000472098	0,000589112	0,000486358
472	Propene	Air	kg	1,9433478	2,3651063	2,3132853
473	Propionic acid	Air	kg	0,03440147	0,042664089	0,017901933
474	Propylamine	Air	kg	0,008890411	0,010725457	0,011585356
475	Propylene oxide	Air	kg	1,26E-08	1,48E-08	8,14E-09
476	Protactinium-234	Air	Bq	0,00302715	0,003746552	0,003111711
477	Radioactive species, other beta emitters	Air	Bq	55,051151	63,71248	106,83661
478	Radium-226	Air	Bq	20357,103	24982,891	21634,253
479	Radium-228	Air	Bq	6544,6912	8196,0048	5294,9541
480	Radon-220	Air	Bq	2995,8969	3872,8712	785,72941
481	Radon-222	Air	Bq	281656,32	368132,51	32190,75
482	Rhodium	Air	kg	1,69E+08	1,95E+08	3,27E+08
483	Ruthenium-103	Air	Bq	2,19E-15	1,83E-15	2,19E-15
484	Scandium	Air	kg	8,89E-05	9,21E-05	8,07E-05
485	Selenium	Air	kg	1,20E-05	1,44E-05	9,68E-06
486	Silicon	Air	kg	0,018549568	0,024092913	0,002052964
487	Silicon tetrafluoride	Air	kg	0,19167162	0,23499118	0,14968662
488	Silver	Air	kg	1,08E-06	1,26E-06	1,20E-06
489	Silver-110	Air	Bq	0,004185097	0,005228218	0,004316346
490	Sodium	Air	kg	0,000881472	0,000912656	0,000799885
491	Sodium chlorate	Air	kg	0,752477	0,94682143	0,7663556
492	Sodium dichromate	Air	kg	1,58E-05	1,85E-05	2,16E-05
493	Sodium formate	Air	kg	2,89E-05	3,33E-05	2,85E-05
494	Sodium hydroxide	Air	kg	3,72E-06	4,36E-06	2,86E-06
495	Strontium	Air	kg	0,000123776	0,000153846	0,00012508
496	Styrene	Air	kg	0,028588182	0,037054136	0,007133165
497	Sulfate	Air	kg	0,00017383	0,00020394	0,000176843
498	Sulfur dioxide	Air	kg	0,13165713	0,15445196	0,17202046
499	Sulfur hexafluoride	Air	kg	199,84954	242,14079	154,52527
500	Sulfur trioxide	Air	kg	0,002133673	0,002548757	0,002049685
501	Sulfuric acid	Air	kg	1,02E-06	1,20E-06	7,27E-07
502		Air	kg	8,76E-05	0,000109281	8,98E-05

503	t-Butyl methyl ether	Air	kg	0,000170876	0,000208848	0,000167781
504	t-Butylamine	Air	kg	6,81E-08	8,47E-08	6,78E-08
505	Tellurium	Air	kg	3,31E-11	2,77E-11	3,31E-11
506	Terpenes	Air	kg	1,42E-05	1,69E-05	1,55E-05
507	Thallium	Air	kg	7,73E-05	7,10E-05	7,32E-05
508	Thorium	Air	kg	1,52E-05	1,85E-05	9,97E-06
509	Thorium-228	Air	Bq	1412,2463	1835,7507	301,05862
510	Thorium-230	Air	Bq	204,04755	236,06122	395,34241
511	Thorium-232	Air	Bq	2188,2295	2842,9509	458,79613
512	Thorium-234	Air	Bq	55,064922	63,728366	106,86529
513	Tin	Air	kg	0,007013324	0,00844543	0,00720149
514	Tin oxide	Air	kg	3,33E-13	2,78E-13	3,33E-13
515	Titanium	Air	kg	0,003073039	0,003744832	0,002026682
516	Toluene	Air	kg	0,24396869	0,3089549	0,13514351
517	Toluene, 2-chloro-	Air	kg	3,99E-08	4,72E-08	2,89E-08
518	Trimethylamine	Air	kg	9,98E-10	1,23E-09	8,85E-10
519	Tungsten	Air	kg	1,63E-07	1,88E-07	3,17E-07
520	Uranium	Air	kg	1,85E-05	2,28E-05	1,15E-05
521	Uranium-234	Air	Bq	637,08707	736,78468	1238,7815
522	Uranium-235	Air	Bq	32,065733	36,658008	61,255296
523	Uranium-238	Air	Bq	4549,7902	5783,5265	2658,6549
524	Uranium alpha	Air	Bq	2957,1079	3419,7807	5762,5633
525	Used air	Air	kg	34,903633	29,188771	34,903633
526	Vanadium	Air	kg	0,031349327	0,037901336	0,039570011
527	VOC, volatile organic compounds	Air	kg	5,59E-05	4,74E-05	5,47E-05
528	Water	Air	kg	911,46949	769,15894	897,61527
529	Xenon-131m	Air	Bq	9362,3835	10079,188	7828,8244
530	Xenon-133	Air	Bq	325878,02	348180,22	276928,07
531	Xenon-133m	Air	Bq	703,55059	809,8708	497,80569
532	Xenon-135	Air	Bq	131458,18	140642,69	111400,76
533	Xenon-135m	Air	Bq	80790,957	86179,438	68943,48
534	Xenon-137	Air	Bq	2205,6811	2300,2173	1973,0112
535	Xenon-138	Air	Bq	17203,948	18070,828	15163,584
536	Xylene	Air	kg	0,97879062	1,2763269	0,11988817
537	Zinc	Air	kg	0,23837024	0,29126935	0,23095488
538	Zinc-65	Air	Bq	0,017027793	0,017630196	0,015451746
539	Zinc oxide	Air	kg	6,66E-13	5,57E-13	6,66E-13
540	Zirconium	Air	kg	2,63E-05	2,75E-05	2,59E-05
541	Zirconium-95	Air	Bq	0,01664402	0,017232846	0,015103494
542	1-Butanol	Water	kg	0,00031596	0,000394206	0,000324199
543	1-Pentanol	Water	kg	5,23E-08	6,15E-08	3,37E-08
544	1-Pentene	Water	kg	3,95E-08	4,64E-08	2,55E-08
545	1,4-Butanediol	Water	kg	8,79E-07	1,10E-06	9,05E-07
546	2-Aminopropanol	Water	kg	3,73E-09	4,57E-09	3,22E-09
547	2-Methyl-1-propanol	Water	kg	9,42E-08	1,11E-07	6,19E-08
548	2-Methyl-2-butene	Water	kg	1,23E-09	1,03E-09	1,23E-09
549	2-Propanol	Water	kg	2,84E-07	3,53E-07	2,87E-07
550	4-Methyl-2-pentanone	Water	kg	3,05E-08	3,78E-08	3,13E-08
551	Acenaphthene	Water	kg	1,06E-06	1,23E-06	9,79E-07
552	Acenaphthylene	Water	kg	6,80E-08	7,85E-08	6,32E-08
553	Acetaldehyde	Water	kg	0,000549763	0,000685819	0,000562881
554	Acetic acid	Water	kg	0,13346484	0,16668668	0,13763758
555	Acetone	Water	kg	1,27E-06	1,56E-06	1,12E-06
556	Acetonitrile	Water	kg	1,16E-08	1,42E-08	1,02E-08
557	Acetyl chloride	Water	kg	4,11E-08	4,83E-08	2,65E-08
558	Acidity, unspecified	Water	kg	0,002450703	0,002950576	0,002562333
559	Acrylate, ion	Water	kg	1,11E-05	1,37E-05	1,09E-05
560	Acrylonitrile	Water	kg	3,57E-10	2,99E-10	3,57E-10
561	Actinides, radioactive, unspecified	Water	Bq	618,72066	717,68438	1206,999
562	Aluminium	Water	kg	0,31294604	0,38177433	0,30577837
563	Americium-241	Water	Bq	0,14526419	0,12147971	0,14526419
564	Ammonia	Water	kg	0,000233562	0,000201186	0,000223155
565	Ammonium, ion	Water	kg	0,63553454	0,82163727	0,30007835
566	Aniline	Water	kg	2,22E-07	2,62E-07	1,58E-07
567	Anthracene	Water	kg	2,02E-09	1,69E-09	2,02E-09
568	Antimony	Water	kg	0,013232487	0,016266862	0,013334488
569	Antimony-122	Water	Bq	0,25458485	0,26359146	0,23102117
570	Antimony-124	Water	Bq	126,53935	145,34556	251,34804
571	Antimony-125	Water	Bq	158,27607	181,71635	338,05795
572	AOX, Adsorbable Organic Halogen as Cl	Water	kg	0,003912264	0,004856251	0,003959364
573	Arsenic, ion	Water	kg	0,021273389	0,02509356	0,021609299
574	Barite	Water	kg	3,7569445	4,5455025	4,6257493
575	Barium	Water	kg	0,15253175	0,178282	0,13999079
576	Barium-140	Water	Bq	1,1152168	1,1546706	1,0119954
577	Benzene	Water	kg	0,025355624	0,030120355	0,025061825
578	Benzene, 1,2-dichloro-	Water	kg	0,000295056	0,000368358	0,000303468
579	Benzene, chloro-	Water	kg	0,00608871	0,00760154	0,00626328

LCA Baixo Sabor – Relatório Final

580	Benzene, ethyl-	Water	kg	0,004051367	0,004722313	0,003754589
581	Benzo(a)anthracene	Water	kg	1,36E-09	1,14E-09	1,36E-09
582	Benzo(b)fluoranthene	Water	kg	1,49E-09	1,24E-09	1,49E-09
583	Beryllium	Water	kg	0,000311996	0,000400034	6,87E-05
584	BOD5, Biological Oxygen Demand	Water	kg	38,728741	46,307529	33,988529
585	Borate	Water	kg	4,11E-06	4,84E-06	2,68E-06
586	Boron	Water	kg	0,14519499	0,15824811	0,14470536
587	Bromate	Water	kg	0,005391231	0,006540378	0,004313756
588	Bromide	Water	kg	0,000220596	0,000259858	0,000147414
589	Bromine	Water	kg	0,16710653	0,19697177	0,15566117
590	Butene	Water	kg	0,001103155	0,001274556	0,00118382
591	Butyl acetate	Water	kg	0,000410735	0,000512452	0,000421446
592	Butyrolactone	Water	kg	1,52E-06	1,90E-06	1,57E-06
593	Cadmium	Water	kg	4,20E-07	3,51E-07	4,20E-07
594	Cadmium, ion	Water	kg	0,001158667	0,001324454	0,000934026
595	Calcium, ion	Water	kg	25,103164	30,847008	12,090983
596	Carbon-14	Water	Bq	7,3517236	6,1480069	7,3517236
597	Carbon disulfide	Water	kg	3,22E-06	3,84E-06	2,36E-06
598	Carbonate	Water	kg	0,22484771	0,20998766	0,23048182
599	Carboxylic acids, unspecified	Water	kg	0,76001042	0,88948371	0,71753083
600	Cerium-141	Water	Bq	0,44588188	0,46165613	0,40461226
601	Cerium-144	Water	Bq	0,13574103	0,14054323	0,12317721
602	Cesium	Water	kg	0,000168755	0,000196703	0,00015639
603	Cesium-134	Water	Bq	157,29922	179,37849	339,79836
604	Cesium-136	Water	Bq	0,07913534	0,081934961	0,071810788
605	Cesium-137	Water	Bq	71430,442	82816,112	139243,42
606	Chloramine	Water	kg	7,09E-07	8,35E-07	4,64E-07
607	Chlorate	Water	kg	0,044410068	0,054134118	0,034882897
608	Chloride	Water	kg	528,71534	688,25919	170,67601
609	Chlorinated solvents, unspecified	Water	kg	0,000596982	0,000576123	0,000609553
610	Chlorine	Water	kg	0,002420172	0,002842218	0,001137457
611	Chloroacetic acid	Water	kg	0,000238584	0,000293374	0,000208724
612	Chloroacetyl chloride	Water	kg	4,97E-09	6,09E-09	4,29E-09
613	Chloroform	Water	kg	1,04E-06	1,27E-06	1,03E-06
614	Chlorosulfonic acid	Water	kg	4,21E-08	5,18E-08	3,72E-08
615	Chromium	Water	kg	9,93E-07	8,30E-07	9,93E-07
616	Chromium-51	Water	Bq	187,27578	206,62539	319,18021
617	Chromium VI	Water	kg	0,073570298	0,079310463	0,071247726
618	Chromium, ion	Water	kg	0,002324274	0,002622115	0,002595469
619	Chrysene	Water	kg	7,63E-09	6,38E-09	7,63E-09
620	Cobalt	Water	kg	0,003320111	0,004040771	0,001429547
621	Cobalt-57	Water	Bq	2,5120543	2,6009248	2,2795454
622	Cobalt-58	Water	Bq	1232,7948	1385,8598	2283,234
623	Cobalt-60	Water	Bq	1006,2561	1117,409	1795,554
624	COD, Chemical Oxygen Demand	Water	kg	40,510418	48,28482	35,82482
625	Copper	Water	kg	9,54E-06	1,29E-05	7,43E-07
626	Copper, ion	Water	kg	0,00793743	0,009277086	0,00716499
627	Cresol	Water	kg	1,26E-11	1,05E-11	1,26E-11
628	Cumene	Water	kg	0,006647355	0,007743724	0,006851194
629	Curium alpha	Water	Bq	0,19251881	0,16099721	0,19251881
630	Cyanide	Water	kg	0,01357527	0,014938138	0,013391571
631	Decane	Water	kg	1,32E-05	1,10E-05	1,32E-05
632	Dichromate	Water	kg	0,000102071	0,000117343	0,000100334
633	Diethylamine	Water	kg	1,00E-07	1,18E-07	7,14E-08
634	Dimethylamine	Water	kg	1,49E-07	1,81E-07	1,25E-07
635	Dioxins, measured as 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin	Water	kg	1,41E-13	1,97E-13	7,58E-20
636	Dipropylamine	Water	kg	6,19E-08	7,29E-08	4,38E-08
637	DOC, Dissolved Organic Carbon	Water	kg	11,950903	14,312658	10,319863
638	Ethane, 1,2-dichloro-	Water	kg	4,67E-05	5,41E-05	6,63E-05
639	Ethanol	Water	kg	0,000731065	0,000912026	0,000749572
640	Ethene	Water	kg	0,00473831	0,005720993	0,004944326
641	Ethene, chloro-	Water	kg	1,19E-05	1,32E-05	1,24E-05
642	Ethyl acetate	Water	kg	1,33E-07	1,58E-07	1,03E-07
643	Ethylamine	Water	kg	4,32E-07	5,34E-07	4,21E-07
644	Ethylene diamine	Water	kg	5,10E-06	6,28E-06	4,77E-06
645	Ethylene oxide	Water	kg	0,1566982	0,21936627	1,06E-05
646	Fluoranthene	Water	kg	1,63E-09	1,36E-09	1,63E-09
647	Fluoride	Water	kg	0,54860926	0,68078769	0,41141559
648	Fluorine	Water	kg	1,14E-08	9,51E-09	1,14E-08
649	Fluosilicic acid	Water	kg	0,002005087	0,002363434	0,001810608
650	Formaldehyde	Water	kg	0,0005227	0,00062256	0,000541313
651	Formamide	Water	kg	9,57E-08	1,12E-07	6,17E-08
652	Formate	Water	kg	2,10E-05	2,61E-05	2,09E-05
653	Formic acid	Water	kg	2,78E-08	3,26E-08	1,79E-08
654	Glutaraldehyde	Water	kg	0,00046382	0,000561173	0,00057108
655	Heat, waste	Water	MJ	154421,33	199665,21	32165,156
656	Hexane	Water	kg	1,61E-12	1,35E-12	1,61E-12

657	Hydrocarbons, aliphatic, alkanes, unspecified	Water	kg	0,021938127	0,025571346	0,020330637
658	Hydrocarbons, aliphatic, unsaturated	Water	kg	0,002025112	0,002360497	0,001876718
659	Hydrocarbons, aromatic	Water	kg	0,094659779	0,11057521	0,089401963
660	Hydrocarbons, unspecified	Water	kg	0,19795917	0,23036488	0,21817217
661	Hydrogen-3, Tritium	Water	Bq	1,65E+08	1,91E+08	3,22E+08
662	Hydrogen chloride	Water	kg	2,90E-10	2,42E-10	2,90E-10
663	Hydrogen fluoride	Water	kg	2,94E-10	2,46E-10	2,94E-10
664	Hydrogen peroxide	Water	kg	0,001805684	0,002238211	0,001855787
665	Hydrogen sulfide	Water	kg	0,001338313	0,001405674	0,001307969
666	Hydroxide	Water	kg	0,025278714	0,031573582	0,026052329
667	Hypochlorite	Water	kg	0,015766706	0,018263485	0,035621472
668	Iodide	Water	kg	0,018256505	0,021394681	0,016744587
669	Iodine-129	Water	Bq	21,004994	17,565792	21,004994
670	Iodine-131	Water	Bq	25,263568	28,87972	50,135964
671	Iodine-133	Water	Bq	0,70010835	0,72487653	0,63530822
672	Iron	Water	kg	0,003522252	0,002946365	0,003520797
673	Iron-59	Water	Bq	0,19247472	0,19928403	0,17465978
674	Iron, ion	Water	kg	2,8128861	3,4173022	1,71378
675	Isopropylamine	Water	kg	1,23E-07	1,53E-07	1,25E-07
676	Lactic acid	Water	kg	4,85E-08	5,71E-08	3,43E-08
677	Lanthanum-140	Water	Bq	1,1877982	1,2298197	1,0778588
678	Lead	Water	kg	0,006506447	0,007440472	0,009912126
679	Lead-210	Water	Bq	881,92867	1038,3169	1102,5102
680	Lithium, ion	Water	kg	0,007831322	0,009696749	0,008030023
681	m-Xylene	Water	kg	3,23E-07	3,94E-07	2,92E-07
682	Magnesium	Water	kg	7,5101912	9,4743053	2,2582337
683	Manganese	Water	kg	0,48497566	0,61883821	0,172497
684	Manganese-54	Water	Bq	85,83461	95,26198	158,94501
685	Mercury	Water	kg	0,000197197	0,000226559	0,00017178
686	Methane, dibromo-	Water	kg	6,38E-13	5,33E-13	6,38E-13
687	Methane, dichloro-, HCC-30	Water	kg	0,004408875	0,005273278	0,00509257
688	Methane, monochloro-, R-40	Water	kg	3,02E-09	2,52E-09	3,02E-09
689	Methanol	Water	kg	0,016698858	0,020360296	0,020098777
690	Methyl acetate	Water	kg	1,35E-09	1,66E-09	1,20E-09
691	Methyl acrylate	Water	kg	0,000104102	0,000128325	0,000101668
692	Methyl amine	Water	kg	5,64E-07	7,03E-07	5,79E-07
693	Methyl formate	Water	kg	6,03E-09	7,09E-09	4,14E-09
694	Molybdenum	Water	kg	0,013113745	0,015868789	0,013087711
695	Molybdenum-99	Water	Bq	0,40952726	0,42401537	0,37162253
696	Naphthalene	Water	kg	2,08E-07	1,74E-07	2,08E-07
697	Nickel	Water	kg	7,22E-06	9,82E-06	5,02E-07
698	Nickel, ion	Water	kg	0,023994636	0,029715432	0,010487343
699	Niobium-95	Water	Bq	23,370448	26,802741	53,844097
700	Nitrate	Water	kg	4,6013895	5,7274259	3,2805236
701	Nitrite	Water	kg	0,005339206	0,006023496	0,006102655
702	Nitrobenzene	Water	kg	5,01E-07	5,92E-07	3,57E-07
703	Nitrogen	Water	kg	0,29887819	0,35557702	0,52250533
704	Nitrogen, organic bound	Water	kg	0,077522847	0,087311823	0,075166882
705	o-Xylene	Water	kg	1,61E-07	1,99E-07	1,65E-07
706	Oils, unspecified	Water	kg	11,07706	13,096229	10,278515
707	PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons	Water	kg	0,001603554	0,001774019	0,001529394
708	Particulates, < 10 um	Water	kg	3,87E-05	5,42E-05	3,44E-11
709	Particulates, > 10 um	Water	kg	0,025113116	0,032511503	0,004693046
710	Phenol	Water	kg	0,017285868	0,020138869	0,016063314
711	Phosphate	Water	kg	22,570259	28,33257	5,8211616
712	Phosphorus	Water	kg	0,006535147	0,007527036	0,007278328
713	Plutonium-alpha	Water	Bq	0,5778263	0,4832173	0,5778263
714	Polonium-210	Water	Bq	1105,9044	1299,6519	1347,1569
715	Potassium	Water	kg	7,00E-07	7,67E-07	3,78E-07
716	Potassium-40	Water	Bq	616,93556	730,97676	849,07758
717	Potassium, ion	Water	kg	4,3954324	5,4411381	3,3213968
718	Propanal	Water	kg	7,57E-08	8,90E-08	4,88E-08
719	Propane, 1,2-dichloro-	Water	kg	4,89E-15	4,09E-15	4,89E-15
720	Propanol	Water	kg	8,65E-08	1,03E-07	5,97E-08
721	Propene	Water	kg	0,013934181	0,016732894	0,014527007
722	Propionic acid	Water	kg	1,83E-08	2,23E-08	1,68E-08
723	Propylamine	Water	kg	3,03E-08	3,56E-08	1,95E-08
724	Propylene oxide	Water	kg	0,007266704	0,008993436	0,007469643
725	Protactinium-234	Water	Bq	1004,5924	1161,7576	1958,4997
726	Radioactive species, alpha emitters	Water	Bq	1,4137224	1,6564181	1,5556838
727	Radioactive species, Nuclides, unspecified	Water	Bq	370611,13	429915,14	722400,76
728	Radium-224	Water	Bq	8437,7415	9835,1333	7819,476
729	Radium-226	Water	Bq	641522,1	741257,91	1234019,8
730	Radium-228	Water	Bq	16889,04	19687,059	15652,855
731	Rubidium	Water	kg	0,001687548	0,001967027	0,001563895
732	Ruthenium-103	Water	Bq	0,086413948	0,089471069	0,078415708
733	Ruthenium-106	Water	Bq	0,14526423	0,12147974	0,14526423

LCA Baixo Sabor – Relatório Final

734	Scandium	Water	kg	0,003028998	0,003837144	0,001824161
735	Selenium	Water	kg	0,003430115	0,004302123	0,002039554
736	Silicon	Water	kg	1,5341187	1,8912842	0,8282132
737	Silver-110	Water	Bq	767,67907	853,44675	1267,295
738	Silver, ion	Water	kg	0,0003161	0,000386916	0,000173524
739	Sodium-24	Water	Bq	3,0985928	3,2082136	2,8117954
740	Sodium formate	Water	kg	8,95E-06	1,05E-05	6,88E-06
741	Sodium, ion	Water	kg	67,721203	78,498082	61,44687
742	Solids, inorganic	Water	kg	8,9505144	10,961883	4,5045831
743	Solved solids	Water	kg	13,688913	16,70505	5,6746173
744	Strontium	Water	kg	0,67830146	0,83872709	0,33579478
745	Strontium-89	Water	Bq	24,226439	27,14408	47,774786
746	Strontium-90	Water	Bq	153503,25	185859,09	102741,15
747	Sulfate	Water	kg	162,4472	200,01132	78,026268
748	Sulfide	Water	kg	0,001729759	0,001991041	0,003336294
749	Sulfite	Water	kg	0,041466162	0,048057974	0,09311077
750	Sulfur	Water	kg	0,037553912	0,044787698	0,03710911
751	Suspended solids, unspecified	Water	kg	16,453644	19,609914	19,87736
752	t-Butyl methyl ether	Water	kg	0,000334532	0,000396161	0,000306451
753	t-Butylamine	Water	kg	1,63E-07	2,03E-07	1,63E-07
754	Technetium-99m	Water	Bq	9,4256818	9,7621236	8,5481141
755	Tellurium-123m	Water	Bq	16,641618	19,22318	35,763448
756	Tellurium-132	Water	Bq	0,023712439	0,024551329	0,02151768
757	Thallium	Water	kg	9,82E-05	0,000114452	0,000196231
758	Thorium-228	Water	Bq	33756,234	39346,684	31283,655
759	Thorium-230	Water	Bq	137066,83	158510,48	267218,17
760	Thorium-232	Water	Bq	105,62635	125,21911	148,0193
761	Thorium-234	Water	Bq	1004,7396	1161,9274	1958,8063
762	Tin	Water	kg	1,03E-10	8,65E-11	1,03E-10
763	Tin, ion	Water	kg	0,000152203	0,00017696	0,000144223
764	Titanium	Water	kg	2,73E-07	2,28E-07	2,73E-07
765	Titanium, ion	Water	kg	0,003835588	0,004718443	0,002938293
766	TOC, Total Organic Carbon	Water	kg	12,317787	14,751364	10,737161
767	Toluene	Water	kg	0,020987878	0,024460364	0,019448551
768	Toluene, 2-chloro-	Water	kg	8,09E-08	9,56E-08	5,82E-08
769	Tributyltin compounds	Water	kg	0,002918898	0,003698569	0,000519677
770	Triethylene glycol	Water	kg	0,011731353	0,014266759	0,014653824
771	Trimethylamine	Water	kg	2,40E-09	2,95E-09	2,12E-09
772	Tungsten	Water	kg	0,003313079	0,004033211	0,002823222
773	Uranium-234	Water	Bq	1205,5109	1394,1091	2350,1997
774	Uranium-235	Water	Bq	1989,093	2300,28	3877,8294
775	Uranium-238	Water	Bq	3516,8489	4062,5587	6506,4997
776	Uranium alpha	Water	Bq	57871,42	66925,272	112819,87
777	Urea	Water	kg	8,83E-08	1,04E-07	5,72E-08
778	Vanadium	Water	kg	8,94E-07	7,48E-07	8,94E-07
779	Vanadium, ion	Water	kg	0,003119452	0,0036612	0,005016772
780	VOC, volatile organic compounds, unspecified origin	Water	kg	0,061678044	0,071895207	0,059647344
781	Xylene	Water	kg	0,01725099	0,020131332	0,016001235
782	Zinc	Water	kg	3,40E-06	2,85E-06	3,40E-06
783	Zinc-65	Water	Bq	42,009905	43,496117	38,121582
784	Zinc, ion	Water	kg	0,23689456	0,28487898	0,26357436
785	Zirconium-95	Water	Bq	0,48648648	0,50369722	0,44145861
786	Calcium fluoride waste	Waste	kg	1,40E-05	1,17E-05	1,40E-05
787	Chemical waste, inert	Waste	kg	0,004627788	0,006478622	x
788	Chemical waste, regulated	Waste	kg	0,005517567	0,00772426	x
789	Chemical waste, unspecified	Waste	kg	0,016138626	0,022593099	x
790	Construction waste	Waste	kg	0,025240444	0,021107809	0,02524036
791	Food biomass waste, DK	Waste	kg	6,10E-12	8,54E-12	x
792	Mineral waste	Waste	kg	0,0408917	0,057245904	x
793	Mineral waste, from mining	Waste	kg	254,9966	213,33316	254,84081
794	Packaging waste, paper and board	Waste	kg	2,43E-09	3,40E-09	x
795	Packaging waste, plastic	Waste	kg	3,00E-11	4,20E-11	x
796	Packaging waste, steel	Waste	kg	2,15E-08	3,01E-08	x
797	Packaging waste, wood	Waste	kg	1,47E-10	2,05E-10	x
798	Plastic waste	Waste	kg	0,00657187	0,00920022	x
799	Radioactive tailings	Waste	kg	0,02444906	0,020445952	0,02444906
800	Rejects	Waste	kg	0,45625665	0,38155257	0,45625665
801	Slag (uranium conversion)	Waste	kg	9,24E-05	7,73E-05	9,24E-05
802	Slags	Waste	kg	34,583071	28,920696	34,583071
803	Waste returned to mine	Waste	kg	5,09E-05	7,13E-05	x
804	Waste, industrial	Waste	kg	-0,003597027	-0,00503562	x
805	Waste, nuclear, unspecified/kg	Waste	kg	0,000269666	0,000225513	0,000269666
806	Waste, unspecified	Waste	kg	0,006022883	0,008431672	x
807	Wood waste	Waste	kg	0,000743299	0,001040574	x
808	2,4-D	Soil	kg	5,75E-06	6,82E-06	6,25E-06
809	Aclonifen	Soil	kg	2,09E-05	2,57E-05	1,85E-05
810	Aldrin	Soil	kg	3,20E-07	3,97E-07	3,23E-07

811	Aluminium	Soil	kg	1,733176	2,1722101	1,777111
812	Ammonia	Soil	kg	6,31E-05	5,27E-05	6,31E-05
813	Antimony	Soil	kg	2,85E-06	3,56E-06	2,94E-06
814	Arsenic	Soil	kg	0,000572189	0,000716414	0,000588473
815	Atrazine	Soil	kg	8,39E-08	1,04E-07	8,48E-08
816	Barium	Soil	kg	0,087122884	0,10420689	0,10062797
817	Benomyl	Soil	kg	3,65E-08	4,33E-08	3,97E-08
818	Bentazone	Soil	kg	1,07E-05	1,31E-05	9,46E-06
819	Boron	Soil	kg	0,002060781	0,002431714	0,002286722
820	Bromide	Soil	kg	1,86E-08	1,55E-08	1,86E-08
821	Cadmium	Soil	kg	0,001066388	0,001342923	0,001077762
822	Calcium	Soil	kg	21,910977	27,561766	22,250993
823	Carbetamide	Soil	kg	4,35E-06	5,32E-06	3,71E-06
824	Carbofuran	Soil	kg	2,00E-05	2,37E-05	2,18E-05
825	Carbon	Soil	kg	1,4817867	1,8283649	1,5706979
826	Chloride	Soil	kg	3,8259253	4,0920379	3,8908354
827	Chlorothalonil	Soil	kg	0,00056319	0,000660635	0,000357858
828	Chromium	Soil	kg	0,015467503	0,019428217	0,015760262
829	Chromium VI	Soil	kg	0,001773425	0,001932573	0,001523729
830	Chromium, ion	Soil	kg	3,95E-12	3,30E-12	3,95E-12
831	Cobalt	Soil	kg	0,001345087	0,001694583	0,001359709
832	Copper	Soil	kg	0,01353591	0,016816874	0,013503537
833	Cypermethrin	Soil	kg	2,94E-06	3,49E-06	3,16E-06
834	Decane	Soil	kg	8,47E-06	7,08E-06	8,47E-06
835	Fenpiclonil	Soil	kg	2,29E-05	2,69E-05	1,47E-05
836	Fluoride	Soil	kg	0,009907524	0,011722275	0,011088774
837	Glyphosate	Soil	kg	0,00078035	0,000982185	0,000254778
838	Heat, waste	Soil	MJ	113,96944	98,935754	99,867366
839	Iron	Soil	kg	4,0862762	5,1138016	3,2241063
840	Lead	Soil	kg	0,004985481	0,006254761	0,005035442
841	Linuron	Soil	kg	0,000161218	0,000198395	0,000142848
842	Magnesium	Soil	kg	2,5369006	3,1874191	2,584722
843	Mancozeb	Soil	kg	0,000731467	0,000858028	0,000464783
844	Manganese	Soil	kg	1,5003562	1,8899876	1,5178232
845	Mercury	Soil	kg	7,93E-06	9,93E-06	7,92E-06
846	Metaldehyde	Soil	kg	9,63E-07	1,17E-06	7,90E-07
847	Metolachlor	Soil	kg	0,001166375	0,001435335	0,00103341
848	Metribuzin	Soil	kg	2,58E-05	3,02E-05	1,64E-05
849	Molybdenum	Soil	kg	0,000276902	0,000348766	0,000279857
850	Napropamide	Soil	kg	1,70E-06	2,07E-06	1,40E-06
851	Nickel	Soil	kg	0,00417697	0,005253823	0,004220446
852	Oils, biogenic	Soil	kg	0,12741634	0,15771792	0,11435156
853	Oils, unspecified	Soil	kg	10,97517	12,993948	10,039545
854	Orbencarb	Soil	kg	0,000139082	0,000163146	8,84E-05
855	Phosphate	Soil	kg	3,61E-05	3,02E-05	3,61E-05
856	Phosphorus	Soil	kg	0,74044941	0,93240542	0,74983149
857	Pirimicarb	Soil	kg	1,01E-06	1,24E-06	8,95E-07
858	Potassium	Soil	kg	4,1303491	5,2003129	4,1844678
859	Silicon	Soil	kg	6,3702833	8,0226542	6,4458882
860	Sodium	Soil	kg	0,5050916	0,5559812	0,55937331
861	Strontium	Soil	kg	0,001787044	0,00212284	0,002056619
862	Sulfate	Soil	kg	2,17E-06	1,81E-06	2,17E-06
863	Sulfide	Soil	kg	1,30E-05	1,09E-05	1,30E-05
864	Sulfur	Soil	kg	0,79348312	0,99268335	0,81697655
865	Sulfuric acid	Soil	kg	6,09E-09	7,51E-09	5,95E-09
866	Tebutam	Soil	kg	4,04E-06	4,91E-06	3,31E-06
867	Teflubenzuron	Soil	kg	1,72E-06	2,01E-06	1,09E-06
868	Thiram	Soil	kg	6,48E-08	7,68E-08	7,04E-08
869	Tin	Soil	kg	8,28E-06	9,83E-06	8,14E-06
870	Titanium	Soil	kg	0,10304239	0,12983282	0,10417342
871	Vanadium	Soil	kg	0,002949371	0,003716191	0,002981744
872	Zinc	Soil	kg	0,13402328	0,16701728	0,13563671

Avaliação de Ciclo de Vida do
AHBS

Anexos ao relatório final

Projecto LCA EDP



Destinatário:



Desenvolvido por:



Índice

ÍNDICE 1

ÍNDICE DE TABELAS	2
ÍNDICE DE FIGURAS	3
ANEXO A.	4
CARACTERIZAÇÃO GENÉRICA DO SISTEMA EM ANÁLISE (COMPONENTES DO AHBS)	4
ANEXO B.	15
DADOS DE INVENTÁRIO E PRESSUPOSTOS ASSUMIDOS	15
Fase de construção	15
Componentes do AHBS	15
Processos transversais (Materiais, Produtos, Actividades e Transportes)	33
Transportes de equipamentos e materiais	50
Fase de operação	53
Produção e consumo de electricidade em bombagem pelo AHBS	53
Substituição de equipamentos electromecânicos e manutenção de infra-estruturas	61
Outros consumos na fase de operação	62
Albufeiras (consumos e emissões)	63
ANEXO C.	67
METODOLOGIAS DE AVALIAÇÃO DE IMPACTES NO CICLO DE VIDA (AICV)	67
ReCiPe	67
Metodologia de avaliação de impactes	67
Categorias de Impacte Ambiental	68
Cumulative Energy Demand (CED)	75
Pegada Ecológica (<i>Ecological footprint</i>)	75
REFERÊNCIAS DO ANEXO	76

No table of figures entries found.

Índice de tabelas

TABELA A.1 – COMPONENTES DO ESCALÃO DE MONTANTE (EM)	6
TABELA A.2 – COMPONENTES DO ESCALÃO DE JUSANTE (EJ)	10
TABELA A.3 – COMPONENTES DOS PROJECTOS COMPLEMENTARES E MEDIDAS COMPENSATÓRIAS....	13
TABELA B.1 - DADOS DE INVENTÁRIO: INFRA-ESTRUTURAS DO ESCALÃO DE MONTANTE (EM)	16
TABELA B.2 - DADOS DE INVENTÁRIO: EQUIPAMENTOS DO ESCALÃO DE MONTANTE (EM)	18
TABELA B.3 - DADOS DE INVENTÁRIO: LINHA DE TRANSPORTE DE ENERGIA E DADOS (EM)	20
TABELA B.4 - DADOS DE INVENTÁRIO: LINHA DE TRANSPORTE DE ENERGIA E DADOS (EM), CABO ACSR 595 – ZAMBEZE	21
TABELA B.5 - DADOS DE INVENTÁRIO: LINHA DE TRANSPORTE DE ENERGIA E DADOS (EM), CABO ACSR 153 – DORKING	22
TABELA B.6 - DADOS DE INVENTÁRIO: LINHA DE TRANSPORTE DE ENERGIA E DADOS (EM), CABO OPGW.....	23
TABELA B.7 - DADOS DE INVENTÁRIO: LINHA DE TRANSPORTE DE ENERGIA E DADOS (EM), FUNDAÇÕES	24
TABELA B.8 - DADOS DE INVENTÁRIO: LINHA DE TRANSPORTE DE ENERGIA E DADOS (EM), POSTES...	25
TABELA B.9 - DADOS DE INVENTÁRIO: INFRA-ESTRUTURAS DO ESCALÃO DE JUSANTE (EJ).....	26
TABELA B.10 - EQUIPAMENTOS DO ESCALÃO DE JUSANTE (EJ)	28
TABELA B.11 - DADOS DE INVENTÁRIO: PROJECTOS COMPLEMENTARES	31
TABELA B.12 - DADOS DE INVENTÁRIO: MEDIDAS COMPENSATÓRIAS.....	32
TABELA B.13 - DADOS DE INVENTÁRIO: AÇOS UTILIZADOS NO AHBS.....	34
TABELA B.14 - DADOS DE INVENTÁRIO: AHBS, CIMENTO INJECTADO	35
TABELA B.15 - LIMITES PARA AS CARACTERÍSTICAS DO BETÃO, DEVIDO À EXPOSIÇÃO AMBIENTAL (NORMA NP EN 206-1:2007).....	36
TABELA B.16 - DADOS DE INVENTÁRIO: ALGUMAS COMPOSIÇÕES DE BETÕES DA BIBLIOGRAFIA	37
TABELA B.17 - DADOS DE INVENTÁRIO: AHBS, BETÃO (EM)	38
TABELA B.18 - DADOS DE INVENTÁRIO: AHBS, BETÃO (EJ).....	39
TABELA B.19 - DADOS DE INVENTÁRIO: AHBS, REDES ELECTROSOLDADAS.....	40
TABELA B.20 - DADOS DE INVENTÁRIO: AHBS, ALVENARIA.....	41
TABELA B.21 - DADOS DE INVENTÁRIO: AHBS, ESCAVAÇÕES A CÉU ABERTO.....	43
TABELA B.22 - CONSUMOS DE EXPLOSIVOS EM ESCAVAÇÕES DE TUNEIS	43
TABELA B.23 - DADOS DE INVENTÁRIO: AHBS, ESCAVAÇÕES SUBTERRÂNEAS	44
TABELA B.24 - DADOS DE INVENTÁRIO: DIMENSÕES DOS FUROS ABERTOS	44
TABELA B.25 - DADOS DE INVENTÁRIO: AHBS, ABERTURA DE FUROS D25 E D32 PARA CONTENÇÕES45	
TABELA B.26 - DADOS DE INVENTÁRIO: AHBS, ABERTURA DE FUROS D75 PARA DRENOS E CORTINAS	45
TABELA B.27 - DADOS DE INVENTÁRIO: AHBS, COFRAGENS	46
TABELA B.28 - DADOS DE INVENTÁRIO: AHBS, DESMATAÇÃO E DESARBORIZAÇÃO	48
TABELA B.29 - DADOS DE INVENTÁRIO: AHBS, CONSUMOS ASSOCIADOS AOS ESTALEIROS.....	49
TABELA B.30 - NORMAS DE EMISSÃO PARA VEÍCULOS DE TRANSPORTE DE MERCADORIAS A GASÓLEO 50	
TABELA B.31 - DISTÂNCIAS CONSIDERADAS PARA O TRANSPORTE DE MERCADORIAS ATÉ AO AHBS ..	51
TABELA B.32 - RESUMO DO BALANÇO ENERGÉTICO DA FASE DE OPERAÇÃO DO AHBS, SEGUNDO OS CENÁRIOS BAU, BAU LOW CARBON E SIH	54
TABELA B.33 - DADOS DE INVENTÁRIO: PRINCIPAIS CARACTERISITICAS DAS TECNOLOGIAS DE PRODUÇÃO DE ELECTRICIDADE CONSIDERADAS NOS CENÁRIOS BAU, BAU LOW CARBON E SIH ..	55
TABELA B.34 - DADOS DE INVENTÁRIO: PRINCIPAIS CARACTERISITICAS DAS TECNOLOGIAS DE PRE TÉRMICAS CONSIDERADAS NOS CENÁRIOS BAU, BAU LOW CARBON E SIH	56
TABELA B.38 - PERDAS NA REDE DE DISTRIBUIÇÃO EM PORTUGAL (1997-2009).....	60

TABELA B.39 - DADOS DE INVENTÁRIO: AHBS, CONSUMÍVEIS FASE DE OPERAÇÃO	62
TABELA B.40 - ESTIMATIVAS BIBLIOGRÁFICAS DE EMISSÕES DE GEE POR ALBUFEIRAS E OUTROS VOLUMES DE ÁGUA	64
TABELA B.41 - DADOS DE INVENTÁRIO: AHBS, BAU - ALBUFEIRA (EMISSÕES E CONSUMOS).....	65
TABELA C.1 - CATEGORIAS DE IMPACTE <i>MIDPOINT</i> DO MÉTODO RECIPE	69
TABELA C.2 - CATEGORIAS DE IMPACTE <i>ENDPOINT</i> DO MÉTODO RECIPE	70
TABELA C.3 - LIGAÇÕES ENTRE AS CATEGORIAS DE IMPACTE <i>MIDPOINT</i> E AS CATEGORIAS DE IMPACTE <i>ENDPOINT</i>	70
TABELA C.4 - FACTORES DE CARACTERIZAÇÃO PARA ALGUMAS CATEGORIAS DE IMPACTE AMBIENTAL	72
TABELA C.5 - FACTORES DE CARACTERIZAÇÃO PARA ALGUMAS CATEGORIAS DE IMPACTE AMBIENTAL	73

Índice de figuras

FIGURA A.1 - DIAGRAMA DO ESCALÃO DE MONTANTE.....	4
FIGURA A.2 - DIAGRAMA DO ESCALÃO DE JUSANTE	4
FIGURA B.2 - PERDAS NA REDE DE TRANSPORTE DA REN (1997-2009).....	59
FIGURA B.4 - PERDAS NA REDE DE DISTRIBUIÇÃO EM PORTUGAL (1997-2009).....	60
FIGURA C.1 - INDICADORES <i>MIDPOINT</i> E <i>ENDPOINT</i>	67
FIGURA C.2 - MÉTODO DE AVALIAÇÃO DE IMPACTES RECIPE	68

Anexo A.

Caracterização genérica do sistema em análise (Componentes do AHBS)

O sistema em foco neste estudo é o aproveitamento hidroeléctrico do Baixo Sabor (AHBS), cujo promotor é a EDP Gestão da Produção de Energia, SA, empresa do grupo EDP – Energias de Portugal S.A. Tendo em conta os objectivos do estudo e as funções associadas ao AHBS, o produto associado ao sistema é a energia eléctrica¹.

O sistema do produto engloba uma série de componentes que se desagregam em processos, numa estrutura ramificada e hierárquica, em forma de árvore, sendo que se define processo como o conjunto de actividades inter-relacionadas ou que interagem entre si, que transforma entradas em saídas. Aos menores elementos considerados no inventário do ciclo de vida para o qual os dados de entrada (*inputs*) e saída (*outputs*) são quantificados e podem corresponder a processos de fabrico, moldagem e transporte, por exemplo, dá-se o nome específico de processos unitários.

O sistema do produto corresponde portanto ao conjunto de processos unitários com fluxos elementares e de produto, desempenhando uma ou mais funções definidas, e que modelam o ciclo de vida do produto (ISO 14040:2006) (ver anexo B).

o AHBS é constituído por um escalão de montante (principal) e um de jusante (secundário), cujos diagramas se apresentam nas figuras seguintes.



Figura 0.1 - Diagrama do Escalão de Montante

Fonte: (EDP Produção 2009)

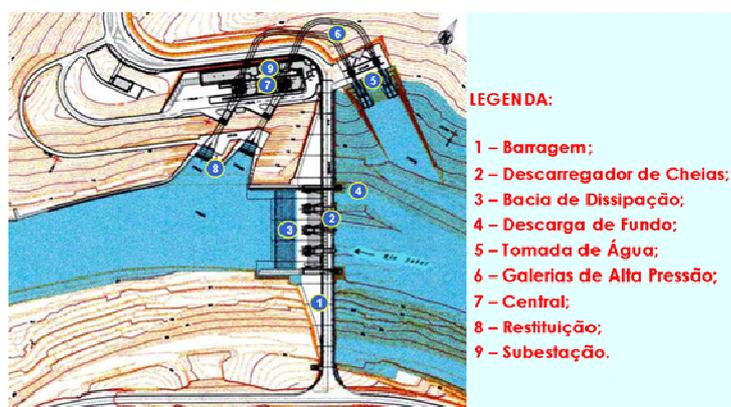


Figura 0.2 - Diagrama do Escalão de Jusante

Fonte: (EDP Produção 2009)

¹ Cuja unidade funcional associada é 1 GWh de energia eléctrica distribuída ao consumidor final.

Tendo em conta os objectivos do presente estudo, é ainda necessário considerar na análise os processos relacionados com os projectos complementares e medidas compensatórias que, não estando directamente relacionados com o sistema de produção e distribuição de energia eléctrica do Baixo Sabor, são parte integrante do desenvolvimento do aproveitamento.

Nas tabelas seguintes apresentam-se descritivamente as principais componentes associadas ao aproveitamento, em termos macro, com base nos documentos EDP Produção (2009) e EDP Produção (2008).

Tabela 0.1 – Componentes do Escalão de montante (EM)

Componentes	Processos		Descrição	Potenciais aspectos relevantes a considerar
Infra-estruturas do Escalão	Barragem e órgãos de descarga	Barragem	Barragem em abóbada com o coroamento situado à cota (236), em cuja parte central está instalado um descarregador de cheias do tipo lâmina livre e cujo corpo é atravessado por uma descarga de fundo. A barragem tem uma altura máxima de 123 m e o seu coroamento apresenta um desenvolvimento de 505 m.	Terras movimentadas e resíduos produzidos devido às escavações a céu aberto e subterrâneas, abertura de furos para contenções, abertura de furos para drenos e cortinas. Consumos energéticos e emissões associadas. Volume e tipo de betão utilizado na construção. Fabrico e transporte dos materiais constituintes do betão. Fabrico e transporte de varões de aço para armaduras, contenções e cofragens.
		Descarregador de cheias	Descarregador sobre a parte central do coroamento da barragem, controlado por quatro comportas segmento, manobradas por quatro servomotores hidráulicos. Postos de controlo situados no topo dos pilares das portadas extremas, em dois edifícios, cada um albergando os postos de manobra de duas comportas adjacentes. O ensecamento das portadas é efectuado por uma comporta ensecadeira do tipo corrediça. O viaduto apresenta um tabuleiro constituído por uma laje superior apoiada em vigas pré-fabricadas de betão pré-esforçado. A comporta de ensecamento é comum aos dois escalões e está armazenada no escalão a jusante.	Volume e tipo de betão utilizado na construção. Fabrico e transporte dos materiais constituintes do betão. Fabrico e transporte das comportas e dos servomotores. Pré-fabrico e transporte das vigas de betão pré-esforçado. Consumos energéticos da abertura das comportas.
		Descarga de fundo	Situada na prumada do pilar central do descarregador de cheias, é constituída por uma galeria blindada de aço de 30 m, equipada a montante com uma comporta de guarda do tipo vagão e a jusante com uma comporta de serviço do tipo segmento. O manuseamento da comporta de guarda é realizado por um servomotor hidráulico comandado num edifício no topo do pilar central e o manuseamento da comporta de serviço é realizado por um servomotor hidráulico	Construção e transporte das comportas de guarda, de serviço e dos servomotores. Fabrico e transporte do material de blindagem da galeria. Consumos energéticos da abertura da descarga de fundo.
		Bacia de dissipação	Na continuação do soco de fundação será constituída uma bacia de recepção e dissipação de energia das lâminas de água descarregadas.	Terras movimentadas e resíduos produzidos devido às escavações a céu aberto. Consumos energéticos e emissões associadas. Volume e tipo de betão utilizado na construção. Fabrico e transporte dos materiais constituintes do betão.

	Derivação provisória	Galeria de derivação provisória	Galeria de derivação provisória do rio com um desenvolvimento subterrâneo de 400 m e um diâmetro de 7 m.	Terras movimentadas e resíduos produzidos devido às escavações a céu aberto e subterrâneas, abertura de furos para contenções. Consumos energéticos e emissões associadas. Volume e tipo de betão utilizado na construção. Fabrico e transporte dos materiais constituintes do betão. Fabrico e transporte de varões de aço para armaduras e contenções.
		Ensecadeira de montante	Ensecadeira de betão	Volume e tipo de betão utilizado na construção. Fabrico e transporte dos materiais constituintes do betão. Fabrico e transporte dos varões de aço utilizados no armamento.
		Ensecadeira de jusante	Ensecadeira de betão	Volume e tipo de betão utilizado na construção. Fabrico e transporte dos materiais constituintes do betão. Fabrico e transporte dos varões de aço utilizados no armamento.
	Tomada de água		Compostas por um bocal com grelha e uma torre de manobra dos equipamentos hidromecânicos (comporta e ensecadeira). O controlo é realizado por uma comporta do tipo vagão manuseada no topo da torre por um servomotor a óleo. A ensecadeira é manuseada também por um servomotor a óleo do topo da torre.	Terras movimentadas e resíduos produzidos devido às escavações a céu aberto. Consumos energéticos e emissões associadas. Volume e tipo de betão utilizado na construção da torre. Fabrico e transporte dos materiais constituintes do betão. Fabrico e transporte da grelha, comporta, ensecadeira e servomotores. Consumos energéticos da tomada de água.
	Galerias de alta pressão		O circuito hidráulico de adução à central é constituído por duas galerias independentes e de traçado sensivelmente paralelo. Num total de cerca de 330 m de circuito hidráulico, parte é revestida a betão simples ou armado e a outra parte é blindada (aço) para garantir a estanquidade da central.	Terras movimentadas e resíduos produzidos devido às escavações a subterrâneas. Consumos energéticos e emissões associadas. Volume e tipo de betão utilizado no revestimento da galeria. Fabrico e transporte dos materiais constituintes do betão. Fabrico e transporte da blindagem (aço).
	Central hidroeléctrica	Central em poço	Central do tipo poço equipada com dois grupos reversíveis independentes (Francis reversíveis) e encimada por um edifício de descarga e montagem, onde se situam os equipamentos auxiliares.	Terras movimentadas e resíduos produzidos devido às escavações a céu aberto e subterrâneas. Consumos energéticos e emissões associadas. Volume e tipo de betão utilizado na construção. Fabrico e transporte dos materiais constituintes do betão. Fabrico e transporte dos grupos reversíveis. Fabrico e transporte dos equipamentos auxiliares Consumos de energia e de materiais auxiliares dos equipamentos e suas emissões. Eficiências energéticas Materiais de acabamento (tintas, vernizes, revestimentos, etc.)

	Galeria de acesso à central	Galeria de acesso à central às cotas (104,50) e (113,50) para transporte dos equipamentos e comunicação com a central.	Terras movimentadas e resíduos produzidos devido às escavações subterrâneas. Consumos energéticos e emissões associadas. Volume e tipo de betão utilizado na construção. Fabrico e transporte dos materiais constituintes do betão. Consumos energéticos (ventilação e iluminação).
	Subestação	Situa-se numa plataforma contígua ao edifício de descarga e montagem, do lado da encosta. Os dois transformadores principais ou de grupo serão trifásicos (90MVA), em banho de óleo e de arrefecimento ONAN/ONAF.	Volume e tipo de betão utilizado na construção. Fabrico e transporte dos materiais constituintes do betão. Fabrico e transporte dos dois transformadores bem como dos demais equipamentos. Consumos de energia e de materiais auxiliares (e.g. óleos) dos equipamentos e suas emissões (e.g. SF6). Eficiências energéticas.
	Restituição	As galerias de restituição têm 33,8 m de desenvolvimento e terminam nos bocais que estão equipados cada um por uma ensecadeira do tipo corrediça e uma grelha também do tipo corrediça. A grelha é operada através de uma grua móvel e a ensecadeira por um servomotor que se encontram instalados numa plataforma no topo das estruturas de guiamento e bocais.	Terras movimentadas e resíduos produzidos devido às escavações subterrâneas. Consumos energéticos e emissões associadas. Volume e tipo de betão utilizado na construção. Fabrico e transporte dos materiais constituintes do betão. Fabrico e transporte das ensecadeiras, grelhas, grua e servomotores. Materiais de acabamento (tintas, vernizes, revestimentos, etc.)
	Posto de observação e comando (POC)	Situa-se na margem direita e é contíguo ao edifício de descarga e montagem. Equipado com os automatismos e dispositivos necessários para ser inteiramente conduzida à distância a partir do centro de telecommando da Régua.	Volume e tipo de betão utilizado na construção. Fabrico e transporte dos materiais constituintes do betão Fabrico e transporte dos equipamentos necessários.
Equipamentos electromecânicos	Equipamentos electromecânicos usados no escalão, que compreendem equipamentos utilizados em diversas sub-componentes, como por exemplo, os grupos reversíveis, os transformadores e os servo-motores utilizados em circuitos hidráulicos,	Quantidade e tipo de material utilizado para a construção dos equipamentos electromecânicos, seu processo de fabrico e transporte para o AHBS. Quantidade de óleos hidráulicos utilizados, gasóleo e baterias. Emissões difusas de algum poluente, se aplicável. Tempos de vida dos equipamentos e sua necessidade de substituição Electricidade consumida em bombagem e para os serviços auxiliares	
Albufeira	Com uma capacidade de cerca de 1.095 hm ³ para o nível de pleno armazenamento à cota (234,00), correspondendo a uma área inundada de cerca de 2.820 ha. Existe desmatção e desarborização, que consiste no abate de árvores, corte de mato, rechega, transporte até local de armazenamento e trituração.	Área inundada (2.820 ha) e emissões. Tipologia das áreas inundadas. Consumos energéticos, volume de biomassa desmatada e desarborizada, emissões e resíduos associados Destinos da biomassa e seu transporte Emissões difusas associadas à albufeira (e.g. metano, etc.).	

<p>Linhas de transporte</p>	<p>Linhas de 220 kV, sendo uma para a ligação da subestação ao Pocinho (16,6 km), e outra de reserva.</p>	<p>Terras movimentadas e resíduos produzidos devido às escavações a céu aberto. Consumos energéticos e emissões associadas. Volume e tipo de betão utilizado nas fundações. Fabrico e transporte dos materiais constituintes do betão. Fabrico e transporte dos postes. Fabrico e transporte dos cabos, bem como de todos os equipamentos auxiliares. Ruído, campos electromagnéticos criados. Eficiência do transporte/distribuição de electricidade.</p>
------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tabela 0.2 – Componentes do Escalão de Jusante (EJ)

Componentes	Processos		Descrição	Potenciais aspectos relevantes a considerar
Infra-estruturas do Escalão	Barragem e órgãos de descarga	Barragem	Barragem do tipo gravidade com o coroamento à cota (140), construída com betão compactado com cilindro e betão vibrado. Prolongamento da soleira do descarregador de cheias para jusante.	Terras movimentadas e resíduos produzidos devido às escavações a céu aberto, abertura de furos para contenções, abertura de furos para drenos e cortinas. Consumos energéticos e emissões associadas. Volume e tipo de betão utilizado na construção. Fabrico e transporte dos materiais constituintes do betão. Fabrico e transporte de varões de aço para armaduras e contenções e cofragens.
		Descarregador de cheias	Descarregador sobre a parte central do coroamento da barragem, controlado por quatro comportas segmento, manobradas por quatro servomotores hidráulicos. Postos de controlo situados no topo dos pilares das portadas extremas, em dois edifícios, cada um albergando os postos de manobra de duas comportas adjacentes. O ensecamento das portadas é efectuado por uma comporta ensecadeira do tipo corrediça. O viaduto apresenta um tabuleiro constituído por uma laje superior apoiada em vigas pré-fabricadas de betão pré-esforçado.	Volume e tipo de betão utilizado na construção. Fabrico e transporte dos materiais constituintes do betão. Fabrico e transporte das comportas e servomotores. Pré-fabrico e transporte das vigas de betão pré-esforçado. Consumos energéticos da abertura das comportas.
		Descarga de fundo	A descarga de fundo fica localizada no muro lateral direito do descarregador de cheias. É constituída essencialmente por uma galeria de secção rectangular, terminando num “salto de ski” horizontal. Blindada (aço) num troço de 3,5 m, onde são instaladas as comportas, do tipo vagão, de guarda e serviço, comandadas por servomotores hidráulicos.	Construção e transporte das comportas de guarda, de serviço e dos servomotores. Fabrico e transporte do material de blindagem da galeria. Consumos energéticos da abertura das descargas.
		Bacia de dissipação	Dissipação da energia do tipo rolo (“roller bucket”).	Terras movimentadas e resíduos produzidos devido às escavações a céu aberto. Consumos energéticos e emissões associadas. Volume e tipo de betão utilizado na construção. Fabrico e transporte dos materiais constituintes do betão.
	Derivação provisória		A derivação é feita em duas fases, utilizando uma ensecadeira em aterro estreitando o rio, e na fase posterior, é utilizada a descarga de fundo.	Terras movimentadas e resíduos produzidos devido às escavações a céu aberto. Consumos energéticos e emissões associadas. Volume e tipo de betão utilizado na construção. Fabrico e transporte dos materiais constituintes do betão.

	Tomadas de água	Tomadas de água independentes e em poço, onde estão instalados os equipamentos hidromecânicos, as comportas de serviço do tipo vagão e a ensecadeira única. A grade móvel está instalada na parte exterior do bocal e inclinada a 45º. Os equipamentos são controlados por servomotores.	Terras movimentadas e resíduos produzidos devido às escavações a céu aberto e subterrânea e abertura de furos de contenção. Consumos energéticos e emissões associadas. Volume e tipo de betão utilizado na construção. Fabrico e transporte dos materiais constituintes do betão. Fabrico e transporte da grelha, comporta, ensecadeira e servomotores. Construção e transporte das cofragens. Consumos energéticos da tomada de água.	
	Galerias de alta pressão	O circuito hidráulico de adução à central é constituído por duas galerias independentes e de traçado sensivelmente paralelo. Num total de cerca de 230 m de circuito hidráulico, parte é revestida a betão simples ou armado e outra parte é blindada (aço) para garantir a estanquidade da central.	Terras movimentadas e resíduos produzidos devido às escavações subterrâneas Consumos energéticos e emissões associadas. Volume e tipo de betão utilizado usado no revestimento da galeria. Fabrico e transporte dos materiais constituintes do betão. Fabrico e transporte da blindagem (aço).	
	Central hidroeléctrica	Central	Central do tipo poço equipada com dois grupos reversíveis independentes (Francis reversíveis), galerias de comunicação entre os vários pisos técnicos, e encimada por um edifício de descarga e montagem que serve o edifício central incluindo a subestação.	Terras movimentadas e resíduos produzidos devido às escavações a céu aberto e subterrâneas. Consumos energéticos e emissões associadas. Volume e tipo de betão utilizado na construção. Fabrico e transporte dos materiais constituintes do betão. Fabrico e transporte dos grupos reversíveis. Fabrico e transporte dos equipamentos auxiliares Consumos de energia e de materiais auxiliares dos equipamentos e suas emissões. Eficiências energéticas Materiais de acabamento (tintas, vernizes, revestimentos, etc.)
		Subestação	Edifício localizado na plataforma da central, equipado com os transformadores principais, painéis de grupo e painel de linha.	Volume e tipo de betão utilizado na construção. Fabrico e transporte dos materiais constituintes do betão. Fabrico e transporte dos dois transformadores bem como dos demais equipamentos. Consumos de energia e de materiais auxiliares (e.g. óleos) dos equipamentos e suas emissões (e.g. SF6). Eficiências energéticas. Materiais de acabamento (tintas, vernizes, revestimentos, etc.)

	Restituição	Galerias de secção rectangular e equipadas com ensecadeiras, comandadas por servomotores instalados na plataforma da central no topo dos poços de manobra, e grades de protecção manobradas por meio de uma grua móvel a partir de uma plataforma comum.	Terras movimentadas e resíduos produzidos devido às escavações a céu aberto e subterrâneas, abertura de furos para contenções, abertura de furos para drenos. Consumos energéticos e emissões associadas. Volume e tipo de betão utilizado na construção. Fabrico e transporte dos materiais constituintes do betão. Fabrico e transporte de varões de aço para armaduras e contenções e cofragens. Fabrico e transporte das ensecadeiras, grelhas, grua e servomotores.
	Equipamentos electromecânicos	Equipamentos electromecânicos usados no escalão, que compreendem equipamentos utilizados em diversas sub-componentes, como por exemplo, os grupos reversíveis, os transformadores e os servo-motores utilizados em circuitos hidráulicos,	Quantidade e tipo de material utilizado para a construção dos equipamentos electromecânicos, seu processo de fabrico e transporte para o AHBS. Quantidade de óleos hidráulicos utilizados, gasóleo e baterias. Emissões difusas de algum poluente, se aplicável. Tempos de vida dos equipamentos e sua necessidade de substituição Electricidade consumida em bombagem e para os serviços auxiliares
	Albufeira	Com uma capacidade de cerca de 30 hm ³ para o nível de pleno armazenamento à cota (138,00), correspondendo a uma área inundada de cerca de 200 ha. Existe desmatção e desarborização, que consiste no abate de árvores, corte de mato, recheia, transporte até local de armazenamento e trituração.	Área inundada (200 ha) e emissões. Tipologia das áreas inundadas. Consumos energéticos, volume de biomassa desmatada e desarborizada, emissões e resíduos associados Destinos da biomassa e seu transporte Emissões difusas associadas à albufeira (e.g. metano, etc.).
	Linhas de transporte	Linhas de 220 kV, sendo uma para a ligação da subestação ao Pocinho, e outra de reserva.	Terras movimentadas e resíduos produzidos devido às escavações a céu aberto. Consumos energéticos e emissões associadas. Volume e tipo de betão utilizado nas fundações. Fabrico e transporte dos materiais constituintes do betão. Fabrico e transporte dos postes. Fabrico e transporte dos cabos, bem como de todos os equipamentos auxiliares. Ruído, campos electromagnéticos criados. Eficiência do transporte/distribuição de electricidade.

Tabela 0.3 – Componentes dos Projectos complementares e medidas compensatórias

Subsistemas/processos		Descrição	Potenciais aspectos relevantes a considerar
Processos complementares	Novas estradas	Novos acessos aos dois escalões com cerca de 20 km.	Terras movimentadas e resíduos produzidos devido às escavações a céu aberto, abertura de furos para contenções. Consumos energéticos e emissões associadas. Volume e tipo de betão utilizado na construção. Fabrico e transporte dos materiais constituintes do betão. Fabrico e transporte de varões de aço para armaduras e contenções.
	Viadutos	Construção de 4 viadutos.	Terras movimentadas e resíduos produzidos devido às escavações a céu aberto, abertura de furos para contenções. Consumos energéticos e emissões associadas. Volume e tipo de betão utilizado na construção. Fabrico e transporte dos materiais constituintes do betão. Fabrico e transporte de cofragens e varões de aço.
Medidas compensatórias	Centro de interpretação ambiental e recuperação animal	Criação de um Centro de interpretação ambiental e recuperação animal para apoio de programas de protecção desenvolvidos, sensibilização e divulgação das valias e características dos ecossistemas locais.	Terras movimentadas e resíduos produzidos devido às escavações a céu aberto. Consumos energéticos e emissões associadas. Volume e tipo de betão utilizado na construção. Fabrico e transporte dos materiais constituintes do betão. Fabrico e transporte de cofragens, de materiais em aço e alvenaria. Materiais de acabamento (tintas, vernizes, madeiras, gesso, telhas, etc.)
	Trasladação do Santuário de Santo Antão da Barca	Movimentação do Santuário de Santo Antão da Barca para novo local.	Terras movimentadas e resíduos produzidos devido às escavações a céu aberto. Consumos energéticos e emissões associadas. Volume e tipo de betão utilizado na construção. Fabrico e transporte dos materiais constituintes do betão. Fabrico e transporte de cofragens, de materiais em aço e alvenaria. Materiais de acabamento (tintas, vernizes, madeiras, gesso, telhas, etc.)
	Trasladação da Capela de São Lourenço	Movimentação da Capela de São Lourenço para novo local.	Terras movimentadas e resíduos produzidos devido às escavações a céu aberto. Consumos energéticos e emissões associadas. Volume e tipo de betão utilizado na construção. Fabrico e transporte dos materiais constituintes do betão. Fabrico e transporte de cofragens, de materiais em aço e alvenaria. Materiais de acabamento (tintas, vernizes, madeiras, gesso, telhas, etc.)

Derivação do caudal para a ribeira da Vilariça	Restituição da galeria ripícola e criação de habitats de compensação na ribeira de Vilariça. Derivação de um caudal da albufeira do escalão de jusante através de um canal com túnel.	Terras movimentadas e resíduos produzidos devido às escavações a céu aberto. Consumos energéticos e emissões associadas. Volume e tipo de betão utilizado na construção. Fabrico e transporte dos materiais constituintes do betão. Fabrico e transporte de cofragens, de materiais em aço e alvenaria. Enrrocamento.
Valorização e recuperação de habitats de ribeiras afluentes	Criação de açudes de nível constante, estruturas de correcção torrencial e desmatização.	Terras movimentadas e resíduos produzidos devido às escavações a céu aberto. Consumos energéticos e emissões associadas. Volume e tipo de betão utilizado na construção. Fabrico e transporte dos materiais constituintes do betão. Fabrico e transporte de cofragens, de materiais em aço e alvenaria. Enrrocamento. Desmatização e desarborização.
Recuperação e criação de habitats para Quirópteros	Recuperação e criação de galerias e abrigos para Quirópteros.	Terras movimentadas e resíduos produzidos devido às escavações a céu aberto. Consumos energéticos e emissões associadas.
Preservação "in situ" de imóveis arquitectónicos	Preservação da Ponte da Portela, pilares de antiga ponte sobre o Sabor, Ponte de Remondes e Ponte velha de Remondes.	Enrocamento e desmatização/desarborização.
Preservação "in situ" de maciços rochosos com arte rupestre	Preservação de dez maciços rochosos com arte rupestre.	Terras movimentadas e resíduos produzidos devido às escavações a céu aberto. Consumos energéticos e emissões associadas.

Anexo B.

Dados de inventário e pressupostos assumidos

Fase de construção

Por uma questão de estruturação dos dados de inventário dos vários processos que constituem o sistema de produto do AHBS, faz-se a distinção entre:

- Componentes do AHBS, que correspondem aos processos macro do empreendimento, nomeadamente os relacionados a construção das infra-estruturas, fabrico de equipamentos, estaleiro e criação da albufeira.
- Processos transversais, que correspondem a processos de materiais, produtos, energia e actividades que são utilizados na fase de construção e operação das componentes do AHBS, e que por isso estão num nível hierárquico inferior aos componentes na modelação realizada.

Componentes do AHBS

Definem-se como principais componentes do AHBS os seguintes elementos:

- Escalão de Montante (escalão principal).
- Escalão de Jusante (escalão secundário).
- Projectos Complementares e Medidas Compensatórias do AHBS.

O Escalão Principal e o Escalão Secundário são constituídos por duas albufeiras que constituem o regolfo do escalão respectivo, bem como por várias infra-estruturas e equipamentos e linhas de transporte de energia e dados. A cada um dos escalões está associado um estaleiro para a sua construção.

Os Projectos Complementares e as Medidas Compensatórias dizem respeito, fundamentalmente, a novos acessos para as populações e ainda medidas desenvolvidas para mitigar o impacto ambiental e social do AHBS, sendo que, não estando directamente relacionados com o sistema de produção e distribuição de energia eléctrica do AHBS, são parte integrante do desenvolvimento do aproveitamento

Nos próximos parágrafos e tabelas definem-se os principais dados de inventário das várias componentes do AHBS.

Escalão de Montante (EM)

Infra-estruturas (EM)

Os dados de inventário compilados para construção das infra-estruturas do escalão de montante têm como base os dados e estimativas de projecto fornecidos pelo proponente (EDP Produção 2009), os quais estão patentes na tabela seguinte.

Tabela 0.1 - Dados de inventário: Infra-estruturas do Escalão de Montante (EM)

Componentes				Barragem e órgãos de descarga	Derivação provisória	Tomada de água	Galerias do circuito hidráulico	Central hidroeléctrica	Restituição
Entradas (Processos transversais)				Barragem (corpo), Bacia de dissipação, Descarregador de cheias e Descarga de fundo.	Galeria subterrânea Ensecadeiras de montante e jusante.	Torre de manobras e Bocal com grelha.	Galerias em carga e de restituição	Central em poço e Edifício de descarga e montagem.	Bocais de restituição e Estruturas de guiamento.
Materiais	Aço	kg	Varões de aço em armaduras de betão	6.300.000	183.500	329.800	370.500	2.375.690	739.700
			Varões de aço em contenção	328.528	68.833	14.064	87.492	174.930	91.239
			Fibras metálicas	1.200	14.925		21.390	58.200	
			Serralharias diversas	18.000	3.710	400		40.705	850
			Aço sem descrição						
	Enroncamento	m ³	-						
	Cimento	kg	Cimento injectado	1.808.000			90.000	37.750	
Produtos	Betão	m ³	Betão	801.460	9.805	6.256	7.704	31.506	17.694
		m ³	Betão projectado	2.015	673	152	713	3.033	898
		m ³	BCC						
	Redes electrosoldadas	kg	-	12.870	12.870	957		12.023	9.878
	Alvenaria	m ²	-						
Actividades	Escavação de terras	m ³	Céu aberto	582.777	39.705	16.350		152.370	132.900
			Subterrânea	3.230	16.250		23.500	64.300	
	Abertura de furos para contenções	m	(D25 e D32) contenções	77.604	17.405	3.650	21.972	45.194	23.680
			(D75) drenos, cortinas	72.380	7.405	1.815	5.803	15.696	11.850
	Cófragens	m ²	-	156.884	6.440	7.120	11.430	37.370	8.160

A Subestação, a Galeria de acesso à central e Posto de observações e controlo (POC) são processos não considerados na modelação por falta de dados.

Equipamentos electromecânicos (EM)

Os dados relativos aos equipamentos electromecânicos do escalão de montante foram fornecidos pela EDP, com base em dados do fornecedor dos equipamentos (ANDRITZ Hydro). Os dados apresentados são dados de projecto (ANDRITZ Hydro 2011).

Em termos de limitações dos dados apresentados, refira-se que no caso de componentes multimaterial, por vezes não é apresentada a componente material desagregada. Por outro lado, não são referidas as características específicas de cada material (e.g. que tipos concretos de aço utilizados, para além de serem ou não inoxidáveis).

De seguida apresenta-se a informação considerada para efeitos de modelação.

Tabela 0.2 - Dados de inventário: Equipamentos do Escalão de Montante (EM)

no.	equipamento	peso [t]	material	lugar do fornecedor	tipo de transporte	Período de vida dos equipamentos - Necessidades de substituição
Escalão de Montante						
II.2.1 - EQUIPAMENTO HIDROMECÂNICO						
II.2.1.1	Comportas serviço D.C. - Spillway Tainter Gate	389.5	Steel (small amount INOX)	Porto	Truck	75 anos
II.2.1.2	Comporta ensec. D.C. - Spillway Stoplog	107.0	Steel (small amount INOX)	Porto	Truck	
II.2.1.3	Comporta guarda D.F. - Bottom Outlet Roller Gate	42.7	Steel (small amount INOX)	Brezno (Slovakia)	Truck	
II.2.1.4	Comporta serviço D.F. - Bottom Outlet Tainter Gate	26.1	Steel (small amount INOX)	Brezno (Slovakia)	Truck	
II.2.1.4.4	Blindagem da conduta de arejamento da comporta serviço D.F.	33.2	Steel (small amount INOX)	Alfena (Portugal)	Truck	
II.2.1.4.5	Blindagem do circuito hidráulico D.F. - Bottom Outlet Lining	147.6	Steel (small amount INOX)	Brezno (Slovakia)	Truck	
II.2.1.5	Grades Fixas T.A. (fixed) - Intake Trashrack	38.7	Steel (small amount INOX)	not yet defined, probably Slovakia or Portugal/Spain	probably Truck	
II.2.1.6	Comporta Ensec. T.A. - Intake Stoplog	27.2	Steel (small amount INOX)	Budapest	Truck	
II.2.1.7	Comportas Seg. T.A. - Intake Roller Gate	64.1	Steel (small amount INOX)	Budapest	Truck	
II.2.1.7.4	Blindagens das condutas de arejamento das comportas segurança T.A.	21.3	Steel (small amount INOX)	Alfena (Portugal)	Truck	
II.2.1.8	Grades M. Restituição - Downstream Trashrack (moveable)	64.7	Steel (small amount INOX)	not yet defined	probably Truck	
II.2.1.9	Comportas Ensec. Restit. - Draft Tube Sliding Gate	74.3	Steel (small amount INOX)	Budapest	Truck	
II.2.2 - GRUPOS REVERSÍVEIS						
II.2.2.1	Blindagem do túnel de adução - Steellining	277	Steel	Alfena (Portugal)	Truck	75 anos
II.2.2.2.1	Caixa espiral, blindagem do poço da turbina e tubo de aspiração					
	Tubo de aspiração cotovelo	26.54	Steel	Porto	Truck	
	Tubo de aspiração cone	14.49	Steel	Porto	Truck	
	Pre-distribuidor	102	Steel	Gometegui, Spain	Truck	
	Caixa espiral	52	Steel	Gometegui, Spain	Truck	
	Poço da turbina	30	Steel	Not ordered yet Probably Spain/Porto	Truck	
II.2.2.2.2	Distribuidor					
	Upper cover	72	Steel	Spain	Truck	
	Lower cover	33	Steel	Spain	Truck	
	Wicket gates	48	Steel	Slovenia	Truck	
	Regulation ring	10	Steel	Spain	Truck	
II.2.2.2.3	Válvula cilíndrica					
	Cylinder body	26	Steel	Spain	Truck	
II.2.2.2.4	Veio					
	Shaft body	60	Steel	Alemanha	Truck	
II.2.2.2.5	Roda					
	Runner	80	Steel	Alemanha	Truck	
II.2.2.2.6	Chumaceira-guia e junta de vedação do veio					
	Guide bearing assembly with shaft seal	16	Steel	Polandia	Truck	
II.2.2.2.8	Instrumentos de medição do caudal e da pressão nas secções de referência	0.5		Germany	Truck	20 anos
II.2.2.2.9	Tubagens	est. 5	Steel, Cu, Inox, Polymer	Germany	Truck	20 anos
II.2.2.2.10	Ferramentas especiais de montagem	est. 2	Steel	Germany	Truck	75 anos
II.2.2.3	Sistema de desafoamento da roda	est. 4	Steel, Cu, Inox, Polymer	Germany	Truck	30%, 20anos
II.2.2.4	Sistemas de regulação de velocidade	es. 15	Steel, Cu, Inox, Polymer	Germany	Truck	5%, 15 anos
II.2.2.5	Instalação de água de refrigeração	est. 4	Steel, Cu, Inox, Polymer	Central Europe	Truck	10%, 15 anos
II.2.2.6.1	Estator (Stator halves)	260	Steel, Cu	Weiz	Truck	5%, 50 anos
	Rotor (Rotor spider)	60	Steel	Europa	Truck	75 anos
	(Rim sheets)	156.8	Steel	Austria	Truck	
	(Poles)	123.2	Cu	Austria	Truck	
	(Upper shaft)	6	Steel	probably Austria	Truck	
	(Guide bearing runner)	2.2	Steel	Europa	Truck	
II.2.2.6.2	(Slipring)	1.8	Steel	Europa	Truck	
	Chumaceira-guia (Thrust & guide bearing)	40	Steel	Europa	Truck	
	(Thrust head)	13	Steel	Weiz	Truck	
	(Thrust bearing platform)	12	Steel	Europa	Truck	
	(Bearing oil plant)	9	Steel	Weiz	Truck	
II.2.2.6.3	(Upper bracket)	16	Steel	Europe	Truck	
II.2.2.6.4	Instalações de frenagem e levantamento do rotor (Braking- jacking device)	3	Steel	Weiz	Truck	25 anos
II.2.2.6.5	Instalação de refrigeração (Cooling system)	20	Steel	Weiz	Truck	75 anos
II.2.2.6.7	Ferramentas e equipamentos especiais de montagem (special devices)	20	Steel	Weiz	Truck	75 anos
II.2.2.7	Instalações de protecção contra incêndio (Fire fighting equipment)	5	Steel	Austria	Truck	75 anos
II.2.2.8	Sistemas de excitação e de regulação de tensão	5	Cu, Steel	Andritz Vienna	Truck	30 anos
II.2.2.9	Conversor estático de frequência	5		Italia	Truck	30 anos
	Transfo 1	13	Cu, Steel	Italia	Truck	75 anos
	Transfo 2	13	Cu, Steel	Italia	Truck	75 anos
II.2.2.10	Instalações de monitorização dos grupos (Monitoring System)	6	Cu, Steel, Polymers	Andritz Weiz	Truck	20 anos
II.2.3 - APARELHOS DE ELEVAÇÃO, MOVIMENTAÇÃO DE CARGAS E PESSOAS - Cranes						

no.	equipamento	peso [t]	material	lugar do fornecedor	tipo de transporte	
	Cranes Montante		Steel	Beasain, Spain	Truck	
II.2.3.1	Pontes rolantes da central 2 x 100 to	70	Steel, Cu, Polymers			75 anos
II.2.3.2	Diferencial monoviga eléctrico	est. 5	Steel, Cu, Polymers			
II.2.3.3	Diferenciais monoviga manuais	est. 5	Steel, Cu, Polymers			
	Rails for cranes: 70 tons for complete Baixo Sabor Monante and Jusante	35	Steel, Cu, Polymers			
II.2.3.4	Portico rolante da tomada de água 25 to	37	Steel, Cu, Polymers			
II.2.3.5	Ascensor da central		Steel, Cu, Polymers			
II.2.3.6	Ascensor da barragem		Steel, Cu, Polymers			
II.2.4 - INSTALAÇÃO A TENSÃO DE PRODUÇÃO						
II.2.4.1	Barramentos de 15 kV	3	Al	Italy	Truck	75 anos
II.2.4.2	Disjuntores de alternador	4	Steel, Cu	EFACEC Porto	Truck	40 anos
II.2.4.7	Disjuntores e seccionadores das derivações	2	Steel	EFACEC Porto	Truck	40 anos
II.2.4.8	Resistências de ligação dos neutros dos alternadores-motores à terra	1	Steel	EFACEC Porto	Truck	75 anos
II.2.4.9	Reactâncias de limitação de curto circuitos e respectivas casca blindadas	1	Steel	EFACEC Porto	Truck	75 anos
II.2.4.10	Quadro de 15 kV dos serviços auxiliares	2	Steel, Cu	EFACEC Porto	Truck	40 anos
II.2.4.11	Cabos de 15kV e acessórios	2	Cu + Polymers	EFACEC Porto	Truck	50%, 40anos
II.2.4.12	Transformadores de serviços auxiliares 15/0,4 kV	2	Steel, Cu	France	Truck	75 anos
II.2.4.13	Estruturas, portas e vedações de celas	1	Steel, Polymers	EFACEC Porto	Truck	75 anos
II.2.4.14	Seccionadores inversores	4	Steel, Cu	Alemanha	Truck	75 anos
II.2.5 - TRANSFORMADORES PRINCIPAIS		340		EFACEC Porto		75 anos
			Steel, Cu			
II.2.6 - INSTALAÇÃO DE EMISSÃO DE ENERGIA						
II.2.6.1	Disjuntores de 220 kV	40	Steel, Cu	Europe	Truck	50 anos
II.2.6.2	Seccionadores de 220 kV		Steel, Cu	Europe	Truck	75 anos
II.2.6.3	Transformadores de intensidade		Steel, Cu	Francia	Truck	40 anos
II.2.6.4	Transformadores de tensão		Steel, Cu	Austria	Truck	40 anos
II.2.6.5	Seccionadores de terra		Steel	Europe	Truck	75 anos
II.2.6.6	Descarregadores de sobretensões de 220 kV		Steel, Silizium, Ceramic	Europe	Truck	40 anos
II.2.6.7	Porticos de amarração de condutores tendidos		Steel	Europe	Truck	75 anos
II.2.6.8	Restantes estruturas de suporte da aparelhagem		Steel	Turkia	Truck, evtl boat	75 anos
II.2.6.9	Condutores, isoladores e acessórios		Ceramic, Steel	Europe	Truck	40 anos
II.2.7 - INSTALAÇÃO DE COMANDO E CONTROLO						
II.2.7.1	Sistema de controlo	12	Steel, Cu, Polymers	Alemanha	Truck	20 anos
II.2.7.2	Sistema de operação e informação			Alemanha	Truck	
II.2.7.3	Quadros de comando			Andritz, Vienna	Truck	
II.2.7.4	Cabos e acessórios			Alemanha	Truck	
II.2.7.5	Protecções eléctricas			Andritz, Vienna	Truck	
II.2.7.6	Contagem de energia			Alemanha	Truck	
II.2.8 - INSTALAÇÃO DOS SERVIÇOS AUXILIARES						
II.2.8.1	Instalação de Alimentação de Energia em Corrente Alternada		Steel, Cu, Polymers	Portugal Porto	Truck	50%, 40anos
II.2.8.2	Instalação de Alimentação em corrente continua		Steel, Cu, Polymers	Portugal Porto	Truck	
II.2.8.3	Instalação de ventilação e climatização		Steel, Polymers	Portugal Porto	Truck	
II.2.8.4	Instalações de iluminação e tomadas		Steel, Polymers, Glass	Lisboa	Truck	
II.2.8.5	Instalação de telecomunicações		Polymers, CU	Lisboa	Truck	
II.2.9 - INSTALAÇÕES DE SEGURANÇA						
II.2.9.1	Instalação de protecção contra incêndio		Steel, Cu, Polymers	Prosegurao (Lisboa) or Promave (Porto)	Truck	40 anos
II.2.9.2	Instalação de detecção de intrusão		Steel, Cu, Polymers	Prosegurao (Lisboa) or Promave (Porto)	Truck	30 anos
II.2.9.3	Instalação de video-vigilância		Steel, Cu, Polymers	Prosegurao (Lisboa) or Promave (Porto)	Truck	15 anos
II.2.9.4	Instalação de detecção de inundação		Steel, Cu, Polymers	Prosegurao (Lisboa) or Promave (Porto)	Truck	20 anos
II.2.9.5	Instalação de bombagem da central		Steel, Cu, Polymers	probably Portugal	Truck	40 anos
II.2.9.6	Instalação de bombagem da barragem		Steel, Cu, Polymers	probably Portugal	Truck	40 anos
II.2.9.7	Sinalização de segurança e saúde		Steel, Cu, Polymers	Prosegurao (Lisboa) or Promave (Porto)	Truck	75 anos
II.2.9.8	Instruções e equipamentos de segurança e equipamento para curto-circuito e ligação à terra de partes activas		Steel, Cu, Polymers	Prosegurao (Lisboa) or Promave (Porto)	Truck	75 anos
II.2.10 - INSTALAÇÕES NO P.O.C.						
II.2.10.1	Postos de operação		Steel, Cu, Polymers	Lisboa	Truck	25 anos
II.2.10.2	Instalações de alimentação em corrente continua		Steel, Cu, Polymers	Lisboa	Truck	
II.2.10.3	Instalações de alimentação em corrente alternada		Steel, Cu, Polymers	Lisboa	Truck	
II.2.10.4	Infra-estruturas de ligação com a central		Steel, Cu, Polymers	Lisboa	Truck	
II.2.10.5	Infra-estruturas de telecomunicações		Steel, Cu, Polymers	Lisboa	Truck	
II.2.10.6	Instalações de aviso e alerta		Steel, Cu, Polymers	Lisboa	Truck	

Albufeira (EM)

A albufeira do escalão de montante tem uma dimensão de 2820 ha, sendo que toda a sua área é alvo de desmatagem e desarborização.

Linha de transporte de energia e dados (EM)

A infra-estrutura de transporte de energia é constituída por duas linhas de transporte que fazem a ligação dos escalões (montante e jusante) à subestação do Pocinho que está ligada à Rede Eléctrica Nacional (REN). A linha de transporte de energia desde o escalão de montante desenvolve-se por cerca de 16,6 km com corredores de largura de 400 m, sendo uma linha de Muito Alta Voltagem (220 kV). Os dados de inventário compilados para construção das infra-estruturas da linha de 220 kV têm como base os dados e estimativas de projecto fornecidos pela EDP (EIP 2009) e (EIP 2009).

Adicionalmente, a linha de 220 kV apresenta vários elementos e equipamentos auxiliares que não foram considerados para efeito de modelação do sistema mas que são aqui identificados:

Tabela 0.3 - Dados de inventário: Linha de transporte de energia e dados (EM)

Elementos e equipamentos auxiliares	Quantidades
Pinças Zambeze	198
Charneiras	306
Cj Dorking	35
Sinalização	121
Amortecedores	444
Cadeias	198
Isoladores	4.068
Suspensão OPGW	31
Amarrações OPGW	40
Caixas	9

Cabos de transporte de energia

ACSR 595 – Zambeze

Os cabos condutores mais utilizados em Portugal em linhas de 220 kV e 400 kV são do tipo Zebra e Zambeze, respectivamente. Dado na bibliografia consultada não existirem dados específicos dos cabos Zambeze, foram consideradas as especificações de cabos Zebra, por aproximação. As especificações técnicas consideradas para o fabrico de cabos do tipo ACSR 595 e os dados de transporte encontram-se descritos na tabela seguinte.

Tabela 0.4 - Dados de inventário: Linha de transporte de energia e dados (EM), cabo ACSR 595 – Zambeze

Processo:		AHBS, Cabo ACSR 595 - Zambeze		
Fluxo de referência:		1 km de cabo		
Fontes e procedimentos de cálculo:		Considerou-se uma aproximação às especificações técnicas do cabo do tipo Zebra [PRODUCT CATALOG – ACSR (Aluminum Conductor, Steel Reinforced), SURAL].		
Lacunas de informação, limitações:		Dados genéricos com base em bibliografia. Apenas consumos de materiais. Recursos ligados à aplicação não considerados. Transporte dos materiais para a fábrica de produção do cabo não considerados.		
Tipo	Material/Substância/ Processo	Quant.	Unid.	Observações
Inputs	Aço	433,6	kg	
	Alumínio	1188	kg	
	Transporte (do cabo)	324,36	tkm	Considerou-se que era proveniente da Cabelte – Unidade Industrial de Condutores de Alumínio, situada em Famalicão (200 km)

ACSR 153 – Dorking

As especificações técnicas consideradas para o fabrico de cabos ACSR 153 do tipo Dorking [Product Catalog – Procables, 2006] e os dados de transporte encontram-se descritos na tabela seguinte.

Tabela 0.5 - Dados de inventário: Linha de transporte de energia e dados (EM), cabo ACSR 153 – Dorking

Processo:		AHBS, Cabo ACSR 193 - Dorking		
Fluxo de referência:		1 km de cabo		
Fontes e procedimentos de cálculo:		Considerou-se as especificações técnicas de cabos ACSR 153 do tipo Dorking [Product Catalog – Procables, 2006].		
Lacunas de informação, limitações:		Dados genéricos com base em bibliografia. Apenas consumos de materiais. Recursos ligados à aplicação não considerados. Transporte dos materiais para a fábrica de produção do cabo não considerados.		
Tipo	Material/Substância/ Processo	Quant.	Unid.	Observações
Inputs	Aço	440,6	kg	
	Alumínio	268,1	kg	
	Transporte (do cabo)	142	tkm	Considerou-se que era proveniente da Cabelte – Unidade Industrial de Condutores de Alumínio, situada em Famalicão (200 km)

OPGW

Os cabos OPGW (Optical Ground Wire) servem tanto para a transmissão de energia como para a comunicação de dados e voz através das fibras ópticas contidas. A sua constituição é semelhante a um cabo tipo Dorking, com filamentos condutores em aço e alumínio, e no interior uma unidade de cabos de fibra óptica devidamente isolados por um tudo em alumínio. Devido à lacuna de dados específicos nas consultas bibliográficas realizadas, assumiu-se como pressuposto a mesma proporção de alumínio e aço dos cabos Dorking. As especificações técnicas consideradas para o fabrico de cabos OPGW [Nishimura, 2006] e os dados de transporte encontram-se descritos na tabela seguinte.

Tabela 0.6 - Dados de inventário: Linha de transporte de energia e dados (EM), cabo OPGW

Processo:		AHBS, Cabo OPGW		
Fluxo de referência:		1 km de cabo		
Fontes e procedimentos de cálculo:		Considerou-se as especificações técnicas de cabos OPGW segundo [Nishimura, 2006].		
Lacunas de informação, limitações:		Dados genéricos com base em bibliografia. Apenas consumos de materiais. Recursos ligados à aplicação não considerados. Transporte dos materiais para a fábrica de produção do cabo não considerados.		
Tipo	Material/Substância/Processo	Quant.	Unid.	Observações
Inputs	Aço	472,18	kg	
	Alumínio	287,32	kg	
	Transporte (do cabo)	152	tkm	Considerou-se que era proveniente da Cabelte – Unidade Industrial de Condutores de Alumínio, situada em Famalicão (200 km)

Fundações e postes

Tendo em conta as informações fornecidas pela EDP, a linha de transporte de energia e dados do escalão de montante conta com os tipos de fundações que se apresentam na tabela seguinte.

Tabela 0.7 - Dados de inventário: Linha de transporte de energia e dados (EM), fundações

Tipo de fundações	Volume dos caboucos (m ³)	Volume de betão (m ³)	Peso armadura (kg)	Quantidade de fundações utilizadas na Linha de Montante
DRN 035R	20,7	6,5	220	24
DRN 052R	30,6	8,6	240	11
DRN 066R	37,5	9,6	260	1
DRN 073R	39,4	9,7	260	1
DRE 081	46,0	16,7	800	3
DRE 135	89,2	27,4	1.160	3
DRE 159	120,0	38,5	1.440	1

Para efeitos da ACV, consideram-se os seguintes pressupostos para modelar cada uma das fundações:

- Os dados por tipo de fundação incluem os 4 caboucos e sapata correspondentes.
- Consideram-se os impactes pela escavação dos caboucos, utilização do betão (incluindo o fabrico dos materiais e seu transporte) e fabrico e transporte do aço utilizado para a armadura.
- No caso do betão, considerou-se a utilização de um betão idêntico ao utilizado no escalão de montante.
- No caso do aço da armadura, considerou-se um aço semelhante ao utilizado em armaduras de betão para a construção dos dois escalões.

Os postes da linha de transmissão de energia e de dados, por sua vez, compreendem o poste propriamente dito (em aço) e a fundação correspondente. As características dos postes utilizados são as seguintes:

Tabela 0.8 - Dados de inventário: Linha de transporte de energia e dados (EM), postes

Tipo de Poste	Fundação correspondente	Peso do poste (kg)	Quantidade de fundações-postes
MT1G-25	DRN 035R	7.406	1
MT1G-31	DRN 035R	9.374	10
MT1G-37	DRN 035R	11.736	1
MT1G-43	DRN 035R	14.256	12
MTR1G-19	DRN 052R	6.770	1
MTR1G-25	DRN 052R	8.870	1
MTR1G-31	DRN 052R	11.130	9
MTR2G-31	DRN 073R	12.020	1
MTAG-31	DRE 135	14.512	2
CWR2	DRE 081	16.130	3
CWT2	DRE 159	19.460	1
YDR1	DRN 066R	11.670	1
YDT1	DRE 135	16.370	1

Escalão de Jusante (EJ)

Infra-estruturas (EJ)

Os dados de inventário compilados relativos à construção das infra-estruturas do escalão de jusante têm como base os dados e estimativas de projecto fornecidos pelo proponente (EDP Produção 2009), os quais estão patentes na tabela seguinte.

Tabela 0.9 - Dados de inventário: Infra-estruturas do Escalão de Jusante (EJ)

Componentes				Barragem e órgãos de descarga	Tomada de água	Galerias do circuito hidráulico	Central hidroeléctrica	Restituição
Entradas (Processos transversais)				Barragem (corpo), Bacia de dissipação, Descarregador de cheias e Descarga de fundo.	Torre de manobras e Bocal com grelha	Galerias em carga e de restituição.	Central em poço e Edifício de descarga e montagem.	Bocais de restituição e Estruturas de guiamento.
Materiais	Aço	kg	Varões de aço em armaduras de betão	1.750	266.100	206.750	1.540.000	248.500
			Varões de aço em contenção	32.288	17.125	28.000	85.941	33.952
			Fibras metálicas	3.355		4.275	27.345	
			Serralharias diversas	13.850	3.500		69.500	3.100
			Aço sem descrição					
	Enronçamento	m ³	-					
	Cimento	kg	Cimento injectado	196.200		24.000	18.850	
Produtos	Betão	m ³	Betão	75.486	5.527	2.110	17.527	7.139
		m ³	Betão projectado	153	320	143	1.041	695
		m ³	BCC	104.200				
	Redes electrosoldadas	kg	-	12	330		2550	1.335
	Alvenaria	m ²	-					
Actividades	Terras escavadas	m ³	Céu aberto	122.100	50.700	7.200	79.835	52.790
			Subterrânea		4.080		25.980	11.007
	Abertura de furos para contenções	m	(D25 e D32) contenções	8.380	4.189	7.266	23.305	8.536
			(D75) drenos, cortinas	17.851	1.960	1.671	950	6.336
	Cofragens	m ²	<i>Valor total</i>	23.145	4.195	3.520	12.265	9.350

Equipamentos electromecânicos (EJ)

Os dados relativos aos equipamentos electromecânicos foram fornecidos pela EDP, com base em dados do fornecedor dos equipamentos (ANDRITZ Hydro). Os dados apresentados são dados de projecto (ANDRITZ Hydro 2011).

Em termos de limitações dos dados apresentados, refira-se que no caso de componentes multimaterial, por vezes não é apresentada a componente material desagregada. Por outro lado, não são referidas as características específicas de cada material (e.g. que tipos concretos de aço utilizados, para além de serem ou não inoxidáveis).

De seguida apresenta-se a informação considerada para efeitos de modelação.

Tabela 0.10 - Equipamentos do Escalão de Jusante (EJ)

no.	equipamento	peso [t]	material	lugar do fornecedor	tipo de transporte	
Escalão de Jusante						
II.3.1 - EQUIPAMENTO HIDROMECÂNICO						
II.3.1.1	Comportas serviço D.C. - Spillway Tainter Gate	389,5	Steel (small amount INOX)	Porto	Truck	75 anos
II.3.1.2	Comporta ensec. D.C. - Spillway Stoplog (Embedded parts)	16,3	Steel (small amount INOX)	Porto	Truck	
II.3.1.3	Comporta guarda D.F. - Bottom Outlet Roller Gate	29,8	Steel (small amount INOX)	not yet defined, probably Spain / Portugal / Slovakia	probably Truck	
II.3.1.4	Comporta serviço D.F. - Einzelkomponenten identisch wie 3.1.3	29,8	Steel (small amount INOX)	not yet defined, probably Spain / Portugal / Slovakia	probably Truck	
II.3.1.4.4	Blindagem do circuito hidráulico D.F. - Bottom Outlet Lining	5,9	Steel (small amount INOX)	not yet defined, probably Spain / Portugal / Slovakia	probably Truck	
II.3.1.5	Grades Fixas T.A. (moveable) - Intake Trashrack	51,9	Steel (small amount INOX)	not yet defined, probably Spain / Portugal / Slovakia	probably Truck	
II.3.1.6	Comporta Ensec. T.A. - Intake Stoplog	16,2	Steel (small amount INOX)	not yet defined, probably Spain / Portugal / Slovakia	probably Truck	
II.3.1.7	Comportas Seg. T.A. - Intake Roller Gate	42,5	Steel (small amount INOX)	not yet defined, probably Spain / Portugal / Slovakia	probably Truck	
II.3.1.7.4	Blindagens das condutas de arejamento das comportas segurança T.A.	11,3	Steel (small amount INOX)	Alfena (Portugal)	Truck	
II.3.1.8	Grades M. Restituição (moveable) - Downstream Trashrack	49,7	Steel (small amount INOX)	not yet defined, probably Spain / Portugal / Slovakia	probably Truck	
II.3.1.9	Comportas Ensec. Restit. - Draft Tube Sliding Gate	66,2	Steel (small amount INOX)	not yet defined, probably Spain / Portugal / Slovakia	probably Truck	
II.3.2 - GRUPOS REVERSÍVEIS						
II.3.2.1	Blindagem do túnel de adução - Steellining	72,00	Steel	Alfena (Portugal)	Truck	75 anos
II.3.2.2.1	Caixa espiral, blindagem do poço da turbina e tubo de aspiração			Espanha		
	Tubo de aspiracao cotovelo	28	Steel	Portugal Porto	Truck	
	Tubo de aspiracao cone	24	Steel	Portugal Porto	Truck	
	Pre-distribuidor	56	Steel	Espanha	Truck	
	Caixa espiral	36	Steel	Espanha	Truck	
	Poço da turbina	30	Steel	Espanha	Truck	
II.3.2.2.2	Distribuidor			Espanha		
	Upper cover	32	Steel	Espanha	Truck	
	Lower cover	22	Steel	Espanha	Truck	
	Wicket gates	22	Steel	Espanha	Truck	
	Regulation ring	6	Steel	Espanha	Truck	
II.3.2.2.3	Veio					
	Shaft body	26	Steel	Alemanha	Truck	
II.3.2.2.4	Roda					
	Runner	78	Steel	Alemanha	Truck	
II.3.2.2.5	Chumaceira-guia e junta de vedação do veio			Polandia	Truck	
	Guide bearing assembly with shaft seal	12	Steel	Polandia	Truck	
II.3.2.2.8	Tabagens	4	Steel, Cu, Inox, Polymer	Germany	Truck	
II.3.2.2.9	Ferramentas especiais de montagem	est. 2	Steel	Germany	Truck	
II.3.2.3	Sistema de desafoamento da roda	est. 5	Steel, Cu, Inox, Polymer	Central Europe	Truck	
II.3.2.4	Sistemas de regulação de velocidade	est. 12	Steel, Cu, Inox, Polymer	Germany	Truck	
II.3.2.5	Instalação de água de refrigeração	est. 2	Steel, Cu, Inox, Polymer	Central Europe	Truck	
II.3.2.6.1	Estator (Stator halves)	142	Steel, Cu	Weiz	Truck	
II.3.2.6.2	Rotor	94		Europa	Truck	
	(Poles)	56	Cu	Austria	Truck	
	(Upper shaft)	6,6	Steel	probably Austria	Truck	
	(Guide bearing runner)	2,2	Steel	Europa	Truck	
	(Slipring)	2,6	Steel	Europa	Truck	
II.3.2.6.3	Chumaceira-guia (Thrust & guide bearing)	30		Europa	Truck	
	(Thrust head)	8,6	Steel	Weiz	Truck	
	(Thrust bearing platform)	10	Steel	Europa	Truck	
	(Bearing oil plant)	8	Steel	Weiz	Truck	
	(Upper bracket)	16	Steel	Europe	Truck	
II.3.2.6.4	Instalações de frenagem e levantamento do rotor (Braking- jacking device)	3	Steel	Weiz	Truck	
II.3.2.6.5	Instalação de refrigeração (Cooling system)	20	Steel	Weiz	Truck	
II.3.2.6.6	Equipamentos e materiais diversos (Miscellaneous)	90	Steel	Europa	Truck	
II.3.2.6.7	Ferramentas e equipamentos especiais de montagem (special devices)	20	Steel	Weiz	Truck	
II.3.2.7	Instalações de protecção contra incêndio (Fire fighting equipment)	5	Steel	Austria	Truck	
II.3.2.8	Sistemas de excitação e de regulação de tensão	3	Steel, Cu	Andrtz Vienna	Truck	
II.3.2.9	Conversor estático de frequência	3		Italia	Truck	
	Transfo 1	5	Steel, Cu	Italia	Truck	
	Transfo 2	5	Steel, Cu	Italia	Truck	
II.3.2.10	Instalações de monitorização dos grupos	6	Steel, Cu, Polymers	Andrtz Weiz	Truck	
II.3.3 - APARELHOS DE ELEVAÇÃO, MOVIMENTAÇÃO DE CARGAS E PESSOAS						
	Cranes Jusante			Beasain, Spain	Truck	75 anos
II.3.3.1	Portico rolante da central 40 to	50	Steel, Cu, Polymers		Truck	
II.3.3.2	Ponte rolante da central 115 to	65	Steel, Cu, Polymers		Truck	
II.3.3.3	Diferenciais monoviga manuais	5	Steel, Cu, Polymers		Truck	
II.3.3.4	Pórtico da tomada de água 20 to	49	Steel, Cu, Polymers		Truck	
	Rails for cranes: 70 tons for complete Baixo Sabor Monante and Jusante	35	Steel, Cu, Polymers		Truck	
II.3.3.5	Ascensor da central		Steel, Cu, Polymers	Schmidt / Ortis, Portugal	Truck	

no.	equipamento	peso [t]	material	lugar do fornecedor	tipo de transporte	
II.3.4 - INSTALAÇÃO À TENSÃO DE PRODUÇÃO						
II.3.4.1	Barramentos de 6 kV	3	Al	Italy	Truck	75 anos
II.3.4.2	Disjuntores de alternador	4	Steel, Cu	EFACEC Porto	Truck	40 anos
II.3.4.7	Disjuntores e seccionadores das derivações	2	Steel	EFACEC Porto	Truck	40 anos
II.3.4.8	Resistências de ligação dos neutros dos alternadores-motores à terra	1	Steel	EFACEC Porto	Truck	75 anos
II.3.4.9	Reactâncias de limitação de curto-circuitos e respectivas celas blindadas	1	Steel	EFACEC Porto	Truck	75 anos
II.3.4.10	Quadro de 6 kV dos serviços auxiliares	1	Steel, Cu	EFACEC Porto	Truck	40 anos
II.3.4.11	Cabos de 6 kV e acessórios	k.A.	Cu + Polymers	EFACEC Porto	Truck	50%, 40 anos
II.3.4.12	Transformadores de serviços auxiliares 6/0,4 kV	k.A.	Steel, Cu	France	Truck	75 anos
II.3.4.13	Estruturas, portas e vedações de celas	k.A.	Steel, Polymers	EFACEC Porto	Truck	75 anos
II.3.4.14	Seccionadores inversores	4	Steel, Cu	Germany	Truck	75 anos
II.3.5 - TRANSFORMADORES PRINCIPAIS						
		86		EFACEC Porto		75 anos
			Steel, Cu			
II.3.6 - INSTALAÇÃO DE EMISSÃO DE ENERGIA						
II.3.6.1	Disjuntores de 60 kV	20	Steel, Cu	probably Germany	Truck	50 anos
II.3.6.2	Seccionadores de 60 kV		Steel, Cu	probably Germany	Truck	75 anos
II.3.6.3	Transformadores de intensidade		Steel, Cu	Schneider, Francia	Truck	40 anos
II.3.6.4	Transformadores de tensão		Steel, Cu	Austria	Truck	40 anos
II.3.6.5	Seccionadores de terra		Steel	probably Germany	Truck	75 anos
II.3.6.6	Descarregadores de sobretensões de 80 kV		Steel, Si, Ceramic	probably Germany	Truck	40 anos
II.3.6.7	Pórticos de amarração de condutores tendidos		Steel	probably Germany	Truck	75 anos
II.3.6.8	Restantes estruturas de suporte da aparelhagem		Steel	Turkey	Truck, evtl boat	75 anos
II.3.6.9	Condutores, isoladores e acessórios		Ceramic, Steel	probably Germany	Truck	40 anos
II.3.6.10	Cabos isolados 60 kV		Cu, Polymers	probably Germany	Truck	75 anos
II.3.7 - INSTALAÇÃO DE COMANDO E CONTROLO						
II.3.7.1	Sistema de controlo	12	Steel, Cu, Polymers	Alemanha	Truck	20 anos
II.3.7.2	Sistema de operação e informação			Alemanha	Truck	
II.3.7.3	Quadros de comando			Andritz Vienna	Truck	
II.3.7.4	Cabos e acessórios			Alemanha	Truck	
II.3.7.5	Protecções eléctricas			Andritz Vienna	Truck	
II.3.7.6	Contagem de energia			Alemanha	Truck	
II.3.8 - INSTALAÇÃO DOS SERVIÇOS AUXILIARES						
II.3.8.1	Instalação de Alimentação de Energia em Corrente Alternada		Steel, Cu, Polymers	Portugal Porto	Truck	50%, 40 anos
II.3.8.2	Instalação de Alimentação em corrente continua		Steel, Cu, Polymers	Portugal Porto	Truck	
II.3.8.3	Instalação de ventilação e climatização		Steel, Polymers	Portugal Porto	Truck	
II.3.8.4	Instalações de iluminação e tomadas		Steel, Polymers, Glass	Portugal Lisboa	Truck	
II.3.8.5	Instalação de telecomunicações		Polymers, Cu	Portugal Lisboa	Truck	
II.3.9 - INSTALAÇÕES DE SEGURANÇA						
II.3.9.1	Instalação de protecção contra incêndio		Steel, Cu, Polymers	Prosegurac (Lisboa) or Promave (Porto)	Truck	40 anos
II.3.9.2	Instalação de detecção de intrusão		Steel, Cu, Polymers	Prosegurac (Lisboa) or Promave (Porto)	Truck	30 anos
II.3.9.3	Instalação de vídeo-vigilância		Steel, Cu, Polymers	Prosegurac (Lisboa) or Promave (Porto)	Truck	15 anos
II.3.9.4	Instalação de detecção de inundação		Steel, Cu, Polymers	Prosegurac (Lisboa) or Promave (Porto)	Truck	20 anos
II.3.9.5	Instalação de bombagem da central		Steel, Cu, Polymers	probably Portugal	Truck	40 anos
II.3.9.6	Instalação de bombagem da barragem		Steel, Cu, Polymers	Prosegurac (Lisboa) or Promave (Porto)	Truck	40 anos
II.3.9.7	Sinalização de segurança e saúde		Steel, Cu, Polymers	Prosegurac (Lisboa) or Promave (Porto)	Truck	75 anos
II.3.9.8	Instruções e equipamentos de segurança e equipamento para curto-circuito e ligação a terra de partes activas		Steel, Cu, Polymers	Prosegurac (Lisboa) or Promave (Porto)	Truck	75 anos
II.3.10 - INSTALAÇÕES NO P.O.C.						
II.3.10.1	Postos de operação		Steel, Cu, Polymers	Lisboa	Truck	25 anos
II.3.10.2	Instalações de alimentação em corrente continua		Steel, Cu, Polymers	Lisboa	Truck	
II.3.10.3	Instalações de alimentação em corrente alternada		Steel, Cu, Polymers	Lisboa	Truck	
II.3.10.4	Infra-estruturas de ligação com a central		Steel, Cu, Polymers	Lisboa	Truck	
II.3.10.5	Infra-estruturas de telecomunicações		Steel, Cu, Polymers	Lisboa	Truck	
→ II.3.10.6	Instalações de aviso e alerta		Steel, Cu, Polymers	Lisboa	Truck	

Albufeira (EJ)

A albufeira do escalão de jusante tem uma dimensão de 200 ha, sendo que esta área é alvo de desmatção e desarborização total.

Linha de transporte de energia e dados (EJ)

Não foi considerada na análise, por falta de dados.

Projectos Complementares e Medidas Compensatórias

Projectos complementares

Os projectos complementares são infra-estruturas de acesso rodoviário que são construídas não só para garantir o acesso aos escalões de montante e jusante, como também para garantir, substituir ou melhorar acessos locais e regionais que serão afectados com a criação das albufeiras dos dois escalões (EDP Produção 2009).

Tabela 0.11 - Dados de inventário: Projectos Complementares

Componentes				Acessos definitivos MD e ME – Escalão montante	Acessos definitivos ME – Escalão jusante	Viadutos e novos acessos
Entradas (Processos transversais)						
Materiais	Aço	kg	Varões de aço em armaduras de betão	300.000	100.000	1.728.837
			Varões de aço em contenção	94.695	26.515	39.799
			Fibras metálicas	60.000	1.800	
			Serralharias diversas			
			Aço sem descrição			
	Enroncamento	m ³	-			
	Cimento	kg	Cimento injectado			
Produtos	Betão	m ³	Betão			15.453
		m ³	Betão projectado	2.000	60	1.119
		m ³	BCC			
	Redes electrosoldadas	kg	-	26.400	3.088	22.374
	Alvenaria	m ²	-			
Actividades	Escavação de terras	m ³	Céu aberto	902.256	320.855	421.420
			Subterrânea			
	Abertura de furos para contenções	m	(D25 e D32) contenções	15.000	4.200	16.139
			(D75) drenos, cortinas			
Cofragens	m ²	-			36.451	

Medidas compensatórias

As medidas compensatórias são infra-estruturas que são construídas de modo a salvaguardar o património natural e sócio-económico que será afectado pela construção dos escalões e respectivas albufeiras (EDP Produção 2009).

Tabela 0.12 - Dados de inventário: Medidas Compensatórias

Componentes				Transladação da capela de S. Lourenço	Transladação do Santuário de S. Antão da Barca	Preservação in situ de imóveis arquitectónicos	Preservação in situ de maciços rochosos com arte rupestre	Habitat de compensação da Vilarça	Valorização e Recuperação de habitats de ribeiras adjacentes	Recuperação e criação de abrigos e habitats para quirópteros	Centro de interpretação ambiental e recuperação animal
Entradas (Processos transversais)											
Materiais	Aço	kg	Varões de aço em armaduras de betão						8.994		
			Varões de aço em contenção								
			Fibras metálicas								
			Serralharias diversas								
			Aço sem descrição	4.671	23.868			255.690			24.031
	Enroncamento	m ³	-				7.260	672			
	Cimento	kg	Cimento injectado								
Produtos	Betão	m ³	Betão	96	190			2.706	66		272
		m ³	Betão projectado								
		m ³	BCC								
	Redes electrosoldadas	kg	-								
	Alvenaria	m ²	-	293	756			90			780
Actividades	Escavação de terras	m ³	Céu aberto	8.803	11.059	330	940	73.406	26.646		1.345
			Subterrânea								390
	Abertura de furos para contenções	m	(D25 e D32) contenções								
			(D75) drenos, cortinas								
	Cofragens	m ²	-	235	1.080			4.066			1.123
Desmatação e desarborização	m ²	-			146			33.735			

Processos transversais (Materiais, Produtos, Actividades e Transportes)

Materiais

Aços

Aços utilizados em infra-estruturas

Nesta categoria contam-se os aços utilizados como:

- Varões de aço em armaduras de betão
- Varões de aço em contenção
- Fibras metálicas
- Serralharias diversas
- Aços sem descrição (outros)

A composição e dimensionamento dos elementos em aço varia consoante as diferentes aplicações. Dos tipos de aços descritos de seguida, os de maior desempenho são os utilizados em armaduras de betão e em contenções. No caso da armação de betão, o aço tipicamente utilizado é p A400 NR laminado a quente, pela sua alta ductilidade (M. Ferreira 2007). Desta forma, de seguida especifica-se o tipo de aço considerado em cada uma das aplicações.

Tabela 0.13 - Dados de inventário: Aços utilizados no AHBS

Processos:		AHBS, Aço - varões em armaduras de betão ; AHBS, Aço - varões em contenções ; AHBS, Fibras metálicas ; AHBS, Aço - serrelharias diversas; AHBS, Aço - sem descrição		
Fluxo de referência:		1 kg de aço		
Fontes e procedimentos de cálculo:		Fonte de informação (EDP Produção 2011). Em termos gerais, existem várias origens para os aços utilizados no AHBS, mas a mais importante é da Siderurgia do Seixal (93%). Os restantes 7% são provenientes de Megafer + Celsa (Espanha) + Içdas (Turquia), pelo que neste caso se considerou o destino mais longe (Içdas) e viagem por barco até Matosinhos e depois por camião.		
Lacunas de informação, limitações:		Apenas consumos de materiais. Recursos ligados à aplicação não considerados, dado que são contabilizados em processo próprio.		
Tipo	Material/Substância/ Processo	Quant.	Unid.	Observações
Inputs	Aço	1	kg	Sem contabilizar eventuais perdas de massa na aplicação.
	Aço (transporte)	400	kgkm	Por camião. Proveniente da Siderurgia Nacional (Seixal) (430 km)
	Aço (transporte)	156	kgkm	Por barco. Proveniente da Turquia até ao Porto de Leixões (2230 km)
	Aço (transporte)	16,5	kgkm	Por camião. Proveniente do Porto de Leixões (236 km)

Aços utilizados em equipamentos

Nesta categoria contam-se os aços utilizados para o fabrico de equipamentos, entre eles:

- Aparelhos de elevação
- Equipamentos hidromecânicos
- Grupos reversíveis
- Instalação à tensão de produção
- Instalação de comando e controlo
- Instalação de emissão de energia

Nestes considerou-se apenas o consumo do material com base nas informações genéricas dadas pelo fabricante dos equipamentos para efeitos da ACV (ANDRITZ Hydro 2011), sem especificação do transporte ou rendimento de processamento (ver dados referentes aos equipamentos).

Enrocamento (AHBS, Enroncamento)

Enrocamento é um maciço composto por blocos de rocha compactados. É muito utilizado, por exemplo, na construção de barragens de gravidade de face ou de núcleo impermeável e na protecção da face de montante de barragens de terra, servindo, nesse caso, como protecção contra a erosão provocada pelas ondas formadas no reservatório e pelo movimento de subida e descida no nível da água. Não existindo informação específica sobre as características do enroncamento utilizado, consideram-se os seguintes pressupostos genéricos para a ACV:

- Apenas consumos de materiais. Recursos ligados à movimentação não considerados (Blocos de rocha provenientes do local)
- Peso volúmico da rocha de 2600 kg/m³

Cimento injectado

As especificações técnicas consideradas para o cimento injectado e os dados de transporte encontram-se descritos na tabela seguinte.

Tabela 0.14 - Dados de inventário: AHBS, Cimento injectado

Processos:		AHBS, Cimento injectado		
Fluxo de referência:		1 kg de cimento		
Fontes e procedimentos de cálculo:		Fonte de informação (EDP Produção 2011). Até 31/05/11 o local de fabrico do cimento era a fábrica da Secil (Maceira), a partir desta data, segundo a EDP, o cimento foi proveniente da Cimpor (Souselas). Não havendo registo das quantidades, como pressuposto, considerou-se como origem a fábrica de Maceira, que é a situada mais longe do AHBS.		
Lacunas de informação, limitações:		Apenas consumos de materiais. Recursos ligados à aplicação não considerados, dado que são contabilizados em processo próprio.		
Tipo	Material/Substância/ Processo	Quant.	Unid.	Observações
Inputs	Cimento Portland	1	kg	Sem contabilizar eventuais perdas de massa na aplicação.
	Cimento (transporte)	330	kgkm	Por camião. Proveniente de Maceira (330 km)

Produtos

Betões

A composição do betão varia consoante o tipo de aplicação pretendida, bem como do meio envolvente àquele onde o betão vai ser aplicado. Por exemplo, a norma NP EN 206-1:2007 estabelece, entre outras coisas, o seguinte, tendo em conta a exposição ambiental:

Tabela 0.15 - Limites para as características do betão, devido à exposição ambiental (Norma NP EN 206-1:2007)

Tipo de cimento ⁽¹⁾	Classe de exposição	Recobrimento nominal mínimo	Dosagem de cimento mínima	Razão A/C máxima	Classe de resistência mínima	
					Betão Normal	Betão Leve
--	X0	--	--	--	C12/15	--
CEM I; CEM II/A ⁽²⁾	XC1	25 mm	240 kg/m ³	0,65	C25/30	LC25/28
	XC2	35 mm				
	XC3	35 mm				
	XC4	40 mm				
	XS1 / XD1 ⁽⁴⁾	45 mm	360 kg/m ³	0,45	C40/50	LC40/44
	XS2 / XD2 ⁽⁴⁾	50 mm				
	XS3 / XD3 ⁽⁴⁾	55 mm				
	XF1	--	280 kg/m ³	0,60	C30/37	LC30/33
	XF2 ⁽⁵⁾			0,55		
	XA1 ⁽⁴⁾	--	340 kg/m ³	0,50	C35/45	LC35/38
XA2 ⁽⁴⁾	360 kg/m ³		0,45			
XA3 ⁽⁴⁾	380 kg/m ³					
CEM II/B ⁽²⁾ , CEM III/A ⁽⁴⁾ , CEM IV ⁽²⁾ , CEM V/A ⁽²⁾	XC1	25 mm	260 kg/m ³	0,65	C25/30	LC25/28
	XC2	35 mm				
	XC3	35 mm				
	XC4	40 mm				
	XF1	--	300 kg/m ³	0,55	C30/37	LC30/33
	XF2 ⁽⁵⁾			0,50		
CEM IV/A; CEM IV/B; CEM III/A; CEM III/B; CEM V; CEM II/B ⁽⁴⁾ ; CEM II/A-D	XS1 / XD1	45 mm	320 kg/m ³	0,55	C30/37	LC30/33
	XS2 / XD2	50 mm				
	XS3 / XD3	55 mm	340 kg/m ³	0,45	C35/45	LC35/38
	XA1	320 kg/m ³	0,55			
	XA2	--	340 kg/m ³	0,50	C35/45	LC35/38
	XA3		360 kg/m ³	0,45		
⁽¹⁾ De acordo com a especificação E 464, em vez dos cimentos indicados, podem ser utilizadas misturas, obtidas pela junção de um cimento do tipo CEM I ou CEM II/A com adições, cuja composição resultante seja equivalente à de um dos cimentos indicados.				⁽²⁾ Não aplicável aos cimentos com percentagem inferior a 50% de clínquer Portland, em massa.		
⁽²⁾ Não aplicável aos cimentos II/A-T e II/A-W e aos cimentos II/B-T e II/B-W, respectivamente.				⁽⁴⁾ Não aplicável aos cimentos II-T, II-W, II/B-Le II/B-LL.		
				⁽⁵⁾ Teor mínimo de ar de 4%.		

Fonte: (APEB 2008).

Os constituintes básicos do betão são o cimento, a brita (aglomerados), a areia e a água. O betão é ainda constituído por adjuvantes e aditivos (cinzas volantes, sílica de fumo, pozolanas, etc.). De seguida apresentam-se algumas composições de betões retiradas da bibliografia.

Tabela 0.16 - Dados de inventário: algumas composições de betões da bibliografia

Especificações	(Nepomuceno 1999)	(Nepomuceno 1999)	(Ferreira, Barros e Lourenço 2001)	(M. Ferreira 2007)	(M. Ferreira 2007)
Tipo	Betão C30/37	Betão C30/37	Betão C12/20	Betão moldado	Betão projectado
Cimento	285 (tipo I /42,5)	466 (tipo II /32,5)	250,0 (tipo II /32,5)	332 (tipo I /42,5)	410 (tipo I /42,5)
Brita	1095	1153	1196,5	n.d.	n.d.
Areia	782	513	797,5	n.d.	n.d.
Água	149	191	151,5	186	215
Cinzas volantes	32	-	-	142	0
Sílica de fumo	-	-	-	3	40
Adjuvante	4,57 (3,8 L)	-	-	4,9 (Viscocrete 3000)	6,2 (Viscocrete 3000)
Massa volúmica do betão fresco	2348 kg/m ³	2323 kg/m ³	-	n.d.	n.d.

De acordo com indicações fornecidas pela EDP, as especificações técnicas médias do betão utilizado na construção das várias componentes do AHBS, assim bem como os dados de transporte, varia consoante se trata do escalão de montante e do escalão de jusante. De seguida apresentam-se as referidas características:

Betão (EM)

Tabela 0.17 - Dados de inventário: AHBS, Betão (EM)

Processos:		AHBS, Betão (EM)		
Fluxo de referência:		1 m ³ de betão		
Fontes e procedimentos de cálculo:		<p>Fonte de informação principal: (EDP Produção 2010)</p> <p>Calculou-se a composição do betão, por m3, tendo por base as informações fornecidas pela EDP e retiradas do “Mapa de Preços da Empreitada Geral de Construção do Aproveitamento do Baixo Sabor” para os principais materiais utilizados (cimento, agregados, cinzas volantes) e outras características do betão, nomeadamente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Relação água/ligante: 0,5 • Média do teor de humidade: 6% <p>Desta forma, a densidade estimada do betão é de 2438,6 kg/m³</p> <p>A água e os agregados são provenientes do local do AHBS. Em relação ao cimento, existem duas origens para o cimento, sem estimativas da quantidade transportada de cada uma delas, pelo que se considerou a mais afastada na modelação (Maceira). No que concerne às cinzas volantes, consideraram-se provenientes da central termoeléctrica de Sines, que é a central mais distante do AHBS.</p> <p>Para além dos produtos identificados, foram ainda considerados os consumos de outro tipo de recursos (excep. energia), tendo por base o processo "Concrete, normal, at plant, CH", da base de dados ecoinvent.</p>		
Lacunas de informação, limitações:		Não se considerou o consumo de adjuvantes. Recursos energéticos ligados à aplicação não foram igualmente considerados, dado que são contabilizados em processo próprio em termos agregados na fase de construção (processo relativo ao estaleiro de obra). Não se consideraram ainda resíduos do processo, e produção de cinzas volantes, por falta de informação.		
Tipo	Material/Substância/ Processo	Quant.	Unid.	Observações
Inputs	Cimento Portland	140,7	kg	
	Agregados	2079,0	kg	
	Água	115	l	Relação água/ligante: 0,5 e teor de humidade dos agregados de 6%
	Cinzas volantes	104	kg	
	Cimento Portland (transporte)	46,4	tkm	Por camião. Proveniente de Maceira (330 km)
	Cinzas volantes (transporte)	56,1	tkm	Por camião. Pressupos-se proveniente de Sines (540 km)
	Vários (energia consumida, central de betão, etc.)	vários	várias	

Betão (EM)

Tabela 0.18 - Dados de inventário: AHBS, Betão (EJ)

Processos:		AHBS, Betão (EJ)		
Fluxo de referência:		1 m ³ de betão		
Fontes e procedimentos de cálculo:		<p>Fonte de informação principal: (EDP Produção 2010)</p> <p>Calculou-se a composição do betão, por m³, tendo por base as informações fornecidas pela EDP e retiradas do “Mapa de Preços da Empreitada Geral de Construção do Aproveitamento do Baixo Sabor” para os principais materiais utilizados (cimento, agregados, cinzas volantes) e outras características do betão, nomeadamente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Relação água/ligante: 0,5 • Média do teor de humidade: 6% <p>Desta forma, a densidade estimada do betão é de 2400,1 kg/m³</p> <p>A água e os agregados são provenientes do local do AHBS. Em relação ao cimento, existem duas origens para o cimento, sem estimativas da quantidade transportada de cada uma delas, pelo que se considerou a mais afastada na modelação (Maceira). No que concerne às cinzas volantes, consideraram-se provenientes da central termoelétrica de Sines, que é a central mais distante do AHBS.</p> <p>Para além dos produtos identificados, foram ainda considerados os consumos de outro tipo de recursos (excep. energia), tendo por base o processo "Concrete, normal, at plant, CH", da base de dados ecoinvent.</p>		
Lacunas de informação, limitações:		Não se considerou o consumo de adjuvantes. Recursos energéticos ligados à aplicação não foram igualmente considerados, dado que são contabilizados em processo próprio em termos agregados na fase de construção (processo relativo ao estaleiro de obra). Não se consideraram ainda resíduos do processo e produção de cinzas volantes, por falta de informação.		
Tipo	Material/Substância/ Processo	Quant.	Unid.	Observações
Inputs	Cimento Portland	116,3	kg	
	Agregados	2155,9	kg	
	Água	78,1	l	Relação água/ligante: 0,5 e teor de humidade dos agregados de 6%
	Cinzas volantes	49,8	kg	
	Cimento Portland (transporte)	38,4	tkm	Por camião. Proveniente de Maceira (330 km)
	Cinzas volantes (transporte)	26,9	tkm	Por camião. Pressupos-se proveniente de Sines (540 km)
	Vários (energia consumida, central de betão, etc.)	vários	várias	

Redes electrosoldadas

As redes electrosoldadas são constituídas por fios de aço dispostos em malha ortogonal, com soldadura nos pontos de cruzamento. São usadas sobretudo em armaduras secundárias em betão, para controlo de fendilhação. Na tabela seguinte apresenta-se as características do processo modelado na ACV do AHBS.

Tabela 0.19 - Dados de inventário: AHBS, Redes electrosoldadas

Processos:		AHBS, Redes electrosoldadas		
Fluxo de referência:		1 kg de rede electrosoldada		
Fontes e procedimentos de cálculo:		Pressupostos utilizados para a avaliação de impactes.		
Lacunas de informação, limitações:		Apenas consumos de materiais. Recursos ligados ao fabrico não considerados.		
Tipo	Material/Substância/Processo	Quant.	Unid.	Observações
Inputs	Aço	1	kg	Sem contabilizar eventuais perdas de massa na aplicação.
	Aço (transporte)	190	kgkm	Por camião. Proveniente do Porto (190 km)

Alvenaria

Alvenaria é a construção de estruturas e de paredes utilizando unidades unidas entre si por argamassa. Estas unidades podem ser blocos (de cerâmica, de vidro ou de betão) e pedras. Considerando o caso tradicional do tijolo vazado, dependendo das dimensões do tijolo, podem ter-se desde 20 kg/m² a 65 kg/m² de tijolo. Segundo (Dias 2002) o tijolo de dimensões típicas (30X20X15) tem um rendimento por m² de 45 kg. A argamassa, que serve para unir os vários blocos de uma construção de alvenaria, pode variar entre 40 a 80 kg/m² em tijolo de 15 cm de espessura, sendo o valor médio de 60 kg/m². Neste contexto, as especificações técnicas consideradas para os processos de alvenaria e os dados de transporte encontram-se descritos nas tabelas seguintes.

Tabela 0.20 - Dados de inventário: AHBS, Alvenaria

Processo:		AHBS, Alvenaria		
Fluxo de referência:		1 m ² de alvenaria		
Fontes e procedimentos de cálculo:		Pressupostos utilizados para a avaliação de impactes.		
Lacunas de informação, limitações:		Dados genéricos com base em bibliografia. Apenas consumos de materiais. Recursos ligados à aplicação não considerados.		
Tipo	Material/Substância/ Processo	Quant.	Unid.	Observações
Inputs	Cimento I / 42,5	4	kg	
	Areia	36	kg	Considerou-se em 1,3x o peso de cimento e água
	Água	4	L	
	Tijolo cerâmico	45	kg	Tijolo cerâmico furado (30X20X15)
	Cimento I / 42,5 (transporte)	1840	kgkm	Outão – AHBS (462 km)
	Tijolo cerâmico (transporte)	12600	kgkm	Leira – AHBS (280 km)

Óleos Minerais e SF₆ utilizados nos equipamentos electromecânicos (AHBS, óleos lubrificantes)

Os óleos minerais lubrificantes são utilizados em vários equipamentos electromecânicos no AHBS, nomeadamente nos geradores, transformadores, etc. No total, no conjunto dos dois escalões, estima-se que são utilizados inicialmente 47740 L de óleos nos equipamentos electromecânicos. Os tipos de óleo utilizados são Shell Tellus 68, Shell Turbo Oil T, Shell Tellus T32, Nytro Taurus (IEC 60296/03) e Shell Turbo T46 (ANDRITZ Hydro 2010). Não existindo informação que permitisse modelar cada um dos óleos específicos, utilizou-se como referencial o processo “Lubricating oil, at plant/RER U”.

No caso do SF₆, por falta de dados que permitissem estimar a quantidade deste gás utilizado nos equipamentos GIS (Gas-Insulated Switch Gear) e disjuntores do AHBS, não foi possível estimar o seu consumo, bem como as perdas para a atmosfera associadas à utilização deste gás nos referidos equipamentos. O SF₆ é um poderoso gás com efeito de estufa, no entanto, para o tempo de vida do AHBS e seu regime de exploração (com bombagem), estima-se que o contributo deste gás para as emissões de GEE do AHBS é relativamente pequeno.

Esta estimativa é baseada nos resultados encontrados por (M. Ferreira 2007), que estimou a emissão de SF₆ nos equipamentos utilizados na Central de Frades da EDP. Esta autora estimou em 163 kg as fugas para a atmosfera deste gás, durante o ciclo de vida da central considerado (45 anos, até 2050), o que considerando um factor de emissão de 22800 kg CO_{2eq}/kg de SF₆, resulta numa emissão de 3,72 kt de CO_{2eq} no ciclo de vida do aproveitamento. Se compararmos este valor com a quantidade de CO_{2eq} estimada que é produzida directamente ou indirectamente pelo AHBS (incluindo bombagem), verifica-se que este valor é cerca de mil vezes inferior, ou seja, 3 ordens de magnitude inferior.

Actividades

Escavação de terras

Escavação a céu aberto

A escavação a céu aberto envolve a utilização de equipamentos de construção civil, como retroescavadoras, pás carregadoras, etc. Deste modo, na tabela seguinte apresentam-se os dados de entradas e saídas associadas ao processo.

Tabela 0.21 - Dados de inventário: AHBS, Escavações a céu aberto

Processo:		AHBS, Escavações a céu aberto		
Fluxo de referência:		1 m ³ de terras escavadas		
Fontes e procedimentos de cálculo:		Pressupostos utilizados para a avaliação de impactes.		
Lacunas de informação, limitações:		Apenas impactes do processo de escavação. Sem dados específicos da EDP.		
Tipo	Material/Substância/Processo	Quant.	Unid.	Observações
Inputs	Terras escavadas	1	m ³	

Escavação subterrânea

As escavações subterrâneas são utilizadas para a construção de componentes enterradas do AHBS, nomeadamente galerias e túneis. Para realizar tais escavações utilizam-se explosivos. Para enquadrar a quantidade de explosivos necessários para as escavações subterrâneas do AHBS, na tabela seguinte apresentam-se alguns dados bibliográficos sobre os mesmos.

Tabela 0.22 - Consumos de explosivos em escavações de tuneis

Especificações	Tipo de explosivos	Fonte: (M. Ferreira 2007)
Escavação de túneis	Amonites e gelamonites	100 kg/m túnel
Escavação de galerias	Amonites e gelamonites	130 kg /m galeria

Deste modo, na tabela seguinte apresenta-se os dados do processo considerado para efeitos de ACV.

Tabela 0.23 - Dados de inventário: AHBS, Escavações subterrâneas

Processo:		AHBS, Escavações subterrâneas		
Fluxo de referência:		1 m ³ de terras escavadas		
Fontes e procedimentos de cálculo:		Pressupostos utilizados para a avaliação de impactes.		
Lacunas de informação, limitações:		Apenas impactes do processo de escavação. Sem dados específicos da EDP, com base em dados de Ferreira (2007). Não foi possível detalhar os explosivos utilizados.		
Tipo	Material/Substância/Processo	Quant.	Unid.	Observações
Inputs	Explosivos	5,82	kg	Ferreira (2007), refere o uso de 130 kg/m de galeria escavada. Considerando as 2 galerias do EM (diâmetro - 5,7m, com comp. 330m) a galeria do EJ (diâmetro - 4,2m com comp. de 215m), o valor estimado de explosivos por m ³ escavado é de 5,82 kg. Este valor é no entanto uma estimativa grosseira, à falta de melhores dados.

Abertura de furos

A abertura de furos destina-se a efeitos de contenção, drenos e cortinas. Dependendo do objectivo, o diâmetro do furo varia. Considerando que os furos são circulares, os volumes relativos a cada furo são os seguintes:

Tabela 0.24 - Dados de inventário: dimensões dos furos abertos

Diâmetro	Tipo	Comprimento (m)	Volume escavado (m ³)
D25	Contenções	1	0,0491
D32	Contenções	1	0,0804
D75	Drenos, cortinas	1	0,4418

Abertura de furos para contenções - (D25 e D32) contenções

Na tabela seguinte apresenta-se os dados de entradas e saídas associadas ao processo.

Tabela 0.25 - Dados de inventário: AHBS, Abertura de furos D25 e D32 para contenções

Processo:		AHBS, Abertura de furos D25 e D32 para contenções		
Fluxo de referência:		1 m de furo		
Fontes e procedimentos de cálculo:		Pressupostos utilizados para a avaliação de impactes.		
Lacunas de informação, limitações:		Sem dados específicos da EDP.		
Tipo	Material/Substância/ Processo	Quant.	Unid.	Observações
Inputs	Abertura de furos	0,08	m ³	Considerando furos de 32 cm

Abertura de furos para contenções - (D75) drenos, cortinas

Na tabela seguinte apresentam-se os dados de entradas e saídas associadas ao processo.

Tabela 0.26 - Dados de inventário: AHBS, Abertura de furos D75 para drenos e cortinas

Processo:		AHBS, Abertura de furos D75 para drenos e cortinas		
Fluxo de referência:		1 m de furo		
Fontes e procedimentos de cálculo:		Pressupostos utilizados para a avaliação de impactes.		
Lacunas de informação, limitações:		Sem dados específicos da EDP.		
Tipo	Material/Substância/ Processo	Quant.	Unid.	Observações
Inputs	Abertura de furos	0,44	m ³	Considerando furos de 75 cm

Cofragens (AHBS, Cofragens)

As cofragens servem para moldar o betão, por forma a este adquirir a forma desejada. As cofragens tradicionais utilizam madeira, sendo reutilizáveis em parte. De acordo com (M. Ferreira 2007), as cofragens de madeira podem ser reutilizáveis em média 3 vezes na construção de barragens, sendo que a quantidade de madeira utilizada ronda 0,06 m³ de madeira/m² de molde.

Tabela 0.27 - Dados de inventário: AHBS, Cofragens

Processo:		AHBS, Cofragens		
Fluxo de referência:		1 m ² de cofragens		
Fontes e procedimentos de cálculo:		Pressupostos utilizados para a avaliação de impactes. Segundo Ferreira (2007), as cofragens de madeira podem ser reutilizáveis em média 3 vezes na construção de barragens, sendo que a quantidade de madeira utilizada ronda 0,06 m ³ de madeira/m ² de molde		
Lacunas de informação, limitações:		Sem dados específicos da EDP. Inclui-se a deposição final da madeira em aterro.		
Tipo	Material/Substância/Processo	Quant.	Unid.	Observações
Inputs	Madeira de cofragem	0,02	m ³	Considerado reutilização de cada molde 3 x.
	Madeira de cofragem (transporte)	1,18	tkm	Considerando a proveniência da madeira do Porto (190 km)
	Madeira em aterro (transporte)	1,49	tkm	Para a Póvoa de Varzim (240 km) para tratamento, considerando ainda uma densidade de 310 kg/m ³ (pinho)
Outputs	Madeira em aterro	0,02	m ³	

Desmatação e desarborização

Para a realização da desmatação e desarborização, segundo o a informação recolhida (EDP 2006), estão definidas as seguintes operações: corte, recheia, colheita, estilhaçamento e transporte, no caso da desmatação e recheia dos troncos e das copas, corte das copas, estilhaçamento das ramas, transporte dos troncos, lenha e estilhas, no caso do corte das árvores.

No que concerne à desmatação, o corte pode ser realizado manualmente ou mecanicamente. O corte manual é realizado com recurso a motorroçadores, enxadas, roçadores, etc., não havendo grandes limitações quanto às condições em que pode ser realizado. O corte mecânico é efectuado com corta-matos, que funcionam acoplados a “tractores borracheiros”. Estes equipamentos só podem trabalhar até um declive máximo de 25 %. A recheia, que consiste no amontoar ou juntar do mato em cordões ou montes para posteriormente facilitar a sua colheita, é realizada com recurso a um tractor de lagartas, equipado com um ancinho no lugar da pá frontal e que por arraste realizará esta operação. A colheita pode ser realizada por três tipos diferentes de equipamento: tractor com reboque e grua, camião de tracção com grua, estilhaçador móvel (EDP 2006).

No que concerne à desarborização, o corte pode ser manual ou mecânico. O corte manual é realizado com recurso a motosserras e não possui limitações ao nível do declive e/ou presença de obstáculos. O corte mecânico é realizado com recurso a máquinas multifunções – os harvesters, que são máquinas especialmente preparadas para operar na floresta, mas que não conseguem trabalhar acima dos 25 % de declive. A recheia pode ser realizada através de diferentes sistemas, consoante as condições de declive: tractor com guincho – em zonas de declive acima dos 35 %, pois trata-se de um sistema pouco eficiente, com uma componente manual muito grande; tractor com reboque e grua – até 30 % de declive; skidder – em zonas de declive superior a 25 %, já que realiza a recheia por arraste, não sendo por isso o mais indicado para zonas planas onde haja necessidade de percorrer grandes distâncias; forwarder – até declives da ordem dos 30 %; camião de tracção com grua – até declives de 30 % (EDP 2006).

Tanto ao nível da desmatação como desarborização, o material estilhado é transportado para um carregadouro, que é um local de carga ou descarga que os camiões normais podem aceder (EDP 2006).

A quantidade de madeira que é retirada por hectare de área desmatada varia consideravelmente consoante o coberto vegetal existente.

Não existindo informações específicas da área do AHBS, utiliza-se a título de pressupos, o referido no documento O SIG e a Exploração Florestal - Empreitada de Desmatação e Desarborização da Albufeira da Barragem do Alqueva (Calçada, et al. s.d.) relativo ao Alqueva. Segundo este documento, a área a desmatar foi calculada em 24200 hectares, enquanto a quantidade total estimada de material a retirar ascendia a 215.000 toneladas, valor que inclui mato, rama e madeira, o que resulta no valor médio de 8,88 toneladas/ha.

De referir por último que a destruição do coberto vegetal também origina que se diminua a capacidade do ecossistema para absorver dióxido de carbono da atmosfera, pelo que este impacto deve ser tido em conta, até porque um aproveitamento hidroeléctrico tem um tempo de vida bastante elevado, pelo que a magnitude do desaparecimento dos ecossistemas pode ser elevado.

Tabela 0.28 - Dados de inventário: AHBS, Desmatamento e desarboreização

Processo:		AHBS, Desmatamento e desarboreização		
Fluxo de referência:		1 ha		
Fontes e procedimentos de cálculo:		Pressupostos para a avaliação de impactos, sem dados específicos do AHBS, excepto destino da madeira.		
Lacunas de informação, limitações:		Recursos ligados à aplicação não considerados. Estilhaçamento e transportes internos não considerados. Simplificação das operações de corte. Considera-se a valorização da madeira cortada, que é feita nas centrais de biomassa. Para o efeito, considerou-se que as madeiras seriam encaminhadas para a central de Mortágua, da EDP		
Tipo	Material/Substância/Processo	Quant.	Unid.	Observações
Inputs	Madeira retirada	8,88	t	
	Corte	8,88	t	
	Madeira (transporte)	1510	tkm	Para a central de Mortágua da EDP (170 km)
Outputs	Madeira incinerada	8,88	t	

Consumos e emissões associados ao estaleiro

No que respeita aos consumos associados aos estaleiros das obras de construção do AHBS, consideraram-se as estimativas de consumo até à conclusão das obras, que foram fornecidas pela EDP. Deste modo, consideraram-se os seguintes consumos:

Tabela 0.29 - Dados de inventário: AHBS, Consumos associados aos estaleiros

Processos:		AHBS, Consumos associados aos estaleiros		
Fluxo de referência:		Tempo de vida do AHBS (75 anos) – Diz respeito à fase de construção		
Fontes e procedimentos de cálculo:		Dados fornecidos pela EDP.		
Lacunas de informação, limitações:		Apenas consumos de energia (electricidade e gasóleo). Outros recursos não considerados		
Tipo	Material/Substância/ Processo	Quant.	Unid.	Observações
Inputs	Gasóleo	1178000	L	Assumiu-se uma densidade de 0,85.
	Electricidade	7,13	GWh	fabrico do betão
	Electricidade	7,48	GWh	britagem
	Electricidade	3,97	GWh	blondins
	Electricidade	8,67	GWh	outros consumos

Transportes de equipamentos e materiais

Transportes rodoviários

O impacto ambiental do transporte de mercadorias através de rodovia deve-se sobretudo às emissões originadas pela combustão de gasóleo. Para limitar esse impacto, a União Europeia introduziu normas de emissão para veículos ao longo dos anos, denominadas normas EURO, de modo a promover a inovação tecnológica no sector e reduzir a emissão de poluentes para a atmosfera. Na tabela seguinte apresentam-se as normas de emissão para veículos de transporte de mercadorias a gasóleo.

Tabela 0.30 - Normas de emissão para veículos de transporte de mercadorias a gasóleo

Normas de Emissão	Ano	Unidade	CO	HC	NO _x	PM
Euro 0	1990	g/kWh	11,20	2,40	14,40	—
Euro I	1993	g/kWh	4,50	1,10	8,00	0,36
Euro II	1996	g/kWh	4,00	1,10	7,00	0,15
Euro III	2001	g/kWh	2,10	0,66	5,00	0,10
Euro IV	2005	g/kWh	1,50	0,46	3,50	0,02
Euro V	2008	g/kWh	1,50	0,46	2,00	0,02

Fonte: (Technical University of Denmark 2010)

Neste contexto, fica patente que as emissões de poluentes atmosféricos decorrentes do transporte de mercadorias rodoviárias dependem não só das condições em que esse transporte é efectuado (e.g. peso transportado, load factor, distância percorrida, etc.), mas igualmente da idade dos camiões utilizados (factor tecnológico).

No decorrer do estudo modelaram-se os impactes dos transportes de materiais/equipamentos de acordo com as condições verificadas ou estimadas para cada processo unitário, que influem nas emissões geradas, utilizando para o efeito os processos unitários definidos na base de dados Ecoinvent 2.2.

Tabela 0.31 - Distâncias consideradas para o transporte de mercadorias até ao AHBS

País/região	Local	Distância (km)
Portugal	Porto	200
	Alfena	200
Eslováquia	Brezno	3000
Hungria	Budapeste	2880
Espanha	Gometegui	636
	Beasain	650
	(sem indicação)	650
Eslóvenia	(sem indicação)	2280
Alemanha	(sem indicação)	2500
Polónia	Gdansk	3050
Europa Central	(sem indicação)	2500
Europa	(sem indicação)	2500
Áustria	Weiz	2500
	(sem indicação)	2500
Itália	(sem indicação)	1800

Tipos de camião considerados:

Transporte de equipamentos de grandes dimensões ou peso:

Transporte Lorry > 32 t/RER (EURO 4)

Outros transportes de componentes dos equipamentos

Transporte Lorry 16-32 t/RER (EURO 4)

Transporte de pequenos componentes

Transport, lorry 3.5-16t, fleet average/RER U

Não foram efectuadas correcções tendo em conta o factor de carga, tendo em conta que os dados existentes que são genéricos.

Transporte marítimo

O transporte marítimo é pouco utilizado para o transporte dos materiais e equipamentos para o AHBS. Quando necessário, modelou-se a utilização deste tipo de transporte com base no processo "Transport, barge/RER U" da base de dados Ecoinvent 2.2.

Fase de operação

Produção e consumo de electricidade em bombagem pelo AHBS

Modelos IST (BAU, BAU low carbon e SIH)

Os dados de base utilizados para a modelação dos cenários de referência BAU, BAU low carbon e SIH estão discriminados no documento específico do IST que complementa o presente relatório, intitulado de “Relatório final sobre a modelação das emissões evitadas pela produção e armazenamento de energia eléctrica através do aproveitamento hídrico do Baixo Sabor” (Ferrão, et al. 2011).

Os cenários de referência para avaliação de impactes BAU e BAU low carbon, que avaliam o AHBS segundo a estratégia actual para o SEN, foram construídos com base nos cenários energéticos: Base vs. Base – BS presentes no referido documento, sendo que o BAU low carbon pressupõe uma maior penetração das energias renováveis no futuro.

O cenário de referência para avaliação de impactes SIH, avalia o AHBS à data da tomada de decisão de construir o AHBS e foi construído com base nos cenários energéticos: Base - SIH vs Base – SIH + BS.

Nos parágrafos seguintes apresentam-se os dados mais importantes que caracterizam os vários cenários, bem como as tecnologias de produção de electricidade que lhes estão associadas.

Resumo do balanço energético estimado para a fase de operação do AHBS

Para efeito do cálculo da energia que é produzida no AHBS proveniente de água de jusante (bombagem), considerou-se uma eficiência de conversão de energia de 0,93 (bombagem) e 0,87 (turbinagem). Para efeito do cálculo na energia produzida com base em água do Rio Sabor proveniente de montante, considerou-se apenas a eficiência de turbinagem referida anteriormente. A nível de produção, dado que a unidade funcional do estudo é **“1 GWh de energia eléctrica injectada na Rede Eléctrica Nacional (REN) em alta tensão”**, não se consideraram perdas de transporte e distribuição da energia produzida pelo AHBS. No entanto, a nível do consumo de energia em bombagem, consideraram-se perdas relacionadas com o transporte de electricidade em alta tensão, desde o local onde esta é produzida (termoeléctrica, central eólica, etc.) até ao AHBS.

Para este efeito, com base em dados da REN existentes no site da ERSE, considerou-se uma perda média de transporte de 1,17%, conforme explicado posteriormente, que corresponde à média das perdas calculadas no período 2005-2009 para Portugal (ERSE 2010), o que significa portanto que em cada cenário, para satisfazer o consumo de electricidade dos grupos reversíveis do AHBS, é necessário uma produção de electricidade superior à referenciada na tabela anterior.

Em termos dos mix de produção evitada e origem da energia consumida em bombagem, estes foram calculados tendo por base os resultados de cada cenário energético (ver tabela seguinte).

Tabela 0.32 - Resumo do balanço energético da fase de operação do AHBS, segundo os cenários BAU, BAU low carbon e SIH

Tipo de parâmetro	Parâmetro	BAU Cenário de referência	BAU low carbon Cenário de referência	SIH Cenário de referência	
Produção de electricidade	Produção total (GWh)	30497 GWh	30497 GWh	36468 GWh	
	Mix de substituição (%)	Térmica a Carvão	29,81%	4,04%	24,57%
		Térmica a Gás Natural	27,65%	28,62%	37,44%
		Importações	12,73%	43,88%	17,43%
		Térmica a Carvão com CCS	29,81%	23,46%	20,56%
Consumo de electricidade	Consumo total da bombagem (GWh)	17374 GWh	17374 GWh	24610 GWh	
	Mix de bombagem (%)	Térmica a Carvão	7,22%	0,07%	7,37%
		Térmica a Gás Natural	4,51%	7,37%	4,31%
		Hidroeléctrica, com reservatório	3,74%	5,01%	2,36%
		Hidroeléctrica, fio de água	6,90%	9,38%	4,22%
		Importações	6,62%	17,05%	6,42%
		PRE Térmica	20,18%	19,07%	21,59%
		PRE Hidroeléctrica	2,62%	2,29%	3,10%
		PRE Eólica	35,40%	35,32%	36,02%
		PRE Fotovoltaica	4,45%	4,44%	4,72%
		Térmica a Carvão com CCS	8,35%	-	9,88%

Características das tecnologias utilizadas

No que concerne às tecnologias utilizadas, na tabela seguinte apresenta-se algumas das principais características.

Tabela 0.33 - Dados de inventário: Principais características das tecnologias de produção de electricidade consideradas nos cenários BAU, BAU low carbon e SIH

Tecnologia de produção de electricidade	Eficiência de conversão (Ef/Ep fóssil)	Emissões directas de CO ₂ (g/kWh)	Total de emissões de CO ₂ (g/kWh)	Emissões directas de GEE (g/kWh)	Total de emissões de GEE (g/kWh)	Observações relativas à modelação realizada
Térmica a Carvão	38,38%	888	943	892	967	Eficiência: Com base em dados de exploração da Sines (2008-2010) (EDP 2011). CO ₂ e outros poluentes: Com base em dados de exploração da Sines (2008-2010 para CO ₂ e 2007-2010 para outros poluentes em que existem dados) e no processo "hard coal, burned in power plant/PT", da base de dados Ecoinvent 2.2
Térmica a Gás Natural	54,86%	368	417	371	446	Eficiência: Com base em dados de exploração do Ribatejo (2008-2010) (EDP 2011). CO ₂ e outros poluentes: Com base em dados de exploração da Ribatejo (2008-2010 para CO ₂ e 2007-2010 para outros poluentes em que existem dados) e no processo "natural gas, burned in power plant/UCTE", da base de dados Ecoinvent 2.2
Hidroeléctrica, com reservatório	-	0	5	6	12	Com base no processo "electricity, hydropower, at reservoir power plant, non alpine regions/RER" da Ecoinvent 2.2
Hidroeléctrica, fio de água	-	0	4	0	4	Com base no processo "electricity, hydropower, at run-of-river power plant/RER" da Ecoinvent 2.2
Importações	-	-	261	-	284	Com base no mix energético de Espanha segundo o baseline cenário para 2020 especificado em (Gomez, et al. 2011). Para caracterizar cada tecnologia, utilizaram-se os processos da base de dados Ecoinvent 2.2, numa lógica semelhante à utilizada para os processos nacionais. Ver igualmente notas abaixo.
PRE Térmica	-	-	212	-	234	Processo modelado com base nos valores de 2009 da ERSE relativos à desagregação de cada tecnologia (gás natural, RSU, biomassa, etc.). Cenário conservador que não tem em conta a produção de calor em cogeração e sua utilização. Todos os impactes são "alocados" à produção de electricidade, excepto no caso da produção a partir do biogás, em que se alocou com base na exergia, mas o contributo desta tecnologia para o PRE térmico é praticamente desprezável. Ver notas em baixo.
PRE Hidroeléctrica	-	0	4	0	4	Com base no processo "electricity, hydropower, at run-of-river power plant/RER U" da Ecoinvent 2.2.
PRE Eólica	-	0	10	0	11	Com base no processo "electricity, at wind power plant /RER U" da Ecoinvent 2.2.
PRE Fotovoltaica	-	0	44	0	51	Com base no processo ""electricity, production mix fotovoltaic, at plant//PT U" da Ecoinvent 2.2.
Térmica a Carvão com CCS	35%	97	155	102	246	Modelação realizada com base em Com base em (Koornneef, et al. 2008), nos processos presentes da base de dados Ecoinvent 2.2, nomeadamente no processo "Hard coal, burned in power plant/PT" e ainda em alguns casos, nos dados da central de Sines (2008-2010). Foram considerados os seguintes aspectos referidos em Koornneef et al. (2008): <ul style="list-style-type: none"> Emissões directas de CO₂, NO_x, SO_x, partículas, HCl, HF e mercúrio com base em Koornneef et al. (2008). Dados relativos a infra-estrutura da central termoelectrica, de captura de carbono e de compressão, pipeline de transporte e unidade de injeção. Consumo de mnonothanolamina, hidróxido de sódio e carvão. A modelação realizada aproxima-se dos resultados de LCA de Koornneef et al. (2008) para os poluentes principais, nomeadamente na categoria de alterações climáticas. Por exemplo, a nível das emissões directas e totais de GEE, os valores estimados na modelação são 102 g/kWh e 246 g/kWh, contra 107 g/kWh e 243 g/kWh de Koornneef et al. (2008), respectivamente, sendo que ainda há a considerar que o método utilizado por Koornneef et al. (2008) (CML baseline 2000 V2.03) difere ligeiramente nesta categoria do método ReCiPe.

Notas: O total de emissões de CO₂ e GEE dizem respeito ao somatório das emissões directas e emissões indirectas.

No que concerne à PRE Térmica, consideraram-se os seguintes pressupostos:

- Foi calculado com base nos dados da ERSE relativos a 2009 para a Produção em Regime Especial (PRE). No que concerne às fontes térmicas identificadas (PRE térmico) a produção encontra-se assim desagregada:

Tabela 0.34 - Dados de inventário: Principais características das tecnologias de PRE térmicas consideradas nos cenários BAU, BAU low carbon e SIH

Desagregação térmica (GWh)	2007	2008	2009	Média ponderada dos 3 anos	Modelação realizada (fonte energética)	Obsevações relativas às tecnologias
Cog. Renováveis	28,79%	29,35%	25,9%	27,91%	Biomassa	Com base no processo "Processo baseado no processo "wood chips, burned in cogen 6400kWh/MJ/CH" e dados das centrais de Mortágua, Rodão, Figueira da Foz e Constância (2009-2010). Dados da EDP.
Outra Cogerações	59,80%	58,16%	60,2%	59,43%	Gás natural	Eficiência: Com base em dados Soporgen, Energin e Fisigen (2008-2010 - 31,69%). Baseado no processo "natural gas, burned in power plant/MJ/UCTE", com alterações em vários factores de emissão para reflectirem a realidade das centrais da Soporgen, Energin e Fisigen (2008-2010). Expansão das fronteiras do sistema para contemplar a produção de calor.
RSU	7,82%	8,53%	7,7%	7,99%	RSU	Com base no processo "Electricity from waste, at municipal waste incineration plant/CH U".
Biomassa	2,73%	2,82%	5,1%	3,62%	Biomassa	Com base no processo "Processo baseado no processo "wood chips, burned in cogen 6400kWh/MJ/CH" e dados das centrais de Mortágua, Rodão, Figueira da Foz e Constância (2009-2010). Dados da EDP (EDP 2011).
Biogás	0,86%	1,14%	1,2%	1,06%	Biogás	Electricity, biogas, allocation exergy, at micro gas turbine 100kWe/CH U. Alocação baseada na exergia.
Total PRE Térmica	100%	100%	100%	100%	-	

No que concerne à Térmica a Carvão com CCS, recorreu-se Koornneef et al. (2008) para estimar os impactes da utilização da tecnologia de CCS numa central a carvão (artigo "Life cycle assessment of a pulverized coal power plant with post-combustion capture, transport and storage of CO₂"). A modelação realizada aproxima-se dos resultados de LCAd Koornneef et al. (2008)

para os poluentes principais, nomeadamente na categoria de alterações climáticas. Por exemplo, a nível das emissões directas e totais de GEE, os valores estimados na modelação são 102 g/kWh e 246 g/kWh, contra 107 g/kWh e 243 g/kWh de Koornneef et al. (2008), respectivamente, sendo que ainda há a considerar que o método utilizado por Koornneef et al. (2008) (CML baseline 2000 V2.03) difere ligeiramente nesta categoria do método ReCiPe.

No que concerne à importação de energia eléctrica, à falta de melhor informação, consideraram-se os seguintes pressupostos:

- A importação de electricidade é feita a partir de Espanha.
- A importação de electricidade corresponderia ao mix eléctrico de Espanha.
- Como aproximação a um valor médio de mix energético de Espanha no tempo de vida do AHBS, considerou-se o baseline cenário para 2020 especificado em (Gomez, et al. 2011).
- Para caracterizar cada tecnologia, utilizaram-se os processos da base de dados Ecoinvent 2.2, numa lógica semelhante à utilizada para os processos nacionais.
- Considerou-se um maior nível de incerteza devido à falta de dados específicos.

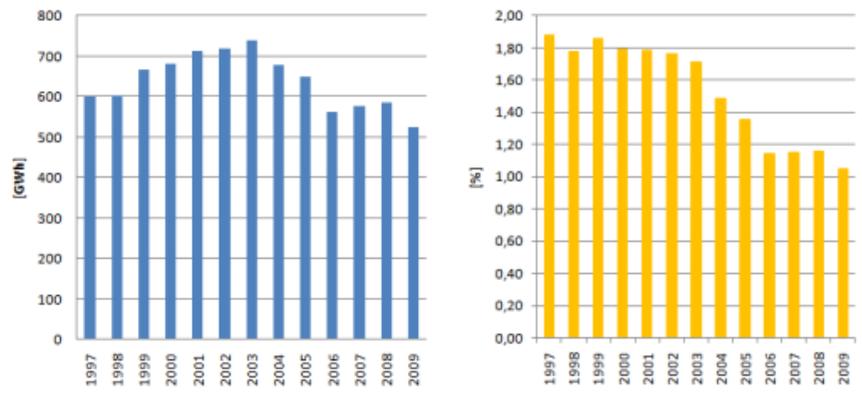
Outros aspectos a ter em conta no balanço energético do AHBS

Perdas associadas ao Transporte e Distribuição na REN. No âmbito da Rede Eléctrica Nacional (REN), as perdas associadas ao transporte de energia eléctrica (alta tensão) desde 1997 até 2009 apresentam-se na tabela e figura seguintes.

Perdas na rede de transporte
Transmission grid losses

	Perdas Losses (GWh)	Consumo referido à emissão <i>Total demand</i> (GWh)	Taxa de perdas <i>Losses rate</i> (%)
1997	601	31 946	1,88
1998	602	33 808	1,78
1999	665	35 803	1,86
2000	680	37 903	1,79
2001	713	40 015	1,78
2002	717	40 666	1,76
2003	738	43 060	1,71
2004	677	45 499	1,49
2005	648	47 942	1,35
2006	562	49 175	1,14
2007	577	50 062	1,15
2008	585	50 595	1,16
2009	523	49 865	1,05

Tabela 0.35 – Perdas na rede de transporte da REN (1997-2009).



Fonte - Source REN

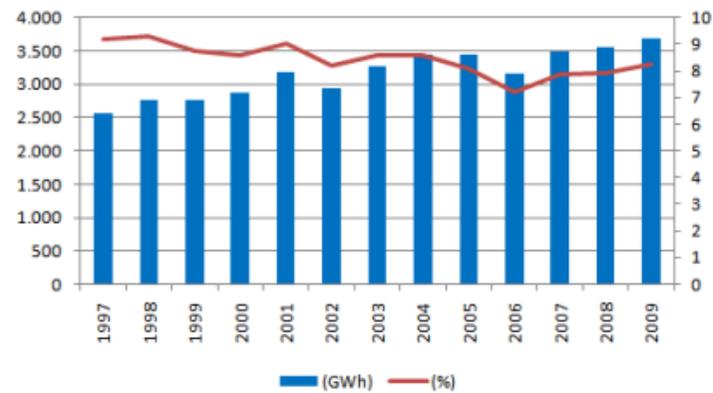
Figura 0.1 - Perdas na rede de transporte da REN (1997-2009).

Em termos da rede de distribuição, as perdas são superiores às perdas de transporte. Neste sentido, de seguinte apresentam-se as perdas associadas à distribuição de energia eléctrica na REN desde 1997.

Perdas na rede de distribuição
Distribution grid losses

	Perdas <i>Losses</i>	Fornecimentos energia eléctrica (exclui MAT) <i>Electricity supply (VHV excluded)</i>	Taxa de perdas <i>Losses rate</i>
	(GWh)	(GWh)	(%)
1997	2 570	28 032	9,2
1998	2 757	29 645	9,3
1999	2 756	31 538	8,7
2000	2 877	33 546	8,6
2001	3 191	35 248	9,1
2002	2 948	36 056	8,2
2003	3 258	37 842	8,6
2004	3 451	40 094	8,6
2005	3 437	42 483	8,1
2006	3 168	44 042	7,2
2007	3 498	44 481	7,9
2008	3 555	44 802	7,9
2009	3 683	44 608	8,3

Tabela 0.36 - Perdas na rede de distribuição em Portugal (1997-2009).



Fonte - Source: EDP e EDP Distribuição

Figura 0.2 - Perdas na rede de distribuição em Portugal (1997-2009).

Consumo eléctrico dos serviços auxiliares

Considerou-se na análise o consumo de electricidade para funcionamento dos serviços auxiliares do AHBS. À falta de dados do AHBS, considerou-se como aproximação os valores mensais obtidos nas barragens da Aguieira e Raiva, que têm características semelhantes ao AHBS. O valor médio ponderado pela produção destas duas barragens é de 0,52%, sendo que o valor médio por aproveitamento varia entre a Aguieira (0,36%) e Raiva (2,23%) (EDP Produção 2011).

Em termos do perfil de energia consumida, consideram-se os seguintes pressupostos:

- Cenário BAU – Mix médio estimado para os 75 anos de funcionamento do AHBS, segundo o modelo BAU desenvolvido pelo IST.
- Cenário SIH – Mix médio estimado para os 75 anos de funcionamento do AHBS, segundo o modelo SIH desenvolvido pelo IST.
- Cenário BAU low carbon – Devido à falta de dados, assumiu-se o perfil de bombagem do AHBS como sendo o mix médio de energia eléctrica do SEN ao longo do tempo de vida do AHBS (75 anos), por 1GWh de electricidade produzida, apesar de este facto introduzir erros dado que o perfil de consumo dos serviços auxiliares é diferente do perfil de bombagem.

Substituição de equipamentos electromecânicos e manutenção de infra-estruturas

Os dados relativos à substituição dos equipamentos electromecânicos são apresentados em conjunto no capítulo onde se descrevem os equipamentos utilizados no AHBS (EDP Produção 2011).

No que respeita à manutenção das infra-estruturas, segundo a EDP *“não foi possível estimar esta quantidade. Qualquer futura intervenção significativa no AHBS só se justificará na eventualidade de remodelações relacionadas com a segurança da obra ou com o reforço da capacidade produtiva deste empreendimento, situações altamente improváveis face aos critérios actualmente disponíveis”*. Desta forma, este aspecto não foi contemplado na análise.

Outros consumos na fase de operação

Para além do consumo de electricidade para bombagem e para o funcionamento dos serviços auxiliares e substituição de equipamentos, no que respeita a outros consumos na fase de exploração do AHBS considerou-se o consumo de óleos lubrificantes para substituição dos óleos utilizados nos transformadores, de gasóleo para motores de arranque e de baterias. Na tabela seguinte apresentam-se os dados considerados para efeitos de modelação.

Tabela 0.37 - Dados de inventário: AHBS, Consumíveis fase de operação

Processo:		AHBS, Consumíveis fase de operação		
Fluxo de referência:		75 anos do AHBS		
Fontes e procedimentos de cálculo:		Com base em dados da EDP (EDP Produção 2011) e alguns dados bibliográficos.		
Lacunas de informação, limitações:		<p>Dados relativos aos principais consumíveis directos da fase de operação do aproveitamento (excl. o consumo eléctrico para serviços auxiliares, já considerado anteriormente). Valores referentes ao tempo médio de vida do aproveitamento (75 anos).</p> <p>Estão considerados os consumos de óleos lubrificantes para transformadores, gasóleo para motores auxiliares e baterias para energia de reserva.</p> <p>Estão excluídas as emissões indirectas (e.g. consumo de gasóleo de viaturas usadas pelos colaboradores da EDP para manutenção dos equipamentos do AHBS) e ainda o consumo de betão para obras de beneficiação/manutenção das infra-estruturas do AHBS. Neste aspecto, segundo a EDP, qualquer futura intervenção significativa no AHBS só se justificará na eventualidade de remodelações relacionadas com a segurança da obra ou com o reforço da capacidade produtiva deste empreendimento, situações altamente improváveis face aos critérios actualmente disponíveis.</p>		
Tipo	Material/Substância/Processo	Quant.	Unid.	Observações
Inputs	Óleos lubrificantes	6,88E4	kg	Substituição de 20.600L ao fim de 20 anos, no total dos 2 escalões. Assumiu-se uma densidade de 0,89
	Gasóleo	5,74E4	kg	São consumidos 15L a cada 2 meses. Ou seja, 90 L/ano. Assumiu-se uma densidade de 0,85
	Baterias	2593,5	kg	Escalão de Montante (2478,6+115 kg)
	Baterias	2593,5	kg	Escalão de Jusante (2478,6+115 kg)
	Baterias	115	kg	POC do Escalão de Montante
	Baterias	115	kg	POC do Escalão de Jusante

Albufeiras (consumos e emissões)

Impactes ambientais considerados. A existência de albufeiras artificiais a montante das barragens, que tem como intuito o armazenamento de água para utilização posterior para produção de energia gera, pela sua natureza, impactes ambientais que devem ser contabilizados na ACV. Os impactes considerados no presente estudo dizem respeito a: emissão natural de gases com efeito de estufa resultante das condições anaérobicas na albufeira, uso do solo da albufeira (zona inundada), uso da água (para produção de energia) e transformação de energia potencial em energia cinética (com a resultante degradação energética). Neste sentido, nos próximos parágrafos apresentam-se os dados de inventário considerados na ACV, assim bem como os pressupostos assumidos.

Uso do solo. Os impactes a nível do uso do solo considerados dizem respeito à transformação de zonas naturais em albufeiras e zonas industriais (infra-estruturas).

Uso de água. Os impactes a nível da água dizem respeito ao consumo de água para efeitos de produção de energia eléctrica e criação de um reservatório (albufeiras).

Conversão de energia potencial em energia cinética. Devido à eficiência das turbinas ser menor que 1, existe energia potencial que é desperdiçada na forma de calor, pelo que considera-se este aspecto a nível da ACV.

Emissão de GEE. A criação de uma albufeira gera condições para que ocorram emissões de gases com efeito de estufa (GEE), nomeadamente de CO₂, CH₄ e N₂O (Dones, et al. 2007), devido à degradação anaeróbica de biomassa.

Os factores mais importantes que determinam as emissões de Gases com Efeito de Estufa (GEE) são a profundidade da albufeira (Fearnside 2008), o tipo de coberto vegetal preexistente aquando da inundação da albufeira, a matéria orgânica dissolvida transportada pelo rio e a temperatura (Pacca e Horvath 2002).

O cálculo de emissões de GEE pelas albufeiras é considerado um aspecto relevante a nível do ciclo de vida dos empreendimentos hidroeléctricos, sendo que é uma área de desenvolvimento científico dada a sua complexidade e dado o facto das emissões de GEE variarem fortemente de acordo com as características da albufeira e das condições locais. Por exemplo, as emissões de GEE em albufeiras tropicais onde não ocorre a remoção do coberto vegetal são muito superiores a albufeiras equivalentes situadas em países com clima mais amenos e onde ocorre desmatagem e desarborização antes da constituição da albufeira (ver por exemplo Fearnside (2008) e Delsontro, et al. (2010)).

Neste sentido, a United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), em conjunto com o International Hydrological Programme (IHP), lançou um projecto de investigação científica, intitulado “UNESCO/IHA Greenhouse Gas (GHG) Research Project”, com o objectivo de aumentar o conhecimento científico sobre este assunto, de modo a reduzir a incerteza relacionada com o cálculo das emissões de GEE originadas pelo desenvolvimento de projectos hidroeléctricos. No entanto, o projecto da UNESCO/IHA é recente, pelo que à data ainda não existem muitos resultados publicados, sendo que em Março de 2011, o último deliverable existente é referente à metodologia que deve ser seguida para quantificar as emissões de GEE associadas aos reservatórios de água doce (UNESCO/IHA 2009).

Dado que não existam actualmente dados que permitam modelar as emissões de GEE pelas albufeiras do AHBS, para efeitos de ACV, de modo a avaliar a importância que estas emissões podem ter para o impacto ambiental no ciclo de vida do aproveitamento, é necessário recorrer a informação bibliográfica. Alguns valores de literatura relativos a emissões de GEE em condições típicas europeias estão presentes na tabela seguinte, sendo que fica patente a diversidade de valores apresentados:

Tabela 0.38 - Estimativas bibliográficas de emissões de GEE por albufeiras e outros volumes de água

Fonte	Características	GEE pathway	CO2 (g/m ² .ano)	CH4 (g/m ² .ano)	N2O (g/m ² .ano)
(Dones, et al. 2007).	Barragem com reservatório, condições Suíças			4,09	0,02
	Barragem com reservatório, condições Finlandesas			41,81	
	Barragem com reservatório, região alpina, RER			4,09	0,02
	Barragem com reservatório, região não alpina, RER			8,36	
(Delsonro, et al. 2010)	Barragem do Lake Wohlen, Suíça			> 54,8	
(Saarnio, Winiwarter and Leitão 2009)	Pequeno lago natural			6 (0,1 a 23)	
	Grande lago natural			4 (0,1 a 8)	
	Rio			2 (0,001 a 10)	
(UNESCO/IHA 2009).	Zona Boreal e temperada	Fluxo difusivo	(- 369,38 a 2329)	(-1,75 a 46,72)	
		Bubbling	0	(0 a 105)	
		Degassing	-1,61	n.a.	

Nota: Entre parênteses apresenta-se o intervalo de medidas/estimativas existentes. O valor médio ou indicativo é apresentado isoladamente. Valores de Dones et al. 2007 foram calculados com base nas características das albufeiras em termos de área e produção de energia, bem como no valor indicado de emissão de cada substância por kWh.

Neste contexto, na tabela seguinte apresenta-se os processopostos utilizados para a contabilização do consumo de recursos e emissões relacionadas com a albufeiras do AHBS, incluindo o cálculo das emissões de gases com efeito de estufa para o cenário de referência BAU. Os processos modelados para os restantes cenários seguiram os mesmos pressupostos.

Tabela 0.39 - Dados de inventário: AHBS, BAU - Albufeira (emissões e consumos)

Processo:		AHBS, BAU - Albufeira (emissões e consumos)		
Fluxo de referência:		1 GWh		
Fontes e procedimentos de cálculo:		Com base em dados da EDP e alguns dados bibliográficos.		
Lacunas de informação, limitações:		Consideraram-se as emissões de CH4 potenciais pela criação das albufeiras, a transformação do uso do solo, a ocupação do solo, o consumo de água e o volume de água retido nas albufeiras e ainda a transformação de energia potencial.		
Tipo	Material/Substância/Processo	Quant.	Unid.	Observações
Inputs	Alteração do uso do solo – albufeiras	990	m ²	Albufeiras do escalão de montante e jusante (3020 ha - NPA).
	Alteração do uso do solo – escalões	-	m ²	Não considerado. A area ocupada face às albufeiras é pequena.
	Ocupação do solo	7,43E4	m ² .ano	Com base na area ocupada e no tempo de vida do projecto (75 anos)
	Energia potencial transformada	4,14	TJ	Com base no rendimento médio das turbinas do EJ e EM
	Ocupação de volume do reservatório	4,7E5	m ³ .ano	Considerando a energia produzida num ano e o volume útil das albufeiras (178 + 13 hm ³)
	Consumo de água para produção de energia	3,52E6	m ³	Com base na fórmula $E = \mu mgh$
Outputs	Metano, biogénico	621	kg	Assumiu-se o valor indicativo para uma Barragem com reservatório, região não alpina, RER (Dones, et al. 2007)

Anexo C.

Metodologias de Avaliação de Impactes no Ciclo de Vida (AICV)

ReCiPe

Metodologia de avaliação de impactes

A fase de Avaliação de Impactes no Ciclo de Vida (AICV), tal como descrita na NP EN ISO 14040:2008 (2006), destina-se a avaliar a significância dos impactes ambientais potenciais, utilizando os resultados do Inventário de Ciclo de Vida (ICV). De um modo geral, este processo envolve a associação dos dados do ICV a categorias específicas de impacte ambiental e a indicadores de categoria, tentando-se assim compreender estes impactes. A fase de AICV fornece ainda informação para a fase de interpretação do ciclo de vida.

O ReCiPe constitui uma das metodologias existentes para realização de AICV (Goedkoop, et al. 2009), tendo sido desenvolvida a partir dos métodos já existentes, CML 2001 (midpoint) e Eco-indicator 99 (endpoint), que foi publicado mais recentemente, em 2009. Os principais contributos para o método, e a origem do nome, foram dados por: RIVM and Radboud University, CML, and Pré.

O primeiro objectivo do método ReCiPe é reduzir a longa lista de resultados do ICV, a uma lista limitada de indicadores de categoria. Estes indicadores expressam magnitude em determinadas categorias de impacte ambiental. Neste método existem dois níveis de indicadores de categoria: indicadores *midpoint* e indicadores *endpoint*.

O ReCiPe usa os processos ambientais como base para a modelação (Goedkoop, et al. 2009). Os processos ambientais podem ser vistos como uma série de eventos em cadeia que, em conjunto, dão origem a um efeito com certo grau de impacte. Por exemplo: algumas substâncias emitidas para a atmosfera apresentam efeito de estufa, tendo em conta que esse efeito difere de substância para substância, para se poder calcular o efeito cumulativo de um inventário de emissões de GEE, são definidos factores de caracterização, que representam o potencial de efeito de estufa de cada substância, factores esses que permitem obter um indicador final. O indicador obtido, que expressa um efeito global, com um grau de incerteza reduzido, é denominado de indicador *midpoint*.

Na seqüência de eventos em cadeia podem ainda considerar-se vários efeitos nocivos para o ambiente, como a destruição de ecossistemas, extinção de espécies, como também o impacte na saúde humana e nos recursos naturais. A estes eventos posteriores está associado um maior grau de incerteza e designam-se por indicadores *endpoint*.

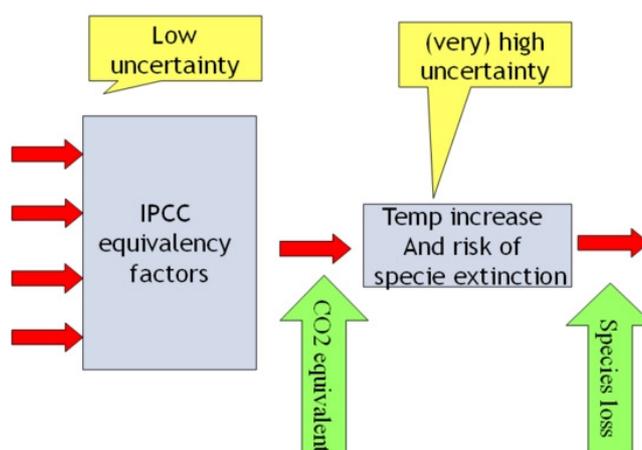


Figura 0.1 - Indicadores midpoint e endpoint

Assim, o ReCiPe propõe o método de avaliação de impactes ambientais no ciclo de vida que é ilustrado pela seguinte figura.

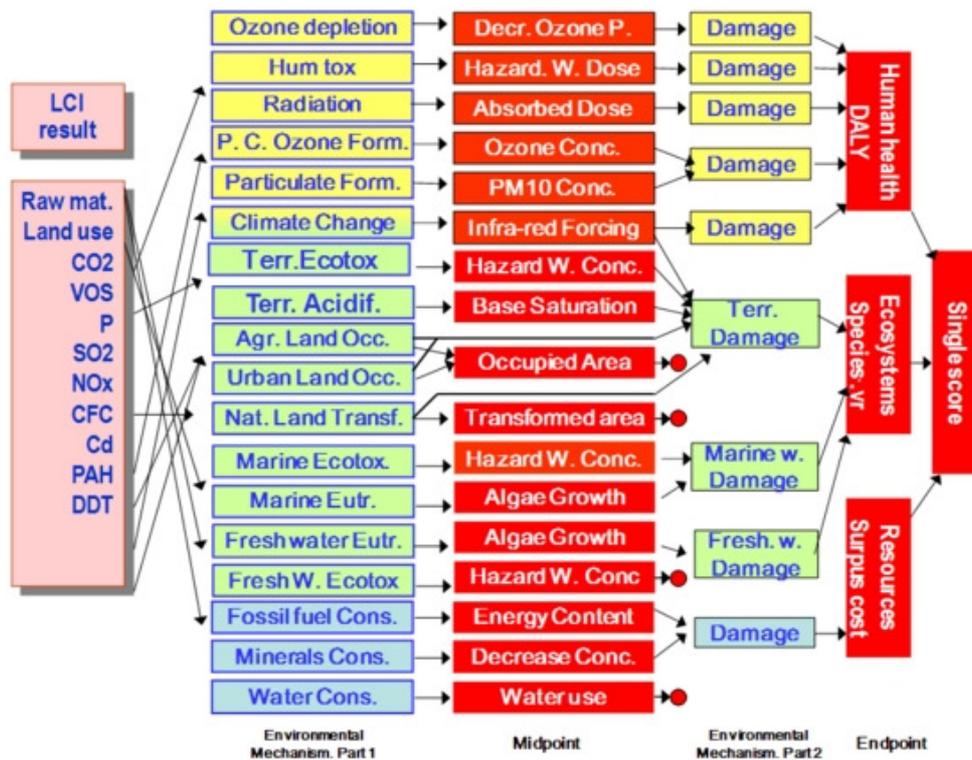


Figura 0.2 - Método de avaliação de impactes ReCiPe

Categorias de Impacte Ambiental

As várias categorias de impactes consideradas no método são descritas em Goedkoop et al. (2009). As categorias de impactes são definidas de acordo com os impactes directos do ICV, no caso de *midpoint*, e são orientadas para um indicador que permita a abordagem de *endpoint*. Para o efeito, o método ReCiPe considera factores de caracterização que possibilitam a representação do efeito de uma dada substância emitida no ciclo de vida sobre uma dada categoria de impacte e resultando num indicador intermédio ou *midpoint*. Com esse indicador *midpoint*, o método ainda pode conduzir ao cálculo de categorias de impacte ambiental de *endpoint*.

Na seguinte tabela são descritas sucintamente as categorias de impacte consideradas pelo método como *midpoint*, bem como o seu indicador final e os factores de caracterização utilizados.

Tabela 0.1 - Categorias de impacto *midpoint* do método ReCiPe

Categoria de impacto ambiental	Indicador [unidades]	Factor de caracterização [unidades]
Alterações climáticas (AC)	Infra-red radiative forcing [W. ano/m ²]	Potencial de aquecimento global (GWP) [kg CO ₂ equivalente]
Depleção da camada de ozono (DCO)	Concentração de ozono estratosférico [ppt. ano]*	Potencial de destruição do ozono estratosférico (ODP) [kg CFC – 11 equivalente]
Acidificação terrestre (AT)	Saturação por bases [ano. m ²]	Potencial de acidificação terrestre (TAP) [kg SO ₂ equivalente]
Eutrofização de águas doces (EAD)	Concentração de fósforo [ano. kg/m ³]	Freshwater eutrophication potential (FEP) [kg P equivalente]
Eutrofização marinha (EM)	Concentração em azoto [ano. kg/m ³]	Potencial de eutrofização marinha (MEP) [kg N equivalente]
Toxicidade humana (TH)	Hazard-weighted dose [-]	Potencial de toxicidade humana (HTP) [kg 14DCB equivalente]
Formação de oxidantes fotoquímicos (FOF)	Concentração de ozono fotoquímico [kg]	Potencial de formação de ozono fotoquímico (POFP) [kg NMVOC equivalente]
Formação de partículas atmosféricas (FPA)	Formação de PM ₁₀ [kg]	Potencial de formação de partículas (PMFP) [kg PM ₁₀ equivalente]
Ecotoxicidade terrestre (ET)	Hazard-weighted concentration [m ² . ano]	Potencial de ecotoxicidade terrestre (TETP) [kg 14DCB equivalente]
Ecotoxicidade de águas doces (EcAD)	Hazard-weighted concentration [m ² . ano]	Freshwater ecotoxicity potencial (TETP) [kg 14DCB equivalente]
Ecotoxicidade Marinha (EcM)	Hazard-weighted concentration [m ² . ano]	Potencial de ecotoxicidade marinha (TETP) [kg 14DCB equivalente]
Radiação ionizante (RI)	Dose absorvida [man. Sv]	Potencial de radiação ionizante [kg U ²³⁵ equivalente]
Ocupação de solos agrícolas (OSA)	Ocupação [m ² . ano]	Potencial de ocupação de solo agrícola [m ² . ano]
Urban land occupation Ocupação de solos urbanos (OSU)	Ocupação [m ² . ano]	Potencial de ocupação de solo urbano [m ² . ano]
Transformação de solos naturais (TSN)	Transformação [m ²]	Potencial de transformação de solo natural [m ²]
Depleção de recursos hídricos (DRH)	Volume de água [m ³]	Potencial de depleção dos recursos hídricos [m ³]
Depleção de recursos metálicos (DRM)	Grade decrease [kg ⁻¹]	Potencial de depleção dos recursos minerais [kg Fe]
Depleção de combustíveis fósseis (DCF)	Depleção dos combustíveis fósseis [MJ]	Potencial de depleção dos combustíveis fósseis [kg crude]

* A unidade de ppt refere-se a equivalentes de Cloro.

* A referência de extração de crude é "oil, crude, feedstock, 42 MJ per kg, in ground".

As categorias de impactes ambientais consideradas pelo método como *endpoint*, são descritas sucintamente na tabela seguinte, bem como os indicadores.

Tabela 0.2 - Categorias de impacte *endpoint* do método ReCiPe

Categoria de impacte ambiental	Descrição	Indicador [unidades]
Danos para a vida humana (DVH)	Diminuição da qualidade de vida humana, medida pela perda de anos de vida e a perda de anos por incapacidade.	Perda de anos de vida [ano]
Danos para a diversidade dos ecossistemas (DDE)	Destruição da qualidade dos ecossistemas, medida pela diminuição da diversidade de espécies.	Perda de espécies por ano [ano]
Danos para a disponibilidade de recursos (DDR)	Diminuição da disponibilidade de recursos naturais, medida pelo aumento do custo dos recursos naturais.	Aumento do custo [\$]

Ligação entre indicadores *midpoint* e *endpoint*

O principal objectivo do método ReCiPe foi alinhar dois métodos com características de *midpoint* e *endpoint* num só: o método orientado para indicadores *midpoint*, CML 2002; e o método *endpoint*, Eco-indicador 99.

Na tabela seguinte encontram-se as ligações identificadas entre as categorias de impacte *midpoint* e as 3 categorias de impacte *endpoint*. Nem todas as ligações foram estabelecidas devido a não existir ainda definidas as relações quantitativas entre elas.

Tabela 0.3 - Ligações entre as categorias de impacte *midpoint* e as categorias de impacte *endpoint*

Categorias de impacte <i>midpoint</i>		Categorias de impacte <i>endpoint</i> *		
Nome	Abreviatura	DVH	DDE	DDR
Alterações climáticas	AC	+	+	
Depleção da camada de ozono	DCO	+	-	
Toxicidade humana	TH		+	
Formação de oxidantes fotoquímicos	FOF		+	
Formação de partículas atmosféricas	FPA		-	
Radiação ionizante	RI	+		
Acidificação terrestre	AT	+	-	
Eutrofização de águas doces	EAD	+		
Eutrofização marinha	EM		+	
Ecotoxicidade terrestre	ET		+	
Ecotoxicidade de águas doces	EcAD		+	
Ecotoxicidade marinha	EcM	+		
Ocupação de solos agrícolas	OSA		+	-
Ocupação de solos urbanos	OSU		+	-
Transformação de solos naturais	TSN		+	-
Depleção de recursos hídricos	DRH			-
Depleção de recursos metálicos	DRM			+
Depleção de combustíveis fósseis	DCF			+

* - Legenda: Assinaladas com "+" são as categorias *midpoint* que contribuem para o cálculo das categorias *endpoint*. Assinaladas com "-" são as categorias *midpoint* identificadas como contributo para a categoria *endpoint* mas sem relação quantitativa definida.

Num primeiro passo do método ReCiPe é realizada a ligação entre os resultados da fase de inventário de ciclo de vida com as várias categorias de impacte *midpoint*. Num segundo passo, é realizada a ligação entre as categorias *midpoint* e *endpoint*, que foram estabelecidas pelo método.

Nem todas as categorias dão continuidade a estes procedimentos de cálculo, por questões relacionadas com falta de conhecimento ou de dados. Por exemplo: as categorias de *eutrofização marinha* e *depleção de recursos hídricos* não contribuem para um indicador *endpoint*.

Para lidar com alguma incerteza e pressupostos assumidos pelo método ReCiPe, foram definidas 3 perspectivas, ou cenários diferenciados pelos factores de caracterização usados na relação dos indicadores *midpoint* com os indicadores *endpoint*. De acordo com o âmbito e pressupostos assumidos durante a condução do estudo de ACV, podem ser interpretados os resultados segundo as perspectivas seguintes:

- Individualista (I) – Baseada no interesse a curto espaço de tempo, optimismo tecnológico e adaptação humana;
- Hierárquica (H) – Baseada nos princípios e políticas comuns;
- Igualitária (E) – Baseada numa perspectiva de precaução, considerando os impactes a longo prazo que, embora não haja um conhecimento concreto, existem indicadores observáveis.

Como exemplo, para um cenário individualista e na categoria de impactes *midpoint* é considerado um horizonte temporal de 20 anos. Para a perspectiva hierárquica considera-se um horizonte temporal de 100 anos, enquanto que para a perspectiva igualitária é de 500 anos.

Indicadores Midpoint

A obtenção de um indicador midpoint de uma categoria de impacte é feita à custa da relação entre os resultados do inventário e a caracterização em cada categoria de impacte. Através de factores de caracterização torna-se possível chegar a um indicador de categoria de impacte ambiental *midpoint*, calculado através da seguinte expressão:

$$I_m = \sum_i Q_{mi} \cdot m_i$$

Onde:

m_i , é a magnitude de um dado resultado da fase de ICV;

Q_{mi} , é o factor de caracterização de i para uma categoria m ;

I_m , é o resultado obtido para a categoria m ;

A exposição de todos os factores de caracterização para os possíveis resultados da fase de ICV seria exaustiva e desnecessária, apresentam-se por isso alguns factores [ReCiPe, 2008] para algumas categorias de impacte ambiental que se destacam pela sua relevância para o estudo.

Tabela 0.4 - Factores de caracterização para algumas categorias de impacte ambiental

Nome	Factores de caracterização para categorias de impacte ambiental <i>midpoint</i>					
	CC (horizonte temporal de 20 anos)	DCO	TH	OSA	DRH	DRM
Dióxido de carbono	1 [kg CO ₂ /kg CO ₂]					
Metano biogénico	72 [kg CO ₂ /kg Metano]					
Metano bromodifluorado	1380 [kg CO ₂ /kg Metano]	1,4 [kg CFC-11/kg Metano]				
Dioxina			4,200E-01 [kg Dioxina/kg Dioxina]			
Ocupação solo florestal				1 [m ² .ano/m ² .ano]		
Água do lago					1 [m ³ /m ³]	
Ferro						1 [kg Fe/ kg Fe]
Alumínio						0,09 [kg Fe/ kg Al]

Indicadores *Endpoint*

A conversão de um resultado do ICV para um indicador *midpoint* e por sua vez num indicador *endpoint* associado é realizada à custa de factores de caracterização. Desta forma, é necessário contabilizar dois efeitos, e como tal, dois níveis de factores de caracterização. Por um lado há um contributo óbvio do resultado de cada indicador *midpoint*, como já foi referido anteriormente, e que é calculado de forma análoga aos indicadores *midpoint*, por outro há que considerar tudo o que diz respeito ao efeito directo que um dado evento de inventário tem nas categorias de impacte ambiental *endpoint*.

O segundo nível de caracterização do indicador *endpoint*, é feito por um factor de caracterização combinado que é descrito pela seguinte expressão:

$$Q_{ei} = \sum_m Q_{em} \cdot Q_{mi}$$

Onde:

i , é um dado resultado da fase de ICV (emissão, exploração, uso do solo);

m , é a categoria de impacte *midpoint*;

Q_{mi} , é o factor de caracterização de i para uma categoria m ;

Q_{em} , é o factor de caracterização da categoria m para a categoria *endpoint* e ; e

Q_{ei} , é o factor de caracterização de i para uma *endpoint* e .

Como resultado central do método ReCiPe, apresentam-se os factores de caracterização que relacionam as categorias *midpoint* com as categorias *endpoint*. São apresentados diferentes valores em função de diferentes perspectivas ou cenários que foram abordados anteriormente.

Tabela 0.5 - Factores de caracterização para algumas categorias de impacte ambiental

Categorias de impacte midpoint		Categorias de impacte endpoint*		
Abreviatura	Unidade	HH (anos)	ED (anos)	RA (\$/anos)
AC	[kg CO ₂ equivalente]	1,19x10 ⁻⁶ (I) 1,4x10 ⁻⁶ (H) 3m51x10 ⁻⁶ (E)	8,73x10 ⁻⁶ (I+H) 18,8x10 ⁻⁶ (E)	0
DCO	[kg CFC – 11 equivalente]	[diferentes valores para diferentes substâncias OD]	0	0
TH	[kg SO ₂ equivalente]	0	1,52x10 ⁻⁹ (I) 5,8x10 ⁻⁹ (H) 14,2x10 ⁻⁹ (E)	0
FOF	[kg P equivalente]	0	4,44x10 ⁻⁸	0
FPA	[kg N equivalente]	0	0	0
RI	[kg 14DCB equivalente]	7,0x10 ⁻⁷	0	0
AT	[kg NMVOC equivalente]	3,9x10 ⁻⁸	0	0
EAD	[kg PM ₁₀ equivalente]	2,6x10 ⁻⁴	0	0
EM	[kg 14DCB equivalente]	0	1,3x10 ⁻⁷	0
ET	[kg 14DCB equivalente]	0	2,6x10 ⁻¹⁰	0
EcAD	[kg 14DCB equivalente]	0	4,2x10 ⁻¹⁴	0
EcM	[kg U ²³⁵ equivalente]	1,64x10 ⁻⁸	0	0
OSA	[m ² .ano]	0	-	0
OSU	[m ² .ano]	0	-	0
TSN	[m ²]	0	-	0
DRH	[m ³]	0	0	NA
DRM	[kg Fe]	0	0	0,0715
DCF	[kg crude]	0	0	7,28 (I) 16,07 (H+E)

Saúde humana

O método DALY (Disability-Adjusted Life Years) foi introduzido na ACV em 1998 por Hofstetter, tendo sido desenvolvido para a WHO (do inglês, *World Health Organisation*) por Murray e Lopez (1996).

O método DALY utiliza o conceito de perda de anos de vida (YLL, do inglês, *Years of Life Lost*) e anos de vida com incapacidade (YLD, do inglês, *Years of life disabled*). De acordo com estatísticas recolhidas para várias doenças e aspectos ambientais com impacte na saúde humana, é possível determinar valores representativos de YLL e YLD, permitindo o cálculo de DALY segundo as seguintes expressões:

$$DALY = YLL + YLD$$

$$YLD = w \times D$$

Onde:

w equivale ao grau de severidade de um dado factor, entre 0 e 1 (morte), e

D é a duração do factor.

O método ReCiPe aplica o conceito DALY, incluindo os YLL e YLD, sem diferenciar idades diferentes da população.

Diversidade nos ecossistemas

Os ecossistemas são muito diversos e complexos para serem devidamente monitorizados. Segundo entidades como a UNCED, UNEP e o Conselho Europeu, um conjunto de aspectos e atributos dos ecossistemas são considerados como sendo de extrema importância e como tal, factores decisivos para a avaliação da qualidade de um ecossistema. São eles a biodiversidade, valores estéticos e culturais, serviços e funções dos ecossistemas, recursos naturais e a informação genética.

Dada a dificuldade já referida em recolher informação e dados relevantes para a completa avaliação da qualidade de um ecossistema e como tal, o efeito provocado por um dado sistema de produto, o ReCiPe considera apenas os aspectos ao nível das espécies. Isto é, a diversidade de espécies representa a qualidade dos ecossistemas.

O método ReCiPe baseia-se no modelo de qualidade dos ecossistemas definido pelo *Eco-indicator 99*, o potencial de desaparecimento de espécies (PDF, do inglês, *Potentially disappeared fraction of species*) acrescentando a este uma dimensão de análise: os ecossistemas marinhos.

O cálculo do indicador *endpoint* para a destruição dos ecossistemas é realizado segundo a seguinte expressão:

$$CF_{ED} = PDF_{terr} \times SD_{terr} + PDF_{fw} \times SD_{fw} + PDF_{mw} \times SD_{mw}$$

Onde:

CF_{ED} é o factor de caracterização *endpoint* para a destruição dos ecossistemas,

PDF_{terr} é o factor de caracterização em PDF.m².ano, e SD_{terr} é o factor de densidade de espécies nos ecossistemas terrestres em espécies.m⁻²,

PDF_{fw} é o factor de caracterização em PDF.m³.ano, e SD_{fw} é o factor de densidade de espécies nos ecossistemas marinhos em espécies.m⁻³,

PDF_{mw} é o factor de caracterização em PDF.m².ano, e SD_{mw} é o factor de densidade de espécies nos ecossistemas terrestres em espécies.m⁻²,

Recursos naturais

Os recursos naturais estão no início da cadeia de actividades de qualquer sistema de produto. O consumo de recursos a taxas que não permitem a renovação dos stocks em quantidade e qualidade é a questão que este indicador *endpoint* pretende dar resposta.

O método de cálculo utilizado pelo ReCiPe tem como abordagem o aumento no custo marginal de um recurso, motivada pelo seu consumo no sistema de produto. O aumento do custo marginal de um recurso pouco significado tem se não for multiplicado pelo consumo total do recurso. Este resultado expressa a quantidade de exploração de um recurso em termos do aumento de custos para a sociedade no geral.

$$\frac{\Delta Custor}{\Delta Consumo_r} \times Q_r$$

Onde:

$\Delta Custor$, é a variação do custo de um recurso r em \$,

$\Delta Consumo_r$, é a variação no consumo de um recurso r motivada pelo sistema de produto em análise em kg,

Q_r , é a quantidade total consumida no âmbito do sistema de produto em kg.

Contudo é necessário realizar a actualização do valor real devido à inflação ao longo dos anos. A expressão final obtida para o cálculo da pressão exercida nos recursos naturais é a seguinte:

$$D = \frac{\Delta Custor}{\Delta Consumo_r} \times Q_r \times \sum_t \frac{1}{(1-d)^t}$$

Onde:

d , é a taxa de desconto, e

t , é o número de anos de exploração de um dado recurso no âmbito do sistema de produto.

Cumulative Energy Demand (CED)

Durante o ciclo de vida de um produto ou serviço, é consumida energia em diversos formatos, de forma directa ou indirecta, e com algumas perdas nas várias transições. Pode-se por isso considerar que cada produto ou serviço tem uma certa quantidade de energia inerente ao seu ciclo de vida (*embodied energy*).

O método *Cumulative Energy Demand* (CED) pretende descrever o ciclo de vida de um produto ou serviço em função da energia necessária à manutenção do seu ciclo de vida. Como resultado final é obtida a energia (primária) total necessária ao seu fabrico, uso e destino final.

Pegada Ecológica (*Ecological footprint*)

A pegada ecológica (EF, do inglês *ecological footprint*) é definida como o método de cálculo para contabilizar a área de solo necessária para obter um dado produto ou serviço. No âmbito da ACV, é definida como a área de solo ocupado directamente e indirectamente durante o ciclo de vida.

Para o cálculo da pegada ecológica são consideradas as áreas de solo ocupadas e necessárias ao ciclo de vida do produto, sendo elas, as áreas de uso florestal, agrícola, industrial e ainda as massas de água exploradas. Para além destes *items* de cálculo, existe um último que é relativo à pegada de carbono.

A pegada de carbono de um produto ou serviço (CF, do inglês *carbon footprint*), do ponto de vista da ACV, é definida como a área de solo necessária para a captação do carbono emitido durante o ciclo de vida de um produto ou serviço. À pegada de carbono podem associar-se todos consumos de combustíveis fósseis, biomassa e qualquer outro processo inerente ao ciclo de vida do produto ou serviço e que tenham como consequência emissões de carbono para a atmosfera.

Referências do Anexo

- ANDRITZ Hydro. *Baixo Sabor - Overview used oils*. August 2010.
- ANDRITZ Hydro. *Equipamentos electromecânicos utilizados no AHBS*. Fevereiro de 2011.
- APEB. *A especificação do betão - Guia para a utilização da norma NP EN 206-1*. Associação Portuguesa das Empresas de Betão Pronto, 2008.
- Calçada, Mónica, Ricardo Diogo, António Neves, e Célia Toureiro. "O SIG e a Exploração Florestal - Empreitada de Desmatção e Desarborização da Albufeira da Barragem do Alqueva." s.d.
- Delsontro, Tonya, Daniel McGinis, Sebastian Sobek, Iliia Ostrovsky, and Bernhard Wehri. "Extreme Methane Emissions from a Swiss Hydropower Reservoir: Contribution from Bubbling Sediments." *Environment, Science and technology* 44 (2010): 2419-2425.
- Dias, António Baio. "Construção em tijolo cerâmico: das exigências normativas do produto à prática de aplicação." *Seminário sobre Paredes de Alvenaria*. Porto: P. B. Lourenço & H. Sousa, 2002. 41-64.
- Dones, Roberto, et al. *Life Cycle Inventories of Energy Systems: Results for Current Systems in Switzerland and other UCTE Countries. ecoivent report No. 5*. Dubendorf, CH: Paul Scherrer Institut Villigen, Swiss Centre for Life Cycle Inventories, 2007.
- EDP. *Aproveitamento Hidroeléctrico do Baixo Sabor - Estudos Ambientais, Plano de Desmatção e Desarborização*. EDP, 2006.
- EDP. *Estudo das emissões de CO2 evitadas do Baixo Sabor - VALORAGUA EO2009 - (série de 1966-2005)*. Julho de 2011.
- EDP. *Informação Operacional das Centrais EDP em Portugal (2008-2010)*. Março de 2011.
- EDP Produção. *Aproveitamento Hidroeléctrico do Baixo Sabor - LCA – Enquadramento Geral das Obras*. Porto: EDP Produção, 11 de 11 de 2009.
- EDP Produção. *Aproveitamento Hidroeléctrico do Baixo Sabor, Fornecimento dos Equipamentos – Processo de Concurso*. Porto: EDP Produção, 2008.
- EDP Produção. *Características do Betão produzido no AHBS*. Outubro de 2010.
- EDP Produção. *Consumíveis previstos para a fase de operação do AHBS*. Setembro de 2011.
- EDP Produção. *Consumo de electricidade dos serviços auxiliares das barragens da Aguireira e Raiva*. Novembro de 2011.
- EDP Produção. *Dados relativos à fase de construção do AHBS com a estimativa desde o início até final da obra (2008-2014)*. Outubro de 2011.
- EDP Produção. *Tempos de vida dos equipamentos do AHBS*. Fevereiro de 2011.
- EIP. *Linha de Transmissão de Energia e Dados do Escalão de Montante do AHBS - Cadastro e Mapa de Quantidades (MTG)*. Outubro de 2009.
- EIP. *Linha de Transmissão de Energia e Dados do Escalão de Montante do AHBS - Fundações e Postes (MTG)*. Outubro de 2009.
- ERSE. *Perdas na rede de transporte*. 2010. http://www.erse.pt/pt/electricidade/factosenumeros/Paginas/Perdasnarededetransporte_PC.aspx (acedido em 22 de Janeiro).
- Fearnside, Philip M. *Hidroeléctricas como "Fábricas de Metano": O papel dos reservatórios em áreas de floresta tropical na emissão de gases com efeito de estufa*. 100-115: O ecol. Bras., 2008.
- Ferrão, P., et al. *Relatório final sobre a modelação das emissões evitadas pela produção e armazenamento de energia eléctrica através do aproveitamento hídrico do Baixo Sabor*. Lisboa, Agosto de 2011.
- Ferreira, Débora, Joaquim Barros, e Paulo Lourenço. "Pilares de Betão Armados Reforçados com Laminados de Fibras de Carbono." *Engenharia Civi - UM*, 2001: 7-18.

Ferreira, Margarida. "Avaliação de Ciclo de Vida de uma Central Hidroelétrica - Central de Frades, caso de estudo na EDP – Energias de Portugal, S.A." *Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia do Ambiente*. Lisboa: Instituto Superior Técnico, Novembro de 2007.

Goedkoop, Mark, Reinout Heijungs, Mark Huijbregts, An De Schryver, Jaap Struijs, e Rosalie van Zelm. *ReCiPe 2008 - Report I: Characterisation*. Netherlands: VROM, 2009.

Gomez, A., J. Zubizarreta, C. Dopazo, e N. Fueyo. "Spanish energy roadmap to 2020: Socioeconomic implications of renewable targets." *Energy*, 2011: 1973-1985.

ISO/FDIS 14040. *Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework*. France: AFNOR Standardization Unit, 2006.

Koornneef, J., T. Keulen, A. Faaij, e W. Turkenburg. "Life cycle assessment of a pulverized coal power plant with post-combustion capture, transport and storage of CO₂." *International journal of greenhouse gas control*, 2008: 448-467.

Nepomuceno, Miguel. *Estudo da composição de betões*. Covilhã: Universidade da Beira Interior - Departamento de Engenharia Civil, 1999.

Pacca, Sergio, e Arpad Horvath. "Greenhouse Gas Emissions from Building and Operating Electric Power Plants in the Upper Colorado River Basin." *Environmental Science & Technology*, 2002: 3194-3200.

Saarnio, S, W Winiwarter, and J. Leitão. "Methane release from wetlands and watercourses in Europe." *Atmospheric Environment* 43 (2009): 1421-1429.

Technical University of Denmark. "Easewaste." Abril de 2010. http://www.easewaste.dk/index.php?option=com_content&task=view&id=5&Itemid=6 (acedido em 29 de Abril de 2010).

UNESCO/IHA. *THE UNESCO/IHA MEASUREMENT SPECIFICATION GUIDANCE FOR EVALUATING THE GHG STATUS OF MAN-MADE FRESHWATER RESERVOIRS - Edition 1*. UNESCO/IHA, 2009.