

19 a 22 de Setembro de 2023

Foz do Iguaçu - PR

www.rapvenacor.com.br



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

### Revisão Sobre a Perspectiva da Gestão Logística Do Fresado Para as Obras de Pavimento

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

*Natalândia Carvalho Bernardes Marinheiro<sup>1</sup>; Vivian Silveira dos Santos Bardini<sup>1</sup>; Marcos Bottene Cunha<sup>2</sup>*

#### RESUMO

O avanço da infraestrutura contribui para que a sociedade obtenha o reflexo positivo no que diz respeito à mobilidade de pessoas (acesso ao transporte, atendimento médico, alimentação) e economia local. Contudo, um dos desafios é equilibrar a preocupação ambiental por parte da sociedade e instituições em manter a preservação dos recursos naturais escassos, frente ao crescimento da infraestrutura. Ao mesmo tempo que o pavimento rodoviário consome uma grande quantidade de materiais virgens, se construídos com alguns materiais de resíduos sólidos reciclados apresentam vantagens potenciais. É nesse contexto que a reutilização de materiais nas obras rodoviárias apresenta-se como uma técnica positiva; e a aplicação do *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP), por exemplo, mostra-se bastante consolidada por já existir estudos técnicos comprovando a eficácia de utilização nas camadas do pavimento. No entanto, os desafios logísticos de gestão do fresado, envolvendo gerenciamento e localização dos estoques/bota-espera, deslocamento do material para as usinas e o seu beneficiamento podem se tornar “bloqueadores” no processo de utilização do RAP. Sendo assim, o trabalho em andamento pretende entender o estado da arte sobre a gestão de utilização do fresado nas obras de pavimento, sob a ótica do gerenciamento do fresado e o seu beneficiamento, tendo como subsídio a análise de artigos, teses, dissertações, bem como especificações técnicas.

**PALAVRAS-CHAVE:** RAP; Gerenciamento; Logística.

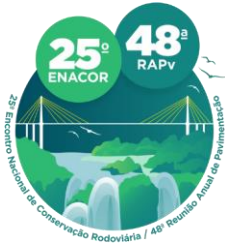
#### ABSTRACT

The advancement of infrastructure contributes for the society to have a positive reflection with regard to the mobility of people (access to transport, medical care, food) and local economic. However, one of the challenges is to balance environmental concern on the part of society and institutions in maintaining the preservation of scarce natural resources, faced with the growth of infrastructure. While road pavement generally consumes a large amount of virgin materials, if constructed with some recycled solid waste materials it has potential advantages. It is in this context that the reuse of materials in highway works is a positive technique; and the application of the *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP), for example, is very consolidated because there are already studies proving the effectiveness of use in the layers of the pavement. However, the logistical challenges of milling management, involving management and location of stocks/laydown area, moving of the material to the plants and their processing can become "blockers" in the process of using RAP. Thus, the work in progress intends to understand the state about the use of milling management in pavement works, under the view of milling management and its processing using as subsidies the analysis of articles, theses, dissertations, and technical specifications as well.

**KEY WORDS:** RAP. Management, Logistics

<sup>1</sup> Faculdade de Tecnologia/FT Unicamp, e-mail: n208174@dac.unicamp.br; e-mail: bardini@unicamp.br

<sup>2</sup> CCR Rodovias, e-mail: marcos.cunha@grupoccr.com.br



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

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



## 1. INTRODUÇÃO

A expansão de vias pavimentadas reflete o desenvolvimento econômico de uma sociedade, pois contribui com a mobilidade das pessoas no que diz respeito ao aumento das condições de segurança durante os deslocamentos, acessibilidade dos serviços prestados (transporte, alimentação, atendimento médico), e conseqüentemente contribui para o desenvolvimento econômico local. E nesse contexto, o avanço na infraestrutura rodoviária dos últimos anos não está somente vinculado ao menor preço, mas em soluções que considere uma aderência entre a redução dos custos e do impacto ambiental (Zhao; Goulias; Peterson, 2021).

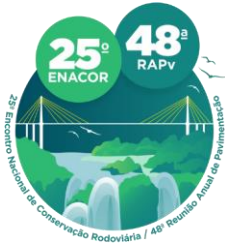
Nesse sentido, o reaproveitamento de materiais que compõem a estrutura do pavimento tornou-se uma necessidade em função das restrições de recursos naturais, através do apelo mundial por parte da sociedade e ambientalista em preservar os recursos ambientais para as gerações futuras; além de uma solução técnica mais atraente e competitiva, visto que a reutilização dos materiais gerados durante os serviços de manutenção, reabilitação e obras de ampliação do sistema viário, pode ser um indicador de sustentabilidade junto a sociedade geral (moradores, ambientalistas e investidores).

Ao fazer uma abordagem sobre o aproveitamento de resíduos da infraestrutura rodoviária, a utilização do fresado nas camadas do pavimento mostra-se bastante consolidada, pois além de existir diversos trabalhos técnicos voltados para seu controle tecnológico; as Concessionárias de Rodovias e o Poder Concedente (DER, ARTESP, DNIT/ANTT) também já elaboraram diversas especificações técnicas e de serviços sobre a utilização do material fresado.

Contudo, apesar do processo de aplicação do fresado estar estruturado, os Gestores do Pavimento ainda têm diversos desafios a serem vencidos até a etapa de utilização do fresado. E é essa barreira que precisa ser “desmistificada”, pois compromete o aproveitamento pleno do RAP, contribuindo com o aumentando deste passivo ambiental. Dentre os “bloqueadores” na gestão de utilização do fresado, citam-se: (1) dificuldades em gerenciar o volume de estoque gerado, através do acompanhamento periódico do RAP empilhado; (2) restrições nas distâncias de transporte do material fresado para as usinas; (3) definição do raio (mínimo ou máximo) de aplicação e o local de estocagem; (4) e a falha na gestão interativa entre o cronograma previsto a geração do RAP e o planejamento de obra.

Assim, é possível perceber a importância em utilizar o RAP nas obras de manutenção e construção rodoviárias, e nesse contexto o autor Ashtiani *et al.* (2019) mostra como o local de estocagem do RAP próximo as usinas não é fator determinante para aproveitamento integral do fresado gerado. Além disso, o levantamento bibliográfico preliminar sobre a gestão de utilização do fresado identificou uma limitação de estudos que abordem, de maneira direta, a influência da localização dos estoques de fresado ou bota espera na tomada de decisão das soluções (Han, C. et al., 2020), mostrando uma preocupação muito recente por parte dos pesquisadores. Apesar disso, o referencial teórico reforça a importância em adotar soluções de manutenção do pavimento mais limpa, propondo inclusive adoção dos parâmetros de sustentabilidade, no Sistema de Gerência de Pavimento (SGP), como estratégia de definição da alternativa de manutenção/restauração do pavimento (Zhao; Goulias; Peterson, 2021).

Nesse sentido, esta etapa do trabalho, pretende realizar uma abordagem bibliográfica para identificar as condicionantes a aplicação do RAP nas obras, sob a perspectiva da gestão de utilização do fresado.



19 a 22 de Setembro de 2023

Foz do Iguaçu - PR

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



## 2. OBJETIVOS

Diante da avaliação preliminar dos trabalhos pesquisados, percebe-se que existe uma lacuna entre o processo de geração e aplicação do fresado, não abordado com plenitude e é nesta lacuna que o estudo pretende contribuir, ao entender as dificuldades e limitações do processo de estocagem, transporte, usinagem e aplicação do fresado; propondo uma metodologia de gestão de utilização do RAP aplicável as obras de manutenção/restauração e ampliação dos pavimentos.

Neste contexto, o projeto de pesquisa tem como objetivo geral propor uma metodologia de gerenciamento de todo o ciclo de obtenção do fresado e sua aplicação: geração do RAP, estocagem e o aproveitamento nos serviços de recuperação ou construção do pavimento; a partir da mensuração dos custos de transporte do material e avaliação da localização do bota-espera ou estocagem, será possível analisar o impacto desses fatores no processo de decisão estratégica da solução de pavimento aplicando o RAP (Han, C. et al. 2020).

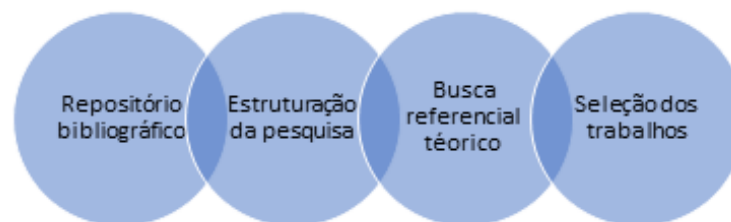
Portanto, nesta etapa do projeto, o objetivo específico é entender o estado da arte sobre a gestão de utilização do fresado nas obras de pavimento, sob a ótica do gerenciamento do fresado e o seu benefício, tendo como subsídio a análise de artigos, teses, dissertações, bem como especificações técnicas.

## 3. METODOLOGIA

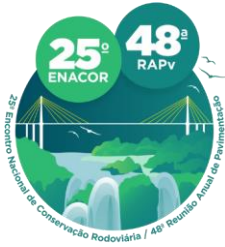
Entender as dificuldades e desafios do processo de aplicação do RAP nas camadas do pavimento, por parte de todos os envolvidos (gestores e engenheiros de projeto e obra, empreiteiros e proprietários das usinas) é de suma importância para atingimento dos objetivos apresentados nesta pesquisa. Nesse sentido, será necessário realizar uma avaliação profunda dos problemas que envolvem o gerenciamento do uso de fresado, para entender a perspectiva do processo por parte dos stakeholders.

O primeiro passo para a realização desse trabalho foi desenvolvido um método de revisão sistemática aplicados os conceitos do método PRISMA e a sistemática apresentada por Costa & Zolowski, 2018. As junções desses dois métodos são apresentadas na figura seguinte.

Figura 1. Esquematização processo definição referencial teórico



Fonte: Adaptado autor, 2023



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

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



Na etapa 1 – Escolha Repositório bibliográfico foi determinado as plataformas adotadas na pesquisa, que neste caso foram a Web Of Science e Scielo, por possuírem um acervo estruturado e fundamentado para o tema.

A etapa 2 – Estruturação da Pesquisa permitiu definir os itens que ordenaram a busca; a saber: período de publicação, palavras chaves vinculadas ao tema e conectores, tipo de material a ser consultado, número de citações; parâmetros fundamentais para o desenvolvimento da pesquisa. Após definição dos critérios executou-se o processo de busca do referencial teórico com base nas palavras chaves do tema, e para um melhor direcionamento dos resultados adicionou-se os conectores *booleanos* ao termo pesquisado: *Reclaimed asphalt Pavement and Management*. Esse processo de pesquisa do referencial teórico preliminar trouxe como resultado cerca de 116 trabalhos.

Etapa 3 – Em função do volume de pesquisa obtido, foi necessário adotar um critério de seleção para escolha dos artigos aderente ao tema. Nesse sentido, o primeiro filtro foi a avaliação do título, buscando identificar se o assunto abordado nos textos acadêmicos pesquisados poderia contribuir com o este projeto. Para os trabalhos que precisassem de uma avaliação adicional com intuito de esclarecer a abordagem do tema, foi feita uma leitura do resumo e até da introdução.

Adicionalmente para classificação dos artigos avaliou-se os parâmetros presentes no escopo (utilização do fresado nas obras de pavimentação, beneficiamento, logística de transporte, processo decisório das soluções) e o seu impacto (ambientais, custos).

Concluído a busca do referencial teórico preliminar, tomando por base a metodologia citada, foram selecionados 20 trabalhos técnicos. Para esta etapa, foram submetidos à leitura integral cerca de 10 trabalhos, propícios a identificação dos itens aderentes a esta fase da pesquisa.

#### 4. RESULTADOS PRELIMINARES

Diante da avaliação preliminar dos trabalhos pesquisados, percebe-se que existe um gap entre o processo de geração e aplicação do fresado, não abordado com plenitude e é nesta lacuna que este trabalho pretende contribuir, ao entender as dificuldades e limitações do processo de estocagem, transporte, usinagem e aplicação do fresado; propondo uma metodologia de gestão de utilização do RAP aplicável as obras de manutenção/restauração e ampliação dos pavimentos.

Através da revisão bibliográfica preliminar foi possível perceber que abordagem sobre o processo logístico do RAP e sua influência na definição ótima da solução de pavimento com RAP, já é uma preocupação internacional, mas ainda são poucos os estudos diretos que considere uma avaliação sobre localização dos estoques/bota-espera, custos de transporte do fresado e impacto ambiental na decisão ótima de solução de pavimento (Han et al.,2020). Nesta etapa foram identificados apenas dois autores que estudaram o assunto. Contudo, ainda é necessário entender a percepção dos stakeholders de Pavimento na utilização do fresado nas misturas asfálticas, no tocante a logística de transporte do fresado, para posteriormente avaliar seu impacto no processo decisório por uma solução ótima, por parte dos Gestores de Pavimento.

E nesse contexto, Ashtiani *et al.* (2019) realizou um estudo de caso e apontou as principais etapas para estimar a geração e estocagem de RAP: identificação dos locais de estocagem do RAP, através de uma busca no google maps; a determinação do volume de estoque RAP, utilizando as ferramentas do Google Earth Pro e a aplicação do processo de determinação do volume de RAP para o período



19 a 22 de Setembro de 2023  
Foz do Iguaçu - PR  
www.rapvenacor.com.br



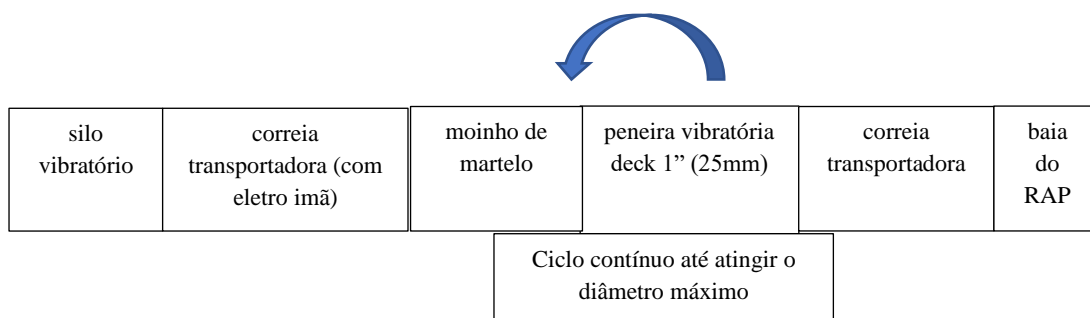
de 5 anos. Essa metodologia mostrou-se aplicável para gerenciamento do volume de fresado existente.

Adicionalmente, ao analisar os artigos que fazem parte desta etapa do estudo, foi possível perceber que apesar da similaridade em abordar a utilização do fresado, apenas 2 autores apresentaram a etapa de beneficiamento do fresado. Previamente a usinagem da mistura, o RAP precisa ser destorroado, peneirado, classificado, e estocado em local coberto (Martisius, 2020). O armazenamento inadequado acelera o envelhecimento do ligante, em função do RAP ficar exposto ao ar/chuva e à oxidação. (Farina et al., 2016; Han et al., 2020).

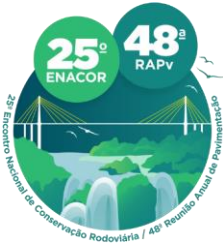
De maneira resumida, apresentam-se a seguir as 4 (quatro) etapas de geração e aplicação do *Reclaimed asphalt pavement* (RAP) ou fresado:

- 1) **Geração do material** através da fresagem do revestimento asfáltico, conforme os projetos de restauração e/ou manutenção pavimento, e vinculado ao tipo de patologia inventariada. A remoção da camada asfáltica é feita com equipamento mecanizado, o tambor rotativo, que após extrair a camada do pavimento na espessura indicada em projeto, transfere o fresado para os caminhões que transportarão o RAP até o local de estocagem ou bota-espera. O processo de fresagem precisa ser rigorosamente controlado, para evitar que o RAP fique contaminado por materiais oriundos da camada de base, geotêxtil ou geogrelhas e solos; e minimizar a geração de grumos com tamanhos indesejados (muito finos ou graúdos), controlado através da velocidade de rotação do equipamento;
- 2) **Estocagem:** o ideal é que o local de armazenamento do fresado esteja pavimentado e o terreno levemente acidentado, além de coberto; propiciando a formação de pilhas de RAP no formato cônico (Brock e Richmond, 2007; Risley, 2010; Suzuki, 2019). O local de estocagem, é responsável por “armazenar” pilhas de fresado com características diversas; por isso, sugere-se homogeneização do RAP estocado previamente a sua utilização.
- 3) A **beneficiamento** do RAP é necessária para desmanchar os “torrões” formados no material durante a sua estocagem e fresagem; é nesse processo que ocorre a separação dos agregados graúdos e miúdos. Para isso, utiliza-se normalmente o equipamento com sistema de martelo de impacto com altíssima rotação. No croqui esquemático, é possível verificar as etapas do processo de beneficiamento.

Figura 02: Processo de destorroamento do RAP



Fonte: Especificação técnica CCR (documento interno), 2020.



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

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



- A calha vibratória alimentadora possui uma comporta com abertura regulável de descarga;
- A correia transportadora possui o eletroímã para retirar eventuais materiais metálicos do RAP, previamente a disposição no moinho de martelo;
- O moinho faz o destorroamento efetivo do RAP, resultando em materiais com diâmetro entre 19,1mm e 0,075mm.
- Após beneficiamento do fresado, conforme diâmetros indicados anteriormente, o material é transportado até a baía de estoque para utilização.

Ressalta-se que o processo de destorroamento deve buscar não quebrar os agregados, mas apenas destorroar; pois se houver britagem do material haverá necessidade de incorporar asfalto para recobrir a face exposta sem o ligante, diminuindo o benefício de redução de teor de CAP em função do aproveitamento do ligante asfáltico remanescente do RAP. Esta etapa é importante para maior controle da granulometria do fresado.

- 4) **Aplicação:** o material fresado pode ser aplicado em todas as camadas do pavimento, nas camadas de base e sub-base e reforço do subleito, pode ser utilizado como agregado negro, em substituição agregado virgem. Nas camadas asfálticas (camada de rolamento, intermediária ou base), é possível incorporar até 25% de RAP apenas com seu beneficiamento, pois uma mistura com alta porcentagem de RAP é aquela que possui uma taxa superior a 25% (HAGHSHENAS et al., 2016; SUZUKI, 2019). Portanto, o aumento da porcentagem de fresado na mistura, deve ser acompanhado de uma avaliação da necessidade de incorporar agente rejuvenescedor (AR) (SUZUKI, 2019), com base no projeto de mistura asfáltica.

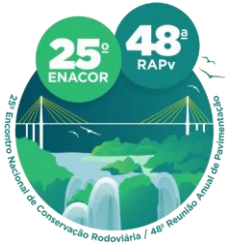
Ao finalizar esta pesquisa pretende-se obter uma metodologia aplicável ao processo de utilização do RAP para os gestores de obras, estreitando as divergências de ideais entre todos os envolvidos (Empreiteiros, Usinas, Fornecedores e Engenheiros de Projeto e Obras): avaliando a disponibilidade atual e futura do fresado, sua aplicação nas obras planejadas, sugestão de inputs para esclarecimentos dos termos de referência e contratações dos serviços; contribuindo com os benefícios econômico e sustentável de utilização do fresado.

Além disso, este trabalho poderá avançar no processo de gerenciamento de utilização do RAP, por estar abordando um assunto bastante específico do ponto de vista dos gestores de pavimento, que enfrentam as dificuldades de gerenciar o fresado considerando as ferramentas e materiais disponíveis em diferentes regiões.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ashtiani, M.Z; Muench, S. T; Gent, D.; Uhlmeier, J. S. Application Of Satellite Imagery In Estimating Stockpiled Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) Inventory: A Washington State Case Study. *Construction and Building Materials*, volume 217, p. 292-300, 2019. DOI: 10.016/j.conbuildmat.2019.05.028

Bernucci, L, B. et al. *Pavimentação Asfáltica – Formação Básica Para Engenheiros*. Rio de Janeiro. PETROBRAS: ABEDA, 2017.



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

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



CCR Concessão de Infraestrutura Rodoviária. EN-SP000/00-0000.00-GER-A1-PV/DS.E-001 Diretrizes Gerais Para Utilização de Fresado de Revestimento Asfáltico em Pavimento – Acervo Técnico Interno CCR Rodovias. São Paulo, p.27.2020

Costa, A. B.; Zoltowski, A. P. C. Como Escrever Um Artigo De Revisão Sistemática. Manual De Produção Científica. 2014. DOI: 10.36599/itac-manproc.002.

Departamento Nacional De Infraestrutura De Transportes. NORMA DNIT 033/2021 – ES. Pavimentos flexíveis – Concreto Asfáltico Reciclado Em Usina a Quente – Especificação de serviço. Rio de Janeiro, p.19.2021

Departamento de Estradas e Rodagem. ET-DE-P00/32 – Concreto Asfáltico Usinado a Quente. São Paulo, p.45. 2006.

Dughaishi, H.A.; Lawati, J.A.; Bilema, M.; Babalghaith, A.M.; Mashaan, N.S.; Yusoff, N.I.M.; Milad. Encouraging Sustainable Use Of RAP Materials For Pavement Construction In Oman: A Review. 2022.

Gu, F., Ma, W., West, R. C., Taylor, A. J., & Zhang, Y. Structural Performance And Sustainability Assessment Of Cold Central-Plant And In-Place Recycled Asphalt Pavements: A Case Study. Journal of Cleaner Production, volume 208, pp1513-1523, 2019. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.10.222.

Han, C., Ma, T., Xu, G., Chen, S. A multi-factor analysis approach for recycled asphalt mixture stockpile center location. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 2020. DOI: 10.1016/j.trd.2020.102463.

Martisius, M. Reclaimed Asphalt Usage: Handling, Processing, Management And Future Trends In Lithuania. 2020. Proceedings Of The 5th International Symposium on Asphalt Pavements & Environment (APE), pp294-302. DOI: 10.1007/978-3-030-29779-4\_29.

Serapioni, M. Métodos qualitativos e quantitativos na pesquisa social em saúde: algumas estratégias para a integração. Scielo Brasil: Ciência e Saúde coletiva, 2000. DOI: 10.1590/S1413-81232000000100016.

Suzuki, K.Y. Avaliação Das Misturas Asfálticas Recicladas A Quente Com Diferentes Teores de Material Fresado. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – USP, São Paulo, Brasil, 2019.

Zhao, YP; Goulias, D; Peterson, D. Recycled Asphalt Pavement Materials In Transport Pavement Infrastructure: Sustainability Analysis & Metrics. Recycled Materials and Infrastructure Sustainability, 2021. DOI: 10.3390/su13148071.