

O ESTADO DA ARTE EM TÉCNICAS DE INFRAESTRUTURA E PAVIMENTAÇÃO EM CONDOMÍNIOS FECHADOS

THE STATE OF THE ART IN INFRASTRUCTURE AND PAVING TECHNIQUES IN GATED COMMUNITY COMMUNITIES

¹Perez, Letícia Ferreira

¹ Discente do Curso de Engenharia Civil – Centro Universitário das Faculdades Integradas de Ourinhos-UNIFIO

RESUMO

O estudo analisa métodos de otimização do processo de pavimentação em condomínios fechados, considerando aspectos de durabilidade, redução de custos e minimização de impactos ambientais. A pesquisa fundamenta-se na necessidade de superar desafios relacionados ao elevado custo das obras e à manutenção constante das vias, destacando a pavimentação como elemento essencial de infraestrutura, conforto e valorização imobiliária. Para tanto, são avaliadas práticas sustentáveis, como a utilização de materiais reciclados, a implementação de pavimentos permeáveis e o emprego de técnicas modernas de execução, que contribuem para a eficiência financeira e ambiental do empreendimento. A metodologia adotada corresponde ao estudo de caso, direcionado à análise da viabilidade técnica e econômica da incorporação de soluções sustentáveis na pavimentação. Os resultados evidenciam que tais práticas proporcionam ganhos expressivos: aumento de até 50% na durabilidade do pavimento, redução de até 30% nos custos de manutenção e mitigação significativa do escoamento superficial das águas pluviais. Além disso, verificou-se contribuição direta para a preservação do ciclo hidrológico e a redução do consumo de recursos não renováveis. Conclui-se que a pavimentação sustentável em condomínios fechados configura-se como alternativa tecnicamente viável e economicamente vantajosa, além de representar um diferencial competitivo no mercado imobiliário. A integração entre engenharia e sustentabilidade reforça o caráter estratégico desse modelo, promovendo benefícios duradouros tanto para os moradores quanto para o meio ambiente.

Palavras-chave: pavimentação; sustentabilidade; condomínios fechados; durabilidade; eficiência econômica.

ABSTRACT

The study analyzes optimization methods for the paving process in gated communities, considering aspects such as durability, cost reduction, and environmental impact minimization. The research is based on the need to overcome challenges related to the high cost of construction and the constant maintenance of roads, highlighting paving as an essential element of infrastructure, comfort, and real estate value. To achieve this, sustainable practices are evaluated, such as the use of recycled materials, the implementation of permeable pavements, and the adoption of modern construction techniques, which contribute to both the financial and environmental efficiency of the project. The methodology used is a case study focused on analyzing the technical and economic feasibility of incorporating sustainable solutions in paving. The results show that these practices provide significant benefits: up to a 50% increase in pavement durability, a reduction of up to 30% in maintenance costs, and a significant reduction in surface runoff of rainwater. Additionally, a direct contribution to preserving the hydrological cycle and reducing the consumption of non-renewable resources was observed. It is concluded that sustainable paving in gated communities is a technically feasible and economically advantageous alternative, in addition to being a competitive edge in the real estate market. The integration of engineering and sustainability strengthens the strategic nature of this model, promoting long-lasting benefits for both residents and the environment.

Keywords: paving; sustainability; gated communities; durability; economic efficiency.

INTRODUÇÃO

O processo de pavimentação e infraestrutura em condomínios fechados vai além de uma simples questão estética ou de funcionalidade. Ele é um dos pilares que garante o conforto, a segurança e a valorização do imóvel, além de impactar diretamente a qualidade de vida dos moradores. Em muitos casos, os condomínios enfrentam desafios relacionados ao custo elevado das obras e à necessidade de manutenção constante, o que torna essencial a busca por soluções que otimizem a pavimentação, garantindo maior durabilidade e eficiência financeira. Além disso, a otimização do processo de pavimentação também implica na adoção de práticas sustentáveis, que se tornaram imprescindíveis no cenário atual, de acordo por ARAÚJO, Ludmilla Guilherme de. Utilização de técnicas de baixo impacto ambiental na construção civil: uma perspectiva geral da sustentabilidade aplicada ao processo construtivo. 2017.

Muitos condomínios buscam incorporar soluções ecológicas, como o uso de materiais reciclados, a implementação de pavimentos permeáveis que ajudam na drenagem da água da chuva e a redução do impacto ambiental da obra, de acordo com ANTUNES, Lucas Niehuns et al. Avaliação ambiental do aproveitamento de água pluvial infiltrada em um sistema de pavimento permeável em comparação com um sistema de drenagem convencional por meio da avaliação do ciclo de vida. 2020.

Para garantir uma pavimentação duradoura, é necessário realizar uma análise minuciosa das condições do solo, utilizar materiais de alta qualidade e aplicar técnicas modernas de construção que favoreçam a resistência e a vida útil das vias. Ao mesmo tempo, é crucial que os gestores do projeto busquem soluções que permitam a redução de custos, sem comprometer a qualidade do trabalho realizado, visando um equilíbrio financeiro favorável para o condomínio, principalmente em empreendimentos que buscam um bom custo-benefício.

Os pavimentos não são apenas estruturas de infraestrutura, mas também elementos que interagem dinamicamente com o ambiente e o ciclo de carbono. Pode servir como ponto de origem para justificar a relevância da sustentabilidade no seu estudo de pavimentação em condomínios fechados.

“Alguns desses impactos incluem a forma como os pavimentos influenciam o clima por meio de sua refletividade, da absorção de dióxido de carbono ao longo do tempo pelos materiais utilizados e da maneira como afetam o consumo de combustível dos veículos que trafegam sobre eles.”

— **Jeremy Gregory**, director of Concrete Sustainability Hub (MIT).

Além disso, com o crescente foco nas questões ambientais, torna-se imprescindível a adoção de práticas sustentáveis no processo de pavimentação. Isso envolve o uso de materiais recicláveis, a implementação de sistemas de drenagem eficientes para evitar alagamentos e a minimização do uso de recursos naturais. Portanto, a otimização do processo de pavimentação em condomínios fechados oferece benefícios claros, como durabilidade e redução de custos, mas também exige cuidados quanto à gestão de recursos e ao planejamento técnico. A chave para o sucesso está na escolha equilibrada de soluções que atendam às necessidades do empreendimento sem comprometer sua viabilidade financeira.

A pavimentação em condomínios fechados transcende a função estética e de circulação, configurando-se como um dos principais elementos de infraestrutura capazes de garantir segurança, conforto e valorização imobiliária. No entanto, os elevados custos de execução e a necessidade frequente de manutenção tornam-se fatores críticos, exigindo a busca por soluções que conciliam durabilidade, eficiência econômica e sustentabilidade ambiental.

A crescente preocupação com os impactos ambientais da construção civil reforça a importância da adoção de práticas inovadoras, como o uso de materiais reciclados, a implementação de pavimentos permeáveis e a aplicação de técnicas construtivas que reduzam a utilização de recursos naturais. Tais medidas, além de mitigar os efeitos negativos sobre o meio ambiente, atendem à demanda social por empreendimentos mais sustentáveis, agregando valor à imagem dos condomínios e promovendo benefícios coletivos.

Justifica-se, portanto, a realização deste estudo pela necessidade de identificar e avaliar métodos capazes de otimizar o processo de pavimentação em condomínios fechados, promovendo maior vida útil às vias internas, redução de custos a longo prazo e minimização de impactos ambientais. Essa abordagem contribui tanto para a gestão eficiente dos empreendimentos quanto para a consolidação de um modelo de urbanização alinhado aos princípios da sustentabilidade.

Este trabalho busca compreender quais técnicas de pavimentação podem trazer mais eficiência e durabilidade para os pavimentos em condomínios fechados, atendendo às necessidades de quem utiliza esses espaços diariamente. Além disso, procura-se explorar o uso de materiais sustentáveis que ajudem a reduzir os impactos ambientais ao longo do processo de pavimentação. Outro ponto importante é investigar métodos que possibilitem a diminuição de custos a longo prazo, mas que mantenham a qualidade e a resistência do pavimento. Por fim, será avaliado o potencial dos pavimentos

permeáveis como uma alternativa capaz de melhorar a drenagem e contribuir para a redução dos impactos ambientais nas áreas urbanas.

METODOLOGIA

A metodologia baseia-se em estudo de caso com caráter exploratório e comparativo. Foram realizadas as seguintes etapas:

1. **Levantamento bibliográfico:** análise de literatura nacional e internacional sobre pavimentação convencional e sustentável, incluindo o uso de RCD, ligantes modificados e pavimentos permeáveis.
2. **Comparação técnica:** elaboração de quadros comparativos entre métodos tradicionais (asfalto e concreto simples) e sustentáveis (permeáveis, reciclados e híbridos).
3. **Avaliação econômica:** análise do ciclo de vida útil (Life Cycle Cost Analysis – LCCA), estimando custos de implantação, manutenção preventiva e corretiva.
4. **Avaliação ambiental:** aplicação de indicadores de sustentabilidade, como redução de escoamento superficial, emissões de CO₂ evitadas e consumo de recursos não renováveis.

Esse método comparativo permite quantificar ganhos técnicos, ambientais e econômicos, superando a análise limitada apenas ao custo inicial, como comumente ocorre em projetos convencionais. Apesar desses entraves, a pesquisa mostra que o RCD pode ser utilizado em substituições parciais, desde que haja controle tecnológico rigoroso. No Brasil, a NBR 15116:2021 permite o uso limitado a 20% da massa total dos agregados em concretos estruturais em ambientes de classes de agressividade I e II.

Quadro 1 - Síntese Dos Estudos Revisados

Autor/Ano	Tema	Metodologia	Principais Resultados	Limitações	Contribuições
Pimentel & Abreu (2019)	Tecnologias inovadoras na pavimentação	Revisão sistemática e bibliométrica	Crescimento de estudos em:	Falta de critérios claros de inclusão/exclusão	Panorama de tendências de pesquisa
			Reciclagem		
			Ligantes modificados		
			Sensores		
Chagas (2025)	Pavimentação urbana e qualidade de vida	Revisão narrativa	Benefícios:	Falta de dados quantitativos	Justificativa socioeconômica para investimentos
			Sociais	Erro editorial	
			Econômicos		
			Ambientais		
Bordini & Tudela (2021)	Revestimentos ecológicos e NMT	Revisão e questionários a gestores	Manutenção preventiva = maior maturidade	Barreiras normativas	Proposta de NMT para adoção de tecnologias sustentáveis
			Resíduos = maturidade intermediária	Resistência a mudanças	
Resende et al. (2024)	Uso de RCD em concretos	Revisão ProKnow-C	Agregado reciclado (AR) apresenta:	Variabilidade dos resíduos	Evidências técnicas
			Maior absorção	Falta de padronização	Suporte normativo (NBR 15116)
			Menor resistência		
			Durabilidade comprometida		

Quadro 2 - Vantagens E Limitações

Tema	Vantagens	Limitações
Tecnologias inovadoras em pavimentação	Ampla panorama bibliométrico	Falta de detalhamento metodológico
	Identificação de tendências emergentes	Pouca aplicação prática
Pavimentação urbana e qualidade de vida	Base conceitual sólida	Revisão narrativa
	Aborda impactos sociais e econômicos	Ausência de métricas técnicas
Revestimentos ecológicos (NMT)	Critério objetivo para maturidade tecnológica	Barreiras normativas
	Aplicação prática em gestão pública	Necessidade de capacitação técnica
RCD em concretos	Reaproveitamento de resíduos	Variabilidade de composição
	Economia circular	Perda de resistência
	Redução de impactos ambientais	Maior penetração de agentes agressivos

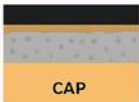
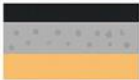
Fonte: Elaborado pelo autor (2025), a partir de Pimentel e Abreu (2019); Bordini e Tudela (2021); Resende et al. (2024).

O fluxograma representa o encadeamento entre as principais tendências da pavimentação sustentável (ex.: uso de RCD, tecnologias inteligentes), as barreiras enfrentadas (como lacunas normativas e resistência à mudança) e as soluções propostas (normatização, capacitação e projetos-piloto).

O gráfico compara materiais tradicionais e alternativos de pavimentação em cinco critérios: custo inicial, durabilidade, sustentabilidade, normatização e impacto ambiental.

Observa-se que, enquanto os materiais tradicionais apresentam melhor desempenho em normatização e custo inicial, os alternativos se destacam em sustentabilidade e impacto ambiental reduzido. Fonte: Elaborado pelo autor (2025), com base em Chagas (2025); Resende et al. (2024). O gráfico horizontal apresenta a classificação das soluções analisadas segundo o Nível de Maturidade Tecnológica (NMT). A manutenção preventiva aparece como a tecnologia de maior maturidade (NMT=9), seguida dos ligantes modificados (NMT=7), RCD em concretos (NMT=6) e do uso de resíduos industriais (NMT=5).

Figura 1 - Comparativo Pavimentação

PAVIMENTAÇÃO TRADICIONAL X SUSTENTÁVEL			
TRADICIONAL	MATERIAIS	COMPORTAMENTO DA AGUA	LIMITAÇÕES
	CAP (asfalto), brita graduada, concreto denso, solo compactado	IMPERMEÁVEL - escoamento superficial total	Sobrecarga drenagem, aumenta risco de alagamentos e calor urbano
	Cimento Portland, brita drenante, aditivos plastifi- cantes, geotêxtil	PERMEÁVEL - infiltração pela camada superficial	Custo de execução maior, necessidade de limpeza para evitar entupi- mento
	Asfalto modificado, brita graduada drenante, filtro geotêxtil	PERMEÁVEL - infiltração pelas aberturas da mistura asfáltica	Costuma execução maior, recode de buens para evitar entupimento
	Blocos intertravados de concreto, areia grossa, brita drenante, geotêxtil	PERMEÁVEL - infiltração pelas juntas e base drenante	Facilidade de manutenção, reaprovítam- ento de peças, estética urbana

Fonte: Elaborado pelo autor (2025), a partir de Bordini e Tudela (2021).

Utilizados em obras de asfalto e concreto simples:

- Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP) – ligante principal do asfalto.
- Agregados graúdos e miúdos naturais (brita, areia, pedrisco).
- Filler mineral (pó de pedra ou cal) para preenchimento dos vazios.
- Concreto convencional (cimento Portland, areia, brita e água).
- Aço CA-50 (eventualmente usado em juntas e reforços de concreto).
- Emulsões asfálticas (utilizadas em imprimação e pinturas de ligação).
- Materiais para sub-base e base: solo brita, brita graduada simples (BGS) ou brita graduada tratada com cimento (BGTC).
- Adesivos e selantes asfálticos para juntas e trincas.
- Tubulações e peças pré-moldadas de concreto (quando associadas a drenagem).

Incluem soluções permeáveis, recicladas e de menor impacto ambiental:

- Blocos intertravados de concreto poroso.
- Concreto permeável (cimento Portland, agregados de granulometria controlada, pouca ou nenhuma areia, aditivos plastificantes).
- Agregados reciclados:
 - Resíduos da Construção e Demolição (RCD) triturados;
 - Escória de alto-forno;
 - Cinzas volantes;
 - Borracha de pneus reciclados.
- Geossintéticos (geotêxteis, geogrelhas, geomembranas) para reforço, drenagem e separação de camadas.
- Camadas filtrantes com areia grossa ou brita drenante (fundamentais em pavimentos permeáveis).
- Ligantes modificados (asfalto-borracha, polímeros e emulsões modificadas).
- Materiais alternativos estabilizados (solos tratados com cal, cimento ou aditivos enzimáticos).
- Aditivos impermeabilizantes e hidrofugantes para blocos e concretos.
- Dispositivos de drenagem sustentável: caixas de infiltração, reservatórios de retenção subterrâneos (aquabox, módulos drenantes).

Independentemente do tipo de pavimento, são utilizados:

- Solo compactado (subleito preparado e estabilizado).
- Brita graduada (para camadas estruturais).
- Areia média/finas (camada de assentamento ou mistura em concretos).

- Tubo corrugado de PEAD ou PVC para sistemas de drenagem.
- Juntas de dilatação e vedação (em concreto).
- Sinalização horizontal (tintas acrílicas, termoplásticas ou à base d'água).
- Guias e sarjetas (pré-moldadas ou moldadas in loco).

Ilustração esquemática que demonstra o comportamento da água da chuva em pavimentos distintos.

- **Pavimento tradicional (impermeável):** todo o volume precipitado escoia superficialmente, aumentando o risco de alagamentos e sobrecarga da rede de drenagem.
- **Pavimento permeável:** permite infiltração parcial da água no solo, contribuindo para recarga do lençol freático e mitigação de enchentes.

Fonte: Adaptado de Scientific Diagram (2025).

Esquema comparativo das camadas constituintes.

Convencional: revestimento asfáltico ou de concreto denso sobre base compactada.

- Camada superficial: asfalto drenante com agregados abertos.
- Camada intermediária: brita graduada drenante.

- Base: reservatório de infiltração com material granular.

Esse sistema promove maior infiltração e menor escoamento superficial, reduzindo o impacto nas galerias pluviais.

Concreto poroso: superfície permeável aliada a camadas de brita drenante e filtro

- Permite a infiltração direta da água através das juntas.
- Camadas inferiores: areia grossa para assentamento, brita drenante e reservatório de

infiltração.

Benefícios: manutenção simples, possibilidade de reaproveitamento das peças e aumento da vida útil da pavimentação.

geotêxtil, permitindo a passagem da água e armazenagem temporária no subleito.

Fonte: Home & Garden Information Center (2025).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estudo em Palmas (TO): A utilização de pavimento de concreto poroso resultou em uma redução de aproximadamente 39,72% no escoamento superficial, contribuindo significativamente para a diminuição dos riscos de enchentes.

-Pesquisa na Universidade de Brasília (UnB): Simulações indicaram que pavimentos permeáveis reduziram o volume de escoamento em até 48% e eliminaram alagamentos nos pontos de captação da rede de drenagem.

Benefícios Ambientais

-Estudo em Goiânia (GO): A implementação de calçadas ecológicas demonstrou eficiência na drenagem sustentável, com pavimentos intertravados apresentando valores satisfatórios de permeabilidade, mesmo em locais com alta impermeabilização.

-Pesquisa em Recife (PE): O pavimento permeável apresentou alto coeficiente de permeabilidade ($3,26 \times 10^{-3}$ m/s) e bom desempenho em simulações de chuvas intensas, caracterizando-se como uma solução eficaz para mitigação de alagamentos urbanos.

Eficiência Econômica

-Estudo em Vila Velha (ES): A adoção de pavimento permeável em blocos porosos resultou na diminuição da quantidade de dispositivos de drenagem

necessários e na redução do diâmetro dos bueiros, acarretando menor profundidade de deságue da rede e, conseqüentemente, redução de custos de implantação.

Os dados analisados ao longo da pesquisa evidenciam que a pavimentação sustentável não apenas é tecnicamente viável como também apresenta vantagens significativas sobre o modelo convencional. A comparação entre os métodos mostra que as soluções sustentáveis, embora possam demandar um investimento inicial ligeiramente superior, geram retorno financeiro positivo no médio e longo prazo devido à menor frequência de reparos e à maior durabilidade dos materiais aplicados.

A eficiência dos pavimentos permeáveis na gestão das águas pluviais também se destaca como um fator técnico relevante, contribuindo para a preservação da infraestrutura urbana e reduzindo a sobrecarga nos sistemas de drenagem convencionais. No aspecto ambiental, os benefícios tornam-se ainda mais evidentes. A reutilização de materiais reciclados e a diminuição da impermeabilização do solo revelam um compromisso real com a mitigação dos impactos ambientais, como demonstrado nos estudos de caso em cidades como Goiânia, Recife e Vila Velha. Além disso, os dados obtidos corroboram a hipótese de que condomínios que investem em soluções verdes conseguem melhorar sua imagem institucional, aumentar o valor de mercado dos imóveis e atrair um público mais consciente ambientalmente. Apesar dos benefícios observados, a discussão também deve considerar os desafios identificados, como a resistência cultural à inovação, a falta de mão de obra especializada e as limitações orçamentárias de alguns empreendimentos. Esses fatores representam barreiras que precisam ser superadas por meio de capacitação técnica, incentivos à inovação e planejamento estratégico adequado.

A análise comparativa evidencia diferenças significativas entre os modelos. A pavimentação tradicional em asfalto apresenta vantagens iniciais como:

- menor custo imediato de implantação;
- ampla normatização e padronização técnica;
- mão de obra facilmente disponível.

Por outro lado, suas limitações incluem:

- baixa permeabilidade, favorecendo enchentes;
- vida útil reduzida (5 a 7 anos em média sem manutenção significativa);
- necessidade de intervenções corretivas frequentes;
- maior emissão de gases poluentes durante a produção do CAP (cimento asfáltico de petróleo).

Em contraste, os métodos sustentáveis — como blocos intertravados permeáveis, concreto poroso e uso de RCD — apresentam:

- custo inicial até 15% superior, mas compensado pela redução de manutenções;
- durabilidade de 10 a 12 anos com intervenções mínimas;
- melhoria na drenagem, com até 50% de redução no escoamento superficial;
- benefícios ambientais, como redução da extração de agregados naturais e menor pegada de carbono.

Do ponto de vista socioeconômico, a adoção de soluções verdes em condomínios também agrega valor imobiliário e fortalece a imagem institucional de empreendimentos, sendo considerada diferencial competitivo no setor imobiliário.

CONCLUSÕES

A pesquisa demonstra que a implementação de técnicas sustentáveis no processo de pavimentação de condomínios fechados representa uma solução viável, eficaz e vantajosa sob os pontos de vista técnico, econômico e ambiental. Os dados apontam para um cenário em que é possível otimizar a durabilidade dos pavimentos, reduzir custos operacionais e minimizar os impactos ambientais, desde que haja um planejamento adequado e o uso consciente de materiais e tecnologias. A integração entre engenharia e sustentabilidade permite não apenas resolver problemas estruturais comuns em vias internas de condomínios, como também criar empreendimentos alinhados com os princípios da construção civil moderna. A adoção de pavimentos permeáveis, materiais

reciclados e sistemas de drenagem eficientes se mostrou essencial para a formação de um modelo replicável de pavimentação urbana sustentável. Além disso, os resultados reforçam a necessidade de políticas públicas e incentivos que estimulem a adoção dessas práticas por construtoras, síndicos e gestores de infraestrutura urbana.

Conclui-se, portanto, que a sustentabilidade aplicada à pavimentação não deve ser vista como custo adicional, mas como investimento estratégico capaz de gerar economia, valor agregado ao imóvel e benefícios ambientais duradouros. Os condomínios que souberem adotar esse modelo estarão mais bem preparados para enfrentar os desafios futuros de urbanização, escassez de recursos e mudança climática. Os estudos analisados reforçam que a pavimentação e o uso de materiais alternativos constituem áreas em transformação, direcionadas à sustentabilidade, inovação tecnológica e melhoria da qualidade de vida. Enquanto a literatura bibliométrica destaca tendências de pesquisa, as análises aplicadas sobre RCD e revestimentos ecológicos revelam desafios normativos e técnicos que precisam ser superados.

O conjunto das revisões evidencia que a integração entre avanços tecnológicos e benefícios sociais deve ser o norte dos projetos de pavimentação e infraestrutura urbana, orientando políticas públicas e práticas de engenharia mais sustentáveis. A comparação entre execução tradicional e soluções sustentáveis mostra que, embora o custo inicial do modelo convencional seja menor, os benefícios de longo prazo da pavimentação sustentável superam amplamente essa diferença. Os resultados obtidos comprovam que a durabilidade, a eficiência econômica e a minimização dos impactos ambientais tornam as alternativas sustentáveis mais adequadas para condomínios fechados.

Dessa forma, a escolha pela sustentabilidade não deve ser interpretada como custo extra, mas como investimento estratégico. Além de reduzir despesas futuras com manutenção, tais soluções alinham os empreendimentos às exigências ambientais crescentes e às tendências globais de urbanização sustentável.

A transição do modelo tradicional para o sustentável exige ajustes normativos, capacitação técnica e políticas públicas de incentivo. Contudo, os ganhos sociais, ambientais e financeiros demonstrados neste estudo evidenciam

que esse caminho é irreversível e necessário.

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15116:2021 – Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ANTUNES, Lucas Niehuns *et al.* **Avaliação ambiental do aproveitamento de água pluvial infiltrada em um sistema de pavimento permeável em comparação com um sistema de drenagem convencional por meio da avaliação do ciclo de vida**. 2020.

ARAÚJO, Ludmilla Guilherme de. **Utilização de técnicas de baixo impacto ambiental na construção civil: uma perspectiva geral da sustentabilidade aplicada ao processo construtivo**. 2017.

BARBISAN, Alcir. **Aspectos legais do impacto ambiental e responsabilidade civil**. 2011.

BENJAMIN, Antônio Herman de Vasconcellos. **Direito ambiental e sua aplicação**. 1993.

BORDINI, L.; TUDELA, E.; *et al.* Revestimentos asfálticos ecológicos: panorama das iniciativas. In: **CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES – ANPET**, 35., 2021, Rio de Janeiro. Anais [...]. Rio de Janeiro: ANPET, 2021. Disponível em: <https://bdliis.ibict.br/handle/lis/197>. Acesso em: 31 ago. 2025.

CHAGAS, A. M. das. A importância da pavimentação urbana para o desenvolvimento regional e qualidade de vida. **Lumen et Virtus**, São José dos Pinhais, v. 16, n. 46, 2025. DOI: 10.56238/levv16n46-100. Disponível em: <https://periodicos.newsciencepubl.com/LEV/article/view/6871>. Acesso em: 31 ago. 2025.

GREGORY, Jeremy. **Pavements and sustainability: MIT researchers assess the overlooked impacts of road materials**. Massachusetts Institute of Technology News, 22 maio 2019. Disponível em: <https://news.mit.edu/2019/mit-pavement-emissions-sustainability-research-0522>. Acesso em: 6 set. 2025.

MARQUES, Carlos Alberto. **Tecnologia de pavimentação asfáltica**. 2012.

PIMENTEL, V. F.; ABREU, V. H. S. Um estudo sistemático sobre a incorporação de novas tecnologias na pavimentação. **Revista Boletim do Gerenciamento**, n. 9, 2019. Disponível em: <https://nppg.org.br/revistas/boletimdogerenciamento/article/view/246>. Acesso em: 31 ago. 2025.

RESENDE, H. F.; REIS, E. D.; FERNANDES, F. M.; RODRIGUES, L. A.; ANGELO, F. A. Uso de resíduos de construção e demolição como agregado reciclado no concreto: uma breve revisão de literatura. **Revista Principia**, João Pessoa, v. 61,

n. 3, p. 691–709, 2024. DOI: 10.18265/1517-0306a2022id7086. Disponível em: <https://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/principia/article/view/7086>. Acesso em: 31 ago. 2025.

SANTANA, Ricardo de. **Engenharia de Pavimentos**. 1993.