

Produção de piso intertravado de concreto (pavers) com substituição parcial do agregado miúdo pelo grits, resíduo da indústria de papel e celulose

Production of concrete blocks floor with partial replacement of the fine aggregate by grits, a waste from the paper and pulp industry

DOI:10.34117/bjdv8n4-560

Recebimento dos originais: 21/02/2022

Aceitação para publicação: 31/03/2022

Filipe Bittencourt Figueiredo

Mestre em Engenharia Civil

Instituição: Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD)

Endereço: Rod. Dourados-Itahum, km 12 Cidade Universitária, CEP:79804-070

Dourados, MS – Brasil

E-mail: filipefigueiredo@ufgd.edu.br

Camila Xavier do Couto

Graduanda em Engenharia Civil

Instituição: Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD)

Endereço: Rod. Dourados-Itahum, km 12 Cidade Universitária, CEP:79804-070

Dourados, MS - Brasil

E-mail: camila.xavier05@gmail.com

Eriton Rodrigo Botero

Doutor em Física pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR)

Instituição: Universidade Federal da Grande Dourados, Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas

Endereço: Rod. Dourados-Itahum, km 12 Cidade Universitária, CEP:79804-070

Dourados, MS - Brasil

Email: eritonbotero@ufgd.edu.br

Nathalia Leite Bittencourt Figueiredo

Mestre em Ciência dos Materiais

Instituição: Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS)

Endereço: Cidade Universitária, Av. Costa e Silva - Pioneiros - Caixa Postal: 549

Campo Grande, CEP:79070-900, Mato Grosso do Sul, Brasil

E-mail: eng.nathalialeite@gmail.com

Lino Manuel Serra Maia

Doutor em Engenharia Civil

Instituição: Universidade do Porto, Portugal

Endereço: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), Rua Dr. Roberto Frias

CEP: 4200-465 Porto, Portugal

E-mail: linomaia@fe.up.pt

RESUMO

A indústria da construção civil caracteriza-se como a principal consumidora de recursos naturais. No entanto, tem grande potencial em termos de aproveitamento de resíduos e subprodutos industriais na produção de materiais de construção. A utilização do resíduo *grits* na fabricação de *pavers* pode ser viável economicamente e sustentavelmente, ao minimizar a degradação ambiental e ampliar as técnicas na produção de materiais alternativos na construção civil. O objetivo deste trabalho foi à fabricação dos pisos intertravados de concreto com a adição parcial do resíduo *grits*, com o intuito de analisar as suas propriedades mecânicas e físicas e compará-las com uma peça de concreto convencional. Os corpos de prova foram submetidos a ensaio mecânico de resistência à compressão, análise dimensional e absorção de água conforme a ABNT NBR 12118/2013. O *grits* ao ser utilizado na produção dos corpos de prova de argamassa (na porcentagem 20%) contribuiu para a melhoria da resistência à compressão, já que obteve, em sua maioria, valores superiores ao traço piloto e apresentaram similares níveis de absorção de água.

Palavras-chave: resíduos da celulose, processo kraft, grits, pavers.

ABSTRACT

The construction industry is characterized as the main consumer of natural resources. However, it has great potential in terms of using industrial waste and by-products in the production of construction materials. The use of waste grits in the manufacture of pavers can be economically and sustainably viable, by minimizing environmental degradation and expanding techniques in the production of alternative materials in civil construction. The goal of this work was to manufacture concrete blocks floors with the partial addition of grits residue, in order to analyze their mechanical and physical properties and compare them with a conventional concrete blocks floors. The specimens were submitted to mechanical compressive strength test, dimensional analysis and water absorption according to ABNT NBR 12118/2013. The grits, when used in the production of mortar test specimens (20%) contributed to the improvement of the compressive strength, since it obtained, for the most part, higher values than the pilot mix and presented similar levels of water absorption.

Keywords: cellulose residues, kraft procedure, grits, pavers.

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil vem ampliando seu papel de forma mais sustentável e viável em amplos aspectos, a partir do desenvolvimento de tecnologias que permitem a produção de materiais utilizando resíduos provenientes de indústrias.

A alta demanda e os expressivos impactos ambientais da produção de celulose no Brasil nas últimas décadas desencadearam interesse e necessidade de futuros estudos e testes da utilização dos resíduos provenientes do segmento de papel e celulose na produção de materiais da construção civil.

Segundo os dados da indústria brasileira de árvores (Ibá), os Estados Unidos, Canadá, China e Brasil lideram o *ranking* de maiores produtores de celulose do mundo, com uma produção de 101 milhões de toneladas (SERRO, 2015). Paralelamente a essa expressiva expansão deste setor no Brasil, a produção de resíduos gerados no processo cresce

significativamente e em consequência os impactos ambientais são dilatados, visto que a produção de 100 toneladas de celulose produzidas é gerada cerca de 48 toneladas de resíduos sólidos (ARRUDA, et al., 2011).

O resíduo sólido *grits*, proveniente da indústria de papel e celulose, é formado a partir do processo *kraft* que tem por objetivo dissolver e remover a lignina e, no processo de branqueamento, tornar a celulose a mais alva possível. Esse resíduo tem sido ao longo do tempo disposto em aterros industriais próximo às fábricas. No entanto, esse tipo de disposição não é ambientalmente correto e pode causar degradação e poluição ambiental (MARQUES et al., 2014).

De acordo com a NBR 10004 (ABNT, 2004), os resíduos sólidos são classificados conforme o processo ou atividade que lhes deu origem, de seus constituintes e características, e a comparação destes constituintes com listagens de resíduos e substâncias cujo impacto à saúde e ao meio ambiente é conhecido. *Grits*, conforme a norma enquadra-se na classificação Resíduos Classe II A – não inertes, que é a classe cujo resíduo pode ter propriedades tais como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

Dessa forma, a utilização do resíduo *grits* na fabricação de pisos intertravados (*pavers*) pode ser viável economicamente e sustentavelmente, ao minimizar a degradação ambiental e ampliar as técnicas na produção de materiais alternativos na construção civil.

O objetivo deste trabalho foi à fabricação dos *pavers* de concreto com a adição parcial do resíduo *grits*, com o intuito de analisar as suas propriedades mecânicas e físicas e compará-las com uma peça de concreto convencional. Foram objetivos específicos deste trabalho:

- Estudar o traço mais adequado, visando atender às exigências da NBR 9781 (ABNT, 2013);
- Realizar ensaio de compressão, para avaliar a resistência do piso para que atenda o Anexo A da NBR 9781 (ABNT, 2013);
- Realizar ensaio de absorção de água.

Figura 1 – Resíduo produzido pela indústria de celulose e papel (*grits*)

2 GRITS E A CONSTRUÇÃO CIVIL

De acordo com o artigo 6.º da lei nº 12.305/2010, um dos princípios da política nacional de resíduos sólidos é o reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania. Um dos objetivos dessa política é a não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos; estímulo à adoção de padrões sustentáveis de produção e consumo de bens e serviços; adoção, desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias limpas como forma de minimizar impactos ambientais.

Com base legislativa, o projeto da integração do *grits* na produção de piso intertravado de concreto foi criado intencionalmente a fim de corresponder às normas e leis ambientais, de tal forma que minimize os impactos produzidos pelos resíduos sólidos industriais e os impactos gerados na produção de materiais para construção civil.

Para reduzir seu impacto ambiental negativo e dar uma destinação adequada ao resíduo *grits*, seu uso como material alternativo na construção civil vem sendo estudado. Em argamassas de revestimento interno, com substituição de até 15% do resíduo, notaram uma resistência à compressão maior ao do valor encontrado na amostra sem substituição do mesmo (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2019). Já no concreto, analisaram as dimensões do resíduo *grits* e os efeitos de sua incorporação, onde concluíram que o compósito desenvolvido pode ser utilizado para fins de vedação e na fabricação de tijolos de solo cimento (CUSMA, 2015; ALVARENGA et al., 2016). Devido ao grande teor de CaCO_3 , comprovaram que o *grits* pode ser incluído em produtos cerâmicos tradicionais (SANTOS, et al., 2019).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para determinar a quantidade utilizada do resíduo, respeitando-se as exigências normativas, foram realizados e analisados testes com teores em massa, correspondentes às porcentagens de 20% de resíduo *grits*.

Os corpos de prova foram submetidos a ensaio mecânico de resistência à compressão, análise dimensional e absorção de água conforme a ABNT NBR 12118/2013. Para tanto, primeiramente foi realizada a caracterização das propriedades físicas do material, mediante aos ensaios de massa específica e análise granulométrica.

3.1 DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA

Do ponto de vista das propriedades físicas do *grits*, foi determinada a massa específica, de acordo com as prescrições normativas da NBR NM 23 (ABNT, 2000) e a massa unitária, a partir da NBR NM 45 (ABNT, 2006).

3.2 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

A análise da composição granulométrica do agregado é responsável pelo estudo da distribuição das dimensões dos grãos. É preciso conhecer essa distribuição para representá-la na curva granulométrica do agregado miúdo e determinar suas características físicas.

Como o *grits* é um agregado granulado (como areia e pedregulhos), a análise granulométrica foi realizada através do peneiramento deste resíduo e do cálculo das quantidades do material retido nas peneiras.

De acordo com a NBR NM 45(ABNT, 2003), o ensaio da composição granulométrica deve conter a porcentagem média retida em cada peneira, a porcentagem média retida acumulada em cada peneira, a dimensão máxima característica e o módulo de finura.

3.3 ABSORÇÃO DE ÁGUA

Para determinar a massa seca (m1) dos corpos de prova, foram submetidos a uma temperatura de 100°C a 110°C em estufa durante 24 horas. Posteriormente, os corpos foram imersos em um tanque com água a temperatura ambiente durante 24 horas. Depois de retirados, os blocos foram secados superficialmente com pano úmido e pesados, determinando assim sua massa (m2).

É calculado o valor da absorção através da expressão:

$$A(100\%) = 100\% \times \frac{m2 - m1}{m1}$$

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA DA AREIA E DO GRITS

De acordo com as prescrições normativas da NBR NM 23, o ensaio de massa específica da areia e do resíduo foram realizados utilizando as mesmas quantidades de material e água, e repetido 3 vezes, de forma que chegasse a uma média de valores.

As amostras foram separadas e levadas à estufa uma quantidade de 500 gramas de cada material e um total de 200 mililitros de água adicionada a cada respectivo material dentro do Becker para a determinação do volume real. O Quadro 1 mostra os dados utilizados e obtidos no ensaio.

Quadro 1 – Massa específica dos agregados miúdos

MATERIAL	MASSA (g)	VOLUME REAL (cm ³)	MASSA ESPECÍFICA (g/cm ³)
AREIA	500	165	3,03
GRITS	500	180	2,78

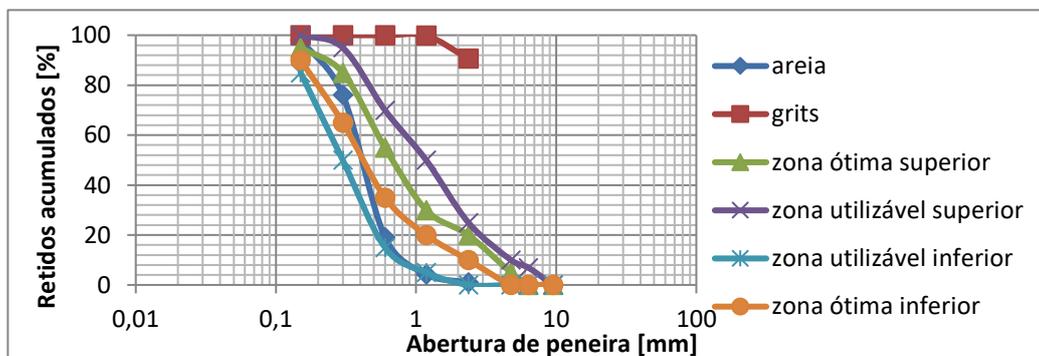
4.2 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

Referente à NBR 7181 (ABNT, 2016), foi realizado o estudo granulométrico do *grits* em sua forma natural comparado à areia. Foram utilizadas as numerações de peneiras 8, 16, 30, 50, e 100, a estufa para secagem das amostras e a agitadora.

O material apresentava um grânulo semelhante a pedriscos e um diâmetro maior em relação aos grãos de areia, o que já levava a uma possível conclusão de que a granulometria desse material não se assemelharia com a granulometria da areia.

Como esperado, o primeiro ensaio granulométrico do *grits* em sua forma natural não apresentou quaisquer indícios de semelhança com a granulometria da areia, como mostra o Figura 2.

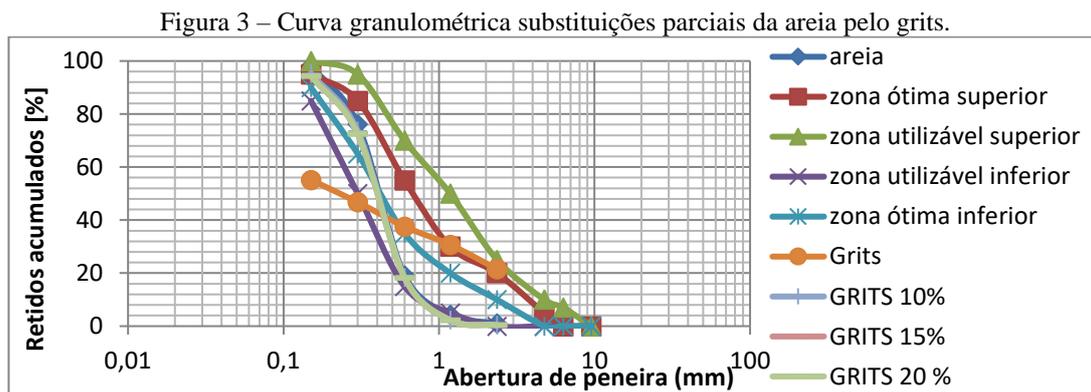
Figura 2 – Gráfico da curva granulométrica do grits e areia



Entretanto, pelo fato de ser um material residual proveniente da produção de celulose e ser praticamente formado por óxido de cálcio, o *grits* apresentava uma facilidade em se decompor em pedaços menores e até mesmo ser moído.

A partir do resultado da curva granulométrica e das características do *grits*, cerca de 450 gramas do material foram submetidos há aproximadamente 10 minutos no moinho de facas, para que sua aparência se assemelhasse com a areia. Depois do moído de facas, o material foi novamente levado à agitadora e passado nas mesmas peneiras.

Com o presente resultado da granulometria do *grits* moído, foi analisado e decidido utilizar o material retido das três peneiras centrais (16, 30 e 50) para misturar com a areia em porcentagens graduais, sendo elas 10%, 15% e 20% e analisar sua curva granulométrica comparada à da areia pura. A Figura 3 mostra a curva granulométrica formada pelas substituições percentuais. As três substituições se assemelharam à curva de areia de tal forma que não foi possível diferenciar as porcentagens de 10, 15 e 20% apenas sobrepondo os gráficos.



4.3 CONFECÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Os corpos de prova (cps) foram moldados em um traço seco de argamassa (1:5), sendo três deles o traço piloto e outros três com substituição de 20% da areia por *grits* para ser testado à influência do material na produção da argamassa quanto à resistência a compressão nessa porcentagem. Os corpos de prova cilíndricos tinham dimensões de 5 cm de diâmetro e 10 cm de altura.

4.4 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DOS CORPOS DE PROVA DE CONCRETO

Os respectivos corpos de prova tiveram 7 dias de cura até serem submetidos ao ensaio de compressão, que foi realizado conforme a NBR 5739/2007. Os resultados da resistência à compressão são mostrados no Quadro 2.

Como observado no Quadro 2, os corpos de prova de cura de 7 dias com substituição parcial de 20% de *grits* pelo agregado miúdo apresentaram, em geral, uma resistência à compressão maior que a resistência do próprio traço piloto.

Quadro 2 – Resultado da resistência a compressão dos corpos de prova cilíndricos

Corpos de Prova	Resistência à Compressão (MPa)
Piloto 1	3,61
Piloto 2	4,54
Piloto 3	5,07
20% Grits 1	4,74
20% Grits 2	5,97
20% Grits 3	5,84

Os resultados da substituição em 20% da areia pelo resíduo *grits* foram satisfatórios quanto à resistência do material na argamassa dos corpos de prova. Este resultado vai de encontro com os resultados obtidos por Marques et al (2014) e Mendonça (2018), em que a substituição da areia pelo *grits* apresentou resistência maior que o traço de controle, não prejudicando a consistência da argamassa. Para tanto, a partir deste resultado, foi utilizada essa quantidade de percentagem na confecção do concreto para ser estudada quanto à resistência à compressão dos *pavers* e quanto à absorção de água.

4.5 CONFECÇÃO DOS PAVERS

Os *pavers* foram moldados em uma forma clássica de dimensões 5x10x20 [cm], com um traço de concreto (1:1:2) de resistência equivalente à 40MPa. De acordo com a Tabela 2 da NBR 9781, os *pavers* destinados ao tráfego de pedestres, veículos leves e veículos comerciais de linha devem apresentar resistência igual ou maior à 35MPa e 50MPa para tráfego especial constituído por veículos pesados e grandes maquinários de indústria.

Foram confeccionados 15 *pavers*, sendo eles com traço piloto e com traço com substituição de 20% da areia por *grits* para ser testada a influência do material na produção do concreto quanto à resistência a compressão e absorção de água nessa percentagem. A Figura 4 mostra a mistura na betoneira e os corpos de prova após a cura.

Figura 4 – Betoneira com a mistura dos agregados e pavers após a cura



4.6 ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Os respectivos *pavers* tiveram 7 dias de cura antes de serem submetidos ao ensaio de resistência à compressão, que foram realizados conforme o Anexo A da NBR 9781 (ABNT, 2013). O cálculo da resistência à compressão, em MPa, foi obtido através da seguinte fórmula:

$$f_{pk, est} = fp - t \times s$$

Onde,

f_{pk} é a resistência característica estimada à compressão, expressa em MPa;

f_p é a resistência média das peças, expressa em MPa;

t é o coeficiente de student;

s é o desvio padrão da amostra, expressa em MPa.

Os resultados obtidos das resistências médias a partir do ensaio são apresentados na Quadro 3.

Quadro 3 – Média de Resistência à compressão

Material	Resistência à compressão média (MPa)
Grits 20%	52,35
Piloto	59,8

O presente resultado obtido mostra que os dois traços ultrapassam a resistência mínima estipulada pela NBR 9781 de 35 MPa. Logo, a produção de paver com 20% de areia substituída por *grits* resiste a uma compressão de 49,57% acima dos 35 MPa e 30,87% além do valor esperado do traço de 40 MPa, e uma diferença na ordem de 14,23% menor em relação ao *paver* convencional.

4.7. ABSORÇÃO DE ÁGUA

O ensaio de absorção de água avalia a quantidade de massa que o corpo incrementa devido a penetração de água ao ser submetido à imersão. O ensaio foi realizado conforme o Anexo B da NBR 9781 (ABNT,2013), cujos corpos foram submetidos à imersão por pouco mais de 24 horas, depois tiveram suas superfícies secadas por um pano e pesados. O valor de absorção do concreto é dado em porcentagem e obtido através da equação:

$$A = \frac{m2 - m1}{m1} \times 100$$

Onde,

A é a absorção de cada corpo de prova, expressa em porcentagem;

m2 é a massa do corpo de prova saturado, expressa em gramas;

m1 é a massa do corpo de prova seco, expressa em gramas.

A partir do ensaio, a quantidade média de absorção de água pelos *pavers* foi calculada e expressa no Quadro 4. Como esperado, os *pavers* produzidos com *grits* apresentaram características semelhantes às do paver de traço piloto quanto à absorção de água, mostrando ser pouco mais poroso que o convencional. Com relação aos componentes de areia e *grits* percebeu-se que ambos favorecem ao aumento da absorção, não podendo, no entanto, garantir que, estatisticamente, o componente *grits* fornece valores superiores ao da componente areia. Porém a substituição da areia pelo *grits* não prejudica a absorção do concreto.

Quadro 4 – Média de absorção de água

Material	Média de Absorção de Água
<i>Grits</i> 20%	3,89%
Piloto	3,67%

5 CONCLUSÕES

No geral, todos os ensaios em que o *grits* foi submetido, tiveram como resultados satisfatórios sua utilização na produção de argamassa e concreto. Mesmo não apresentando características físicas semelhantes à areia, este novo material dentro do ramo da construção civil se adequou às normativas e apresentou um rendimento positivo em comparação aos materiais convencionais.

Quanto sua granulometria, mesmo não sendo compatível sua forma natural à da areia, o *grits* modificado ao ser moído, se adequou às curvas naturais do agregado miúdo e foi possível uma comparação positiva entre ambos.

O *grits* ao ser utilizado na produção dos corpos de prova de argamassa (na porcentagem 20%) contribuiu para a melhoria da resistência à compressão, já que obteve, em sua maioria, valores mais elevados quanto ao traço piloto.

Como objetivo principal, o *grits* ao ser utilizado na fabricação dos pisos intertravados de concreto, nessas mesmas porcentagens, mostrou ser um material de fácil adequação tanto à argamassa quanto ao próprio concreto, adquirindo características que mantiveram em grande parte a resistência do *paver* e seus níveis de absorção de água. Além disso, este teor de substituição também não prejudicou a consistência do concreto, viabilizando seu desempenho em processos de moldagem sem a necessidade de emprego de aditivos.

É possível concluir também que a substituição de *grits* no concreto quando em pequenas porcentagens se mostra eficiente. Sugere-se para trabalhos futuros o estudo em maiores quantidades de substituição e avaliar questões principalmente ligadas à durabilidade para se conseguir dados mais conclusivos sobre a viabilidade da substituição ao longo do tempo, pois a presença de óxidos de cálcio do resíduo pode trazer problemas quanto sua estabilidade dimensional.

De modo geral, este projeto proporcionou uma análise sobre o comportamento do concreto confeccionado com o resíduo *grits*. O *grits* quando moído mostrou-se um material que pode ser utilizado como agregado miúdo com potencial para ser implementado na construção civil, ampliando o desenvolvimento de tecnologias sustentáveis e amenizando os impactos gerados pelas indústrias de papel e celulose.

AGRADECIMENTOS

Financiamento Base – UIDB/04708/2020 ao CONSTRUCT – Instituto de I&D em Estruturas e Construções – financiado pelos fundos portugueses através de FCT/MCTES (PIDDAC). Financiamento Português através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., dentro do Estímulo do Emprego Científico – Concurso Institucional – CEECINST/00049/2018.

REFERÊNCIAS

ALVARENGA, et al. Evaluation of adding grits in the manufacture of soilcement bricks. In Rewas: towards materials resource sustainability, 2016.

ARRUDA, et al. Comparação de custos de implantação de eucalipto com resíduo celulósico em substituição ao fertilizante mineral. Revista Ceres, v. 58, n. 5, p. 576 - 583, 2011.
Associação brasileira de normas técnicas. Nbr 7181: solo - análise granulométrica. Rio de janeiro, 2016.

Associação brasileira de normas técnicas. Nbr 9778: argamassa e concreto endurecidos – determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de janeiro, 2005.

Associação brasileira de normas técnicas. Nbr 9781: peças de concreto para pavimentação-especificação e métodos de ensaio. Rio de janeiro, 2013.

Associação brasileira de normas técnicas. Nbr 10004: resíduos sólidos - classificação. Rio de janeiro, 2004.

Associação brasileira de normas técnicas. Nbr 5739: concreto - ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de janeiro, 2018.

Associação brasileira de normas técnicas. Nbr nm 23: cimento portland e outros materiais em pó - determinação de massa específica. Rio de janeiro, 2000.

Associação brasileira de normas técnicas. Nbr nm 45: a gregados - determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de janeiro, 2006.
Bracelpa – Associação Brasileira de Celulose e Papel. Disponível em: <http://www.bracelpa.org.br/>>. Acesso em: 05 maio 2018.

BRASIL. Decreto-lei nº 12.305, 02 de agosto de 2010.

Cenibra – Celulose Nipo-Brasileira S/A. Relatório de sustentabilidade, Jun. 2010. Disponível em: <<http://www.cenibra.com.br/cenibra/Relatorio%20Web/www/fscommand/PORTUGUES.pdf>>. Acesso em: 05 maio 2018.

CUSMA, D. F. Compósitos à base de resíduos da recuperação química da produção kraft de celulose. 83f. Tese Mestrado (Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Pr, 2015.

Fontes - Stella – Produção brasileira de celulose cresce 8,1% em 2016. Disponível em: <https://www.valor.com.br/empresas/4856722/producao-brasileira-de-celulose-cresce-81-em-2016> Acesso em: 9 de jul. de 2018

MARQUES, *et al.* Potencialidades do uso de resíduos de celulose (dregs/grits) como agregado em argamassas. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, v.16, n.4, p.423-431, 2014.

MENDONÇA, Arlan do Carmo. Incorporação do resíduo grits na produção de argamassa para uso na construção civil. 2018. 130 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2018.

OLIVEIRA JÚNIOR, et al. The influence of partial replacement of natural sand aggregates by grits residues on the mechanical properties of an ecological mortar. *Journal of Building Engineering*, v.26, 2019.

RODRIGUES, P. P. F.. Fabricação de blocos pré-moldados de concreto para pavimentação. 2ª edição. São Paulo, ABCP, 1995. 20 páginas. (BT-103)

SANTOS, et al. Green liquor dregs and slaker grits residues characterization of a pulp and paper mill for future application on ceramic products. *Journal of Cleaner Production*, v. 240, 2019.
SERRO, Milena. Cenários Ibá – Estatísticas da indústria brasileira de árvores (Ibá), Áreas de Estatística e Comunicação Corporativa da Ibá, 2015.

SILVEIRA, J.P.; ROCHA, J.C.; CHERIAF, Malik.; Desenvolvimento de blocos de concreto com uso das cinzas termelétricas. I Conferência latino-americana de construção sustentável x encontro nacional de tecnologia do ambiente construído 18-21 julho 2004, São Paulo.