



19 a 22 de Setembro de 2023  
Foz do Iguaçu - PR  
[www.rapvenacor.com.br](http://www.rapvenacor.com.br)



## 25º Encontro Nacional de Conservação Rodoviária (ENACOR) 48ª Reunião Anual de Pavimentação (RAPv)

### IMPACTOS AMBIENTAIS DA UTILIZAÇÃO DE AGREGADOS RECICLADOS DE RESÍDUO DE CONSTRUÇÃO CIVIL EM CAMADAS DE PAVIMENTO

DOI: (a ser preenchido após o envio do código DOI da publicação)

*Vivian Bardini<sup>1</sup>; Victória Ribeiro<sup>2</sup>; Fabiana Alves Fiore<sup>2</sup>; Vitor Eduardo Molina Júnior<sup>1</sup>*

#### RESUMO

O acelerado desenvolvimento urbano exige uma grande participação do setor da construção civil trazendo benefícios sociais e econômicos, porém traz consigo significativos impactos ambientais desde a extração dos materiais naturais como matéria prima até a geração de resíduos sólidos e sua disposição incorreta no meio ambiente. Diante da atual preocupação com o esgotamento das jazidas minerais, com os impactos ambientais gerados e com a implantação de um desenvolvimento sustentável, a reciclagem desses resíduos a partir do beneficiamento na forma de agregados reciclados aliada a sua utilização em pavimentação, tem se mostrado uma boa alternativa uma vez que já existem normas e pesquisas que garantem a sua utilização. Esses impactos ambientais podem ser quantificados e analisados pela técnica de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), que possibilita contemplar o aspecto ambiental como critério na tomada de decisões, como na escolha do melhor material, da melhor técnica a ser aplicada, e mediante à uma visão crítica e comparativa, busca-se uma compreensão de toda a cadeia produtiva. O objetivo do presente trabalho é quantificar e comparar impactos potenciais do uso de solo com agregados reciclados de construção civil, e o uso de solo com brita natural como componentes de camadas de pavimentos, utilizando a ACV como ferramenta de análise da fase de construção de camadas de base, sub-base. Dois cenários foram estudados, o primeiro considerou uma mistura de solo com característica de areia silvosa e brita natural e o segundo considerou uma mistura do mesmo solo, mas com uma fração de 85% de agregados reciclados Resíduo de Construção Civil (RCC). Para a realização das ACV foi utilizado o software PavementLCA e o método TRACI.

**PALAVRAS-CHAVE:** avaliação do ciclo de vida; agregado reciclado de construção; pavimento; impacto ambiental

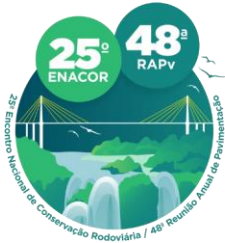
#### ABSTRACT

The accelerated urban development requires a large participation of the civil construction sector bringing social and economic benefits, but it brings with it significant environmental impacts from the extraction of natural materials as raw material to the generation of solid waste and its incorrect disposal in the environment. In view of the current concern with the depletion of mineral deposits, with the environmental impacts generated and with the implementation of sustainable development, the recycling of these residues through the processing in the form of recycled aggregates combined with their use in paving, has been shown to be a good alternative since standards and research already exist that guarantee its use. These environmental impacts can be quantified and analyzed by the Life Cycle Assessment (LCA) technique, which makes it possible to contemplate the environmental aspect as a criterion in decision-making, as in the choice of the best material, the best technique to be applied, and by means of a critical and comparative view, an understanding of the entire production chain is sought. The objective of the present work is to quantify and compare potential impacts of land use with recycled aggregates of civil construction, and the use of soil with natural gravel as components of pavement layers, using LCA as a tool for analyzing the layer construction phase. base, sub-base. Two scenarios were studied, the first considered a mixture of soil with a characteristic of silty sand and natural gravel and the second considered a mixture of the same soil, but with a fraction of 85% recycled aggregates Construction Waste (RCC). PavementLCA software and the TRACI method were used to perform the LCAs.

**KEY WORDS:** life cycle assessment; construction recycled aggregate; pavement; environmental impact.

<sup>1</sup> Faculdade de Tecnologia/FT Unicamp, e-mail: [bardini@unicamp.br](mailto:bardini@unicamp.br); [yemolina@unicamp.br](mailto:yemolina@unicamp.br)

<sup>2</sup> Instituto de Ciência e Tecnologia/ICT/UNESP, e-mail: [victoria.rr25@gmail.com](mailto:victoria.rr25@gmail.com); [fabiana.fiore@unesp.br](mailto:fabiana.fiore@unesp.br)



19 a 22 de Setembro de 2023  
Foz do Iguaçu - PR

[www.rapvenacor.com.br](http://www.rapvenacor.com.br)



## 1. INTRODUÇÃO

Os macros setor da construção civil tem crescido consideravelmente nos últimos anos, demonstrando sua importância no âmbito social e econômico do país. Porém, este setor quando comparado com outros setores produtivos, é o principal consumidor de recursos naturais, contribuindo significativamente na geração de impactos ambientais decorrentes da extração dos materiais naturais, remoção da cobertura vegetal, poluição atmosférica, consumo de energia e geração de resíduos sólidos, os Resíduos de Construção Civil (RCC) (AGOPYAN & JOHN, 2011).

À medida que esses materiais são extraídos, utilizados, gerenciados e dispostos incorretamente, continuam causando impactos negativos ao meio ambiente, como degradação e poluição do solo, de mananciais, degradação de paisagens urbanas etc (KLEIN & DIAS, 2017). Diante do elevado potencial de poluição que o resíduo de construção civil tem apresentado, o relatório final *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) recomenda que políticas de gerenciamento dos resíduos sejam adotadas visando a redução da sua geração e dos seus impactos, estimulando sua reciclagem a partir do desenvolvimento de novas tecnologias (IPCC,2007).

Dessa forma, esforços governamentais e econômicos têm sido realizados e direcionados para uma redução desses impactos ambientais, a exemplo da publicação da Resolução CONAMA 307/2002 que estabelece as diretrizes de gerenciamento e classificação desses resíduos, bem como as normas estabelecidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) em 2004, com as NBR 15113, NBR 15114, NBR 15115 e NBR 15116, que estabelecem critérios para execução, gestão e reutilização do RCC (NOVAIS & CRISPIM, 2017).

Sendo assim, a reciclagem dos resíduos sólidos de construção civil é uma alternativa sustentável para minimizar os impactos gerados pela deposição incorreta no meio ambiente, permitindo, além da utilização de um produto que seria descartado, a preservação de jazidas minerais, com a diminuição do uso de recursos naturais, materiais nobres. Segundo Leite (2007), para que o RCC seja utilizado como material de construção, deve sofrer um processo de reciclagem, originando o agregado reciclado de resíduo sólido da construção civil e deve ser da classe A.

Sobre a perspectiva da viabilidade técnica, inúmeros projetos de pesquisa têm comprovado que os agregados reciclados apresentam características técnicas para a aplicação em obras de edificação, de infraestrutura, de pré-moldados de concreto, calçadas, e camadas de pavimento. Leite et al (2011) identificaram a partir do processo de compactação, uma mudança física dos grãos, aumentando a densificação do agregado e conseqüentemente uma melhoria na capacidade de carga, módulo resiliente e resistência à deformação permanente, mostrando que o agregado de resíduos de construção e demolição reciclados (RCDW) pode ser utilizado como camada grossa de base e sub-base para estradas de baixo volume.

Nas últimas décadas, há um reconhecimento da necessidade de considerar o fator ambiental para a tomada de decisões quanto a escolha de materiais para a construção e de pavimentos. Para isso, os impactos ambientais decorrentes dessas atividades devem ser identificados e estudados para que técnicas de prevenção e mitigação sejam viáveis. Para este estudo pode ser realizado empregando-se a técnica da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), uma metodologia padronizada (ISO 14040-14044), que permite avaliar os fluxos de material e energia, bem como compreender e enfrentar os impactos ambientais de produtos e processos ao longo do seu ciclo de vida (SAVIETTO,2017).

A ACV em alguns países tem sido utilizada como instrumento de análise desde a construção até a manutenção de pavimentos, pois possui um potencial de avaliação quantitativa e qualitativa das



19 a 22 de Setembro de 2023  
Foz do Iguaçu - PR

[www.rapvenacor.com.br](http://www.rapvenacor.com.br)



vantagens ambientais de algum processo da atividade. Porém no Brasil, a utilização da ACV na área de pavimentação ainda é incipiente (SERRES, BRAYMAND & FEUGEAS, 2016).

Este trabalho se insere num contexto de análise e comparação dos impactos ambientais gerados no reaproveitamento do agregado reciclado de RCC da cidade de São José dos Campos - SP, como componente de camadas de pavimentos de baixo volume de tráfego, a partir da utilização da técnica de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV).

O objetivo é utilizar a ACV para quantificar e comparar impactos potenciais do uso de solo com agregados reciclados de construção civil, e o uso de solo com brita natural como componentes de camadas de pavimentos, a fim de auxiliar nas decisões quanto a utilização do agregado em termos de impactos ambientais, é uma alternativa mais sustentável quando comparada à brita natural.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Quando se trata da aplicação de ACV na infraestrutura de pavimentos há uma divisão entre aqueles que utilizam de projetos reais de pavimentação e aqueles que são baseados em dados de um projeto hipotético, o primeiro apresenta um estudo de caso com resultados específicos, já o segundo por avaliar casos genéricos trazem resultados e conclusões mais amplas e subjetivas, exigindo uma análise mais interpretativa por parte do técnico. (SAVIETTO, 2017).

O presente trabalho propõe o estudo de ACVs de um trecho hipotético de pavimento asfáltico, com foco na construção das camadas, Base e Sub-base. Para que haja uma avaliação comparativa do impacto ambiental de composições estruturais diferentes para as camadas, é necessário que ambos os tipos de materiais atendam a requisitos funcionais semelhantes, logo, possuem aproximadamente o mesmo desempenho de resistência e durabilidade (MARINKOVIĆ et al, 2010).

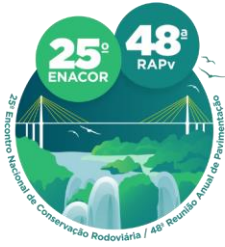
A partir dessa premissa, as condições de desempenho para os materiais estudados foram adotadas com base nos estudos de Dionísio (2019), que a partir do ensaio de determinação do Índice de Suporte Califórnia (CBR), concluiu que misturas com até 85% de RCC utilizadas para construção de uma dimensão total de pavimento de 30 cm de espessura e 14,2 metros de largura podem ser utilizadas como material de base, sub base e reforço do subleito de camadas de pavimentos vicinais por apresentar CBR mínimo de 60%, conforme a NBR 15116:2004.

De acordo com a definição da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), a ACV é a compilação e ponderação das entradas, saídas e dos eventuais impactos ambientais de um sistema de produção ao longo do seu ciclo de vida. Os estudos de ACV é composto por quatro fases: a definição do objetivo, o escopo, análise de inventário do ciclo de vida (ICV), avaliação de impactos do ciclo de vida (AICV) e interpretação dos resultados.

O método de ACV selecionado para o estudo em questão a partir dos dados do software PavementLCA, foi o TRACI e as categorias de impactos selecionados foram a acidificação e o aquecimento global.

### 2.1 Dados Coletados no software PavementLCA

O software do PavementLCA utiliza dados do Instituto Athena e do SimaPro, porém tais dados não estão expostos ao usuário, dessa forma, a ACV foi realizada com auxílio do manual do PavementLCA e dos vídeos educativos disponíveis em seu site (ATHENA INSTITUTE, 2013).



19 a 22 de Setembro de 2023

Foz do Iguaçu - PR

[www.rapvenacor.com.br](http://www.rapvenacor.com.br)



Devido a dificuldade de se obter dados reais através do monitoramento de um trecho experimental, para esta pesquisa, algumas proposições foram adotadas e observadas, no que se pese as fases do ciclo de vida, foi considerado como responsáveis pelos principais impactos ambientais na pavimentação a preparação do local de obra, a produção de materiais e sua aplicação in situ, envolvendo a construção das camadas de base e sub-base. A hipótese de se avaliar segundo um mesmo método, mas por bancos de dados diferentes, pode mostrar resultados finais distintos, bem como tendências e o quanto um banco de dados pode ser mais apropriado em situações particulares do que outros.

Embora o banco de dados do software PavementLCA ofereça dados mais indicados para as realidades estadunidense e canadenses em virtude da origem e das funções características do seu modelo, para o presente estudo, adaptou-se os dados de entrada para realidade brasileira, buscando a compatibilidade entre os materiais disponíveis pelo software e o material de interesse do estudo.

Inicialmente algumas informações sobre o projeto de pavimento são solicitadas, incluindo a localização, os materiais de composição das camadas do pavimento, os materiais utilizados na construção das mesmas e os dados de tráfego durante o uso do pavimento. Entretanto não é possível ter acesso ao acervo técnico com as descrições e especificações referentes às dosagens das misturas e dos materiais disponíveis na plataforma, só é permitido selecionar materiais pré-estabelecidos e codificados, logo, não há a possibilidade de editar ou adicionar um novo material desejado pelo usuário.

Na Tabela 1, estão apresentados os materiais para a realização da ACV pelo PavementLCA. Para a mistura convencional foram considerados os seguintes materiais: Clear Stone 19 Type I, Clear Stone Type II, e o ON HMA SuperPave 12.5. Já para a mistura com agregado reciclado, os materiais considerados foram: RCM Aggregate e o ON HMA SuperPave 12.5.

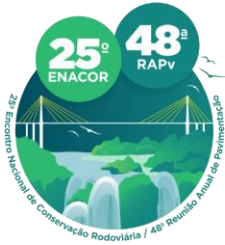
Tabela 1. Materiais para a realização da ACV pelo *PavementLCA* (BARDINI et al., 2023)

Material	Material Pavement LCA	Espessura (mm)
Agregado - $5 < \phi < 20$ mm, sem finos	Clear Stone 19 Type I	100
Agregado - $5 < \phi < 20$ mm	Clear Stone 19 Type I	100
CBUQ - TNM = 12,5	ON HMA Superpave 12.5	50
Agregado de RCC	RCM Aggregate	100

Diante do objetivo proposto para avaliação do ciclo de vida, foi possível identificar e quantificar os impactos potenciais produzidos pelas fases de preparação do local de obra, fabricação da matéria prima e construção das camadas do pavimento, juntamente com os impactos potenciais associados à essas atividades.

A fim de avaliar os resultados de forma concisa, foram tomados os resultados considerando dois impactos potenciais produzidos pelos dois cenários e posteriormente, foi analisado o ganho ambiental, caso haja, do uso do agregado reciclado através do percentual obtido da relação entre a diferença do impacto potencial da mistura convencional com britada e a mistura com o agregado reciclado ( $IPOT_{BRITA} - IPOT_{AGREGADO}$ ) e o impacto potencial da mistura convencional ( $IPOT_{AGREGADO}$ ).

## 2.2 Potencial de Aquecimento Global e Potencial de Acidificação



19 a 22 de Setembro de 2023  
Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



O aquecimento global é um fenômeno climático natural de larga extensão, ou seja, a, onde parte das radiações do Sol atinge a superfície do planeta e é absorvida, e a outra parte é refletida como radiação infravermelha. Entretanto o este processo pode ser intensificado - a radiação que incidiu naturalmente na atmosfera terrestre fique aprisionada e é absorvida por gases presentes na atmosfera (gás carbônico (CO<sub>2</sub>), o monóxido de carbono (CO) e o metano (CH<sub>4</sub>)), os quais passam a emitir de volta para a superfície terrestre radiação infravermelha (calor), aumentando a temperatura do planeta.

Já o potencial de acidificação é um fenômeno atmosférico que consiste na precipitação com elevada acidez, ou seja, a atmosfera possui poluentes do ar, tais como dióxido de enxofre e óxido de nitrogênio, que podem ser transformados em ácido que reduzem o pH da água da chuva. Essa alta concentração de ácidos provocam danos aos ecossistemas naturais, à saúde humana, aos monumentos, etc.

#### 4. RESULTADOS

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos no software PavementLCA, referentes ao aquecimento global e a acidificação para cada uma das atividades em cada um dos cenários propostos.

Tabela 2. Resultados obtidos no software PavementLCA para potencial de aquecimento global e acidificação (BARDINI et al., 2023)

		Potencial de Aquecimento Global			Potencial de Acidificação		
		kg CO <sub>2</sub> eq			kg SO <sub>2</sub> eq		
		BRITA NATURAL	RCC	DIFERENÇA ENTRE CENÁRIOS	BRITA NATURAL	RCC	DIFERENÇA ENTRE CENÁRIOS
Preparação do Local	<b>Equipamento</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	<b>Transporte</b>	599,01	599,01	0,00	5,76	5,76	0,00
	<b>Total</b>	599,01	599,01	0%	5,76	5,76	0%
Produção	<b>Material</b>	66.984,75	65.631,25	2%	256,7	257,53	-0,82
	<b>Transporte</b>	22,55	2.708,72	-11910%	0,27	31,13	-30,86
	<b>Total</b>	67.007,31	68.339,97	-2%	256,97	288,66	-12%
Implementação	<b>Equipamento</b>	643.340,87	642.642,80	0,1%	3.252,49	3.245,77	6,72
	<b>Transporte</b>	28.092,63	25.681,59	9%	270,35	247,15	23,20
	<b>Total</b>	671.433,51	668.324,39	0,5%	3.522,84	3.492,92	1%





19 a 22 de Setembro de 2023  
Foz do Iguaçu - PR  
[www.rapvenacor.com.br](http://www.rapvenacor.com.br)



Da mesma forma, a Figura 1 (a) e (b) apresenta os resultados em termos absolutos dos impactos potenciais, o qual sintetiza um perfil de comportamento que se repete para cada um dos impactos, representando uma certa proporcionalidade entre os valores de cada atividade para cada um dos cenários.

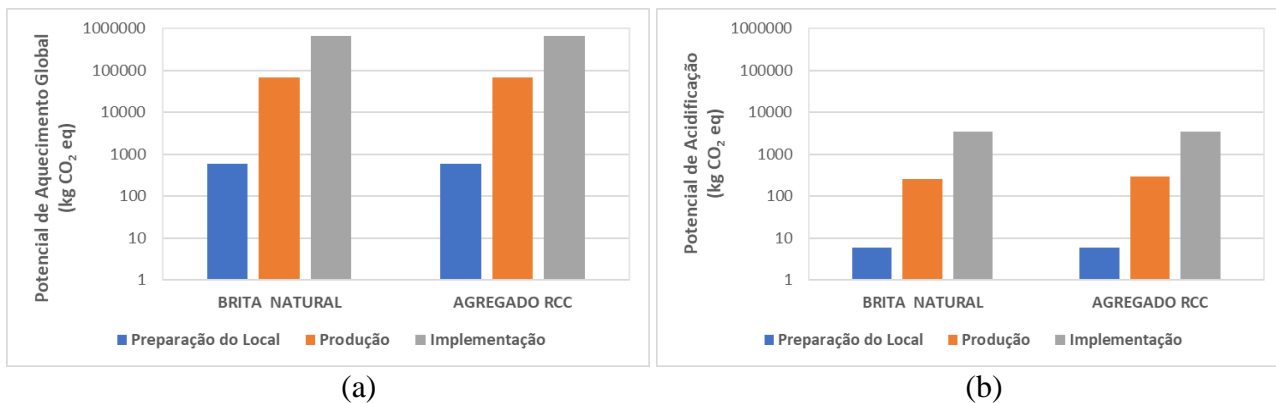


Figura 1. Gráfico síntese dos impactos ambientais para os dois cenários supracitados: (a) Potencial de Aquecimento Global, (b) Potencial de Acidificação (BARDINI et al., 2023)

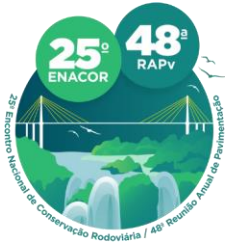
Observando os dados da Tabela 2, é possível observar que existe ganho ambiental quando a atividade de implantação das camadas é avaliada em sua totalidade, desde a obtenção e operação dos equipamentos até o transporte. Enquanto para a atividade de preparação do site, ambos os cenários obtiveram os mesmos valores de impacto ambiental tanto para potencial de aquecimento global quanto para acidificação, indicando que essa atividade tem sua fonte poluidora que independe do material utilizado na base e sub-base.

E se tratando da atividade de produção da matéria prima, verifica-se que não houve ganho ambiental ao se aplicar o agregado reciclado como componente de camadas de pavimentos sendo a que a predominância desses impactos compreende-se no transporte desde os pontos de geração até a usina de reciclagem e beneficiamento deste material, sendo assim, a produção e o transporte de brita natural acarretam menos impactos ambientais quando comparados com a produção e transporte de agregados reciclado de resíduos de construção civil.

Observa-se que a atividade de implantação é responsável por um maior impacto ambiental potencial em comparação com as demais atividades, entretanto, é a única atividade que proporciona ganhos ambientais, uma vez que o cenário de mistura com agregado reciclado gera menos impacto que o cenário com uso de brita natural nesta atividade.

Diante dos resultados obtidos, verifica-se que, de modo geral, para o estudo em questão não há ganhos ambientais significativos que justifique a utilização da mistura de agregados reciclados de construção civil como componentes de camadas de base e sub-base de pavimentação, sendo assim, torna-se possível e aceitável a utilização da brita natural como componente destas camadas, corroborando com a eficiência do método convencional de construção da pavimentação.

Contudo, infelizmente, não é possível compreender quais as considerações e as ponderações que o programa realiza para a formação dos resultados, uma vez que, o banco de dados do software é inacessível ao usuário e os dados de entrada são pré-estabelecidos, tornando a interpretação dos resultados um tanto quanto subjetiva.



19 a 22 de Setembro de 2023  
Foz do Iguaçu - PR

[www.rapvenacor.com.br](http://www.rapvenacor.com.br)



Vale lembrar, que apesar da pouca interação do usuário com os dados, e com os cálculos realizados, o software é uma iniciativa muito interessante e importante para que as análises ambientais sejam consideradas nas tomadas de decisões por parte dos projetistas de pavimentação.

## 5. CONCLUSÕES

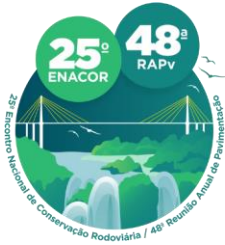
O aumento populacional impacta diretamente no setor da construção civil, este por sua vez, vem demonstrando sua importância no âmbito social e econômico, pois é responsável por atender necessidades de infraestrutura, transporte, saneamento, moradia dentre outras atividades. Porém, este setor é o principal consumidor de recursos naturais, contribuindo significativamente na geração de impactos ambientais. Diante dos potenciais impactos gerados e da crescente preocupação com o esgotamento das jazidas minerais, a reciclagem dos resíduos de construção civil (RCC) a partir do beneficiamento na forma de agregados reciclados tem se mostrado uma boa alternativa na aplicação em pavimentação, uma vez que já existem normas e pesquisas que garantem a sua utilização.

Dessa forma, a análise por meio da metodologia de avaliação do ciclo de vida (ACV) permite quantificar e qualificar tanto os impactos ambientais quanto os ganhos ambientais resultantes da utilização da mistura de agregados reciclados de construção civil como componentes de camadas de base e sub-base de pavimentação, possibilitando incorporar o aspecto ambiental como critério na tomada de decisões como na escolha do melhor material e da melhor técnica a ser aplicada em toda a cadeia produtiva.

O presente trabalho visou quantificar e comparar impactos potenciais em dois cenários distintos, o primeiro consistiu em uma mistura de solo com agregados reciclados de construção civil, e o segundo, uma mistura de solo com brita natural como componentes de camadas de pavimentos. Foram avaliados os impactos potenciais de aquecimento global e acidificação decorrentes da fase de construção das camadas base e sub-base. As análises foram feitas considerando os dados do software PavementLCA e o método de ACV selecionado foi o TRACI. A avaliação dos impactos ambientais para cada uma das atividades da fase de construção das camadas, indicou que somente na atividade de implantação houve ganho ambiental, enquanto para a atividade de preparação do site, ambos os cenários obtiveram os mesmos valores de impacto ambiental tanto para potencial de aquecimento global quanto para acidificação. Já para a atividade de produção de matéria prima destaca-se que a produção de agregados reciclados prejudica mais ao meio ambiente quando comparada com a produção e o transporte de brita natural. Desse modo, em virtude da ausência de ganhos ambientais significativos na utilização de agregados reciclados como componentes das camadas de pavimentos, verificou-se que tratando-se da viabilidade ambiental, ambos os cenários são passíveis de utilização na pavimentação, pois não apresentam vantagens consideráveis um sobre o outro.

Entretanto, não foi possível analisar os dados que o programa utiliza, pois eles não estão acessíveis para o usuário comprometendo a análise detalhada, a transparência do processo e a compreensão dos resultados gerados.

Ressalta-se que as conclusões aqui apresentadas consideram apenas o aspecto ambiental para um projeto de pavimento fictício, por isso, tais conclusões não podem ser generalizadas. Além do mais, para a determinação de um projeto com um tudo, em sua totalidade, a análise de viabilidade econômica é imprescindível em conjunto com análise de viabilidade técnica e ambiental.



19 a 22 de Setembro de 2023  
Foz do Iguaçu - PR

[www.rapvenacor.com.br](http://www.rapvenacor.com.br)



Por fim, este trabalho teve como objetivo introduzir a técnica de Avaliação do Ciclo de Vida na área da pavimentação para que o aspecto ambiental seja considerado nas tomadas de decisões e assim este tema se difunda para diversas outras grandes áreas do conhecimento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGOPYAN, V.; JOHN, V. M. O desafio da sustentabilidade na construção civil. São Paulo: Blucher. Acesso em: 04 jun. 2023, 2011;
- ATHENA INSTITUTE. Pavement LCA Webinars & Tutorials. <https://calculatelca.com/resources/watch-tutorials/> Acesso em março de 2013.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers. Disponível em: < <http://www.ipcc.ch>>. Acesso em: março de 2019.
- KLEIN, F. B.; DIAS, S. L. F. G. A deposição irregular de resíduos da construção civil no município de São Paulo: um estudo a partir dos instrumentos de políticas públicas ambientais. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, v. 40, 2017.
- LEITE, F. C. Comportamento mecânico de agregado reciclado de resíduo sólido da construção civil em camadas de base e sub-base de pavimentos. 2007. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- MARINKOVIĆ, S. et al. Comparative environmental assessment of natural and recycled aggregate concrete. *Waste management*, v. 30, n. 11, p. 2255-2264, 2010.
- NOVAIS, C. M.; CRISPIM, F. A. Caracterização de agregados reciclados de resíduos da construção civil para uso em base e sub-base de pavimento urbano em Sinop -MT, *Anais Inovação, Tecnologia, Gestão E Sustentabilidade V. 03*, 2017.
- SAVIETTO, J. P. Análise de impactos ambientais da restauração de um pavimento asfáltico pela Avaliação do Ciclo de Vida. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- SERRES, N.; BRAYMAND, S.; FEUGEAS, F. Environmental evaluation of concrete made from recycled concrete aggregate implementing life cycle assessment. *Journal of Building Engineering*, v. 5, p. 24-33, 2016.