

## Avaliação do Ciclo de Vida de Placas Cerâmicas e Potencial de Melhoria

Marisa Almeida<sup>a</sup>, Ana Cláudia Dias<sup>b</sup>, Luís Arroja<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro – CTCV, Coimbra, Portugal

<sup>b</sup> Departamento de Ambiente e Ordenamento, Centro de Estudos do Ambiente e do Mar – CESAM, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal

\*e-mail: [marisa@ctcv.pt](mailto:marisa@ctcv.pt)

### Resumo

Em Portugal, o setor de pavimento e revestimento cerâmico é um setor fortemente exportador, tendo sido o quinto maior produtor de placas cerâmicas a nível europeu em 2013. Neste estudo pretendeu-se conhecer o perfil ambiental da placa cerâmica ao longo de todas as etapas do seu ciclo de vida, incluindo extração e transporte de matérias-primas, produção, distribuição, aplicação em obra, utilização e fim de vida, segundo a avaliação do ciclo de vida (a ISO 14040, a ISO 14044 e a EN 15804), de forma a desenvolver medidas de gestão que minimizem os impactos ambientais. A estrutura e os indicadores ambientais avaliados estão de acordo com as normas desenvolvidas sobre declarações ambientais de produto (ISO 21930 e EN 15804), tendo-se acrescentado outras categorias de acordo com o Sistema Internacional de Dados de Referência sobre o Ciclo de Vida (ILCD) e a pegada ambiental de produto (PAP). As categorias de impacto definidas foram o aquecimento global, a diminuição da camada de ozônio, a eutrofização, a acidificação, a oxidação fotoquímica e a utilização de recursos não renováveis, a toxicidade humana, a matéria particulada, a ecotoxicidade aquática e o uso do solo. É ainda considerado como indicador o consumo de energia não renovável. A etapa com impactos mais significativos refere-se à produção da placa cerâmica, incluindo extração de matérias-primas, seu transporte e fabrico, com ênfase no processo unitário de queima. A etapa menos significativa refere-se à etapa de fim de vida da placa cerâmica.

**Palavras-chave:** avaliação do ciclo de vida (ACV), declaração ambiental de produto (DAP), impactos ambientais, placa cerâmica.

## 1. Introdução

O setor da construção e o uso dos edifícios representam na Europa cerca de metade dos recursos extraídos<sup>1</sup> e da energia<sup>2</sup>, e cerca de um terço do consumo de água<sup>3</sup>. Os materiais usados nos edifícios podem representar cerca de 50% da energia do edifício. Recentemente a União Europeia (UE)<sup>4</sup> lançou uma iniciativa com uma série de estratégias para a sustentabilidade dos edifícios e o seu uso eficiente de recursos ao longo do ciclo de vida.

Este setor tem procurado conhecer e minimizar impactos ao longo do ciclo de vida, tendo-se destacado nas últimas décadas um olhar atento aos materiais de construção que possam promover uma construção mais sustentável.

Este setor está sujeito a uma série de requisitos nacionais e internacionais dos quais se destaca os associados ao ambiente, nomeadamente relacionados com os aspectos e impactos ambientais ao longo do seu ciclo de vida, tais como consumo de recursos naturais, água e energia, emissões para a atmosfera e a água, resíduos, ruído, etc.<sup>5-12</sup>.

Numa conjuntura de crise econômica marcada, importa também, encetar esforços com vista à otimização do processo ao longo do ciclo de vida de forma a garantir a sua competitividade com as restantes empresas internacionais. Neste contexto, a avaliação de ciclo de vida (ACV) começa

a afirmar-se como técnica de apoio quer ao nível de melhorias de desempenho<sup>6,7</sup> quer ao nível de ferramentas de gestão e comunicação ambiental, nomeadamente no desenvolvimento de declarações ambientais de produto.

Por outro lado, o Regulamento Europeu n.º 305/2011<sup>13</sup>, relativo à comercialização dos produtos da construção, refere que os aspectos ambientais são um dos requisitos essenciais e refere mesmo que para a avaliação da utilização dos recursos e do impacto das obras de construção, deverão ser utilizadas declarações ambientais de produto, se disponíveis. Também a recomendação da Comissão Europeia n.º 2013/179/EU<sup>14</sup>, refere que é fundamental demonstrar o desempenho ambiental de forma harmonizada e está a desenvolver projetos nesta área com diversos setores industriais.

As placas cerâmicas (placas feitas de argila e/ou outras matérias-primas inorgânicas) são em geral utilizados como revestimento para pavimentos e paredes de edifícios e outras obras de construção. São usualmente conformados por extrusão (método A) ou prensagem a seco (método B) à temperatura ambiente, sendo em seguida secos e subsequentemente cozidos a temperaturas suficientes para o desenvolvimento das propriedades requeridas, podendo no entanto serem conformados por outros processos.

As placas cerâmicas podem ser vidrados (GL) ou não vidrados (UGL), sendo incombustíveis e insensíveis à luz. Uma placa cerâmica totalmente vitrificada (ou grés porcelânico) é uma placa com absorção de água inferior a 0,5%, segundo a NP EN 14411:2012<sup>15</sup>. Em Portugal, a produção de pavimentos e revestimentos cerâmicos corresponde à classe 2331 (CAE), revisão 3. Este subsector possui uma capacidade de produção instalada de aproximadamente 80 milhões de metros quadrados e contribui para a economia nacional com um volume de produção de 75 milhões de metros quadrados, segundo dados da associação setorial APICER<sup>16</sup>.

Neste artigo apresentam-se os resultados da ACV do berço ao túmulo de dois tipos de placas cerâmicas conformados por prensagem a seco (método B), o mais usual em Portugal. Estas placas são representativas do pior e do melhor desempenho ambiental de um conjunto de sete empresas cerâmicas estudadas.

## 2. Metodologia

A metodologia de ACV foi aplicada de acordo com a ISO 14040:2006 e ISO 14044:2006<sup>17,18</sup>, incluindo as suas quatro fases: a definição do objetivo e âmbito; a análise de inventário; a avaliação de impactos ambientais e a interpretação. Sempre que possível foi aplicada a metodologia da ISO 21930<sup>19</sup> e a abordagem modular de acordo com a norma EN 15804+A1<sup>20</sup>, sobre regras para a categoria de produtos (RCP) de materiais de construção.

Os cálculos de avaliação de impactos foram efetuados utilizando um software específico para estudos de ACV, o “SimaPro”, utilizando-se o conjunto de fatores de caracterização publicados em 2013 pelo CML 2001<sup>21</sup>, o Cumulative Energy Demand (CED)<sup>22</sup>, bem como do ILCD Handbook Recommendations<sup>23</sup>, em função das categorias de impacto ou indicadores em estudo. As recomendações metodológicas do ILCD estão também incluídas na recomendação da UE<sup>14</sup> que promove a utilização dos métodos de âmbito ambiental nas políticas e regimes relevantes ligados à medição ou comunicação do desempenho ambiental ao longo do ciclo de vida dos produtos ou organizações.

### 2.1. Definição de objectivo e âmbito

Este estudo pretende identificar e avaliar os impactos ambientais associados ao longo do ciclo de vida das placas (pavimento e revestimento) cerâmicas produzidas em Portugal a partir de argilas, caulins, feldspatos e corantes. Foram considerados dois tipos de placas: grés vidrado (placa A) e grés porcelânico (placa B). Pretende-se identificar áreas de melhoria de desempenho ambiental.

A unidade funcional definida é 1 m<sup>2</sup> de pavimento e revestimento produzido em Portugal, para revestir o pavimento interior num período de 50 anos (baseado na norma EN 14411:2012).

As fronteiras do sistema foram definidas tendo por base o modelo de etapas estabelecido na EN 15804<sup>20</sup> com algumas simplificações e incluem: a extração e processamento de matérias-primas (A1), seu transporte (A2), produção da placa cerâmica na fábrica (A3), distribuição da placa (A4); o processo de instalação da placa cerâmica (A5),

com o conseqüente uso de argamassa (cimento-cola); a etapa de uso/utilização da placa (B) que inclui sempre que aplicável a utilização, manutenção, reparação, substituição e reabilitação; e a etapa de fim de vida (C) da placa (inclui a desconstrução e demolição, transporte, processamento dos resíduos e eliminação final).

Foram excluídas das fronteiras do sistema, a produção e manutenção de bens de capital, tais como edifícios, maquinaria, equipamentos, etc.

### 2.2. Análise de inventário

As entradas ambientais incluem as matérias-primas e auxiliares, as substâncias e preparações químicas, os combustíveis, recursos e energia eléctrica. As saídas incluem os materiais/produtos, a energia, as emissões atmosféricas, as emissões líquidas e os resíduos.

Os dados associados à extração (A1) e à produção da placa cerâmica (A3), foram recolhidos junto dos fabricantes e referem-se a dados de consumo (por exemplo, materiais e energia), produções e dados de desempenho ambiental (por exemplo, emissões associadas a efluentes gasosos, líquidos e dados de geração de resíduos), representativos do ano de 2010. Conforme mencionado para este artigo em concreto serão apresentados 2 resultados – o pior e o melhor desempenho ambiental determinado –, numa amostra mais abrangente de produtores nacionais.

Para os restantes processos e etapas do ciclo de vida foram utilizados dados da base de dados “Ecoinvent”<sup>24</sup>, por se considerar ser a mais representativa e abrangente.

Na fase de distribuição do produto (módulo A4) foi assumido um percurso de 500 km entre a fábrica e a obra de construção. Na fase de uso (módulo B) foi assumida a lavagem do piso 1 vez por semana com detergente e água.

Os dados de inventário para a produção (A3) de 1 m<sup>2</sup> de placa constam da Tabela 1.

### 2.3. Avaliação de impactos ambientais

Conforme mencionado a avaliação de impactos ambientais seguiu a ISO 14040<sup>17</sup> e a ISO 14044<sup>18</sup>.

As categorias de impacto e indicadores selecionados para efetuar a avaliação de impacto do ciclo de vida (AICV) basearam-se na tipologia de impactos expectáveis face à natureza dos dados de entrada (inputs) e dos dados de saída (outputs) e conseqüente relevância, na possibilidade de quantificação, sua robustez, e sua aplicabilidade. Assim foram seleccionadas as seguintes categorias e métodos:

- Aquecimento global, diminuição da camada de ozônio, destruição de recursos abióticos, diminuição de recursos (fóssil), eutrofização, acidificação, oxidação fotoquímica e ainda à utilização de energia não renovável, conforme preconizado na norma EN 15804<sup>20</sup> e usando a versão de 2013 do conjunto de fatores de caracterização do CML 2013 (Universidade Leiden)<sup>21</sup>, bem como o CED para a energia<sup>22</sup>;
- Matéria particulada, uso do solo, toxicidade humana e ecotoxicidade para a água doce, usando os fatores de caracterização contemplados nos métodos

recomendados pelo ILCD<sup>23</sup> e na recomendação da UE<sup>14</sup>.

Seguiu-se a fase de caracterização que envolve a conversão dos dados de inventário para unidades comuns, através da multiplicação por fatores de caracterização referidos anteriormente, e posterior adição dos resultados convertidos, dentro de cada categoria de impacto.

### 3. Resultados e Discussão

As Tabelas 2 e 3 apresentam o potencial impacto ambiental para as 2 fábricas de placa em estudo, usando a ACV e os métodos de avaliação de impactos referidos anteriormente.

Da análise das Tabelas 2 e 3, verifica-se que a etapa do berço ao portão (módulos de A1 a A3) representa para ambas as placas e para todas as categorias de impacto mais de 55% dos impactos globais ao longo do ciclo de vida, à exceção da Placa A na categoria de exaurição de recursos abióticos (ADP) (49%), provavelmente associada ao tipo de vidrados usados.

A Figura 1 representa a contribuição relativa de cada etapa do ciclo de vida da placa cerâmica, de acordo com as etapas definidas, para as categorias de impacto consideradas.

A Figura 2 representa a contribuição relativa de cada etapa do ciclo de vida por categoria de impacto (ILCD) e para as duas tipologias de placas em análise.

**Tabela 1.** Dados de inventário para a produção (A3) de 1 metro quadrado de placa cerâmica.

DADOS DE ENTRADA	UNIDADE	PLACA A	PLACA B
Argilas e caulins	kg	1,9E00	1,39E01
Feldspatos, talco e areia	kg	1,9E00	7,30E00
Pó atomizado	kg	8,9E00	0
Vidrados	kg	1,7E-02	1,13E-01
Aditivos e corantes	kg	1,71E-01	2,31E-01
Caco cru	kg	1,0E00	7,2E-01
Água	l	1,25E01	3,53E01
Electricidade	kWh	4,10E00	5,76E00
Gás natural	GJ	9,4E-02	1,22E-01
Gasóleo	MJ	7,0E-01	1,87E00
Embalagem: cartão	kg	1,5E-02	2,54E-01
Embalagem: plástico	kg	1,5E-03	2,57E-02
DADOS DE SAÍDA	UNIDADE	PLACA A	PLACA B
Resíduos	–	8,0E-01	4,04E00
Emissões para água: sólidos suspensos	kg	0 (*)	1,19E-01
Emissões para água: CBO5	kg	0	3,21E-04
Emissões para água: CQO	kg	0	7,14E-04
Emissões para a atmosfera: partículas	g	3,30E-01	4,67E00
Emissões para a atmosfera: CO	g	7,16E00	1,08E01
Emissões para a atmosfera: SO <sub>x</sub>	g	1,90E00	1,09E00
Emissões para a atmosfera: NO <sub>x</sub>	g	2,63E00	4,68E00
Emissões para a atmosfera: fluoretos	g	1,13E00	1,00E-01

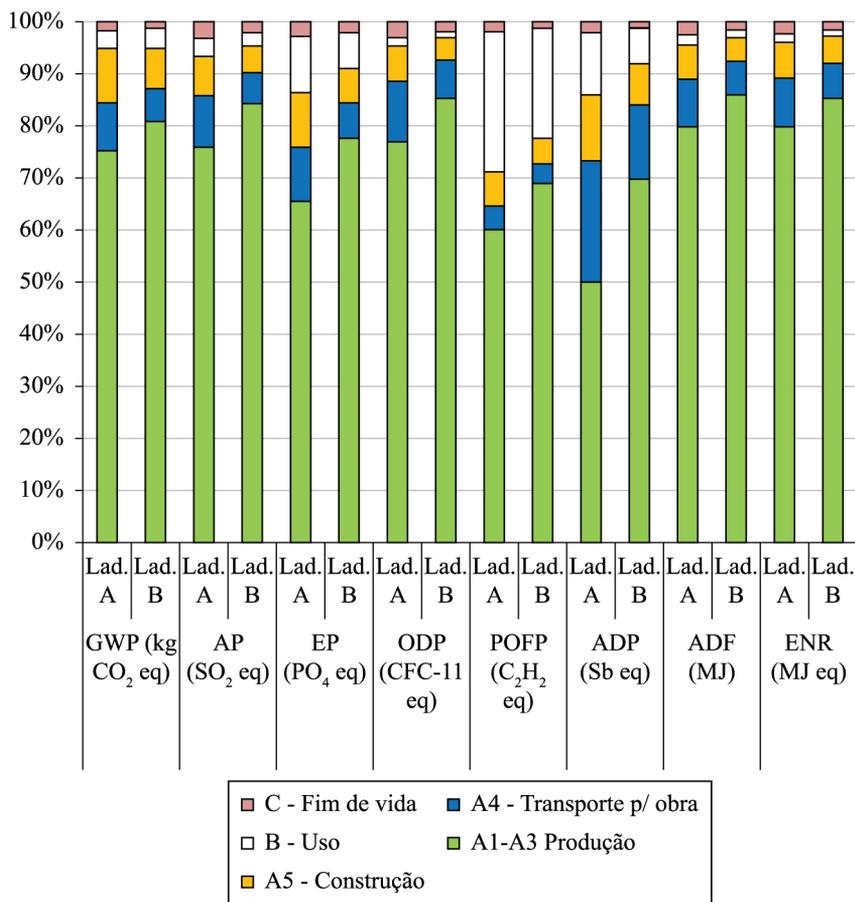
(\*)Recirculação total dos efluentes líquidos tratados na ETARI.

**Tabela 2.** Impacto potencial associado a 1 metro quadrado de placa cerâmica (baseado nas categorias da EN 15804)<sup>20</sup>.

CATEGORIA DE IMPACTO	DO BERÇO AO PORTÃO (A1–A3)		DO BERÇO AO TÚMULO (A1–C4)		UNIDADE
	Placa A	Placa B	Placa A	Placa B	
Aquecimento global (GWP)	14,3	21,1	18,9	26,0	kg CO <sub>2</sub> eq
Acidificação (AP)	5,17E-02	8,52E-02	6,78E-02	1,01E-01	kg SO <sub>2</sub> eq
Eutrofização (EP)	1,09E-02	1,98E-02	1,66E-02	2,55E-02	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq
Oxidação fotoquímica (POFP)	1,71E-06	2,92E-06	2,22E-06	3,43E-06	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq
Depleção de recursos abióticos (ADP)	9,74E-06	2,28E-05	1,952E-05	3,258E-05	kg Sb eq
Depleção de recursos abióticos fósseis (ADF)	2,12E+02	3,28E+02	2,65E+02	3,82E+02	MJ
Depleção da camada de ozônio (ODP)	3,49E-08	3,49E-08	2,22E-06	3,43E-06	kg CFC-11 eq
Energia não renovável (ENR)	2,29E+02	3,39E+02	2,87E+02	3,97E+02	MJ eq

**Tabela 3.** Impacto potencial associado a 1 metro quadrado de placa cerâmica (baseado nas categorias do ILCD)<sup>23</sup>.

CATEGORIA DE IMPACTO	DO BERÇO AO PORTÃO (A1-A3)		DO BERÇO AO TÚMULO (A1-C4)		UNIDADE
	Placa A	Placa B	Placa A	Placa B	
	Toxicidade humana (cancerígenos) (THc) t	3,99E-07	6,65E-07	5,90E-07	
Toxicidade humana (não cancerígenos) (THnc)	1,26E-06	2,23E-06	1,97E-06	2,93E-06	CTUh
Matéria particulada (PM)	7,86E-03	1,17E-02	1,13E-02	1,52E-02	kg PM2.5 eq
Ecotoxicidade para a água doce (Ecot água)	2,71E+01	4,80E+01	4,25E+01	6,34E+01	CTUe
Uso do solo (LU)	1,46E+01	2,27E+01	2,56E+01	3,37E+01	kg C deficit

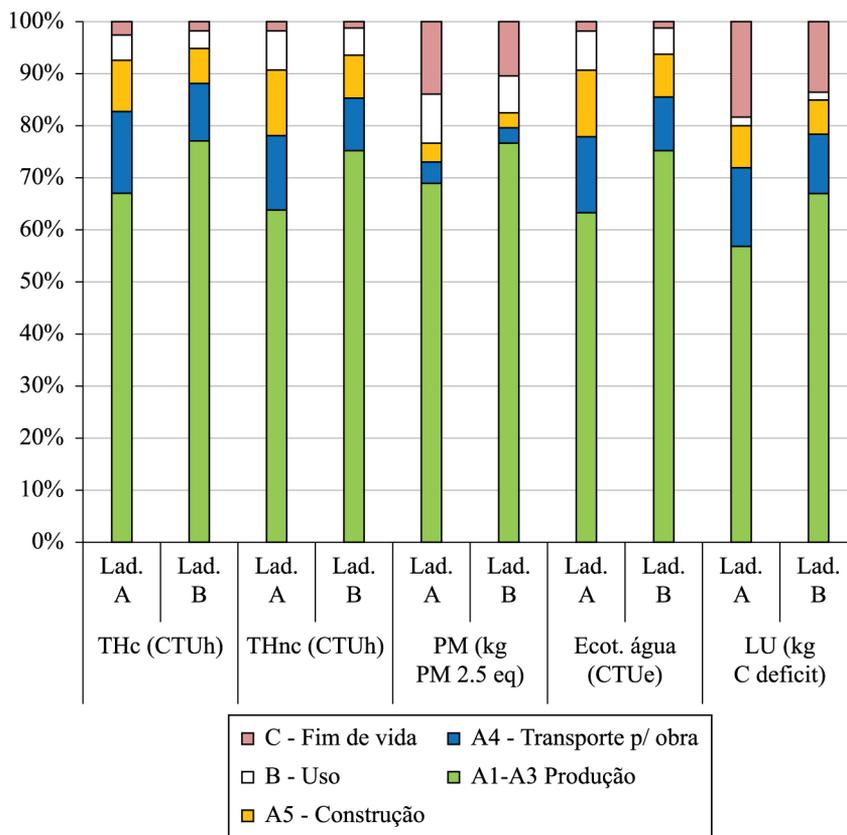


**Figura 1.** Contribuição relativa de cada etapa do ciclo de vida por categoria de impacto (EN 15804)<sup>20</sup> e para as duas tipologias de placas em análise.

A placa A apresenta menores impactos que o B, o que deverá estar relacionado principalmente com fatores como a tipologia de material produzido. Apesar de serem ambos conformados por prensagem, no caso A trata-se de pavimento (BIb), enquanto o produto B é um grés porcelânico de baixa porosidade (BIa), o que implica a exigência de maiores temperaturas de queima (aumentando os consumos energéticos e emissões gasosas). Para além disso, a placa A utiliza matérias-primas locais (minimiza transportes), enquanto a placa B recorre a matérias-primas

adquiridas no exterior como na Turquia, França e Grã-Bretanha.

No caso do aquecimento global verifica-se que a etapa de produção (A1-A3 – abordagem do berço ao portão) contribui com 76-81% nas duas placas respectivamente A e B, segue-se a etapa de construção, com o transporte e aplicação em obra (A4-A5) com 19-14%, e depois a etapa de uso (B) com 3-4%. Na etapa A3, os processos de queima, atomização e em menor escala a secagem, alimentadas a gás natural, são os maiores contribuintes,



**Figura 2.** Contribuição relativa de cada etapa do ciclo de vida por categoria de impacto (ILCD)<sup>23</sup> e para as duas tipologias de placas em análise.

enquanto o fim de vida contribui de forma menos significativa. As emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), e de monóxido de carbono (CO) e metano são as mais relevantes nesta categoria de impacto.

O comportamento é semelhante no caso da acidificação, com a etapa mais representativa a ser o módulo A1-A3 com 76-84% % nas duas placas respectivamente A e B, seguindo-se a fase de instalação em obra com 17-11%, e a etapa de uso. Estes resultados refletem a emissão de óxidos de enxofre (SO<sub>x</sub>) e óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) nos processos de combustão quer ao nível da fábrica, produção de electricidade e transportes. No caso do módulo de produção (A3), verifica-se que é o processo de queima o maior contribuinte para esta categoria de impacto.

No caso da eutrofização, também a etapa A1-A3 é a mais significativa (65-78%), seguindo-se a da construção (A4-A5) com 21-14% nas duas placas respectivamente A e B. A etapa de uso (B) contribui com 10-7% enquanto o fim de vida (C) representa cerca de 3-2%. A eutrofização resulta das emissões de NO<sub>x</sub> geradas nas atividades de combustão dos transportes envolvidos no ciclo de vida da placa e ainda na queima (etapa A3) e em menor escala na atomização (etapa A3). Os efluentes líquidos contribuem também para esta categoria.

Na diminuição da camada de ozônio verifica-se um comportamento semelhante ao descrito anteriormente com a etapa A1-A3 como sendo a mais significativa (77-85%), seguida da etapa A4-A5 com 18-12%. As etapas de uso e de fim de vida contribuem de forma muito pouco significativa e em magnitudes semelhantes (3-2%).

Já na categoria da oxidação fotoquímica, a etapa de produção (A1-A3) representa 60-69% (processo de atomização, secagem e queima que emite NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, CO e compostos orgânicos voláteis (COV)), seguindo-se a etapa de uso (B) com 27-21% (associada à produção dos detergentes usados na limpeza) e a fase de construção (A4-A5) com 11-9%. A contribuição do fim de vida é de cerca de 1%. As emissões de SO<sub>x</sub> surgem ainda da produção de energia elétrica utilizada nos diversos equipamentos durante a etapa de produção.

Finalmente, nas três categorias restantes, como a exaurição de recursos abióticos e a utilização de energia não renovável (ENR) verifica-se um padrão semelhante ao descrito anteriormente, ou seja a etapa de produto (A1-A3) representa a maioria do impacto (80-86%), seguindo-se a etapa A4-A5 (12-17%), o fim de vida (2%) e finalmente o uso (1%).

Nas restantes categorias e indicadores da Tabela 3 e da Figura 2, verifica-se também que a etapa de produção (A1-

A3) representa a maioria do impacto (64-78%), seguindo-se a etapa A4-A5 (18-27%), exceto para a categoria matéria particulada, cuja segunda maior contribuinte é a etapa de fim de vida (C), com alguma importância (10-14%). De mencionar que o módulo C apresenta também alguma relevância para o uso do solo.

#### 4. Conclusão

Da análise dos resultados e do trabalho desenvolvido no decorrer desta ACV a placa cerâmica, que é um material durável com um ciclo de vida considerável, onde a fase de uso pode representar 50 anos, pode concluir-se que:

- A etapa com o maior impacto corresponde a etapa de produção (A1-A3) para a maioria dos impactos, sendo que a abordagem do berço ao portão corresponde a mais de 55% dos impactos ao longo de todo o ciclo de vida para todas as categorias, exceto ADP na placa A;
- Dentro da etapa de produção o processo unitário com maiores impactos é a queima, seguindo-se a atomização e a secagem, por consumirem gás natural;
- A etapa da construção (A4-A5), incluindo o transporte e a aplicação da placa em obra, apesar de muito menos expressiva, apresenta-se como segundo contribuinte para todas as categorias de impacto, exceto para a oxidação fotoquímica e matéria particulada, sendo que para esta categoria, a etapa de uso o consumo de agentes de limpeza é o segundo mais relevante;
- A placa A apresenta menores impactos que o B, associados principalmente a fatores como o uso de matérias-primas locais (minimiza transportes), exigência de menores temperaturas de queima (reduz consumos energéticos e emissões gasosas);
- Os resultados evidenciam ainda variabilidade significativa, e em regra na ordem dos 50-70%, para a maioria dos indicadores e classes, o que poderá ser uma indicação para a elaboração de declarações ambientais de produto com médias ou setoriais;
- A norma EN 15804+A1<sup>20</sup> referente ao PCR para produtos cerâmicos poderá refletir sobre potenciais categorias de impacto e indicadores adicionais, desde que relevantes para os produtos em estudo, como se verificou no presente caso. É necessária uma maior harmonização entre os diferentes instrumentos desenvolvidos e em fase de desenvolvimento, nomeadamente a EN 15804 e a abordagem ambiental nas organizações.

#### Referências

1. EUROPEAN COMMISSION. **Roadmap to a resource efficient Europe, COM (2011-57)**. Brussels: EC, 2011.
2. EUROPEAN COMMISSION. **A lead market initiative for Europe, COM (2007-860)**. Brussels: EC, 2007.
3. EUROPEAN COMMISSION. **Addressing the challenge of water scarcity and droughts in the European Union, COM (2007-414)**. Brussels: EC, 2007.
4. EUROPEAN COMMISSION. **Resource efficiency opportunities in the building sector, COM (2014-445)**. Brussels: EC, 2007.
5. PINHEIRO, M. D. **Ambiente e construção sustentável**. Amadora: Instituto do Ambiente, 2006.
6. BRIBIÁN, I. Z.; CAPILLA, A. V.; USÓN, A. A. Life cycle assessment of building materials: comparative analysis of energy and environmental impacts and evaluation of the eco-efficiency improvement potential. **Building and Environment**, v. 46, n. 5, 1133-1140, 2011. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2010.12.002>.
7. IBÁÑEZ-FORÉS, V., BOVEA, M. D., AZAPAGIC, A. Assessing the Sustainability of best available techniques (bat): methodology and application in the ceramic tiles industry. **Journal of Cleaner Production**, v. 51, 162-176, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.01.020>.
8. ALMEIDA, M. I. A. et al. Declaração ambiental de produto aplicado ao tijolo. In: CONGRESS OF INNOVATION ON SUSTAINABLE CONSTRUCTION, 10., 2010, Curia. p. 125-133.
9. ALMEIDA, M. I. A. et al. Desempenho ambiental de paredes de alvenaria em tijolo. In: CONGRESS OF INNOVATION ON SUSTAINABLE CONSTRUCTION, 12., 2012, Aveiro. p. 225-234.
10. ALMEIDA, M.; DIAS, A. C.; DIAS, A. B.; ARROJA, L. Declaração ambiental de produto para cerâmicos de alvenaria. In: SEMINÁRIO PAREDES DIVISÓRIAS: PASSADO, PRESENTE E FUTURO, 2011, Porto. **Proceedings...** p. 55-66.
11. ALMEIDA, M.; DIAS, A. C.; ARROJA, L.; DIAS, A. B. Environmental product declaration: implementation in ceramic construction materials. In: PRIMEIRA CONFERÊNCIA NACIONAL SUSTENTABILIDADE NA REABILITAÇÃO URBANA: O NOVO PARADIGMA DO MERCADO DA CONSTRUÇÃO - IISBE, 2011, Lisboa. **Proceedings...** p. 135-143.
12. ALMEIDA, M. I. A. et al. Environmental product declaration: for ceramic tile. In: ENERGY FOR SUSTAINABILITY, 2013, Coimbra.
13. EUROPEAN COMMISSION. Regulamento UE n.º 305/2011 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 9 de Março de 2011, que Estabelece Condições Harmonizadas para a Comercialização dos Produtos de Construção e Revoga a Directiva n.º 89/106/CEE, **Jornal Oficial da União Europeia**, n.º L 88, 4 abril 2011.
14. EUROPEAN COMMISSION. **On the use of common methods to measure and communicate the life cycle environmental performance of products and organisations, COM (2013-179)**. Brussels: EC, 2013.
15. EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 14411:2012**: Pavimentos e revestimentos cerâmicos – definições, classificação, características e marcação. Brussels: CEN, 2012.
16. APICER. **Portal da Cerâmica**. Disponível em: <[www.apicer.pt](http://www.apicer.pt)> e <[www.ceramica.pt](http://www.ceramica.pt)>. Acesso em: 1 set. 2014.
17. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 14040:2006 (E)**: Environmental management – life cycle assessment – principles and frameworks. Geneva: ISO, 2006.

18. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 14044:2006 (E)**: Environmental management – life cycle assessment – requirements and guidelines. Geneva: ISO, 2006.
19. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 21930**: Sustainability in building construction – environmental declaration of building products. Geneva: ISO, 2007.
20. EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 15804**: Sustainability of construction works – environmental product declarations – core rules for the product category of construction products + amendment. Brussels: CEN, 2013.
21. GUINÉE, J. B. et al. **Handbook on life cycle assessment – operational guide to the ISO standards**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2002. I: LCA in Perspective, IIa: Guide, IIb: Operational Annex, III: Scientific Background.
22. HUIJBREGTS, M. A. J. et al. Is cumulative fossil energy demand a useful indicator for the environmental performance of products? **Environmental Science & Technology**, v. 40, n. 3, 641-648, 2006. <http://dx.doi.org/10.1021/es051689g>. PMID:16509298.
23. EUROPEAN COMMISSION; JOINT RESEARCH CENTRE; INSTITUTE FOR ENVIRONMENT AND SUSTAINABILITY. International reference life cycle data system (ILCD) Handbook. Luxembourg, 2010.
24. Ecoinvent: the life cycle inventory - Data V. Bern: Swiss Centre for Life Cycle Inventories, 2011.