



26º Encontro Nacional de Conservação Rodoviária (ENACOR) 49ª Reunião Anual de Pavimentação (RAPV)

DECLARAÇÕES AMBIENTAIS DE PRODUTO COMO ESTRATÉGIA DE GOVERNANÇA DE DADOS NO SETOR DE PAVIMENTAÇÃO RODOVIÁRIA NO BRASIL

*Mônica Regina Garcez¹; Cecília Fortes Merighi²; Susan Mayumi Palu³; Gracieli Bordin Colpo⁴
Luiz Manoel Souza⁵ & Lélío Antônio Teixeira Brito⁶*

RESUMO

Este trabalho pretende contribuir com a demanda por ações de curto prazo para a implementação de planos de negócios orientados a práticas ESG (Environmental Social Governance) através de uma discussão sobre adoção de DAP (Declaração Ambiental de Produto) como estratégia de governança de dados para o setor de infraestrutura rodoviária no Brasil. A partir dos dados selecionados para uma mistura asfáltica de referência foi desenvolvida uma ACV (Análise de Ciclo de Vida) para embasar discussões que auxiliem na compreensão do processo para geração dos dados para DAP bem como na interpretação crítica dos resultados declarados. Os resultados e discussões mostram que as DAP são uma ferramenta importante em práticas ESG para orientar iniciativas estratégicas em diferentes níveis, auxiliar nos processos de tomada de decisão e projetar modelos de negócios que atendam aos requisitos de sustentabilidade para infraestrutura rodoviária. Entretanto, atenção no seu uso deve ser dada como forma de contribuir às práticas sustentáveis evitando os riscos associados ao *greenwashing*. As discussões reforçam que conhecimento técnico sobre o desenvolvimento das DAP e análise crítica das informações declaradas é fundamental para tomadas de decisão sobre potenciais impactos das misturas asfálticas declaradas.

PALAVRAS-CHAVE: ESG; impactos ambientais; misturas asfálticas; declaração ambiental de produto.

ABSTRACT

This paper aims to contribute to the demand for short-term actions to implement ESG (Environmental Social Governance) practices in business models for the paving sector in Brazil by discussing the role of EPD (Environmental Product Declarations) as a governance strategy. An LCA (Life Cycle Assessment) developed for a reference mixture supports the discussions about the process for generating data and a critical interpretation of the values declared in an EPD. The results and discussions highlight the role of EPD as a tool in ESG practices to guide strategic initiatives at different levels, assist in decision-making processes, and design business models that meet sustainability requirements for road infrastructure. However, it is important to exercise caution when using EPDs as part of sustainable practices to prevent the risk of greenwashing. The discussions highlight that technical knowledge about the development and critical analysis of the declared information is fundamental for making decisions about the potential impacts of the declared asphalt mixtures.

KEYWORDS: ESG; climate change; environmental impacts; asphalt mixtures; environmental product declaration.

^{1, 3, 6} Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em engenharia Civil – Construção e Infraestrutura, Laboratório de Pavimentação, monica.garcez@ufrgs.br; susan.palu@ufrgs.br; lelio.brito@ufrgs.br

² Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em engenharia Civil – Construção e Infraestrutura, Laboratório de Pavimentação; Grupo EcoRodovias, cecilia.merighi@ecorodovias.com.br

⁴ Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Escola Politécnica, gracieli.colpo@puccrs.br

⁵ Grupo EcoRodovias, luiz.souza@ecoviasdoaraguaia.com.br



INTRODUÇÃO

O desenvolvimento econômico que o país experimentou nas últimas duas décadas aumentou o transporte de cargas pelo modal rodoviário. Considerando que o setor é responsável por importante parcela de emissões de gases de efeito estufa (Figura 1) é notável o potencial da infraestrutura rodoviária em contribuir com cumprimento de metas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) estabelecidos pela Organização das Nações Unidas em 2015. No Brasil, as estradas pavimentadas representam 12% dos 1.720.909km da malha rodoviária, com 23.238 km administrados por concessionárias privadas. Com milhares de quilômetros ainda não pavimentados e apenas 34% da rede classificada como em boas ou excelentes condições de tráfego (CNT, 2022), há necessidade urgente de operações de construção e manutenção, o que significa uma oportunidade para implementar práticas para reduzir os impactos associados.

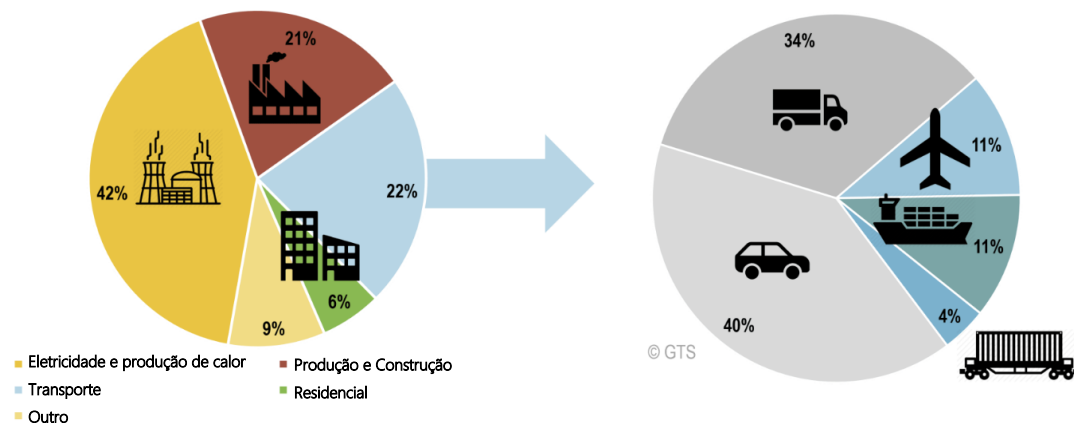


Figura 1. Emissões de gases de efeito estufa pelo setor de transportes a nível global (IPCC, 2014).

Uma interessante projeção do painel dos ODS publicado recentemente no Relatório do Desenvolvimento Sustentável (SACHS et al., 2023), na forma de painéis interativos (Figura 2), mostra o desempenho do Brasil frente aos desafios de atingir as metas estipuladas na Agenda 2030. É notável que, apesar dos bons indicadores relacionados à energia limpa e acessível, que envolvem desde o acesso da população à eletricidade e energia limpa até a porcentagem de CO₂ emitido pela combustão de combustível por quantidade de energia gerada, desafios ainda precisam ser transpostos com relação à ação contra mudanças climáticas. Neste ponto, o transporte rodoviário pode contribuir de forma significativa, uma vez que os indicadores remetem à emissão de CO₂ pela queima de combustíveis fósseis e produção de cimento asfáltico de petróleo (CAP), bem como às emissões de CO₂ incorporadas nas exportações de combustíveis fósseis.

A resiliência climática desempenha um papel predominante no desenho e operação dos ativos de infraestrutura e, considerando a crescente demanda por transporte rodoviário, aliada ao aumento das vulnerabilidades oriundas de eventos extremos de temperatura e precipitação, os evidentes impactos na infraestrutura existente não podem ser negligenciados. A demanda por ações voltadas à sustentabilidade na infraestrutura rodoviária está diretamente relacionada com os impactos ambientais oriundos dos materiais de pavimentação utilizados, métodos de dimensionamento, técnicas construtivas empregadas e à operação das vias.



Figura 2. Projeção de indicadores relativos aos ODS: (a) Energia limpa e acessível; (b) Ação contra mudança climática (Sachs *et al.*, 2023).

Nesta linha, o Brasil precisa avançar na implementação de práticas voltadas à sustentabilidade na infraestrutura rodoviária, entendendo, identificando e fomentando a redução de impactos ambientais e energia incorporada relacionados à pavimentação rodoviária.

Embora pontuais avaliações dos aspectos de sustentabilidade vêm sendo implementadas de forma incipiente no país, existe uma forte demanda por ações mais robustas relacionadas à quantificação e monitoramento de impactos ambientais por parte das concessionárias de rodovias e órgãos federais e estaduais. Em geral, a sustentabilidade no âmbito da infraestrutura rodoviária é abordada, no Brasil, através da busca pela redução de consumo energético nas etapas de produção e operação, maior longevidade dos pavimentos e no monitoramento de emissões (por exemplo VOC e fumos de asfalto). Mais recentemente tem sido considerada a perspectiva do potencial de aquecimento global e, de forma ainda incipiente, vem crescendo a busca pela publicação de declarações ambientais de produto (DAP) como ferramenta de comunicação de impactos. No âmbito dos três pilares da sustentabilidade (econômico, social e ambiental), garantir a qualidade de vida das pessoas por meio do bem-estar social e econômico exige mais do que a busca por materiais de baixo carbono para reduzir as emissões. A quantificação dos impactos ambientais relacionados à toxicidade humana, ecotoxicidade terrestre, esgotamento de recursos abióticos, uso da terra, e energia incorporada, também é extremamente relevante e demanda uma abordagem mais ampla.

Este trabalho pretende contribuir com a demanda por ações imediatas para a implementação de planos de negócios orientados para práticas ESG (Environmental Social Governance) através de uma discussão sobre adoção de DAP como estratégia de governança de dados para setor de pavimentação rodoviária no Brasil. Para efetivamente contribuir no apoio a tomada de decisões que contemplem aspectos de sustentabilidade, o trabalho foi concebido de forma a refletir ao máximo o contexto brasileiro, em termos de materiais, processos, legislação e matriz energética.

DECLARAÇÕES AMBIENTAIS DE PRODUTO

Uma DAP é um documento que declara de forma transparente e verificada os impactos ambientais de um produto, servindo como ferramenta de comunicação de impactos, subsídio a tomada de



decisões gerenciais sobre processos produtivos, bem como a identificação da contribuição de cada fluxo do processo produtivo nas emissões totais do produto.

Segundo a NBR ISO 14020 (ABNT, 2022), a DAP é uma rotulagem ambiental do Tipo III cujos requisitos são prescritos pela NBR ISO 14025 (ABNT, 2015). A rotulagem ambiental do Tipo I especificada na NBR ISO 14024 (ABNT, 2022), se refere a Rótulos Ecológicos (Selos Verdes, por exemplo), enquanto a do Tipo II, especificada na NBR ISO 14021 (ABNT, 2018) corresponde a Autodeclarações (informações constantes em rótulos de produtos, por exemplo). Ao contrário das rotulagens do Tipo I e II, as DAP são produzidas a partir de dados obtidos por meio de uma ACV (Análise de Ciclo de Vida), seguindo as especificações de um documento denominado RCP (Regra de Categoria de Produto), conforme ilustra a Figura 3.

Norma ISO	ISO 14024	ISO 14021	ISO 14025
Programa de Declaração Ambiental	✓	✓	✓
Envolvimento das Partes interessadas	✓		✓
Informações de Suporte	✓	✓	✓
ACV baseada em uma RCP			✓
Avaliação de conformidade	✓		✓
Documentação Comprobatória	✓	✓	✓

Figura 3. Tipos de rotulagem ambiental segundo a NBR ISO 14020 (ABNT, 2022).

A Figura 4 mostra o fluxo a ser percorrido para a publicação de uma DAP. Inicialmente é selecionado um Operador do Sistema, que, para misturas asfálticas, pode ser o *National Asphalt Pavement Association - NAPA* (EUA), o *Envirodec - International EPD (Environmental Product Declaration) System* (Europa), ou o *EPD Brasil* (Brasil – parte do *International EPD System*), por exemplo. A partir de então, se define qual Regra de Categoria de Produto (RCP) será utilizada para a elaboração da DAP.

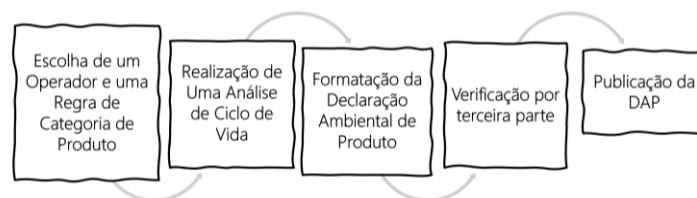


Figura 4. Fluxo para registro a publicação de uma DAP.

A RCP, segundo a NBR ISO 14025 (ABNT, 2015), contém requisitos e diretrizes para desenvolver a DAP, de forma a garantir a consistência e comparabilidade dos dados declarados. Neste sentido, a ISO 21930 (ISO, 2017) e a BS EN 15804:2012 + A2:2019 (CEN, 2021) contém regras centrais para elaboração das RCP de produtos de construção. A RCP descreve todos os componentes metodológicos relevantes que devem constar na DAP, desde os dados necessários para o detalhamento do produto (função/desempenho/uso), até detalhes da ACV como determinação do objetivo e escopo, incluindo a unidade funcional e declarada para o produto, fronteiras do sistema, métodos de coleta de dados e procedimentos de cálculo e alocação. Na RCP também constam os impactos ambientais que devem ser declarados. A partir da escolha da RCP é desenvolvida uma ACV para originar os dados que constarão na DAP, de acordo com o método de análise de impacto especificado na RCP. Na ACV são utilizados dados de entrada primários (*foreground data*) e



secundários (*background data*), estes últimos obtidos a partir de bancos de dados desenvolvidos especificamente para ACV.

É interessante observar que pode haver uma diferenciação em termos de escopo para DAP geradas para um determinado produto, devido às fases do ciclo de vida que estão contempladas na ACV. As normas ISO 21930 (ISO, 2017) e BS EN 15804:2012 + A2:2019 (CEN, 2021) detalham módulos de análise (Figura 5) a serem considerados no desenvolvimento de uma ACV para geração de DAP: Produção (A1 a A3), Construção (A4 e A5), Uso (B1 a B7) e fim de vida (C1 a C4).

Produção			Construção		Uso							Fim de vida				Além das Fronteiras do Sistema
Matéria-prima	Transporte	Produção	Transporte	Construção	Uso	Manutenção	Reparo	Reabilitação	Reforma	Uso de energia	Uso de água	Demolição	Transporte	Processamento do resíduo	Descarte	Potencial reuso, recuperação e/ou reciclagem
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
X	X	X	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI

Figura 5. Módulos de análise da ISO 21930 (ISO, 2017) e BS EN 15804:2012 + A2:2019 (CEN, 2021).

Uma DAP, segundo a ISO 21930 (ISO, 2017) deve se basear, no mínimo, em uma análise berço ao portão, em dados correspondentes ao estágio de Produção (módulos A1-A3), mas podem também conter dados de outros módulos. Dentre os escopos possíveis estão o berço ao portão (produção), berço ao portão com opção de inclusão de módulos selecionados de outras etapas (construção, uso e fim de vida) ou berço ao túmulo, em que todos os módulos são incluídos. A BS EN 15804:2012 + A2:2019 (CEN, 2021) também inclui os módulos A4, C1-C4 e D como mandatórios para emissão de uma DAP do berço ao portão.

A definição dos módulos a serem declarados na DAP depende da RCP escolhida: a *RCP for Asphalt Mixtures* desenvolvida pelo NAPA para uso nos EUA (válida até 2027), por exemplo, segue a ISO 21930 (ISO, 2017) e utiliza um método de análise de impactos denominado TRACI (*Tool for Reduction and Assessment of Chemicals and Other environmental Impacts*), desenvolvido pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos baseado nas condições regionais do país, enquanto a *NPCR 025 Part B for Asphalt* utilizada na Europa e desenvolvida pela *EPD Norge* (válida até 2027) segue a BS EN 15804:2012 + A2:2019 (CEN, 2021) e utiliza um método de análise de impactos denominado EN 15804 + A2.

É muito importante ressaltar que as DAP com módulos declarados A1-A3 não podem ser usadas para comparação entre diferentes produtos, a não ser que as misturas asfálticas comparadas, por exemplo, atendam a critérios de desempenho e de projeto semelhantes.

A partir dos dados obtidos por meio da ACV a DAP pode ser formatada e, antes de ser publicada, deve ser verificada por uma terceira parte.

ANÁLISE DO CICLO DE VIDA

Segundo a NBR ISO 14040 (ABNT 2022) o desenvolvimento de uma ACV inicia pela definição do objetivo e escopo, para que então seja elaborado um inventário do ciclo de vida e determinados os potenciais impactos ambientais.



O objetivo e escopo para o desenvolvimento da DAP utilizada para embasar as discussões apresentadas neste trabalho foram assim definidos:

- **Unidade declarada:** 1 tonelada métrica de mistura asfáltica de referência.
- **Fronteiras do sistema:** Berço ao portão (*cradle-to-gate*), abrangendo os módulos mínimos A1-A3 requeridos pela ISO 21930 (ISO, 2017), conforme ilustrado na Figura 6. O módulo Materiais (A1) inclui a extração e manufatura das matérias-primas, o módulo Transporte (A2) engloba o transporte das matérias-primas até a usina, e o módulo Produção (A3) compreende as operações da usina relativas à produção da mistura asfáltica (Figura 7).

A determinação dos impactos ambientais se baseou em dados levantados por meio do inventário de ciclo de vida, atendendo aos módulos de análise A1, A2 e A3, conforme escopo definido para a DAP. Considerando que a ACV, por concepção, é sensível ao contexto, a construção dos fluxos correspondentes ao inventário do ciclo de vida corresponde, neste trabalho, a uma mistura asfáltica produzida em usina localizada na cidade de Gurupi-TO. A usina fornece concreto asfáltico para obras de duplicação de um trecho de rodovia na transição do complexo Regional do Centro-Sul e Amazônia. A conjuntura analisada foi selecionada devido a importância da região no contexto ambiental no Brasil.

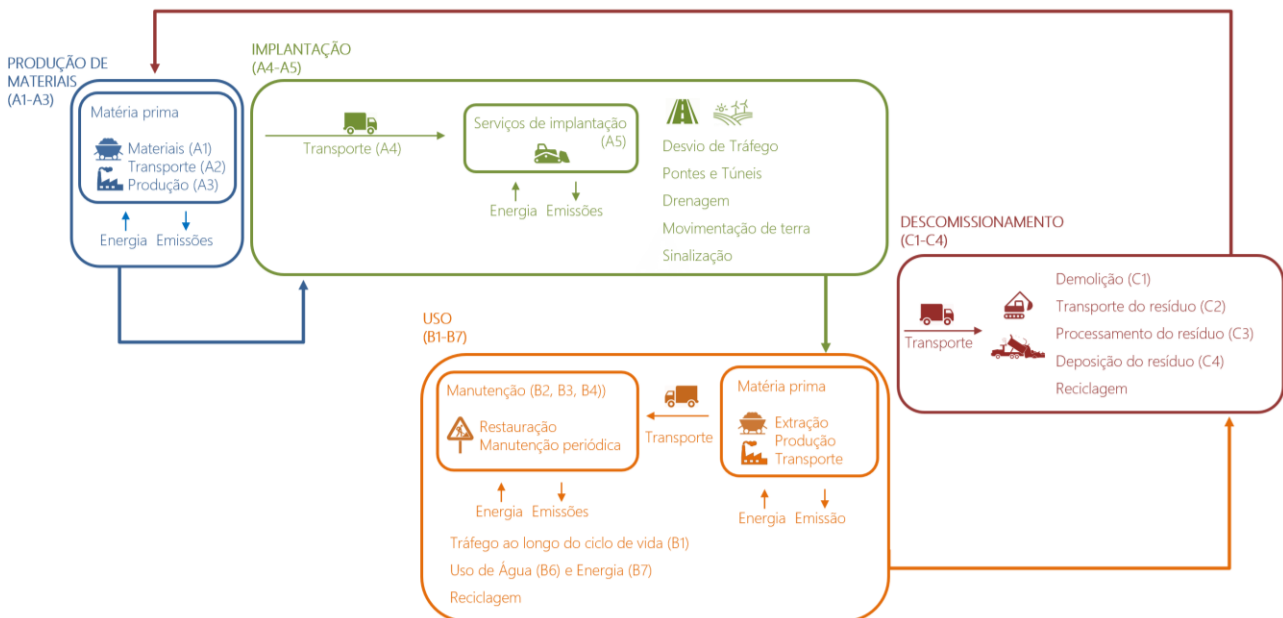


Figura 6. Fases do ciclo de vida de um pavimento e módulos de análise.

- **Dados primários (*foreground data*):** quantitativos da mistura, energia despendida para produção, localização dos fornecedores de materiais para cálculo das distâncias de transporte (Tabelas 1 a 3).
- **Dados secundários (*background data*):** base de dados Ecoinvent versão 3.9.1, com utilização de provedores que refletem o cenário brasileiro (Tabela 4), compatível com o Software OpenLCA, utilizado na análise, que possui uma aplicação adicional para desenvolvimento de DAP no âmbito da BS EN 15804:2012 + A2:2019 (CEN, 2021).

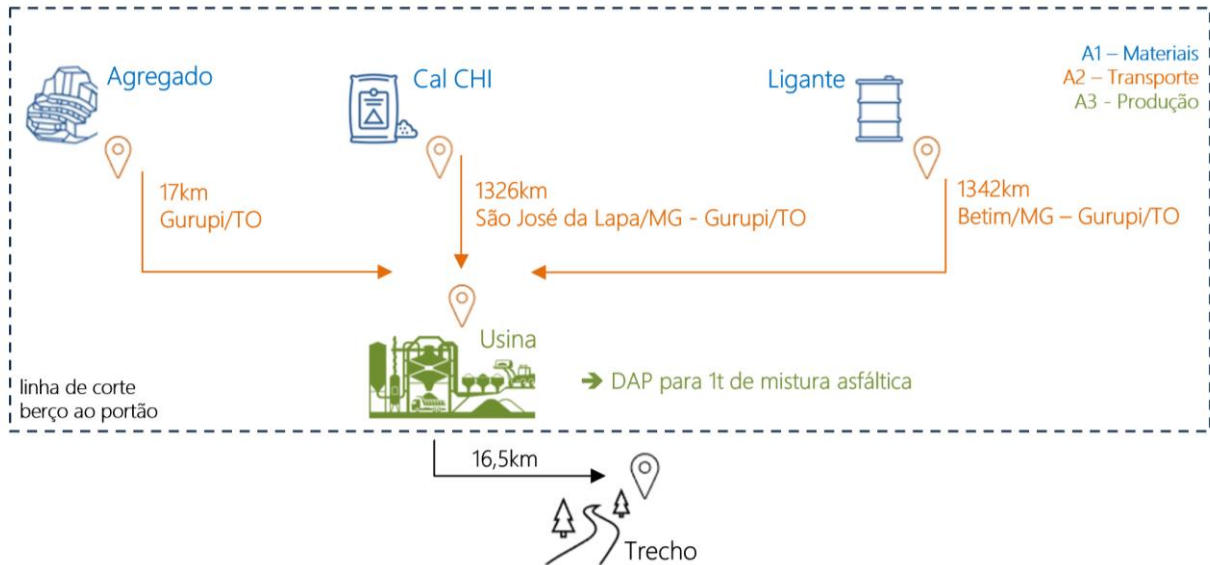


Figura 7. Escopo da DAP.

Tabela 1. Fluxos e dados primários para produção de 1t métrica de mistura asfáltica.

Saída	Entrada	Quantidade	Módulo
1t de mistura asfáltica	Produção CAP	0,044t	A1
	Transporte CAP da refinaria para a distribuidora	0,331 t.km	A2
	Consumo energia por diesel para aquecimento do caminhão no trajeto entre a refinaria e a distribuidora	0,015 kWh	A2
	Transporte CAP da distribuidora para a usina	58,377 t.km	A2
	Consumo energia por diesel para aquecimento do caminhão no trajeto entre a distribuidora e a usina	2,735 kWh	A2
	Extração de agregados na pedreira	0,942t	A1
	Consumo energia por diesel para usinagem de brita graduada	0,963 kWh	A1
	Consumo energia por eletricidade para usinagem de brita graduada	0,138 kWh	A1
	Transporte agregado da pedreira para a usina	16,016 t.km	A2
	Produção filler	0,014t	A1
	Transporte filler do fornecedor para a usina	18,962 t.km	A2
	Consumo energia por diesel	4,715 kWh	A3
	Consumo energia por eletricidade	2,610 kWh	A3

Tabela 2. Detalhamento da mistura.

Componente	Descrição/Origem	Teor (%)	Distância de Transporte
Brita 3/4"	Granito/Gurupi-TO	19,13	17km
Brita 3/8"	Granito/Gurupi-TO	34,91	17km
Pó de pedra 3/16"	Granito/Gurupi-TO	40,17	17km
Cal Hidratada	CH1/São José da Lapa-MG	1,43	1326km
CAP	CAP 30/45/Betim-MG	4,35	1350km

Especificação DNIT 031/2006 ES; Tipo de Gradação: EGL 16-19,0mm; Dosagem Marshall



Tabela 3. Dados da usina por tonelada de mistura asfáltica.

Consumo Energético para produção da mistura	
Consumo de Energia (diesel) para produção da mistura asfáltica	4,72kWh
Consumo de Energia (eletricidade) para produção da mistura asfáltica	2,61kWh
Consumo de Energia (diesel) para usinagem da brita graduada	0,96kWh
Consumo de Energia (eletricidade) para usinagem da brita graduada	0,14kWh

Tabela 4. Provedores de dados secundários da base de dados Ecoinvent (versão 3.9.1).

Provedores do Ecoinvent 3.9.1
— pitch production, petroleum refinery operation pitch Cutoff, U – BR
— gravel production, crushed gravel, crushed Cutoff, U - BR
— sand to generic market for inert filler inert filer Cutoff, U - GLO
— transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 Cutoff, U - BR
— electricity voltage transformation from high to medium voltage electricity, medium voltage Cutoff, U - BR - Northern grid
— electricity voltage transformation from high to medium voltage electricity, medium voltage Cutoff, U - BR - South-eastern grid
— diesel, burned in building machine diesel, burned in building machine Cutoff, U – GLO

O método de análise de impacto utilizado foi o EN 15804+A2. Com relação aos impactos ambientais mandatórios são considerados os seguintes indicadores: potencial depleção abiótica (elementos/fósseis), potencial acidificação, potencial eutrofização (água doce/marinha/terrestre), potencial aquecimento global (biogênico/fóssil/uso do solo/total), potencial de depleção do ozônio, potencial criação fotoquímica de ozônio e potencial privação de água. Como impactos ambientais adicionais são determinados o potencial ecotoxicidade (água doce), toxicidade humana (cancerígena/não cancerígena), radiação ionizante (saúde humana), uso do solo e mudança no uso do solo e formação de material particulado (incidência de doenças). Os impactos oriundos do uso de recursos são quantificados pelos seguintes indicadores: energia primária renovável e não renovável e uso líquido de água doce. Quanto aos resíduos, são quantificados resíduos perigosos e não perigosos descartados e resíduos radioativos descartados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos com o desenvolvimento da ACV para o caso em questão se referem a uma mistura de referência, embora o método apresentado em detalhes neste trabalho possa ser ajustado para diferentes aplicações. A análise dos resultados está organizada para auxiliar na compreensão do processo para geração dos dados para DAP bem como na interpretação crítica dos resultados.

Os dados apresentados na Tabela 5 mostram os potenciais impactos quantificados para cada módulo da etapa de produção da mistura asfáltica de referência, cujos percentuais correspondentes são mostrados nas Figuras 8 (impactos mandatórios) e 9 (impactos adicionais, geração de resíduos e utilização de recursos energéticos).

Os resultados da Figura 8 mostram que, em geral, na produção de materiais a extração da matéria prima (A1) é o principal gerador de impactos ambientais. Entretanto, em três categorias de impacto o transporte (A2) contribui de forma mais significativa: depleção abiótica (elementos), que se refere



ao consumo dos recursos naturais não bióticos, aquecimento global (uso do solo) e privação de água. O aquecimento global (uso do solo) se refere às emissões que surgem em conexão com mudanças no estoque de carbono especificado como resultado do uso da terra e da mudança no uso da terra, como CO₂ oriundo combustão de carvão, petróleo e gás, CH₄ emitido na extração de carvão e CO oriundo de processos de combustão incompleta. A depleção abiótica (elementos) se refere ao consumo de recursos não biológicos, como a água, o que corrobora com o resultado encontrado no indicador que remete à privação de água.

A fase de produção (A3) é, claramente, a que menos contribui nos impactos analisados, superando 10% nos indicadores de aquecimento global (biogênico e uso do solo) e privação de água. O aquecimento global (biogênico) se refere a emissão de CO₂ oriundo da decomposição de biomassa por combustão, por exemplo. A matriz energética brasileira, 47,3% oriunda de fontes renováveis (EPE, 2023) é um ponto de destaque com relação às emissões na fase de produção, que poderiam ser superiores caso de maior contribuição de fontes não renováveis.

Como o petróleo é o principal constituinte da mistura asfáltica, é esperado que o módulo A1 seja responsável pela maior porcentagem dos impactos relacionados à depleção abiótica (fósseis), aquecimento global (fóssil e total). Para a mistura em questão, o ligante é responsável por cerca de 50% do CO₂-eq contabilizado no indicador de aquecimento global (total) e representa 90% do potencial de depleção abiótica (fósseis), que é estimado em MJ. É interessante observar também a grande contribuição do módulo A1 nos indicadores de depleção de camada de Ozônio e criação fotoquímica de Ozônio, que é uma forma de poluição do ar que pode ocorrer quando compostos orgânicos voláteis não-metano (NMVOC) e NO_x na atmosfera reagem quimicamente entre si devido à radiação solar.

O indicador de eutrofização (água doce, marinha e terrestre) também é mais influenciado pelos materiais (A1). A eutrofização reflete o aumento da produção vegetal causado pelo aumento do fornecimento de nutrientes, que leva a um aumento na produção primária de algas planctônicas e subsequente perda de oxigênio e decomposição de biomassa. A eutrofização terrestre considera a entrada de Nitrogênio pelo ar (NH₃ e NO_x) e reflete a área em que a capacidade de suporte dos ecossistemas é excedida, bem como a extensão da excedência. Os processos de combustão em usinas de geração de energia e o transporte são importantes fontes de emissões de N, que causam impactos relacionados a eutrofização. O SO₂, NH₃ e NO_x, oriundos da combustão de óleos combustíveis pesados e das emissões de enxofre em atividades industriais, são os compostos que mais contribuem para a acidificação, cujos efeitos danificam lagos e rios com efeitos letais sobre algas, peixes e microrganismos. Além de contribuir para a dissolução de nutrientes importantes como o potássio e o cálcio, tornando-os menos acessíveis às plantas, a acidificação, cuja principal contribuinte é a fase de produção dos materiais (A1), também proporciona a dissolução e aumento da disponibilidade de metais tóxicos, como alumínio e mercúrio.

Os impactos não mandatórios (Figura 9), ou adicionais, são aqueles mais relacionados à saúde e qualidade de vida das pessoas. Estes indicadores são fortemente afetados tanto pelo refino do petróleo quanto pela e queima de combustíveis fósseis. Os resultados corroboram os já discutidos para a Figura 8, com o Módulo A2 contribuindo de forma mais significativa naqueles relacionados com uso e mudança no uso do solo e questões relacionadas à água, aqui quantificada em termos de ecotoxicidade (água doce). Caberia aqui uma reflexão quanto à não serem mandatórios aspectos que afetem a saúde e qualidade de vida das pessoas, que poderiam ser bons indicadores relativos ao



pilar social da sustentabilidade. Com relação aos impactos oriundos da geração de resíduos e uso de recursos para geração de energia é notável a maior contribuição do Módulo A1.

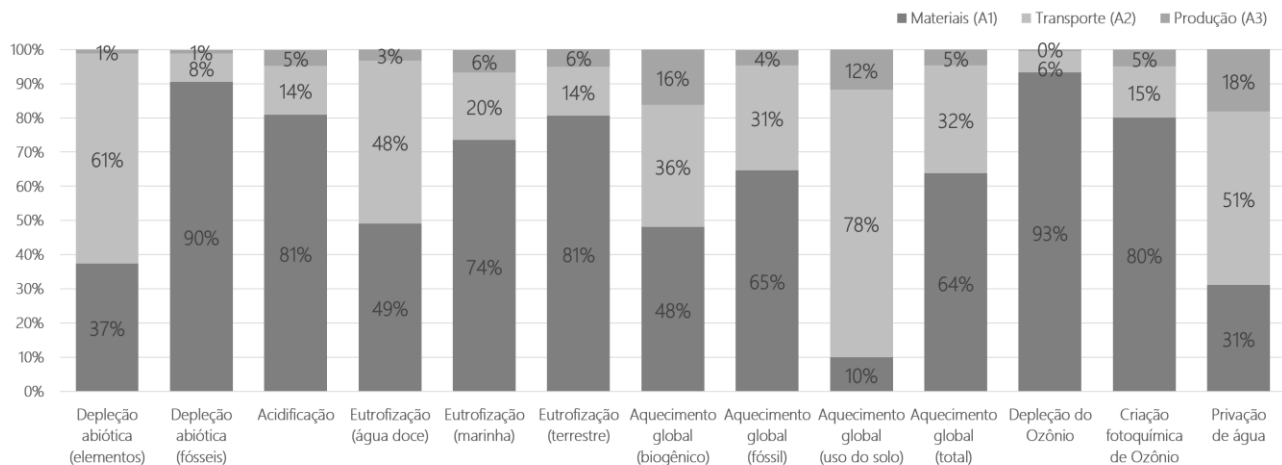


Figura 8. Potenciais impactos mandatórios para emissão da DAP para a mistura de referência.

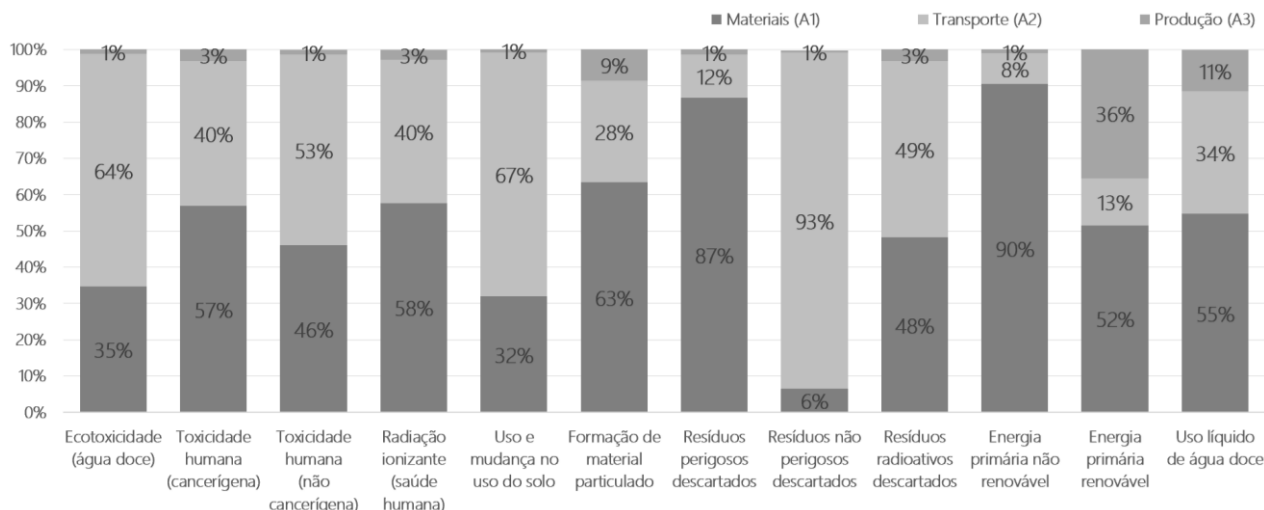


Figura 9. Impactos adicionais, geração de resíduos e utilização de recursos energéticos para a mistura de referência.

É interessante notar que uma redução simulada de 50% na distância de transporte do ligante da distribuidora até a usina (Módulo A2) resultaria em importante diminuição nos indicadores de aquecimento global (cerca de 10%) e depleção abiótica - elementos (cerca de 20%).

Os impactos aqui discutidos para a mistura referência, como se referem aos módulos declarados A1-A3 não podem ser usados para comparação com outras misturas asfálticas, a não ser que estas atendam mesmos critérios de desempenho e sejam utilizadas em aplicações semelhantes. Neste ponto, cabe salientar que uma eventual exigência de publicação de DAP para misturas asfálticas com módulos mínimos A1-A3 (berço ao portão), que atenderia os módulos mínimos especificados na ISO 21930 (ISO, 2017), já seria um primeiro e importante passo dentro de práticas ESG no Brasil. Uma prática comum em países mais avançados na implementação de práticas voltadas à sustentabilidade na pavimentação rodoviária é que a emissão de DAP para misturas asfálticas conte créditos ambientais em sistemas de classificação verde.



Tabela 5. Quantificação dos potenciais impactos por tonelada de mistura asfáltica pelo Método EN 15804+A2.

Método EN 15804+A2	Total (por t)	Materiais (A1)	Transporte (A2)	Produção (A3)
Impactos mandatórios				
Depleção abiótica - elementos (kg Sb eq)	7,62E-05	2,85E-05	4,68E-05	8,27E-07
Depleção abiótica – fósseis (MJ net calorific)	2,31E+03	2,09E+03	1,92E+02	2,50E+01
Acidificação (mol H ⁺ eq)	3,62E-01	2,93E-01	5,18E-02	1,64E-02
Eutrofização - água doce (kg P eq)	2,20E-03	1,08E-03	1,05E-03	6,97E-05
Eutrofização - marinha (kg N eq)	1,14E-01	8,38E-02	2,26E-02	7,36E-03
Eutrofização – terrestre (mol N eq)	1,39E+00	1,12E+00	1,99E-01	8,00E-02
Aquecimento global – biogênico (kg CO ₂ eq)	5,24E-01	2,52E-01	1,87E-01	8,46E-02
Aquecimento global – fóssil (kg CO ₂ eq)	4,36E+01	2,82E+01	1,34E+01	1,91E+00
Aquecimento global - uso do solo (kg CO ₂ eq)	6,34E-01	6,36E-02	4,96E-01	7,44E-02
Aquecimento global - total (kg CO ₂ eq)	4,47E+01	2,85E+01	1,41E+01	2,06E+00
Depleção do ozônio (kg CFC-11 eq)	7,83E-06	7,30E-06	4,92E-07	3,34E-08
Criação fotoquímica de ozônio (kg NMVOC eq)	4,83E-01	3,87E-01	7,20E-02	2,39E-02
Privação de água (m ³ world eq)	1,85E+01	5,75E+00	9,39E+00	3,37E+00
Impactos adicionais				
Ecotoxicidade - água doce (CTUe)	8,43E+02	2,92E+02	5,41E+02	1,09E+01
Toxicidade humana - cancerígena (CTUh)	1,75E-08	9,95E-09	6,99E-09	5,84E-10
Toxicidade humana - não cancerígena (CTUh)	3,54E-07	1,63E-07	1,86E-07	4,59E-09
Radiação ionizante - saúde humana (kBq U235 eq)	4,37E-01	2,52E-01	1,73E-01	1,17E-02
Uso do solo e mudança no uso do solo (-)	2,33E+02	7,43E+01	1,57E+02	2,02E+00
Formação de material particulado (incid. doenças)	5,18E-06	3,28E-06	1,46E-06	4,42E-07
Geração de resíduos				
Resíduos perigosos descartados (kg)	1,13E-02	9,80E-03	1,34E-03	1,64E-04
Resíduos não perigosos descartados (kg)	1,38E+01	8,82E-01	1,28E+01	8,58E-02
Resíduos radioativos descartados (kg)	8,47E-05	4,08E-05	4,13E-05	2,70E-06
Uso de recursos energéticos				
Energia primária: Não renovável (MJ)	2,31E+03	2,09E+03	1,96E+02	2,50E+01
Energia primária: Renovável (MJ)	2,95E+01	1,52E+01	3,80E+00	1,06E+01
Uso líquido de água doce (m ³)	6,92E-01	3,78E-01	2,35E-01	7,86E-02

Um aspecto relevante quanto aos dados gerados é que o método de análise impacto EN 15804+A2, utilizado para gerar os dados apresentados nas Figuras 8 e 9, possui ainda dois indicadores que são denominados teor de carbono biogênico (produzido não por combustíveis fósseis, mas naturalmente, por decomposição de resíduos, por exemplo) e fluxos de saída (componentes para reutilização, energia exportada - elétrica e térmica) e materiais para recuperação de energia). Estes itens apareceriam zerados em uma DAP para a mistura em questão, por não se aplicarem ao contexto da produção da mistura asfáltica.

É necessário que haja uma reflexão crítica sobre o fato de que uma DAP A1-A3 não fornece informações em relação aos impactos da mistura asfáltica aplicada em um pavimento ao longo da vida sua útil, uma vez que não considera o desempenho da mistura. Neste sentido, em um segundo momento, a partir de uma cultura de declaração de emissões, que ainda precisaria ser implementada no Brasil, pode-se ampliar o escopo incluindo mais fases do ciclo de vida, para que assim a prática seja realmente utilizada como uma ferramenta de governança de dados pelas agências e empresas concessionárias de rodovias, especialmente no Brasil. Algumas RCP, como a *NPCR 025 Part B for*



Asphalt desenvolvida pela *EPD Norge* (válida até 2027) e muito utilizada na Europa, já inclui como módulos obrigatórios nas DAP de misturas asfálticas o A4 (transporte da usina até o trecho), C1-C4 (descomissionamento) e D (potencial de recuperação e reciclagem). Fica evidente, portanto, a necessidade de adoção de uma RCP adequada ao contexto das misturas asfálticas produzidas no Brasil, que considere módulos de análise factíveis de serem contabilizados (A1-A3 ou A1-A3 com opções de mais módulos, por exemplo) em conjunto com um método de análise de impactos abrangente e bem aceito a nível mundial (EN 15804+A2, por exemplo).

Finalmente, a partir dos dados obtidos por meio da ACV, como os discutidos ao longo deste texto, considerando os módulos de análise exigidos na RCP adotada, a DAP pode ser formatada e, antes de ser publicada, deve ser verificada por uma terceira parte.

CONCLUSÕES

As DAP são uma ferramenta importante em práticas ESG para orientar iniciativas estratégicas em diferentes níveis, auxiliar nos processos de tomada de decisão e projetar modelos de negócios que atendam aos requisitos de sustentabilidade para infraestrutura rodoviária. Entretanto, não podem ser utilizadas indiscriminadamente sob pena de contribuir com práticas nocivas de *greenwashing*.

O conhecimento técnico sobre o desenvolvimento das DAP e análise crítica das informações declaradas é fundamental para tomadas de decisão sobre potenciais impactos das misturas asfálticas declaradas.

AGRADECIMENTOS

À ANTT pelo financiamento do Projeto RDT, à EcoRodovias e Ecovias do Araguaia por proporcionar o desenvolvimento do projeto e aprofundamento das discussões, ao CNPq pela concessão da bolsa de produtividade da primeira autora e ao LAPAV/UFRGS pela disponibilidade de infraestrutura e comprometimento com o desenvolvimento de pesquisa de ponta no país.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT ISO 14020. Rótulos e declarações ambientais - Princípios gerais, ABNT, 2022.
- ABNT ISO 14021. Rótulos e declarações ambientais – Autodeclarações ambientais (Rotulagem do tipo II), ABNT, 2018.
- ABNT ISO 14024. Rótulos e declarações ambientais — Rotulagem ambiental Tipo I — Princípios e procedimentos, ABNT, 2022.
- ABNT ISO 14025. Rótulos e declarações ambientais -Declarações ambientais de Tipo III - Princípios e procedimentos, ABNT, 2015.
- ABNT ISO 14040. Gestão Ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura, ABNT, 2022.
- BS EN 15804 + A2. Sustainability of construction works – Environmental product declarations – Core rules for the product category of construction products, CEN, 2021.
- CNT. Pesquisa CNT de rodovias. Brasília: Confederação Nacional do Transporte, 2022.
- EPE. Balanço Energético Nacional, Brasília: Ministério de Minas e Empresa de Pesquisa Energética, 2023.
- IPCC. Summary for Policymakers. In: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge, United Kingdom, and New York: 2014.
- ISO 21930. Sustainability in buildings and civil engineering works - Core rules for environmental product declarations of construction products and services, 2017.
- Sachs, J.D., Lafortune, G., Fuller, G., Drumm, E. Implementing the SDG Stimulus. Sustainable Development Report 2023. Paris: SDSN, Dublin: Dublin University Press, 2023.