



CONSTRUÇÃO MODIKO AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE

Dina Gabriela Robalo Barata Pinto

Orientadores

Doutora Maria Constança Simões Rigueiro, Professora-Adjunta

Trabalho de Projeto apresentado à Escola Superior de Tecnologia Instituto Politécnico de Castelo Branco para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Construção Sustentável, realizada sob a orientação científica da Professora-Adjunta Doutora Maria Constança Simões Rigueiro, do Instituto Politécnico de Castelo Branco.

Dedicatória

O presente relatório de projeto é o fruto de um esforço de uma equipa de trabalho na realização do Mestrado em Construção Sustentável, cujo tema “Construção Modiko – Avaliação de Sustentabilidade”, da Escola Superior de Tecnologia de Castelo Branco.

Não poderei de deixar um enorme agradecimento às pessoas que contribuíram direta ou indiretamente e foram cruciais para a elaboração do presente trabalho de projeto, o que sem elas todo este trabalho não seria possível, à orientadora Professora Doutora Maria Constança Simões Rigueiro, que para além do seu enorme apoio e motivação foi acima de tudo uma grande amiga, sendo um elemento principal do trabalho realizado. Não poderei de deixar de agradecer o forte apoio do coordenador Mestre Laertes Mota, por parte da Metalusa tendo o seu contributo sido uma peça fundamental na elaboração deste trabalho.

Quero também agradecer ao Instituto Politécnico de Castelo Branco pelo contributo na minha formação académica, à minha família, especialmente ao meu Marido e Filho, à minha Mãe, aos meus amigos, pelo apoio e interesse manifestado nesta etapa da minha vida.

Findos os agradecimentos, dedico também este trabalho em memória do meu Pai, José Mendes Cajado Barata.

Resumo

A ideia da sustentabilidade, adquirida como estratégia para aumento de competitividade empresarial, vê-se refletida de forma expressa e declarada, em documentos que as empresas classificam como Relatório de Sustentabilidade.

Na aplicação de conceitos da sustentabilidade na construção modular, nomeadamente no sistema Modiko desenvolvido pela empresa Metalusa, são utilizadas metodologias baseadas na Análise de Ciclo de Vida (ACV) aos produtos do sistema Modiko, recorrendo à base de dados do software GaBi. Os resultados obtidos da ACV contêm a informação necessária para a realização de uma Declaração Ambiental de Produto (DAP) dos produtos desta empresa.

Adicionalmente foi aplicada uma metodologia de avaliação da sustentabilidade - SBTool^{PT}-H a duas moradias construídas em Marco de Canaveses e Troviscal, nas quais o sistema de construção Modiko foi utilizado, propondo-se propostas de melhoria à sustentabilidade dos mesmos. Atendendo às diferentes dimensões da sustentabilidade: ambiental, económica e social, as duas habitações, são avaliadas e classificadas de E a A+. Tendo em conta a classificação obtida nas habitações de construção Modiko e o facto destes casos de estudo se encontrarem construídos, estas serão reanalisadas, em cada uma das dimensões, com vista a tornar a solução mais sustentável, resultando uma proposta com várias medidas a implementar.

Palavras chave

Sustentabilidade, Construção Sustentável, Análise de Ciclo de Vida, Construção Modular, Avaliação da Sustentabilidade.

Abstract

The concept of sustainability is related to the social responsibility of business competitiveness and it is an asset to allow its expansion in some markets. This idea is presented as a competitive advantageous strategy to companies, reason why we see it declared on documents that companies label as Sustainability Report.

The development of building sustainability assessment and certification systems in different parts of the world is allowing the reduction of the negative impacts of the construction sector. Namely the optimization of life-cycle analysis and the development of a built environment with higher comfort patterns for its occupants.

The application of the concepts of sustainability in modular construction in the Modiko system, developed by Metalusa company, is done by applying methodologies based on Life Cycle Analysis (LCA) and building sustainability environmental assessment tool, SBTool^{PT}-H. The results of LCA contain the information required to perform an Environmental Product Declaration (DAP) of the construction products of Metalusa.

This thesis presents the work developed in order to assess and optimize the sustainability of the Modiko® system through the application of a sustainability environmental assessment tool, SBTool^{PT}-H. A first evaluation of the buildings was done then a proposal was developed with several improvements in order to create sustainable buildings. The presented sustainable proposals were developed taking into account the twenty-five indicators that constitute the SBTool^{PT}-H assessment system.

Keywords

Sustainability, Sustainable Building, Life Cycle Analysis, Modular Building, Sustainability Assessment

Índice geral

1. Introdução.....	1
1.1. Motivação e objetivos.....	1
1.2. Organização do documento.....	2
1.3. Orientação Científica.....	2
2. Sustentabilidade	3
2.1.Introdução	3
2.2. Desenvolvimento Sustentável.....	3
2.3. Sustentabilidade na construção	5
2.4. Avaliação de Sustentabilidade em Edifícios	6
2.4.1 Metodologias de Avaliação de ACV.....	6
2.4.2 Metodologias recorrendo a sistemas de avaliação.....	8
2.4.2.1 Descrição Geral das Metodologias.....	8
2.4.2.2 Sistema SBTool ^{PT} -H	9
2.5. Considerações	13
3. Sistema de Construção MODIKO	15
3.1. Descrição do sistema de Construção Modiko.....	15
3.1.1 Perfis.....	17
3.1.2 Paredes Exteriores.....	18
4. Avaliação do Ciclo de Vida do Sistema de Construção Modiko.....	21
4.1. Introdução	21
4.2. Avaliação do Ciclo de Vida dos Perfis.....	21
4.2.1 Perfil Perflex.....	21
4.2.1.1 Aspetos gerais	21
4.2.1.2 Objetivo do estudo	21
4.2.1.3 Campo de Aplicação do Estudo	22
4.2.1.4 Análise do Inventário do Ciclo de Vida.....	24
4.2.1.5 Avaliação dos Impactes do Ciclo de Vida.....	29
4.2.1.6 Interpretação do Ciclo de Vida	33
4.2.1.7 Conclusões.....	35
4.2.2 Perfil Modiko 1C	36

4.2.2.1	Aspetos gerais.....	36
4.2.2.2	Campo de Aplicação do Estudo	37
4.2.2.3	Análise do Inventário do Ciclo de Vida	38
4.2.2.4	Avaliação dos Impactes do Ciclo de Vida	39
4.2.2.5	Interpretação do Ciclo de Vida.....	42
4.2.2.6	Conclusões.....	44
4.2.3	Perfil Modiko 2C - Análise de Ciclo de Vida	45
4.2.3.1	Interpretação do Ciclo de Vida.....	50
4.2.4	Perfil Modiko 4C - Análise de Ciclo de Vida	53
4.2.4.1	Interpretação do Ciclo de Vida.....	55
4.3.	Avaliação do Ciclo de Vida das Paredes	57
4.3.1	Parede Exterior.....	57
4.3.1.1	Aspetos gerais.....	57
4.3.1.2	Objetivo do estudo e Campo de Aplicação do Estudo	57
4.3.1.3	Análise do Inventário do Ciclo de Vida	60
4.3.1.4	Avaliação dos Impactes do Ciclo de Vida	68
4.3.1.5	Interpretação do Ciclo de Vida.....	70
4.3.1.6	Conclusões.....	72
4.4.	Conclusões Gerais.....	73
5.	Avaliação do Sistema de Construção Modiko recorrendo ao SBTTool ^{PT} -H	77
5.1.	Introdução	77
5.2.	Caso de Estudo – Moradia Unifamiliar em Marco de Canaveses.....	78
5.2.1	Descrição do Caso de Estudo	78
5.2.2	Avaliação da sustentabilidade.....	80
5.2.3	Conclusões	105
5.3.	Caso de Estudo – Moradia Unifamiliar em Troviscal.....	106
5.3.1	Descrição do Caso de Estudo	106
5.3.2	Avaliação da sustentabilidade.....	108
5.3.3	Conclusões	110
5.4.	Conclusões Gerais.....	111
6.	Conclusões e Perspetivas de Futuro	115
7.	Referências Bibliográficas	119

Índice de figuras

Figura 1. Desenvolvimento sustentável	4
Figura 2. Fluxograma - Metodologia de ACV	7
Figura 3. Fluxograma - Aplicação da Metodologia SBToolPT-H	13
Figura 4. Ilustração da construção MODIKO	16
Figura 5. Elementos do sistema MODIKO	17
Figura 6. Paredes: constituição da parede exterior - componente exterior	18
Figura 7. Paredes: a) montagem; b) aplicadas em obra	19
Figura 8. Fronteira do sistema do perfil Perflex	22
Figura 9. Fronteira do sistema com a indicação do processo agregado	23
Figura 10. Aço galvanizado - “Print Screen” de alguns fluxos da base de dados da fase A1	25
Figura 11. Representação do sistema de ACV do perfil Perflex - Fase do inventário	26
Figura 12. Emissões de Camião com capacidade 24 toneladas	26
Figura 13. Processo de moldagem a frio - perfiladora	27
Figura 14. Processo de moldagem a frio - perfil Perflex	28
Figura 15. Plano da ACV para o perfil Perflex - Processo de moldagem a frio	28
Figura 16. Árvore de decisão de fim do estatuto de resíduo, perfil Perflex	30
Figura 17. Alocação Entradas e Emissões perfil Perflex	31
Figura 18. Fronteira do sistema do perfil Modiko 1C	36
Figura 19. Fronteira do sistema. Esquema de produção (processos a cor laranja) - Perfil Modiko 1C	37
Figura 20. Alocação Entradas e Emissões perfil Modiko 1C	40
Figura 21. Fronteira do sistema do perfil Modiko 2C	46
Figura 22. Fronteira do sistema. Esquema de produção (processos a cor laranja) - Perfil Modiko 2C	47
Figura 23. Alocação Entradas e Emissões perfil Modiko 2C	48
Figura 24. Alocação Entradas e Emissões perfil Modiko 4C	53
Figura 25. Fronteira do sistema da Parede exterior - Componente exterior	58
Figura 26. Fronteira do sistema - parede MODIKO (com a indicação do processo agregado a azul)	59
Figura 27. Processo e Plano1: Calha furada e estrangulada - Parede exterior	61
Figura 28. Processo e Plano1: Fixação da Calha à chapa galvanizada	62
Figura 29. Processo e Plano 1 - Contabilização da Energia da Soldadura por Pontos	63
Figura 30. Processo e Plano 2 - Aplicação de Cola entre a chapa e o EPS	64
Figura 31. Processo e Plano 3 - Aplicação de Poliestireno Expandido - EPS	65
Figura 32. Processo e Plano 4: Aplicação de rede de fibra de vidro	66
Figura 33. Processo e Plano 5: Aplicação de camada de Argamassa	67
Figura 34. Alocação de Entradas e de Emissões para a produção de 1 m ² da componente exterior da Parede exterior	68
Figura 35. Comparação dos Resultados ACV dos Perflex e perfis Modiko 1C, 2C e 4C por metro linear	74
Figura 36. Afetação das emissões de Matérias-Primas ao produto de 1m ² de Parede exterior - Componente exterior	75
Figura 37. Projeto de arquitetura - vista dos alçados da moradia	78
Figura 38. Extrato do Google Earth do terreno a implantar a moradia	79
Figura 39. Implantação da moradia (vermelho)	79
Figura 40. Plantas de Cobertura Piso 0 e Piso 1	80
Figura 41. Esquema de arranjos exteriores considerando o terreno todo do proprietário à direita. Planta de implantação com o mapa de áreas à esquerda	84
Figura 42. Visualização de uma árvore pertencente ao lote 631,26m ² D=2m	85

Figura 43. Classificação de Parâmetros e Categorias	101
Figura 44. Classificação Final da Moradia de M. Canaveses	102
Figura 45. Extrato do Google Maps com localização moradia Troviscal.....	106
Figura 46. Planta de Implantação da Moradia Troviscal	107
Figura 47. Plantas do piso r/chão e cobertura da moradia Troviscal.	107
Figura 48. Classificação de Parâmetros e Categorias	110

Lista de tabelas

Tabela 1. Sistemas de avaliação da sustentabilidade	9
Tabela 2. Indicadores, parâmetros e categorias da metodologia SBToolPT-H (Dimensão Ambiental)	11
Tabela 3. Indicadores, parâmetros e categorias da metodologia SBToolPT-H (Dimensão Social e Económica).....	12
Tabela 4. Nível de Classificação de Sustentabilidade	12
Tabela 5. Aplicação de dados genéricos e dados específicos, adaptado da.....	24
Tabela 6. Unidades consideradas	24
Tabela 7. Síntese dos dados de inventário aferidos na produção do perfil Perflex.....	29
Tabela 8. Resultados dos impactes ambientais na produção do perfil Perflex	32
Tabela 9. Percentagem de resultados dos impactes ambientais na produção do perfil Perflex...	33
Tabela 10. Comparação dos resultados da ACV do perfil Perflex como “Light Gauge Steel Profiles - Akkon Steel Structure Systems Co”	34
Tabela 11. Aplicação de dados genéricos e dados específicos, perfil Modiko 1C	38
Tabela 12. Síntese dos dados de inventário aferidos na produção do perfil Modiko 1C.....	39
Tabela 13. Resultados dos impactes ambientais na produção do perfil Modiko 1C.....	41
Tabela 14. Percentagem de resultados dos impactes ambientais na produção do perfil Modiko 1C	42
Tabela 15. Comparação dos resultados da ACV do perfil Modiko 1C como “Light Gauge Steel Profiles - Akkon Steel Structure Systems Co”	43
Tabela 16. Aplicação de dados genéricos e dados específicos (Perfil Modiko 2C)	48
Tabela 17. Resultados dos impactes ambientais na produção do perfil Modiko 2C.....	49
Tabela 18. Percentagem de resultados dos impactes ambientais na produção do perfil Modiko 2C	51
Tabela 19. Comparação dos resultados da ACV do perfil Modiko 2C como “Light Gauge Steel Profiles- Akkon Steel Structure Systems Co”	51
Tabela 20. Resultados dos impactes ambientais na produção do perfil Modiko 4C.....	54
Tabela 21. Percentagem de resultados dos impactes ambientais na produção do perfil Modiko 4C	55
Tabela 22. Comparação dos resultados da ACV do perfil Modiko 4C como “Light Gauge Steel Profiles- Akkon Steel Structure Systems Co.”	56
Tabela 23. Aplicação de dados genéricos e dados específicos - Parede exterior - Componente exterior	60
Tabela 24. Unidades consideradas (Parede exterior - Componente exterior)	60
Tabela 25. Síntese dos dados de inventário aferidos na produção por m2 da componente exterior da Parede exterior.....	68
Tabela 26. Resultados dos impactes ambientais na produção da Parede exterior - Componente exterior	69
Tabela 27. Percentagem de resultados dos impactes ambientais na produção da Parede exterior - Componente exterior	70
Tabela 28. Diferença entre os resultados da ACV de uma Parede externa com isolamento EPS e com isolamento de Cortiça.....	71
Tabela 29. Peso de cada categoria de impacte ambiental (%) utilizado na metodologia SBTool PT-H para a normalização do Parâmetro P1	81
Tabela 30. Materiais do edifício que mais afetam as categorias de impacto ambiental.....	82
Tabela 31. Valores de FLDM para a melhor prática e para a prática convencional.....	95
Tabela 32. Localização das amenidades, respetiva distância ao edifício em estudo e créditos atribuídos	97
Tabela 33. Resumo de avaliação de impacte ambiental moradia M. Canaveses	102
Tabela 34. Resumo de avaliação de impacte ambiental moradia Troviscal.....	108

Tabela 35. Parâmetros da metodologia SBToolPT-H da construção Modiko em função da localização e aspetos económicos112

Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos

ACV - Análise de Ciclo de Vida

ADP elementos - Depleção de Recursos Abióticos (elementos)

ADP fóssil - Depleção de Recursos Abióticos (fósseis)

A_{IMP} - Área impermeável

AP - Potencial de Acidificação

A_{TOT} - Área total

CAMP - Custo anual do consumo de água potável e da produção de águas residuais e de resíduos sólidos urbanos correspondentes à melhor prática

CAP - Poluição da atmosfera

CAPC - Custo anual do consumo de água potável e da produção de águas residuais e de resíduos sólidos urbanos correspondentes à prática convencional

CASE - Custo anual do consumo de água potável e da produção de águas residuais e de resíduos sólidos urbanos

CEMP - Custo anual do consumo energético correspondente à melhor prática

CEN - Comité europeu de normalização

CEPC - Custo anual do consumo energético correspondente à prática convencional

CESE - Custo anual do consumo energético

COV - Compostos orgânicos voláteis

DA - Dimensão ambiental

DAP - Declaração Ambiental de Produto

DE - Dimensão económica

DS - Dimensão social

EP - Potencial de Eutrofização

EPD - Environmental Product Declaration

E_{SOLAR} - Contribuição de sistemas de colectores solares para o aquecimento de águas sanitárias

FAETP inf - Ecotoxicidade Aquático de Água Doce

FEEEj - Frequência equivalente à entrada do edifício

FLDM - Média do fator de luz do dia médio

GaBi - software, avaliação de Análise de Ciclo de Vida

GWP 100 years - Aquecimento Global

HA – Alteração dos habitats
HT – Toxicidade para o ser humano
HTP inf - Toxicidade Humana
IAQ – Qualidade do ar interior
IA_t – Índice de acessibilidades
I_{UL} – Índice de utilização líquido
I_{ULmax} – Índice de utilização líquido máximo
Kg - Quilogramas
m – metro
m² - metro quadrado
MAETP inf - Ecotoxicidade Aquático de Água Marinha
MJ – Megajoule
M_{LIG} – Massa total de ligantes utilizados no fabrico de betão
M_{SUB} – Massa de ligantes substitutos do cimento no fabrico de betão
Ni – Necessidades máximas de aquecimento
N_t - Necessidades máximas de energia primária para climatização e para águas quentes sanitárias
N_{tc} – Necessidades anuais globais de energia primária para climatização e para águas quentes sanitárias
N_v – Necessidades máximas de arrefecimento
°C – Grau centígrado
OPD - Depleção da Camada de Ozono
PAA – Índice de acessibilidades a amenidades
P_{ACE} – Percentagem de área de intervenção previamente contaminada ou edificada
P_{ATP} – Índice de acessibilidades a transportes públicos
P_{AUL} – Percentagem utilizada do índice de utilização líquido
P_{AUT} – Percentagem de áreas verdes ocupadas por plantas autóctones
P_{CA} – Nível médio de conforto acústico
P_{CA} – Volume anual de água consumida per capita no interior do edifício
P_{CER} – Percentagem em custo de produtos de base orgânica que são certificados
PCI – Valor do custo de investimento inicial da solução em estudo

P_{COV} – Percentagem em peso de materiais com baixo conteúdo de compostos orgânicos voláteis

P_{CRE} – Percentagem em peso do conteúdo reciclado do edifício

P_{CREU} – Percentagem em custo de materiais reutilizados

PCU – Valor dos custos de utilização da solução em estudo

PDM – Plano director Municipal

P_{EC} – Consumo de energia primária

P_{ENR} – Consumo de energia primária não renovável na fase de utilização

P_{ER} – Energia produzida no edifício através de fontes renováveis

P_{IMP} – Índice de impermeabilização

$POCP$ – Potencial de oxidação fotoquímica

P_{RCA} – Percentagem de redução do consumo de água potável

P_{RFL} – Percentagem de área em planta com reflectância igual ou superior a 60%

P_{SUB} – Percentagem em massa de materiais substitutos do cimento no betão

P_{UN} – Percentagem de ventilação natural

$RCCTE$ – Regulamento das características de comportamento térmico dos edifícios

$REGEU$ – Regulamento geral as edificações urbanas

REH - Regulamento de desempenho energético dos edifícios de habitação

$SBTool-PTH$, - método de avaliação da sustentabilidade

$TAETP\ inf$ - Ecotoxicidade Terrestre

TAP – Tarifa de água potável

TAR – Custo correspondente à drenagem de águas residuais

TEE – Tarifa de energia elétrica

TEj – Tempo de espera para cada linha de transporte público

$TGPL$ – Tarifa de gás propano

TPI – Tempo de percurso até cada paragem de transporte público

TRS – Custo correspondente à recolha de resíduos sólidos urbanos

WI – Consumo de água

η_a – Valor da energia útil despendida com sistemas convencionais de preparação de águas quentes sanitárias

1. Introdução

1.1. Motivação e objetivos

O conceito de sustentabilidade está internamente relacionado com o da responsabilidade social das empresas, sendo uma mais-valia no sentido de permitir a sua expansão em alguns mercados, nomeadamente o da energia. A ideia da sustentabilidade, como estratégia de aquisição de vantagem competitiva, por parte das empresas, é refletida, de uma forma expressamente declarada, na elaboração do que as empresas classificam como Relatório de Sustentabilidade.

O presente estudo insere-se na aplicabilidade de conceitos da sustentabilidade na construção modular, nomeadamente no sistema Modiko desenvolvido pela empresa Metalusa, sendo este estudo uma mais-valia para a empresa, tanto a nível Ambiental, Económico e Social. Para tal são aplicadas metodologias de avaliação da sustentabilidade baseadas em Análise de Ciclo de Vida (ACV) aos produtos do sistema Modiko, sistema que permite a construção modular de edifícios definido por vários elementos em aço galvanizado moldados a frio, nomeadamente o Perfil Perflex, Perfil Modiko 1C, Perfil Modiko 2C e Perfil Modiko 4C. Para a realização da ACV dos materiais do sistema de construção Modiko recorreu-se à base de dados do software GaBi (Gabi, Versão 6.0, 2014).

Complementarmente foi aplicado uma metodologia de avaliação da sustentabilidade - SBTool^{PT}-H a duas moradias construídas em Marco de Canaveses e Troviscal (SBTool^{PT}-H, 2009).

Numa forma sintetizada o desenvolvimento deste trabalho, tem como principais objetivos os seguintes pontos:

- Aplicação da ACV aos elementos de construção Modiko, conforme as normas ISO 14040 (14040, 2008) e a NP15804 (NPEN15804, 2012), recorrendo à base de dados do software GaBi e a dados do inventário disponibilizados pela empresa Metalusa. Os resultados obtidos da ACV são apresentados segundo as referidas normas, concretizando a informação necessária para a realização de uma Declaração Ambiental de Produto (DAP) dos produtos: Perfil Perflex, Perfil Modiko 1C, Perfil Modiko 2C, Perfil Modiko 4C, e Parede Exterior;
- Avaliação de duas moradias, com a metodologia do Sistema SBTool^{PT}-H, e apresentar propostas de melhoria do nível de sustentabilidade. Atendendo às diferentes dimensões da sustentabilidade (ambiental, económica e social) as duas habitações são avaliadas e classificadas de E a A+. Após determinar a classificação de sustentabilidade das habitações, serão reanalisadas, em cada uma das dimensões, com vista a tornar-se mais sustentável, resultando uma proposta com várias medidas a implementar.

1.2. Organização do documento

O presente trabalho refere-se ao estudo de sustentabilidade do sistema de construção Modiko.

O Capítulo 1 integra a motivação e objetivos para elaboração do presente estudo, no qual se faz uma breve descrição do conteúdo do presente trabalho. Também dentro deste capítulo é apresentada a organização do documento e orientação científica.

O Capítulo 2 aborda a Sustentabilidade, os conceitos inerentes ao Desenvolvimento Sustentável, à Sustentabilidade na Construção e à Avaliação da Sustentabilidade de Edifícios, ainda são apresentadas as principais normas deste sector. No que diz respeito à avaliação da sustentabilidade em edifícios, são reunidas as principais metodologias, nomeadamente as de Análise de Ciclo de Vida e a metodologia de avaliação da sustentabilidade utilizada neste trabalho a SBTTool^{PT}-H.

No Capítulo 3, após a apresentação das principais definições e metodologias inerentes à aplicação da sustentabilidade na construção, o Capítulo 3 aborda a Avaliação do Ciclo de Vida do Sistema de Construção Modiko. O sistema de construção Modiko (Perfis e Paredes Exteriores) é descrito e as Avaliações do Ciclo de Vida realizadas para cada elemento deste sistema de modo a fornecer uma DAP segundo a Norma NP15804 (NPEN15804, 2012).

No Capítulo 4, em que se descreve a implementação da ferramenta de avaliação SBTTool^{LPT}-H em duas moradias onde o sistema da Construção Modiko foi aplicado. As análises são descritas e atendendo ao resultado são apresentadas propostas de melhoria da sustentabilidade das moradias de Marco Canaveses e Troviscal.

No Capítulo 5 são apresentadas as principais conclusões do trabalho desenvolvido bem como algumas perspetivas de investigação que se consideram importantes para desenvolvimentos futuros.

De modo a informar convenientemente o estudo desenvolvido e opções tomadas são apresentados como anexos, as folhas de cálculo referentes ao SBTTool^{PT}-H dos casos de estudo.

1.3. Orientação Científica

O presente trabalho de projeto apresentado ao Instituto Politécnico de Castelo Branco para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Construção Sustentável, realizada sob a orientação científica da Doutora Maria Constança Simões Rigueiro Professora-Adjunta da Unidade Técnico Científica de Engenharia Civil.

2. Sustentabilidade

2.1. Introdução

A indústria da construção tem como finalidade a realização de construções de modo que satisfaçam as necessidades dos utilizadores, estas devem ainda ser compatíveis com os interesses económicos, e traduzir o menor impacte ambiental possível. Lamentavelmente o maior interesse do mercado da construção continua a ser o económico, sendo desconsiderados os vetores relativos aos impactes ambientais. A indústria da construção apresenta um grande peso na degradação do meio ambiente, com a aplicação dos métodos construtivos convencionais, ainda tem muito a desenvolver para reduzir os seus impactes ambientais e contribuir para um nível satisfatório de sustentabilidade. A introdução de novas técnicas, métodos construtivos, materiais, etc., permitirão aumentar a compatibilização deste sector com os desígnios do desenvolvimento sustentável, da Sustentabilidade na Construção e da Avaliação da Sustentabilidade de Edifícios.

2.2. Desenvolvimento Sustentável

As primeiras preocupações com a degradação do meio ambiente surgiram a partir da segunda metade do século XX nos países desenvolvidos. Em 1972 é publicado o artigo “The Limits to Growth” (Meadowset al, 1972) cujo conteúdo constitui um alerta ao mundo para a sua degradação. A mensagem está baseada em quatro pontos fulcrais:

- Aceleração Industrial;
- Rápido crescimento da população;
- Desnutrição e o esgotamento dos recursos naturais não renováveis;

Em 1987 com a publicação no Relatório *Brundtland, World Commission on Environment and Development*, o desenvolvimento sustentável foi definido da seguinte forma:

“...é o desenvolvimento que satisfaz as necessidades atuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras satisfazerem as suas próprias necessidades.”

Desenvolver a medidas de Sustentabilidade, possibilita que a população alcance um nível satisfatório de desenvolvimento social, económico e cultural, no presente e no futuro, fazendo, uso razoável dos recursos da terra e preservando as espécies e os habitats naturais, como se visualiza na Figura 1. O desenvolvimento que engloba as três componentes (ecológico, social e económico) determina as necessidades de Desenvolvimento Sustentável (Desenvolvimento_sustent, 2015).

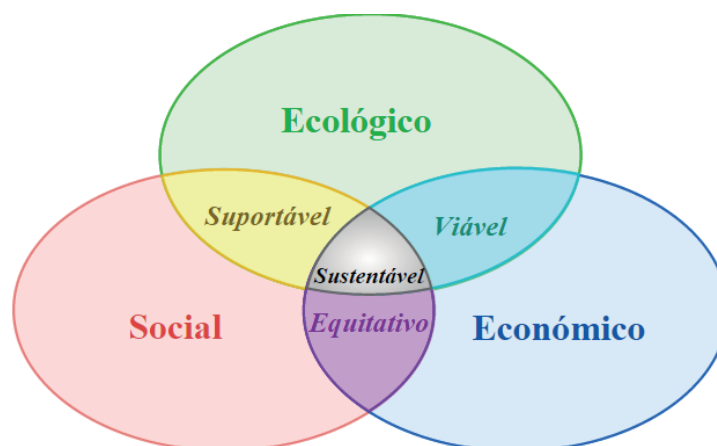


Figura 1. Desenvolvimento sustentável (Desenvolvimento_sustent, 2015)

O Desenvolvimento Sustentável é uma questão essencial em todos os sectores da sociedade, assistindo-se atualmente a uma crescente preocupação dos povos e das nações sobre os temas dos recursos de energia e do ambiente, associada a fortes pressões da economia sobre estas questões.

As empresas, principalmente do sector de construção apresentam grandes impactos sociais, económicos e ambientais, portanto este sector tem uma maior responsabilidade de forma a transparecer estas questões de sustentabilidade. A desflorestação, a erosão do solo, a poluição ambiental, a acidificação, a destruição da camada de ozono, o esgotamento de combustíveis fósseis e o aquecimento global são algumas das problemáticas ambientais atribuídas ao sector da construção de edifícios (Gervásio, 2010).

No Rio de Janeiro em 1992, na conferência “Meio Ambiente e Desenvolvimento Humano”, foi apresentado o documento intitulado “Agenda 21” com recomendações e diretrizes a implementar pelos governos e agências governamentais de vários sectores até ao início do século XXI. Este documento tem como base critérios: ambientais, económicos e sociais (Agenda 21, 1999).

A Organização Internacional de Normalização (ISO) viabilizou a criação de normas a implementar no comércio e na indústria: as normas ISO da série 14000 (ISO_14000, 2004). Este conjunto de normas internacionais na sua aplicação determina um rumo para o desenvolvimento de um sistema de gestão ambiental.

O CEN, Comité Europeu de Normalização, é uma organização internacional fundada em 1975 que providencia o desenvolvimento de normas e de outros documentos de aplicação em vários sectores, utilizados por cerca de 600 milhões de pessoas. Algumas normas são de aplicação voluntária, outras são integradas na legislação da União Europeia. Estas normas têm como principal objetivo a harmonização de leis nos países da comunidade europeia, definindo parâmetros em prol da sustentabilidade para aplicação na construção, tal como nos seus materiais.

2.3. Sustentabilidade na construção

Nos anos 90, a Avaliação de Sustentabilidade foi encarada por muitas sociedades como uma grande utilidade nas suas empresas e organizações. Como referido no item 2.1, em 1992 na Conferência Meio Ambiente e Desenvolvimento Humano realizada no Rio de Janeiro, foram tomadas várias diligências com vista à implementação da sustentabilidade na construção, nomeadamente a criação de medidas de melhoria para um desenvolvimento sustentável aplicado aos negócios.

Em 2004, com a implementação da Norma ISO 14001, na qual consta a gestão de resíduos provenientes do sector de construção, os resíduos que tinham como destino final os aterros, são agora reutilizados e/ou reciclados voltando a entrar no ciclo de utilização como produto. Desta forma minimiza-se a extração de matéria-prima e a produção de materiais diminuindo a degradação do ambiente proveniente dos resíduos em decomposição e da exploração das matérias-primas.

Porém a evolução do conceito de sustentabilidade na construção não passa só pela gestão de resíduos provenientes da construção, existe também uma preocupação relativamente à diminuição de impactes para a água, solo e ar, resultantes das fases de fabrico, construção e vida útil das construções (Gervásio, 2010).

Em Portugal, a partir de 2006 foi publicado o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE, 2006), agora substituído pelo Decreto-lei 118/2013, onde já se verificavam preocupações com gastos de energia, nomeadamente com as soluções construtivas da envolvente exterior da habitação (fachadas, vãos envidraçados e sombreamento), e dos espaços não aquecidos; bem como a aplicação de sistemas que permitem o aproveitamento de energias endógenas. Foi o início da implementação do conceito de habitação sustentável em Portugal. Para além da utilização de sistemas de climatização, outras preocupações estão incluídas, nomeadamente os materiais com menores impactos ambientais, localização da habitação e a indicação das principais amenidades (Martinho, 2012).

A implementação da *Environmental Product Declaration* (EPD) ou Declaração Ambiental de Produto (DAP), resume os consumos energéticos e de matéria-prima necessários para a realização de um produto ou processo, durante as fases definidas para a Análise de Ciclo de Vida (NPEN15804, 2012).

A Construção Sustentável resulta da aplicação dos princípios do Desenvolvimento Sustentável ao ciclo global da construção, desde a extração e beneficiação das matérias-primas, passando pelo planeamento, projeto e construção de edifícios e infraestruturas, até à sua desconstrução final e gestão dos resíduos dela resultante. É um processo holístico que visa restaurar e manter a harmonia entre o ambiente natural e o ambiente construído, criando, ao mesmo tempo, aglomerados humanos que reforcem a dignidade humana e encorajem a equidade económica (Gervásio, 2010).

2.4. Avaliação de Sustentabilidade em Edifícios

2.4.1 Metodologias de Avaliação de ACV

A Análise de Ciclo de Vida (ACV) é uma abordagem que permite a quantificação dos potenciais impactes ambientais associados ao ciclo de vida de um produto, processo ou serviço. Metodologia que permite avaliar o conteúdo de um produto ou processo, em recursos e impactos ambientais (Gervásio, 2010). Esta avaliação é quantitativa, uma vez que identifica energia, os materiais consumidos, e os resíduos liberados no meio ambiente. Em complemento, este método pode ser utilizado na avaliação e implementação de medidas que permitam melhorar o desempenho ambiental.

Segundo o enquadramento logístico, as normas específicas para a definição do enquadramento e exigências da Análise de Ciclo de Vida, são: a norma ISO14040-2006 Gestão Ambiental – Avaliação de Ciclo de Vida – Princípios e Enquadramento (ENISO14040, 2008); e a norma ISO14044-2006 Gestão Ambiental – Avaliação de Ciclo de Vida – Requisitos e Diretrizes, (ENISO14044, 2006). Segundo a Norma ISO 14040 (14040, 2008), a ACV é definida por quatro fases distintas:

- a) Definição do Objetivo e do Âmbito
- b) Inventário de Ciclo de Vida
- c) Avaliação de Impactos de Ciclo de Vida
- d) Interpretação

A norma portuguesa NPEN15804 (NPEN15804, 2012), Sustentabilidade das obras de construção - Declarações Ambientais dos Produtos - Regras de base para as categorias de produtos de construção. Esta norma fornece as regras de base para a elaboração de declarações ambientais de Tipo III aplicáveis a todos os produtos e serviços de construção. Apresenta uma estrutura que permite assegurar que todas as Declarações Ambientais dos Produtos (DAP) relativa a produtos, serviços e processos de construção sejam elaboradas, verificadas e apresentada de uma forma harmonizada.

Uma DAP fornece informação ambiental que pode ser de forma quantitativa, exata e não ambígua acerca de produtos do sector da construção ao longo do seu ciclo de vida e que constituem a base para a avaliação de um edifício.

Avaliar o ciclo de vida dos produtos permite a avaliação dos impactes ambientais, com a salvaguarda ambiental associada à escolha otimizada dos materiais e energia, numa abordagem holística em que a tecnologia, a economia e o ambiente têm iguais prioridades (Naturlink, 2015).

Uma vez que a ACV promove a conceção de produtos com impacte ambiental reduzido (ecoprodutos), é relevante na área do desenvolvimento dos produtos, nomeadamente no “ecodesign”. É efetivamente na fase de conceção dos produtos que

se definem as suas características e o seu desempenho ambiental, dados que a ACV propicia.

Assim sendo, há que centralizar a atenção no processo produtivo, estabelecer balanços ambientais de forma a avaliar as entradas “inputs” e minimizar as saídas “outputs”, dando mais valor acrescentado ao produto, à sua qualidade global. Ao proceder com esta política as empresas ganham com o conhecimento das suas ineficiências, podendo racionalizar os seus consumos e minimizar os resíduos e emissões conduzindo a poupanças na produção dos seus produtos. A Figura 2 retrata o fluxograma das fases da metodologia de ACV.

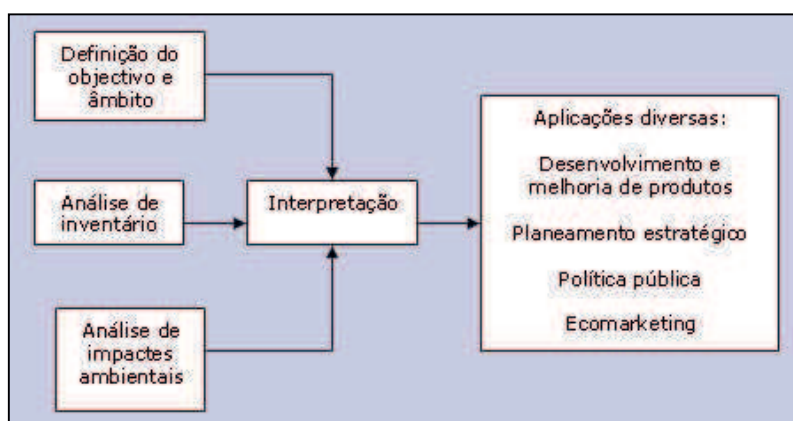


Figura 2. Fluxograma - Metodologia de ACV (Naturlink, 2015)

A Definição do objetivo e do âmbito deve ser feita de forma clara e consistente com a aplicação em estudo, sendo o âmbito definido de modo a assegurar que a amplitude, a profundidade e o detalhe sejam compatíveis com o objetivo estabelecido.

A análise de inventário consiste na recolha de dados e procedimentos de cálculo para quantificar as entradas “inputs” e saídas “outputs” relevantes.

A análise de impactes ambientais apresenta três fases. Na fase de classificação são definidas as categorias de impactes ambientais; na fase de caracterização os dados do inventário são agregados de modo a quantificar as categorias de impactes ambientais; sendo na fase de avaliação ponderadas as diferentes categorias de impactes ambientais e a sua importância relativa avaliada.

A seleção de categorias de impacto é o primeiro passo numa Análise de Inventário do Ciclo de Vida - AICV, que irá ser considerado como parte da ACV global. Este passo deve ser executado durante a fase inicial de definição de objetivos e âmbito, para orientar o processo de recolha de dados de Inventário de Ciclo de Vida - ICV e as reconsiderações seguintes a esta fase (Naturlink, 2015).

O indicador de categoria pode ser escolhido alguns meses ao longo do mecanismo ambiental entre os resultados de ICV e os pontos finais de categoria conforme ilustrado na Figura 2.

A avaliação dos impactes para este estudo, é realizada para as categorias de impacto e utilizando os fatores de caracterização provenientes na (Base de Dados CML - Instituto de Ciências Ambientais). Por fim, é feita a interpretação dos resultados obtidos.

Os resultados da ACV permitem, por outro lado, fundamentar os critérios de atribuição do Rótulo Ecológico e informar apropriadamente os consumidores sobre a qualidade ambiental dos produtos, o que se reflete positivamente na imagem social da empresa e nas suas estratégias comerciais. Com efeito, o grande interesse para as empresas do Sistema de Rótulo Ecológico reside não tanto na vantagem associada à etiquetagem em si, relativamente efémera, mas sim em todos os benefícios económicos e ecológicos gerados na empresa com a aplicação da ACV como instrumento de gestão global das empresas.

2.4.2 Metodologias recorrendo a sistemas de avaliação

2.4.2.1 Descrição Geral das Metodologias

A partir da década de noventa alguns países e empresas desenvolveram sistemas de avaliação da sustentabilidade na construção. Os principais sistemas de avaliação da sustentabilidade na construção são os seguintes, Tabela 1 (Martinho, 2012).

Os sistemas de avaliação de sustentabilidade descritos na Tabela 1 integram direta ou indiretamente os seguintes critérios:

- Consumo de energia não renovável;
- Consumo de água;
- Uso do solo;
- Consumo de materiais;
- Emissão de gases de efeito de estufa;
- Emissão de outras emissões atmosféricas;
- Impactes na ecologia local;
- Resíduos sólidos e efluentes líquidos;
- Qualidade do ar interior, iluminação e qualidade acústica;
- Durabilidade, adaptabilidade e flexibilidade;
- Operação e manutenção.

Tabela 1. Sistemas de avaliação da sustentabilidade

Sistema de Avaliação	Acrónimo	Origem	Ano
Building Research Environmental Assessment Method	BREEAM	England	1990
Leadership in Energy e Environmental Design	LEED	USA	1994
Environmental Assessment and Classification System for Residential, Office and Retail Buildings in Finland	PROMISE	Finland	1999
Civil Engineering Environmental Quality Assessment and Award Scheme	CEEQUAL	England	2003
Association Haute Qualité Environmental	HQE	France	2005
German Sustainable Building Council	DGNB	Germany	2007
Austrian Green Building Council	OGNI	Austria	2009
LIDERA	LIDERA	Portugal	2005
Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency	CASBEE	Japan	2001
Sustainable Building Tool	SBTool ^{PT} -H	Portugal	2009

2.4.2.2 Sistema SBTool^{PT}-H

O sistema SBTool^{PT}-H consiste em avaliar e reconhecer o nível de sustentabilidade de edifícios habitacionais de modo a que estes sejam sustentáveis ao nível ambiental, económico e social. Nesta ferramenta são contemplados aspetos que poderão influenciar a qualidade de vida dos ocupantes durante a fase de utilização do edifício como por exemplo, existência de transportes públicos e de amenidades (parques infantis, igrejas, comércio etc.) nas proximidades.

No que respeita à fronteira do período de tempo está incluído a totalidade das fases do ciclo de vida de um edifício novo ou reabilitado. No caso do edifício novo são consideradas todas as fases do ciclo de vida do edifício, desde a extração das matérias-primas para produção dos materiais até ao final de vida útil do edifício, onde aqui se inclui o transporte de resíduos até ao local de tratamento. No que respeita à reabilitação de um edifício, o período de tempo considerado começa na extração das matérias-primas para a produção de materiais utilizados e finaliza com a vida útil do edifício. Caso os períodos referentes à vida útil não estejam estabelecidos em projeto, o SBTool^{PT}-H considera 50 anos.

Com vista à certificação do edifício de habitação com recurso à metodologia SBTool^{PT}-H, são analisados 25 parâmetros (neste trabalho não será analisado o parâmetro P18, na medida em que não se efetuou uma análise dinâmica do

comportamento térmico do edifício), inseridos em 9 categorias, relacionadas com as três dimensões da sustentabilidade: ambiental, social e económica.

Nas Tabela 2 e Tabela 3 é possível visualizar a atribuição dos pesos por cada um dos parâmetros, categorias e dimensões desta metodologia (SBToolPT-H, 2009).

O processo de avaliação deste sistema é implementado em três fases, que se passam a descrever do seguinte modo:

1ª Fase – Quantificação do desempenho ao nível de cada parâmetro.

2ª Fase – Quantificação do desempenho ao nível das categorias e das dimensões do desenvolvimento sustentável. Quantificação do nível de sustentabilidade;

3ª Fase – Preenchimento do certificado de sustentabilidade.

O sistema de avaliação do SBTool^{PT}-H para quantificação dos parâmetros baseia-se na seguinte equação de normalização:

$$Pni = \left[\frac{Pi - Pi^*}{Pi^* - Pi^*} \right] x \quad 2.1$$

Em que:

Pni – é o valor da normalização do parâmetro i ;

Pi – é o valor resultante da quantificação;

Pi^* - é o *benchmark* do parâmetro i correspondente à melhor prática;

P_i^* - é o *benchmark* do parâmetro i correspondente à prática convencional.

Os valores resultantes desta equação de normalização devem estar compreendidos entre -0,2 e 1,20, caso não estejam, deverá ser tomado o valor máximo ou mínimo deste intervalo (SBTool^{PT}-H, 2009).

A normalização indicada na equação 2.1 tem como objetivo evitar os efeitos de escala na agregação dos parâmetros e resolver o problema de alguns parâmetros serem do tipo “maior é melhor” e outros do tipo “menor é melhor”. Também desta forma os valores dos parâmetros tornam-se adimensionais, estabelecendo valores compreendidos entre a melhor prática e a de referência.

A prática convencional é definida como o valor correspondente ao nível mínimo aceitável, abaixo do qual não se pode considerar um edifício sustentável. A melhor prática corresponde ao valor do trabalho produzido por projetistas que já apresentam algum conhecimento no domínio da construção sustentável ou ao nível ambicionado pelas políticas e normas existentes (SBTool^{PT}-H, 2009).

Tabela 2. Indicadores, parâmetros e categorias da metodologia SBTool^{PT}-H (Dimensão Ambiental) (SBToolPT-H, 2009)


Dimensões	Categorias	Indicadores	Parâmetros	Pesos			
				ID	Parâmetro (%)	Categoria (%)	Dimensão (%)
DA-Ambiental	C1-Alterações climáticas e qualidade do ar exterior	Impacte Ambiental associado ao ciclo de vida dos edifícios	Valor agregado das categorias de impacte ambiental de ciclo de vida do edifício por m ² de área útil de pavimento e por ano	P1	13	13	40%
	C2-Uso do solo e biodiversidade	Densidade urbana	Percentagem utilizada do índice de utilização líquido disponível	P2	8	20	
			Índice de impermeabilização	P3	1		
		Reutilização de solo previamente edificado ou contaminado	Percentagem da área de intervenção previamente contaminada ou edificada	P4	3		
		Uso de plantas autóctones	Percentagem de áreas verdes ocupadas por plantas autóctones	P5	4		
		Efeito ilha de calor	Percentagem de área em planta com reflectância igual ou superior a 60%	P6	4		
	C3-Energia	Energia primária não renovável	Consumo de energia primária não renovável na fase de utilização	P7	16	32	
		Energia produzida localmente a partir de fontes renováveis	Quantidade de energia que é produzida no edifício através de fontes renováveis	P8	16		
	C4-Materiais e resíduos sólidos	Reutilização de materiais	Percentagem em custo de materiais reutilizados	P9	9	29	
		Utilização de materiais reciclados	Percentagem em peso do conteúdo reciclado do edifício	P10	9		
		Recurso a materiais certificados	Percentagem em custo de produtos de base orgânica que são certificados	P11	7		
		Uso de substitutos de cimento no betão	Percentagem em massa de materiais substitutos do cimento no betão	P12	3		
		Condições de armazenamento de resíduos sólidos durante a fase de utilização do edifício	Potencial das condições do edifício para a promoção da separação de resíduos sólidos	P13	1		
	C5-Água	Consumo de Água	Volume anual de água consumido per capita no interior do edifício	P14	3	6	
		Reutilização e utilização de água não potável	Percentagem de redução do consumo de água potável	P15	3		

Posteriormente é classificado o desempenho de cada parâmetro através da escala apresentada na Tabela 4.

Tabela 3. Indicadores, parâmetros e categorias da metodologia SBTool^{PT}-H (Dimensão Social e Económica) (SBToolPT-H, 2009)

Dimensões	Categorias	Indicadores	Parâmetros	ID	Pesos		
					Parâmetro (%)	Categoria (%)	Dimensão (%)
DS-Social	C6-Conforto e saúde dos utilizadores	Eficiência da ventilação natural em espaços interiores	Potencial de ventilação natural	P16	7	60	30%
		Toxicidade dos materiais de acabamento	Percentagem em peso de materiais de acabamento com baixo conteúdo de COV	P17	7		
		Conforto térmico	Nível de conforto térmico médio anual	P18	19		
		Conforto visual	Média do Fator de Luz do Dia Médio	P19	15		
		Conforto acústico	Nível médio de isolamento acústico	P20	12		
	C7-Acessibilidade	Acessibilidade e transportes públicos	Índice de acessibilidade a transportes públicos	P21	17	30	
		Acessibilidade a amenidades	Índice de acessibilidade a amenidades	P22	13		
	C8-Sensibilização e educação para a sustentabilidade	Formação dos ocupantes	Disponibilidade e conteúdo do Manual do Utilizador do Edifício	P23	10	10	
DE-Económica	C9-Custos de ciclo de vida	Custo de investimento inicial	Valor do custo do investimento inicial por m ² de área útil	P24	50	100	30%
		Custos de utilização	Valor atual dos custos de utilização por m ² de área útil	P25	50		

Tabela 4. Nível de Classificação de Sustentabilidade (SBToolPT-H, 2009)

Níveis de classificação	Valor normalizado	Símbolo de certificação
A*	$P > 1,00$	
A	$0,70 < P \leq 1,00$	
B	$0,40 < P \leq 0,70$	
C	$0,10 < P \leq 0,40$	
D	$0,00 < P \leq 0,10$	
E	$0,00 < P$	

Na Figura 3, está representado um fluxograma onde se visualiza o processo de certificação da metodologia SBTool^{PT}-H. A classificação de sustentabilidade do edifício

é obtida por intermédio da quantificação, normalização e agregação mediante os pesos considerados nas dimensões Ambiental 40%, Social 30%, Económica 30%.

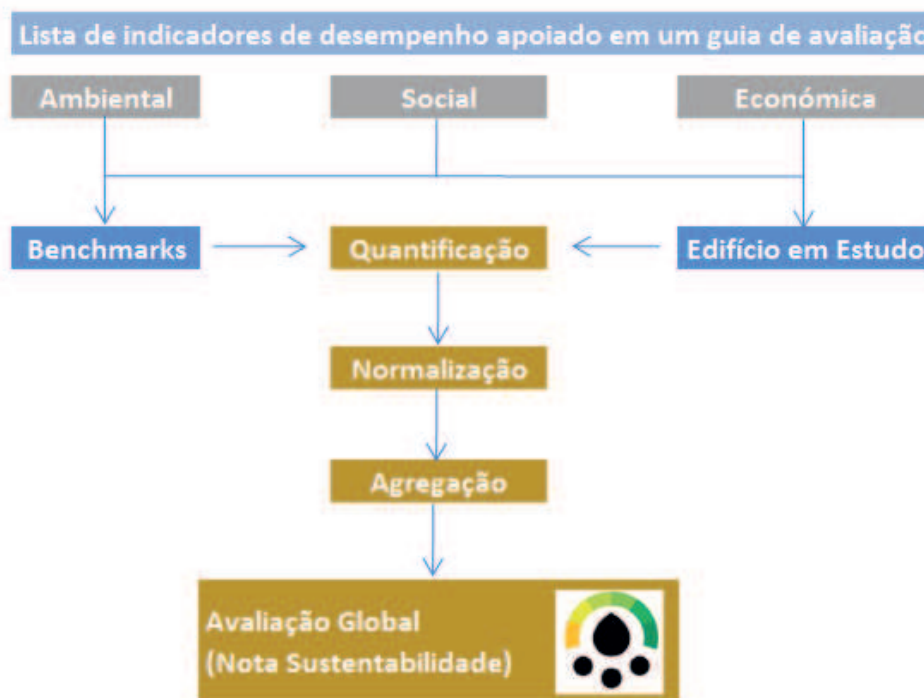


Figura 3. Fluxograma - Aplicação da Metodologia SBTTool^{PT}-H

2.5. Considerações

A importância de Sustentabilidade na construção é uma preocupação crescente, dado este sector apresentar uma grande quota-parte das emissões ambientais, e devido à sua indústria não se encontrar muito evoluída. É de facto uma aposta a considerar de modo a otimizar esta indústria, minimizando os impactos ambientais. Ou seja, reformular os impactos presentes nas construções, desde a extração da matéria-prima, fase de uso, manutenção, até à sua demolição e gestão de resíduos. Para isso foi descrito nesta Parte I o método da análise de Ciclo de Vida de um produto e/ou processo que resulta da quantificação dos impactes ambientais da análise definida, implementando medidas de melhoramento na Sustentabilidade de Construção.

Relativamente às habitações descrevesse um sistema de certificação da sustentabilidade, que permite o utilizador saber o nível de autossustentação ambiental e as suas medidas de melhoria.

3. Sistema de Construção MODIKO

3.1. Descrição do sistema de Construção Modiko

O sistema de Construção MODIKO é um *kit* de construção metálica industrializada composto por componentes pré-fabricados.

O conceito modular aplicado no sistema MODIKO assenta num conjunto de componentes metálicos (perfis, paredes, platibandas, entre outros) produzidos em fábrica e facilmente transportáveis para o local de construção complementados com materiais adicionais em obra possibilitando a criação de diferentes soluções arquitetónicas.

O sistema MODIKO tem como base uma estrutura reticulada composta por perfis Perflex em aço galvanizado, enformados a frio, que foram desenvolvidos e patenteados pela Metalusa, SA. Estes elementos têm a particularidade de permitirem um sem número de combinações, podendo obter-se pilares e vigas que se unem em qualquer ponto e segundo qualquer eixo dispensando soldaduras.

A Figura 4 ilustra a construção MODIKO de uma moradia, desde a implementação da laje de ensoleiramento geral e perfis, até ao acabamento final.

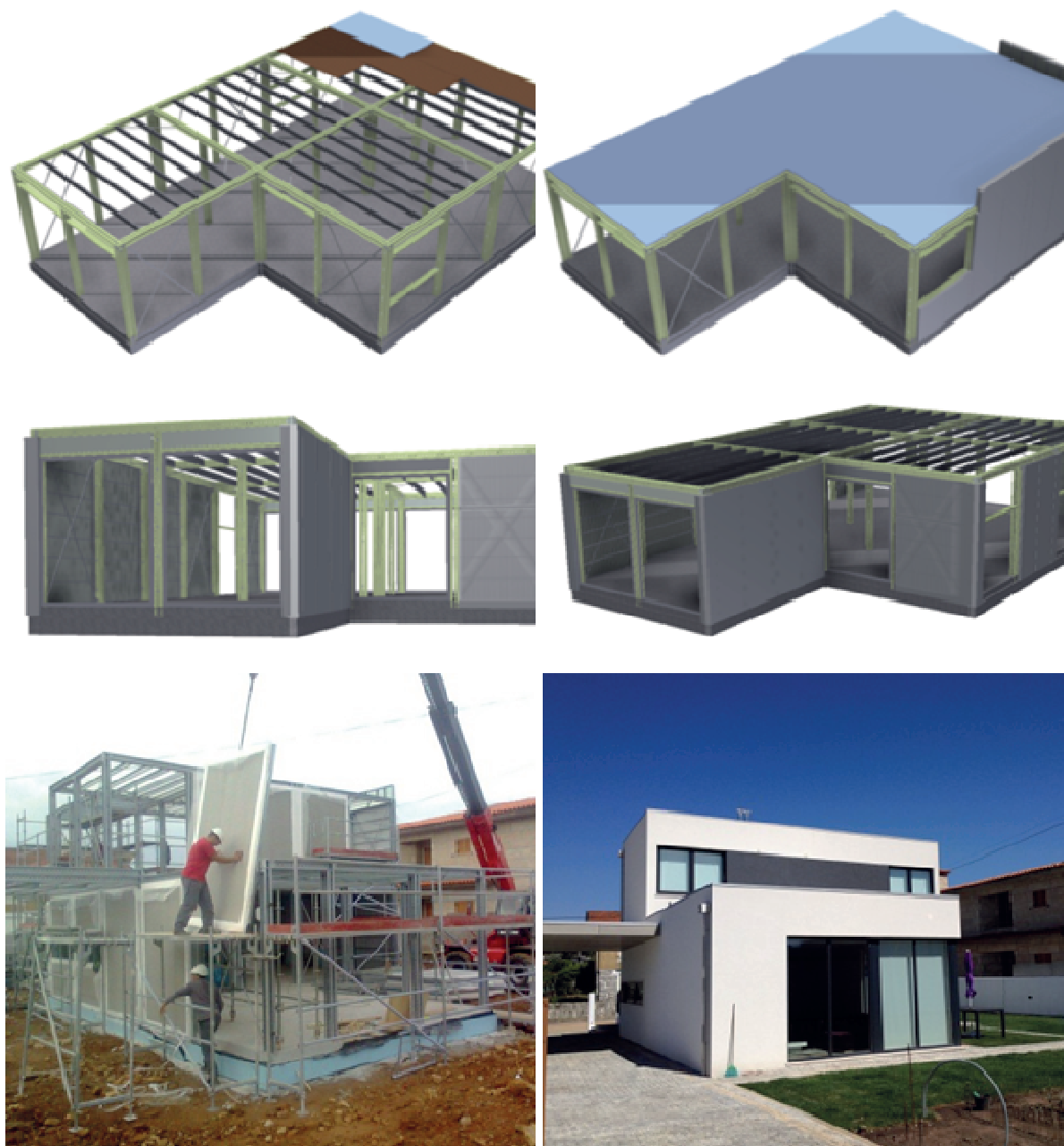


Figura 4. Ilustração da construção MODIKO (Metalusa, 2015)

Os pilares são ligados à infraestrutura através de sapatas metálicas que também permitem o nivelamento da estrutura principal.

As lajes de piso e as coberturas planas são montadas no local usando perfis de piso Perflex aparafusados à estrutura principal, complementados com materiais adicionados em obra. As coberturas inclinadas de duas águas são realizadas com perfis Perflex. Em configurações mais complexas são usadas treliças pré-montadas com perfis em aço unidas com recurso a parafusos e ou outros acessórios e complementadas em obra com materiais.

As componentes apresentam uma gama de dimensões otimizada de forma a garantir a máxima flexibilidade e adaptabilidade do sistema. A articulação entre módulos facultada pelas características do perfil MODIKO potencializa a criação de diferentes soluções arquitetônicas: as várias componentes interligam-se quase como um jogo de legos. O sistema MODIKO possibilita o desenvolvimento de um projeto personalizado associando as vantagens da fabricação em série. Sendo uma estrutura que não recorre a “paredes estruturais”, permite ainda o crescimento (ou retração) do edificado de acordo com a evolução das necessidades do proprietário ao longo do ciclo de vida do edifício (Metalusa, 2015).

3.1.1 Perfis

O sistema Modiko é uma construção modular definida por vários elementos em aço moldado a frio, com classe de resistência S275, tais como o perfil Perflex, perfil Modiko 1C, perfil Modiko 2C e o perfil Modiko 4C, representados na Figura 5.

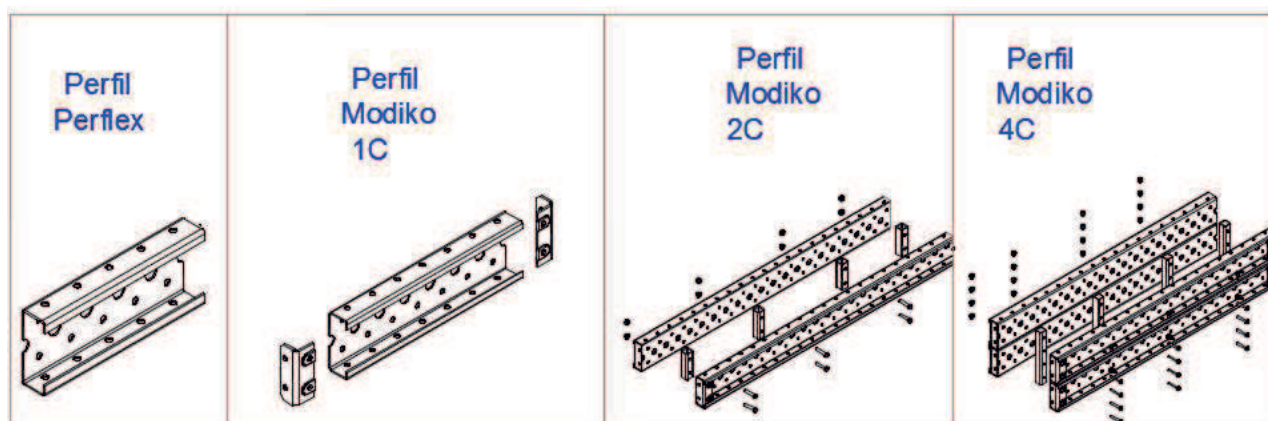


Figura 5. Elementos do sistema MODIKO

O Perfil Perflex é essencialmente usado como viga de piso. Tem a particularidade de não terem topos soldados, usando-se acessórios L para a ligação às vigas principais e tem um peso de 6,47 Kg/ml.

O perfil simples (1C) é um elemento fundamental do sistema MODIKO, pois serve de base à constituição dos perfis compostos (2C, 3C, 4C) que por sua vez são responsáveis por todo o esqueleto da estrutura de uma habitação modular. Este perfil tem um peso de 8,04 Kg/ml.

O perfil tem configuração em “C” com 3 mm de espessura e furação longitudinal para parafusos M12. O formato característico do perfil deve-se ao modo de produção por perfilagem de chapa de aço de classe de resistência e de qualidade S235JR. O perfil é fechado nas extremidades por dois topos em forma de L soldados, ver Figura 5. No final o produto é galvanizado, garantindo desta forma resistência à corrosão.

3.1.2 Paredes Exteriores

As paredes exteriores deste tipo de construção são constituídas por “painéis de fachada MODIKO”. Os painéis são compostos por duas partes: a externa e a interna. Estando esta última não incluída no kit.

As paredes exteriores MODIKO já vêm parcialmente montadas de fábrica, segundo o esquema da Figura 6, definidas por uma armação metálica, uma chapa galvanizada, o poliestireno expandido, a rede em fibra de vidro e a argamassa de base.

Em obra apenas se conclui o sistema ETICS com o revestimento final e a parte interior (lã de rocha e gesso cartonado).

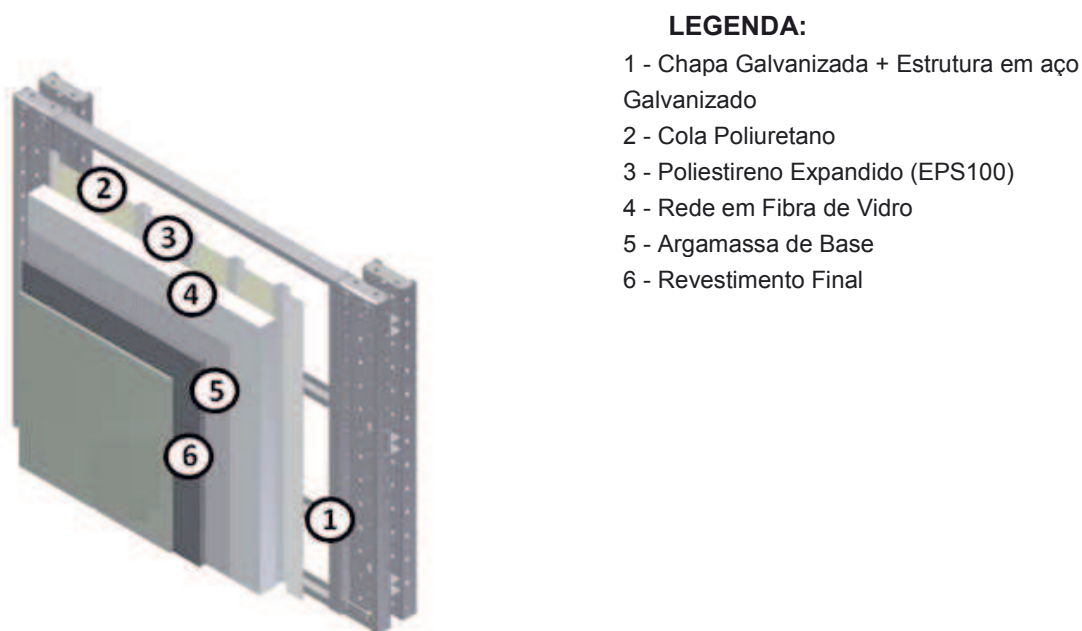


Figura 6. Paredes: constituição da parede exterior - componente exterior

A Figura 7 retrata a montagem em obra das paredes, previamente feitas em fábrica. Na qual são apoiadas em estruturas em aço galvanizado.

Por questões de confidencialidade de dados da empresa Metalusa, não são apresentados, com detalhe, os dados técnicos de todos os materiais utilizados no sistema Modiko, assim como as respetivas folhas técnicas.



Figura 7. Paredes: a) montagem; b) aplicadas em obra

4. Avaliação do Ciclo de Vida do Sistema de Construção Modiko

4.1. Introdução

Como referido na secção 2.4.1 do presente trabalho, uma DAP fornece informação ambiental de produtos ou processos do sector da construção ao longo de um ciclo de vida definido, constituindo a base para a avaliação de um edifício.

Conforme a norma NP15804 (NPEN15804, 2012), a finalidade de uma DAP é fornecer a base para a avaliação ambiental de edifícios, identificando o que provoca menor pressão sobre o ambiente e assim identificar os aspetos de melhoria no desempenho ambiental do produto. A DAP é apresentada segundo um módulo de informação, permitindo a organização e a apresentação facilitada dos dados. O presente relatório apresenta a DAP relativa à etapa de produto que compreende os módulos de informação de A1 a A3.

Para a elaboração da DAP dos produtos Modiko, recorreu-se ao software GaBi – Product Sustainability Performance (Gabi, Versão 6.0, 2014), para a realização da Análise de Ciclo de Vida (ACV).

Os resultados da ACV, destes produtos da construção, são apresentados segundo as normas ISO 14040 (ENISO14040, 2008) e a NP15804 (NPEN15804, 2012), concretizando a informação necessária para a realização de uma Declaração Ambiental de Produto (DAP).

4.2. Avaliação do Ciclo de Vida dos Perfis

4.2.1 Perfil Perflex

4.2.1.1 Aspetos gerais

Neste item apresentam-se os resultados da ACV de um dos produtos da construção Modiko, perfil Perflex. Este trabalho foi executado em Março de 2015, recorrendo ao software *GaBi-Product Sustainability Performance* (Gabi, Versão 6.0, 2014), e contempla a etapa de produto, definida pelos módulos de informação A1 a A3, abrangendo: A1 – a extração e processamento da matéria-prima; A2 - o transporte até ao portão da fábrica e transporte interno; A3 - a fabricação dos produtos e os processos associados; Esta DAP é designada como do “berço ao portão”, NP15804 (NPEN15804, 2012).

4.2.1.2 Objetivo do estudo

O objetivo da realização da Análise de Ciclo de Vida (ACV) de um produto da construção é fornecer informação e dados para uma DAP, onde irão constar a

quantificação dos impactes ambientais existentes nas suas fases de produção. Para tal é necessário proceder a um inventário dos “inputs” e “outputs” dos processos adjacentes à produção do produto da construção. Após a análise de inventário são avaliadas e classificadas, de modo a quantificar categorias de impactes ambientais, sendo nesta fase ponderadas as diferentes categorias de impactes ambientais e a sua importância ambiental e socioeconómica (ENISO14040, 2008).

4.2.1.3 Campo de Aplicação do Estudo

4.2.1.3.1. Unidade funcional

A unidade funcional define segundo o qual as funções identificadas, ou as características de desempenho do produto, onde são quantificadas. O principal objetivo da unidade funcional é fornecer uma referência que permite normalizar os resultados da ACV relativos aos fluxos de materiais (dados de entrada e de saída) dos produtos de construção e de qualquer outra informação a fim de produzir dados expressos numa base comum, (NPEN15804, 2012). Para este produto da construção – perfil Perflex, a unidade funcional a considerar é um metro linear.

4.2.1.3.2. Fronteira do sistema

Para a realização da ACV do Perfil Perflex, é necessário definir os sistemas do produto, nomeadamente o modelo que descreve os elementos chave do sistema físico. A fronteira do sistema define os processos unitários a incluir no modelo do sistema, (Construção, produto, & construção”, 2012). Neste estudo a fronteira do sistema, é identificada como a “envolvente” de todos os sistemas do processo de fabricação do produto de construção aqui analisado - perfil Perflex conforme a Figura 8 representa a tracejado, abrangendo os Módulos A1 (azul – Matéria-prima), A2 (roxo – Transporte) e A3 (Laranja – Produção e amarelo - Energia de produção). O Módulo D (verde – resíduos); a cor azul clara representa a fase de uso que já se encontra fora da fronteira deste sistema da ACV, adaptado de (IBU, 2015).

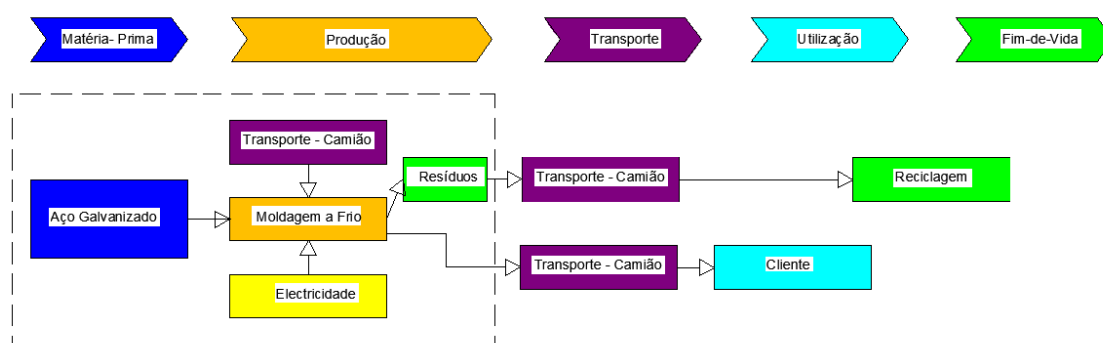


Figura 8. Fronteira do sistema do perfil Perflex, adaptado de (IBU, 2015)

Assim sendo pode observar-se, na Figura 8, a fronteira do sistema, que define a etapa do produto, envolve o fornecimento de matérias-primas – A1; Transporte até ao portão da fábrica e transporte interno; – A2; Fabricação de produtos - A3. De referir que no módulo A1, o processo da extração e processamento da matéria-prima, é considerado como um processo agregado definido na base de dados do Software GaBi (Gabi, Versão 6.0, 2014), como representado na Figura 9.

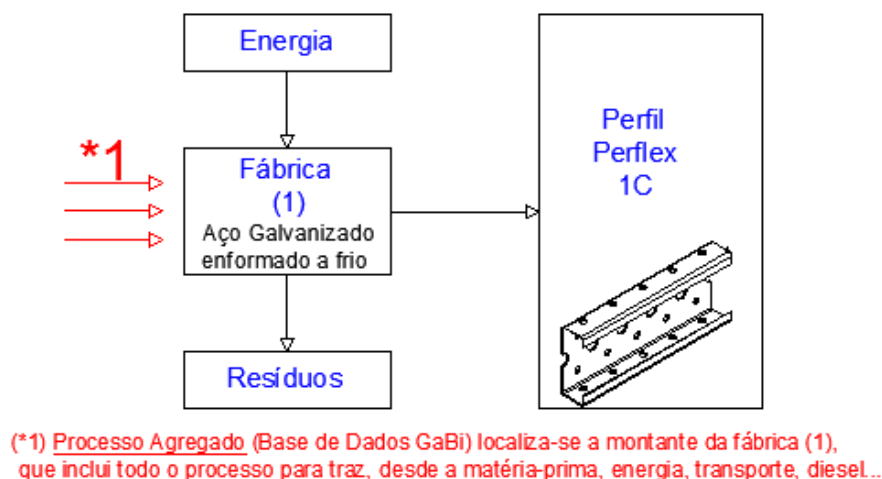


Figura 9. Fronteira do sistema com a indicação do processo agregado

4.2.1.3.3. Seleção de dados

Os dados disponíveis e inerentes aos processos de produção foram fornecidos pela empresa Metalusa. Não foram excluídos da fronteira do sistema quaisquer entradas e saídas no sistema de ACV do perfil Perflex, ou seja, relativamente ao processo de fabrico foram considerados todos os dados de inventário.

Os dados considerados para a ACV, nos módulos A1-A3, segundo a NP EN 15804 (NPEN15804, 2012), estão representados na Tabela 5, nomeadamente a identificação dos tipos de processo e de dados, para a análise do presente produto da construção em análise. De referir que o aço utilizado para este produto de construção é galvanizado.

Tabela 5. Aplicação de dados genéricos e dados específicos, adaptado da (NPEN15804, 2012)

MÓDULOS	Módulo A1-A3		
	Produção da matéria-prima - Aço Galvanizado	Fabrico do produto - perfil Perflex	
Tipo de processo	Processo exterior à fronteira do sistema, processo a montante	Processos sobre os quais o produtor tem influência: (tipo de transporte até à portão da fabrica e no seu interior, escolha da matéria-prima e método de produção)	
Tipo de dados	Dados genéricos provenientes do software GaBi	Dados específicos do produtor - Metalusa	

4.2.1.4 Análise do Inventário do Ciclo de Vida

O Inventário de Ciclo de Vida (ICV), é definido com base na informação técnica fornecida pela empresa Metalusa, para cada um dos produtos de construção estudados, identificando para cada fase de fabrico, todos os materiais e recursos energéticos a ele inerentes, bem como a utilização de recursos energéticos e gestão de resíduos. Segundo a secção 6.3.7 da Norma NP EN 15804 (NPEN15804, 2012), no que diz respeito à qualidade dos dados para o cálculo da DAP.

Com os dados fornecidos, foi possível estabelecer os Inputs e Outputs do Sistema. As unidades do Sistema internacional (SI) consideradas no presente estudo foram os descritos na Tabela 6.

Tabela 6. Unidades consideradas

Grandeza	Unidade (SI)
Massa	Kg
Comprimento	Metros (m)
Energia	MJ

4.2.1.4.1. Módulo A1

Como referido na secção 4.2.1.3 Campo de Aplicação do Estudo, a produção de matéria-prima (extração e processamento da matéria-prima – aço galvanizado), foi considerada como um processo agregado definido no software GaBi (Gabi, Versão 6.0, 2014). Neste software o inventário deste processo está agregado desde a extração de matérias-primas até o produto acabado (com uma ACV definida do berço ao portão da fábrica), ver Figura 10.

A Figura 10 representa os dados de entrada e de saída, relativos à produção do aço galvanizado para o perfil Perflex. Não são consideradas outras entradas para o fabrico do aço galvanizado para o perfil em estudo para além das especificadas no software GaBi (Gabi, Versão 6.0, 2014).

A Figura 11, representa o sistema de análise de ciclo de vida na fase do inventário, onde se representa com o símbolo “(*1)” o processo agregado anteriormente descrito; Nesta fase foi efetuado o inventário das entradas no processo de fabricação, com as quantidades descritas a verde.

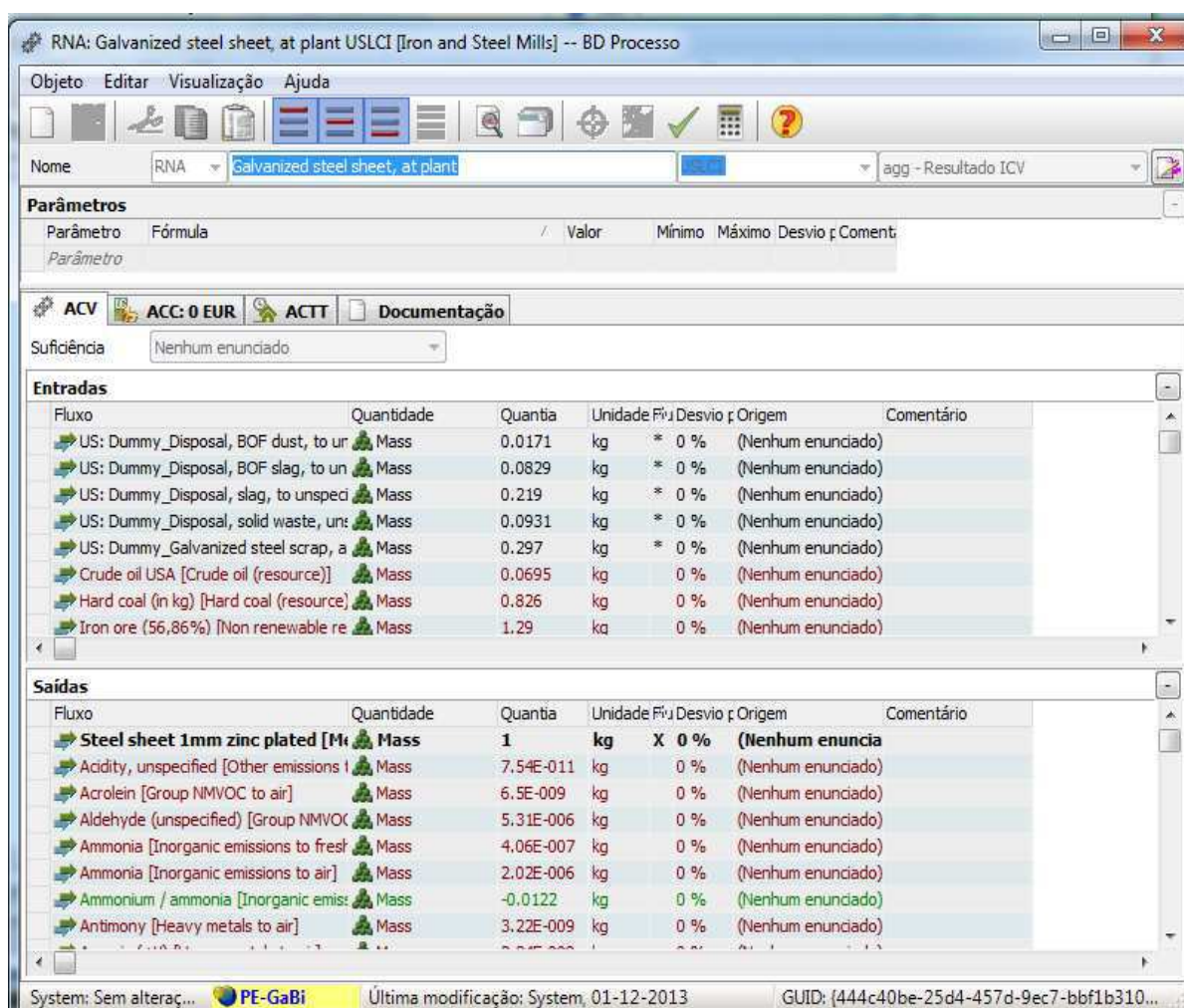
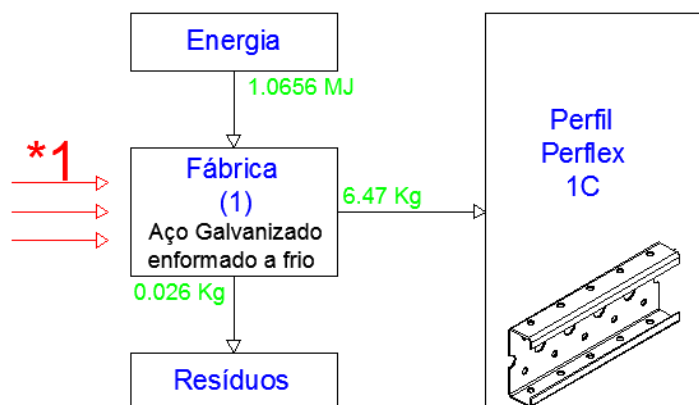


Figura 10. Aço galvanizado - “Print Screen” de alguns fluxos da base de dados da fase A1(Gabi, Versão 6.0, 2014)



(*1) Processo Agregado (Base de Dados GaBi) localiza-se a montante da fábrica (1), que inclui todo o processo para traz, desde a matéria-prima, energia, transporte, diesel...

Figura 11. Representação do sistema de ACV do perfil Perflex - Fase do inventário

4.2.1.4.2. Módulo A2

No módulo A2 consideram-se as emissões devidas ao transporte do material para a fábrica da Metalusa. De acordo com a informação fornecida pela empresa Metalusa, o aço galvanizado é transportado até à fábrica por um camião com capacidade de 24 toneladas. As emissões deste veículo, são detalhadas na Figura 12 conforme a base de dados existente do software GaBi (Gabi, Versão 6.0, 2014) para uma distância média de 100 Km. Relativamente a 1 Kg de aço galvanizado este veículo necessita de 1.35 gramas de diesel, sendo estas duas as “entradas” descritas na primeira parte. Apresentando como emissões as “saídas”, de por exemplo: Amónia, Benzeno, Dióxido de Carbono, Monóxido de Carbono, etc.



Entradas								
Parâmetro	Fluxo	Quantidade	Quantia	Fator	Unidade	Fv	Desvio % Origem	Comentário
	Cargo [Others]	Mass	1	1	kg	X	0 %	(Nenhum enuncia
	Diesel [Refinery products]	Mass	0,00135	1	kg	X	0 %	Calculated
Fluxo								
Saídas								
Parâmetro	Fluxo	Quantidade	Quantia	Fator	Unidade	Fv	Desvio % Origem	Comentário
	Cargo [Others]	Mass	1	1	kg	X	0 %	(Nenhum enuncia
spec_NH3	Ammonia [Inorganic emissions to air]	Mass	2,18E-008	1E-006	kg		0 %	Literature
spec_benzei	Benzene [Group NMVOC to air]	Mass	3,6E-009	0,001	kg		0 %	Calculated
spec_CO2_f	Carbon dioxide [Inorganic emissions to air]	Mass	0,00408	0,001	kg		0 %	Calculated
spec_CO2_t	Carbon dioxide (biotic) [Inorganic emissions to air]	Mass	0,000215	0,001	kg		0 %	Calculated
spec_CO_to	Carbon monoxide [Inorganic emissions to air]	Mass	3,7E-006	0,001	kg		0 %	Calculated
spec_part_t	Dust (PM2.5) [Particles to air]	Mass	1,54E-007	0,001	kg		0 %	Calculated
spec_CH4_t	Methane [Organic emissions to air (group NMVOC)]	Mass	5,18E-009	0,001	kg		0 %	Calculated
spec_NO2_t	Nitrogen dioxide [Inorganic emissions to air]	Mass	4,96E-006	0,001	kg		0 %	Calculated
spec_NO_to	Nitrogen monoxide [Inorganic emissions to air]	Mass	1,87E-005	0,001	kg		0 %	Calculated
spec_N2O_t	Nitrous oxide (laughing gas) [Inorganic emissions to air]	Mass	2,8E-008	1E-006	kg		0 %	Literature
spec_NMVOI	NMVOC (unspecified) [Group NMVOC to air]	Mass	2,11E-007	0,001	kg		0 %	Calculated

Figura 12. Emissões de Camião com capacidade 24 toneladas (Gabi, Versão 6.0, 2014)

4.2.1.4.3. Módulo A3

A fase de produção relativamente ao produto perfil Perflex caracteriza-se pela moldagem a frio, este processo tem como base uma máquina, a perfiladora, que trabalha a eletricidade, ver Figura 13. A montante da perfiladora encontra-se o rolo com a chapa de aço galvanizado. Esta é transformada no perfil em “C”, segundo um processo de dobragem e furação. Os dados necessários para a realização da ACV, foram introduzidos no software GaBi (Gabi, Versão 6.0, 2014) conforme a Figura 14 e Figura 15 apresentam.



Figura 13. Processo de moldagem a frio - perfiladora

A Figura 14 é o processo de moldagem a frio do produto perfil Perflex tratado no software GaBi (Gabi, Versão 6.0, 2014) em que para um metro linear de perfil é necessário 1,07MJ de eletricidade de Portugal, 6,5 Kg de aço galvanizado com a espessura de 3mm. Adicionalmente considera-se o gasóleo necessário para o transporte da chapa de aço galvanizado que chega à fábrica, cerca de 0.0087kg; para 6,47 Kg de perfil Perflex, (para um metro linear de perfil) e de 0,026 Kg resíduos de aço galvanizado provenientes da furação da chapa.

Para este estudo de ACV apenas foi considerado o processo de fabrico do perfil, excluindo a alocação de inputs e outputs indiretos da empresa, tais como iluminação geral da fábrica, desgaste de equipamentos e suas reparações, etc.

Nome	Nação	Moldagem a Frio - Perfil (1 Metro Linear)	Referência	u-so - Proc. unitário, operação úr			
Parâmetros							
Parâmetro	Fórmula	Valor	Mínimo	Máximo	Desvio	Coment.	
Parâmetro							
ACV ACC: 0 EUR ACTT Documentação							
Suficiência Nenhum enunciado							
Entradas							
Fluxo	Quantidade	Quantia	Unidade	Fij	Desvio	Origem	Comentário
Electricity [Electric power]	Energy (net ca 1.07		MJ	X	0 %	(Nenhum enuncia	
Steel thin sheet (galvanized) [M	Mass	6.47	kg	X	0 %	(Nenhum enuncia	
Diesel [Refinery products]	Mass	0.0087	kg	X	0 %	(Nenhum enuncia	
Fluxo							
Saídas							
Fluxo	Quantidade	Quantia	Unidade	Fij	Desvio	Origem	Comentário
Perfil Perflex [Systems]	Mass	6.47	kg	X	0 %	(Nenhum enuncia	
Waste (deposited) [Stockpile goods]	Mass	0.00404	kg	*	0 %	(Nenhum enunciado)	
Fluxo							

Figura 14. Processo de moldagem a frio - perfil Perflex

A Figura 15 representa o plano da Análise de Ciclo de Vida (ACV) do perfil Perflex, onde se identifica o processo da moldagem a frio do perfil descrito na Figura 14. Este processo é identificado como: “*TM MDK P. Perflex*”, as entradas de aço galvanizado com o nome “*Steel Electrogalvanized world steel*”, o camiãõ “*truck-trailer*”, o gasóleo, “*diesel mix at refinery*”, e a eletricidade como “*electricity grid mix*”.

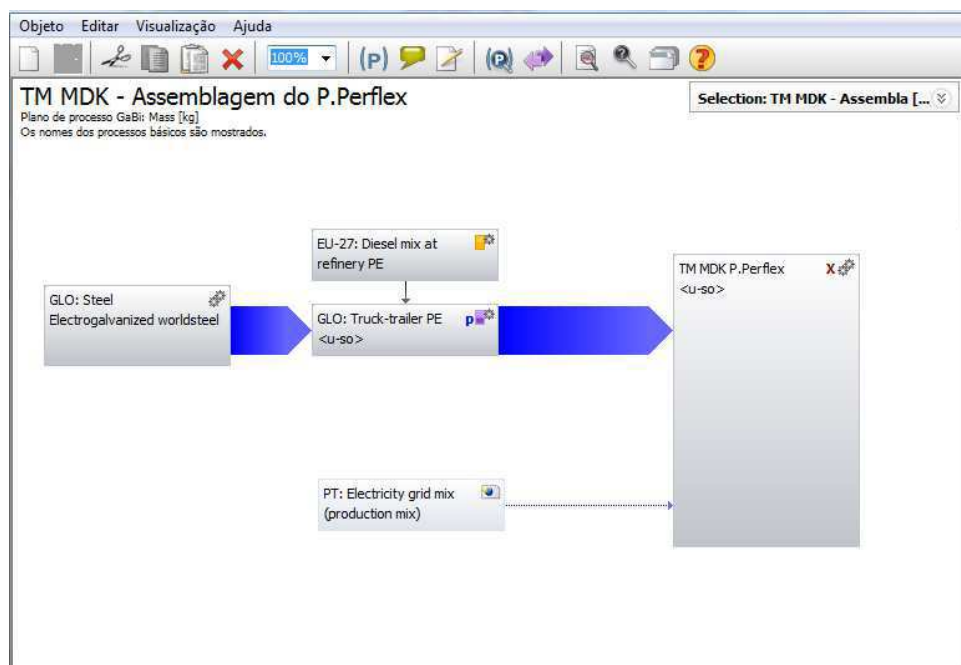


Figura 15. Plano da ACV para o perfil Perflex - Processo de moldagem a frio

A energia fornecida para a produção do perfil Perflex (moldagem a frio) e seus resíduos, os provenientes da furação do perfil, apresenta uma percentagem de matéria secundária tem origem em combustíveis secundários (energias renováveis)

segundo informação da empresa Metalusa SA de 26%. A Tabela 7 sintetiza os dados de inventário aferidos, em termos de material e energia, na produção do perfil Perflex na análise de ciclo de vida.

Tabela 7. Síntese dos dados de inventário aferidos na produção do perfil Perflex

Medida (m)	Perfil Montante Perfiladora (Kg)	Energia Perfiladora (MJ)	Perfil Jusante Perfiladora (Kg)	Resíduos (AçoGalvanizado) Kg
1	6.5	1.0656	6.47	0.026

4.2.1.5 Avaliação dos Impactes do Ciclo de Vida

A Avaliação de Impacte Ambiental contabiliza o efeito das emissões de entradas (inputs) e saídas (outputs) do produto de construção – perfil Perflex, considerando as categorias de impacto e utilizando os fatores de caracterização aplicados na Base de Dados Europeia relativa ao ciclo de vida de referência, conforme indicado na norma NP EN 15804 (NPEN15804, 2012).

A avaliação dos impactes é realizada para as seguintes categorias de impacto e utilizando os fatores de caracterização provenientes na Base de Dados CML (Instituto de Ciências Ambientais, Faculdade de Ciências da Universidade de Leiden, Países-Baixos), NP EN 15804 (NPEN15804, 2012).

- Depleção de Recursos Abióticos (elementos) - (ADP elementos);
- Depleção de Recursos Abióticos (fósseis) - (ADP fóssil);
- Potencial de Acidificação - (AP);
- Potencial de Eutrofização - (EP);
- Aquecimento Global - (GWP 100 years);
- Aquecimento Global, sem carvão biogénico - (GWP 100 years);
- Depleção da Camada de Ozono - (OPD);
- Formação de ozono fotoquímico - (POCP).

No que diz respeito às matérias secundárias e à gestão de resíduos, segundo a norma NP EN 15804 (NPEN15804, 2012) e representado na Figura 16, os resíduos provenientes do sistema da ACV do Perfil Perflex, derivados da furação e da moldagem a frio do aço galvanizado, têm um grande potencial de reutilização, podendo ser classificando como de matérias secundárias e combustíveis - Fase D - “Benefícios e Cargas para além da fronteira do sistema” – “Reutilização, Recuperação, Reciclagem Potencial”.

Os resíduos de aço provenientes da furação do perfil Perflex são reciclados, e segundo a Figura 16, classificados de “matérias secundárias e combustíveis” estas têm

capacidade de entrar novamente na cadeia de produção minimizando os impactos da extração da matéria-prima fase A1.

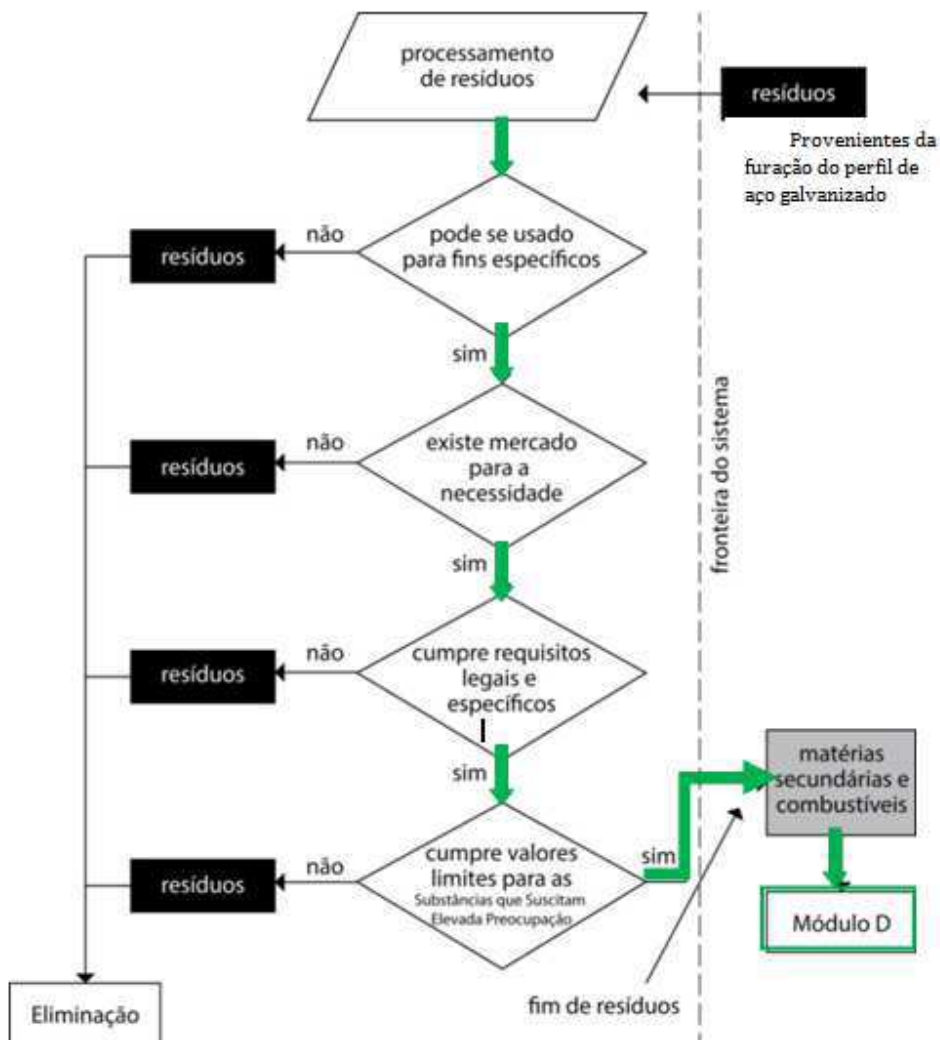


Figura 16. Árvore de decisão de fim do estatuto de resíduo, perfil Perflex (NPEN15804, 2012)

Na Figura 17 é representado a alocação das entradas e das emissões consideradas no processo de moldagem a frio de um metro de perfil Perflex.

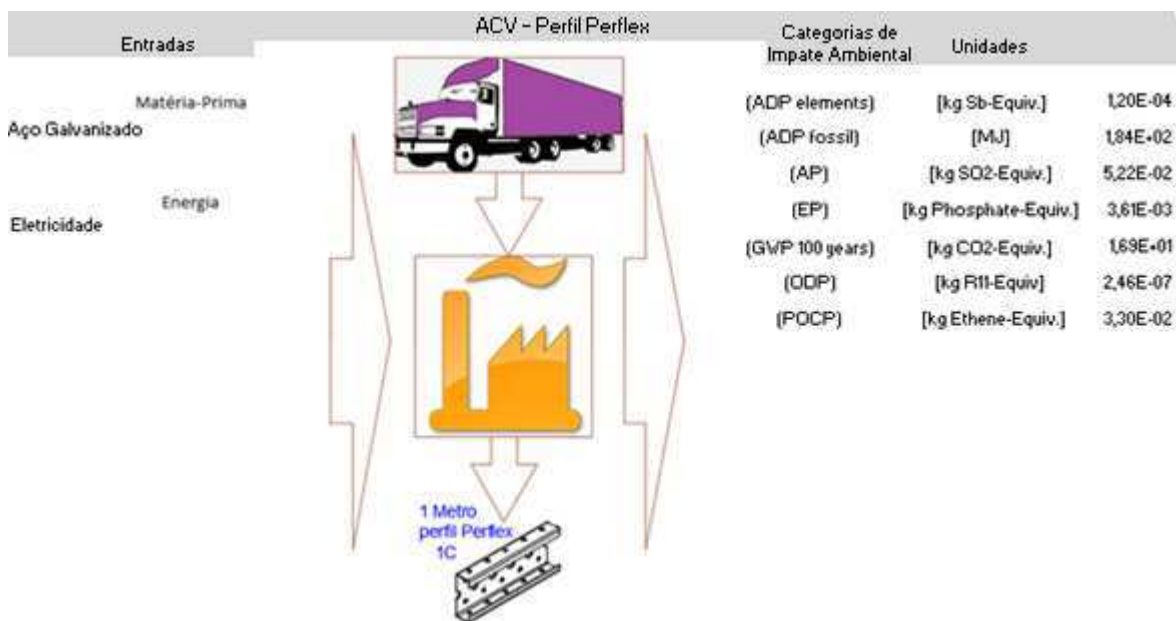


Figura 17. Alocação Entradas e Emissões perfil Perflex

Na Tabela 8 sintetizam-se os resultados segundo a metodologia de ACV, CML do perfil Perflex. A Tabela 8 permite averiguar com detalhe as categorias de emissões à metodologia de Análise Ciclo de Vida do produto, onde se evidencia as fases do estudo A1 – extração da matéria-prima, A2 – transporte, e A3 – produção. A fase de extração do material (A1) apresenta, relativamente às restantes A2 e A3 uma maior contribuição nas emissões.

Tabela 8. Resultados dos impactes ambientais na produção do perfil Perflex (Gabi, Versão 6.0, 2014)

ACV: Resultados																	
Fase de Produção			Processo de Construção		Fase de Uso							Fase de Fim de Vida				Benefícios para além da Fronteira do Sistema	
Exatidão da Matéria-Prima	Transporte	Produção	Transporte	Processo de Construção	Uso	Manutenção	Reparação	Substituição	Remodelação	Energia adicional - Uso	Uso da água Operacional	Desmontagem / Demolição	Transporte	Processo de Reciclagem	Descarte	Reutilização / Potencial de Reciclagem	
																	A1
x	x	x	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Resultados ACV- Categorias ambientais: 1 metro de Perfil																	
Emissões Ambientais					Unidade		A1		A2		A3						
Depleção de Recursos Abióticos (ADP elementos)					Kg Sb-Equiv.		1.20E-04		1.15E-09		2.76E-08						
Depleção de Recursos Abióticos (ADP fóssil)					MJ		1.82E+02		4.26E-01		1.92E+00						
Potencial Acidificação (AP)					kg SO2-Equiv.		5.11E-02		1.39E-04		9.82E-04						
Potencial Eutrofização (EP)					Kg Phosphate-Equiv		3.52E-03		3.21E-05		5.93E-05						
Aquecimento Global (GWP 100 years)					kg CO2-Equiv.		1.67E+01		3.07E-02		1.58E-01						
Depleção da Camada de Ozono (ODP, steady state)					Kg Ethene-Equiv.		9.62E-03		-4.57E-05		7.14E-05						
Formação de ozono fotoquímico (POCP)					kg DCB-Equiv.		3.24E-02		2.27E-04		3.75E-04						

A Tabela 8 e a Figura 17 representam os resultados da ACV recorrendo à metodologia CML englobando as entradas e emissões, fronteira do sistema definido para o produto perfil Perflex acima mencionado.

A Tabela 9 representa os resultados dos impactes ambientais na produção do perfil Perflex, o contributo de cada fase, e também as suas percentagens assinaladas a

verde, complementa assim apresentação dos resultados da Tabela 8. Assim, pode observar-se na Tabela 9, que é a fase A1- extração de matéria-prima, que mais contribui para as emissões ambientais, os valores obtidos variam de 96,25% a 99,99%. A fase A3 – produção, que compreende valores em percentagem de 0,02% a 3,43% da afetação de emissões da metodologia CML. Finalmente a fase A2 – transporte, corresponde a percentagens de -0,47% a 0,86% da afetação do total das emissões, valores muito reduzidos, em que para o impacto: Depleção da Camada de Ozono (ODP, steady state) o valor é negativo, representando créditos na afetação desta emissão.

Tabela 9. Percentagem de resultados dos impactes ambientais na produção do perfil Perflex

Resultados ACV- Categorias ambientais: 1 metro de Perfil [%]				
Emissões Ambientais	Unidade	A1	A2	A3
Depleção de Recursos Abióticos (ADP elementos)	Kg.Sb-Equiv.	1.20E-04	1.15E-09	2.76E-08
		99.98%	0.00%	0.02%
Depleção de Recursos Abióticos (ADP fossil)	MJ	1.82E+02	4.26E-01	1.92E+00
		98.72%	0.23%	1.05%
Potencial Acidificação (AP)	kg SO2-Equiv.	5.11E-02	1.39E-04	9.82E-04
		97.85%	0.27%	1.88%
Potencial Eutrofização (EP)	Kg.Phosphate-Equiv	3.52E-03	3.21E-05	5.93E-05
		97.47%	0.89%	1.64%
Aquecimento Global (GWP 100 years)	kg CO2-Equiv.	1.67E+01	3.07E-02	1.58E-01
		98.88%	0.18%	0.94%
Depleção da Camada de Ozono (ODP, steadystate)	kg R11-Equiv.	9.62E-03	-4.57E-05	7.14E-05
		99.73%	-0.47%	0.74%
Formação de ozono fotoquímico (POCP)	Kg.Ethene-Equiv.	3.24E-02	2.27E-04	3.75E-04
		98.18%	0.69%	1.13%

4.2.1.6 Interpretação do Ciclo de Vida

A interpretação dos resultados é a última fase do presente estudo, e não a menos importante, pois é nesta fase que cada categoria de impacte descrita na avaliação dos impactes ambientais, é analisada com base nos resultados obtidos da seguinte forma:

- Confirmar a origem dos seus impactes;
- Comparação do caso de estudo com uma de solução EPD já publicada (IBU, 2015);
- Informação de limitações;
- Sugestão de melhoria de resultados.

A percentagem mais elevada, relativamente aos resultados dos impactes ambientais na produção do perfil Perflex para todas as categorias de emissões da ACV

como referido, é a fase da extração da matéria-prima (A1), segundo o ponto 3.3.1.5 Avaliação dos Impactes do Ciclo de Vida.

Os resultados da ACV são calculados recorrendo à metodologia CML, onde se contabiliza todas as entradas e emissões, do sistema de fronteira definido para o produto perfil Perflex.

Comparando estes resultados com um elemento de construção análogo a este, por exemplo: EPD: “Light Gauge Steel Profiles – Akkon Steel Structure Systems Co” (IBU, 2015), cuja DAP é calculada para a média de espessura de perfis em aço utilizados para construção de edifícios, definida por vários elementos (paredes estruturais, pisos e painéis do telhado), e sistemas de fronteira iguais, (IBU, 2015).

A Tabela 10 apresenta a diferença de resultados relativos a cada emissão para as etapas A1, A2 e A3. Conforme se pode constatar, os resultados obtidos para o perfil Perflex da Metalusa apresentam uma diferença muito reduzida em praticamente todas as categorias de impactos do produto “Light Gauge Steel Profiles – Akkon Steel Structure Systems Co” EPD, (IBU, 2015).

Tabela 10. Comparação dos resultados da ACV do perfil Perflex como “Light Gauge Steel Profiles - Akkon Steel Structure Systems Co”

Resultados ACV- CML – Comparação de 1kg perfil Perflex – 1kg perfil EPD-IBU				
Emissões Ambientais	Unidade	A1-A1	A2-A2	A3-A3
Aquecimento Global (GWP 100 years)	kg CO2-Equiv.	0.07	-0.05	-0.06
Formação de ozono fotoquímico (POCP)	kg DCB-Equiv.	0.00	0.00	0.00
Depleção da Camada de Ozono (ODP, steady state)	KgEthene-Equiv.	0.00	0.00	0.00
Potencial Acidificação (AP)	kg SO2-Equiv.	-0.03	0.00	0.00
Potencial Eutrofização (EP)	KgPhosphate-Equiv	-0.01	0.00	0.00
Depleção de Recursos Abióticos (ADP elementos)	KgSb-Equiv.	-0.02	0.00	0.00
Depleção de Recursos Abióticos (ADP fóssil)	MJ	-9.73	-0.81	-0.87

Relativamente à emissão ambiental de depleção de Recursos Abióticos (ADP fóssil) a diferença entre 1kg de Perfil Perflex e 1kg de perfil EPD-IBU nas fases A1, A2, A3 não é nula, apresenta valores negativos, o que significa que o perfil Perflex produz menores emissões que o perfil EPD-IBU. Na fase A1 (extração de matéria), considerada um processo agregado, a maior diferença entre os produtos ocorre para a emissão: Depleção de Recursos Abióticos (ADP fóssil) expressa em MJ relaciona o consumo de combustíveis fósseis, recursos finitos que com a exploração continuada não estarão disponíveis para as próximas gerações, é de -9,73 MJ por kg de perfil. Na fase A2 (transporte) a diferença a registar é no tipo de transporte utilizado, que para o Perfil Perflex é um transporte específico e para o perfil EPD-IBU é admitido uma média do tipo de transporte relativamente às empresas de produção de perfis. Na fase A3 (produção) à semelhança da fase A2 para o perfil perflex o cálculo é estabelecido para o rendimento da perfiladora da empresa Metalusa, para o perfil do EPD-IBU o

cálculo aferido provém da média dos rendimentos das perfiladoras e dos recursos fósseis gastos neste processo.

Como sugestão de melhoria, recomenda-se a utilização de mais matéria reciclada na fase A1, pois como as emissões nesta etapa, representam cerca de 100% das emissões do processo em análise, a consideração de um incremento de resíduos seria significativo para a diminuição dos impactos ambientais causados por este perfil. Para este caso de estudo não foi considerado nenhum contributo de matéria reciclada na fase de extração de matéria-prima.

Como interpretação da análise de ciclo de vida efetuada para o perfil Perflex – é possível detalhar o seguinte:

Matérias-primas: Na matéria-prima utilizada na fabricação do perfil Perflex, 30% é proveniente de matéria reciclada. Na ACV efetuada, a parcela com maior contributo de emissões das categorias de impacto é a referente à extração e processamento da matéria-prima (fase A1), esta representa cerca de 100% da totalidade das emissões envolvidas nas etapas (A1+A2+A3). Para este caso de estudo não foi considerado nenhum contributo de matéria reciclada na fase de extração de matéria-prima, e sim a base de dados do software Gabi (Gabi, Versão 6.0, 2014).

Transporte: O aço galvanizado é transportado em bobines. Para tal utiliza-se um camião com a capacidade de 24 toneladas e com um rendimento estimado pelo software GaBi (Gabi, Versão 6.0, 2014), para uma distância média de 100Km. Consideram-se os gastos totais do transporte em função dos percursos inseridos na base de dados, de 0,00135 kg de diesel/kg carga (Gabi, Versão 6.0, 2014).

Processo: O processo produtivo que se caracteriza pela moldagem a frio com recurso a uma perfiladora que para um metro de perfil moldado, 6,47Kg de aço galvanizado, consome 1,07MJ de energia (eletricidade de Portugal). Esta energia é classificada como: 26% de origem renovável, segundo a fatura da EDP da empresa Metalusa SA. Este processo gera resíduos de aço galvanizado, provenientes da furação da chapa em aço galvanizado, de 0,026 Kg estando estes classificados como “matérias secundárias e combustíveis” (NPEN15804, 2012).

4.2.1.7 Conclusões

A realização da Análise de Ciclo de Vida do perfil Perflex permite concluir que para este Produto de construção – perfil Perflex, a atividade com maior contribuição para as emissões ambientais resultantes da ACV, é o fabrico da matéria-prima, o aço galvanizado, que corresponde à etapa A1 com valores entre 96,25% a 99,99%. em todas as emissões das categorias de impactos.

Saliente-se que para estes cálculos é importante a clareza dos dados fornecidos pela empresa, pois facilitam a fase de inventário, a qualidade dos critérios de entradas e saídas, e desta forma permitem a obtenção de impactes ambientais.

Na comparação dos resultados obtidos nesta DAP com os apresentados por uma EPD de um produto análogo, “*Light Gauge Steel Profiles–Akkon Steel Structure Systems*

Co”, (IBU, 2015), é possível constatar que na maior parte das emissões para as categorias de impacto consideradas a diferença é praticamente nula.

No entanto, relativamente à emissão ambiental de depleção de Recursos Abióticos (ADP fóssil), a diferença entre 1kg de Perfil Perflex e 1kg de perfil EPD-IBU nas fases A1, A2 e A3, não é nula. Apresenta valores negativos, o que significa que o perfil Perflex tem menores emissões que o perfil EPD-IBU; estas emissões são expressas em MJ e relaciona o consumo de combustíveis fósseis, recursos finitos que com a exploração contínua não estarão disponíveis para as próximas gerações.

Na fase A1 (extração e fabrico de matéria prima), é considerado um processo agregado, regista-se uma diferença de -9,73 MJ por kg de perfil, relativa a emissão Depleção de Recursos Abióticos (ADP fóssil). Na fase A2 (transporte) a diferença a registar é no tipo de transporte utilizado, para o Perfil Perflex é específico e para o perfil EPD-IBU é uma média dos tipos de transporte utilizados nas empresas de produção deste tipo perfis. Na fase A3 (produção) à semelhança da fase A2 para o perfil perflex, o cálculo é estabelecido para o rendimento da perfiladora da empresa Metalusa e para o perfil do EPD-IBU o cálculo aferido provém da média dos rendimentos e gastos de recursos fósseis das perfiladoras.

Admitindo que pelo menos 30% de matéria reciclada, secundária entra no circuito através da matéria-prima – bobines de chapa galvanizada, e os resíduos provenientes da furação do Perfil Perflex vão para reciclagem, cerca de 3%, sendo desta forma o módulo D não considerado, pois esta gestão seria outra ACV, onde se desconhece informação dos seus procedimentos.

4.2.2 Perfil Modiko 1C

4.2.2.1 Aspetos gerais

À semelhança do perfil Perflex, descrito no item 4.2.1 deste relatório, tem como objetivo realizar a Análise de Ciclo de Vida (ACV), do produto da construção Modiko 1C, com vista à realização da sua DAP.

Neste capítulo apresentam-se os resultados da ACV “berço ao portão”, de um dos produtos da construção Modiko, perfil Modiko 1C, e contempla a etapa de produto, definida pelos módulos de informação A1 a A3, segundo a norma NP15804 (NPEN15804, 2012).

De forma a simplificar a leitura, se existir repetição dos itens deste estudo para a realização da DAP segundo a norma NP 15804 (NPEN15804, 2012), pois em certos itens do processo estes se igualam ao perfil Perflex, irão se reportar para o descrito nos itens correspondentes ao referido perfil.

Desta forma, no que diz respeito a este produto da construção – perfil Modiko 1C o objetivo do estudo deste perfil é idêntico ao referido no item 4.2.1.2.

4.2.2.2 Campo de Aplicação do Estudo

4.2.2.2.1. Unidade funcional

Para este produto da construção – perfil Modiko 1C, a unidade funcional a considerar é um metro linear (NPEN15804, 2012).

4.2.2.2.2. Fronteira do sistema

Neste estudo a fronteira do sistema é identificada a tracejado na como a “envolvente” de todos os sistemas do processo de fabricação do produto de construção aqui analisado - perfil Modiko 1C. Abrange os Módulos A1 (azul – Matéria-prima), A2 (roxo – Transporte) A3 (Laranja – Produção e amarelo - Energia de produção), como Módulo D (verde – resíduos); a cor azul clara representa a fase de uso que já se encontra fora da fronteira do sistema da ACV.

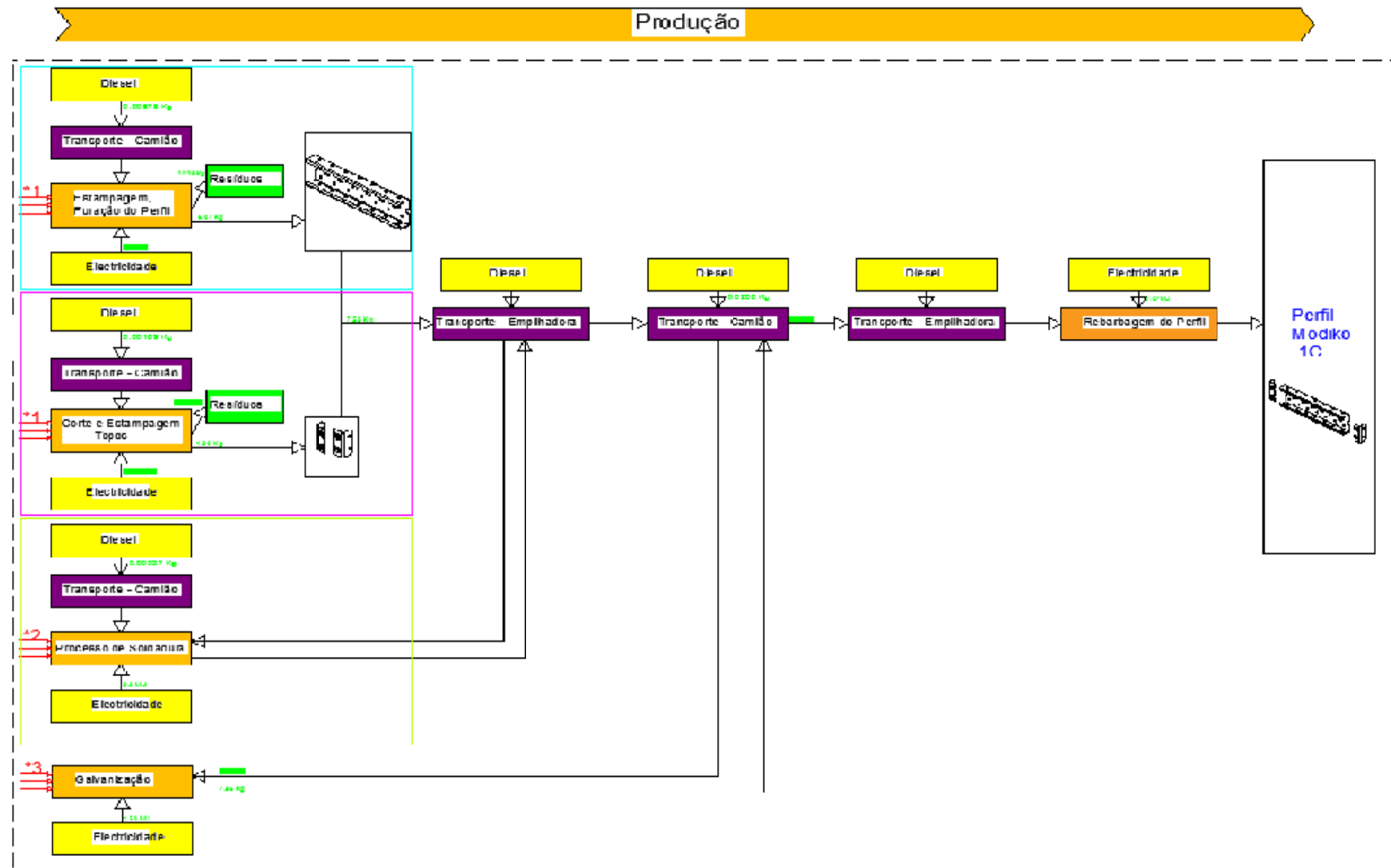


Figura 18. Fronteira do sistema do perfil Modiko 1C, adaptado de (IBU, 2015)

Assim sendo pode observar-se na fronteira do sistema, que define a etapa do produto, envolve o fornecimento de matérias-primas – A1; Transporte até ao portão da fábrica e transporte interno; – A2; Fabricação de produtos - A3. De referir que no módulo A1, o processo da extração e processamento da matéria-prima, é considerado como um processo agregado definido na base de dados do Software GaBi (Gabi, Versão 6.0, 2014), já explicado neste trabalho.

A Figura 19 representa todo o processo de fabrico do produto perfil Modiko 1C, os diferentes subprocessos estão definidos a cor laranja, nomeadamente: os Processos 1 e 2- estampagem e furação do perfil e dos seus topos em aço; de seguida este vai ao Processo 3 -para soldar; o Processo 4 é o banho de galvanização que ocorre nas imediações das instalações da empresa sendo necessário transportar o perfil por camião. Este camião possui as mesmas características do camião identificado no item 4.2.1.3; por fim, o último processo é a rebarbagem do excesso da galvanização.

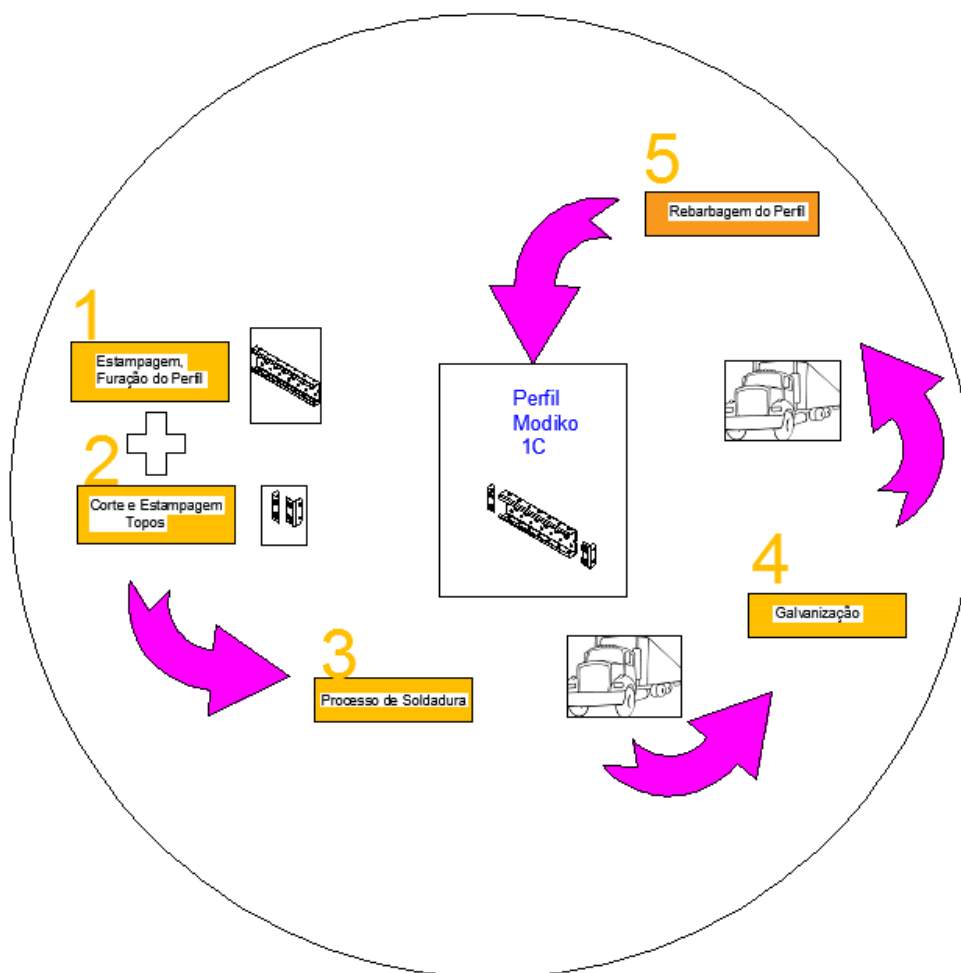


Figura 19. Fronteira do sistema. Esquema de produção (processos a cor laranja) - Perfil Modiko 1C

4.2.2.3.3. Seleção de dados

Os dados disponíveis e inerentes aos processos de produção foram fornecidos pela empresa Metalusa, apresentados em Anexo. Não foram excluídos da fronteira do sistema quaisquer entradas e saídas no sistema de ACV do perfil Modiko 1C, à exceção do contributo da solda como matéria-prima.

Os dados considerados para a ACV, nos módulos A1-A3, segundo a NP EN 15804 (NPEN15804, 2012), estão representados na Tabela 11, nomeadamente a identificação dos tipos de processo e de dados, para a análise do presente produto da construção em análise.

Tabela 11. Aplicação de dados genéricos e dados específicos, perfil Modiko 1C adaptado da (NPEN15804, 2012)

MÓDULOS	Módulo A1-A3	
	Produção da matéria-prima - Aço Solda (não considerado) Galvanização	Fabrico do produto - perfil Modiko 1C
Tipo de processo	Processo exterior à fronteira do sistema, processo a montante	Processos sobre os quais o produtor tem influência: (tipo de transporte até à portão da fabrica e no seu interior, escolha da matéria-prima e método de produção)
Tipo de dados	Dados genéricos provenientes do software GaBi	Dados específicos do produtor - Metalusa

4.2.2.3 Análise do Inventário do Ciclo de Vida

O Inventário de Ciclo de Vida (ICV) assemelha-se ao perfil Perflex, à exceção da matéria-prima que em vez de ser aço galvanizado, é apenas aço, após a união da peça com os topos é que esta leva um banho de galvanização.

4.2.2.4.1. Módulo A1

Como referido no item 4.2.1.4, a produção da matéria-prima (extração e processamento da matéria-prima – aço, e a posterior galvanização) foi considerada como um processo agregado definido no software GaBi (Gabi, Versão 6.0, 2014). De salientar que neste cálculo, não foi possível recolher os dados do processo agregado referente à soldadura, no entanto foram contabilizados os efeitos energéticos deste processo.

4.2.2.4.2. Módulo A2

Conforme descrito na secção 4.2.1.4 Análise do Inventário do Ciclo de Vida.

4.2.2.4.3. Módulo A3

A fase de produção do perfil Modiko 1C caracteriza-se pela moldagem a frio, com a perfiladora que trabalha a eletricidade, como já referido no perfil Perflex

No Processo 3 – soldadura - ilustrado na Figura 19, não foi possível calcular os impactos ambientais da soldadura, no entanto foram contabilizados os efeitos inerentes à energia utilizada pela máquina que realiza a soldadura.

A Tabela 12 sintetiza os dados de inventário aferidos, em termos de material e energia, na produção do perfil Modiko 1C na análise de ciclo de vida.

Tabela 12. Síntese dos dados de inventário aferidos na produção do perfil Modiko 1C

Medida (m)	1
Perfil Montante Perfiladora – Aço (Kg)	6.5
Energia Perfiladora(MJ)	1.0656
Perfil Jusante Perfiladora(Kg)	6.47
Resíduos (Aço) Kg	0.026
Topos - Aço (Kg)	1.05675
Energia de Corte / estampagem Topo (MJ)	0.1008
Soldadura (Kg)	0.20
Energia de Soldadura e rebarbagem (MJ)	1.80
Banho de Galvanização (Kg)	0.324

4.2.2.4 Avaliação dos Impactes do Ciclo de Vida

Os pressupostos para a realização deste item já foram descritos no item 4.2.1.4. Na Figura 20, é representado a alocação das entradas e das emissões consideradas no processo de moldagem a frio de um metro de perfil Modiko 1C.

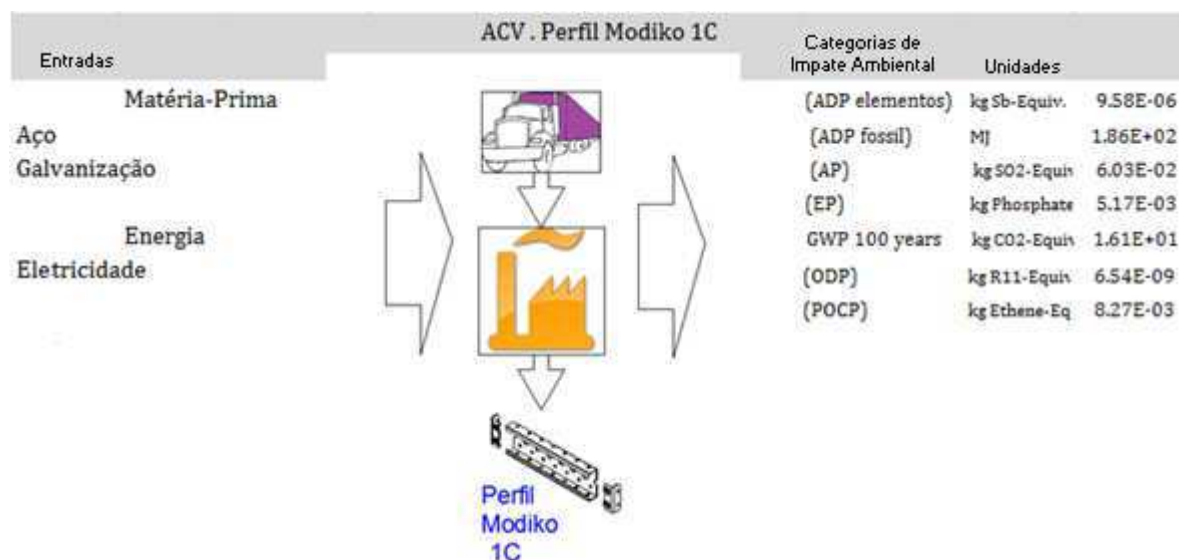


Figura 20. Alocação Entradas e Emissões perfil Modiko 1C

Na Tabela 13, sintetizam-se os resultados segundo a metodologia de ACV, CML do perfil Modiko 1C. Esta tabela permite averiguar com detalhe as categorias de emissões inerentes à Análise Ciclo de Vida do produto Modiko 1C, onde se evidencia as fases: A1 – extração da matéria-prima; A2 – transporte; e A3 – produção. A fase de extração do material (A1) apresenta, relativamente às restantes A2 e A3 uma maior contribuição nas emissões.

A Tabela 13 e a Figura 20 representam os resultados da ACV recorrendo à metodologia CML englobando as entradas e saídas que ocorrem dentro da fronteira do sistema definido para a produção do produto de construção: perfil Modiko 1C.

Tabela 13. Resultados dos impactes ambientais na produção do perfil Modiko 1C (Gabi, Versão 6.0, 2014)

ACV: Resultados																	
Fase de Produção			Processo de Construção		Fase de Uso							Fase de Fim de Vida				Benefícios para além da Fronteira do Sistema	
Extracção da Matéria-Prima	Transporte	Produção	Transporte	Processo de Construção	Uso	Manutenção	Reparação	Substituição	Remodelação	Energia adicional - Uso	Uso da água Operacional	Desmontagem / Demolição	Transporte	Processo de Reciclagem	Descarte	Reutilização / Potencial de Reciclagem	
																	A1
x	x	x	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Resultados ACV- Categorias ambientais: 1 metro de Perfil																	
Emissões Ambientais		Unidade		A1	A2	A3											
Depleção de Recursos Abióticos (ADP elementos)		Kg Sb-Equiv.		9.51E-06	4.04E-09	7.33E-08											
Depleção de Recursos Abióticos (ADP fóssil)		MJ		1.78E+02	1.50E+00	6.09E+00											
Potencial Acidificação (AP)		kg SO2-Equiv.		5.66E-02	4.91E-04	3.20E-03											
Potencial Eutrofização (EP)		Kg Phosphate-Equiv		4.86E-03	1.13E-04	1.90E-04											
Aquecimento Global (GWP 100 years)		kg CO2-Equiv.		1.55E+01	1.08E-01	4.78E-01											
Depleção da Camada de Ozono (ODP, steady state)		KgEthene-Equiv.		8.20E-03	-1.61E-04	2.24E-04											
Formação de ozono fotoquímico (POCP)		kg DCB-Equiv.		9.15E-02	7.98E-04	2.18E-03											

A Tabela 14, representa os resultados dos impactes ambientais na produção do perfil Modiko 1C e as respetivas percentagens assinaladas a verde. Assim, pode constatar que é a fase A1- extração de matéria-prima, que mais contribui para as emissões ambientais. Os valores obtidos variam de 81,25% a 99,24%. A fase A3 – produção, compreende valores em percentagem de 0,77% a 17,85% das emissões determinadas com a metodologia CML. Finalmente a fase A2 – transporte,

corresponde a percentagens de -1,95% a 2,19% do total das emissões, valores muito reduzidos, em que para o impacto: Formação de Ozono Fotoquímico (POCP) o valor é negativo, representando créditos na afetação desta emissão.

Tabela 14. Percentagem de resultados dos impactes ambientais na produção do perfil Modiko 1C

Resultados ACV- Categorias ambientais: 1 metro de Perfil [%]				
Emissões Ambientais	Unidade	A1	A2	A3
Depleção de Recursos Abióticos (ADP elementos)	Kg Sb-Equiv.	9.51E-06	4.04E-09	7.33E-08
		99.19%	0.04%	0.77%
Depleção de Recursos Abióticos (ADP fóssil)	MJ	1.78E+02	1.50E+00	6.09E+00
		95.92%	0.81%	3.27%
Potencial Acidificação (AP)	kg SO2-Equiv.	5.66E-02	4.91E-04	3.20E-03
		93.88%	0.81%	5.31%
Potencial Eutrofização (EP)	Kg Phosphate-Equiv	4.86E-03	1.13E-04	1.90E-04
		94.14%	2.19%	3.67%
Aquecimento Global (GWP 100 years)	kg CO2-Equiv.	1.55E+01	1.08E-01	4.78E-01
		96.35%	0.67%	2.98%
Depleção da Camada de Ozono (ODP, steady state)	kg R11-Equiv.	6.48E-09	1.89E-12	6.13E-11
		99.03%	0.03%	0.94%
Formação de ozono fotoquímico (POCP)	Kg Ethene-Equiv.	8.20E-03	-1.61E-04	2.24E-04
		99.24%	-1.95%	2.71%

4.2.2.5 Interpretação do Ciclo de Vida

A interpretação dos resultados é a última fase do presente estudo, esta é efetuada com base nos resultados obtidos e da seguinte forma:

- Confirmar a origem dos seus impactes;
- Comparação de solução EPD (IBU, 2015);
- Informação de limitações;
- Sugestão de melhoria de resultados.

Como já avaliado para o perfil Perflex a fase da extração da matéria-prima (A1) é a que apresenta a percentagem mais elevada de emissões ambientais.

De igual modo como se realizou para o perfil Perflex, comparando estes resultados com um elemento de construção análogo a este, por exemplo: EPD: “*Light Gauge Steel Profiles – Akkon Steel Structure Systems Co*” (IBU, 2015), cuja DAP é calculada para a média de espessura de perfis em aço utilizados para construção de edifícios, definida por vários elementos (paredes estruturais, pisos e painéis do telhado), (IBU, 2015).

A Tabela 15, apresenta a diferença entre os resultados relativos a cada emissão para as etapas A1, A2 e A3. Conforme se pode constatar, os resultados obtidos para o

perfil Modiko 1C da Metalusa apresentam uma diferença muito reduzida em praticamente todas as categorias de impactos do produto “*Light Gauge Steel Profiles – Akkon Steel Structure Systems Co*” EPD, (IBU, 2015).

Tabela 15. Comparação dos resultados da ACV do perfil Modiko 1C como “*Light Gauge Steel Profiles - Akkon Steel Structure Systems Co*”

Resultados ACV- CML – Comparação de 1kg perfil Modiko 1C – 1kg perfil EPD-IBU				
Emissões Ambientais	Unidade	A1-A1	A2-A2	A3-A3
Aquecimento Global (GWP 100 years)	kg CO2-Equiv.	-0.52	-0.04	-0.02
Formação de ozono fotoquímico (POCP)	kg DCB-Equiv.	0.00	0.00	0.00
Depleção da Camada de Ozono (ODP, steady state)	Kg Ethene-Equiv.	0.00	0.00	0.00
Potencial Acidificação (AP)	kg SO2-Equiv.	-0.03	0.00	0.00
Potencial Eutrofização (EP)	Kg Phosphate-Equiv	-0.01	0.00	0.00
Depleção de Recursos Abióticos (ADP elementos)	KgSb-Equiv.	-0.02	0.00	0.00
Depleção de Recursos Abióticos (ADP fóssil)	MJ	22.68	-0.68	0.77

Na fase A1, observa-se que a maior diferença ocorre para a categoria relativa à depleção de Recursos Abióticos (ADP fóssil) de 22,68MJ. Comparando estes resultados com os obtidos com o perfil Perflex observa-se que para a categoria de impacto relativa à Depleção de Recursos abióticos não se obtêm valores negativos. Esta diferença resulta da utilização de diferentes matérias-primas: aço e não aço galvanizado.

Registam-se diferenças de valores negativos, o que traduz menores impactos, nomeadamente no Aquecimento Global nas fases A1, A2 e A3; No Potencial de Acidificação na fase A1; no potencial de Eutrofização na fase A1; e na Depleção de Recursos Abióticos na fase A1.

De referir que para este cálculo no software foi introduzido energia sem contabilizar o efeito de energia renovável de 26% da fatura da EDP.

Como sugestão de melhoria, recomenda-se essencialmente a utilização de mais matéria reciclada na fase A1, pois como esta representa cerca de aproximadamente 100% das todas as emissões do processo em análise, um incremento da consideração de resíduos seria importante para os resultados da DAP deste perfil. Para este caso de estudo não foi considerado nenhum contributo de matéria reciclada na fase de extração de matéria-prima.

Como interpretação da análise de ciclo de vida efetuada para o perfil Modiko 1C – é possível detalhar o seguinte:

Matérias-primas: As matérias-primas utilizadas na fabricação do perfil Modiko 1C, galvanização e aço. No que diz respeito ao aço 30% é proveniente de matéria reciclada. Na ACV efetuada, a matéria-prima (fase A1) utilizada representa a parcela com maior contributo de emissões das categorias de impacto, de aproximadamente 100% em todas as emissões.

Processo: O processo produtivo que se caracteriza pela moldagem a frio com recurso a uma perfiladora que para um metro de perfil moldado, 6,47Kg de aço, consome 1,07MJ de energia e os respectivos topos de 1,053 Kg consome energia de corte e estampagem 0,10MJ. Esta energia, 26% é de origem renovável, segundo a fatura da EDP da empresa Metalusa. Este processo gera resíduos de aço galvanizado, provenientes da furação da chapa em aço tanto para o perfil como para os topos de 0,0419Kg estando estes classificados como “matérias secundárias e combustíveis”, (NPEN15804, 2012).

Transporte: Para o transporte do aço (em bobines) e dos perfis para a galvanização utiliza-se um camião, com capacidade de 24 toneladas, e com um rendimento estimado pelo software GaBi (Gabi, Versão 6.0, 2014), com uma distância média de 100Km. Consideram-se os gastos totais do transporte em função dos percursos inseridos na base de dados, de 0,00135 kg diesel/kg carga, (Gabi, Versão 6.0, 2014).

4.2.2.6 Conclusões

A realização da Análise de Ciclo de Vida do perfil Modiko 1C permite concluir que para este Produto de construção – perfil Modiko 1C, a atividade com maior contribuição para as emissões ambientais resultantes da ACV, é o fabrico da matéria-prima, o aço galvanizado, que corresponde à etapa A1 com valores entre 81,25% a 99,24%. em todas as emissões das categorias de impactos

Saliente-se que para estes cálculos é importante a clareza dos dados fornecidos pela empresa, pois facilitam a fase de inventário, a qualidade dos critérios de entradas e saídas, e desta forma permitem a obtenção de impactes ambientais.

Na comparação dos resultados obtidos nesta DAP com os apresentados por uma EPD de um produto análogo, “*Light Gauge Steel Profiles–Akkon Steel Structure Systems Co*”, (IBU, 2015), é possível constatar que ACV do perfil Modiko 1C, apresenta para as fases A1, A2 e A3, uma diferença praticamente nula na maior parte das emissões para as categorias de impacto consideradas. No entanto, relativamente à emissão ambiental de depleção de Recursos Abióticos (ADP fóssil) a diferença entre 1kg de Perfil Modiko 1C e 1kg de perfil EPD-IBU na fase A1, não se aproxima de zero, apresenta valores positivos, o que traduz um impacto superior de 22,68 MJ na extração da matéria-prima.

Comparando estes resultados com os obtidos com o perfil Perflex observa-se que para a categoria de impacte relativa à Depleção de Recursos abióticos não se obtêm valores negativos. Esta diferença resulta da utilização de diferentes matérias-primas: aço e não aço galvanizado.

De referir que para este cálculo no software foi introduzido energia sem contabilizar o efeito de energia renovável de 26% da fatura da EDP.

Admitindo que pelo menos 30% de matéria reciclada, secundária entra no circuito através das bobines de chapa, e os resíduos provenientes da furação do Perfil Modiko 1C, 3%, vão para reciclagem, sendo desta forma, o módulo D, não considerado.

4.2.3 Perfil Modiko 2C - Análise de Ciclo de Vida

À semelhança do perfil Perflex e perfil Modiko 1C, descrito nos itens 3.3.1 e 3.3.2, este capítulo, tem como objetivo apresentar a Análise de Ciclo de Vida (ACV), do produto da construção Modiko 2C com vista à realização da sua DAP.

Os resultados da ACV do “berço ao portão” do perfil Modiko 2C contempla a etapa de produto, definida pelos módulos de informação A1 a A3, segundo a norma NP15804, (NPEN15804, 2012).

De forma a simplificar a leitura, pois em certos itens do processo de produção estes se igualam ao do perfil Perflex, irão se reportar para o descrito nos itens correspondentes ao perfil.

O Campo de Aplicação é representado na Figura 21 a tracejado, englobando os Módulos A1 (azul – Matéria-prima), A2 (roxo – Transporte) A3 (Laranja – Produção e amarelo - Energia de produção), como Módulo D (verde – resíduos); a cor azul clara representa a fase de uso que já se encontra fora da fronteira do sistema da ACV, adaptado de (IBU, 2015).

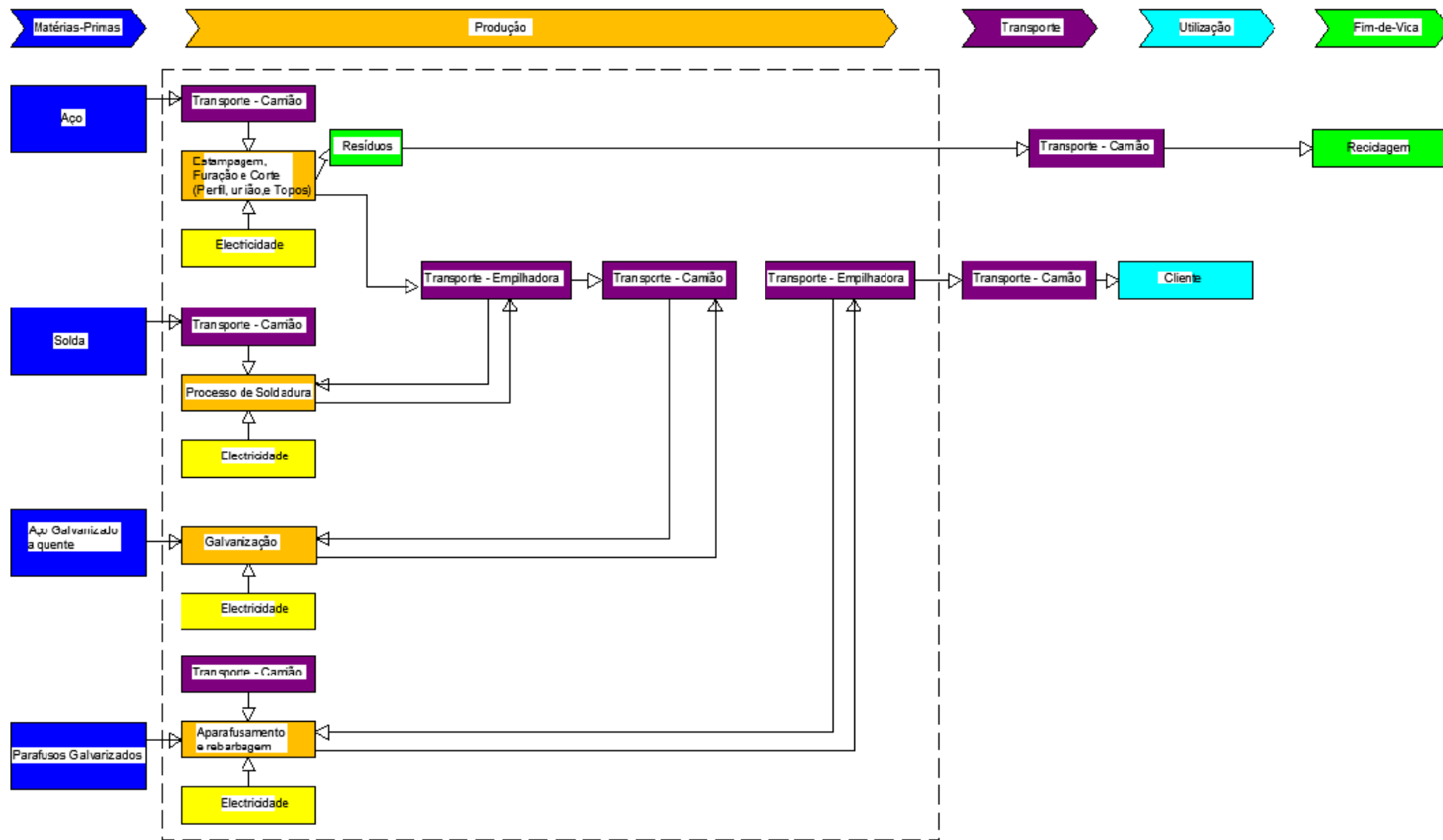


Figura 21. Fronteira do sistema do perfil Modiko 2C, adaptado de (IBU, 2015)

Numa breve descrição e reforço da Figura 21, o fabrico do produto perfil Modiko 2C, encontra-se representado na Figura 22. Os processos estão definidos a cor laranja, os Processos 1 e 2 estampagem e furação, do perfil, das peças de união e dos topos em aço, de seguida estes vão ao Processo 3 para soldar, o Processo 4 é um banho de galvanização. Este último processo ocorre fora das instalações da empresa sendo transportado por camião com as mesmas características referidas no item 4.2.1.4. Por fim o último processo é a rebarbagem do excesso da galvanização e aparafusamento dos perfis C e as peças de união com parafusos em aço galvanizado M12.

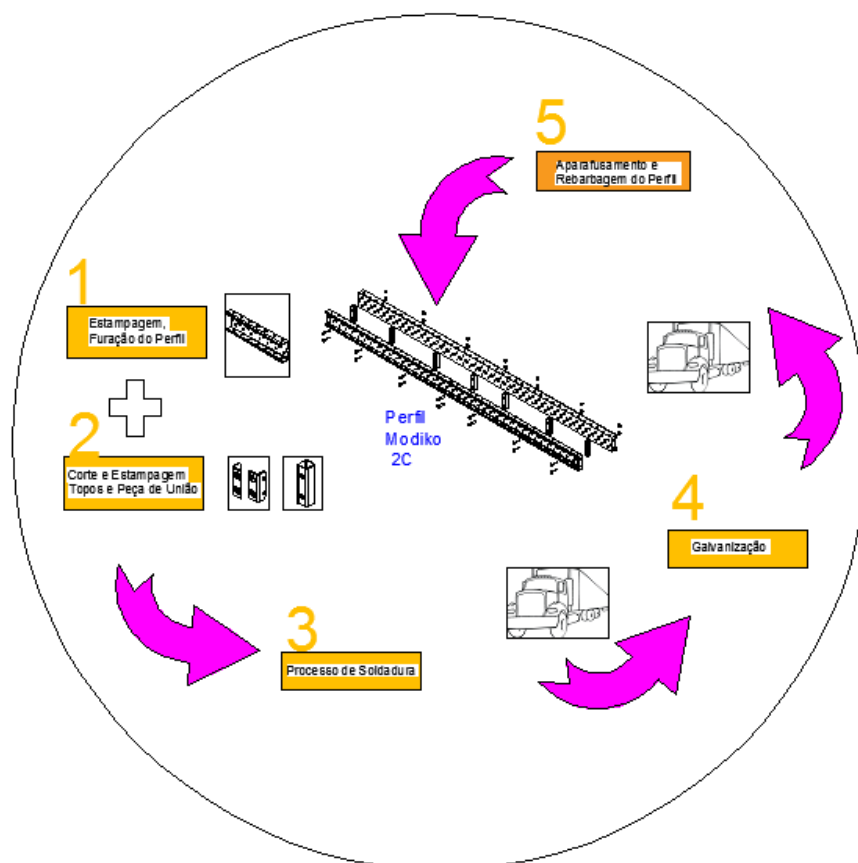


Figura 22. Fronteira do sistema. Esquema de produção (processos a cor laranja) - Perfil Modiko 2C

Os dados considerados para a ACV, nos módulos A1-A3, segundo a NP EN 15804 (NPEN15804, 2012), estão representados na Tabela 16 nomeadamente a identificação dos tipos de processo e de dados, para a análise do presente produto da construção em análise.

Tabela 16. Aplicação de dados genéricos e dados específicos (Perfil Modiko 2C), adaptado da (NPEN15804, 2012)

MÓDULOS	Módulo A1-A3	
	Produção da matéria-prima - Aço Solda (Não é considerado) Galvanização Parafusos	Fabrico do produto - perfil Modiko 2C
Tipo de processo	Processo exterior à fronteira do sistema, processo a montante	Processos sobre os quais o produtor tem influência: (tipo de transporte das matérias-primas até à portão da fabrica e no seu interior, escolha da matéria-prima e método de produção)
Tipo de dados	Dados genéricos provenientes do software GaBi	Dados específicos do produtor - Metalusa

A fase de produção relativamente ao produto perfil Modiko 2C caracteriza-se pela moldagem a frio, este processo tem como base uma máquina, a perfiladora, que trabalha a eletricidade, como referido quando o perfil Perflex

Do Processo 3 da Figura 22, não foi possível aferir os impactos da soldadura, desta forma não foram contabilizados, no entanto foram contabilizados os efeitos referentes à energia usada pela máquina da soldadura.

Na Figura 23 é representado a alocação das entradas e das emissões consideradas no processo de moldagem a frio de um metro de perfil Modiko 2C.

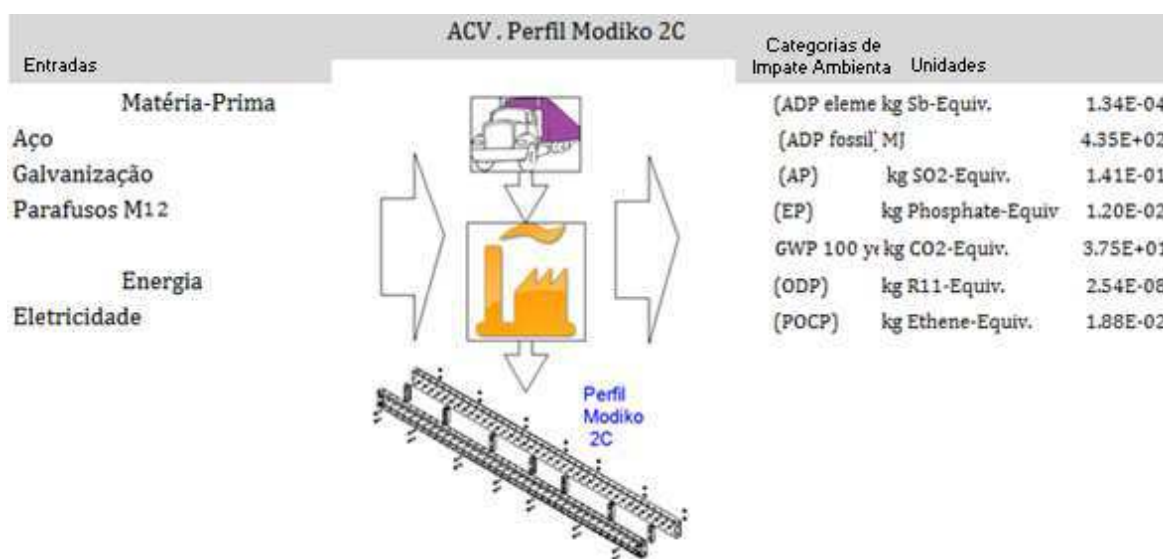


Figura 23. Alocação Entradas e Emissões perfil Modiko 2C

Na Tabela 17 sintetizam-se os resultados segundo a metodologia de ACV, CML do perfil Modiko 2C:

Tabela 17. Resultados dos impactes ambientais na produção do perfil Modiko 2C (Gabi, Versão 6.0, 2014)

ACV: Resultados																	
Fase de Produção			Processo de Construção		Fase de Uso							Fase de Fim de Vida				Benefícios para além da Fronteira do Sistema	
Extracção da Matéria-Prima	Transporte	Produção	Transporte	Processo de Construção	Uso	Manutenção	Reparação	Substituição	Remodelação	Energia adicional - Uso	Uso da água Operacional	Desmontagem / Demolição	Transporte	Processo de Reciclagem	Descarte	Reutilização / Potencial de Reciclagem	
																	A1
x	x	x	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Resultados ACV- Categorias ambientais: 1 metro de Perfil																	
Emissões Ambientais					Unidade		A1		A2		A3						
Depleção de Recursos Abióticos (ADP elementos)					kg Sb-Equiv.		1.34E-04		1.45E-08		2.58E-07						
Depleção de Recursos Abióticos (ADP fossil)					MJ		4.09E+02		5.38E+00		1.99E+01						
Potencial Acidificação (AP)					kg SO2-Equiv.		1.29E-01		1.76E-03		1.04E-02						
Potencial Eutrofização (EP)					kg Phosphate-Equiv		1.10E-02		4.06E-04		6.19E-04						
Aquecimento Global (GWP 100 years)					kg CO2-Equiv.		3.56E+01		3.88E-01		1.59E+00						
Depleção da Camada de Ozono (ODP, steady state)					kg R11-Equiv.		3.22E+03		2.88E+00		3.00E+02						
Formação de ozono fotoquímico (POCP)					kg Ethene-Equiv.		2.52E-08		6.78E-12		1.96E-10						

A Tabela 17 permite averiguar com detalhe as categorias de emissões à metodologia de Análise Ciclo de Vida do produto, onde se evidencia as fases do estudo A1 – extracção da matéria-prima, A2 – transporte, e A3 – produção. A fase de extracção

do material (A1) apresenta, relativamente às restantes A2 e A3 uma maior contribuição nas emissões.

A Tabela 17 e a Figura 23 representam os resultados da ACV recorrendo à metodologia CML englobando as entradas e emissões, da fronteira do sistema definido para o produto perfil Modiko 2C acima mencionado.

A Tabela 18 representa os resultados dos impactes ambientais na produção do perfil Modiko 2C e também as suas percentagens assinaladas a verde, complementa a informação da Tabela 17. Assim, pode observar-se na Tabela 18, que é a fase A1-extração de matéria-prima, que mais contribui para as emissões ambientais, os valores obtidos variam de 77,26% a 99,84%. A fase A3 – produção, que compreende valores em percentagem de 0,15% a 21,04% da afetação de emissões da metodologia CML. Finalmente a fase A2 – transporte, corresponde a percentagens de -3,95% a 1,72% da afetação do total das emissões, valores muito reduzidos, em que para o impacto: Formação de Ozono Fotoquímico (POCP) o valor é negativo, representando créditos na afetação desta emissão.

4.2.3.1 Interpretação do Ciclo de Vida

A interpretação dos resultados é a última fase do presente estudo, e não a menos importante, pois é nesta fase que cada categoria de impacte, descrita na avaliação dos impactes ambientais, é analisada com base nos resultados obtidos da seguinte forma:

- Confirmar a origem dos seus impactes;
- Comparação de solução EPD (IBU, 2015);
- Informação de limitações;
- Sugestão de melhoria de resultados.

Como já confirmado para os outros casos de estudo, o perfil Perflex e o perfil Modiko 1C, a percentagem mais elevada, relativamente aos resultados dos impactes ambientais na produção do perfil Modiko 2C para todas as categorias de emissões da ACV como referido, é a fase da extração da matéria-prima (A1), os resultados da ACV são calculados recorrendo à metodologia CML, onde se contabilizam todas as entradas e emissões, do sistema de fronteira definido para o produto perfil Modiko 2C.

Tabela 18. Percentagem de resultados dos impactes ambientais na produção do perfil Modiko 2C

Resultados ACV- Categorias ambientais: 1 metro de Perfil [%]				
Emissões Ambientais	Unidade	A1	A2	A3
Depleção de Recursos Abióticos (ADP elementos)	Kg Sb-Equiv.	1.25E-04	1.04E-08	1.85E-07
		99.84%	0.01%	0.15%
Depleção de Recursos Abióticos (ADP fóssil)	MJ	2.31E+02	3.88E+00	1.38E+01
		92.88%	1.56%	5.57%
Potencial Acidificação (AP)	kg SO2-Equiv.	7.20E-02	1.27E-03	7.16E-03
		89.52%	1.58%	8.90%
Potencial Eutrofização (EP)	Kg Phosphate-Equiv	6.15E-03	2.92E-04	4.29E-04
		89.50%	4.26%	6.25%
Aquecimento Global (GWP 100 years)	kg CO2-Equiv.	2.01E+01	2.80E-01	1.11E+00
		93.51%	1.30%	5.19%
Depleção da Camada de Ozono (ODP, steady state)	kg R11-Equiv.	1.87E-08	4.89E-12	1.35E-10
		99.26%	0.03%	0.72%
Formação de ozono fotoquímico (POCP)	Kg Ethene-Equiv	1.04E-02	-4.16E-04	5.12E-04
		99.09%	-3.95%	4.86%

De igual modo como se realizou para o perfil Perflex e perfil Modiko 1C, comparando estes resultados com um elemento de construção análogo a este, por exemplo: EPD: “*Light Gauge Steel Profiles – Akkon Steel Structure Systems Co*” (IBU, 2015), cuja DAP é calculada para a média de espessura de perfis em aço utilizados para construção de edifícios, definida por vários elementos (paredes estruturais, pisos e painéis do telhado), (IBU, 2015).

A Tabela 19, apresenta a diferença de resultados relativos a cada emissão para as etapas A1, A2 e A3. Conforme se pode constatar, os resultados obtidos para o perfil Modiko 2C da Metalusa apresentam uma diferença muito reduzida em praticamente todas as categorias de impactos do produto “*Light Gauge Steel Profiles – Akkon Steel Structure Systems Co*” EPD, (IBU, 2015).

Tabela 19. Comparação dos resultados da ACV do perfil Modiko 2C como “*Light Gauge Steel Profiles- Akkon Steel Structure Systems Co*”

Resultados ACV- CML – Comparação de 1kg perfil Modiko 2C – 1kg perfil EPD-IBU				
Emissões Ambientais	Unidade	A1-A1	A2-A2	A3-A3
Aquecimento Global (GWP 100 years)	kg CO2-Equiv.	-0.65	-0.03	0.00
Formação de ozono fotoquímico (POCP)	kg DCB-Equiv.	0.00	0.00	0.00
Depleção da Camada de Ozono (ODP, steady state)	Kg Ethene-Equiv.	166.45	0.15	15.50
Potencial Acidificação (AP)	kg SO2-Equiv.	-0.03	0.00	0.00
Potencial Eutrofização (EP)	Kg Phosphate-Equiv	-0.01	0.00	0.00
Depleção de Recursos Abióticos (ADP elementos)	KgSb-Equiv.	-0.02	0.00	0.00
Depleção de Recursos Abióticos (ADP fóssil)	MJ	21.13	-0.59	1.03

Conforme se pode verificar na Tabela 19, na fase de extração da matéria-prima (A1), as emissões ambientais de Depleção da Camada de Ozono e Depleção de Recursos Abióticos apresentam valores positivos em vez de zero, o que faz concluir que nestas emissões 1kg de Perfil Modiko 2C apresente um impacto superior.

Comparando com o caso de estudo perfil Modiko 1C, em que se obtém para a Depleção da Camada de Ozono uma diferença negativa, permite concluir que a utilização de aço galvanizado e dos parafusos introduzem emissões ambientais superiores.

Contudo, conforme se pode observar pela Tabela 19, registam-se diferenças de valores negativos, o que traduz menores impactos, nomeadamente no Aquecimento Global na fase A1 e A2; No Potencial de Acidificação na fase A1; no potencial de Eutrofização na fase A1; e também na Depleção de Recursos Abióticos na fase A1.

Como sugestão de melhoria, recomenda-se essencialmente a utilização de mais matéria reciclada na fase A1, pois como esta representa cerca de aproximadamente 100% das todas as emissões do processo em análise, um incremento da consideração de resíduos seria importante para os resultados da DAP deste perfil. Para este caso de estudo não foi considerado nenhum contributo de matéria reciclada na fase de extração de matéria-prima.

Como interpretação da análise de ciclo de vida efetuada para o perfil Modiko 2C – é possível detalhar o seguinte:

Matérias-primas: As matérias-primas utilizadas na fabricação do perfil Modiko 2C, aço galvanização e parafusos de aço M12. No que diz respeito ao aço 30% é proveniente de matéria reciclada. Na ACV efetuada, a matéria-prima (fase A1) utilizada representa a parcela com maior contributo de emissões das categorias de impacto, de aproximadamente 100% em todas as emissões.

Processo: O processo produtivo que se caracteriza pela:

- Moldagem a frio de um metro de dois perfis com recurso a uma perfiladora, utiliza: 12,94Kg de aço consome 2,1312MJ de energia;
- Os topos, com 4,21 Kg de aço, consomem 0,20 MJ de energia para o corte e estampagem;
- Para unir os perfis em “C”, usa-se uma peça em aço, 1,04 Kg, 0,052 MJ de energia para o corte e para a estampagem; de onde serão transportados para galvanização;
- Para a união dos perfis “C” recorre-se a parafusos M12, 6 unidades por metro, em aço galvanizado, com 0,5026 Kg, e a aparafusadora necessita de 0,00054 MJ.

Esta energia, 26% é de origem renovável, segundo a fatura da EDP da empresa Metalusa. Este processo de fabrico gera resíduos de aço galvanizado, provenientes da furação da chapa em aço do perfil, como para os topos e peças de união em cerca de

0,164 Kg. Esta quantidade está classificada como “matérias secundárias e combustíveis”, (NPEN15804, 2012).

Transporte: Para o transporte do aço (em bobines) e dos perfis para a galvanização utiliza-se um camião, com capacidade de 24 toneladas, e com um rendimento estimado pelo software GaBi (Gabi, Versão 6.0, 2014), com uma distância média de 100Km. Consideram-se os gastos totais do transporte em função dos percursos inseridos na base de dados, de 0,00135 kg diesel/kg carga, (Gabi, Versão 6.0, 2014).

4.2.4 Perfil Modiko 4C - Análise de Ciclo de Vida

À semelhança do estudo dos perfis descritos anteriormente neste relatório, nos itens 3.3.1, 3.3.2, e 3.3.3 este capítulo, tem como objetivo apresentar a Análise de Ciclo de Vida (ACV), do produto da construção Modiko 4C com vista à realização da sua DAP.

Os resultados da ACV do “berço ao portão” do perfil Modiko 2C contemplam a etapa de produto, definida pelos módulos de informação A1 a A3, segundo a norma NP15804 (NPEN15804, 2012).

De forma a simplificar a leitura, se existir repetição dos itens do relatório para a realização da DAP segundo a norma NP 15804 (NPEN15804, 2012), pois em certos itens do processo estes se igualam ao perfil Perfex, irão se reportar para o descrito nos itens correspondentes ao perfil.

Na Figura 24 é representado a alocação das entradas e das emissões consideradas no processo de moldagem a frio de um metro de perfil Modiko 4C.

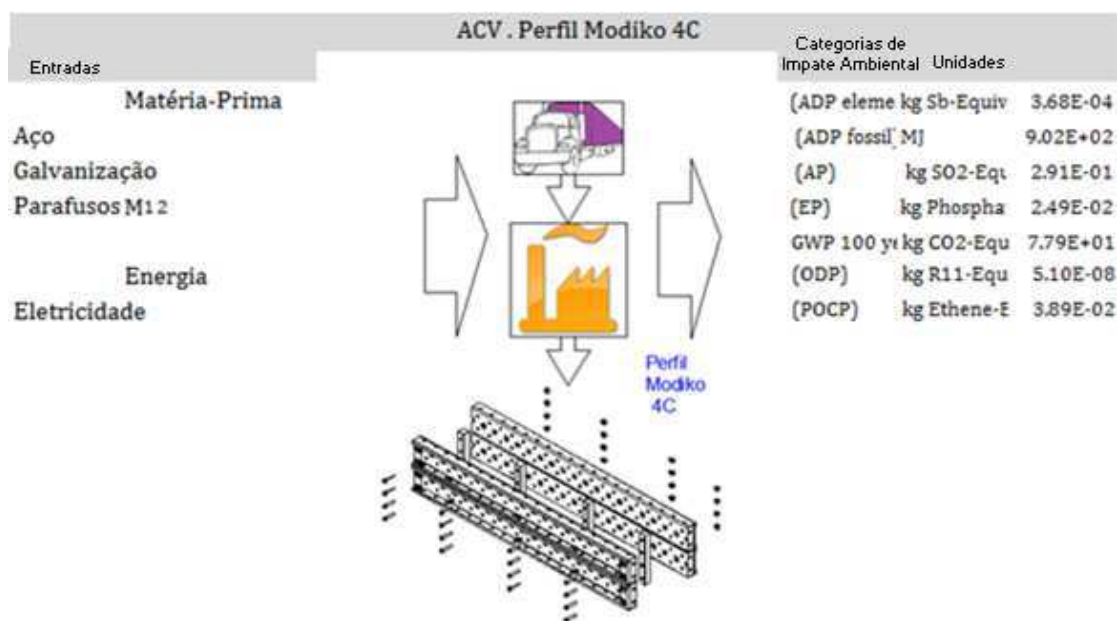


Figura 24. Alocação Entradas e Emissões perfil Modiko 4C

Na Tabela 20, sintetiza os resultados segundo a metodologia de ACV, CML do perfil Modiko 4C: permite averiguar com detalhe as categorias de emissões à metodologia de Análise Ciclo de Vida do produto, onde se evidencia as fases do estudo A1 – extração da matéria-prima, A2 – transporte, e A3 – produção. A fase de extração do material (A1) apresenta, relativamente às restantes A2 e A3 uma maior contribuição nas emissões.

A Tabela 20 e a Figura 24, representam os resultados da ACV recorrendo à metodologia CML englobando as entradas e emissões, da fronteira do sistema definido para o produto perfil Modiko 4C.

Tabela 20. Resultados dos impactes ambientais na produção do perfil Modiko 4C (Gabi, Versão 6.0, 2014)

ACV: Resultados																	
Fase de Produção			Processo de Construção		Fase de Uso							Fase de Fim de Vida				Benefícios para além da Fronteira do Sistema	
Extração da Matéria-Prima	Transporte	Produção	Transporte	Processo de Construção	Uso	Manutenção	Reparação	Substituição	Remodelação	Energia adicional - Uso	Uso da água Operacional	Desmontagem / Demolição	Transporte	Processo de Reciclagem	Descarte	Reutilização / Potencial de Reciclagem	
																	A1
x	x	x	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Resultados ACV- Categorias ambientais: 1 metro de Perfil																	
Emissões Ambientais										Unidade	A1	A2	A3				
Depleção de Recursos Abióticos (ADP elementos)										kg Sb-Equiv.	3.67E-04	2.94E-08	5.19E-07				
Depleção de Recursos Abióticos (ADP fóssil)										MJ	8.51E+02	1.09E+01	4.00E+01				
Potencial Acidificação (AP)										kg SO2-Equiv.	2.67E-01	3.58E-03	2.08E-02				
Potencial Eutrofização (EP)										kg Phosphate-Equiv	2.28E-02	8.25E-04	1.24E-03				
Aquecimento Global (GWP 100 years)										kg CO2-Equiv.	7.39E+01	7.89E-01	3.20E+00				
Depleção da Camada de Ozono (ODP, steady state)										kg R11-Equiv.	6.68E+03	5.86E+00	6.02E+02				
Formação de ozono fotoquímico (POCP)										kg Ethene-Equiv.	5.06E-08	1.38E-11	3.94E-10				

Na Tabela 21, pode-se observar, que é a fase A1- extração de matéria-prima, que mais contribui para as emissões ambientais, os valores obtidos variam de 79,57% a 99,85%. A fase A3 – produção, que compreende valores em percentagem de 0,14% a 19,09% da afetação de emissões da metodologia CML. Finalmente a fase A2 – transporte, corresponde a percentagens de -3,02% a 2,60% da afetação do total das emissões, valores muito reduzidos, em que para o impacto: Formação de Ozono Fotoquímico (POCP) o valor é negativo, representando créditos na afetação desta emissão.

Tabela 21. Percentagem de resultados dos impactes ambientais na produção do perfil Modiko 4C

Resultados ACV- Categorias ambientais: 1 metro de Perfil [%]				
Emissões Ambientais	Unidade	A1	A2	A3
Depleção de Recursos Abióticos (ADP elementos)	Kg Sb-Equiv.	3.67E-04	2.94E-08	5.19E-07
		99.85%	0.01%	0.14%
Depleção de Recursos Abióticos (ADP fóssil)	MJ	8.51E+02	1.09E+01	4.00E+01
		94.35%	1.21%	4.44%
Potencial Acidificação (AP)	kg SO2-Equiv.	2.67E-01	3.58E-03	2.08E-02
		91.63%	1.23%	7.15%
Potencial Eutrofização (EP)	KgPhosphate-Equiv	2.28E-02	8.25E-04	1.24E-03
		91.70%	3.31%	4.99%
Aquecimento Global (GWP 100 years)	kg CO2-Equiv.	7.39E+01	7.89E-01	3.20E+00
		94.88%	1.01%	4.11%
Depleção da Camada de Ozono (ODP, steady state)	kg R11-Equiv.	6.68E+03	5.86E+00	6.02E+02
		91.65%	0.08%	8.27%
Formação de ozono fotoquímico (POCP)	Kg Ethene-Equiv	5.06E-08	1.38E-11	3.94E-10
		99.20%	0.03%	0.77%

4.2.4.1 Interpretação do Ciclo de Vida

A interpretação dos resultados é a última fase do presente estudo, e não a menos importante, pois é nesta fase que cada categoria de impacte, descrita na avaliação dos impactes ambientais, é analisada com base nos resultados obtidos da seguinte forma:

- Confirmar a origem dos seus impactes;
- Comparação de solução EPD (IBU, 2015);
- Informação de limitações;
- Sugestão de melhoria de resultados.

Como já confirmado para os outros casos de estudo, a percentagem mais elevada, relativamente aos resultados dos impactes ambientais na produção do perfil Modiko 4C para todas as categorias de emissões da ACV é a fase da extração da matéria-prima (A1).

De igual modo a comparação entre os resultados de um elemento de construção análogo a este, “*Light Gauge Steel Profiles – Akkon Steel Structure Systems Co*” (IBU, 2015), cuja DAP é calculada para a média de espessura de perfis em aço utilizados para construção de edifícios, definida por vários elementos (paredes estruturais, pisos e painéis do telhado), é apresentada na Tabela 22. Conforme se pode constatar, os resultados obtidos para o perfil Modiko 4C da Metalusa apresentam uma diferença muito reduzida em praticamente todas as categorias de impactos para com o produto “*Light Gauge Steel Profiles – Akkon Steel Structure Systems Co.*” EPD, (IBU, 2015).

Tabela 22. Comparação dos resultados da ACV do perfil Modiko 4C como “*Light Gauge Steel Profiles- Akkon Steel Structure Systems Co.*”

Resultados ACV- CML – Comparação de 1kg perfil Modiko 4C – 1kg perfil EPD-IBU				
Emissões Ambientais	Unidade	A1-A1	A2-A2	A3-A3
Aquecimento Global (GWP 100 years)	kg CO2-Equiv.	-0.58	-0.03	0.00
Formação de ozono fotoquímico (POCP)	kg DCB-Equiv.	0.00	0.00	0.00
Depleção da Camada de Ozono (ODP, steady state)	Kg Ethene-Equiv.	172.57	0.15	15.56
Potencial Acidificação (AP)	kg SO2-Equiv.	-0.03	0.00	0.00
Potencial Eutrofização (EP)	Kg Phosphate-Equiv	-0.01	0.00	0.00
Depleção de Recursos Abióticos (ADP elementos)	Kg Sb-Equiv.	-0.02	0.00	0.00
Depleção de Recursos Abióticos (ADP fóssil)	MJ	21.96	-0.59	1.03

A comparação de 1kg de Perfil Modiko 4C e 1kg de perfil EPD-IBU (Tabela 22) permite verificar que a diferença entre os valores obtidos para as emissões ambientais nas fases A1,A2 e A3 são semelhantes às obtidas nos estudos anteriores, nomeadamente com: o Perfil Modiko 2C (Tabela 19) e Perfil Modiko 1C (Tabela 15), descritos nos itens 3.3.3 e 3.3.2, respetivamente. De referir que, para este cálculo, foi introduzido no software a energia sem contabilização do efeito de energia renovável de 26% da fatura da EDP.

Como interpretação da análise de ciclo de vida efetuada para o perfil Modiko 4C – é possível detalhar o seguinte:

Matérias-primas: As matérias-primas utilizadas na fabricação do perfil Modiko 4C, galvanização, parafusos de aço M12 e aço. No que diz respeito ao aço 30% é proveniente de matéria reciclada. Na ACV efetuada, a matéria-prima (fase A1) utilizada representa a parcela com maior contributo de emissões das categorias de impacto, de aproximadamente 100% em todas as emissões.

Processo: O processo produtivo que se caracteriza pela:

- Moldagem a frio de um metro de dois perfis com recurso a uma perfiladora utiliza: 25,88 Kg de aço consome 4,26 MJ de energia;
- Os topos, com 8,42 Kg de aço, consomem 0,40 MJ de energia para o corte e estampagem;

- Para unir os perfis em “C”, usa-se uma peça em aço, 2,10 Kg, 0,105 MJ de energia para o corte e estampagem; de onde serão transportados para galvanização;
- Para a união dos perfis “C” recorre-se a parafusos M12, 6 unidades por metro em aço galvanizado, com 1,505Kg, sendo necessários 0,00108 MJ de energia.

Esta energia, 26% é de origem renovável, segundo a fatura da EDP da empresa Metalusa. Este processo de fabrico gera resíduos de aço galvanizado, provenientes da furação da chapa em aço do perfil, como para os topos e peças de união em cerca de 0,164 Kg. Esta quantidade está classificada como “matérias secundárias e combustíveis”, (NPEN15804, 2012).

Transporte: Para o transporte do aço (em bobines) e dos perfis para a galvanização utiliza-se um camião, com capacidade de 24 toneladas, e com um rendimento estimado pelo software GaBi (Gabi, Versão 6.0, 2014), com uma distância média de 100Km. Consideram-se os gastos totais do transporte em função dos percursos inseridos na base de dados, de 0,00135 kg diesel/kg carga, (Gabi, Versão 6.0, 2014).

4.3. Avaliação do Ciclo de Vida das Paredes

4.3.1 Parede Exterior

4.3.1.1 Aspetos gerais

Neste item apresentam-se os resultados da ACV do “berço ao portão”, da Parede Exterior do sistema de construção Modiko. Esta análise contempla a etapa de produto, definida pelos módulos de informação A1 a A3, segundo a norma NP15804, (NPEN15804, 2012).

4.3.1.2 Objetivo do estudo e Campo de Aplicação do Estudo

Como referido, o objetivo da realização desta Análise de Ciclo de Vida (ACV) é fornecer informação e dados para uma futura DAP, onde irão constar a quantificação dos impactes ambientais existentes nas suas fases de produção. Para tal é necessário proceder a um inventário dos inputs e outputs dos processos adjacentes à produção do produto da construção. Após a análise de inventário são avaliadas e classificadas, de modo a quantificar categorias de impactes ambientais, sendo nesta fase ponderadas as diferentes categorias de impactes ambientais e a sua importância ambiental e socioeconómica, (ENISO14040, 2008).

Para este produto da construção – Parede exterior – Componente exterior, a unidade funcional a considerar é um metro quadrado.

Para a realização da ACV desta componente exterior, é necessário definir os sistemas do produto, nomeadamente o modelo que descreve os elementos chave do sistema físico.

Como fronteira do sistema da parede externa define, a “envolvente”, conforme a Figura 25 a tracejado, englobando os Módulos A1 (azul – Matéria-prima), A2 (roxo – Transporte), A3 (Laranja – Produção e amarelo - Energia de produção), como Módulo D (verde – resíduos); a cor azul clara representa a fase de uso que já se encontra fora da fronteira do sistema da ACV, adaptado de (IBU, 2015).

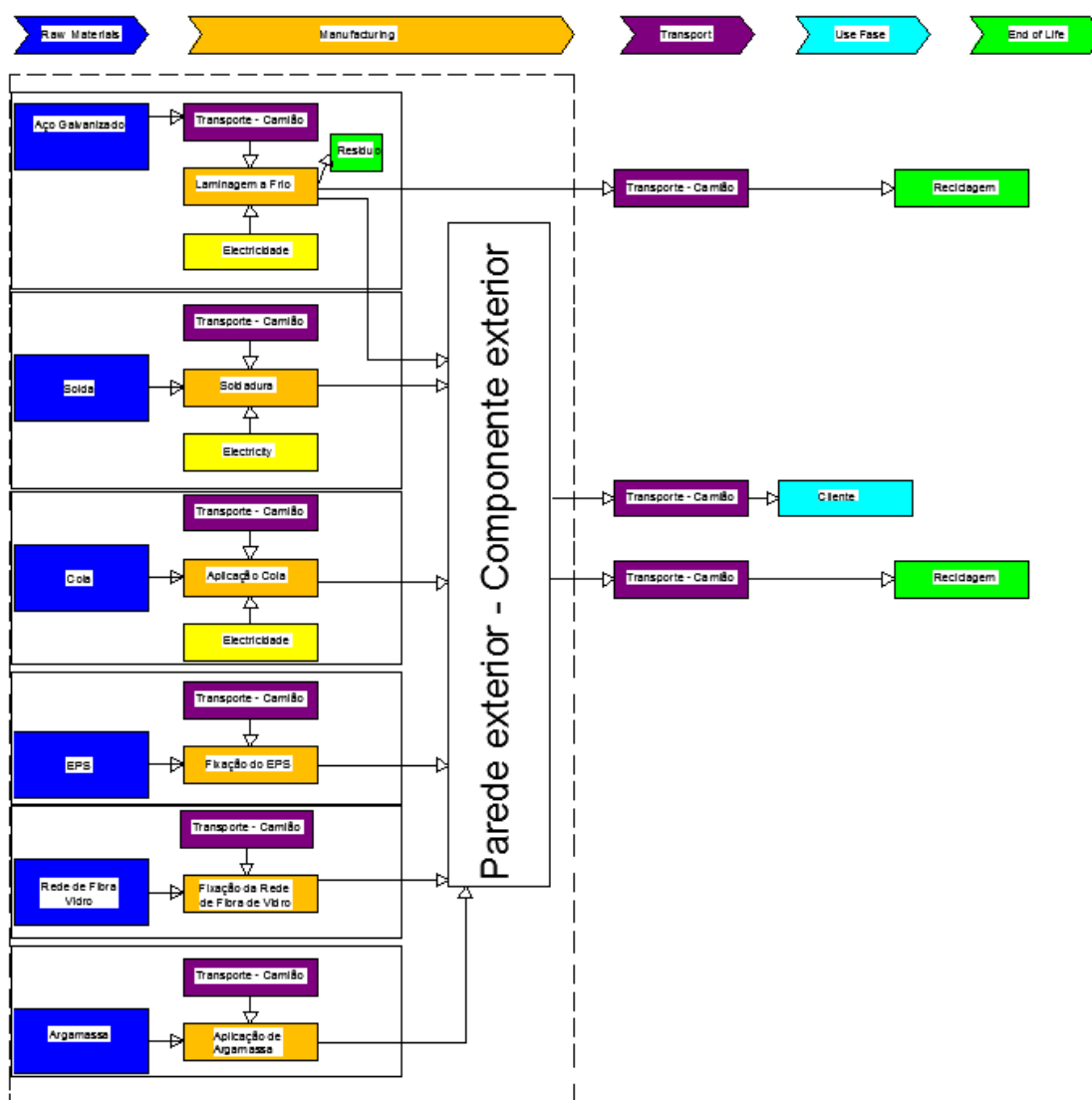


Figura 25. Fronteira do sistema da Parede exterior - Componente exterior adaptado de (IBU, 2015)

De modo a complementar a informação dada pela Figura 25, o fabrico da componente exterior da Parede exterior – Componente exterior, é dada segundo a Figura 26. Os processos estão definidos a cor laranja, a cada um está associada a

matéria-prima a azul, o transporte e energia estão devidamente assinalados. O Processo 1 envolve a armação metálica - estrutura de suporte e a chapa galvanizada, a união destes dois elementos é efetuada com pontos de solda. O Processo 2 contabiliza a aplicação de cola de poliuretano, entre a chapa galvanizada e o Poliestireno expandido, matéria-prima, energia e transporte inerentes. Os Processos 3 e 4 resultam da aplicação do isolamento, acústico e térmico - Poliestireno expandido e da rede de fibra de vidro, contemplando as matérias-primas e os transportes envolvidos. Por fim o Processo 5, a aplicação de argamassa, matéria-prima, energia e transporte.

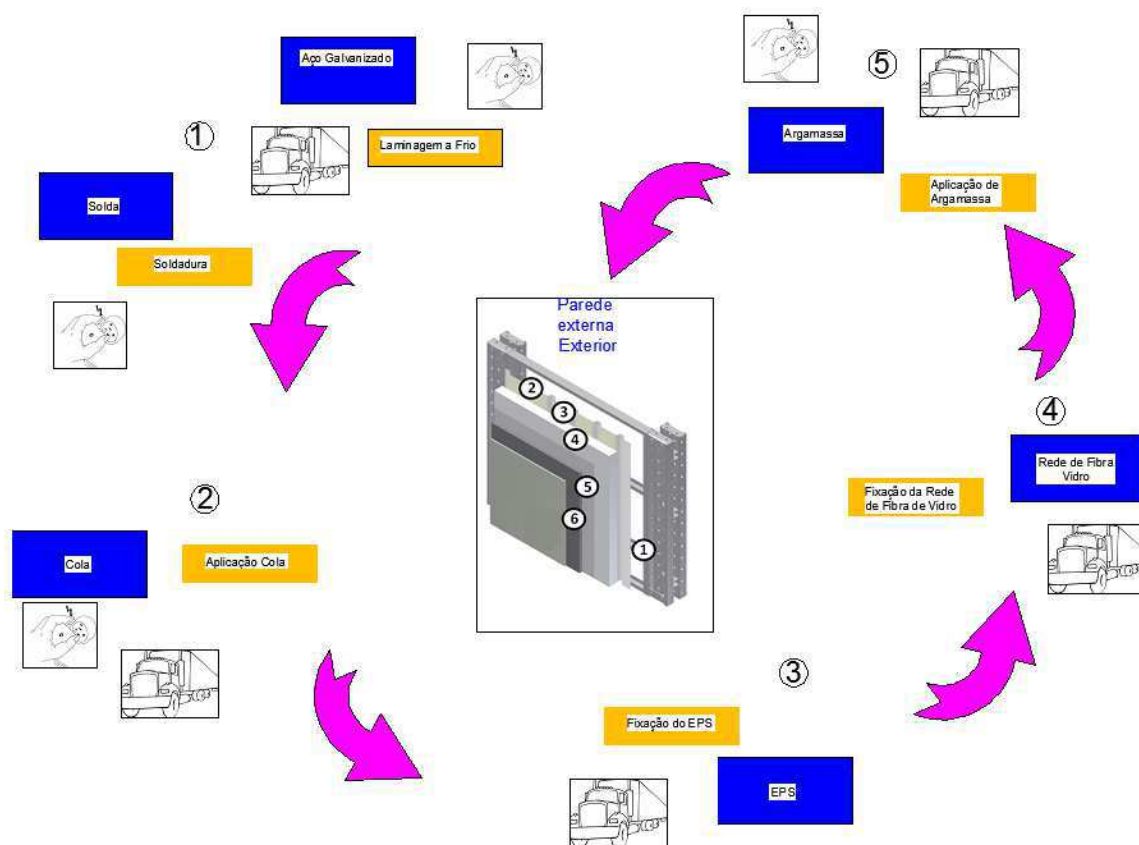


Figura 26. Fronteira do sistema - parede MODIKO (com a indicação do processo agregado a azul)

Os dados considerados para a ACV, nos módulos A1-A3, segundo a NP EN 15804 (NPEN15804, 2012), estão representados na Tabela 23.

Tabela 23. Aplicação de dados genéricos e dados específicos - Parede exterior - Componente exterior, adaptado da (NPEN15804, 2012)

MÓDULOS	Módulo A1-A3	
	Produção da matéria-prima: 1 - Aço Galvanizado 2 - Solda 3 - Cola Poliuretano 4 - EPS 5 - Rede de Fibra de Vidro 6 - Argamassa	Fabrico do produto – Parede externa
Tipo de processo	Processo exterior à fronteira do sistema - processo a montante	Processos sobre os quais o produtor tem influência: (tipo de transporte até ao portão da fabrica e no seu interior, escolha da matéria-prima e método de produção)
Tipo de dados	Dados genéricos provenientes do software GaBi	Dados específicos do produtor – Metalusa, para inventário

4.3.1.3 Análise do Inventário do Ciclo de Vida

As unidades do Sistema internacional (SI) consideradas para a ACV da Parede Exterior foram os descritos na Tabela 24.

Tabela 24. Unidades consideradas (Parede exterior - Componente exterior)

Grandeza	Unidade (SI)
Massa	Kg
Comprimento	Metros (m)
Área	m ²
Energia	MJ

4.3.1.3.1. Módulo A1 e Módulo A2

Descritos no item 4.2.1.4 Análise do Inventário do Ciclo de Vida

4.3.1.3.2. Módulo A3

As fases de produção relativamente à Parede exterior- Componente exterior são os processos (cor laranja) já descritos nas figuras Figura 25 e Figura 26 caracteriza-se por:

Processo 1 – Chapa Furada e Estrangulada (Aço galvanizado) e contributo de solda por pontos;

Processo 2 – Aplicação de cola poliuretano;

Processo 3 – Colocação de Poliestireno Expandido – EPS;

Processo 4 – Aplicação de rede de Fibra de Vidro;

Processo 5 – Aplicação de Argamassa.

A Figura 27 caracteriza o processo e plano 1, na modelação do software GaBi (Gabi, Versão 6.0, 2014) que inclui a estrutura em aço galvanizado, com as respetivas fases de furação e estrangulamento, e o assentamento da chapa em aço galvanizado. É necessário neste processo, para um m²de parede: 38,84 kg de aço galvanizado “*Steel thin sheet (Galvanized)*”, 0,0513 Kg de gasóleo “*Diesel*” (com as mesmas condições de transporte de um camião de 24ton descritas nos perfis), 0,0252 MJ de eletricidade “*Electricity*”, e geram neste processo 0,84Kg de resíduos “*waste*”.

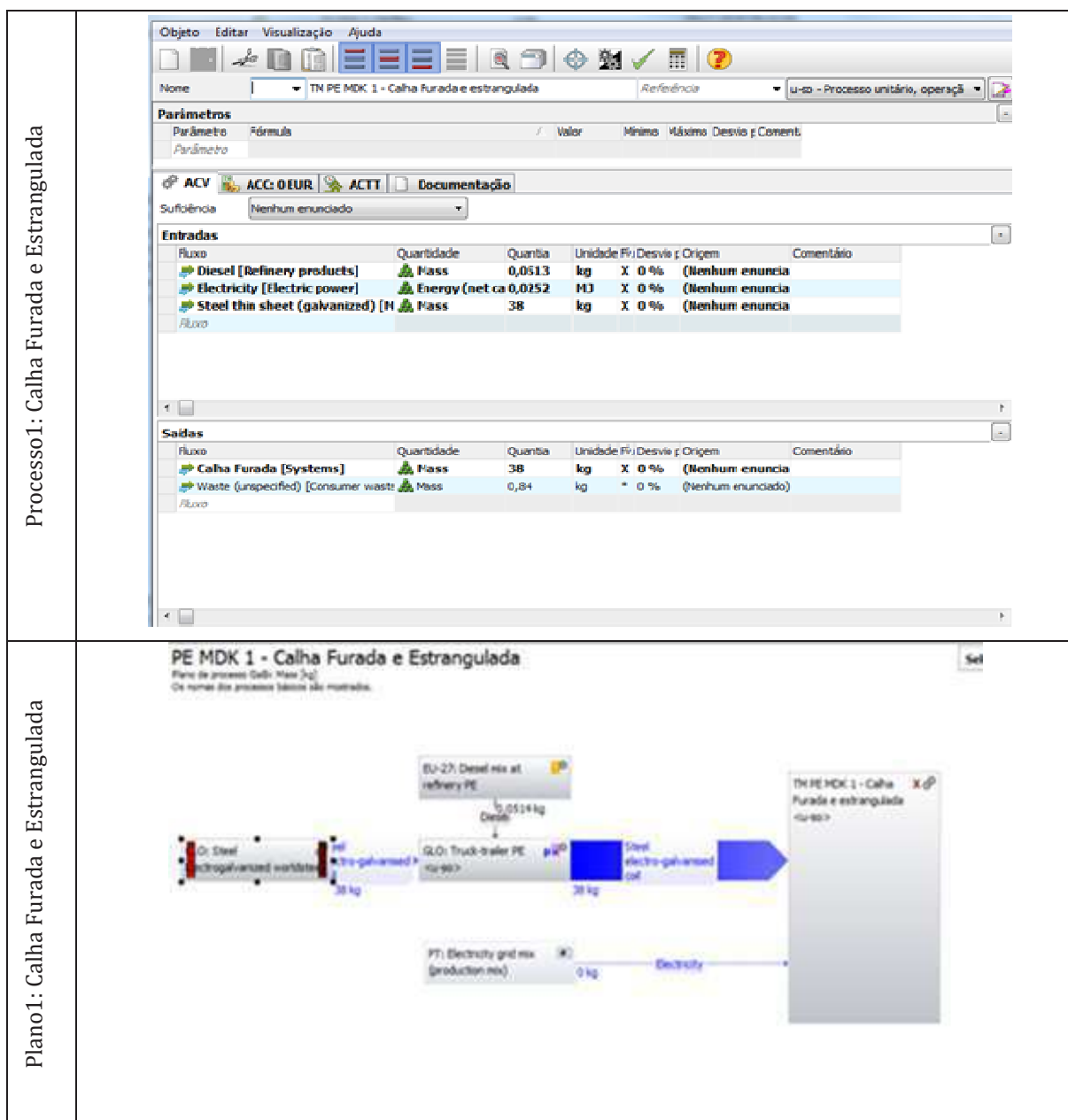


Figura 27. Processo e Plano1: Calha furada e estrangulada - Parede exterior

- Fixação da Calha à chapa galvanizada, segundo Figura 28: importa 4,31 Kg “Steel thin Sheet (Galvanized)”, Parafusos Galvanizados 43,7 kg “Scews Galvanized”, 1,07 MJ de energia “Electricity” e 0,065 Kg de gasóleo “Diesel” para transporte.

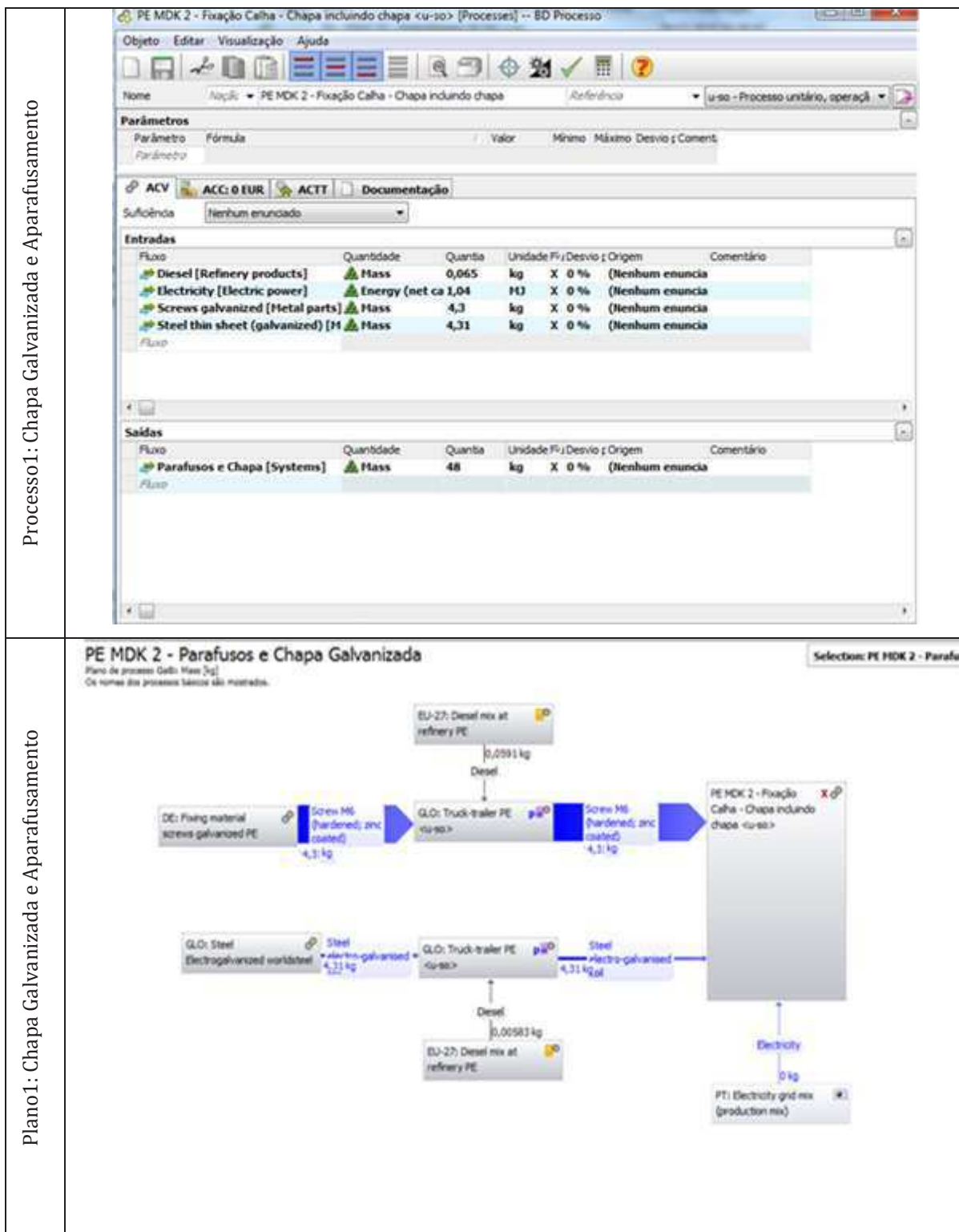


Figura 28. Processo e Plano1: Fixação da Calha à chapa galvanizada

O contributo da energia para a soldadura por pontos: corresponde a 11,1 MJ de energia “*Electricity*”, descrito na Figura 29, não foi considerado o contributo da solda na fase da extração da sua matéria-prima.

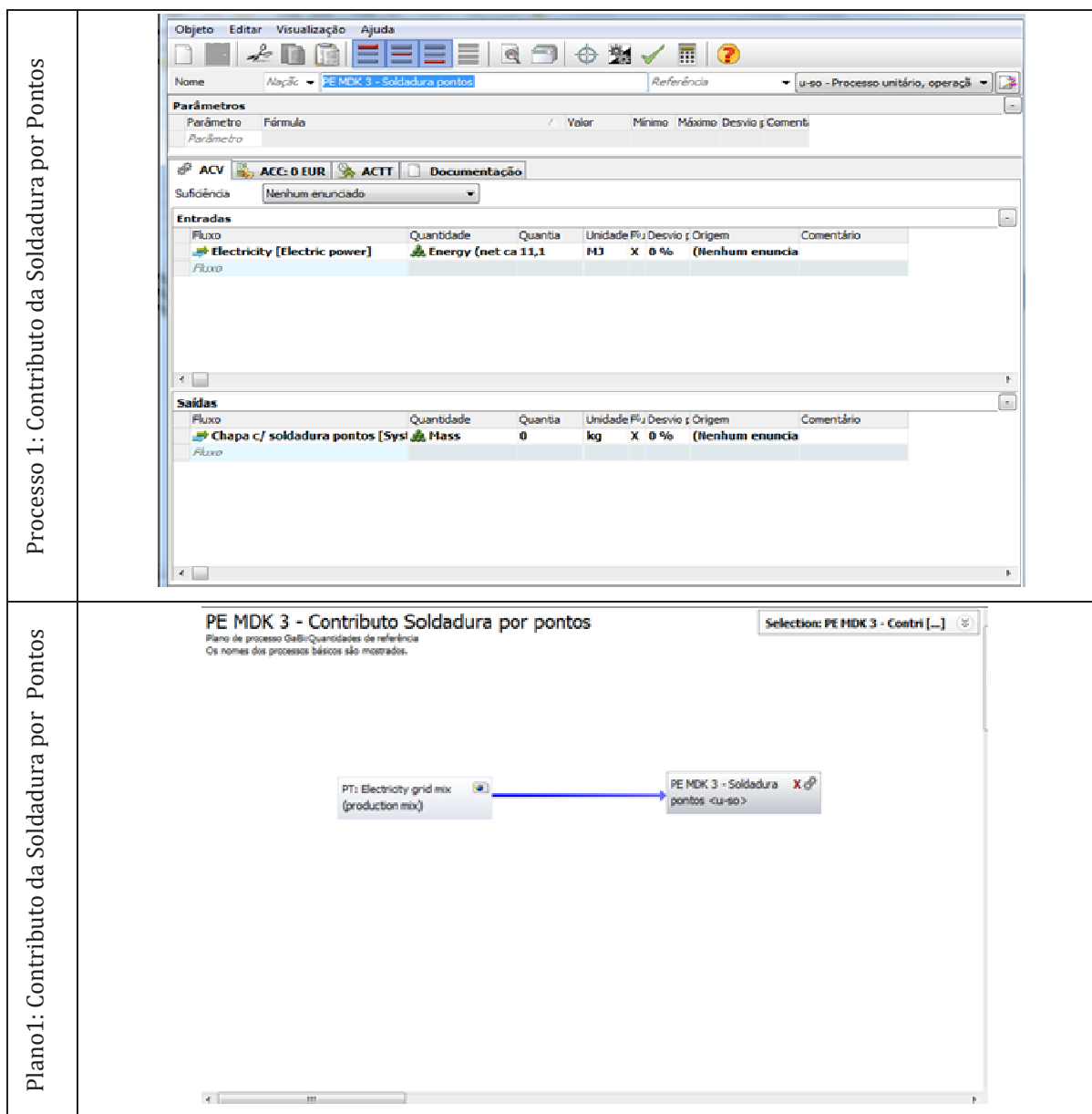
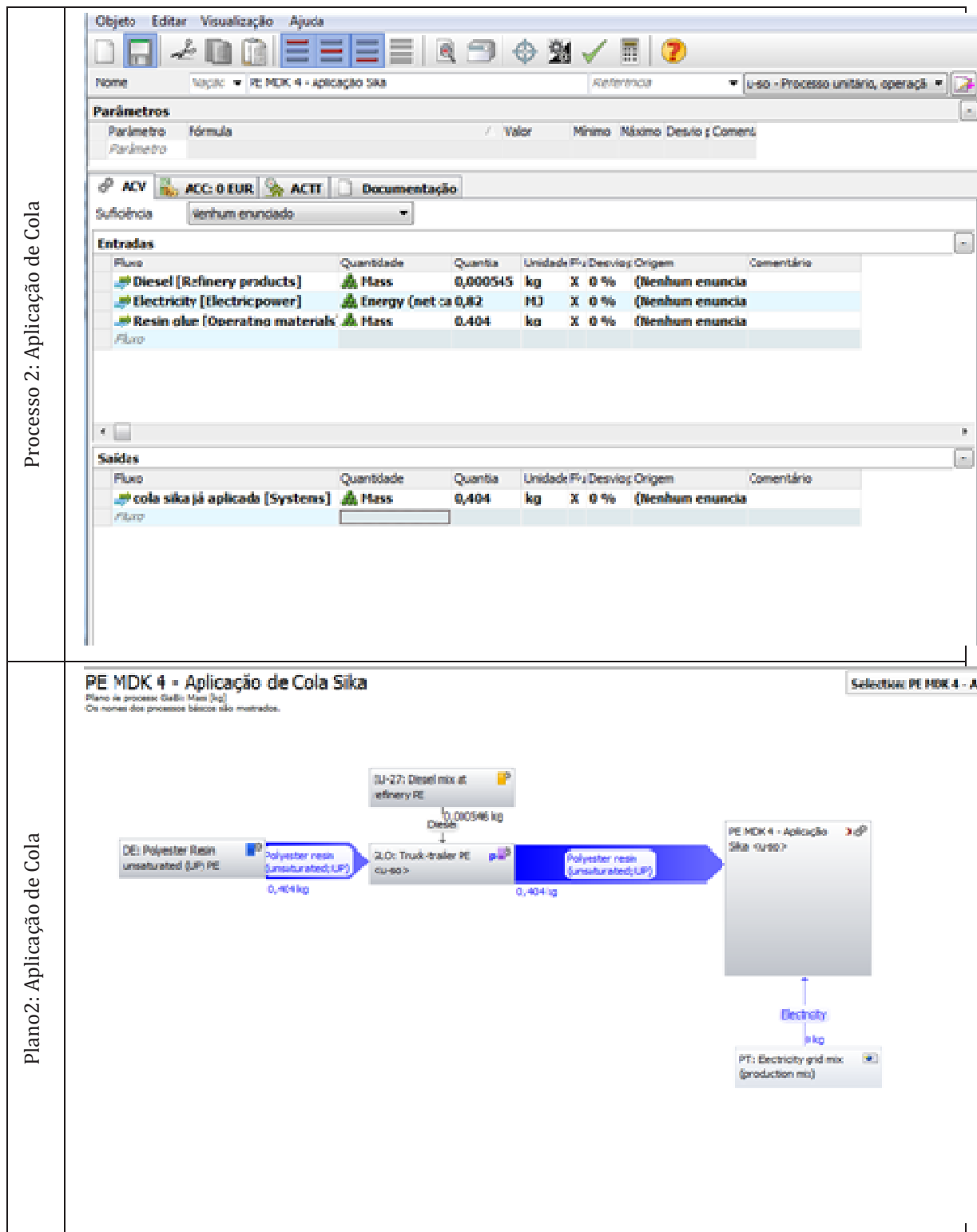


Figura 29. Processo e Plano 1 - Contabilização da Energia da Soldadura por Pontos

A Figura 30 representa o Processo 2 onde se inclui a aplicação de cola poliuretano sobre a chapa galvanizada descrita no Processo 1 (Figura 27, Figura 28 e Figura 29).

- 0,404Kg em Cola Poliuretano “*Resin Glue*”, 0,82MJ de energia “*Electricity*”, 0,000545Kg de gasóleo “*Diesel*”.



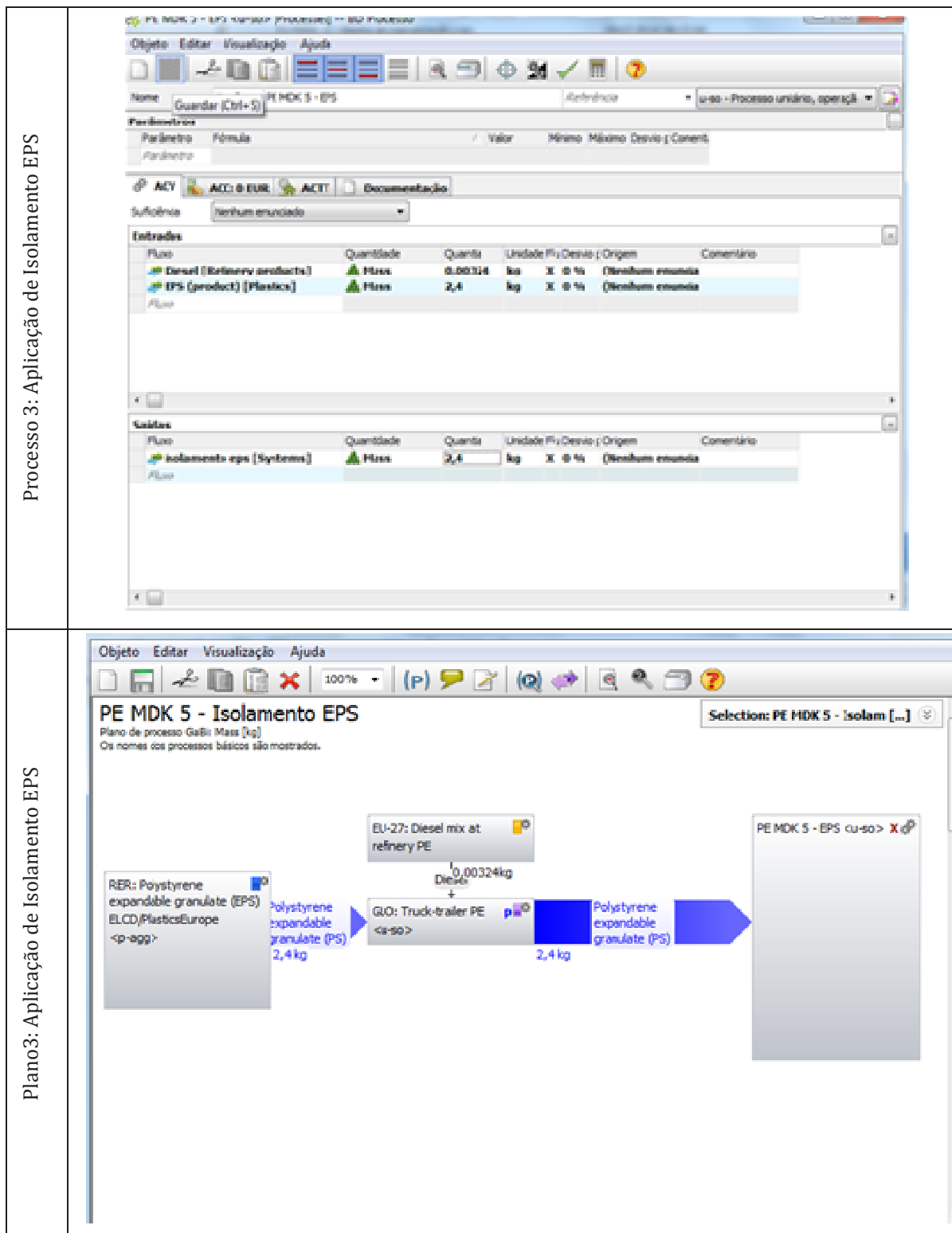


Figura 31. Processo e Plano 3 - Aplicação de Poliestireno Expandido - EPS

Na Figura 32, é representado o Processo e Plano 4 - aplicação de uma rede de fibra de vidro junto à camada de poliestireno expandido.

- 0,169Kg em rede de fibra de vidro “*Fiberglass batt*”, 0,000228 Kg de gasóleo “*Diesel*”.

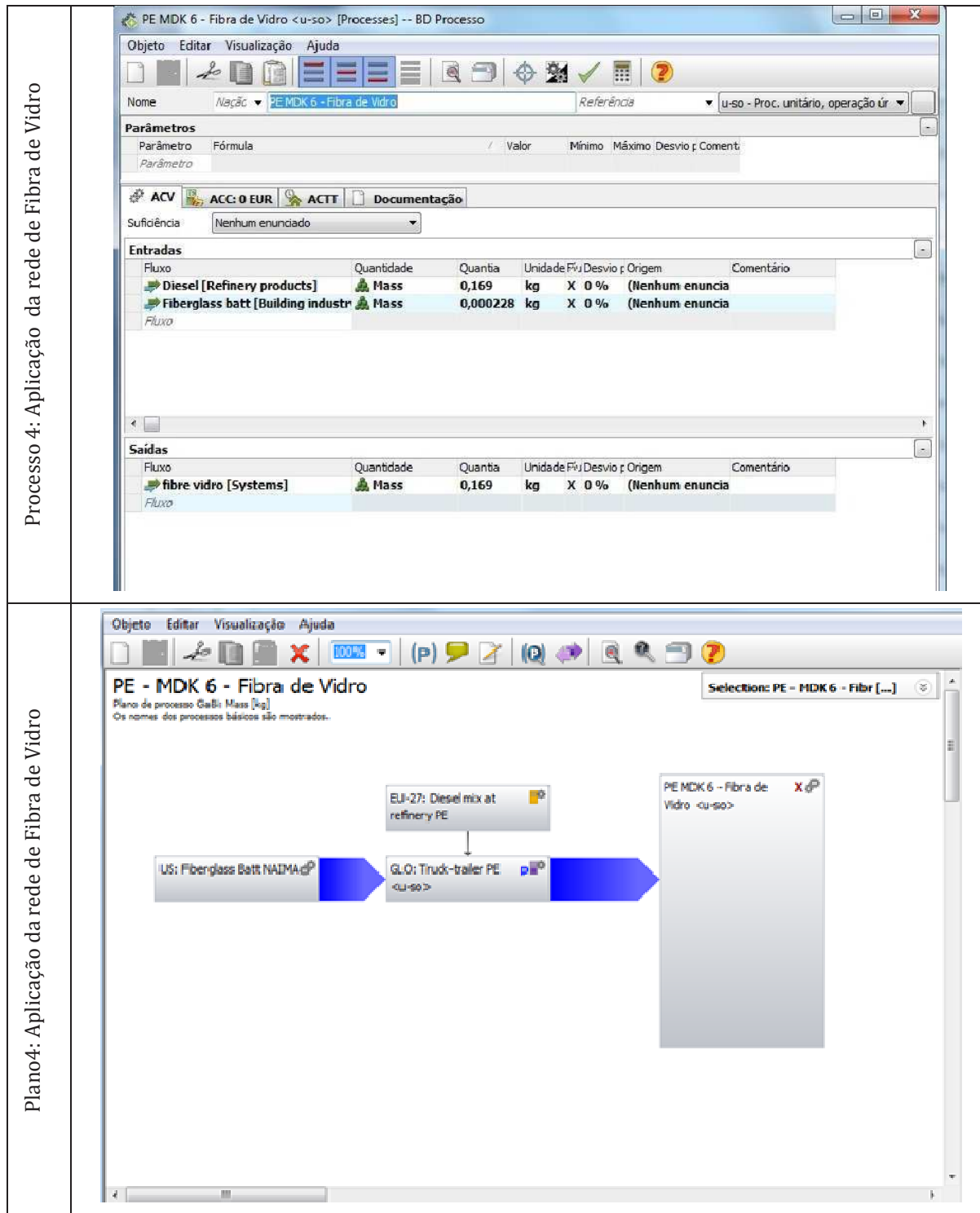


Figura 32. Processo e Plano 4: Aplicação de rede de fibra de vidro

O Processo e Plano 5 estão descritos na Figura 33, aplicação de reboco de parede:

- 1,25 Kg em Argamassa “Fresh Mortar”, 0,00169. Kg de gasóleo “Diesel” e de Energia “Electricity” 0,257MJ.

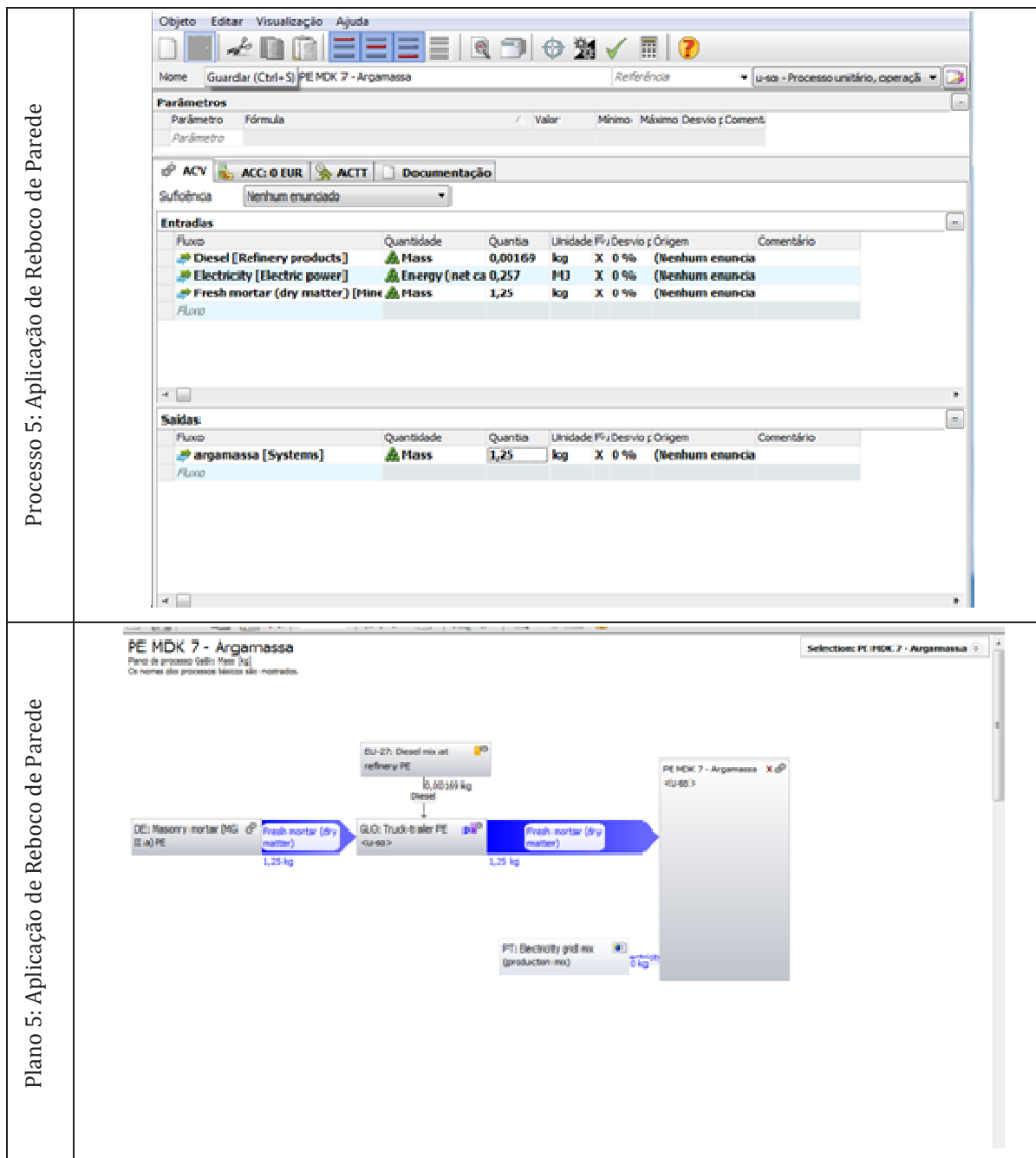


Figura 33. Processo e Plano 5: Aplicação de camada de Argamassa

A Tabela 25 sintetiza os dados de inventário aferidos na análise de ciclo de vida, em termos de material e energia, na produção da Parede exterior – Componente exterior.

Tabela 25. Síntese dos dados de inventário aferidos na produção por m² da componente exterior da Parede exterior

Medida (m ²)	Calha Furada e Estrangulada - Aço Galvanizado (Kg)	Energia Furar a Chapa e Estrangular (MJ)	Resíduos Aço Galvanizado (Kg)	Chapa Galvanizada Aço Galvanizado (Kg)	Parafuso Aço Galvanizado (Kg)	Energia de Fixação Parafusos à Chapa (MJ)
1	38.84	0.0252	0.84	4.31	4.3	1.04
Energia de Soldadura por pontos (MJ)	Cola Poliuretano (Kg)	Energia Aplic. Cola (MJ)	EPS (Kg)	Fibra de Vidro (Kg)	Argamassa (Kg)	Energia Produção de Argamassa (MJ)
11.1	0.404	0.82	2.40	0.169	1.25	0.257

Não foram considerados os impactos indiretos do processo produtivo.

4.3.1.4 Avaliação dos Impactes do Ciclo de Vida

Na Figura 34 é representado a alocação das entradas e das emissões consideradas no processo de fabrico de um metro quadrado da componente exterior da Parede exterior.

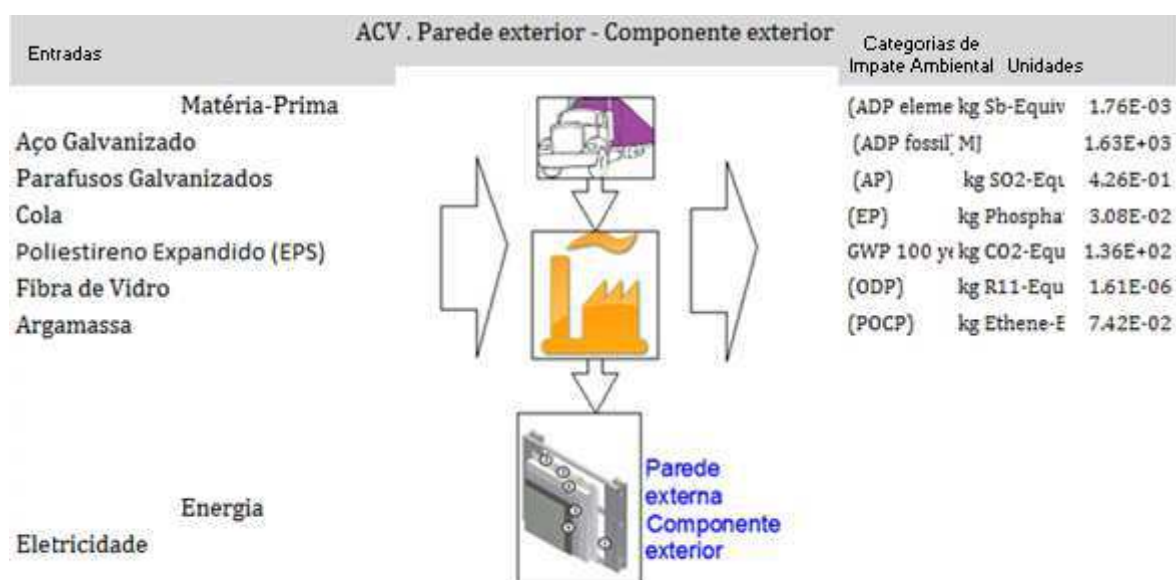


Figura 34. Alocação de Entradas e de Emissões para a produção de 1 m² da componente exterior da Parede exterior

A Tabela 26 sintetiza os resultados segundo a metodologia de ACV, CML da Parede exterior – Componente exterior:

Tabela 26. Resultados dos impactos ambientais na produção da Parede exterior - Componente exterior (Gabi, Versão 6.0, 2014)

ACV: Resultados																	
Fase de Produção			Processo de Construção		Fase de Uso							Fase de Fim de Vida				Benefícios para além da Fronteira do Sistema	
Extracção da Matéria-Prima	Transporte	Produção	Transporte	Processo de Construção	Uso	Manutenção	Reparação	Substituição	Remodelação	Energia adicional - Uso	Uso da água Operacional	Desmontagem / Demolição	Transporte	Processo de Reciclagem	Descarte	Reutilização / Potencial de Reciclagem	
																	A1
x	x	x	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Resultados ACV- Categorias ambientais: 1 metro de Perfil																	
Emissões Ambientais										Unidade		A1	A2	A3			
Depleção de Recursos Abióticos (ADP elementos)										kg Sb-Equiv.		1.76E-03	8.48E-09	3.19E-07			
Depleção de Recursos Abióticos (ADP fóssil)										MJ		1.61E+03	3.32E+00	2.23E+01			
Potencial Acidificação (AP)										kg SO2-Equiv.		4.14E-01	1.09E-03	1.14E-02			
Potencial Eutrofização (EP)										kg Phosphate-Equiv		2.99E-02	2.48E-04	6.86E-04			
Aquecimento Global (GWP 100 years)										kg CO2-Equiv.		1.34E+02	2.40E-01	1.83E+00			
Depleção da Camada de Ozono (ODP, steady state)										kg R11-Equiv.		1.61E-06	7.09E-12	2.25E-10			
Formação de ozono fotoquímico (POCP)										kg Ethene-Equiv.		7.38E-02	-3.65E-04	8.29E-04			

A Tabela 27 permite averiguar com detalhe as categorias de emissões à metodologia de Análise Ciclo de Vida do produto, onde se evidencia as fases do estudo A1 – extração da matéria-prima, A2 – transporte, e A3 – produção. A fase de extração do material (A1) apresenta, relativamente às restantes A2 e A3 uma maior contribuição nas emissões.

A Tabela 27 representa os resultados da ACV recorrendo à metodologia CML englobando as entradas e emissões, a fronteira do sistema definido para o produto perfil Perflex acima mencionado.

Tabela 27. Percentagem de resultados dos impactes ambientais na produção da Parede exterior - Componente exterior

Resultados ACV- Categorias ambientais: 1 metro de Perfil [%]				
Emissões Ambientais	Unidade	A1	A2	A3
Depleção de Recursos Abióticos (ADP elementos)	Kg Sb-Equiv.	1.76E-03	8.48E-09	3.19E-07
		99.98%	0.00%	0.02%
Depleção de Recursos Abióticos (ADP fóssil)	MJ	1.61E+03	3.32E+00	2.23E+01
		98.43%	0.20%	1.36%
Potencial Acidificação (AP)	kg SO2-Equiv.	4.14E-01	1.09E-03	1.14E-02
		97.08%	0.26%	2.67%
Potencial Eutrofização (EP)	Kg Phosphate-Equiv	2.99E-02	2.48E-04	6.86E-04
		96.97%	0.80%	2.22%
Aquecimento Global (GWP 100 years)	kg CO2-Equiv.	1.34E+02	2.40E-01	1.83E+00
		98.49%	0.18%	1.34%
Depleção da Camada de Ozono (ODP, steady state)	KgEthene-Equiv.	1.61E-06	7.09E-12	2.25E-10
		99.99%	0.00%	0.01%
Formação de ozono fotoquímico (POCP)	kg DCB-Equiv.	7.38E-02	-3.65E-04	8.29E-04
		99.38%	-0.49%	1.12%

A Tabela 27 representa os resultados dos impactes ambientais na produção de 1m² de Parede exterior e assinaladas a verde as percentagens. Pode-se observar que é a fase A1- extração de matéria-prima, que mais contribui para as emissões ambientais, os valores obtidos variam de 96,25% a 100,00% da totalidade das emissões. A fase A3 – produção, que compreende valores em percentagem de 0,00% a 2,37% de emissões. Finalmente a fase A2 – transporte, corresponde a percentagens de -0,51% a 0,25% do total das emissões, valores muito reduzidos. Nesta fase, para o impacto: Depleção da Camada de Ozono (ODP, steady state), apresenta um valor negativo, representando créditos na afetação desta emissão.

4.3.1.5 Interpretação do Ciclo de Vida

Nesta secção vai-se comparar este elemento da construção (parede exterior - Componente exterior) com um outro idêntico, em que para o isolamento em vez de se considerar Poliestireno Expandido se utiliza cortiça com a mesma espessura.

A Tabela 28 apresenta a diferença entre os resultados obtidos para ACV de uma Parede exterior com o isolamento definido por EPS e de uma Parede exterior com o isolamento em cortiça. Os resultados apresentados são relativos a cada uma das etapas A1, A2 e A3.

Tabela 28. Diferença entre os resultados da ACV de uma Parede externa com isolamento EPS e com isolamento de Cortiça

Resultados ACV- CML – Comparação de 1 m ² Parede com EPS-1 m ² Parede com Cortiça				
Emissões Ambientais	Unidade	A1-A1	A2-A2	A3-A3
(ADP elementos)	kg Sb-Equiv.	0.00	0.00	0.00
(ADP fóssil)	MJ	-116.99	-1.74	0.00
(AP)	kg SO ₂ -Equiv.	-0.07	0.00	0.00
(EP)	kg Phosphate-Equiv	-0.02	0.00	0.00
(GWP 100 years)	kg CO ₂ -Equiv.	41.24	-0.13	0.00
(ODP, steady state)	kg R11-Equiv.	0.00	0.00	0.00
(POCP)	kg Ethene-Equiv.	-0.01	0.00	0.00

De acordo com a Tabela 28, a diferença entre as emissões, de 1 metro quadrado de Parede Exterior com isolamento de EPS e de 1 metro quadrado de Parede Exterior com cortiça em todas as etapas é negativa, evidenciando o bom comportamento ambiental deste produto natural.

As emissões em que se obteve maior diferença entre as soluções analisadas são: a emissão ambiental referente à depleção de recursos abióticos (ADP Fóssil). Outra diferença significativa é a que se verifica em termos de aquecimento global (GWP) traduzido pelo valor positivo de 41,24 kg CO₂ Equiv., assinalado a cor verde na Tabela 28.

Estas diferenças indicam que solução de parede com isolamento em EPS é muito menos eficiente em termos ambientais do que a utilização da cortiça para o mesmo efeito.

De referir que nas fases A2 e A3 os valores aproximam-se de zero, estes resultados podem ser justificados na medida em que para estas fases se utilizaram valores agregados da base de dados do software GaBi (Gabi, Versão 6.0, 2014).

Como interpretação da análise de ciclo de vida efetuada para a Parede exterior – é possível detalhar o seguinte:

Matérias-primas: A matéria-prima utilizada na constituição da Parede exterior Exterior, a calha furada e estrangulada e chapa de aço galvanizado, 30% é proveniente de matéria reciclada. Na ACV efetuada, a matéria-prima (fase A1) utilizada representa a parcela com maior contributo de emissões das categorias de impacto, de aproximadamente 100% em todas as emissões.

Processo: O processo produtivo que se caracteriza pela moldagem e estrangulação a frio de uma calha (estrutura de suporte central) com 38,84Kg de aço galvanizado, consome 0,0252MJ de energia. Este processo gera resíduos de aço galvanizado, provenientes da furação da chapa em aço galvanizado, de 0,84 Kg estando estes classificados como “*matérias secundárias e combustíveis*”, (NPEN15804, 2012).

A esta calha é fixa a uma chapa galvanizada de 4,31Kg com parafusos de massa 4,3Kg, e soldada por pontos, como referido anteriormente não é possível a contabilização das emissões da soldadura nesta ACV, no entanto contabilizou-se os seus gastos energéticos de 11,1 MJ. A aplicação da cola poliuretano (0,404 Kg) apresenta gastos energéticos de 0,82MJ. Aplica-se o isolamento em Poliestireno Expandido (EPS) à cola e posteriormente a rede de fibra de vidro (0,169Kg). Para finalizar o processo, é introduzido uma camada de argamassa (1,25 Kg) utilizando 0,257 MJ de energia. Os recursos energéticos aqui usados, 26% são de origem renovável, segundo a fatura da EDP da empresa Metalusa.

Transporte: As matérias-primas são transportadas para a fábrica, para tal é utilizado um camião com a capacidade de 24 ton e com um rendimento estimado pelo software GaBi (Gabi, Versão 6.0, 2014) de 0,00135 kg diesel/kg carga, para uma distância média de 100 Km. Para tal consideram-se os gastos do transporte em função dos percursos inseridos na base de dados.

4.3.1.6 Conclusões

A realização da Análise de Ciclo de Vida da Parede exterior – Componente exterior, permite determinar valores para as categorias de impacte ambiental. Para este Produto de construção, a atividade com maior contribuição para as emissões ambientais resultantes da ACV, é a extração de matéria-prima, o, que corresponde à fase A1 com valores entre 97,37% a 100,00%. da totalidade das emissões das categorias de impacto.

Na comparação de resultados entre a utilização de Poliestireno Expandido (EPS) e a utilização de Cortiça, ambos com a mesma espessura, na Parede exterior – Componente exterior, verifica-se que a solução de parede com isolamento em EPS é menos eficiente relativamente às emissões ambientais, devido ao consumo de combustíveis fósseis, recursos finitos (ADP fóssil) e contaminação da água do mar, fazendo com que a sua exploração contínua, comprometa a sua disponibilidade para as gerações futuras. Outra diferença significativa ocorre no impacte relativo ao aquecimento global (GWP), verificando-se que a cortiça diminui a quantidade de CO₂ (equiv.) em comparação com a solução em EPS.

4.4. Conclusões Gerais

O perfil Perflex, apresenta como resultados de Análise de Ciclo de Vida, uma maior contribuição para o impacto ambiental na fase A1, proveniente da extração de matéria-prima, o aço galvanizado. Posteriormente os resultados foram comparados com um produto análogo (EPD-IBU), resultando em uma diferença praticamente nula. Apenas se verifica na emissão ambiental de depleção de Recursos Abióticos (ADP fóssil), a diferença de valores negativos, o que significa que o perfil Perflex apresenta valores das categorias de impacto ambiental inferiores ao perfil EPD-IBU.

Os perfis Modiko 1C, 2C e 4C apresentam em comum o aço, como maior percentagem de matéria-prima.

O perfil Modiko 1C, comparado com um produto análogo (EPD-IBU), apresenta uma diferença próxima de zero na maior parte das emissões de impacto consideradas. No entanto, relativamente à emissão ambiental de depleção de Recursos Abióticos (ADP fóssil) a diferença, não se aproxima de zero e apresenta valores positivos, o que traduz um impacto superior na extração da matéria-prima para este perfil Modiko 1C. Tal não ocorre para o perfil Perflex, esta diferença deve-se à utilização de diferentes matérias-primas: aço e aço galvanizado.

Comprando os resultados obtidos para os casos de estudo Perfis Modiko 2C e 4C como obtidos para o perfil Modiko 1C, permite concluir que os resultados são idênticos, evidenciando que a utilização de aço galvanizado e dos parafusos introduzem superiores emissões ambientais.

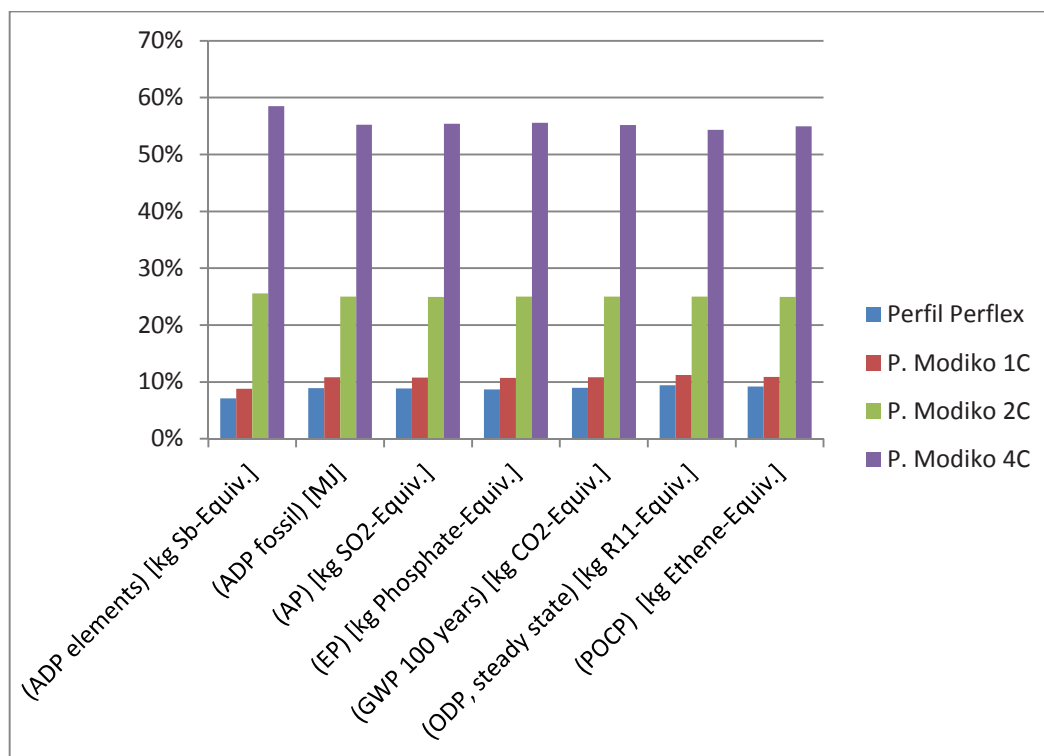
Para concluir as análises de ciclo de vida realizadas neste capítulo 3 “Avaliação do Ciclo de Vida do Sistema de Construção Modiko”, na elaboração da DAP dos produtos Modiko, utilizou-se o software GaBi-Product Sustainability Performance (Gabi, Versão 6.0, 2014), tendo fornecido a base de uma DAP para a avaliação ambiental destes produtos de construção, identificando o que provoca menor pressão sobre o ambiente e os aspetos de melhoria no desempenho ambiental de cada produto. Na realização da DAP relativa à etapa de produto, foi considerado os módulos de informação, desde A1 a A3.

A ACV relativa aos perfis metálicos, em que a matéria-prima é aço ou aço galvanizado, evidencia que a extração avaliada na etapa A1 tem influência em todas as emissões das categorias de impacto, apresentando valores muito próximos de 100% das emissões consideradas nas etapas A1-A3.

Comparando os valores obtidos para os impactos ambientais determinados na ACV dos diferentes perfis observam-se valores superiores consoante a complexidade dos perfis. A Figura 35, traduz a comparação de resultados de ACV dos perfis Modiko 1C, 2C e 4C, sendo notórios os critérios de semelhança. A barra azul os representa os resultados das categorias de impacto ambiental relativos ao perfil Perflex, a barra vermelha representa os resultados inerentes ao perfil Modiko 1C, a barra verde os resultados inerentes ao perfil Modiko 2C e por último a barra roxa os resultados do

perfil 4C. O perfil Modiko 1C é uma peça de fabrico menos complexa, constituído por apenas um “C” e dois topos, face ao perfil Modiko 4C que apresenta um conjunto de quatro “C”s e respetivos topos, sendo ligado às peças de união com parafusos.

Figura 35. Comparação dos Resultados ACV dos Perflex e perfis Modiko 1C, 2C e 4C por metro linear



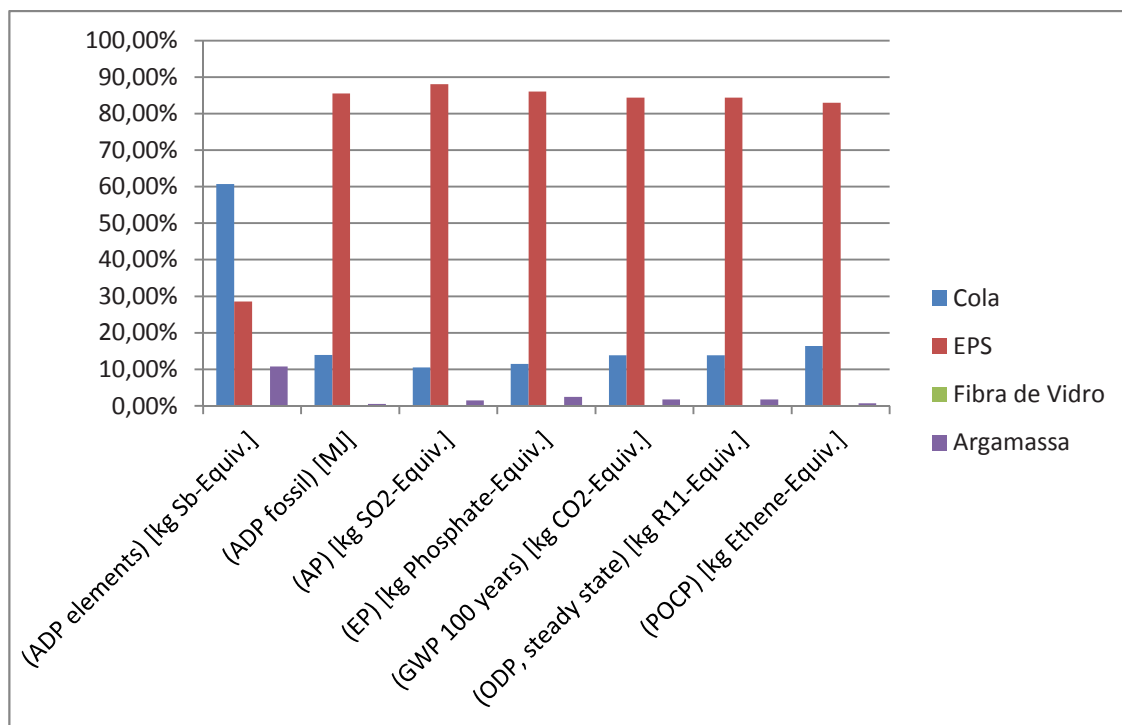
Relativamente aos resultados de ACV da Parede exterior – Componente exterior, conclui-se que a extração de matéria-prima (A1) é a etapa com maior contribuição de emissões, considerando o conjunto de materiais aplicados (Aço galvanizado, cola poliuretano, Poliestireno Expandido (EPS), rede de Fibra de Vidro e Argamassa).

Para uma melhor interpretação de resultados, e uma vez que o aço galvanizado tem um peso superior aos restantes materiais presentes no metro quadrado desta parede, a Figura 36 demonstra a distribuição do peso das matérias-primas, à exceção do aço galvanizado da Parede exterior - Componentes exterior, verificando-se que o contributo nas emissões do Poliestireno Expandido (EPS) (cor roxa) é muito superior quando comparada às restantes matérias-primas aplicadas. Repare-se ainda que a rede de Fibra de Vidro e a Argamassa (cor azul claro e laranja, respetivamente) apresentam valores nulos na sua afetação das emissões, para um metro quadrado de parede.

Face ao exposto, importa referir a necessidade de se recorrer a materiais alternativos ao Poliestireno Expandido (EPS) como por exemplo um elemento de isolamento natural como a cortiça, de modo a obter melhores resultados na sua

afetação das emissões ambientais. Só deste modo, se poderá garantir um futuro mais sustentável.

Figura 36. Afetação das emissões de Matérias-Primas ao produto de 1m² de Parede exterior - Componente exterior



5. Avaliação do Sistema de Construção Modiko recorrendo ao SBTool^{PT}-H

5.1. Introdução

Neste capítulo é efetuada a avaliação de sustentabilidade de duas moradias de construção Modiko, inseridas em zonas diferentes, uma numa zona rural e outra no centro de uma vila, estas duas moradias têm apenas em comum o sistema de construção. Após a avaliação de sustentabilidade de cada moradia será feita uma análise e comparação de resultados.

Com vista à certificação da sustentabilidade de edifício de habitação com recurso à metodologia SBTool^{PT}-H, já descrita no item 2.4 do presente relatório, serão analisados 24 parâmetros (não será analisado o parâmetro P18, pois de acordo com o manual do SBTool^{PT}-H a verificação deste parâmetro pode ser dispensada quando não se efetua uma análise dinâmica das temperaturas no interior da habitação), 9 categorias, inseridas nas dimensões: ambiental, social e económica.

Procede-se à avaliação da sustentabilidade, obtendo-se para cada parâmetro, um nível de A+, A, B, C, D, ou E. Após a avaliação de cada parâmetro será realizada a quantificação do desempenho ao nível de cada categoria e dimensão, com posterior quantificação do Nível Global de Sustentabilidade (NS), (iiSBE, 2009). Para executar o processo de avaliação, recorre-se a uma folha de cálculo Excel desenvolvida para o efeito (SBTool^{PT}-H, 2009).

As moradias foram executadas com uma estrutura de aço, recorrendo aos elementos do sistema MODIKO® e a paredes especialmente concebidas para a fixação nos referidos elementos. A estrutura de construção metálica, é caracterizada pela sua leveza, permitindo a portabilidade, a rapidez de montagem. Nas paredes verticais, no processo de fabricação, é inserido o isolamento (térmico e acústico), (Metalusa, 2015).

A estrutura da edificação é uma estrutura modelar, composta por elementos perfilados galvanizados a frio, desenvolvidos para o efeito e patenteados, assentes sob uma laje de esteira colaborante. Os panos exteriores são em chapa de aço, ligados à estrutura e revestidos a capoto com acabamento final em reboco areado de cor branca (Metalusa, 2015).

As coberturas destas moradias são planas, consideradas como não acessíveis, de chapa sandwich de 40mm à cor branca. Sobre a cobertura é colocada uma camada de isolamento XPS 30mm o qual se encontra uma camada de poliuretano com uma pendente mínima de 2%. Os vãos envidraçados apresentam um sistema de proteção solar definido por cortinas blackout, pelo interior, e/ou pala, pelo exterior. As caixilharias são em alumínio, com vidro duplo, os peitoris e as soleiras são em pedra calcária de acabamento natural (Metalusa, 2015).

Pelo interior, as paredes são em gesso cartonado pintado, com inclusão de lã de rocha. O revestimento final nas zonas potencialmente húmidas, nomeadamente instalações sanitárias, é cerâmico. Na zona social e íntima da casa o pavimento é flutuante estratificado (Metalusa, 2015).

Todos os materiais que constituem a edificação e a zona exterior envolvente encontram-se descritos na memória descritiva do projeto de arquitetura e no mapa de medições, constando outras considerações referidas, (nomeadamente a certificação ambiental do OSB, e a implantação da moradia) pela empresa Modiko (Metalusa, 2015).

5.2. Caso de Estudo - Moradia Unifamiliar em Marco de Canaveses

5.2.1 Descrição do Caso de Estudo

Trata-se de uma moradia unifamiliar de tipologia T3, composta por dois pisos em que:

O terreno apresenta uma área de 631,26 m²; A área de implantação da moradia é de 249,66 m²; Como se trata de uma demolição total do existente e construção nova, excede o Índice de Ocupação do Solo máximo de 0,10 (631,26 m² x 0,10 = 63,126 m²); A habitação apresenta uma área bruta de 334,60 m².

A cércea é igual a 6,45 m; o número de pisos acima da cota de soleira é de dois; não existem pisos abaixo da cota da soleira. A moradia não inclui garagem. No limite da parcela, junto à entrada da propriedade, existem 2 lugares de estacionamento descobertos (Metalusa, 2015).

Na Figura 37, apresenta-se o projeto de arquitetura, com alguns pormenores arquitetónicos referentes aos alçados.



Figura 37. Projeto de arquitetura - vista dos alçados da moradia (Metalusa, 2015)

A Figura 38 retrata uma foto retirada do Google Earth para uma fácil visualização do contexto da moradia a implantar, ou seja, uma zona rural, com acesso em caminho em terra, (também visível na Figura 39).



Figura 38. Extrato do Google Earth do terreno a implantar a moradia

A Figura 39 representa a implantação da moradia, assinalada a vermelho, a preto evidencia-se uma construção que foi demolida.



Figura 39. Implantação da moradia (vermelho) (Metalusa, 2015)

A Figura 40 apresenta as plantas e vistas da moradia, onde se evidencia a cobertura, piso 1 e piso 0.

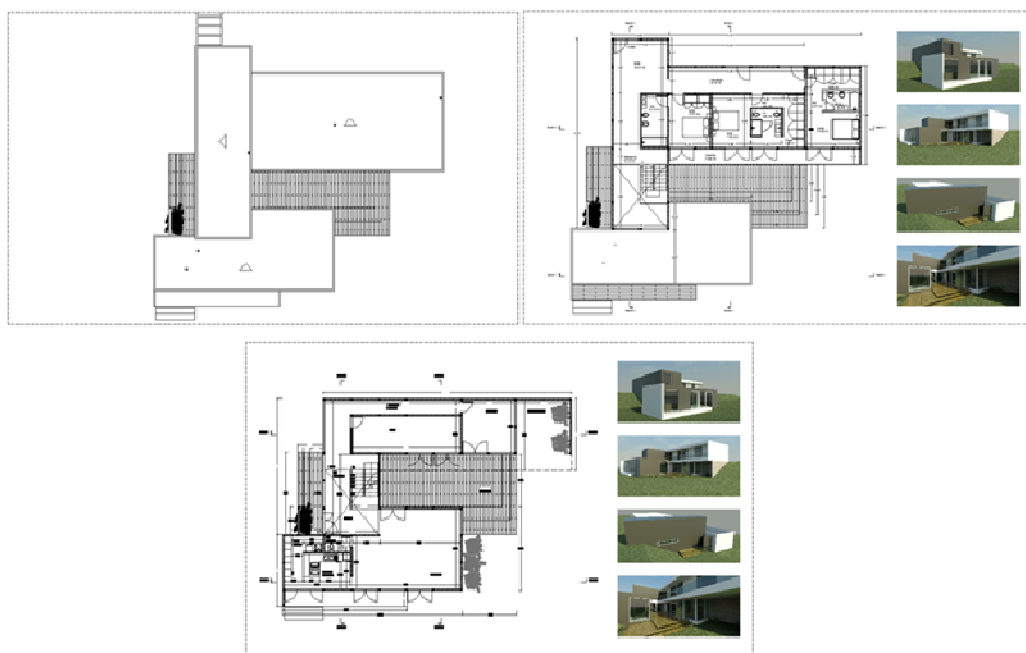


Figura 40. Plantas de Cobertura Piso 0 e Piso 1 (Metalusa, 2015)

5.2.2 Avaliação da sustentabilidade

A implementação de avaliação de sustentabilidade é realizada de acordo com o guia de avaliação da metodologia SBTool^{PT}-H. A base de dados inclui as tecnologias de construção mais correntes em Portugal para cada elemento de construtivo (paredes, pisos, janelas, portas, etc.). O limite físico da aplicação da metodologia SBTool^{PT}-H é o local de construção, incluindo a integração do edifício com outras amenidades urbanas (por exemplo, áreas comerciais e áreas de lazer).

O desempenho do estudo de caso, avaliado para a solução original e para as medidas de melhoria, é determinado para cada categoria, dimensão sustentável e pontuação global (pontuação sustentável). O primeiro passo é a quantificação do desempenho do edifício original ao nível de cada indicador de sustentabilidade.

5.2.2.1 Dimensão ambiental

Categoria: C1 – Alterações climáticas e qualidade do ar exterior

Parâmetro: P1 – Valor agregado das categorias de impacto ambiental de ciclo de vida por m² de área útil de pavimento e por ano

Objetivo e aplicabilidade: promover e premiar a utilização de materiais que apresentem baixo impacto sobre o meio ambiente, considerando a totalidade do seu ciclo de vida. Aplica-se aquando da conceção de um edifício novo ou de uma operação de ampliação e/ou ampliação de um edifício construído (SBTool^{PT}-H, 2009).

Para proceder à verificação deste parâmetro tem-se em conta à análise detalhada dos projetos das diversas especialidades e do mapa de quantidades fornecidos pela empresa Metalusa, pelo que se recorre à folha de cálculo Excel em Anexo, fazendo o preenchimento da seguinte tabela, conforme Guia do SBTool^{PT}-H (iiSBE, 2009):

Após a síntese das quantidades dos materiais utilizados na construção da moradia, procedeu-se à recolha das DAP de modo a aferir o impacto ambiental do ciclo de vida de cada material. Face à dificuldade em encontrar estes documentos e à inexistência de DAP para alguns dos materiais descritos, foram utilizadas as fichas de quantificação de categorias de impacto ambiental, da bibliografia (Bragança & Mateus, 2011). E aos dados retirados dos valores calculados no presente trabalho relativo ao cálculo das DAP. Os valores apresentados na quantificação de impacto ambiental do "berço ao portão" (creadle to gate) são associados à produção de 1kg de material.

De modo a verificar os materiais que têm maior valor de impacto ambiental, procede-se à análise dos impactos associados a cada material, valores determinados no parâmetro P1.

A Tabela 29 representa os pesos de cada categoria de impacto ambiental na normalização inerente ao cálculo do Parâmetro P1. A categoria de Potencial de Aquecimento Global apresenta a maior percentagem com 40,7%, de seguida o Potencial de Acidificação, o Potencial de Eutrofização, e o Recurso de Energia não renovável de 13,6% cada, o Potencial de formação de Ozono Troposférico com o peso de 10,1% e por último o Potencial de Destruição da camada de Ozono na percentagem de 8,4%.

Tabela 29. Peso de cada categoria de impacto ambiental (%) utilizado na metodologia SBTool^{PT}-H para a normalização do Parâmetro P1 (SBTool^{PT}-H, 2009)

Categorias Ambientais	Símbolo	Unidade	Pesos para normalização do Parâmetro P1
Potencial de Aquecimento Global	GWP	Kg Co2 equiv	40.7 %
Potencial de Destruição da Camada de Ozono	ODP	KgCFC-11 equiv	8.4 %
Potencial de Acidificação	AP	KgSo2 equiv	13.6 %
Potencial de formação de Ozono Troposférico	POCP	Kg C2H4 equiv	10.1 %
Potencial de Eutrofização	EP	KgPO4 equiv	13.6 %
Energia Incorporada	FFDP	MJ equiv	13.6 %

Analisando as emissões totais ambientais do edifício e relacionando-as com os materiais que mais contribuem para elas, é possível concluir que a chapa galvanizada

nas paredes e o betão armado são os materiais que mais contribuem para os impactes ambientais descritos nas emissões da

Tabela 30, estes valores são referentes aos registos máximos da aplicação desta metodologia no presente parâmetro.

Tabela 30. Materiais do edifício que mais afetam as categorias de impacto ambiental (SBToolPT-H, 2009)

Emissão	Material	Valor
GWP [Kg CO2 eq.]	Betão Armado Estrutura	7.35E+04
FFDP [MJ]	Cupolex	1.68E+06
EP [Kg PO4 eq.]	Chapa Galvanizada Paredes	5.73E+01
AP [Kg SO2 q.]	Chapa Galvanizada Paredes	3.58E+02
ODP [Kg CFC eq.]	Chapa Galvanizada Paredes	6.37E+01
POCP [Kg C2H4 eq.]	Betão Armado	2.62E+01

Concluído o processo de cálculo do parâmetro P1 - Valor agregado das categorias de impacto ambiental de ciclo de vida de área útil de pavimento e por ano, está-se perante um valor normalizado de 1,2, que corresponde, segundo a escala de classificação (nível de avaliação) ao, nível de avaliação A+.

Não se apresentam medidas de melhoria para o parâmetro P1.

Categoria: C2 – Uso do solo e biodiversidade

Parâmetro: P2 – Percentagem utilizada do índice de utilização líquido disponível

Objetivo e aplicabilidade: promover e premiar a utilização eficiente do solo urbanizável. Aplica-se aquando da conceção de um novo edifício ou na fase de conceção de uma operação de reabilitação e/ou ampliação de um edifício existente (SBToolPT-H, 2009).

Para proceder à verificação deste parâmetro há que, analisar a memória descritiva e peças desenhadas do projeto de arquitetura para aferir a área bruta total da habitação.

Procede-se à determinação do índice de utilização líquido (IUL) da seguinte forma:

$$IUL = \frac{\text{Área Bruta Total}}{\text{Área da Parcela}} = \frac{334,6}{631,26} = 0,53 \quad 4.1$$

De acordo com o PDM de Marco de Canaveses, o $IUL_{m\acute{a}x}$ (ou $COS_{m\acute{a}x}$) é de 0,10.

Determina-se então a percentagem utilizada do índice de utilização líquido disponível (PAUL):

$$PAUL = \frac{IUL}{IUL_{m\acute{a}x}} \times 100 = \frac{0,53}{0,10} \times 100 = 530\% \quad 4.2$$

Após a normalização, obtém-se o valor de 1,20, o que corresponde a um nível de avaliação A+. Logo não é necessário intervir com as medidas possíveis de melhoria deste parâmetro.

Parâmetro: P3 - Índice de impermeabilização

Objetivo e aplicabilidade: promover e premiar a permeabilidade dos solos nas áreas urbanas para assegurar a recarga dos aquíferos e diminuir o caudal de ponta nos sistemas de drenagem de águas pluviais. Aplica-se na fase de conceção de um novo edifício ou na fase de conceção de uma operação de reabilitação e/ou ampliação de um edifício existente (SBToolPT-H, 2009).

Para proceder à verificação deste parâmetro há que utilizar a memória descritiva e planta de implantação. Para determinar a área de impermeabilização total são consideradas as áreas de implantação, lajetas de betão.

Evidencia-se o acesso das viaturas para junto da propriedade. Dado o projeto de arquitetura, segundo a Figura 41 o lote onde a moradia é implantada, sofreu um destaque de área. Considera-se que parte do lote parte do caminho, $51,66m^2$, que abrangia esse lote em lajetas de betão.

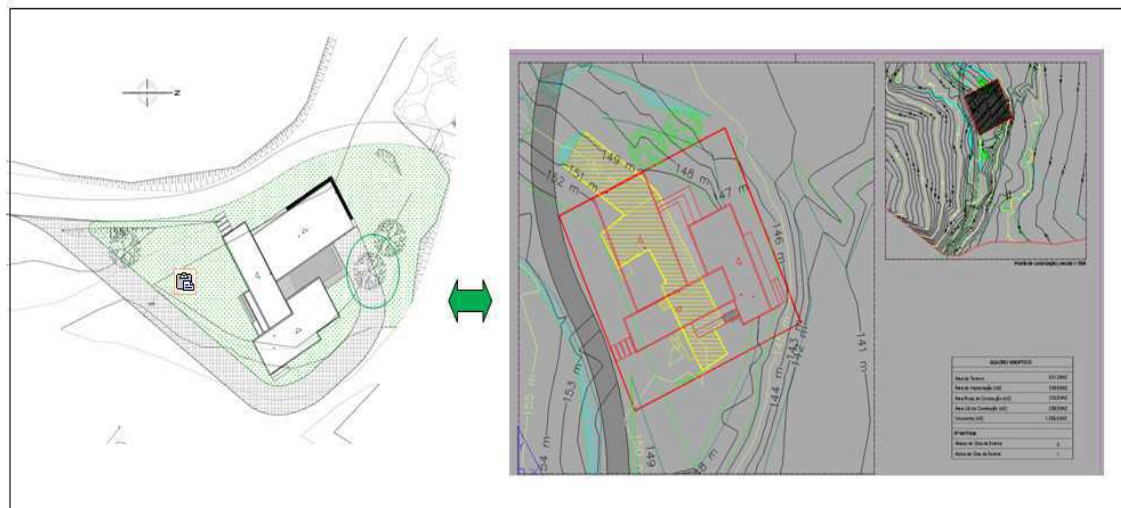


Figura 41. Esquema de arranjos exteriores considerando o terreno todo do proprietário à direita. Planta de implantação com o mapa de áreas à esquerda (Metalusa, 2015)

$$A_{TOT}=631,26 \text{ m}^2$$

$$A_{IMP}=326,69 \text{ m}^2$$

Cálculo do índice de impermeabilização:

$$PIMP = \frac{A_{IMP}}{A_{TOT}} \times 100 = \frac{326,69}{631,26} \times 100 = 39,48\% \quad 4.3$$

Após a normalização, obtém-se o valor de 0,27, o que corresponde a um nível de avaliação C. Como sugestão de melhoria, deste parâmetro P3, passaria por reduzir a área de impermeabilização substituindo as lajetas de cimento por grelhas de arrelvamento da zona de acesso a viaturas, ou aplicação de cobertura ajardinada.

Parâmetro: P4 - Percentagem da área de intervenção previamente contaminada ou edificada

Objetivo e aplicabilidade: promover e premiar a reutilização de áreas de solo contaminadas ou previamente construídas. Aplica-se na fase de conceção de um novo edifício ou na fase de conceção de uma operação e/ou ampliação de um edifício existente (SBToolPT-H, 2009).

Para proceder à verificação deste parâmetro recorre-se à memória descritiva, e ao Google maps onde se constata que não se encontra nada construído na zona de implantação da moradia.

Procede-se à determinação da área de intervenção (A_{INT}) e da área previamente contaminada ou edificada (A_{PCO}):

$$A_{INT}=327,00\text{m}^2$$

$$A_{PCO}=141,47 \text{ m}^2$$

Importa referir que para a determinação da área total de intervenção é a área da implantação da moradia a construir pelo sistema Modiko.

Cálculo da Percentagem de Área Previamente Contaminada ou Edificada:

$$PACE = \frac{APCO}{AINT} \times 100 = \frac{141,47}{327} \times 100 = 43,26\% \quad 4.4$$

Após a normalização, obtém-se o valor de 0,48, o que corresponde a um nível de avaliação B.

Não se apresentam medidas possíveis de melhoria deste parâmetro.

Parâmetro: P5 - Percentagem de áreas verdes ocupadas por plantas autóctones

Objetivo e aplicabilidade: promover e premiar a utilização de plantas autóctones nos espaços verdes. Aplica-se na fase de conceção de um novo edifício ou na fase de conceção de uma operação de reabilitação e/ou ampliação de um edifício existente (SBToolPT-H, 2009).

Para proceder à verificação deste parâmetro, tem-se em conta a memória descritiva, o e a planta de implantação e ao projeto de arranjos exteriores.

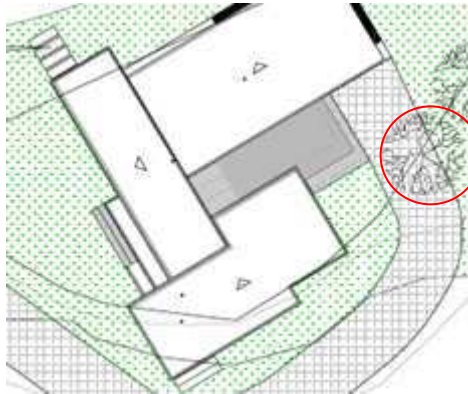


Figura 42. Visualização de uma árvore pertencente ao lote 631,26m² D=2m (Metalusa, 2015)

Considera-se a área de zona verde de terreno de relva com um arbusto em cada alçado lateral, como se pode verificar na Figura 42, procede-se à determinação da área destinada a espaços verdes (A_{EV}) e da área destinada a espécies autóctones (A_{EA}):

$$A_{EV}: 272,14\text{m}^2$$

$$A_{EA}: 3,14 \text{ m}^2$$

Cálculo da percentagem de espaços verdes ocupados por espécies vegetais autóctones:

$$PAUT = \frac{AEA}{AEV} \times 100 = \frac{3,14}{272,14} \times 100 = 1\% \quad 4.5$$

Após a normalização, obtém-se o valor de -0,48, o que corresponde a um nível de avaliação E. Como sugestão de melhoria, do parâmetro P5, seria a substituição de parte da relva prevendo-se um canteiro com plantas autóctones.

Parâmetro: P6 - Percentagem da área em planta com reflectância igual ou superior a 60%

Objetivo e aplicabilidade: diminuir o efeito de ilha de calor nas zonas urbanas, através da utilização de materiais de elevada reflectância ou de zonas verdes nos espaços exteriores e coberturas. Aplica-se na fase de conceção de um novo edifício ou na fase de conceção de uma operação de reabilitação e/ou ampliação de um edifício existente (SBToolPT-H, 2009).

Para proceder à verificação deste parâmetro, tem-se em conta a memória descritiva, o e a planta de implantação, arranjos exteriores. É necessário determinar a área total do terreno em projeção horizontal (A_{TOT}), a área de espaços verdes do edifício em projeção horizontal (A_{EV}) e a área construída em projeção horizontal com reflectância igual ou superior a 60 % (A_{RFL}).

Procede-se à determinação da percentagem de área em planta com reflectância igual ou superior a 60% (P_{RFL}):

$$A_{TOT}: 631,26 \text{ m}^2$$

$$A_{EV}: 272,14 \text{ m}^2$$

$$A_{RFL}: 236,408 \text{ m}^2$$

Para determinação da área construída em projeção horizontal com reflectância igual ou superior a 60%, foram consideradas as coberturas não acessíveis (acabamento cinza – projeto de arquitetura com reflectância inferior a 60%). De igual modo as zonas acessíveis, apesar de possuírem revestimento com lajetas pré-fabricadas não foram consideradas pois a sua reflectância também é inferior 60%.

Cálculo da percentagem de área em planta com reflectância igual ou superior a 60%:

$$PRFL = \frac{AEV + ARFL}{ATOT} \times 100 = \frac{272,14}{631,26} \times 100 = 43,11\% \quad 4.6$$

Após a normalização, obtém-se o valor de 0,06, o que corresponde a um nível de avaliação D.

Como sugestão de melhoria, do parâmetro P3, passaria por reduzir a área de impermeabilização substituindo as lajetas de cimento por grelhas de arrelvamento da zona de acesso a viaturas, pois esta área também influencia o parâmetro P6 no cálculo da área de espaços verdes do edifício.

Categoria: C3 – Energia

Parâmetro: P7 – Consumo de energia primária não renovável na fase de utilização

Objetivo e aplicabilidade: promover e premiar a redução da quantidade de energia primária não renovável necessária para a climatização do edifício (aquecimento e arrefecimento) e aquecimento de águas sanitárias. Aplica-se na fase de conceção de um novo edifício ou na fase de conceção de uma operação de reabilitação e/ou ampliação de um edifício existente. Excluem-se os edifícios no âmbito de aplicação do Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação - REH (SBToolPT-H, 2009).

Para proceder à verificação deste parâmetro, tem-se em conta o projeto de isolamento térmico, na data de hoje os parâmetros sofreram alteração com a nova lei do cálculo térmico RCCTE, Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de Agosto, do REH.

O valor das necessidades anuais globais de energia primária para climatização e águas quentes sanitárias (Ntc) é de: 80,07 kgep/m²/ano.

O valor máximo regulamentar das necessidades anuais globais de energia primária para climatização e águas quentes sanitárias (Nt) é de: 115,57 kgep/m²/ano.

A área de pavimento é de 270,91 m².

Após a normalização, obtém-se o valor de 1,20, o que corresponde a um nível de avaliação A+. Não se apresentam medidas possíveis de melhoria deste parâmetro.

Parâmetro: P8 - Quantidade de energia que é produzida no edifício através de fontes renováveis

Objetivo e aplicabilidade: promover e premiar a redução do consumo de energia não renovável através da instalação de sistemas que permitam a produção de energia através de fontes renováveis. Aplica-se na fase de conceção de um novo edifício ou na fase de conceção de uma operação de reabilitação e/ou ampliação de um edifício existente (SBToolPT-H, 2009).

Para proceder à verificação deste parâmetro, tem-se em conta o Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de Agosto, do REH e o Projeto de Isolamento Térmico.

Segue-se a sequência do cálculo para se obterem os valores desejados:

$$PER = \frac{Esolar}{Ap} = \frac{1694}{270,91} = 6,26 \quad 4.7$$

η_a : 0,77

Qa: 2377 kWh/ano;

N_{AQS}: 11,39 kWh/m².ano;

Nic: 59,55 kWh/m².ano;

Nvc: 9,76 kWh/m².ano;

Ntc` : 3,99 kgep/m².ano;

Ntc`` : 13,78 kgep/m².ano.

Após a normalização, obtém-se o valor de 0,069, o que corresponde a um nível de avaliação D. Não se apresentam medidas possíveis de melhoria deste parâmetro

Categoria: C4 – Materiais e resíduos sólidos

Parâmetro: P9 – Percentagem em custo de materiais reutilizados

Objetivo e aplicabilidade: promover e premiar a reutilização de materiais no edifício que provenham do local de construção ou de locais próximos. Aplica-se na fase de conceção de um novo edifício ou na fase de conceção de uma operação de reabilitação e/ou ampliação de um edifício existente (SBToolPT-H, 2009).

Para proceder à verificação deste parâmetro, tem-se em conta a reutilização e/ou reciclagem de elementos construtivos e de materiais ou produtos de construção, devendo-se considerar que os produtos utilizados para a construção do edifício têm um conteúdo reciclado igual ao convencional em Portugal. Assim sendo, P_{CREU} é 0%, o que corresponde à prática convencional.

A normalização é 0, o que corresponde a um nível de avaliação D. Como sugestão de melhoria deste parâmetro seria por aproveitamento do material proveniente da demolição da construção existente.

5.2.2.11 Dimensão ambiental

Categoria: C4 – Materiais e resíduos sólidos

Parâmetro: P10 – Percentagem em peso do conteúdo reciclado do edifício

Objetivo e aplicabilidade: promover e premiar a utilização de materiais reciclados, provenientes de dentro e de fora do local de construção. Aplica-se na fase de conceção de um edifício novo ou na fase de conceção de uma operação de reabilitação e/ou ampliação de um edifício existente (SBToolPT-H, 2009).

De acordo com o manual de avaliação, na ausência de valores para o conteúdo reciclado de um material, admitir o valor correspondente à prática convencional; Destacam-se os seguintes materiais utilizados na construção da moradia:

- Agregados de enchimento;
- Argamassa convencional;
- Betão armado *in situ* classe C25 ou superior;
- Poliestireno expandido;
- Aço em varão;
- Aço em perfil;
- Alumínio extrudido;
- Chapa Aço Galvanizado;
- Gesso cartonado;
- Tijoleira/azulejo;
- Envidraçados.

Atendendo a que a estrutura é executada com perfis e chapa galvanizada com conteúdo reciclado, considera-se para o cálculo deste parâmetro a percentagem de material reciclável é de 30%, conforme dados fornecidos pela Metalusa. Procede-se ao preenchimento da Tabela 10.2 - Benchmarks para o conteúdo reciclado de vários materiais de construção e processo de cálculo para a determinação do valor normalizado médio do conteúdo reciclado do edifício.

A normalização a qual se obtém o valor de 0,64 o que segundo a escala de classificação SBTool^{PT}-H corresponde para o parâmetro P10 - Percentagem em peso do conteúdo reciclado do edifício a uma classe de desempenho "B". Não se apresentam medidas possíveis de melhoria deste parâmetro.

Parâmetro: P11 – Percentagem em custo dos produtos de base orgânica que são certificados

Objetivo e aplicabilidade: promover e premiar a utilização de materiais e produtos de base orgânica com certificado ambiental. Aplica-se na fase de conceção de um edifício novo ou na fase de conceção de uma operação de reabilitação e / ou ampliação de um edifício existente (SBTool^{PT}-H, 2009).

Este parâmetro dá ênfase aos materiais com conteúdo de base orgânica aos quais foram atribuídos rótulos de certificados ambientais.

Para proceder à verificação deste parâmetro há que considerar os produtos com conteúdo orgânico, e que contêm rótulos de certificados ambientais, referenciados no projeto de arquitetura da moradia. Estes materiais certificados, de base orgânica, são os que provém de exploração florestal, neste caso de estudo são unicamente as placas

de OSB. Face a esta situação a percentagem em custo de materiais de base orgânica, certificados (PCER), é igual a 30,79%.

Procede-se à normalização a qual se obtém o valor de 1,20, o que segundo a escala de classificação SBTool^{PT}-H corresponde para o parâmetro P11 - Percentagem em custo de produtos de base orgânica que são certificados a uma classe de desempenho A+. Não se apresentam medidas possíveis de melhoria deste parâmetro.

Parâmetro: P12 – Percentagem em massa de materiais substitutos do cimento no betão

Objetivo e aplicabilidade: valorizar a utilização de materiais substitutos do cimento no fabrico de betão, uma vez que a produção de cimento é uma das atividades mais poluidoras e que mais energia consome (SBToolPT-H, 2009).

Deste modo e tendo em conta os dados fornecidos pela Metalusa para o betão de classe C20/25 considera-se que a percentagem de cinzas volantes substitutas do cimento é de 25%= PSUB.

De acordo com a metodologia da ferramenta de avaliação da sustentabilidade a melhor prática corresponde a 30,0% e a prática convencional corresponde a 0,0%.

Após a normalização do valor obtém-se a ponderação de 0,833 que corresponde à classe de desempenho A. Como sugestão de melhoria, deste parâmetro 12, seria a utilização de 30% de cinzas volantes substitutas do cimento o que equivale à melhor prática.

Parâmetro: P13 – Potencial das condições do edifício para a promoção da separação de resíduos sólidos

Objetivo e aplicabilidade: Promover e premiar a existência de locais no interior e exterior do edifício para a separação e armazenagem temporária de resíduos sólidos recicláveis. Este parâmetro aplica-se na fase de conceção seja de um novo edifício seja de uma operação de reabilitação e/ou ampliação de um edifício existente (SBToolPT-H, 2009).

Para a verificação deste parâmetro utilizam-se as peças desenhadas ou informação escrita, como o mapa de medições e orçamentos do edifício, de modo a aferir os critérios constantes da Tabela 13.1 da metodologia SBTool^{PT}-H, cujo preenchimento, seguindo o processo de cálculo, determina o valor do Potencial das condições do edifício para a promoção da separação de resíduos sólidos (PRSU).

Segundo os elementos do projeto, enunciado, admite-se que na cozinha existe um espaço apropriado para a separação dos resíduos. Verifica-se que no local do empreendimento não existe recolha de lixo porta-a-porta.

Foi aferido no local a existência de contentores exteriores para os quatro tipos de resíduos (indiferenciado/orgânico, papel, vidro e embalagens), situados a uma distância da porta do edifício superior a 500 m.

Com os dados referidos procede-se ao preenchimento da Tabela 13.1, atrás referida, da qual o PRSU obtém o valor 20 créditos.

De acordo com a metodologia SBTool^{PT}-H a melhor prática corresponde a 50 créditos e a prática convencional corresponde a 30 créditos, ao proceder-se à normalização obtém-se o valor de 0,25, o que segundo a escala de classificação SBTool^{PT}-H corresponde a uma classe de desempenho C para o parâmetro P13 – Potencial das condições do edifício para a promoção da separação de resíduos sólidos. Como sugestão de melhoria, do parâmetro 13, seria na recolha de lixo porta-a-porta.

Categoria: C5 – Água

Parâmetro: P14 – Volume anual de água consumido per capita no interior do edifício

Objetivo e aplicabilidade: Promover e premiar a redução do consumo de água no interior do edifício durante a fase de utilização. Este parâmetro aplica-se na fase de conceção seja de um novo edifício seja de uma operação de reabilitação e/ou ampliação de um edifício existente (SBTool^{PT}-H, 2009).

De acordo com a informação cedida pela empresa não nos foi possível obter o consumo de água dos dispositivos de utilização, para tal foi utilizado os valores máximos.

Os consumos dos dispositivos existentes, prevê-se o volume anual de água consumido per capita no interior do edifício (PCA) através do preenchimento da Tabela 14.2 da metodologia SBTool^{PT}-H.

Foram considerados os seguintes dispositivos: Bacia retrete com dupla descarga 4/2 litros; torneiras com redutor de caudal; chuveiros com 4,5 < fluxo < 6; máquinas de lavar roupa e loiça com a prática corrente.

Concluído o preenchimento desta tabela, o PCA obtém o valor 22,56 m³/hab.ano.

De acordo com a metodologia SBTool^{PT}-H a melhor prática corresponde 22 m³/hab.ano e a prática convencional corresponde 44 m³/hab.ano, ao proceder-se à normalização obtém-se o valor de 0,98, o que segundo a escala de classificação SBTool^{PT}-H corresponde a uma classe de desempenho A para o parâmetro P14 – Volume anual de água consumido *per capita* no interior do edifício. Como sugestão de melhoria, do parâmetro 14, seria a utilização de máquina de lavar a roupa de baixo consumo.

Parâmetro: P15 – Percentagem de redução do consumo de água potável

Objetivo e aplicabilidade: Promover e premiar a redução do consumo de água potável durante a fase de utilização através de técnicas de reutilização de águas residuais e pluviais. Este parâmetro aplica-se na fase de conceção seja de um novo edifício seja de uma operação de reabilitação e/ou ampliação de um edifício existente (SBToolPT-H, 2009).

Verifica-se não existir um sistema de reutilização da água residual e de utilização da água da chuva, pelo que a percentagem de redução do consumo de água potável (PRCA) é 0%.

De acordo com a metodologia SBTool^{PT}-H a melhor prática corresponde 35,40 % e a prática convencional corresponde a 0 %, ao proceder-se à normalização obtém-se o valor de 0, o que segundo a escala de classificação SBTool^{PT}-H corresponde a uma classe de desempenho D para o parâmetro P15 – Percentagem de redução do consumo de água potável. Como sugestão de melhoria, do parâmetro 15, seria o aproveitamento de águas pluviais, nomeadamente na construção de uma estrutura de suporte para rega.

5.2.2.16 Dimensão social

Categoria: C6 – Conforto e Saúde dos utilizadores

Parâmetro: P16 – Potencial de ventilação natural

Objetivo e aplicabilidade: Promover e premiar a adoção de técnicas de ventilação natural, sem dispêndio energético, salvaguardando a qualidade do ar interior. Este parâmetro aplica-se na fase de conceção seja de um novo edifício seja de uma operação de reabilitação e/ou ampliação de um edifício existente.

A quantificação deste parâmetro é feita aferindo os critérios da Tabela 16.1. Os dados necessários ao preenchimento da tabela serão os que constam do Projeto de arquitetura e do Certificado Energético e Ar Interior e do Projeto térmico do edifício (SBToolPT-H, 2009).

Esta tabela introduz um pré-requisito legal a cumprir para que o edifício possa ser classificado pela metodologia SBTool^{PT}-H, obriga a que seja satisfeita em todos os espaços habitáveis do edifício a taxa de renovação nominal mínima de 0,6 renovações por hora prevista no Regulamento das características de comportamento térmico dos edifícios (RCCTE, Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de Agosto, do REH e do RECS).

No certificado energético consta a definição dos principais elementos da ventilação e a forma como esta se processa, assim temos:

- Ventilação natural da moradia;
- Localização na região A, zona de rugosidade II, da moradia;

- Existência de dispositivos de admissão de ar na fachada auto - reguláveis e caixilharia de classe 3, de permeabilidade ao ar;
- Não existem caixas de estore e as portas exteriores são bem vedadas;
- A área de envidraçado é superior a 15% da área do pavimento.

Da análise do projeto de arquitetura verifica-se que a ventilação natural é eficaz em todos os espaços habitáveis, a cozinha reúne todos os aspetos de conceção referentes à ventilação natural cruzada constantes do guia de avaliação SBTool^{PT}-H, os restantes compartimentos habitáveis (quartos, sala, escritório) apresentam todos os aspetos que potenciam a ventilação natural unilateral. Existe ventilação cruzada em mais de 25% do edifício. De acordo com os dados referidos, o preenchimento da Tabela 16.1, determinou, para o potencial de ventilação natural (PVN), um total de 70 critérios.

De acordo com a metodologia SBTool^{PT}-H a melhor prática corresponde 60 créditos e a prática convencional corresponde a 30 créditos, ao proceder-se à normalização obtém-se o valor de 1, o que segundo a escala de classificação SBTool^{PT}-H corresponde a uma classe de desempenho A+ para o parâmetro P16 – Potencial de ventilação natural. Não se apresentam medidas possíveis de melhoria deste parâmetro.

Parâmetro: P17 – Percentagem em peso de materiais de acabamento com baixo conteúdo de COV

Objetivo e aplicabilidade: Promover e premiar a utilização de materiais de acabamento sem compostos orgânicos que não prejudiquem a saúde dos ocupantes. Este parâmetro aplica-se na fase de conceção seja de um novo edifício seja de uma operação de reabilitação e/ou ampliação de um edifício existente (SBTool^{PT}-H, 2009).

Da consulta dos elementos do projeto, dados da empresa Metalusa e da vasta gama de mercado de tintas, permite-nos concluir que houve uma preocupação na seleção de materiais com baixo conteúdo COV's e de formaldeído, pelo que se considera que a percentagem em peso de materiais de acabamento com baixo conteúdo de COV (Pcov) é de 100%.

De acordo com a metodologia SBTool^{PT}-H a melhor prática corresponde 90% e a prática convencional corresponde a 0 %, ao proceder-se à normalização obtém-se o valor de 0, o que segundo a escala de classificação SBTool^{PT}-H corresponde a uma classe de desempenho A+, para o parâmetro P17 – Percentagem em peso de materiais de acabamento com baixo conteúdo de COV, com valor ponderado de 1,11. Não se apresentam medidas possíveis de melhoria deste parâmetro.

Parâmetro: P18 – Nível de conforto térmico médio anual

Objetivo e aplicabilidade: Promover e premiar a existência de um ambiente térmico confortável durante as estações de aquecimento e arrefecimento. Este parâmetro aplica-se na fase de conceção seja de um novo edifício seja de uma operação de reabilitação e/ou ampliação de um edifício existente, sempre que não haja um sistema de arrefecimento (SBToolPT-H, 2009).

O Parâmetro P18, Nível de Conforto Térmico Médio Anual, não é calculado, pois não foram efetuadas simulações de carácter dinâmico que definam as temperaturas interiores, e por conseguinte permitam determinar o nível de conforto térmico médio anual. Não obstante, o seu peso há uma ponderação nos restantes parâmetros desta categoria, com a respetiva ponderação correta entre os parâmetros.

Parâmetro: P19 – Média do Fator de luz do dia médio

Objetivo e aplicabilidade: Promover e premiar a adoção de técnicas de iluminação natural, sem dispêndio energético, que permitem melhorar a qualidade de vida e conforto dos ocupantes. Este parâmetro aplica-se na fase de conceção seja de um novo edifício seja de uma operação de reabilitação e/ou ampliação de um edifício existente, (SBToolPT-H, 2009).

Seguindo o processo de cálculo da metodologia SBTool^{PT}-H, é necessário consultar o Projeto de arquitetura, com plantas e cortes, onde constam os seguintes elementos necessários: dimensões dos compartimentos interiores, localização e dimensão das janelas exteriores e de outras áreas envidraçadas e localização dos edifícios e outras obstruções potenciais, como edifícios vizinhos, árvores de grande porte, palas e varandas.

Assim, procede-se à determinação, para cada compartimento, cozinha, quartos, escritório e sala, das variáveis necessárias ao cálculo, como:

W – Área total da área envidraçada das janelas ou claraboias;

A – Área total de todas as superfícies interiores do compartimento (teto, pavimento, paredes e janelas);

R – Média ponderada das reflectâncias das superfícies interiores do compartimento, em função da área;

M – Fator de correção que permite traduzir a sujidade do envidraçado.

T – Fator de transmissão da luz visível do vidro;

Θ – Ângulo do céu visível. Corresponde ao ângulo formado pelos planos inferior e superior que delimitam a área visível do céu a partir do centro da janela do compartimento

Na falta de valores exatos adotaram-se para R, M e T, os valores de um compartimento convencional conforme consta no processo de cálculo:

R = 0,50

M = 1,0 (Envidraçado vertical que pode ser facilmente limpo)

T = 0,70 (Vidro duplo)

Da análise efetuada ao projeto de arquitetura, verifica-se a existência de algumas árvores no local, mas estas não são causa de obstrução a considerar. Apresentam-se na Tabela 31 os valores de FLDM para a melhor prática e a prática convencional para os diferentes compartimentos da habitação, de acordo a metodologia SBTool^{PT-H}.

Tabela 31. Valores de FLDM para a melhor prática e para a prática convencional

Tipo de compartimento	FLDM*	FLDM*
Cozinha	3%	2,00%
Salas de estar, salas de jantar e escritórios	3%	1,00%
Quarto	3%	0,50%

Procede-se à normalização, dos valores FLDM para cada compartimento, e de seguida a média ponderada (PFLDMm), obtêm-se o valor de 1,2 (valor máximo do intervalo de valores admitidos na metodologia), o que segundo a escala de classificação SBTool^{PT-H} corresponde a uma classe de desempenho A⁺ para o parâmetro P19 – Média do Fator de luz do dia médio. Não se apresentam medidas possíveis de melhoria deste parâmetro.

Parâmetro: P20 – Nível médio de isolamento acústico

Objetivo e aplicabilidade: Promover e premiar a adoção de soluções de isolamento acústico que assegurem o conforto acústico dos ocupantes. Este parâmetro aplica-se na fase de conceção seja de um novo edifício seja de uma operação de reabilitação e/ou ampliação de um edifício existente, (SBTool^{PT-H}, 2009).

Para a quantificação do nível médio de isolamento acústico com base no processo de cálculo da metodologia SBTool^{PT-H}, começamos por identificar os requisitos a que obriga o regulamento de requisitos acústicos dos edifícios (RRAE) para o edifício e os valores dos índices de isolamento previstos no Projeto acústico.

Assim temos, para edifícios de habitação unifamiliar que o único requisito a satisfazer é o índice de isolamento sonoro, a sons de condução aérea, normalizado (D_{2m,n,w}) entre o exterior do edifício e quartos ou zonas de estar dos fogos, que não pode ser inferior a 28 dB(A), (alínea a do ponto 1 do art.º 5º do RRAE).

Com os valores obtidos para a solução de 33 dB(A), para a melhor prática de 39 dB(A) e para a prática convencional de 28 dB(A) numa zona sensível, procede-se à

determinação segundo a metodologia do nível de isolamento acústico de sons de condução aérea, (PCA) de 0,45, o que segundo a escala de classificação SBTool^{PT}-H corresponde para o parâmetro P20 – Nível médio de isolamento acústico , a uma classe de desempenho B. Não se apresentam medidas possíveis de melhoria deste parâmetro, pois a moradia já se encontra construída.

Categoria: C7 – Acessibilidades

Parâmetro: P21 – Índice de acessibilidade a transportes públicos

Objetivo e aplicabilidade: Promover e valorizar a utilização do sistema de transportes públicos, através de soluções que satisfaçam as necessidades de deslocação dos ocupantes. Este parâmetro aplica-se na fase de conceção seja de um novo edifício seja de uma operação de reabilitação e/ou ampliação de um edifício existente (SBTool^{PT}-H, 2009).

Segundo a metodologia SBTool^{PT}-H de modo a aferir o índice de acessibilidade a transportes públicos (PATP) temos de verificar o tipo de zona urbana onde o edifício se insere. Neste caso é zona rural (Zona 4), classificação determinada na consulta ao site da Câmara de Marco de Canaveses, o que corresponde ao valor 0.

De acordo com a metodologia SBTool^{PT}-H, para a zona 4, a melhor prática corresponde a 3,5 e a prática convencional corresponde a 1, ao proceder-se à normalização obtém-se o valor de -0,20 (valor mínimo do intervalo), o que segundo a escala de classificação SBTool^{PT}-H corresponde a uma classe de desempenho E para o parâmetro P21 - Índice de acessibilidade a transportes públicos.

Não se apresentam medidas possíveis de melhoria deste parâmetro, pois a moradia já se encontra construída, e à data desta verificação a zona não é servida de uma rede de transportes públicos.

Parâmetro: P22 – Índice de acessibilidades a amenidades

Objetivo e aplicabilidade: Promover e valorizar a existência de comunidades sustentáveis, suportadas por um conjunto básico de amenidades de fácil acesso, que motivem a deslocação a pé, de bicicleta ou de transporte público. Este parâmetro aplica-se na fase de conceção seja de um novo edifício seja de uma operação de reabilitação e/ou ampliação de um edifício existente (SBTool^{PT}-H, 2009).

O desempenho do edifício ao nível deste parâmetro é avaliado através do índice de acessibilidade a amenidades (PAA), este depende do número e tipo de amenidades existentes e das respetivas distâncias à porta principal do edifício.

O processo de cálculo SBTool^{PT}-H divide as amenidades mais importantes em três classes segundo a sua importância e frequência de utilização, bem como da distância ao edifício ao qual é atribuído um determinado número de créditos. Assim, o

levantamento das amenidades locais que servem as necessidades diárias dos ocupantes deste edifício, é o apresentado na tabela seguinte.

Tabela 32. Localização das amenidades, respetiva distância ao edifício em estudo e créditos atribuídos

<u>CLASSE 1</u>	Distância (m)	Nº Créditos
Café/Snack-Bar de de convívios		
Várzea de Ovelha Aliviada 700metros /1 unidades /7 créditos		7
Espaços exteriores públicos		
Folhada	2500	0
Torre de Nevões		
TOTAL DE CRÉDITOS		7
<u>CLASSE 2</u>	Distância (m)	Nº Créditos
Escola Primária Carvalhosa		
Banho e Carvalhosa	2500	1
TOTAL DE CRÉDITOS		1
<u>CLASSE 3</u>	Distância (m)	Nº Créditos
Centro Médico/Saúde		
Adm. Regional de Saúde do Norte IP	2500	1
Rua central 194 Toutosa		
Centro Recreativo – Associações Culturais		
Várzea de Ovelha Aliviada 700metros /3 unidades /3 créditos	700	9
TOTAL DE CRÉDITOS		10
TOTAL DE CRÉDITOS DAS AMENIDADES		18

O índice de acessibilidade a amenidades (PAA) é o somatório dos créditos de todas as amenidades e tem o valor de 18 créditos, conforme Tabela 32.

Nota: Devido à dificuldade de aceder ao local, por via Google maps e Google Earth, a aluna acedeu ao site da Câmara Municipal de Marco Canaveses e às páginas amarelas de modo a aferir as acessibilidades descritas na Tabela 32. No entanto não conseguiu, aferir mais acessibilidades, nomeadamente locais de culto, como o total de créditos de amenidades é 37 já ultrapassa a melhor prática, a aluna não considerou pertinente a visita ao local.

De acordo com a metodologia SBTool^{PT}-H a melhor prática corresponde 30 créditos e a prática convencional corresponde a 15 créditos, ao proceder-se à normalização adota-se o valor de 0,20, valor máximo do intervalo de valores admitidos na metodologia o que segundo a escala de classificação SBTool^{PT}-H corresponde para o parâmetro P22 – Índice de acessibilidades a amenidades, a uma

classe de desempenho C. Não se apresentam medidas possíveis de melhoria deste parâmetro uma vez que a moradia já se encontra construída.

Categoria: C8 – Sensibilização e educação para a sustentabilidade

Parâmetro: P23 – Disponibilidade e conteúdo do Manual de Utilizador do Edifício

Objetivo e aplicabilidade: Promover e premiar a existência orientações para que os ocupantes saibam como utiliza e manter o edifício de forma eficiente. Este parâmetro aplica-se na fase de conceção seja de um novo edifício seja de uma operação de reabilitação e/ou ampliação de um edifício existente (SBToolPT-H, 2009).

Consultando os elementos do projeto, verifica-se que o edifício não possui a ficha técnica de habitação do edifício nem o Manual de Utilização do Edifício. De acordo com a metodologia SBTool^{PT}-H a melhor prática corresponde 75 créditos e a prática convencional corresponde a 15 créditos, ao proceder-se à normalização obtém-se o valor de 0 créditos, o que segundo a escala de classificação SBTool^{PT}-H corresponde a uma classe de desempenho E para o parâmetro P23 – Disponibilidade e conteúdo do Manual de Utilizador do Edifício. Como sugestão de melhoria, do parâmetro 23, seria na realização do manual de utilizador mencionando todos os itens nele referenciados.

5.2.2.24 Dimensão económica

Categoria: C9 – Custos de Ciclo de Vida

Parâmetro: P24 – Valor do custo do investimento inicial por m² de área útil

Objetivo e aplicabilidade: Promover e premiar a conceção de edifícios sustentáveis que apresentem custos iniciais semelhantes aos dos edifícios convencionais. Este parâmetro aplica-se na fase de conceção seja de um novo edifício seja de uma operação de reabilitação e/ou ampliação de um edifício existente (SBToolPT-H, 2009).

Segundo o processo de cálculo da Metodologia SBTool^{PT}-H, o valor do custo do investimento inicial por m² de área útil do edifício (PCI), corresponde ao preço de venda ao público com impostos. O edifício foi colocado à venda com o preço de 250.000,00€, considerando que este preço já inclui impostos, obtém-se para o PCI o valor de 865,65 €/m² de área útil.

Seguindo o processo de cálculo da metodologia adotou-se uma pesquisa no mercado imobiliário da região, e aferindo ao m² de habitação:

O valor do custo de investimento inicial correspondente à melhor prática (PCI*), foi obtido através da média do custo por m² de área útil do quartil com as avaliações mais baixas e obtém o valor de 550,30 €/m².

O valor do custo de investimento inicial correspondente à prática convencional (PCI) foi obtido através do valor médio global do custo por m² de área útil e obtém o valor de 1.023,99 €/m².

Através da metodologia SBTool^{PT}-H ao proceder-se à normalização obtém-se o valor de 0,33, o que corresponde a uma classe de desempenho C para o parâmetro P24 – Valor do custo do investimento inicial por m² de área útil. Este resultado deve-se ao elevado custo de investimento inicial, o qual atinge estes valores pelas características do edifício, nomeadamente a área bruta de construção e a qualidade dos materiais a aplicar.

Não se apresentam medidas possíveis de melhoria deste parâmetro, pois já se encontra construída a moradia estando esta sujeita aos preços do mercado imobiliário onde está localizada.

Parâmetro: P25 – Valor atual dos custos de utilização por m² de área útil

Objetivo e aplicabilidade: Promover e premiar a conceção de edifícios sustentáveis que apresentem custos de utilização inferiores ao dos edifícios convencionais. Este parâmetro aplica-se na fase de conceção seja de um novo edifício seja de uma operação de reabilitação e/ou ampliação de um edifício existente (SBTool^{PT}-H, 2009).

Seguindo o processo de cálculo da metodologia SBTool^{PT}-H, na quantificação do parâmetro, não se tem em consideração os custos referentes à iluminação e aos consumos dos grandes eletrodomésticos, previstos no projeto, contudo considerou-se que estes pertencem à classe energética A ou superior, para efeitos de classificação da sustentabilidade do edifício. Para a determinação deste parâmetro teve-se em consideração os seguintes dados:

- Preço de 1 kWh de eletricidade em tarifa doméstica simples com IVA incluído = 0,1403 €/kWh (tarifário da EDP- Energias de Portugal);
- Preço de 1kg de gás propano com IVA incluído = 2,69 €/kg (preço Duriensegás);
- Tarifa de água potável do sistema público de abastecimento de água = 0,6291 €/m³ (tarifário da Águas do Marco)
- Tarifa correspondente à drenagem das águas residuais = 0,3711 €/m³ (tarifário da Águas do Marco);
- Tarifa correspondente à recolha de resíduos sólidos urbanos = 0,81 €/m³ (tarifário câmara municipal de Marco de Canaveses – estimativa por semestre 1º escalão de consumo, área habitação superior a 100m²);
- Taxa Euribor a 12 meses = 0,34% (www.euribor.org consultado a 31/10/2014).

Da aplicação do ponto A.1.do processo de cálculo auxiliar da metodologia, obteve-se os seguintes resultados na determinação do valor atual dos custos de utilização correspondentes à melhor prática:

- Custo Anual do Consumo Energético correspondente à melhor prática (CEMP) = 2,07 €/m².ano. Os valores de Ni, Nv e Nac constam do certificado energético do edifício, cálculos efetuados à legislação em vigor.

- Custo Anual do Consumo de Água Potável e da Produção de Águas Residuais e de Resíduos Sólidos Urbanos correspondente à melhor prática (CAMP) = 1,35 €/m².ano.

Assim o valor atual dos custos de utilização correspondentes à melhor prática (PCU*) obteve o valor de 10,07 €/m².

Da aplicação do ponto A.2 do processo de cálculo auxiliar da metodologia, obteve-se os seguintes resultados na determinação do valor atual dos custos de utilização correspondentes à prática convencional:

- Custo Anual do Consumo Energético correspondente à prática convencional (CEPC) = 8,28€/m².ano.

- Custo Anual do Consumo de Água Potável e da Produção de Águas Residuais e de Resíduos Sólidos Urbanos correspondente à prática convencional (CAPC) = 58,18 €/m².ano.

Assim, o Valor Atual dos Custos de Utilização correspondentes à prática convencional (PCU) obteve o Valor de 31,18 €/m².

Da aplicação do ponto A.3 do processo de cálculo auxiliar da metodologia, obteve-se os seguintes resultados na determinação valor atual dos custos de utilização correspondentes à solução em estudo:

- Custo Anual do Consumo Energético correspondente à solução em estudo (CESE) = 4,71 €/m².ano. Para o cálculo deste custo foram considerados os dados constantes do certificado energético do edifício, como sendo os valores de Nic, Nvc e Nac, e os valores das eficiências nominais dos equipamentos utilizados para os sistemas de aquecimento, de arrefecimento e de aquecimento e produção de águas quentes sanitárias respetivamente, sob condições nominais de funcionamento, para o aquecimento ambiente uma caldeira a combustível gasoso, hi = 0,87, para o arrefecimento uma máquina frigorífica COP3, hv=3, e para o aquecimento de águas quentes um termoacumulador a gás com pelo menos 100 mm de isolamento e eficiência 0,87.

- Custo Anual do Consumo de Água Potável e da Produção de Águas Residuais e de Resíduos Sólidos Urbanos correspondente à solução em estudo (CASE) = 5,90 €/m².ano.

Assim o Valor Atual dos Custos de Utilização correspondentes à solução em estudo (PCU) obteve o Valor de 11,10 €/m², ao proceder-se à normalização obtém-se o valor de 0,53, o que segundo a escala de classificação SBTool^{PT}-H corresponde para o

parâmetro P25 – Valor atual dos custos de utilização por m2 de área útil, a uma classe de desempenho B.

Não existem medidas possíveis de melhoria deste parâmetro., tal como no parâmetro anterior, a moradia já está construída e depende dos preços do mercado imobiliário da sua localização.

Após a avaliação dos parâmetros onde são determinados os valores ponderados de sustentabilidade e as classes de desempenho, procedeu-se à agregação destes, como é possível identificar na folha de cálculo do SBTool^{PT-H}, no separador “AG” segundo as Figura 43 e Figura 44.

A Figura 43 consiste na classificação dos Parâmetros e Categorias (SBTool^{PT-H}, 2009) e a Figura 44 classifica a moradia (SBTool^{PT-H}, 2009), ambas apresentando o resumo da avaliação de Sustentabilidade da Moradia de Marco de Canaveses:

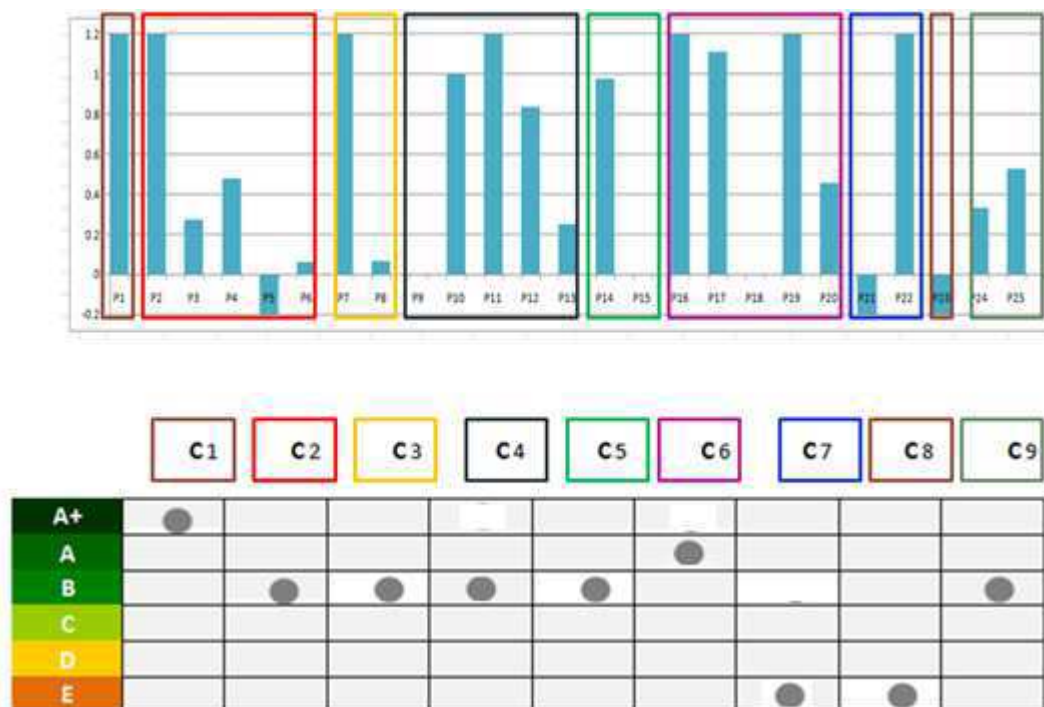


Figura 43. Classificação de Parâmetros e Categorias (SBTool^{PT-H}, 2009)

Nível	Condições	Por favor assinalar o nível atingido (X)
A ⁺	NS > 1,00	
A	0,70 < NS ≤ 1,00	
B	0,40 < NS ≤ 0,70	X
C	0,10 < NS ≤ 0,40	
D	0,00 ≤ NS ≤ 0,10	
E	NS < 0,00	

Figura 44. Classificação Final da Moradia de M. Canaveses (SBToolPT-H, 2009)

Os parâmetros obtidos com as maiores classificações encontram-se apresentados na tabela:

Tabela 33. Resumo de avaliação de impacto ambiental moradia M. Canaveses

Dimensão	Categorias	Indicador de Sustentabilidade	Solução	Crédito
Ambiental	C1 - As mudanças climáticas e qualidade ambiental ao ar	P1 - Os materiais de construção - impacto ambiental de ciclo de vida por m2 de área útil por ano.	As paredes exteriores: estrutura MODIKO. Os EPS de isolamento térmico; As paredes interiores: placa de gesso; Estrutura: perfis MODIKO; Acabamento: i) paredes - argamassa de cimento Portland (interior e exterior); ii) cobertura - telhas de cerâmica e de isolamento em nível -1 e pavimentos e de madeira pavimento flutuante nas outras áreas; iii) tectos - tectos falsos em pladur com lâ de rocha no espaço de ar.	A ⁺ (1.20)
	C2 - Uso do solo e biodiversidade.	P2 densidade humana	Área bruta de construção de 334.6 m2; Área de implantação de 249.66 m2. Área do lote 631.26 m2.	A ⁺ (1.20)
		P3 índice de Impermeabilização	Cobertura em Painel Sandiwch. A envolvente exterior do edifício é permeável.	C(0.27)
		P4 reutilização da área de intervenção previamente contaminada ou edificada.	Área existente contaminada de 141.47m2.	B(0.48)
	P5 – Percentagem de áreas verdes ocupadas por plantas autóctones	Área de espaços verdes: 272.14m ² . Área de espécies autóctones: 3.14m ²	E (-0.20)	
	P6 - Percentagem de área em planta com reflectância igual ou superior a 60%	Espaços verdes: 272.14 m ² .Área de reflectância igual ou superior 60% não foi considerado.	D (0.06)	

Dimensão	Categorias	Indicador de Sustentabilidade	Solução	Crédito	
Ambiental	C3 - Energia	P7 - Consumo de energia primária não renovável na fase de utilização	A arquitetura tira vantagem das estratégias solares passivas com elementos de sombreamento e uma orientação solar favorável.	A ⁺ (1.20)	
		P8 - Quantidade de energia que é produzida no edifício através de fontes renováveis	Está prevista a aplicação de painéis solares para aquecimento de água.	D (0.07)	
	C4 – Materiais e resíduos sólidos	P9 - Percentagem em custo de materiais reutilizados	Não está prevista a utilização de materiais reutilizados na construção.	D (0.00)	
		P10 - Percentagem em peso do conteúdo reciclado do edifício	Os materiais utilizados têm um conteúdo reciclado convencional. E perfis com 30% de material reciclado.	B (0.64)	
		P11 - Percentagem em custo de produtos de base orgânica que são certificados	Certificado material orgânico - OSB	A ⁺ (1.20)	
		P12 - Percentagem em massa de materiais substitutos do cimento no betão	Betão com 25% de cinzas volantes.	A (0.83)	
		P13 - Potencial das condições do edifício para a promoção da separação de resíduos sólidos	Ponto de recolha e separação de resíduos (centro de reciclagem público) a menos de 500 metros; Falta de ecopontos domésticos.	C (0.25)	
	C5 - Água	P14 - Volume anual de água consumido per capita no interior do edifício	Uso convencional de Torneiras e equipamentos	A (0.98)	
		P15 - Percentagem de redução do consumo de água potável	Não há sistema de recolha de águas pluviais.	D (0.00)	
	Social	C6 - Conforto e saúde dos utilizadores	P16 - Potencial de ventilação natural	Vãos de grandes dimensões, permite ventilação cruzada natural e eficiente.	A ⁺ (1.20)
			P17 - Percentagem em peso de materiais de acabamento com baixo conteúdo de COV	Materiais aplicados com baixo teor de COV.	A ⁺ (1.11)
		P18 - Nível de conforto térmico médio anual	Não é considerado na avaliação, uma vez que não havia dados de simulação térmica dinâmica no projeto original.		
		P19 - Média do Fator de Luz do Dia Médio	Orientação solar adequada. Não há obstruções nas aberturas.		
				A ⁺ (1.20)	

Dimensão	Categorias	Indicador de Sustentabilidade	Solução	Crédito
Social	C6 - Conforto e saúde dos utilizadores	P20 - Nível médio de isolamento acústico	Janelas com vidros duplos grandes dimensões. As paredes exteriores de construção MODIKO EPS isolamento térmico.	B (0.45)
	C7 - Acessibilidade	P21 - Índice de acessibilidade a transportes públicos	Não é servido por autocarro.	E (-0.20)
		P22 - Índice de acessibilidade a amenidades	Os principais equipamentos urbanos estão dentro de um raio máximo de 2500 m.	C (0.20)
	C8 - Sensibilização e educação para a sustentabilidade	P23 - Disponibilidade e conteúdo do Manual do Utilizador do Edifício	Não há um manual do usuário.	E (-0.20)
Económica	C9 - Custos de ciclo de vida	P24 - Valor do custo do investimento inicial por m2 de área útil	O custo por m2 de investimento inicial é de 1.023,99 €.	B (0.54)
		P25 - Valor atual dos custos de utilização por m2 de área útil	Custo do Ciclo de Vida com taxa Euribor 31,18 € por m ² e ano.	B (0.53)
Avaliação total				B (0.60)

O parâmetro P1 - Valor agregado das categorias de impacto ambiental de ciclo de vida de área útil de pavimento e por ano, parâmetro único da categoria C1 – revelando um elevado nível de eficiência (1,20) da escolha dos materiais escolhidos na construção da moradia.

P2 - Percentagem utilizada do índice de utilização líquido disponível, trata-se de uma demolição e reconstrução no solo previamente contaminado.

P7 - Consumo de energia primária não renovável na fase de utilização

P16 - Potencial de Ventilação Natural, relativamente considerando as normas para o cálculo térmico, a moradia satisfaz com nível de excelência as condições de energia primária não renovável, e ventilação natural.

P19 - Média do Fator de Luz do Dia Médio, que revela um nível adequado de iluminação natural sem influenciar de forma menos positiva a eficiência energética, uma vez que este tem em conta a posição das janelas, sua orientação e obstruções)

P22 - Índice de acessibilidade a amenidades, o que é revelador de uma localização do edifício distante dos vários espaços públicos úteis, no entanto ainda se obteve algum registo de proximidade num raio até 2500 metros.

P19 - Média do Fator de Luz do Dia Médio, que revela um nível adequado de iluminação natural sem influenciar de forma menos positiva a eficiência energética, uma vez que este tem em conta a posição das janelas, sua orientação e obstruções.

P22 - Índice de acessibilidade a amenidades, o que é revelador de muito boa localização do edifício quanto à proximidade com vários espaços públicos úteis.

A não avaliação do parâmetro P18, conduz a uma distribuição do seu peso pelos restantes parâmetros da mesma categoria, sendo que os parâmetros com o peso de 12% passam a ter um peso de 17,65%, o parâmetro com o peso de 25% passa a ter um peso de 36% e o parâmetro com um peso de 19% altera o seu peso para 27,94%.

Analisando a classificação final de cada categoria, verifica-se que as categorias: C1, C2, C4 e C9 possuem a classificação C; as categorias: C3, C5 e C7 atingem a classificação B; a categoria C6 atinge a classificação A; e a categoria C8: a classificação E, pelo facto de não existir manual do utilizador.

Ao efetuar a quantificação do desempenho global do edifício (Nível de Sustentabilidade –NS), a análise resulta numa avaliação com classificação B, com valor ponderado de 0,60.

5.2.3 Conclusões

A avaliação da sustentabilidade do edifício em estudo recorrendo ao SBTool^{PT-H}, permitiu aferir um nível de sustentabilidade da classe de desempenho B.

Contudo, apesar de se ter obtido para o edifício este nível de sustentabilidade, apresenta alguns pontos fracos de desempenho em alguns dos parâmetros analisados na metodologia, nomeadamente os parâmetros:

P3 – Índice de Impermeabilização, com classificação “C”, e sugestão de melhoria grelhas de arrelvamento.

P5 – Percentagem de áreas verdes ocupadas por plantas autóctones, com classificação “E” e sugestão de melhoria a substituição de relva por plantas autóctones.

P8 – Quantidade de energia que é produzida no edifício através de fontes renováveis, com classificação “D”, não se apresentando medidas de melhoria.

P9 – Percentagem em custo de materiais reutilizados, com classificação “D”, como sugestão de melhoria aproveitamento de material proveniente da demolição.

P15 – Percentagem da redução do consumo de água potável, com classificação “D”, e sugestão de melhoria reutilização de água pluvial.

P21 – Índice de acessibilidade e transportes públicos, com classificação “E”, e não se apresentam sugestões de melhoria para este parâmetro.

P23 – Disponibilidade e conteúdo do Manual de utilizador do edifício, com classificação “E”, e sugestão de melhoria do parâmetro, realização do manual de utilização do edifício.

P24 – Valor do custo do investimento inicial por m² de área útil, com classificação “C”, não se apresentam sugestões de melhoria para este parâmetro.

Em relação às dimensões de sustentabilidade avaliadas Ambiental, Social e Económica, o edifício obtém nível B.

Com a finalidade de melhorar a classe do desempenho do edifício em termos de sustentabilidade, de uma forma realista, pois o edifício já se encontra construído, a propostas de melhoria vai incidir essencialmente no parâmetro 23. A consideração desta medida, e como só envolve uma só categoria é possível alcançar uma maior classificação ao nível global em 0,68, melhorando o único parâmetro da categoria 8, o Parâmetro 23 (disponibilidade de manual do usuário do edifício).

5.3. Caso de Estudo - Moradia Unifamiliar em Troviscal

5.3.1 Descrição do Caso de Estudo

O item tem como objetivo a aplicação da metodologia de avaliação da sustentabilidade SBTTool^{PT}-H a um edifício de habitação de construção Modiko.

O estudo de caso é um edifício residencial, para uma família, com um andar (piso 0), com uma área total de construção de 105,25 m² e uma área de implantação de 213,00 m². O edifício residencial está localizado em Troviscal sito na Rua Dr. Arlindo Vicente, 1, próximo à cidade de Oliveira do Bairro, no distrito de Aveiro. A construção é definida por uma estrutura Modiko, e paredes.



Figura 45. Extrato do Google Maps com localização moradia Troviscal

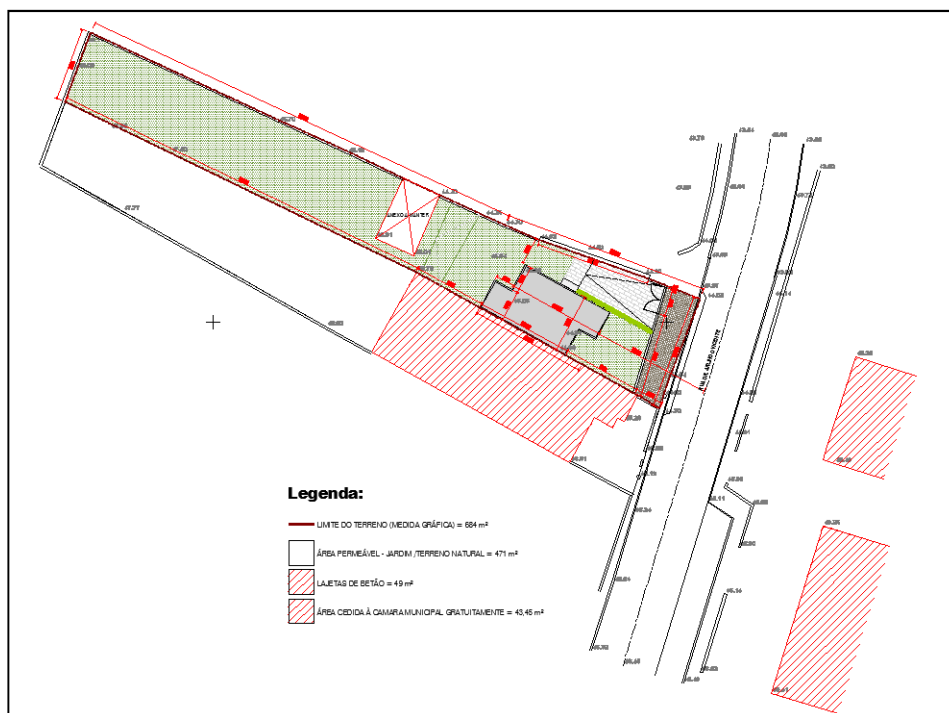


Figura 46. Planta de Implantação da Moradia Troviscal (Metalusa, 2015)

A parcela de terreno tem 684,00 m² e está próxima à área urbana de Troviscal. A distância entre o centro do Troviscal e a cidade de Oliveira do Bairro é de cerca de 6,8 km. A Figura 47 ilustra as plantas da moradia em estudo.

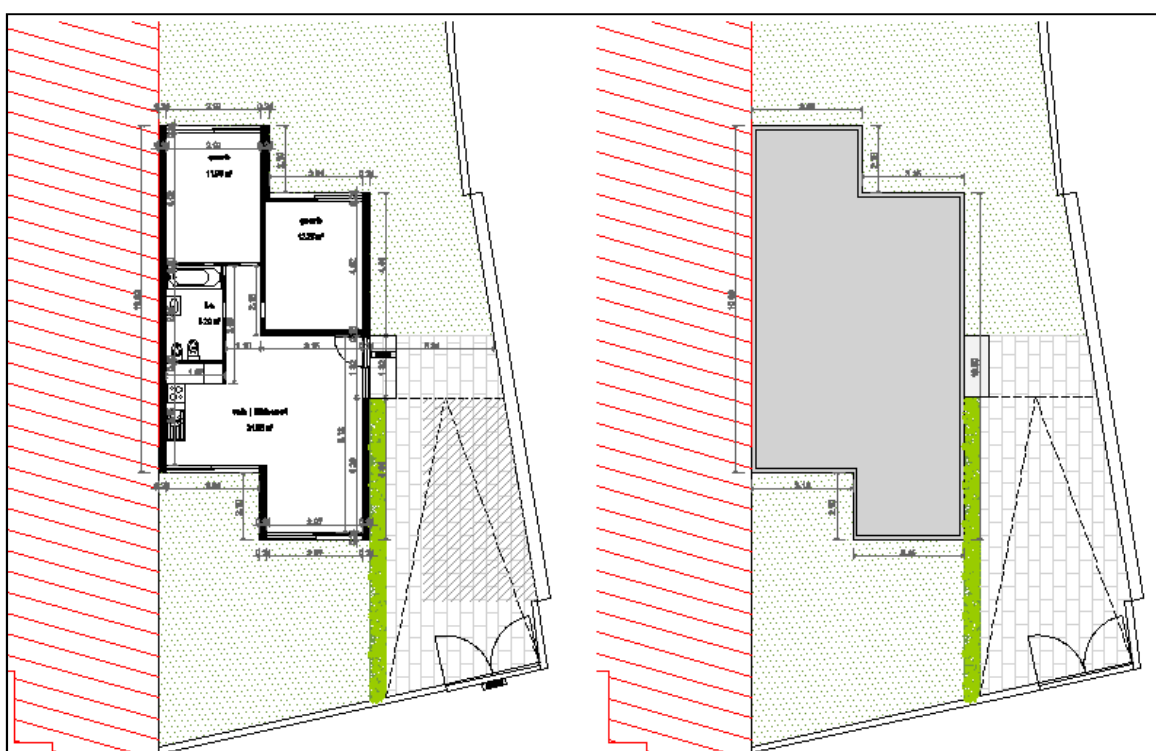


Figura 47. Plantas do piso r/chão e cobertura da moradia Troviscal (Metalusa, 2015).

5.3.2 Avaliação da sustentabilidade

Procede-se à avaliação com recurso à metodologia SBTool^{PT}-H, obtendo-se para cada parâmetro, um nível de avaliação que corresponderá a A+, A, B, C, D, ou E. Após a avaliação de cada parâmetro será realizada a quantificação do desempenho ao nível de cada categoria e dimensão, com posterior quantificação do Nível Global de sustentabilidade (NS).

A seguinte tabela retrata as soluções tomadas para a avaliação do presente caso de estudo Moradia em Troviscal.

Tabela 34. Resumo de avaliação de impacte ambiental moradia Troviscal

Dimensão	Categorias	Indicador de Sustentabilidade	Solução	Crédito
Ambiental	C1 - As mudanças climáticas e qualidade ambiental ao ar	P1 - Os materiais de construção - impacto ambiental de ciclo de vida por m2 de área útil por ano.	As paredes exteriores: estrutura MODIKO. Os EPS de isolamento térmico; As paredes interiores: placa de gesso; Estrutura: perfis MODIKO; Acabamento: i) paredes - argamassa de cimento Portland (interior e exterior); ii) cobertura - telhas de cerâmica e de isolamento em nível -1 e pavimentos e de madeira pavimento flutuante nas outras áreas; iii) tectos - tectos falsos em pladur com lâ de rocha no espaço de ar.	A+(1.20)
	C2 - Uso do solo e biodiversidade.	P2 – Densidade humana	Área bruta de construção de 105.25 m2; Área de implantação de 213.00 m2. Área do lote 684.00 m2.	E(-0.20)
		P3 – Índice de Impermeabilização	Cobertura em Painel Sandiwch. A envolvente exterior do edifício é permeável.	A(0.96)
		P4 – Reutilização da área de intervenção previamente contaminada ou edificada.	Não há área contaminada	D(0.00)
	C3 - Energia	P5 – Percentagem de áreas verdes ocupadas por plantas autóctones	Área de espaços verdes: 471.00m ² . Área de espécies autóctones: 466.31m ²	A+ (1.16)
		P6 - Percentagem de área em planta com reflectância igual ou superior a 60%	Espaços verdes: 471.00m ² . Área de reflectância igual ou superior 60% não foi considerado.	B (0.58)
	P7 - Consumo de energia primária não renovável na fase de utilização	A arquitetura tira vantagem das estratégias solares passivas com elementos de sombreamento e uma orientação solar favorável.	A+ (1.20)	
	P8 - Quantidade de energia que é produzida no edifício através de fontes renováveis	Está prevista a aplicação de painéis solares para aquecimento de água.	B (0.67)	

Dimensão	Categorias	Indicador de Sustentabilidade	Solução	Créditos	
Ambiental	C4 – Materiais e resíduos sólidos	P9 - Percentagem em custo de materiais reutilizados	Não está prevista a utilização de materiais reutilizados na construção.	D (0.00)	
		P10 - Percentagem em peso do conteúdo reciclado do edifício	Os materiais utilizados têm um conteúdo reciclado convencional. E perfis com 30% de material reciclado.	A (0.99)	
		P11 - Percentagem em custo de produtos de base orgânica que são certificados	Certificado material orgânico - OSB	A ⁺ (1.20)	
		P12 - Percentagem em massa de materiais substitutos do cimento no betão	Betão com 25% de cinzas volantes.	A (0.83)	
		P13 - Potencial das condições do edifício para a promoção da separação de resíduos sólidos	Recipiente exterior para os quatro tipos de resíduos (indiferenciado / orgânico, vidro, papel e embalagem), situado a uma distância do edifício porta superior de 50 m a menos de 500 m	B (0.75)	
	C5 - Água	P14 - Volume anual de água consumido per capita no interior do edifício	Uso convencional de Torneiras e equipamentos	A (0.98)	
		P15 - Percentagem de redução do consumo de água potável	Não há sistema de recolha de águas pluviais.	D (0.00)	
	Social	C6 - Conforto e saúde dos utilizadores	P16 - Potencial de ventilação natural	Vãos de grandes dimensões, permite ventilação cruzada natural e eficiente.	A ⁺ (1.20)
			P17 - Percentagem em peso de materiais de acabamento com baixo conteúdo de COV	Materiais aplicados com baixo teor de COV.	A ⁺ (1.11)
			P18 - Nível de conforto térmico médio anual	Não é considerado na avaliação, uma vez que não havia dados de simulação térmica dinâmica no projeto original.	
P19 - Média do Fator de Luz do Dia Médio			Orientação solar adequada. Não há obstruções nas aberturas.	A ⁺ (1.20)	
P20 - Nível médio de isolamento acústico			Janelas com vidros duplos grandes dimensões. As paredes exteriores de construção MODIKO EPS isolamento térmico.	D (0.07)	
C7 - Acessibilidade		P21 - Índice de acessibilidade a transportes públicos	Não é servido por autocarro.	E (-0.20)	
		P22 - Índice de acessibilidade a amenidades	Os principais equipamentos urbanos estão dentro de um raio máximo de 2500 m.	A ⁺ (1.20)	
C8 - Sensibilização e educação para a sustentabilidade	P23 - Disponibilidade e conteúdo do Manual do Utilizador do Edifício	Não há um manual do usuário.	E (-0.20)		

Dimensão	Categorias	Indicador de Sustentabilidade	Solução	Créditos
Económica	C9 -Custos de ciclo de vida	P24 - Valor do custo do investimento inicial por m2 de área útil	O custo por m2 de investimento inicial é de 1323.70 €.	E (-0.20)
		P25 - Valor atual dos custos de utilização por m2 de área útil	Custo do Ciclo de Vida com taxa Euribor 82.28 € por m ² e ano.	B (0.50)
Avaliação total				B (0.56)

Cada indicador de sustentabilidade foi obtido após a normalização dos parâmetros indicados na Tabela 34 onde se identifica as respetivas categorias e as dimensões. A classificação dos parâmetros sob a forma de gráfico de barras, onde a escala varia entre -0,20 e 1,20. Na Figura 48 visualiza-se as nove categorias também descritas na Tabela 34, onde se vê os níveis de eficiência de cada categoria variando de A+ a E.

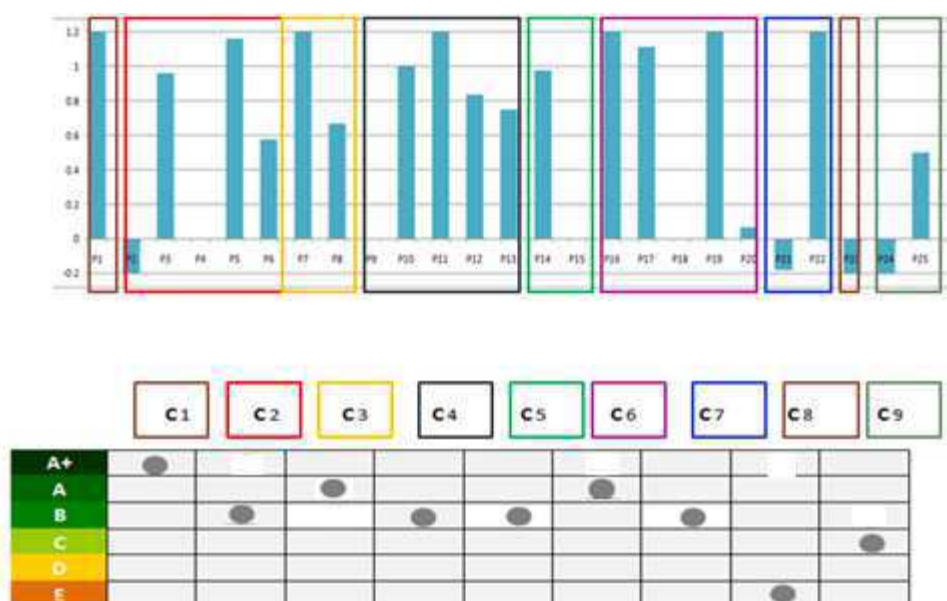


Figura 48. Classificação de Parâmetros e Categorias (SBToolPT-H, 2009)

5.3.3 Conclusões

À semelhança da moradia do outro caso de estudo, a moradia sita em Troviscal utilizando a metodologia SBTool^{PT}-H, também apresenta níveis ótimos de sustentabilidade, classificação B.

Em relação às dimensões de sustentabilidade avaliadas, este edifício obtém nível A na dimensão Ambiental, nível B na dimensão Social e nível C na dimensão Económica.

Com a finalidade de melhorar a classe do desempenho do edifício em termos de sustentabilidade, com menores gastos e menos prejudicial para o ambiente, a propostas de melhoria vai incidir essencialmente no parâmetro 23 e como só envolve uma só categoria é possível alcançar uma maior classificação ao nível global, de 0,60, melhorando o único parâmetro da categoria 8, o Parâmetro 23 (disponibilidade de manual do usuário do edifício).

5.4. Conclusões Gerais

Pelo exposto, este capítulo tem como objetivo avaliar e otimizar a sustentabilidade dos edifícios de habitação que utilizam o sistema de construção MODIKO, através da aplicação de uma metodologia de avaliação da sustentabilidade de construção, SBTool^{PT}-H. Os dois casos de estudo apresentados têm uma classificação de excelência no desempenho sustentável de B.

Moradia Marco de Canaveses: 0,60 B

Moradia Troviscal: 0,56 B

Estes resultados salientam que os edifícios característicos da construção Modiko, têm indicadores de melhoria de sustentabilidade que um edifício tem que ter.

A sustentabilidade de um edifício não se baseia apenas na preservação do meio ambiente, mas também na consideração dos aspetos sociais e económicos. A avaliação de um edifício não depende apenas de uma dimensão da sustentabilidade, mas na harmonia entre as três dimensões: ambiental, social e económico.

De acordo com a Tabela 35, obtemos uma melhor interpretação dos resultados como os parâmetros, categorias e dimensões são influenciadas por fatores:

- Aspetos económicos;
- Localização;
- Construção Modiko (dimensionamento e seleção de materiais).

Tabela 35. Parâmetros da metodologia SBTool^{PT}-H da construção Modiko em função da localização e aspetos económicos

Dimensões	Categorias	Parâmetros	Aspetos Económicos	Localização	Construção Modiko
Ambiental	C1	P1			X
	C2	P2		X	
		P3		X	X
		P4		X	X
		P5			X
		P6			X
	C3	P7			X
		P8			X
	C4	P9			X
		P10			X
		P11			X
		P12			X
		P13		X	
	C5	P14			X
		P15			X
Social	C6	P16			X
		P17			X
		P18			
		P19			X
		P20			X
	C7	P21		X	
		P22		X	
	C8	P23			X
Económica	C9	P24	X	X	
		P25	X	X	

As Categorias que dependem da construção Modiko (coluna à direita) e os respetivos parâmetros assinalados com “X” são para:

Dimensão Ambiental:

Categoria 1 - As alterações climáticas e qualidade do ambiente ao ar livre para o parâmetro P1.

Categoria 2 - O uso da terra e da biodiversidade para os parâmetros P3 a P6 exclui-se o P2 (Percentagem utilizada do índice de utilização líquido disponível) dependente da localização. O parâmetro P3 (índice de impermeabilização) e P4 (percentagem da área de intervenção previamente contaminada) não dependem só do tipo de construção, dependem também da localização do edifício.

Categoria 3 - Eficiência energética, para todos os parâmetros inerentes à categoria, nomeadamente os parâmetros P7 e P8.

Categoria 4 - Materiais e gestão de resíduos com os parâmetros P9 ao P12 exclui-se o Parâmetro P13 (potencial das condições do edifício para a promoção da separação de resíduos sólidos) que depende da localização da moradia.

Categoria 5- Eficiência de água com os parâmetros P14 e P15.

Dimensão Social

Categoria 6 - Saúde do ocupante e conforto (parâmetros P16 a 20 com exclusão do parâmetro P18 como referido não se considerou.

Categoria 8 - Educação e consciencialização da sustentabilidade com um único parâmetro P23, sendo este a solução

Os resultados da avaliação de sustentabilidade, nos dois casos estudos, coincidiram com a mesma classificação de 1,13 A+, apesar de serem duas moradias com arquiteturas diferentes, inseridas em zonas diferentes. Existem vários parâmetros, que dependem do tipo de construção design e seleção de materiais "Modiko", como os dois casos de estudo já se encontram construídos, como medida de melhoria refere-se o parâmetro P23 (disponibilidade e conteúdo do manual de utilizador do edifício) afetando a Categoria 8 (educação e consciencialização da sustentabilidade).

Na dimensão social a Categoria 7 (Acessibilidade), com os parâmetros P21 (índice de acessibilidade e transportes públicos) e P22 (Índice de acessibilidade e amenidades) depende exclusivamente da localização onde o caso de estudo está inserido.

A dimensão económica com uma só Categoria 9 (Custos de Vida) com os parâmetros P24 (valor do custo do investimento inicial por m² de área útil) e P25 (valor atual dos custos de utilização por m² da área útil) como se evidencia na Tabela 35 estes parâmetros não dependem só da localização dos casos de estudo, mas também na situação económica de quando se realiza o estudo de sustentabilidade

Para os casos de estudo:

Marco de Canaveses o valor do custo do investimento inicial por m² de área útil de 1.023,99€/m² e valor atual dos custos de utilização por m² da área útil de 31,18€/m² ao ano.

Troviscal o valor do custo do investimento inicial por m² de área útil de 1.323,77€/m² e valor atual dos custos de utilização por m² da área útil de 82,28€/m² ao ano.

Os gastos acrescidos de investimento inicial de modo a tornar um edifício de habitação mais sustentável, são rapidamente absorvidos pela diferença de valores do custo de utilização entre um edifício mais sustentável de um edifício com desempenho menos sustentável.

A igual importância atribuída ao parâmetro P25 e P24, é um aspeto negativo, uma vez que se está a igualar o investimento inicial aos custos de utilização do edifício. Deste modo, o mesmo edifício situado em Marco de Canaveses (caso de estudo) que é uma zona Rural, se situasse em Troviscal (por exemplo), zona Urbana podia apresentar uma classe de desempenho sustentável diferente. Esta afirmação deve-se ao custo de construção e do terreno entre as duas localidades.

Um investimento na sustentabilidade é uma mais-valia para o ambiente, para a sociedade e para a economia, que rapidamente é anulado.

6. Conclusões e Perspetivas de Futuro

Após a análise efetuada nos Capítulos 3 e 4, correspondentes à análise de ciclo de vida de produtos de construção, e avaliação de sustentabilidade de moradias, respetivamente, do presente relatório, procede-se neste Capítulo 5 à discussão de resultados obtidos de modo a verificar as características de sustentabilidade das habitações de construção Modiko.

Uma visão mais cuidada da sustentabilidade dos edifícios de construção Modiko revela que estes apresentam valores com níveis de sustentabilidade menos prejudiciais relativamente à Dimensão Ambiental

Decorrente da investigação desenvolvida várias conclusões foram determinadas, estas dizem essencialmente respeito:

À Análise de Ciclo de Vida de produtos de Construção Modiko:

Para elaboração da DAP dos produtos Modiko, recorreu-se ao software GaBi-Product Sustainability Performance (Gabi, Versão 6.0, 2014), este capítulo forneceu a base de uma DAP para a avaliação ambiental destes produtos de construção.

Estes estudos de DAP facultam à empresa a informação ambiental destes produtos, relativamente ao mercado de forma a tentarem otimizar os seus impactes ambientais, melhorando o seu desempenho ambiental do produto.

Da ACV efetuada aos produtos da construção Modiko, a matéria-prima: aço e aço galvanizado, nomeadamente a extração e produção, apresentam a maior contribuição em todas as emissões das categorias de impacto. Assim se na matéria primas e considerar uma maior percentagem de matéria reciclada, originará menores impactos ambientais.

À Análise da sustentabilidade:

A avaliação de sustentabilidade de uma moradia de construção Modiko engloba a escolha do local de construção, tendo em vista o meio ambiente, a sua localização no que se refere a acessibilidades, serviços públicos e amenidades nas proximidades, projetos das diversas especialidades, até á escolha dos eletrodomésticos e outros equipamentos que o constituem.

O consumo de água e energia devem ser substancialmente menores num edifício sustentável.

A classificação da sustentabilidade de uma habitação é uma visão futurista, na qual demonstra que pequenos cuidados e opções podem ser importantes nos aspetos ambientais, sociais e económicos.

A área dos vãos envidraçados influencia o comportamento térmico dos casos de estudo, sendo por estes que as moradias apresentam mais ganhos e perdas de energia.

Deste modo pode-se concluir que a implementação da sustentabilidade das moradias nos casos de estudo apresentados, não passa só pela preservação do meio ambiente, mas também pela valorização dos aspetos sociais e económicos. A sustentabilidade não depende só de uma das vertentes mas sim da harmonia entre as três vertentes da sustentabilidade, a social, a ambiental e a económica.

Pela análise efetuada pode-se referir sobre a metodologia SBTool^{PT}-H que:

No que respeita à ferramenta de avaliação da sustentabilidade SBTool^{PT}-H, é uma clara ajuda à elaboração de projetos habitacionais mais sustentáveis. A abordagem dos vinte e cinco parâmetros abrange os pontos chave da avaliação da sustentabilidade nas três dimensões: Ambiental, Social e Económica.

A metodologia SBTool^{PT}-H permite avaliar o nível de sustentabilidade de um edifício e se for o caso, proceder à implementação de melhorias no especto ambiental, social e económico, prevendo-se durante a fase de projeto alterações no edifício essenciais para o alcance de um nível elevado de sustentabilidade.

A ferramenta de avaliação da sustentabilidade SBTool^{PT}-H apenas dá ênfase aos gastos de energia e água contemplados no espaço útil. Esta vertente deveria ser mais pormenorizada alargando a sua escala à envolvente do edifício, pois numa vivenda existem gastos relacionados com o exterior, nomeadamente a rega e a utilização de eletricidade.

A metodologia utilizada na avaliação da sustentabilidade do edifício de habitação, SBTool^{PT}-H, é uma ferramenta de fácil utilização e clarifica quais os pontos de melhoria se deve prestar especial atenção de modo a tornar o edifício sustentável e amigo do ambiente.

No que se refere a perspetivas de estudo futuro:

Salienta-se a necessidade de incluir a gestão de resíduos na análise de ciclo de vida, de modo a complementar mais informação sobre o relatório de ACV destes produtos.

No campo da avaliação da sustentabilidade em Portugal, a necessidade de se estudarem mais casos, pois os casos de estudo estudados, construção Modiko, na atualidade não são os mais correntes do tipo de construção utilizado.

A análise da sustentabilidade é considerada como o caminho do futuro. Até ao momento a sustentabilidade tem estado um pouco encoberta na área da construção, no que respeita a Portugal. É de fácil análise e de averiguação que as obras em Portugal apresentam grandes impactes ambientais, que muitas vezes não são apreciados no tempo exato de intervenção. No que respeita à vertente económica, as

obras apresentam elevados desvios orçamentais, não sendo referenciado este item na temática da sustentabilidade.

7. Referências Bibliográficas

14040, E. (2008). *Gestão Ambiental do ciclo de vida Princípios e enquadramento*. Lisboa: Instituto Português da Qualidade.

Agenda 31. (1999). *On sustainable construction – CIB Report Publication*, p. 237.

Almeida, M. (2011). A declaração Ambiental de Produto de Materiais de Construção. Guimarães: Universidade de Aveiro.

Base de Dados CML - Instituto de Ciências Ambientais, F. d. *Base de Dados CML*. Países-Baixos.

Bragança, L., & Mateus, R. (2011). *Avaliação do Ciclo de Vida dos Edifícios - Impacte Ambiental de Soluções Construtivas*. Multicomp.

Construção, S. d., produto, D. a., & construção", R. b. (2012). *NPEN15804*. Lisboa: Instituto Português da Qualidade.

Desenvolvimento_sustent. (07 de Julho de 2015). https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8a/Desenvolvimento_sustent%C3%A1vel.svg.

ENISO14040. (2008). *Gestão Ambiental Avaliação do ciclo de vida Princípios e enquadramento*. Lisboa: Instituto Português da Qualidade.

ENISO14044. (2006). *Environmental management - Life Cycle assessment - Requirements and guidelines*. Geneva: International Standard organization.

Ferreira, J. V. (2004). *Gestão Ambiental - Análise de Ciclo de Vida dos produtos*. Viseu: Instituto Plitécnico de Viseu.

Gabi. (2014). Versão 6.0. *Gabi Product Sustainability Software Versão 6.0*. PE International Sustainability Performance.

Gabi. (2014). Versão 6.0. *GaBi Product Sustainability Software Versão 6.0*. PE International Sustainability Performance.

Gervásio, H. M. (2010). *Sustainable Design and integral Life-Cycle, Analysis of Bridges. Tese de Doutoramento*. Coimbra: Departamento de engenharia Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

IBU. (Março de 2015). Obtido de <http://construction-environment.com/hp481/Environmental-Product-Declarations-EPD.htm>

IBU. (Março de 2015). Obtido de <http://construction-environment.com/hp481/Environmental-Product-Declarations-EPD.htm>

iiSBE. (2009). *Guia de Avaliação SBTTool PT- H V2009/2*. Guimarães: Edições iiSBE Portugal.

Martinho, S. (2012). *Implementação de critérios da construção sustentável numa habitação unifamiliar - análise de custos/benefícios*. C. Branco: IPCB.

Metalusa, S. (Março de 2015). Dados fundamentados para a tese cedidos pela empresa Metalusa. Aveiro.

Naturlink. (01 de 2015). *Naturlink*. Obtido de Naturlink: <http://naturlink.sapo.pt/Natureza-e-Ambiente/Gestao-Ambiental/content/Analise-do-Ciclo-de-Vida-do-Produto-instrumento-de-Gestao-Ambiental?bl=1&viewall=true>

NP15643. (s.d.).

NPEN15804. (2012). *Sustentabilidade de obras de Construção; Declarações ambientais de produto; Regras base para as categorias de produtos de construção*. Lisboa: Instituto Português da Qualidade.

RCCTE. (2006). Regulamento das Características de Comportamento Térmico de Edifícios. *Diário da república* .

SBToolPT-H, V. (2009). Avaliação de sustentabilidade em habitações. Gruimarães.

Zapparoli, I. D., & Silva, S. S. (2011). Desenho da Metodologia da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) do Etanol Combustível pelo método CML. *International Workshop Advances in Cleaner Production*, (pp. 1-10). São Paulo - Brasil.