

# SINALIZAÇÃO RODOVIÁRIA E A ECONOMIA CIRCULAR

Ana Vicente

Infraestruturas de Portugal S.A., Direção Rede Rodoviária, São Pedro 2005-365 Santarém, Portugal,  
ana.vicente@infraestruturasdeportugal.pt

Artur Mendes

Infraestruturas de Portugal S.A., Direção Rede Rodoviária, São Pedro 2005-365 Santarém, Portugal,  
artur.smendes@infraestruturasdeportugal.pt

Catarina Silvério

Infraestruturas de Portugal S.A., Direção Rede Rodoviária, São Pedro, 2005-365 Santarém, Portugal,  
catarina.silverio@infraestruturasdeportugal.pt

Pedro Inácio

Infraestruturas de Portugal S.A., Direção Rede Rodoviária, São Pedro 2005-365 Santarém, Portugal,  
pedro.inacio@infraestruturasdeportugal.pt

Rita Caetano

Infraestruturas de Portugal S.A., Direção Rede Rodoviária, São Pedro 2005-365 Santarém, Portugal,  
rita.caetano@infraestruturasdeportugal.pt

**RESUMO:** A Infraestruturas de Portugal S.A. (IP) no âmbito das suas competências, procede à colocação e substituição de sinalização vertical de forma a garantir a circulação rodoviária em segurança. Atualmente, a sinalização colocada pela IP respeita a Norma Europeia (EN12899-1) e o Caderno de Encargos (CE), que contempla, exclusivamente, o uso de materiais tradicionais, como o alumínio e o aço. Contudo, a utilização destes materiais comporta custos ambientais elevados na sua cadeia de produção, nomeadamente na obtenção de matérias-primas, na sua fabricação e reutilização. Mais ainda, face ao seu valor comercial, estes materiais são mais suscetíveis ao furto, contribuindo para o aumento dos custos de conservação. Como alternativa, existem estudos que contemplam novos materiais, nomeadamente os poliméricos, que consomem menos energia no seu ciclo de vida e possuem ótimos requisitos de desempenho, a par dos materiais tradicionais. A resistência de introdução de um novo produto no mercado, decorrente do investimento de adaptação das infraestruturas de produção, será certamente atenuada face ao atual desenvolvimento das indústrias da fileira de moldagem de polímeros.

A utilização destes materiais constituirá uma mais-valia para o caminho da sustentabilidade e resiliência, traduzindo-se como forte contributo para o processo de circularidade de sinalização vertical fundamental na realidade rodoviária.

**PALAVRAS-CHAVE:** Circularidade, Segurança Rodoviária, Sinalização Vertical, Materiais Poliméricos, Sustentabilidade, Resiliência.

## 1. Introdução

A sinalização rodoviária e ferroviária desempenha um papel crucial na segurança, organização e fluidez do trânsito.

As atividades de gestão da rede rodoviária e ferroviária das Infraestruturas de Portugal implicam a colocação, conservação, manutenção e substituição de sinalização vertical distribuídos no espaço do território Continental Português, totalizando cerca de 16 360 km de rede rodoferroviária, tal como se pode verificar na Figura 1.

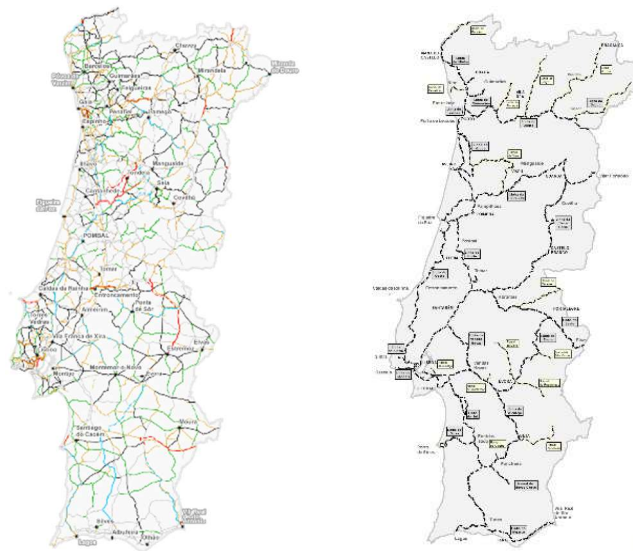


Figura 1. Rede Rodoviária (esquerda) e rede ferroviária (direita)

Ao longo dos anos, o desgaste acelerado, os acidentes e os furtos têm aumentado as necessidades de manutenção destes ativos, face ao tempo de vida útil expectável, gerando não apenas custos económicos elevados, mas comprometendo a segurança da circulação e ainda impactos ambientais consideráveis.

Como parte de sua contribuição para o Pacto Ecológico Europeu, que propõe uma nova estratégia de crescimento para os países da União Europeia, a Infraestruturas de Portugal S.A. visa alcançar a neutralidade carbónica, promovendo a utilização eficiente de recursos, alinhada com uma economia circular, e a redução das emissões de gases poluentes.

Neste sentido, a economia circular revela-se de extrema importância pois procura um modelo produtivo sustentável, eficiente e regenerativo. Oferece alternativas para a reconfiguração do uso de materiais, incentivando a reciclagem, a reutilização e a redução de resíduos não recicláveis, mitigando o impacto ambiental e promovendo a sustentabilidade dos processos de produção (PE, 2024 e PAEC, 2020).

Este artigo expõe uma análise de como os princípios da economia circular podem ser aplicados à sinalização rodoviária, promovendo não apenas a sustentabilidade ambiental, mas também os benefícios económicos e operacionais.

## 2. Sinalização Rodoviária

### 2.1 A importância da sinalização vertical

A sinalização vertical é uma componente fundamental para uma gestão eficiente do trânsito e contribui expressivamente para a segurança nas vias rodoviárias. Os sinais transmitem informações importantes aos condutores, como limite de velocidades, avisos e instruções regulamentares e, por isso, a rápida deteção e perceção dos sinais de trânsito é fundamental para garantir a sua segurança, de acordo com o artigo 10º do Decreto-Lei nº 84-B/2022.

A Figura 2 exibe vários fatores para os quais a sinalização vertical desempenha um papel importante.

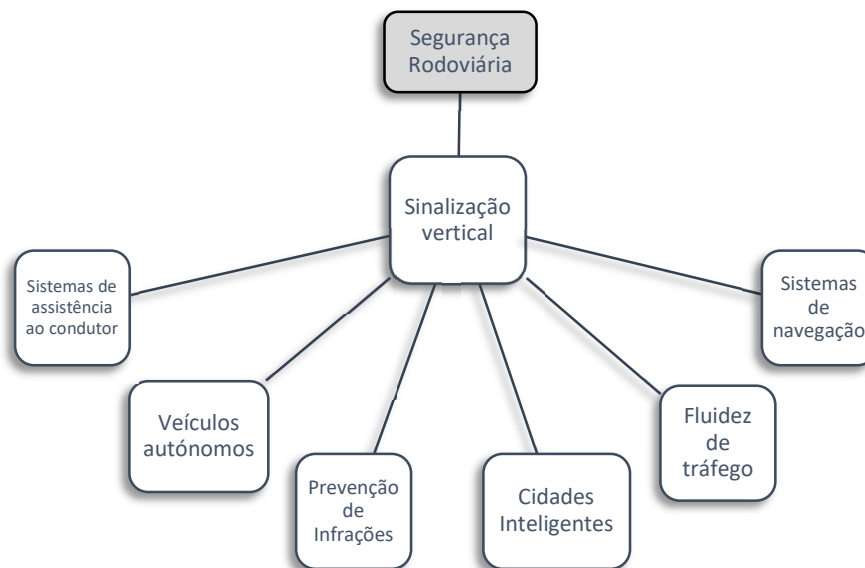


Figura 2. Importância da sinalização vertical (baseado em Mercaldo et al., 2024)

Os sinais verticais informam e orientam os utilizadores da via sobre os limites de velocidade, perigos, proibições e áreas de especial cuidado, como cruzamentos, curvas acentuadas e zonas escolares/habitacionais. Desta forma, contribuem de forma relevante para a diminuição do risco de acidentes e aumento da fluidez de tráfego com disciplina.

Ao informar sobre regras de trânsito, como proibições ou limitações, os sinais contribuem para redução das infrações, condicionando o comportamento dos condutores, o que se reflete na mitigação de acidentes.

A tecnologia que integra os sistemas de navegação dos veículos e os sistemas de assistência ao condutor, recolhe informação relativa à sinalização rodoviária existente na rede viária e, em “tempo real”, fornece instruções aos condutores aumentando a sua capacitação de reação, reduzindo assim, o risco de acidente.

Por sua vez, os veículos autónomos dependem muito da tecnologia de visão computacional e sensores de navegação, que detetam a sinalização rodoviária permitindo que circulem com base na informação recolhida.

Finalmente, no contexto das cidades inteligentes, os sinais de trânsito têm também uma importância relevante para o desenvolvimento de infraestruturas de transportes inteligentes, permitindo a obtenção e integração de dados para um melhor planeamento e gestão urbana.

## 2.2 Tipos de Sinais

O sistema de sinalização vertical existente nas vias públicas, compreende sinais de perigo, sinais de regulamentação, sinais de indicação, sinalização de mensagem variável e sinalização turístico-cultural que orientam e regulam o trânsito (RST, 2019).

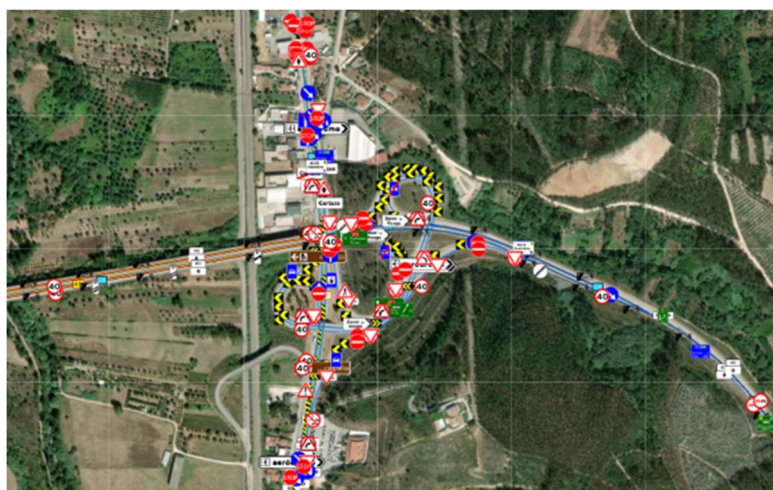
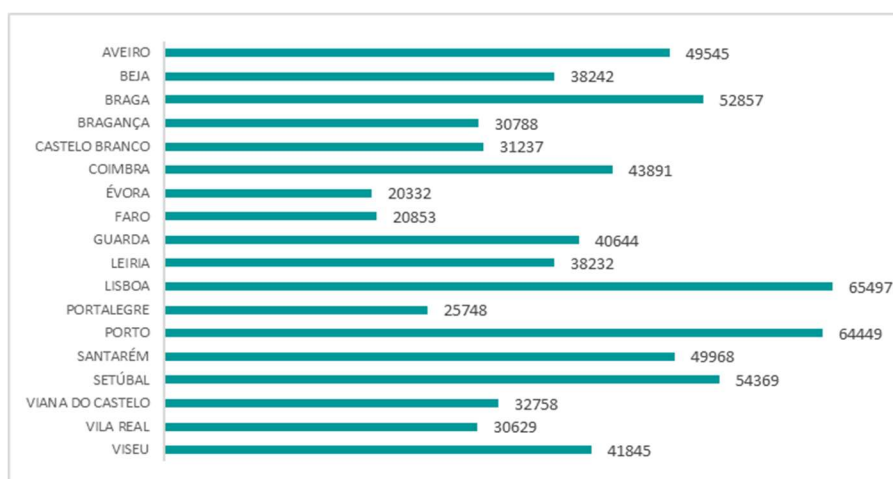


Figura 3. Exemplo de sinais verticais inventariados – IP.GISMobile - SinalMobile

A Infraestruturas de Portugal, nos 13 805 quilómetros de extensão de vias rodoviárias sob sua jurisdição direta, tem inventariados 731 988 sinais, distribuídos de acordo com o Gráfico 1, cujo valor patrimonial é de cerca de 90 M €.

Gráfico 1. Quantidade de sinais verticais na rede viária por distrito



O conjunto de sinalização consiste em três componentes principais:

- Placa de sinalização: trata-se da estrutura que sustenta o material da face da sinalização, juntamente com os acessórios e elementos de reforço;
- Material da face do sinal: retrorrefletor e aplicado como acabamento na placa do sinal;
- Suporte: responsável por fixar e manter a placa do sinal no local adequado.

A sinalização rodoviária deve ser fabricada a partir de materiais que garantem durabilidade, visibilidade e resistência às condições climáticas e ao desgaste.

Atualmente, os principais materiais utilizados no fabrico da sinalização são:

- Alumínio: leve, durável, resistente à corrosão e de fácil manuseio. Mais vulnerável a danos por impacto e maior preço inicial. É muito utilizado para a produção de placas de sinalização devido à sua resistência às intempéries e ao desgaste.
- Aço galvanizado: robusto, pesado e com alta resistência à abrasão e impacto. A galvanização protege contra a corrosão.

Estes materiais oferecem boas soluções em vários aspetos, especialmente estruturais, mas não são isentos de limitações. O aço, embora conhecido pela sua resistência e durabilidade, é suscetível à deterioração ambiental e corrosão, enquanto o alumínio, apesar da sua resistência à corrosão e natureza leve, é menos resistente aos impactos.

Ambos os materiais, enfrentam desafios relacionados com o vandalismo e roubo devido ao seu valor de mercado, o que se reflete nos custos de manutenção e nos riscos de segurança.

Além disso, a produção de sinais com estes materiais causa um grande impacto ambiental devido à inevitável extração de matérias-primas, aos processos de produção e reutilização, concorrendo para esse impacto negativo o elevado consumo de energia exigido naqueles processos.

Considerando a grande quantidade de sinalização rodoviária presente nas vias sob a jurisdição das Infraestruturas de Portugal, e tendo em conta o ciclo de vida relativamente curto destes materiais, especialmente em zonas onde as condições climáticas são adversas (ambiente marítimo, elevada exposição solar, ...) provocando a sua degradação precoce, resulta impacto direto significativo na segurança rodoviária, bem como na funcionalidade das vias. Acrescem ainda os danos frequentes causados por intempéries (incêndios, nevões, inundações, ...) acidentes, vandalismo e furtos que demandam substituições constantes.

Todos estes fatores geram altos custos de manutenção daqueles ativos, a que acrescem elevadas quantidades de desperdício, exigindo investimentos constantes e relevantes para garantir a segurança na circulação rodoviária.

### **2.3 Requisitos legais – Estruturais e funcionais**

A adequada sinalização rodoviária associada à correta colocação deve respeitar a legislação em vigor, o Regulamento de Sinalização de Trânsito (RST, 2019), a Norma Europeia (EN12899-1:2001) e a Norma Espanhola (UNE 135340:2019).

De acordo com o artigo 15.º do Regulamento de Sinalização de Trânsito (RST, 2019), as características dos materiais a utilizar na sinalização rodoviária relativamente aos suportes devem ser resistentes, com secção circular dentro das localidades e sobre os passeios ou vias destinadas a peões ou velocípedes, permitindo a fixação do sinal em perfeitas condições de estabilidade; os bordos dos sinais devem estar eficientemente protegidos com molduras, abas ou dispositivos equivalentes, por forma a reduzir as consequências de eventuais embates, podendo a proteção ser dispensada nos casos em que o sinal esteja protegido por dispositivo de segurança adequado; os sinais são retrorrefletores ou iluminados, interna ou externamente, não devendo os materiais utilizados na sua construção causar encandeamento nem diminuir a visibilidade dos símbolos ou das inscrições; e o reverso dos sinais deve ser de cor neutra.

As características dos materiais constituintes da sinalização vertical devem ainda obedecer a um conjunto de requisitos estabelecidos nas diretivas da União Europeia, nomeadamente no que respeita ao desempenho, processo de fabrico, segurança e proteção ambiental.

A EN12899-1 especifica os requisitos estruturais e retrorrefletores para os sinais, não impondo uso de materiais específicos.

O requisito referente à retrorreflexão do material das telas, um dos mais determinantes na obtenção do estado do sinal, é avaliado conforme a Norma Portuguesa EN 12899-1 para sinalização das Classes RA1 e RA2, e de acordo com a Norma Espanhola UNE 135340:2019 para a Classe RA3 (Tabela 1).

Tabela 1. Requisitos do Coeficiente de retrorreflexão

Coeficiente de retrorreflexão mínimo (cd lx <sup>-1</sup> m <sup>-2</sup> )	Classe	Branco	Amarelo	Vermelho	Verde	Verde-escuro	Azul	Castanho	Laranja	Cinzentos
NP EN 12899-1:2017	RA1 (Nível 1)	50	35	10	7		2	0,6	20	30
	RA2 (Nível 2)	180	120	25	21	14	14	8	65	90
UNE 135340:2019	RA3 (Nível 3)	425	275	85	40		28	13	210	210

$\alpha = 20' (0.33^\circ)$ ;  $\beta_1 = 5^\circ$ ;  $\beta_2 = 0^\circ$

A legislação vigente permite assim, o uso de outros materiais, para além dos usualmente utilizados na fabricação de sinalização rodoviária, desde que atendam aos requisitos de qualidade, durabilidade, visibilidade e segurança necessários para assegurar a eficácia e proteção dos usuários das vias. Esses materiais devem seguir critérios técnicos e normativos específicos, garantindo, ao mesmo tempo, um desempenho adequado e sustentabilidade ambiental.

### 3. Economia Circular: Uma nova perspectiva

O conceito de economia circular ganhou maior importância após a Comissão Europeia ter lançado, em 2020, um novo Plano de Ações para a Economia Circular (PAEC) que constitui um dos alicerces do Pacto Ecológico Europeu e propõe medidas a aplicar em todo o ciclo de vida dos produtos (PAEC, 2020).

Assim, impulsionados pelo novo PAEC, vive-se numa época de transição de uma economia linear para uma economia circular que implica interações multidimensionais e mudanças estruturais do sistema insustentável existente (Liu & Kringos, 2024).

A adoção da economia circular no contexto da sinalização vertical surge como uma nova abordagem baseada nos valores de sustentabilidade a longo prazo, promovendo a inovação, reutilização, reciclagem e recuperação dos componentes da sinalização, integrando esta componente rodoviária com a responsabilidade ambiental.

Além disso, a durabilidade dos materiais pode ser ampliada por meio de inovações tecnológicas, o que diminui a necessidade de substituições frequentes e os custos associados.

#### 3.1 Sinalização rodoviária polimérica

O recurso à utilização de polímeros no fabrico de sinalização rodoviária, é uma alternativa eficiente e sustentável em vários aspetos tendo os autores Chukwuemeka (2024) e Franco *et al.* (2018), já apresentado algumas soluções inovadoras para a sua produção.

Chukwuemeka (2024) explora o potencial dos compósitos de polímeros reforçados por fibras (FRP) como uma alternativa aos materiais tradicionais, por outro lado, o estudo desenvolvido pela SinalPlas (2018) apresenta várias propostas em Polipropileno (PP), em Polipropileno (PP) com fibra de vidro (FV), em Policarbonato (PC) com adição de resina e em Policarbonato (PC) reciclado, entre outras.

##### 3.1.1 Requisitos funcionais e estruturais

Os materiais poliméricos utilizados na sinalização rodoviária devem atender a uma série de requisitos funcionais e estruturais de modo a obterem o “Certificado da Regularidade do Desempenho” da entidade creditada para o efeito.

Os requisitos funcionais determinam como os materiais poliméricos devem comportar-se em diversas condições, garantindo os critérios de visibilidade, durabilidade e manutenção. Os requisitos estruturais são também fundamentais para garantir a estabilidade e segurança do conjunto da placa-prumo ao longo do tempo, mesmo em condições adversas. Esses requisitos estão relacionados com a integridade estrutural, resistência física e durabilidade dos materiais poliméricos.

Estes materiais são altamente resistentes à corrosão e à degradação química e, por isso, têm uma vida útil mais prolongada sem perda de funcionalidade.

No entanto, uma das maiores preocupações relacionadas com a utilização destes materiais é a sua resistência ao fogo, por serem inflamáveis. Atualmente, existem polímeros avançados e versáteis que garantem o cumprimento deste requisito (SinalPlas, 2018), ou por outro lado, podem também ser colocados aditivos retardantes para reduzir o risco de propagação do fogo. Contudo, caso os sinais sejam expostos a temperaturas elevadas, independentemente do material de suporte utilizado, o material retrorefletor é destruído, pelo que é inevitável a substituição integral do sinal.

No que respeita ao seu comportamento a baixas temperaturas, que induzem redução da sua resistência mecânica, existem polímeros, nomeadamente Policarbonato, que possui uma grande resistência a baixas temperaturas (-30°C).

Nos materiais poliméricos pode ser adicionado um tratamento de proteção à exposição aos raios ultravioleta, prolongando as suas características resistentes bem como a sua longevidade.

Poderá ainda, sempre que exigível, ser adicionada uma proteção superficial que garante resistência a riscos e a abrasão, prolongando a sua vida útil.

O baixo peso desta classe de materiais reduz os custos logísticos de transporte, facilita o seu manuseio e instalação e reduz ainda o risco de acidentes de trabalho no processo de instalação dos sinais.

### **3.1.2 Sinalização rodoviária polimérica versus sinalização rodoviária metálica**

As diferentes soluções a adotar com recurso a polímeros oferecem múltiplas vantagens comparativamente com os materiais tradicionais utilizados, atualmente, no fabrico da sinalização rodoviária.

Primeiramente, a produção de sinais metálicos tem um impacto ambiental mais elevado devido ao seu processo extrativo, enquanto a produção de sinalização polimérica, embora dependa da extração de petróleo, causa um impacto menor em termos de destruição de ecossistemas e consumo de recursos naturais.

No que concerne ao consumo de energia para a produção de sinalização polimérica tende a ser mais económico, especialmente no que diz respeito aos custos energéticos, por comparação com os materiais tradicionais.

A produção de materiais poliméricos envolve processos como moldagem por injeção ou extrusão, que requerem menos energia em comparação com a produção de sinalização de base metálica, que envolve processos como fundição, soldagem e tratamentos térmicos para garantir resistência à corrosão. A moldagem e o processamento dos polímeros são realizados a temperaturas significativamente mais baixas (entre os 160°C e os 300°C) por comparação com a fundição de metais, como o aço (entre os 1300°C e os 1500°C) ou o alumínio (entre os 600°C e os 700°C).

Para além do impacto ambiental provocado nas zonas de exploração, não poderá ser ignorado o elevado consumo de energia exigido na extração de materiais metálicos nas suas várias componentes, nomeadamente, a mineração, o transporte, a preparação do minério (britagem/moagem), bem como a redução do minério em altos fornos siderúrgicos.

Em segundo lugar, o reduzido peso da sinalização polimérica traduz-se na facilidade de transporte e movimentação dos materiais durante o processo de produção, distribuição e aplicação, resultando em menores custos energéticos.

Acresce que, os equipamentos utilizados na produção de sinais com materiais tradicionais tendem a ser mais pesados, com conseqüente maior consumo de energia, nomeadamente os equipamentos de metalomecânica (quinadora, máquinas de corte, sistemas de galvanização).

O processo de reutilização/reciclagem de sinalização polimérica, devido ao menor consumo de energia, revela-se mais fácil e económico.

Mais ainda, conforme já referido, os polímeros são altamente resistentes à corrosão, o que torna a sua utilização ideal em locais com elevada humidade ou regiões costeiras, com vantagem relativamente à utilização de materiais metálicos que sofrem degradação acelerada naqueles locais. A utilização de materiais metálicos exige tratamento de galvanização (revestimento com zinco) ou aplicação de pintura de proteção, processos que aumentam os custos energéticos, ambientais e de produção.

Na Tabela 2 apresenta-se as vantagens da utilização dos materiais poliméricos em comparação com os de alumínio e de aço (Tecnival, 2018).

Tabela 2. Vantagens do material polímero (baseado em Tecnival, 2018)

Material	Polímero	Alumínio	Aço
Resistência à corrosão	●	●	●
Impacto ambiental	●	●	●
Relação resistência/peso	●	●	●
Massa aprox. (/m <sup>2</sup> )	4 kg	9 kg	15,5 kg
Comportamento face às variações de temperatura	●	●	●
Comportamento face à humidade	●	●	●
Material frágil	●	●	●
Custo de transporte	●	●	●
Fácil manuseamento	●	●	●
Custos de manutenção e armazenamento	●	●	●
Resistência a ventos de 160 km/h	●	●	●
Baixa condutividade	●	●	●
Baixo valor residual	●	●	●
Facilidade de moldagem de peças	●	●	●

Legenda:  
 Bom ● Regular ● Mau ●

Considerando as vantagens apresentadas, importa referir que o ciclo de vida da sinalização vertical depende, inevitavelmente, da durabilidade da tela refletora, e não apenas do material do suporte e da placa de sinalização serem metálicos ou poliméricos, uma vez que é determinante o cumprimento dos valores mínimos de retrorreflexão constantes nas respetivas Normas.

Ao longo dos anos, diversas empresas internacionais têm investido no desenvolvimento destes produtos inovadores. Em Espanha, a empresa Tecnival apresenta no seu catálogo sinais produzidos com PRFV (Poliéster Reforçado com Fibra de Vidro) de última geração, aditivado com nanopartículas de carbono. Na França, a empresa WP Signalisation também desenvolveu um painel termoplástico, com resina incorporada, dotando-o de características de alto desempenho: ultrarresistentes, leves, personalizáveis, económicos e ecológicos.

### 3.2 Economia Circular na Sinalização Rodoviária

A principal vantagem de aplicar a economia circular à sinalização rodoviária (Figura 4) é a redução do impacto ambiental. Ao reaproveitar materiais, reduzir o desperdício e otimizar o ciclo de vida dos produtos, é possível

diminuir a quantidade de resíduos gerados e a extração de recursos naturais, contribuindo para a conservação ambiental e a redução da pegada de carbono.

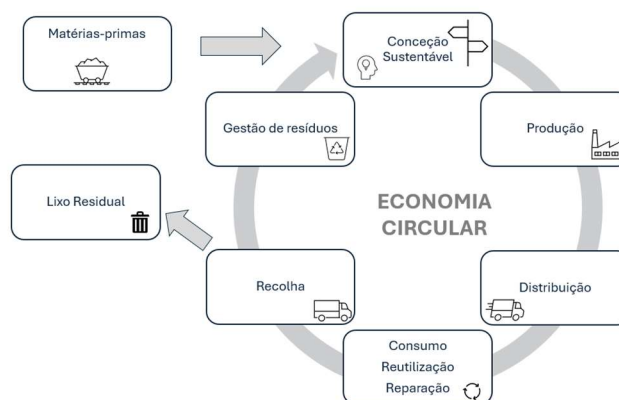


Figura 4. Economia circular (Fonte: PE, 2024)

Uma das formas mais diretas de aplicar a economia circular na sinalização rodoviária é a substituição dos materiais convencionais por alternativas mais sustentáveis, como são os exemplos apresentados no presente artigo.

Embora a implementação destas práticas circulares exija um investimento inicial em investigação e desenvolvimento, a longo prazo estas podem gerar uma economia significativa. O uso de materiais reciclados, a durabilidade e a redução das necessidades de reposição podem resultar numa diminuição substancial dos custos operacionais, tanto para os gestores das infraestruturas como para as empresas contratadas para manutenção da sinalização.

A inovação tecnológica também desempenha um papel fundamental no desenvolvimento da sinalização rodoviária economicamente sustentável. A utilização de polímeros potencia a “sinalização inteligente” ao permitir incorporar sensores e tecnologias de comunicação (nanopartículas, fibras, etc.), projetadas de maneira a facilitar a sua adaptação à nova realidade de economia circular.

#### 4. Conclusão

A integração da economia circular na sinalização rodoviária representa uma abordagem inovadora que alia sustentabilidade e eficiência operacional.

Embora os custos iniciais sejam mais elevados, relacionados com investigação e desenvolvimento de novos produtos, as soluções alternativas apresentadas no artigo oferecem benefícios a médio e longo prazo, nomeadamente os relacionados com manutenção, durabilidade, transporte, instalação e ambientalmente sustentáveis promovendo a circularidade económica.

Muito embora exista em Portugal uma fileira importante de indústria de moldagem de polímeros, a introdução destes materiais sofre sempre resistência inicial, tendo em consideração o investimento necessário para a adaptação das infraestruturas de produção, que será atenuada face ao atual desenvolvimento daquelas indústrias.

Para além disso, uma vez que o quadro normativo e legislativo vigente não estabelece restrições quanto aos materiais a utilizar na produção da sinalização vertical, a transição para novos materiais exige um esforço coordenado entre as entidades responsáveis pelas infraestruturas rodoviárias e os fabricantes, a fim de minimizar a incerteza e garantir que as novas soluções atendam aos requisitos exigíveis.

A implementação da economia circular na sinalização rodoviária vai além de uma inovação tecnológica, oferecendo uma solução inteligente para o futuro das infraestruturas viárias. Essa abordagem favorece um ciclo

de vida mais eficiente dos materiais, melhora a segurança nas estradas e fortalece a sustentabilidade ambiental, ao mesmo tempo contribuiu de maneira significativa para os objetivos do Pacto Ecológico Europeu.

## AGRADECIMENTOS

Um agradecimento à EcoPaint S.A - Grupo Nov Indústria pela partilha da informação sobre o projeto “SinalPlas – Sinalização vertical em material polimérico”, que nos permitiu conhecer ao detalhe os produtos testados com materiais inovadores.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Chukwuemeka, E., (2024). *Conception and design of optimized composite panel for road traffic signage* (Dissertação de Mestrado). Escola de Engenharia da Universidade do Minho.

DL84-B/2022, (2022). *Decreto-Lei n.º 84-B/2022, de 9 de dezembro. Diário da República, 1.ª Série, n.º 236*. Presidência do Conselho de Ministros. Lisboa.

Franco M., Fonseca R., Gomes S., Biscaia S., Brites F., Pascoal-Faria P., Mateus A. (2018). Traffic vertical signposting: materials characterization and structural numerical simulation. *Applied Mechanics and Materials., Trans Tech Publications*, Vol. 890 – Direct Digital Manufacturing and Polymers, 190-198 (<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.890.190>).

Liu, Z. & Kringos N., (2024). Transition from linear to circular economy in pavement engineering: A historical review. *Journal of Cleaner Production* 449 (2024) 141809 <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.141809>.

Mercaldo, F., Martinelli, F. & Santone, A. (2024). Real-Time Road Sign Localisation through Object Detection. *28th International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information Engineering Systems (KES 2024)*. Procedia Computer Science 246 (2024) pp. 30-37. <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>.

NP EN 12899-1 (2017). *Norma Portuguesa para Sinais de trânsito fixos Verticais Part 1: Sinais fixos*. Instituto Português da Qualidade. Caparica.

PAEC (2020). *Plano de Ação para a Economia Circular. A new Circular Economy Action Plan for a cleaner and more competitive Europe*. Comissão europeia, março de 2020. Luxemburgo.

PE (2024). Parlamento europeu – Direção-Geral da Comunicação, Jaume Duch Guillot “*Economia circular: definição, importância e benefícios*”.

RST (2019). *Regulamento de Sinalização de Trânsito - Decreto Regulamentar n.º 22-A/98, de 1 de outubro, alterado pelos Decreto Regulamentar n.º 41/2002, de 20 de agosto e n.º 13/2003, de 26 de junho, pelo Decreto-Lei n.º 39/2010, de 26 de abril, pelo Decreto Regulamentar n.º 2/2011, de 3 de março, pelo Decreto Regulamentar n.º 6/2019, de 22 de outubro e retificado pela Declaração de Retificação n.º 60-A/2019, de 20 de dezembro. Em vigor a partir de dia 20 de abril de 2020*.

SinalPlas (2018). *Sinalização vertical em material polimérico*. Relatório Técnico-Científico, SinalPlas – EcoPaint, S.A., Grupo Lena, Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional, Leiria.

TECNVIAL (2018). Tecnovial (s.d.). *Señales Nanotec Señalización de Última Generación*. <https://tecnivial.com>

UNE 135340 (2019). *Norma Espanhola.. Señalización vertical: Láminas retrorreflectantes microp Prismáticas poliméricas – Características y métodos de ensayo*. Asociación Española de Normalización

WP SIGNALISATION (2018). *WP Signalisation (s.d.). Innovations de la signalisation routiere injection thermoplastique*. <https://www.wpsignalisation.com>