



VII SINGEP

Simposio Internacional de Gest3o de Projetos, Inova3o e Sustentabilidade
International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability

ISSN: 2317-8302

UTILIZAÇ3O DE RESÍDUOS DE ASFALTO NA CONFECÇ3O DE UMA CAIXA D'ÁGUA COM AQUECIMENTO SOLAR

MÁGILLA FEITOSA MEDEIROS

Uninove

DOUGLAS ELDO PEREIRA DE OLIVEIRA

UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO

JOSÉ CARLOS CURVELO SANTANA

UNINOVE – Universidade Nove de Julho



UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE ASFALTO NA CONFEÇÃO DE UMA CAIXA D'ÁGUA COM AQUECIMENTO SOLAR

Resumo

A geração de resíduos da construção civil pode estar ligada a muitas causas e decisões, planejamento de construção, problemas de execução, entre outras. Durante a fase de construção, os resíduos de materiais estão relacionados a fatores como danos no transporte, manuseio inadequado, excessos causados por mão de obra não qualificada, armazenamento não planejado e clima. Existe um mapeamento de causas diretas e indiretas de resíduos de materiais da construção civil de diferentes tipos comuns em construções brasileiras, apontando problemas recorrentes relacionados à falta de padronização. Na área de pavimentação asfáltica, diversas técnicas de reciclagem de materiais antigos surgem com o objetivo de diminuir a exploração da natureza. Entre os materiais alternativos que vêm sendo utilizados, pode-se destacar o material fresado, que pode ser incorporado a outros materiais, como o cimento Portland e a emulsão asfáltica, para dar origem a novas camadas de pavimento. Este trabalho busca estudar a viabilidade do reuso de material fresado de pavimento na confecção de uma camada absorvedora de calor em uma caixa d'água, possibilitando o fornecimento de água quente a residências utilizando exclusivamente a energia solar.

Palavras chave : Resíduos da construção civil, Fresa de pavimento e Viabilidade econômica, Energia solar

Abstract

The generation of construction processes can be linked to many causes and decisions, the construction process, the execution problems, among others. During a construction phase, consumables are related to environmental damage, surpluses with unskilled labor, unplanned storage, and weather. There is a mapping of direct and indirect causes of different surface building materials in Brazilian plants, pointing to recurrent problems related to the lack of standardization. In the area of asphalt paving, recycling guidelines appear with the aim of reducing environmental impacts. It can be emphasized the milled material as an alternative material and can be added to other materials, such as Portland and asphalt emulsion. This work seeks to study the feasibility of the reuse of ground milling material in the preparation of a heat absorber layer in a water tank, allowing the supply of hot water to residences using exclusively solar energy.

Keywords: Construction waste, Pavement mill and Economic feasibility, Solar energy



1. Introdução

A indústria da construção é considerada um dos impulsionadores da economia e da construção da nação. A sua contribuição para o produto interno bruto é considerável e as suas ramificações positivas na economia local e regional podem ser imensa, pois abre oportunidades de emprego e negócios. Projetos de infra-estrutura, como estradas, pontes, ferrovias, portos / aeroportos e outras grandes obras civis são as principais vias de entrada de capital nas áreas onde o trabalho será realizado (Campos, 2018).

O impacto na economia a jusante pode ser imediato no início da construção e pode continuar durante as operações em si. É por esta razão que os residentes locais ficam entusiasmados quando novas infra-estruturas são estabelecidas na sua localidade. Juntamente com os prometidos benefícios econômicos e financeiros da indústria da construção, as próprias atividades geram resíduos consideráveis nos locais de trabalho, acampamentos e instalações auxiliares. Esses resíduos, geralmente denominados resíduos de construção, fazem parte embalagens de materiais de construção, contêineres e peças usadas de máquinas e equipamentos que não são mais utilizáveis (Monteiro, 2001).

Segundo Sapuay (2016), sem o uso prático desses materiais na construção, não há razão para mantê-los e, portanto, subsequentemente são descartados. Se esses materiais não forem gerenciados e descartados de forma adequada, eles podem causar danos irreparáveis e irreversíveis impactos adversos ao meio ambiente. Consequentemente, a saúde e o bem-estar das pessoas podem ser comprometidos; acima de tudo serão os trabalhadores e, posteriormente, os próprios moradores nas proximidades dos locais do projeto. Pode acabar em um cenário em que o desenvolvimento prometido é ofuscado por uma catástrofe ambiental.

A tendência é que uma nova perspectiva deve ser analisada, onde os materiais acumulados nos locais de trabalho não serão problemas a serem removidos, mas sim como oportunidades a serem utilizadas, que podem ser de alguns benefícios financeiros, bem como meios para conservar os recursos do meio ambiente. Posteriormente, esse ponto de vista pode contribuir para atividades de construção sustentável que a indústria deve, com razão, aspirar, como sua participação nos esforços gerais de proteção ambiental (Mmereki, 2018).

São conhecidos como fonte de impactos ambientais os materiais provenientes de obras à extração de matérias-primas e a execução de seus projetos. Alguns dos impactos mais significativos são gerados através de resíduos de materiais desprezados das obras da construção civil, que, segundo Solís-Guzmán et al. (2009), tem sido significativo devido ao crescimento acelerado das cidades (Yang et al., 2017).

Os resíduos de construção são geralmente mais volumosos, mais pesados e, por vezes, mais tóxicos do que os resíduos domésticos. Sua disposição a um aterro sanitário ou lixão local pode revelar-se menos uma solução, mas um agravamento da questão em longo prazo. Em alguns casos, o contratado recorre a práticas inadequadas ou mesmo ilegais, tais como: (i) prática comercial em que uma ou mais empresas vendem mercadorias para outros países a preços cujo o valor é abaixo do fixado pelo mercado, com a finalidade de prejudicar empresas concorrentes (dumping) em áreas desertas; (ii) esconder lixo em áreas arborizadas ou florestadas; (iii) misturar com lixo doméstico; (iv) enterrar em locais abandonados; v) descarga em cursos de água; e (vi) queimando. Por outro lado, uma boa parte desses resíduos de construção ainda pode ser usada com planejamento adequado e seu uso pode ser uma solução para os crescentes problemas de



resíduos que as comunidades e a indústria da construção enfrentam. Seria preciso ser criativo e engenhoso para encontrar soluções para esses problemas.

2. Referencial teórico

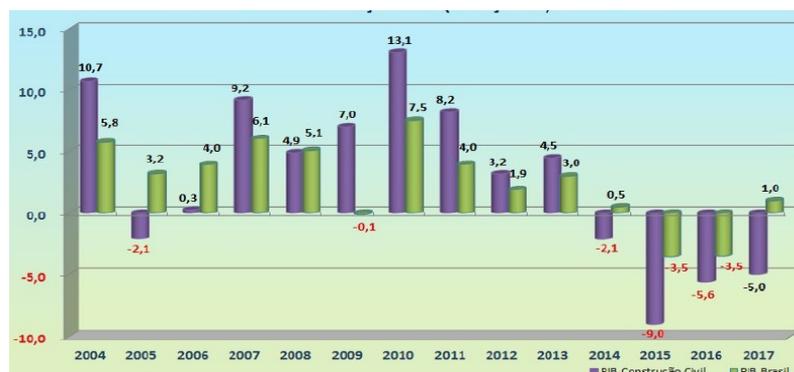
Existe um volume considerável de literatura referente aos resíduos de construção e demolição. Contudo, a maioria refere-se à edifícios erguidos e não à infraestrutura de obras civis. Há muitas literaturas sobre resíduos de construção disponível na internet, assim como em artigos impressos, em alguns por exemplo: os aspectos de gestão de resíduos de obras civis envolvem a reciclagem de asfalto, concreto, aço e outros metais. A transformação de concreto velho em agregados, para ser agregado com a nova mistura de concreto, foi discutida em um documento técnico por Vyas e Bhatt (2013). O que falta é uma deliberação mais abrangente de resíduos em obras civis na construção e implementação.

2.1 Panorama Atual do Setor da Construção Civil

A eliminação de resíduos em grandes áreas urbanas causa problemas como a degradação das paisagens (Bakshan et al., 2017). Além disso, a eliminação de resíduos está associada a contaminação do solo e da água, devido ao descarte de materiais como amianto e compostos orgânicos voláteis – COVs (Esin e Cosgun, 2007).

Segundo Magalhães (2017) o campo de resíduos da construção é percebido como um dos principais contribuintes para o meio ambiente e a degradação, e está associado à origem de resíduos de construção civil (RCC). Em geral, resíduos de construção e demolição são definidos como uma mistura de material diferente, incluindo resíduos inertes, resíduos não perigosos não inertes e resíduos perigosos, gerados a partir de atividades de construção, renovação e demolição. Além disso, o RCC inclui os materiais que podem ser gerados repentinamente desastres naturais, como terremotos, inundações, furacões e tsunamis.

Figura 1: PIB Brasil x PIB construção civil



Fonte : CBIC Banco de dados

2.1.1 Resíduos da Construção Civil

De acordo com Bonfim (2007), uma das técnicas aplicadas em manutenção do sistema rodoviário é o reuso de fresa retirada dos pavimentos danificados, com a intenção de diminuir



preocupações com o greide (elevação da linha longitudinal do perfil da estrada) e também reduzir o surgimento de trincas.

Resíduos sólidos em geral e resíduos de construção em particular, estão entre as questões ambientais que precisam ser cobertas nos aspectos de proteção ambiental do projeto. A pesquisa sobre abalos ambientais se concentra em proteger tanto o ambiente físico quanto o social. Juntamente com outras questões, a geração de resíduos domésticos por pessoas que trabalham e permanecem nos locais do projeto está incluída (Monteiro, 2001).

De acordo com Abiko & Moraes (2009), a acumulação de resíduos de construção tornou-se inevitável, devido ao rápido ritmo com que os materiais estão sendo utilizados durante a construção. Embora o tema dos resíduos sólidos e resíduos de construção sejam reconhecidos durante a elaboração do contrato, tendem a ser eficazes na realização dos objetivos da gestão de resíduos sólidos ecológicos.

Segundo Sapuay, (2015), a construção do novo pavimento, os materiais velhos de asfalto devem ser removidos e substituídos por novas camadas betuminosas. O asfalto velho moído em tamanhos adequados pode ser agregado em novas misturas asfálticas betuminosas. Fazer isso irá minimizar as pedras a serem extraídas, resultando em conservação de materiais e minimização de atividades de exploração de pedreiras.

Figura 2: Asfalto velho triturado e colocado em nova mistura betuminos



Fonte: Sapuay, (2015)

Em algumas instâncias, o asfalto antigo pode ser usado como pavimentação em algumas estradas rurais menores como pavimentação de superfície em estradas de terra. Podem ser usados também em áreas rurais utilizando em suas calçadas como pavers (peças pré-moldadas com diferentes formas cores e texturas, que podem ser encaixadas dando origem ao pavimento com efeito estético diferenciado). Não utilizá-los pode ser nocivo para o ambiente, pois alguns componentes podem penetrar no solo, contaminando a área de estocagem. Concluindo, é mais prático encontrar uso para esses itens do que apenas deixá-los esquecidos no local de trabalho.



Figura 3: Barris vazios vendidos ou entregues 3o comunidade para outros fins



Fonte: Sapuay, (2015)

2.1.2 Impactos ambientais causados pela constru3o civil

Tanto a Funda3o Getulio Vargas (FGV) quanto o Sindicato da Ind3ustria da Constru3o Civil do Estado de S3o Paulo (SindusCon-SP) a constru3o civil 3e citada como uma das 3reas da economia fundamental para o desenvolvimento econ4mico, 3e encarregada por cerca de 2,327 milh4es de empregos direto e indiretamente.

Segundo o Conselho Brasileiro de Constru3o Sustent3vel (CBCS, 2018), de tudo o que extrai da natureza, apenas entre 20% e 50% das mat3rias-primas naturais s3o realmente consumidas pela constru3o civil. Dados revelam que o volume de res3duos gerado - entulho de constru3o e demoli3o-, chega a ser duas vezes maior que o volume de lixo s3lido urbano.

De acordo com Lucena et al, (2010) o grupo de m3todos de reciclagem de pavimentos surgiram do pensamento mundial com o destino correto dos res3duos gerados em obras de constru3o civil. Alguns dos destinos desse material s3o: Aterro rodovi3rio, Reutiliza3o do material betuminoso fresado nas camadas de sub-base e base de pavimentos; Materiais fresados para o uso em camadas de pavimentos flex3veis ; Reuso de material fresado em camadas estruturais de pavimento.

Certas utiliza34es deste res3duo s3o compostas por uma camada externa de caixa d'3gua aquecida por radia3o solar, como as caixa utilizadas no programa de acelera3o do crescimento (PAC) conforme a seguinte figura:



Figura 4: Caixas d'água com aquecimento térmico em um conjunto habitacional do PAC



Fonte: google imagens (2018)

Baseada nas necessidades de cada região, os projetos de isolamentos térmicos devem ser elaborados fazendo uma análise minuciosa das variações ambientais e dos materiais disponíveis, de forma a torná-los executáveis e viáveis tanto tecnicamente como economicamente.

Os objetivos da referida pesquisa são analisar as viabilidades técnica e econômica do uso do material retirado do pavimento na obtenção de uma caixa d'água com aquecimento solar.

- Simular caixas d'água com diversos volumes revestidos com material fresado de asfalto (MFA);
- Testar a absorção de calor pelos sistemas em ambiente real;
- Modelar a variação de calor com o volume do recipiente (caixa) e a espessura MFA;
- Verificar a viabilidade econômica do sistema.

3. Metodologia

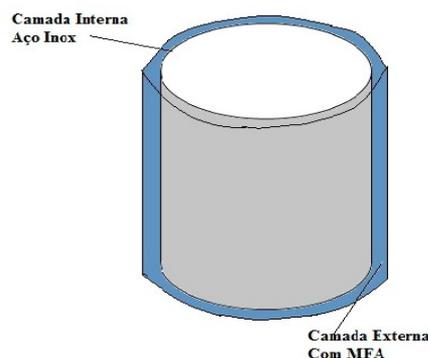
O planejamento da pesquisa contempla uma campanha de ensaios laboratoriais, os ensaios serão conduzidos nas dependências do laboratório de biocombustíveis e controle de qualidade da Universidade Nove de Julho. O material será seco em estufa e depois de triturado será acomodado (compactado) sobre o recipiente formando uma camada para revestir o tanque (reservatório). O material que será reaproveitado para estudo é de obras de infraestrutura rodoviária da São Paulo transportes S.A. Utilizou a Caterpillar PM102 para retirar a fresa. As amostras foram caracterizadas e apresentaram-se com granulometria homogêneas, típicas de um concreto asfáltico faixa CBUQ - IVB do Instituto do Asfalto.



3.1 Montagem da caixa d'água

O estudo será realizado em duas etapas, a primeira será a fase experimental onde será coletada as temperaturas de cada recipiente de aço inoxidável, a segunda será a verificação da viabilidade técnica e econômica na utilização do resíduo de asfalto na fabricação das caixas d'água que serão montadas a partir de recipientes de aço inoxidável com uma camada externa de material fresado de asfalto (MFA) este servirá para a absorção de calor e aquecimento da água na caixa que será fixada com uma cola ligante para asfaltos. Será verificado o calor a absorção de variados, compostos por uma camada interna de aço inoxidável e uma camada externa de MFA com 1 cm de espessura. A espessura desta camada será variada entre 1 e 3 cm para verificar qual a melhor espessura que leva á maior absorção de calor. A Figura 9 mostra a disposição do MFA na composição da camada externa das caixas e as diversas caixas d'água usadas para simular volumes diferentes e determinar os parâmetros de transmissão de calor.

Figura 5. Esquema da caixa d'água com aquecimento solar

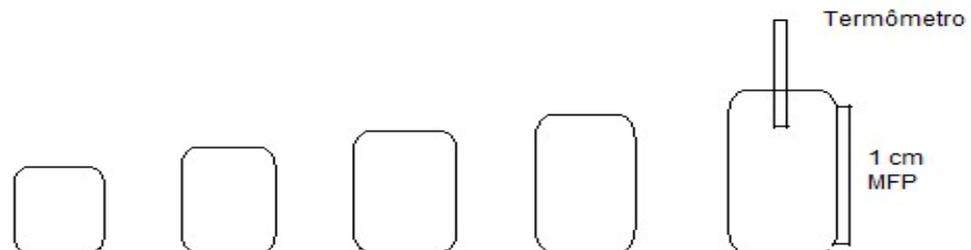


Fonte: O autor

Para tanto, serão expostos 05 recipientes conforme mostra a Figura 10 a radiação solar durante algumas horas conforme figura 9. Inicialmente será medido a temperatura no tempo 0 h, em sequência será medida a temperatura de 1h a 1h até o final do período experimental. Será determinado o poder calorífico para utilização nos cálculos com a utilização do equipamento CALORIMETER MS – J07051 DC:6V R:2 ; Para a medição de temperatura será utilizado Digital thermometer ce Measuring range: -50°C ~ + 300° F -58°C ~ + 572°F , no qual será considerado a melhor condução de calor aquele que absorver maior energia.



Figura 6. Montagem das caixas d'água com MFP



Fonte: O autor

3.1.2 Cálculos de Eficiência Energética no Sistema Térmico

O calor absorvido pela água durante o experimento será obtido de usando a Equação 10, de acordo com Keith (1977).

$$Q = m \cdot c_p \cdot \Delta T \quad (10)$$

Onde Q é o calor absorvido pelo fluido (água) em kJ;

c_p é o calor específico da água (4186,8 kJ/kg.K)

e ΔT é a variação da temperatura no tempo estudado ($^{\circ}\text{C}$ ou K).

E, a partir dela, o fluxo de calor será obtido usando a Equação 11, como apresentado em Keith (1977), a seguir:

$$q = Q/\Delta t$$

Onde q é o fluxo de calor (KJ/h, ou W)

e Δt é a variação do tempo no período considerado no estudo, em h.

O estudo do fluxo de calor será realizado com a camada de isolante na caixa e os cálculos serão realizados usando as equações anteriores e a Equação 2.a, como mostrado em Keith (1977).

$$q_k = \frac{kA(T_{\text{quente}} - T_{\text{fria}})}{L} = \frac{kA\Delta T}{L} \quad (2.a)$$

Onde k é a condutividade térmica (W/m.K¹)

A é a área de transferência de calor, em m²;

e L é o comprimento da camada do material isolante, em m.

3.2 Cálculos da Viabilidade Econômica do Sistema

Os cálculos de viabilidade econômica serão baseados na quantidade de material usados na confecção da caixa d'água e na comparação com as caixas vendidas no mercado, como mostrado em Passarini et al. (2014).



A composição do preço da energia para aquecimento da água foi pesquisada na AES/Eletropaulo e usada para calcular a economia de energia mensal com o aquecimento de água, usando como parâmetros tarifários:

- A Tarifa pelo Uso do Sistema de Distribuição (TUSD);
- A Tarifa de Energia (TE);
- O imposto PIS/Pasep que equivale a 0,63% da soma das tarifas de energia;
- A COFINS que equivale a 2,92% da soma das tarifas de energia;
- O ICMS que equivale a 25% da soma de todas as tarifas e impostos anteriores;
- E a contribuição para custeio do serviço de iluminação pública (COSIP), que equivale à duas vezes a soma de todos os valores citados anteriormente.

Não será considerado nestes cálculos o valor da tarifa sobre a o tipo da bandeira.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Resultados Preliminares sem o revestimento em Obtidos MFP

A Tabela 1 apresenta os resultados experimentais das medições de temperatura dentro da caixa d'água (da água), na camada externa da caixa d'água (aço) e do ambiente (ar), durante um dia inteiro (período com iluminação solar). A Figura 12 mostra a variação destas temperaturas para perceber a sua evolução em cada setor de medição. Como se observa, a temperatura ambiente a temperatura do revestimento da caixa d'água foram semelhantes em todo a decorrer do experimento, enquanto que a temperatura interna (da água) distanciou-se delas a partir das 11 h até o final do experimento, comprovando que a água absorveu mais calor que os outros meios (aço e ar).

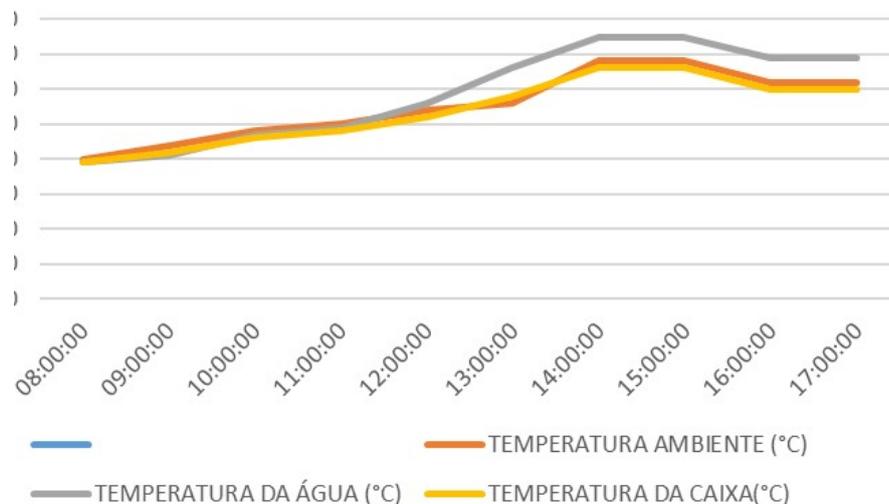
Tabela 1: Resultados das temperaturas obtidas no primeiro experimento

HORÁRIO DA MEDIÇÃO	TEMPERATURA AMBIENTE (°C)	TEMPERATURA DA ÁGUA (°C)	TEMPERATURA DA CAIXA(°C)
08:00:00	20	19,5	19,5
09:00:00	22	20,5	21
10:00:00	24	23,5	23
11:00:00	25	24,5	24
12:00:00	27	28	26
13:00:00	28	33	29
14:00:00	34	37,5	33
15:00:00	34	37,5	33
16:00:00	31	34,5	30
17:00:00	31	34,5	30

Fonte: O autor



Figura 7 : Variação da temperatura na caixa d'água durante o período de medição



Fonte: O autor

Fazendo os cálculos do início da absorção de calor pela água (pode ser observado pelo aumento da temperatura interna) até à sua estabilidade (quando não virou a temperatura) pode-se obter uma variação de temperatura de 18 °C e pela substituição na Equação 1.

Como se usou uma massa de 1 kg de água e o calor específico (c_p) da água é igual a 4186,8 kJ/kg.K (ou 1,055 Btu/h), então:

$$Q = m \cdot c_p \cdot \Delta T$$

$$Q = 1,0 \cdot 4186,8 \cdot (18) = 75362,4 \text{ kJ}$$

A variação do tempo durante o aquecimento da água foi de 6 h ($\Delta t = 14 - 8 = 6$ h), então o fluxo de calor para a água foi de:

$$q = Q/\Delta t = 75362,4/6 = 12560,4 \text{ kJ/h}$$

Como 1 kJ = 1,05506 Btu e 1 W = 3,41214 Btu/h, logo:

$$q = 3488,99 \text{ W}$$

Tabela 2: Descrição da composição dos preços unitários da energia para aquecimento da água.

DESCRIÇÃO	kW.h (dia)	kW.h (mês)	Tarifa (R\$)	Valor (R\$)
TUSD	3,489	104,67	0,24833	25,99
TE		104,67	0,32683	34,21
PIS/PASEP				0,38
COFINS				1,76
ICMS				15,59
COSIP				15,56
Economia Mensal				79,49

Fonte: O autor

De acordo com os cálculos efetuados, a renda de uma residência de classe média baixa, que possui uma média de gasto de 150 R\$/mês, teria a sua economia por volta de 53%, a qual é equivalente à 953,88 R\$/ano, ou 1 salário mínimo por ano (R\$ 954,00).

**Referências**

- Abiko, A., & Moraes, O. D. (2009). Desenvolvimento urbano sustentável. *São Paulo*.
- Ângulo, S. C., Zordan, S. E., & John, V. M. (2001). Desenvolvimento sustentável e a reciclagem de resíduos na construção civil. *São Paulo: SP*.
- Brock, J., Nogueira, M. R., Zakrzewski, C., de Castilhos Corazza, F., Corazza, M. L., & de OLIVEIRA, J. V. (2008). Determinação experimental da viscosidade e condutividade térmica de óleos vegetais. *Ciência e tecnologia de alimentos*, 28(3).
- Câmara brasileira da indústria da construção disponível em <http://www.cbicdados.com.br/home/> acessado em 18 de Maio de 2018.
- Campos, P. H. (2018). A formação do grande capital brasileiro no setor da indústria de construção: resultados preliminares de um estudo sobre causas e origens. *Revista Trabalho Necessário*, 7(9).
- Castro Dantas, T. N., & de Barros Neto, E. L. (2007). reciclagem de material asfáltico fresado com a utilização de solventes e microemulsões.
- Duan, X., Wang, C., Shaw, J. C., Cheng, R., Chen, Y., Li, H., ... & Jiang, J. (2014). Lateral epitaxial growth of two-dimensional layered semiconductor heterojunctions. *Nature nanotechnology*, 9(12), 1024.
- Faxina, A. L. (2002). Estudo em laboratório do desempenho de concreto asfáltico usinado a quente empregando ligante tipo asfalto-borracha (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).
- Feuchtmayr, H., Moran, R., Hatton, K., Connor, L., Heyes, T., Moss, B., ... & Atkinson, D. (2009). Global warming and eutrophication: effects on water chemistry and autotrophic communities in experimental hypertrophic shallow lake mesocosms. *Journal of Applied Ecology*, 46(3), 713-723.
- Hossain, M. U., Wu, Z., & Poon, C. S. (2017). Comparative environmental evaluation of construction waste management through different waste sorting systems in Hong Kong. *Waste management*, 69, 325-335.
- Kato, S., Kaplan, H. S., Schrödel, T., Skora, S., Lindsay, T. H., Yemini, E., ... & Zimmer, M. (2015). Global brain dynamics embed the motor command sequence of *Caenorhabditis elegans*. *Cell*, 163(3), 656-669.
- Lai, Y. Y., Yeh, L. H., Chen, P. F., Sung, P. H., & Lee, Y. M. (2016). Management and Recycling of Construction Waste in Taiwan. *Procedia Environmental Sciences*, 35, 723-730.
- Linhares, S. P., Ferreira, J. A., & Ritter, E. (2007). Avaliação da implantação da Resolução n. 307/2002 do CONAMA sobre gerenciamento dos resíduos de construção civil. *Estudos tecnológicos em engenharia*, 3(3), 176-194
- Magalhães, R. F., Danilevicz, Â. D. M. F., & Saurin, T. A. (2017). Reducing construction waste: A study of urban infrastructure projects. *Waste Management*, 67, 265-277.
- Menegaki, M., & Damigos, D. (2018). A review on current situation and challenges of construction and demolition waste management. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*.



VII SINGEP

Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade

International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability

ISSN: 2317-8302

Mmereki, D. (2018). Current status of waste management in Botswana: A mini-review. *Waste Management & Research*, 0734242X18772097

Monteiro, J. H. P. (2001). Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos.

Pozas, B. M., & González, F. J. N. (2018). Housing building typology definition in a historical area based on a case study: The Valley, Spain. *Cities*, 72, 1-7.