

VIABILIDADE TÉCNICA DA UTILIZAÇÃO DE REJEITOS DA EXTRAÇÃO DE CARVÃO MINERAL NA FABRICAÇÃO DE BLOCOS DE CONCRETO PARA PAVIMENTAÇÃO DE VIAS PÚBLICAS

Roberto BORTOLOTTTO¹; Rejane Maria TUBINO².

¹Associação Beneficente da Indústria Carbonífera de Santa Catarina, roberto.bortolotto@satc.edu.br; ²Universidade Federal do Rio Grande do Sul, rejane.tubino@ufrgs.br

RESUMO

O crescente avanço tecnológico em produtos e serviços, vistos nas últimas décadas, tem trazido progresso e comodidade a humanidade, porém, apresentam uma demanda sempre maior de energia.

O carvão mineral, que tem como principal emprego a geração de energia elétrica em âmbito mundial, não sendo diferente para a região sul do estado de Santa Catarina, se apresenta como uma fonte economicamente promissora além de propiciar a segurança energética para os dias atuais. Entretanto, a falta de um sistema de gestão ambiental adequado para sua produção pode resultar em severos impactos ambientais, que podem vir a contaminar os recursos ambientais.

O presente trabalho tem por principal objetivo o estudo da viabilidade técnica para a utilização do rejeito de carvão, in natura, obtido do processo de separação do carvão em equipamentos hidro vibratórios denominados JIGs, das empresas mineradoras da região sul de Santa Catarina, em substituição ao agregado fino natural (areia) na produção de blocos de concreto para pavimentação de vias públicas, buscando assim, uma aplicação nobre para um produto potencialmente poluidor se descartado sem critérios na natureza.

Inicialmente foi coletado uma amostra de 300kg diretamente da correia transportadora de rejeitos, na saída do lavador. Após a secagem ao ar livre, a amostra foi britada para atingir uma granulometria máxima de 4,75mm. No prosseguimento do trabalho, produziu-se os blocos de concreto, nas proporções de 0% (testemunho), 25%, 50%, 75% e 100% de substituição de rejeito de carvão ao agregado miúdo aplicado ao concreto. Os blocos para pavimentação foram produzidos na fábrica da prefeitura do município de Criciúma, que está situada nas dependências do Presídio Municipal Santa Augusta. Esta fábrica proporciona uma opção de trabalho aos apenados que adquiriram o direito de cumprirem suas penas no regime semiaberto, proporcionando assim, um importante papel social na ressocialização destes apenados, além de produzir material de revestimento que é aplicado nas vias públicas do município, beneficiando deste modo, além dos apenados, os habitantes da cidade de Criciúma. Durante a produção das amostras dos blocos de concreto com o rejeito de carvão, o pesquisador procurou ao máximo não interferir no processo desenvolvido na fábrica onde são produzidos os blocos de concreto empregados na pavimentação das vias públicas de Criciúma. Sendo assim, a única alteração imposta às amostras foi a substituição proporcional do agregado miúdo natural, areia lavada, pelo agregado de rejeito de carvão mineral, nas proporções de 25%, 50%, 75% e 100%, que é o alvo deste estudo. O lote de estudo contou ainda com a produção de blocos de concreto sem adição de rejeito de carvão, que teve como função servir de base comparativa para as análises de compressão, abrasão e absorção de água. Posteriormente foi realizado um estudo para avaliar a possibilidade de geração, pelos blocos de concreto, de drenagem ácida de mina (DAM), que é a principal fonte de poluição do solo e dos corpos de água dos municípios pertencentes a AMREC – Associação dos Municípios da Região Carbonífera. Como resultado, aponta-se como promissora a viabilidade técnica para utilização deste rejeito para este fim.

Palavras-chave: carvão mineral, blocos de concreto para pavimentação, responsabilidade social, drenagem ácida de mina (DAM).

ABSTRACT

The growing technological advance in products and services, seen in the last decades, has brought progress and convenience to humanity, however, they present an ever greater demand of energy.

Mineral coal, whose main job is the generation of electricity worldwide, is not different for the southern region of the state of Santa Catarina, presents itself as a source that is economically promising and provides energy security for the present day. However, the lack of an adequate environmental management system for its production can result in severe environmental impacts, which may contaminate environmental resources.

The main objective of this work is to study the technical feasibility of the use of the in-line coal waste obtained from the coal separation process in the JIGs of mining companies in the southern region of Santa Catarina, replacing the natural fine aggregate (sand) in the production of concrete blocks for paving public roads, thus seeking a noble application for a potentially polluting product if discarded without criteria in nature.

Initially, a 300kg sample was collected directly from the waste conveyor belt at the washer outlet. After drying in the open air, the sample was crushed to reach a maximum particle size of 4.75mm. In the continuation of the work, the concrete blocks were produced in the proportions of 0%, 25%, 50%, 75% and 100% of addition of coal tailings to the small aggregate applied to the concrete. The paving blocks were produced in the factory of the municipality of Criciúma, which is located in the premises of the Municipal Presidio Santa Augusta. This factory provides an option to work for the victims who have acquired the right to comply with their penalties in the semi-open regime, thus providing an important social role in the resocialization of these victims, as well as producing coating material that is applied on the public roads of the municipality, benefiting from this Way, besides the distressed ones, the inhabitants of the city of Criciúma. During the production of the samples of the concrete blocks with the coal waste, the researcher tried to avoid interfering with the process developed in the factory where the concrete blocks used in the paving of the Criciúma public roads are produced. Thus, the only change imposed on the samples was the proportional substitution of the natural aggregate, washed sand, by the aggregate of coal tailings, in proportions of 25%, 50%, 75% and 100%, which is the target of this study. The study lot also had the production of concrete blocks without the addition of coal tailings, whose function was to serve as a comparative basis for the analyzes of compression, abrasion and water absorption. Subsequently, a study was carried out to evaluate the possibility of the generation of acid mine drainage (AMD) by concrete blocks, which is the main source of soil and water bodies contamination of the municipalities belonging to AMREC - Association of Municipalities of the Carboniferous Region. As a result, the technical feasibility of using this waste for this purpose is promising.

Key-Words: Coal, concrete block paving, social responsibility, acid mine drainage (AMD).

1 INTRODUÇÃO

Segundo Santos (2012), atualmente na região da Associação dos Municípios da Região Carbonífera de Santa Catarina - AMREC, aproximadamente 65% do carvão ROM (Run-of-Mine), ou seja, produção bruta, retirada da mina, são descartados como rejeitos, que quando não tratados devidamente, poderão gerar impactos ambientais de elevada monta aos corpos hídricos e ao meio ambiente. Por outro lado o World Coal Institute na sua publicação, Coal Mining- The Resource: A Comprehensive Overview of Coal (2005), diz que o carvão mineral representa quase 40% do abastecimento de energia elétrica do mundo. Sendo que em alguns países este número é ainda maior: 94% para a Polônia, 92% para a África do Sul, 77% para a China e 76% para a Austrália.

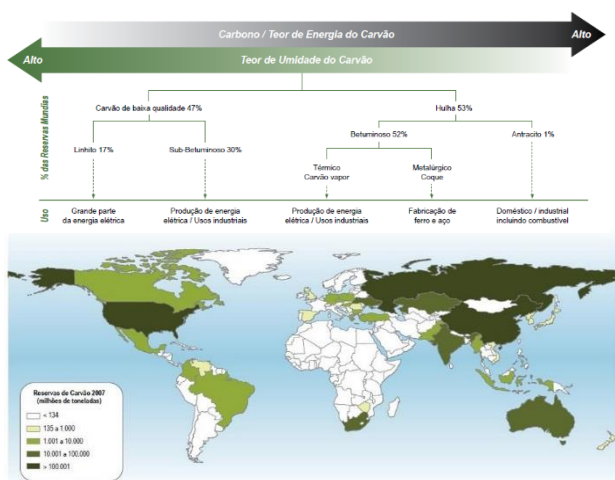
Segundo Pinheiro (2012), os anos de exploração do carvão mineral na AMREC, somados ao descarte sem critérios dos rejeitos imprimiram um aspecto ermo à paisagem da região onde amontoados de rejeitos, a contaminação dos recursos hídricos, o comprometimento da flora e da fauna, motivaram um novo cenário no processo de recuperação e o desenvolvimento regional. Sendo assim, emergem questionamentos que instigam a busca, através da pesquisa, de novas perspectivas para o carvão na região sul do estado de Santa Catarina, sendo principalmente nos aspectos socioambientais.

A construção civil apresenta-se como uma opção bastante promissora onde as pesquisas mostram que é possível dar uma aplicação honrosa ao rejeito da mineração, possibilitando assim, a transformação de um rejeito poluidor em um produto de valor comercial.

2 O CARVÃO MINERAL NO MUNDO

O carvão mineral é a fonte de energia não renovável que tem sua distribuição sobre o globo terrestre da forma mais democrática, conforme pode ser visto na Figura 1. Inicialmente teve seu emprego na produção de vapor, que na Inglaterra do século XVII, foi um dos pilares de sustentação da primeira revolução industrial. A partir dos anos finais do século XIX, o vapor gerado pela queima do carvão passou a ser utilizado principalmente para a produção de energia elétrica (Atlas de energia elétrica do Brasil, 2008).

Figura 1: Tipos de carvão, reservas e emprego.



Fonte: Atlas da Energia Elétrica do Brasil, 2008.

2.1 O CARVÃO MINERAL NO MUNDO

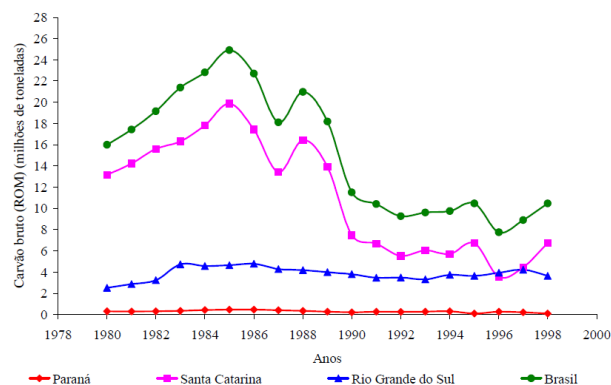
O interesse da coroa portuguesa na colônia restringia-se a metais preciosos e gemas, coibindo toda e qualquer busca por insumos que possibilitassem o surgimento da indústria brasileira. Somente no final do segundo império é que tem início, ainda que de forma bastante acanhada, a organização de instituições responsáveis pelo estudo dos recursos naturais do Brasil. Este fato possibilitou a confirmação da existência e o melhor conhecimento do carvão brasileiro, que é encontrado em uma estreita faixa litorânea que vai de São Paulo até o Rio grande do Sul (Belolli, 2002).

O carvão brasileiro também conhecido como carvão gonduânico, devido ao fato de ter sido formado ainda antes da separação do supercontinente, possui características semelhantes ao dos carvões indianos e africanos (Chaves, 1972). Sua qualidade é considerada baixa e os teores de cinza e enxofre variam em função da posição geográfica em que se encontra.

A Figura 2 evidencia que a concentração da produção do carvão mineral no Brasil, fica quase

que restrita aos estados da região sul, onde tem papel de destaque no estado de Santa Catarina, conforme afirmaram Soares et al. (2008).

Figura 02: Evolução da produção de carvão bruto (ROM)
no Brasil



Fonte: Redivo, 2002

2.2 O CARVÃO MINERAL EM SANTA CATARINA

O carvão catarinense é parte fundamental e indissolúvel da história da região sul do estado, chegando em alguns casos, a se confundir com a própria história dos municípios produtores, sendo fonte de progresso e do crescimento destes, bem como da fixação do homem. A Figura 3 apresenta a incidência de carvão mineral no estado de Santa Catarina.

Figura 3: Zona Carbonífera de Santa Catarina



Fonte: Belloli et al., 2012

A exploração do carvão catarinense teve início somente no ano de 1874 quando da assinatura do contrato de concessão da exploração e do transporte do carvão ao porto de Laguna para o segundo Visconde de Barbacena, Felisberto de Caldeiras Brand e Pont. Surgiram então duas empresas, a *The Tubarão Coal Mining Company* e a *The Donna Thereza Cristina Railway Company Limited*, sendo que a segunda ganhou ainda o direito de transportar o carvão produzido nas minas até os portos de Laguna e Imbituba por um período de 80 anos (Zumblick, 1987).

2.3. O CARVÃO MINERAL EM CRICIÚMA - SANTA CATARINA

A descoberta da existência de carvão mineral em Criciúma aconteceu de forma casual, quando no ano de 1904, o Sr. Giacomo Sonogo, ao atear fogo em uma área de sua propriedade em que havia cortado o mato, notou a existência de pedras em brasa.

A exploração do carvão em Criciúma remonta o ano de 1915, quando é aberta a primeira mina de carvão, sendo esta, localizada no bairro Pio Correa, conforme pode ser visto na Figura 04. Uma amostra deste carvão foi enviada para análise e obteve uma qualificação ótima. Este fato gerou otimismo aos empresários do setor carbonífero e incentivou assim sua extração. Com o início das atividades, em 1919, da Estrada de Ferro Dona Tereza Cristina, ligando Criciúma ao porto de Laguna, o carvão criciúmeno passa a ter um custo de produção menor e uma maior logística de transporte, o que incentivou a abertura de novas minas.

Figura 4: Mina Pio Correa



Fonte: Belolli et al., 2002

2.4. A EXPLORAÇÃO DO CARVÃO MINERAL E O MEIO AMBIENTE

Apesar de 13% da geração elétrica do Brasil ser proveniente da queima de carvão mineral, durante quase um século de sua exploração na região de Criciúma, muitos foram os danos ambientais provocados pela atividade. Durante o processo de beneficiamento do ROM (Run of Mine), o carvão é separado do rejeito. Este era então descartado sem qualquer cuidado com o meio ambiente. Este rejeito quando em contato com água e oxigênio, gera um efluente ácido denominado de Drenagem Ácida de Minas (DAM) que destaca-se pela contaminação dos recursos hídricos, a destruição de vegetação e a perda de utilidade de extensas áreas de terra. Atualmente estima-se que existam aproximadamente 6.400 hectares de áreas de terras degradadas pela mineração de carvão, além de aproximadamente 800 bocas de mina abandonadas, que continuam contribuindo para a degradação dos recursos hídricos das bacias hidrográficas dos rios Araranguá, Tubarão e Urussanga. A Figura 5, mostra em marrom, a DAM gerada por uma “boca” de mina abandonada (Portal da Ação Cível do Carvão, 2000).

Figura 5: Boca de mina abandonada



Fonte: Portal da Ação Civil Pública do Carvão, 2000

2.5. A AÇÃO CÍVEL PÚBLICA DO CARVÃO MINERAL

Ainda segundo o Portal da ação cível do carvão (2000), em virtude da degradação ambiental promovida pela atividade carbonífera na região de Criciúma, o Ministério Público Federal (MPF) moveu a ação pública nº 20.097 de 05/01/2000 que condenou solidariamente a União, o Estado de Santa Catarina e as empresas mineradoras a promoverem a recuperação das áreas degradadas pela atividade mineradora no sul do Estado Catarinense. Como consequência desta condenação foi desenvolvido um programa onde estão inclusos vários projetos de recuperação da fauna, flora, solo e recursos hídricos da bacia carbonífera. O MPF instituiu ainda a criação de um grupo técnico de assessoramento à execução da

sentença, formado pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), a Companhia de Pesquisa de Recursos minerais (CPRM), a Fundação do Meio Ambiente (FATMA) e o Ministério do Meio Ambiente (MMA), que tem por função avaliar os resultados e apresentá-los ao MPF.

Os vultosos recursos investidos na recuperação ambiental preconizada pela Ação Cível Pública do Carvão, já mostra bons resultados conforme o que pode ser comprovado pela Figura 6.

Figura 6: Processo de recuperação ambiental



Mina em operação (1986)

Área sendo preparada

Área revegetada (1991)

Fonte: SIECESC (2000)

Devido aos exposto, o presente trabalho tem por objetivo realizar um estudo de viabilidade técnica para utilização do rejeito de carvão, obtido do processo de separação do carvão nos JIGs das empresas mineradoras da região sul de Santa Catarina, em substituição ao agregado miúdo natural (areia) na produção de blocos de concreto para pavimentação de vias públicas, buscando assim, uma aplicação nobre para um produto potencialmente poluidor se descartado sem critérios na natureza.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A fábrica de blocos de concreto da prefeitura de Criciúma está situada nas dependências do presídio municipal Santa Augusta, sendo responsável pela produção de blocos de concreto para pavimentação das vias públicas do município. Esta fábrica oferece um trabalho de inestimável valor sócio educativo aos apenados que adquiriram o direito de cumprirem suas penas no regime semiaberto. Ou seja, adquiriram o direito de trabalhar durante o dia e retornarem ao presídio no período noturno. Esta condição lhes permite reduzir o tempo de pena em função dos dias trabalhados, além de, propiciar condições para o reingresso do apenado na sociedade. Uma outra contribuição desta fábrica ao município de Criciúma reside no fato de que os blocos aí produzidos, estão proporcionando o capeamento das vias públicas a um custo reduzido e de modo ininterrupto, pois os blocos são produzidos pelo próprio município.

A fábrica de blocos de concreto para pavimentação, acima mencionada, é composta basicamente por: Uma betoneira, uma mesa vibratória, uma forma para moldar os blocos e bases

de madeira para depositar os blocos produzidos que irão aguardar o processo de cura ao ar livre (Figura 7).

Figura 7: Fábrica de blocos de concreto



Fonte: acervo do autor

Tomando-se como base o trabalho, em nível laboratorial, de Santos (2012), procurou-se produzir os blocos que serviram de base para este trabalho, seguindo o processo de produção normalmente utilizado pelos trabalhadores na fábrica de blocos de concreto, uma vez que, o estudo em questão pretende responder à pergunta: existe a viabilidade técnica para produzir, em larga escala, blocos de concreto com rejeito de carvão mineral?

Sendo assim, os blocos de estudo deveriam manter-se o mais fiel possível ao processo produtivo estabelecido e historicamente validado pela produção da fábrica. Assim, as mudanças impostas no processo produtivo dos blocos de estudo se restringiram a mistura rejeito/areia do agregado miúdo e o aumento da porção de água adicionada a mistura que se fez necessário devido a quantidade de rejeito nas proporções de 75% e 100%.

A Figura 8 mostra a aparência dos blocos de 100% e 0% de mistura de rejeito de carvão, segundos após terem sido desformados e depositados sobre a base de madeira, onde permanecem por sete dias para cura, antes de serem aplicados na pavimentação das vias públicas da cidade de Criciúma.

Foram escolhidos estes dois percentuais justamente por apresentarem uma acentuada diferença na tonalidade dos blocos, que se deve ao alto nível de umidade dos mesmos, aliada a coloração do rejeito de carvão, utilizado como agregado miúdo na composição do concreto.

Figura 8: Bloco de concreto com 100% e 0% de rejeito de carvão, respectivamente



Fonte: acervo do autor

O carregamento completo da betoneira consistia das proporções apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Quantidade de material, em massa, para carregamento da betoneira

% de mistura do agregado miúdo	0%	25%	50%	75%	100%	Unidade
Rejeito de carvão	0	41,1	82,2	123,3	164,4	Kg
Areia lavada	204	153	102	51	0	Kg
Brita	122,5	122,5	122,5	122,5	122,5	Kg
Cimento	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	Kg
Água	15	15	15	20	20	kg
Peso por bloco	14,4	14,0	13,6	13,2	12,8	Kg
Quantidade blocos produzido	24	24	24	24	24	Pç

Fonte: elaborado pelo autor

excesso de água, foi pesado e registrado o valor. Este procedimento se repetiu para as outras amostras. Decorridos uma hora todo o processo foi repetido e os valores registrados.

Devido ao fato de a diferença entre a primeira e a segunda leitura não terem excedido a 0,5% do valor lido anteriormente, os blocos foram considerados saturados e iniciado então o processo de secagem em estufa. Os corpos de prova foram inseridos na estufa a qual teve sua temperatura

elevada de forma gradual até atingir 110° Celsius e ali permaneceram por 24h.

3.1. Ensaio de absorção d'água

Este ensaio foi baseado no método proposto pela NBR 9781 (2013). Sendo assim, foram utilizados dois blocos de concreto para cada percentual de mistura do agregado miúdo utilizado, denominados de: "corpo de prova A e corpo de prova B".

O percentual de absorção de água é dado segundo a equação (1):

$$A = 100 \times \frac{(m_2 - m_1)}{m_1}$$

Onde:

A é a absorção pelo corpo de prova expresso em percentual (%);

m₁ é a massa do corpo de prova seco, expresso em gramas (g);

m₂ é a massa do corpo de prova saturado, expresso em gramas (g).

Os corpos de prova A e B foram imersos em água à temperatura de 25° Celsius. Os blocos foram mantidos nessa imersão por 24h. Após ter sido retirado do tanque e colocado para escorrer o

Decorridos o período estipulado, os blocos foram pesados e as leituras registradas. Cada bloco pesado foi reintroduzido na estufa, e assim permaneceu por mais uma hora, quando então, o processo de pesagem foi refeito. Uma vez que a diferença entre a primeira e a segunda pesagem não excedeu os 0,5% estabelecidos pela norma, os blocos foram considerados secos e deixados para atingirem a temperatura ambiente de forma gradual e o ensaio de absorção d'água foi finalizado.

3.2. Ensaio de abrasão

O ensaio de abrasão foi realizado no laboratório de desenvolvimento e caracterização de matérias – LDCM do SENAI_{SC}/CTC_{mat}– Centro de Tecnologia em Materiais, o qual norteou a análise no anexo C da norma NBR 9781(ABNT, 2013), onde um disco de aço foi colocado em contato com o corpo de prova, girando 75 vezes em 60 segundos. Entre ambos foi aplicado o elemento abrasivo e no final das 75 revoluções o sulco produzido foi medido em milímetros (mm) com paquímetro.

3.3. Resistência à compressão

O ensaio de resistência à compressão também foi realizado no laboratório de

desenvolvimento e caracterização de matérias – LDCM do SENAI_{SC}/CTC_{mat} – Centro de Tecnologia em Materiais, que também norteou a análise na norma NBR 9781 (ABNT, 2013), onde os corpos de prova foram submetidos a uma força constante em uma máquina de compressão até sua ruptura ou colapso.

3.4. Determinação do potencial de geração de drenagem ácida de mina (DAM)

Para Campaner & Silva (2009), a drenagem ácida de mina (DAM) é um grave problema oriundo das atividades de mineração de carvão, por causar a degradação da qualidade de águas superficiais e subterrâneas, dos solos e sedimentos, sendo caracterizada por pH baixo, alta condutividade e altas concentrações de Al, Fe, Mn, entre outros metais e metalóides, que auxiliam na acidez destas drenagens, uma vez que podem sofrer reações de hidrólise. Sendo assim, para determinar o potencial de geração de DAM, buscou-se conhecer o pH e concentração de metais como: alumínio, ferro, manganês e zinco presentes nos blocos de concreto, alvo deste estudo.

Inicialmente analisou-se o pH, com o auxílio do pHmetro Digimed DM 20, e a concentração dos metais presentes no líquido lixiviado, com o auxílio de um espectrofotômetro de absorção atômica Shimadzu AA-6800, nas amostras de agregado miúdo natural (areia) e no agregado miúdo produzido com rejeito de carvão.

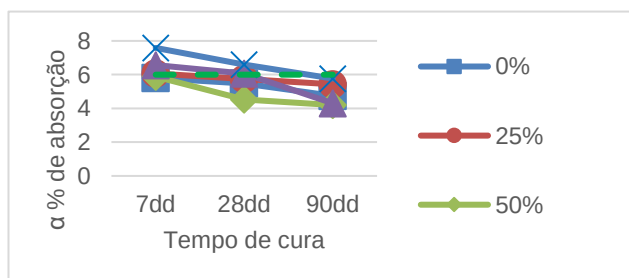
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção serão mostrados e discutidos os resultados obtidos nas análises desenvolvidas no trabalho.

4.1. Ensaio de absorção d'água

Os resultados das médias de absorção de água dos corpos de prova A e B estão registradas na Figura 9.

Figura 9: Média da absorção d'água registrada pelos corpos de prova A e B



Fonte: elaborado pelo autor

Conforme pode ser visto na Figura 9, os resultados para absorção d'água dos blocos acrescidos de rejeito de carvão na sua composição, apresentaram um resultado muito próximo ao do bloco padrão (0% de rejeito). Isso indica que o rejeito foi assimilado ao concreto de tal modo que não influenciou na taxa de absorção de água. Pode-se verificar ainda que os blocos com 50% e 75% sugerem que tiveram um resultado melhor do que o apresentado pelo bloco padrão, pois neste ensaio, quanto menor for o índice % de absorção d'água, melhor será. Como era de se esperar, à medida que o tempo passa, a taxa de absorção vai diminuindo, pois, o concreto está em processo de cura, sendo menos permeável aos 90 dias que aos 7 ou 28 dias, para toda as percentagens de substituição.

4.2. Ensaio de abrasão

Os valores registrados no gráfico da Figura 10 apresentam os resultados dos ensaios de abrasão dos corpos de prova.

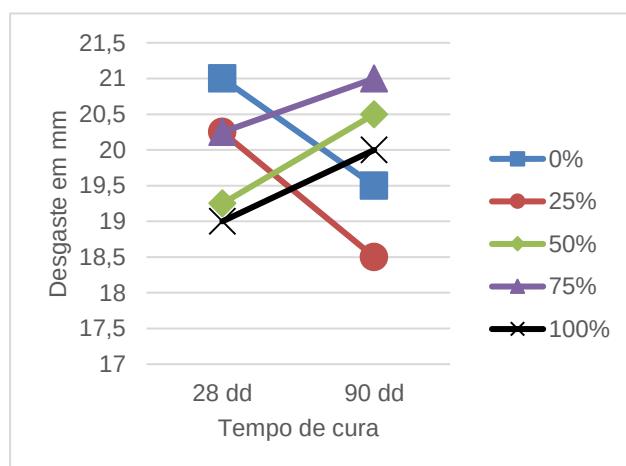


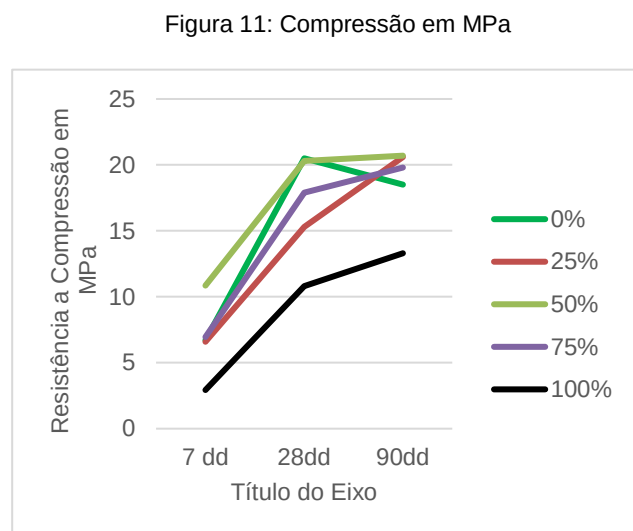
Figura 10: Abrasão

Fonte: elaborado pelo autor

Esta também é uma análise onde quanto menor melhor, ou seja, quanto menor for o desgaste, melhor será o resultado apresentado. Isso indica que os blocos irão suportar bem o tráfego a forem submetidos nas vias públicas a forem instalados. Assim sendo, pode-se observar que aos 90 dias de cura, o bloco com 25% de rejeito apresentou um resultado aparentemente superior ao do bloco padrão. Porém, novamente, os demais blocos apresentaram resultados muito próximos do apresentado pelo bloco padrão, tanto para os 28, como para os 90 dias de cura.

4.3. Resistência à compressão

A média das amostras ensaiadas estão registradas no gráfico da Figura 11.



Fonte: elaborado pelo autor

Este ensaio apresenta o valor normalizado de 35MPa de resistência (NBR 9781 (ABNT, 2013)). É notório que não foi atingido o valor estipulado pela norma, porém, deve-se ressaltar que o bloco padrão também não atingiu. Isso sugere que com o processo utilizado pela fábrica de blocos onde foram produzidas as amostras para os ensaios, será muito pouco provável que se atinja o valor normalizado. Mas essa situação, vimos na pesquisa que outros pesquisadores, em trabalhos com condições semelhantes, também não conseguiram atingir o valor normalizado.

Aos 90 dias de cura, a diferença entre o bloco padrão e o bloco com 100% de rejeito de carvão foi de 5,2MPa menor para o bloco feito com rejeito de carvão. Já os blocos com os outros percentuais de rejeito de carvão apresentaram valores superiores ao do bloco padrão aos 90 dias de idade. Aparentemente o bloco com 100% de substituição foi o que apresentou menor desempenho em todas as idades

4.4. Determinação do potencial de geração de drenagem ácida de mina (DAM)

Os dados das Tabelas 5 e 6, apresentam os dados de pH e de metais medidos nos agregados miúdos in natura que servirão de base para

reflexões sobre o potencial de geração de DAM pelos blocos do estudo.

Tabela 5: pH dos agregados miúdos in natura

Produto in natura	Antes da lixiviação	De pois da lixiviação
	pH	pH
Rejeito	5,8	4,8
Areia	3,7	4,7

Fonte: elaborado pelo autor

Tabela 6: metais presentes nos agregados miúdos in natura

Produto in natura	Metais após a lixiviação			
	Al (mg/l)	Fe (mg/l)	Mg (mg/l)	Zn (mg/l)
Rejeito	N.D.	0,67	0,54	0,04
Areia	N.D.	1,17	0,09	0,15

Fonte: elaborado pelo autor

Tabela 7: pH antes e depois da lixiviação do bloco de concreto.

% de substituição	pH do bloco de concreto					
	7 dias		28 dias		90 dias	
	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
	pH	pH	pH	pH	pH	pH
0	11,60	9,72	11,46	3,34	11	5,1
25	11,60	9,87	11,4	2,01	10,9	5,2
50	11,74	5,50	11,36	2,49	11,1	5,5
75	11,70	5,30	11,36	3,55	10,8	5,4
100	11,77	10,27	11,13	1,96	10,7	5,5

Fonte: elaborado pelo autor

As Tabela 7 e 8, apresentam os dados de pH obtidos antes e depois de submetidos à lixiviação, e de metais detectados nos blocos de concreto, após lixiviação.

A concentração de ferro, Figura13, nos blocos, apresentou um ligeiro crescimento com o tempo de

Tabela 8: Metais presentes no bloco de

% de Substituição	Presença de metais no bloco de concreto após a lixiviação (mg/l)											
	Alumínio			Ferro			Manganês			Zinco		
	7 dias	28 dias	90 dias	7 dias	28 dias	90 dias	7 dias	28 dias	90 dias	7 dias	28 dias	90 dias
0	N.D.*	0,19	0,92	0,01	0,26	0,3	N.D.*	0,16	0,12	N.D.*	0,16	0,18
25	N.D.*	N.D.*	1,66	N.D.*	0,23	0,44	N.D.*	0,34	0,43	N.D.*	0,16	0,13
50	0,68	N.D.*	1,72	0,34	0,14	0,33	2,14	0,63	0,61	0,31	0,12	0,16
75	1,03	N.D.*	0,8	0,74	0,43	0,33	3	0,59	0,89	0,38	0,13	0,14
100	N.D.*	N.D.*	1,06	0	0,12	0,32	N.D.*	1,08	0,88	N.D.*	0,11	0,23

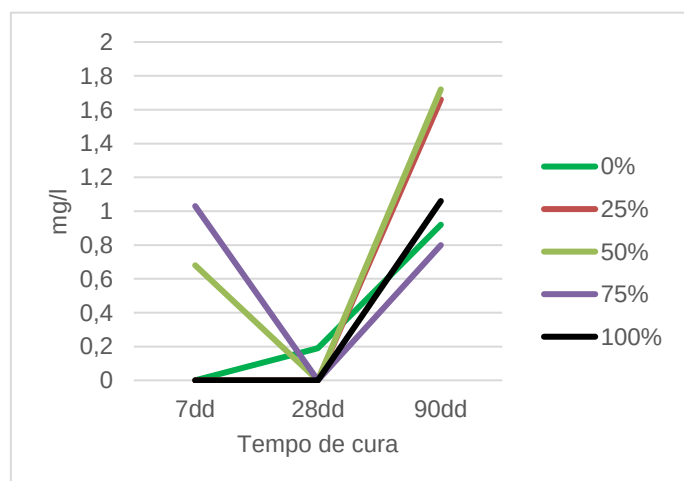
concreto

Fonte: elaborado pelo autor

O alumínio, Figura 12, encontrado na análise tem destaque nos blocos com 50% e 75%, devido ao fato de a solução estar com pH mais ácido do que as demais. Porém, aos 28 dias de cura, todas as amostras apresentaram índices, se não zero, mas muito próximo disso. Estes índices na análise realizada com 90 dias de cura, mostraram um crescimento.

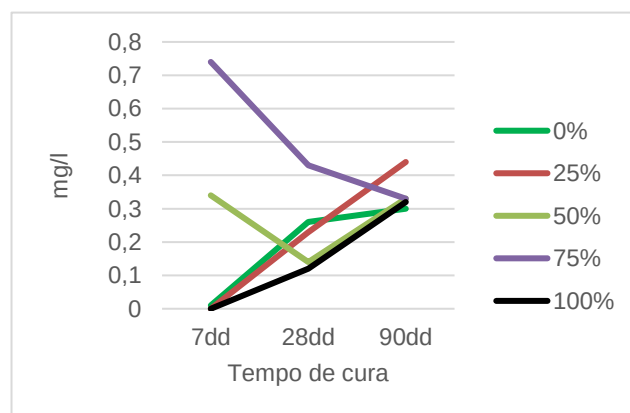
cura, onde o porcentual de 75% aparece como uma exceção à regra, por apresentar um comportamento inverso aos demais percentuais. Este comportamento sugere que o ferro pode estar se oxidando ao longo do tempo.

Figura 12: Concentração de alumínio no bloco de concreto



Fonte: elaborado pelo autor

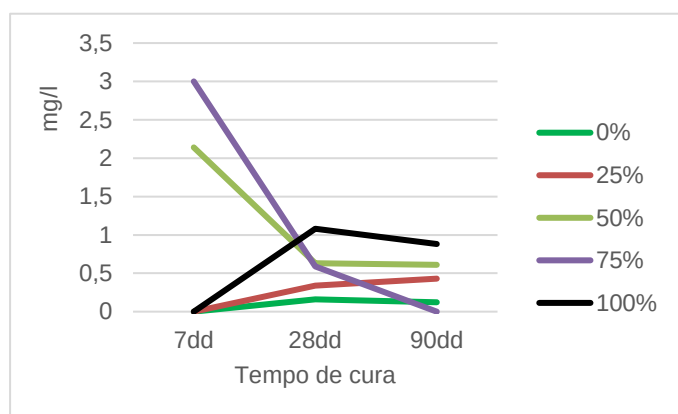
Figura 13: Concentração de ferro no bloco de concreto



Fonte: elaborado pelo autor

A presença de manganês, evidenciada na Figura 14, teve seu ápice aos 7 dias de cura para os percentuais de 50% e 75% enquanto que nos demais percentuais não foi detectado. Porém, na análise com 90 dias de cura os resultados, apesar de baixos, estiveram todos muito próximos uns dos outros.

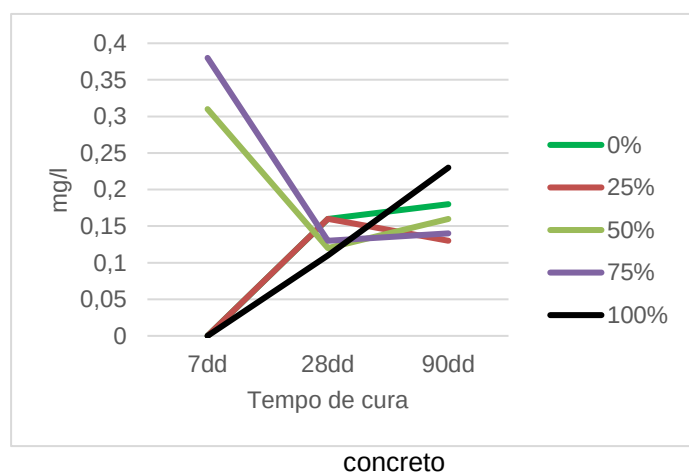
Figura 14: Concentração de manganês no bloco de concreto



Fonte: elaborado pelo autor

O resultado para o zinco, mostrado na Figura 15, ficou muito semelhante ao apresentado para o manganês, diferindo muito pouco do observado para este.

Figura 15: Concentração de zinco no bloco de



Fonte: elaborado pelo autor

Tomando-se como base o fato de que a DAM é caracterizada por um pH muito baixo, associado a concentrações bastante altas de Al, Fe e Mg, além de outros metais. Os resultados obtidos nas análises

sugerem que, os blocos produzidos para este estudo, não emitiram DAM.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De uma forma geral, os resultados evidenciam que quanto maior é o teor de substituição do agregado miúdo natural por rejeito de carvão, piores são os resultados apresentados pelos blocos nos ensaios. Entretanto a presença do rejeito em alguns corpos de prova, não impactou negativamente nas análises de Resistência a Compressão, Resistência a abrasão e absorção de água.

É possível afirmar que a drenagem ácida de mina – DAM, não será gerada pelos blocos, pois não foi detectado a presença de efluente ácidos no líquido lixiviado obtido das amostras ensaiadas. Porém, é prudente que se amplie as investigações deste quesito, afim de que se tenha certeza de que a curva dos resultados dos parâmetros monitorados esteja seguramente estabilizada.

Tomando-se como base os resultados apresentados e discutidos na seção 4 e considerando que o presente trabalho foi desenvolvido de maneira a provocar a menor alteração possível no processo de produção de blocos de concreto para pavimentação de vias públicas pela fábrica da cidade de Criciúma-SC, pode-se afirmar que os percentuais de 25% e 50% de adição de rejeito de carvão apresentaram comportamento promissor para o emprego do rejeito de carvão na produção em escala comercial de blocos de concreto para revestimento de vias públicas.

É relevante expressar aqui que toda a mão de obra utilizada para a produção dos blocos de concreto, é proveniente dos apenados, que cumprem pena em regime semiaberto, do presídio do município. Este fato além de reduzir os custos de produção, proporciona ainda uma importante forma de ressocialização daqueles apenados que em estando prestes a sair do presídio por terem pago sua dívida com a sociedade, passam a ter uma esperança de dias melhores num futuro próximo, pois o trabalho lhes proporciona um elevado aumento na autoestima, além do sentimento de sentir-se útil à sociedade.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR 9781 **Peças de concreto para pavimentação – Especificação e métodos de ensaio**. Rio de Janeiro, 2013. 21 p.

Atlas de energia elétrica do / Agência Nacional de Energia Elétrica. 3. ed. – Brasília : Aneel, 2008. 236 p.

Belolli, Mário et al. **História do Carvão de Santa Catarina**/ Mário Belolli, Joice Quadros, Ayser Guidi. Criciúma: Imprensa Oficial do Estado de Santa Catarina, 2002. 300 p.

CAMPANER & SILVA (2009). Processos físicoquímicos em drenagem ácida de mina em mineração de carvão no sul do Brasil. Campinas.

CHAVES, A.P. **Estrutura e comportamento do carvão**. Dissertação (mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1972.

Coal Mining- The Resource: A Comprehensive Overview of Coal Disponível em: <http://www.carvaomineral.com.br/interna_conteudo.php?i_subarea=11&i_area=2>. Acesso em 20/02/2015.

Portal ação cível do carvão. Disponível em: <https://www.jfsc.jus.br/acpdocarvao/portal/conteudo_portal/conteudo.php?cat=35>. Acesso em 14/01/2015

Pinheiro Walter Gomes. **Planos Energéticos e Plano Nacional Mineral 2030: Uma Revisão da Importância do carvão para o Desenvolvimento da Região Sul de Santa Catarina**. Dissertação (mestrado) – Universidade do Extremo Sul de Santa Catarina, Criciúma, 2012.

Projeto Conceitual para Recuperação Ambiental da bacia Carbonífera Sul Catarinense – Volume I: Relatório Técnico 33/2000- Elaborado pelo SIECESC, 2001.

Redivo Rosimeri Venâncio – **Caracterização Tecnológica do carvão das Camadas barro Branco e Bonito para fins Energéticos na Região de Criciúma** – SC. Dissertação (mestrado) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002

Santos Cassiano Rossi dos, **Estudo da utilização de rejeito de carvão na fabricação de blocos de concreto para pavimentação em substituição ao agregado miúdo natural**.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre, 2012

Soares, Paulo Sergio Moreira, Santos Maria Dionísia Costa dos, Possa Mário valente. **Carvão Brasileiro: Tecnologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2008.

Souza, André Moraes Lino de. **Pavimentação com blocos intertravados de concreto: Análise crítica da técnica de execução**. Porto Alegre. 2013 Pg73, monografia Universidade federal do Rio Grande do Sul.

Vettoretti, Amádio. **História de Tubarão, das origens ao século XX**. PM / autor, 1992.

Zumblick, Walter. **Teresa Cristina, a Ferrovia do carvão, Florianópolis**. UFSC, 1987.



V CONGRESSO BRASILEIRO DE CARVÃO MINERAL

CRICIÚMA - SC – BRASIL

29 DE MAIO A 01 DE JUNHO DE 2017