

UTILIZAÇÃO DE *DREGS* NA PRODUÇÃO DE CONCRETO COMO ALTERNATIVA PARA UTILIZAÇÃO DE UM RESÍDUO INDUSTRIAL

Fernanda Vitória Vieira¹; Suellen Barbosa Viana¹; Willian Pereira Gomes^{2*}

¹ Graduanda em Engenharia Química – Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS; ² Doutor em Ciência dos Materiais – UNESP; docente das Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS
* autor correspondente: will.btos@gmail.com

RESUMO

No processo Kraft são gerados 50 ton de *dregs* diariamente, este resíduo tem como destinação final o aterro sanitário, ocupando cerca 19% do aterro. Com essa produção diária os aterros da indústria de celulose e papel são projetados para durarem 24 meses. Portanto, é de suma importância o desenvolvimento de uma solução viável econômica e ambientalmente melhor do que apenas o descarte, para a indústria de celulose e papel. O objetivo desse trabalho foi propor a utilização de *dregs* como incorporação de agregado fino na produção do concreto, a fim de diminuir o descarte em aterros, usando de uma forma inteligente para o aproveitamento deste resíduo, verificando a viabilidade na resistência mecânica do incorporado ao concreto, atendendo as normas exigidas pela ABNT NBR 5739. Desta forma podemos concluir que a mistura utilizando 10% de *dregs* apresentou brevemente um pouco superior aos traços referência e torna-se uma opção viável financeira e ecologicamente correta.

PALAVRAS-CHAVE: *kraft*; resíduos; *dregs*; concreto.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é considerado o maior exportador de celulose dentro do mercado mundial e seus principais destinos são China com (43%) e Estados Unidos com (16%), tendo uma diferença de US\$ 1,7 bilhão em exportado, com relação ao segundo colocado (IBÁ, 2020).

A finalidade do processo consiste na separação das fibras, celulose e hemicelulose dentre os demais componentes presentes na estrutura da madeira, sendo o objetivo principal a remoção da lignina e os extrativos (BRITT, 1965; COLODETTE; GOMES, 2015).

O segmento papelero tem estigma altamente danosa para o meio ambiente, devido à grande utilização de recursos naturais como a madeira, para extração da celulose, liberação de gases no processo, além da alta concentração de resíduos sólidos gerados nas diferentes

etapas de seu processo produtivo (BOHARB et al., 2017).

Com base nos dados do relatório anual da indústria Eldorado Brasil no ano de 2019, a disposição de resíduos não perigosos foi reduzida com total de 327.885,08 toneladas em relação ao ano de 2018 total de 341.468,74 toneladas, para os resíduos perigosos o total foi de 641,82 toneladas, volume menor em comparação ao ano de 2018, onde o total foi de 893,96 toneladas (ELDORADO BRASIL, 2019).

Seus principais resíduos sólidos gerados no processo produtivo são os *dregs* as cinzas de biomassa, os *grits* e pôr fim a lama de cal (CALMON, 2010; MARTINEZ-LAJE et al., 2016).

O *dregs*, é um dos resíduos inorgânicos constituído de carbonatos, de característica alcalino, gerado na etapa de recuperação química do processo *Kraft*, e disposto em aterros (RODRIGUES et al.,

2019). É composto de um material fino com torrões friáveis apresenta coloração cinza escuro (TORRES et al., 2017).

Devido à crescente demanda de processos industriais e a grande geração de resíduos tem se tornado uma preocupação constante para as indústrias, que buscam formas de minimizar os impactos ambientais gerados e os altos custos em relação a destinação final. Com o crescimento do setor de celulose a geração de resíduos sólidos que necessitam de tratamento adequado e, quando não reaproveitados, são dispostos em locais apropriados, a reutilização e reciclagem destes resíduos é recomendado devido à grande ocupação de espaço (TORRES et al., 2017).

Novas tendências e estudos técnicos de aplicação para preparo de misturas é extremamente importante para as grandes construtoras e incorporadoras do país, podendo impactar financeiramente em suas atividades, propiciando a economia de recursos o que é extremamente essencial para a sobrevivência destas empresas (AZEVEDO, 2015).

A construção civil vem crescendo consideravelmente nas últimas décadas, tornando se um dos ramos mais efluentes em aspectos sociais e econômicos, a prova disso são as taxas de empregabilidade do setor que apresenta um aumento de 8% do PIB (Produto Interno Bruto) brasileiro segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (AZEVEDO, 2018).

A cadeia produtiva na construção civil é responsável por desfrutar cerca de 20-50% dos recursos naturais do planeta (BRASILEIRO; MATOS, 2015). O outro problema deste segmento é o grande consumo de cimento, onde se estima uma das atividades antropogênicas, sendo a produção do cimento Portland causadora de 5-8% dos gases do efeito estufa, onde essa produção tende a dobrar até o ano de 2020 (NAZARI; SANJAYAN, 2017). Com isso, há tendência de inovar e produzir cada vez mais

concretos sustentáveis utilizando materiais e meios alternativos (JIN; CHEN; SOBOYEJO, 2015; BERODIER et al., 2018). Outros fatores relevantes para a produção de concretos sustentáveis são a diminuição dos custos, além dos ambientais (BERODIER et al., 2018). Tendo em vista que os materiais incorporados no concreto são originados de resíduos, este material incorporado ao cimento, pode melhorar a compacidade do efeito fíler ou gerar compostos cimentantes de efeito pozolânico (SANTOS, 2019).

2 OBJETIVOS

O estudo tem por objetivo geral avaliar o resíduo sólido da indústria de celulose e papel denominado “*dregs*”, para uma possível aplicação na produção de concreto, analisando seu potencial para o setor da construção civil e verificar a influência da incorporação dos *dregs* na resistência do concreto através de ensaio mecânico de compressão axial, conforme as normas da ABNT, buscando uma destinação útil aos *dregs*.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Preparo da amostra de *dregs*

Neste experimento foram utilizados os materiais, *dregs*, cimento Portland, areia grossa (extraído do Rio Paraná, Três Lagoas, MS), brita 01 da faixa granulométrica 19 mm (extraída em Entre-Rios-SP) e aditivo plastificante (Tec Mult 830, fabricado pelo GCP Technologies).

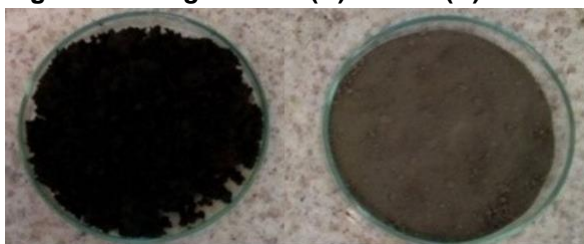
Os *dregs* utilizados foram resíduos provenientes da planta industrial de uma fábrica de celulose e papel, situada na cidade de Três Lagoas, coletados diretamente do aterro sanitário, localizado dentro da propriedade da fábrica e próximo (~ 3 km) ao pátio industrial. O material coletado foi armazenado em sacos de amostras dispostos em temperatura ambiente até o início das análises.

Para dar início às análises, uma pequena parte da amostra de *dregs* foi

dissolvida em água destilada, para verificar o pH. Em seguida, foi pesada para verificar o teor de umidade.

Depois da pesagem, as amostras de *dregs* foram aquecidas em uma estufa (110 °C, 24 horas). Após este período, as amostras foram retiradas da estufa e pesadas novamente para se obter o teor de umidade. A Figura 1 apresenta o *dregs* antes e depois de secagem.

Figura 1 – *Dregs* úmido (A) e seco (B).



Fonte: Elaborado pelos autores.

Depois dos *dregs*, secos o destorroamento do material foi feito manualmente e em seguida armazenados em sacos de amostras, para preservar suas características até o momento da aplicação na dosagem para produção de concreto.

3.2 Preparo dos traços de concreto e corpos de prova

Os cálculos para realização do experimento foram adaptados pelo Engenheiro Civil Lucas R. Freitas, representante técnico da empresa Robemix Concreto Ltda, que também nos doou os componentes (cimento, areia, brita e aditivo) para ser feito o concreto e as formas para serem moldados os corpos de prova.

A avaliação para identificar a viabilidade do uso dos *dregs* como agregado fino na produção de concreto foi realizada através da produção de quatro traços de concreto. Foi usado um traço de referência dosado de acordo com o método ACI/ABCP (TORRES; ROSMAN, 1953) para um F_{ck} (resistência a esforços de compressão) de 20 Mpa (Mega pascal). Junto ao traço referência, três outros traços foram feitos e nesses, foram adicionados o resíduo *dregs*, os percentuais de

dregs adicionados foram 5%, 10% e 15%. Com base nas revisões literárias, seguimos com o experimento nas porcentagens citadas acima para verificação de resistência a compressão, sendo obtido como melhor resultados os parâmetros com substituição de 10% de *dregs* ao concreto (Tabela 1).

Em todos os traços de concreto foram mantidas iguais ao de referência as quantidades de cimento, água, aditivo e agregados, para que assim pudesse observar o comportamento do concreto com o aumento da adição do resíduo.

Inicialmente, a betoneira foi lavada e depois foi realizado a pesagem dos componentes, em seguida, foi colocada a brita e a areia grossa na betoneira por 10 minutos para que iniciasse a mistura, depois de bem misturados os agregados, a betoneira foi desligada para que fosse adicionado o cimento. Durante a mistura foi adicionado metade da água e o aditivo plastificante, e posteriormente a outra metade da água, a mistura ficou sendo homogeneizada por 20 min até que chegasse à consistência desejada, esse foi o traço referência, onde não foram adicionados os *dregs*.

Foram realizados 4 traços de concreto, o traço referência e mais 3 nos quais foram adicionadas as seguintes porcentagens de resíduos, 5%, 10% e 15%. Depois do concreto pronto, foram moldados 4 corpos de prova por traço, totalizando 16 corpos de prova (CPs) que ficaram em repouso dentro de um tanque de água por 7 e 14 dias respectivamente. A Figura 2A e B apresenta os moldes e os corpos de provas, respectivamente.

Passados os dias estipulados, realizou-se o ensaio de compressão axial onde foi utilizada uma prensa mecânica da marca Zeloso (com capacidade de 100 toneladas), com um manômetro digital conectado. Cada corpo de prova foi colocado individualmente dentro da prensa e cada teste durou aproximadamente 3 minutos (Figura 3).

Tabela 1. Concretos produzidos no trabalho.

Adição de traço	Cimento (kg)	Dregs (g)	Agregado miúdo (kg)	Agregado graúdo (kg)	Água (L)	Relação água/cim.	Aditivos (% cim.)
Referência	3	-	5.022	8.625	1.680	560	0,8% = 24 mL
5%	3	0,150	5.022	8.625	1.680	560	0,8% = 24 mL
10%	3	0,300	5.022	8.625	1.680	560	0,8% = 24 mL
15%	3	0,450	5.022	8.625	1.680	560	0,8% = 24 mL

Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 2. Imagens dos moldes (A) e dos corpos de prova (B).



Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

Figura 3. Prensa realizando o rompimento do corpo de prova.



Fonte: Elaborado pelos autores.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os *Dregs* apresentaram teor de umidade de 65 % e são considerados um resíduo fortemente alcalino (pH entre 10,0-14,0), porém, a amostra coletada apresentou pH 7,0, isso pode ser explicado pois na fábrica onde foram coletadas as amostras, os *Dregs* são lavados e centrifugados antes de irem para o aterro.

A resistência física dos blends produzidos foi determinado após todos os corpos de prova rompidos, os valores obtidos foram inseridos nas Tabelas 2 e 3.

Os dados das Tabelas 2 e 3 mostram que dentre os traços produzidos, o que melhor apresenta resistência mecânica foi o traço cuja substituição parcial do concreto foi de 10%. Já para os traços com 15%, obtive-se uma queda na resistência demonstrando que porcentagens acima de 10% implicaram em resultado de compressão axial (Gráfico 1A e B).

Tabela 2. Concretos produzidos com tempo de cura de 7 dias.

Concreto	FcK proj.	Ruptura	Resistência (MPa)	Média (MPa)
Referência	20,0	7 dias	26,4	27,2
			28,1	
5%	20,0	7 dias	19,4	20,9
			22,4	
10%	20,0	7 dias	22,0	23,5
			25,1	
15%	20,0	7 dias	13,7	15,1
			16,5	

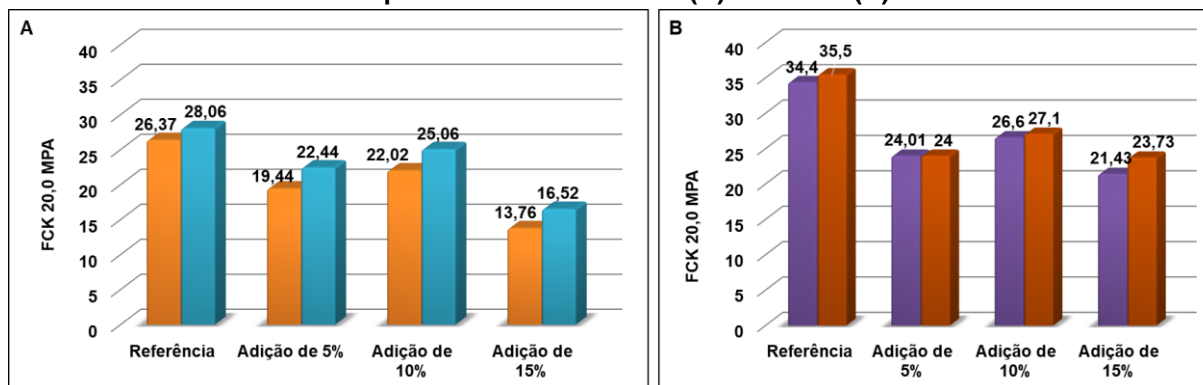
Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

Tabela 3. Concretos produzidos com tempo de cura de 14 dias.

Concreto	FcK proj.	Ruptura	Resistência (MPa)	Média (MPa)
Referência	20,0	14 dias	34,4	35,0
			35,5	
5%	20,0	14 dias	24,0	24,1
			24,1	
10%	20,0	14 dias	26,6	26,9
			27,1	
15%	20,0	14 dias	21,4	22,6
			23,7	

Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

Gráfico 1. Resultados de compressão axial em 7 dias (A) e 14 dias (B).



Fonte: Elaborado pelos autores.

Verificou-se a viabilidade de se utilizar o resíduo sólido obtido no processo *kraft*, denominado *dregs*, para ser incorporado ao concreto sem que fosse perdida a resistência mecânica e que atendessem as normas exigidas pela ABNT NBR 5739 para um concreto Fck 20 Mpa (concreto - ensaios de compressão de corpos-de-prova cilíndricos (ABNT, 2007)).

Observou-se que na adição de 5% e 10%, os corpos de prova (CP) alcançaram a resistência esperada, com apenas 7 dias, porém um dos corpos de prova da adição de 5%, ficou o com resultado ligeiramente

menor, 19,44 Mpa, o que pode ser explicado por um possível erro na moldagem do corpo de prova.

As adições de 5% e 10% de *dregs* alcançaram a resistência esperada com 7 dias, o que é um excelente resultado, e a adição de 15% (porcentagem máxima adicionada) mesmo que mais lentamente (com 14 dias), alcançou o resultado esperado de acordo com os achados na literatura (TORRES, 2016).

Os resultados obtidos por Torres et al. (2017) e Martinez-Laje et al. (2016), demonstraram que concretos produzidos com substituição de 10% de *dregs*

apresentaram uma perda de resistência em cerca de 20%, enquanto concretos produzidos com substituição de 20% apresentaram perda de resistência cerca de 30%.

Para Torrez (2017), os resultados mostraram que a adição de *dregs*, manteve-se fixo o consumo de cimento, não implicando de forma a ocasionar prejuízo na resistência a compressão do concreto, onde os teores de 2% e 10%, obtendo assim um ganho de resistência dentre os 28 dias de seu experimento cerca de 1,6% e 5,4%, em comparação ao traço de referência e já para o traço de 20% o autor obteve uma perda de 7,6% dentre os 28 dias, demonstrando que em teores mais baixos a adição de *dregs* contribui no empacotamento das partículas, proporcionando um concreto mais compacto e resistente.

5 CONCLUSÃO

Através dos resultados obtidos, em comparação com a literatura, é possível concluir que o resíduo *dregs* pode ser usado na substituição parcial entre 2% e 10 % do cimento Portland em pequenas frações obtendo resultados satisfatórios, com isso a proposta de utilizar os *dregs* na composição do concreto, afim de minimizar o descarte desse resíduo em aterros e dar a ele uma utilização rentável, reduzindo os impactos ambientais que esse descarte pode proporcionar ao meio ambiente, e para que se mostre viável economicamente, podendo assim ser estudado em pesquisas futuras.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739: Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

AZEVEDO, A. R. G. Avaliação da Incorporação do Lodo Primário da ETE da

Indústria de Papel Reciclado na Produção de Argamassas. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 120 f., 2015.

AZEVEDO, A. R. G. Desenvolvimento de placas cimentícias reforçadas com incorporação do lodo primário da indústria de papel de celulose. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – Uenf Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, 186 f., 2018.

BERODIER, R. et al. Robust production of sustainable concrete through the use of admixtures and intransit concrete management systems. *Cement and Concrete Composites*, v. 30, p. 1-15, 2018.

BOHARB, A. et al. Energy conservation potential of an energy audit within the pulp and paper industry in Marocco. *Journal of Cleaner Production*. v. 149, n. 1, p. 569-581, 2017.

BRASILEIRO, L. L.; MATOS, J. M. E. Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil. *Cerâmica*, v. 61, n. 358, p. 178-189, 2015.

BRITT, K. H. Handbook of pulp and paper technology. New York: Reinhold Publishing Corporation, p. 537, 1965.

CALMON, J. L. Resíduos industriais e agrícolas. In: ISAIA, G. C. *Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais*. São Paulo: IBRACON, 2010.

COLODETTE, J. L., GOMES, J. B. (Ed.). *Branqueamento de Polpa Celulósica*. Viçosa: Editora UFV, p. 816, 2015.

ELDORADO BRASIL. Relatório Anual da Eldorado Brasil 2020. 2020. Disponível em: <eldorado-brasil-relatório-

- sustentabilidade-2019.pdf> Acessado em: 12 jun. 2021.
- IBA – Industria Brasileira de Arvores. Relatório Anual IBA 2020. Disponível em: <relatorio-iba-2020.pdf> Acessado em: 12 jun. 2021.
- JIN, R.; CHEN, Q.; SOBOYEJO, A. Survey of the current status of sustainable concrete production in the U.S. Conservation and Recycling, v. 105, p. 148-159, 2015.
- MARTÍNEZ-LAJE, I. et al. Concretes and mortars with waste paper industry: Biomass ash and *dregs*. Journal of Environmental Management, v. 181, p. 863-873, 2016.
- MARTINS, F. M. Caracterização química e mineralógica de resíduos sólidos industriais minerais do estado do Paraná. Curitiba: UFPR. Dissertação (Mestrado em Química), Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.
- MATO, J. M. E. et al. Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil. Cerâmica, São Paulo - SP, p. 178-189, 2015.
- NAZARI, A.; SANJAYAN, J. G. (Ed.) Handbook of Low Carbon Concrete. 1ª ed. Elsevier, 2017.
- RODRIGUES, L. R. et al. Resíduo do processo *Kraft* (*dregs*) como matéria-prima alternativa para cerâmica vermelha. Cerâmica, v. 65, n. 373, p. 162-169, 2019.
- SANTOS, H. M. M. Uso de resíduo do polimento do porcelanato em concreto como adição e como material cimentício suplementar. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 99 f., 2019.
- TORRES, C. M. M. E. et al. Uso de resíduos sólidos alcalinos de fábricas de papel e celulose *kraft*, *dregs* e grits na produção de cimento. In: Caracterização de Minerais, Metais e Materiais 2017. Springer, Cham, p. 843-852, 2017.
- TORRES, C. M. M. E. Incorporação de *dregs* e grits de fábricas de polpa celulósica *kraft* ao clínquer para a produção de cimento portland. Dissertação (Pós-Graduação em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 108 f., 2016.
- TORRES, S. O. A. et al. Utilização de finos de *dregs* na produção de concretos. 59ª Edição Congresso Brasileiro do Concreto – IBRACON 2017.