

## **Avaliação do desempenho de pavers fabricados com areia proveniente da exploração de minério de ferro**

*Performance evaluation of pavers made with sand from iron ore mining*

Hígor Moura (1); Mariana Menezes (2); Pedro P. S. Cavalcanti (3); Mauro Yamamoto (4)

(1) Engenheiro de Produção, Centro Tecnológico de Soluções Sustentáveis - New Steel

(2) Mestra em Engenharia Civil, Centro Tecnológico de Soluções Sustentáveis - New Steel

(3) Mestre em Engenharia de Minas, Centro Tecnológico de Soluções Sustentáveis - New Steel

(4) Geólogo, Centro Tecnológico de Soluções Sustentáveis - New Steel

Rua Vinte e Um, 209, Quadra 15-B, Lote 1 e 2, Mantiqueira, Duque de Caxias, RJ, CEP: 25250-611

### **Resumo**

No Brasil, a produção de agregados gera um impacto ambiental relevante devido à extração de recursos que não são capazes de se renovar. Por outro lado, a exploração de minério de ferro gera uma grande quantidade de areia da mineração, o qual apresenta características propícias para a produção de concreto. Assim, o uso desta areia da mineração em concreto pode contribuir para aumentar a circularidade da economia. Neste contexto, o concreto seco representa uma demanda importante de agregados. Isto posto, a avaliação do desempenho de pavers produzidos com areia da mineração, em comparação ao paver de referência, se mostra essencial para a validação do uso do produto. Visto que é difícil reproduzir, em laboratório, a energia despendida em vibroprensas de pavers, o estudo do concreto seco se mostra mais fidedigno ao ser realizado, em escala piloto, na própria linha de produção. Por isso, cumpriu-se este trabalho em duas fábricas de artefatos, localizadas na região de Belo Horizonte. Em cada fábrica, foram produzidas três formulações com uso de 20% e 30% de areia da mineração sobre a massa de materiais secos e comparadas ao paver de referência, com resistência à compressão normativa mínima de 35MPa. Os resultados mostraram que é possível utilizar de 20 a 25% de areia da mineração sobre a massa de materiais secos, sem impactar na resistência à compressão: o paver com areia da mineração atingiu 40,6MPa em 28 dias e o paver de referência 38,7MPa. O uso da areia da mineração ainda aprimorou a aparência visual do paver, devido à sua distribuição granulométrica. Desta maneira, conclui-se que a areia da mineração avaliada pode ser empregada como agregado miúdo em concreto seco.

*Palavras-Chave: concreto seco; areia da mineração; minério de ferro; mineração; economia circular.*

### **Abstract**

In Brazil, the production of aggregates is responsible for a relevant environmental impact due to the extraction of non-renewable resources. On the other hand, the exploitation of iron ore generates a large amount of sand, which has favorable characteristics to make concrete. Thus, the use of this sand can contribute to circular economy. In this context, dry concrete represents an important demand for aggregates. So, the performance evaluation of pavers made with the sand, in comparison to the reference paver, is essential for the validation of the mining sand use. Since the energy expended in vibrating press is difficult to reproduce in the laboratory, the study of dry concrete is more reliable when it is carried out on a pilot scale, on the production line itself. For this reason, this work was carried out in two paver factories, located in the Belo Horizonte region. In each factory, three formulations were produced using 20% to 30% of sand on the mass of dry materials and compared to the reference paver, with standard compressive strength 35 MPa. The results showed that it is possible to use 20% to 25% of sand on the dry material mass of the formulation, without impacting the compressive strength: the sand paver reached 40.6MPa in 28 days and the reference paver 38.7MPa. The use of the sand also improved the visual appearance, due to its granulometric distribution. Thus, it is concluded that the evaluated sand can be used as fine aggregate in dry concrete.

*Keywords: dry concrete; mining sand; iron ore; mining; circular economy.*

## 1 Introdução

No Brasil, a produção de agregados sofreu uma forte retração nos últimos seis anos, e, no momento, está em rota de retomada, atingindo 532 milhões de toneladas em 2019 (ANEPAC, 2019). O setor que mais demanda esses agregados é a construção civil, o qual tem apresentado crescimento baixo – de apenas 1,6% em 2019 –, devido ao reduzido investimento na habitação (CBIC, 2019).

Assim como a construção civil, a mineração é uma atividade econômica importante para o país, contribuindo com 16,7% da geração de renda nacional em 2017 (IBRAM, 2020). Vale destacar que, além da representatividade financeira, a atividade da mineração também é responsável pela movimentação de grandes volumes de material, gerando aproximadamente 290 milhões de toneladas de rejeito (FEAM, 2018). Nesse processo, são gerados dois tipos de rejeito: os materiais estéreis, compostos por fragmentos grosseiros de rocha (com alguns centímetros de tamanho); e os produtos do beneficiamento mineral, que são mais finos (de alguns milímetros a micrometros). Alguns bens da mineração geram apenas materiais estéreis em sua produção, como o caso da brita para a construção civil e, desta forma, não há necessidade de separação desse material. Já os minerais metálicos (ferro, cobre, zinco etc) contemplam o processamento da rocha lavrada para a retirada dos minerais portadores dos elementos de interesse – os quais estão finamente disseminados na rocha –, reduzindo o tamanho da rocha até liberar esses minerais (PIACENTINI, 2019).

Assim, o rejeito oriundo da exploração do minério de ferro, conhecido como areia da mineração, consiste em uma areia fina com propriedades propícias para o uso em concreto. Vale destacar que a areia da mineração precisa ser aderente à NBR 7211 (ABNT, 2009), a qual preconiza que o agregado para concreto deve ser “composto por grãos de minerais duros, compactos, duráveis, estáveis, limpos e que não interfiram no endurecimento e hidratação do cimento e também na proteção contra corrosão da armadura”.

Neste contexto, pode-se afirmar que cada tipo de concreto possui características bem próprias, mas podem ser classificados dentro de dois grandes grupos: plásticos e secos. O concreto seco, objeto deste estudo, também chamado de concreto sem abatimento, é utilizado na produção de artefatos, como em pavers (pisos intertravados), blocos para alvenaria, lajes alveolares e tubos. Este concreto tem como característica muita coesão e baixa relação água/cimento. Os pavers, como descreve a NBR 9781 (ABNT, 2013), são peças pré-moldadas de concreto, utilizadas para a construção de pavimentos ou calçamentos. (FERNANDES, 2015).

Os pavers usualmente são produzidos por equipamentos hidráulicos automáticos, que garantem a qualidade normativa das peças, devido à sua prensagem. Como o processo de prensagem tem grande impacto nas propriedades da peça, esse trabalho foi desenvolvido em fábricas para um resultado mais fidedigno que a simples moldagem em laboratório. Além dos controles usuais dos equipamentos de produção, instalação e acessórios, é essencial conhecer as características dos materiais empregados na fabricação dos pavers, sobretudo, ao utilizar um novo agregado. Estes dados precisam ser considerados ao definir os traços, a fim de obter um menor consumo de cimento, maior produtividade e menor custo de produção (FERNANDES, 2015).

Assim, o objetivo deste trabalho consiste em avaliar o desempenho mecânico e o aspecto visual de pavers produzidos com a areia da mineração como agregado miúdo. Para além disso, busca-se analisar impactos do uso da areia da mineração no processo fabril.

## 2 Materiais e Métodos

### 2.1 Materiais

Nesta pesquisa, foram utilizados agregados gnáissicos, calcáreos e quartzosos da região da Grande Belo Horizonte empregados em duas fábricas distintas (Tabela 1). Estes materiais são oriundos de rochas calcáreas do Grupo Bambuí, Formação Sete Lagoas, na região de Pedro Leopoldo, e dos gnaisses do Complexo Belo Horizonte, na região de Contagem (ROMANO, 2014). Para estes agregados, foi determinada a distribuição granulométrica, realizada por peneiramento conforme NBR NM 248 (ABNT, 2003).

Tabela 1 – Materiais utilizados nas fábricas

Fábrica 1	Fábrica 2
CP V ARI Plus Granel	CP V ARI Plus Granel
Areia Artificial Média Quartzo	Areia Artificial Fina Gnaisse
Areia Natural Média Quartzo	Pó de pedra Gnaisse
Pó de Pedra Calcário	Brita 00 (Pedrisco) Gnaisse
Brita 00 (Pedrisco) Calcário	Brita 0 Gnaisse
Aditivo Plastificante	Aditivo Plastificante
Areia da Mineração	Areia da Mineração

Os ensaios de caracterização da Areia da Mineração, assim como as técnicas empregadas, compreenderam:

- Distribuição granulométrica, realizada por peneiramento conforme NBR NM 248 (ABNT, 2003). Ainda, para as partículas menores que 75µm, foi utilizada a granulometria a laser, empregando o equipamento Malvern Mastersizer 3000;
- Massa específica dos agregados miúdos, executada por picnometria a água, conforme NBR NM 52 (ABNT, 2009);
- Massa unitária compactada, conforme NBR NM 45 (ABNT, 2006);
- Impurezas orgânicas, conforme NBR NM 49 (ABNT, 2001);
- Torrões de argila e materiais friáveis, conforme NBR 7218 (ABNT, 2010);
- Análise química das areias da mineração por fluorescência de raios X (FRX), perda por calcinação (PPC) a 1100°C;
- Análise mineralógica das areias da mineração, utilizando o equipamento QEMSCAN Quanta 650;

## 2.2 Método

O método empregado para analisar a viabilidade do uso da Areia da Mineração em concreto seco consistiu em produzir pavers de concreto em duas fábricas localizadas em Belo Horizonte. Para entendimento na pesquisa, será adotada a seguinte nomenclatura: Fábrica 1 (base calcário), Fábrica 2 (base gnaïsse).

Com intuito de definir a composição dos traços nas duas fábricas, buscou-se substituir o agregado mais fino pela Areia da Mineração, representando de 20% a 30% dos materiais secos. Em cada fábrica, foram dosados três traços com a Areia da Mineração e, devido à quantidade de material disponível, optou-se por realizar a metade do volume do traço referência. Ressalta-se que, na Fábrica 1, produziu-se o modelo retilíneo de pavers e, na Fábrica 2, o modelo de 16 faces.

Na Fábrica 1, o proporcionamento dos materiais objetivou atingir uma combinação granulométrica ótima de referência, de maneira que, ao utilizar a Areia da Mineração, os quantitativos dos outros agregados foram alterados (Tabela 2). Já na Fábrica 2, o agregado mais fino foi substituído em sua totalidade, sem alteração dos demais materiais (Tabela 3).

Tabela 2 - Composição dos traços dos pavers retilíneos da Fábrica 1

Material	Referência		EXP_01		EXP_02		EXP_03	
	Peso (kg)	Fração (%)	Peso (kg)	Fração (%)	Peso (kg)	Fração (%)	Peso (kg)	Fração (%)
Cimento CP V ARI PLUS	210	14,4	105	14,4	115	15,5	115	15,5
Areia Natural Quartzo	200	13,7	-	-	-	-	-	-
Areia Artificial Quartzo	550	37,7	325	44,5	325	43,9	300	40,5
Pó de Pedra Calcário	200	13,7	-	-	-	-	-	-
Areia da Mineração	-	-	150	20,5	150	20,3	150	20,3
Brita 00 Calcário	300	20,5	150	20,5	150	20,3	175	23,6
Água	54	-	23	-	23	-	18	-
Aditivo Plastificante*	80	-	40	-	40	-	40	-

\* O aditivo é diluído na água e dosado por tempo, sem utilização de hidrômetro.

Tabela 3 – Composição dos traços dos pavers de 16 Faces da Fábrica 2

Material	Referência		EXP_01		EXP_02		EXP_03	
	Peso (kg)	Fração (%)	Peso (kg)	Fração (%)	Peso (kg)	Fração (%)	Peso (kg)	Fração (%)
Cimento CP V ARI PLUS	235	15,3	120	15,6	120	15,6	120	15,6
Areia Artificial Fina Gnaïsse	500	32,6	-	-	-	-	-	-
Pó de Pedra Gnaïsse	500	32,6	250	32,7	200	26,0	200	26,0
Areia da Mineração	-	-	250	32,7	200	26,0	200	26,0
Brita 0 Gnaïsse	150	9,8	75	9,7	125	16,2	100	13,0
Brita 00 Gnaïsse	150	9,8	75	9,7	125	16,2	150	19,5
Água	12	-	16	-	12	-	10	-
Aditivo Plastificante*	80	-	40	-	40	-	40	-

\* O aditivo é diluído na água e dosado por tempo, sem utilização de hidrômetro.

As peças foram produzidas utilizando o mesmo processo: os equipamentos das fábricas eram automatizados, dispunham do mesmo sistema hidráulico e apresentavam a



Anais do  
62º Congresso Brasileiro do Concreto  
CBC2020  
Setembro / 2020



@ 2020 - IBRACON - ISSN 2175-8182

capacidade de produzir em média 4 ciclos por minuto ou 2m<sup>2</sup> (metros quadrados) por minuto. Na fabricação dos artefatos vibroprensados (pavers), foram usadas fôrmas de aço usinado. Os outros equipamentos empregados no procedimento foram a usina dosadora, o misturador, a vibroprensa e o paletizador.

No processo produtivo, iniciou-se a pesagem da Areia da Mineração, a qual foi realizada individualmente e adicionada manualmente na esteira para realização da mistura da massa. Vale destacar que a Areia da Mineração foi pesada úmida em substituição ao agregado miúdo (com menor umidade) sem correção da massa do material em base seca. Ademais, a Areia da Mineração apresentou variação de umidade em pontos distintos do big bag, no qual estava acondicionada, fato este que possivelmente alterou ligeiramente a demanda de água em cada traço dosado.

Como o processo de prensagem é muito influenciado pela umidade do concreto seco, essa característica foi controlada. Em ambas as fábricas, o ajuste foi feito de acordo com o acabamento do paver produzido, mediante a marca d'água apresentada na lateral do produto, uma vez que os processos não contavam com sensor de umidade e não contemplavam a verificação das umidades dos agregados miúdos. Vale destacar ainda que a quantidade de água foi dosada por tempo, sem utilização de hidrômetro, e, desta forma, as quantidades foram estimadas de acordo com as informações e experiência da equipe das fábricas.

Os equipamentos que fabricaram os pavers por meio da prensagem eram de grande porte e, para o teste, foi necessário realizar ajustes nos tempos de vibração e enchimento da fôrma para cada ciclo de produção. Essas duas configurações no equipamento são fundamentais para o desempenho final do paver, tanto para o acabamento quanto para a resistência mecânica.

Por fim, as peças produzidas foram identificadas e armazenadas em câmaras de cura, sem aspersão de água ou utilização de vapor para potencializar a hidratação do cimento. Nesta fase, as peças são protegidas para evitar a evaporação prematura da água presente no concreto fresco, pois a água é necessária para a reação de hidratação do cimento, a qual influencia no processo de pega e endurecimento do concreto (FERNANDES, 2015). Após 24h na câmara, quando a peça já pode ser manuseada e transportada, uma área de estocagem foi organizada e os lotes identificados.

No estado endurecido, as seis peças de cada traço foram pesadas em uma balança com precisão de 0,01kg. Para os ensaios de resistência à compressão, foram rompidas também seis peças para cada idade - 15 e 28 dias - de acordo com a NBR 9781 (ABNT, 2013).

### 3 Resultados e Discussão

Para iniciar a análise dos resultados, é importante conhecer as características da Areia da Mineração (Tabela 4). Nota-se a densidade igual ou ligeiramente superior aos agregados miúdos convencionais. Como a magnitude desta diferença não é alta, é possível calcular que o impacto na densidade do concreto final é baixo. A Areia da Mineração dispõe de massa unitária na faixa coberta pelos agregados miúdos convencionais, não apresenta torrões de argila e tampouco impurezas orgânicas.

Tabela 4 – Ensaio de caracterização da Areia da Mineração

Identificação	Módulo de finura	Massa específica (g/cm <sup>3</sup> )	Massa unitária compactada (kg/l)	Torrões de argila	Impurezas orgânicas	Esfericidade	Arredondamento
Areia da Mineração	0,5	2,75	1,57	Não se aplica	Não	Alta	Sub-angular

Avaliando a distribuição granulométrica e o módulo de finura, nota-se que Areia da Mineração é mais fina e mais concentrada em uma faixa granulométrica que os agregados miúdos usualmente empregados em Belo Horizonte (Figura 1).

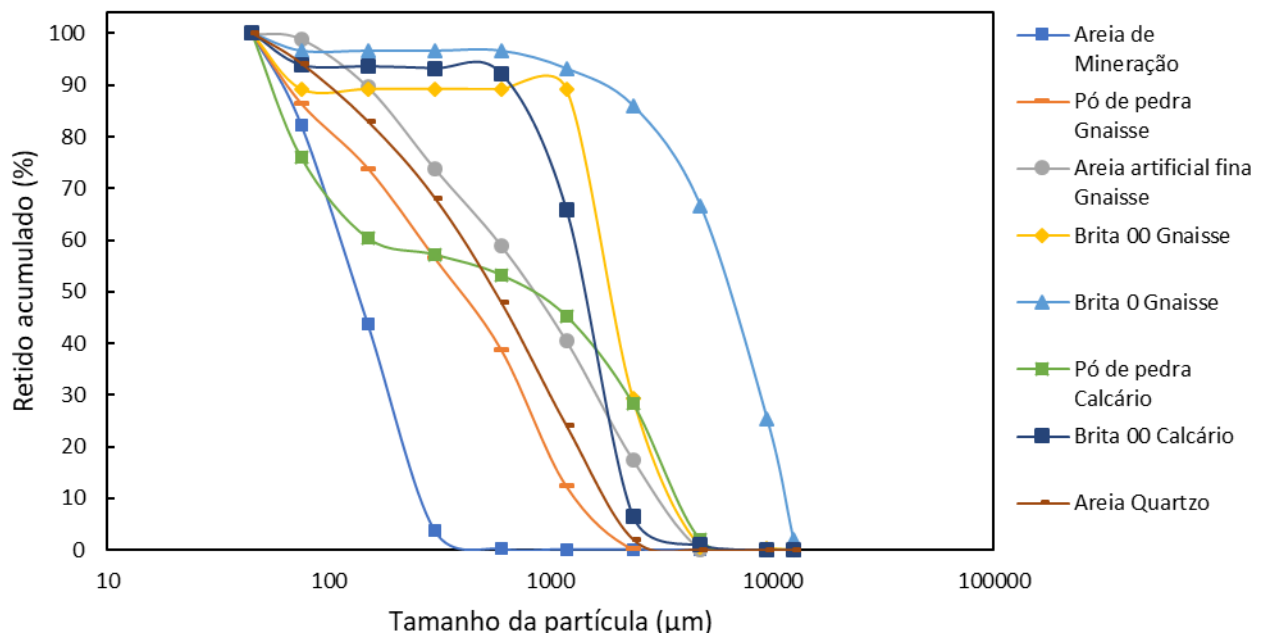


Figura 1 - Distribuição granulométrica dos materiais empregados no estudo

No tocante a análise química e mineralógica (Tabela 5 e Tabela 6), a Areia da Mineração é constituída, fundamentalmente, por óxidos de ferro, entre 9% e 20%, e sílica na forma de quartzo. Vale destacar o teor de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> inferior a 0,5%, assim como o teor de caulinita de 0,4% para a Areia da Mineração, evidenciando uma baixa presença de

aluminossilicatos. O teor de sulfato e de cloreto também são adequados para o uso como agregado.

Tabela 5 - Análise química da Areia da Mineração

Material	Análise química (%)												
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub>	P	TiO <sub>2</sub>	Mn	PPC	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup> (ppm)*
Areia da Mineração	0,19	<0,06	<0,03	0,0	87,90	X	x	<0,02	X	10,25	<0,01	0,12	39,29

\*O teor de cloreto é apresentado em ppm.

Tabela 6 – Composição mineralógica da Areia da Mineração

Composição mineralógica	Óxido Hidróxido de ferro	Quartzo	Feldspato	Muscovita	Caulinita	Anfibólios	Carbonato	Outros
Areia da Mineração	10,4%	88,7%	0,1%	0,1%	0,4%	0,0%	0,0%	0,3%

Com a finalidade de se conhecer os agregados utilizados nesta pesquisa, as figuras 2 e 3 apresentam cada base utilizada: calcário, quartzo e gnaiss.

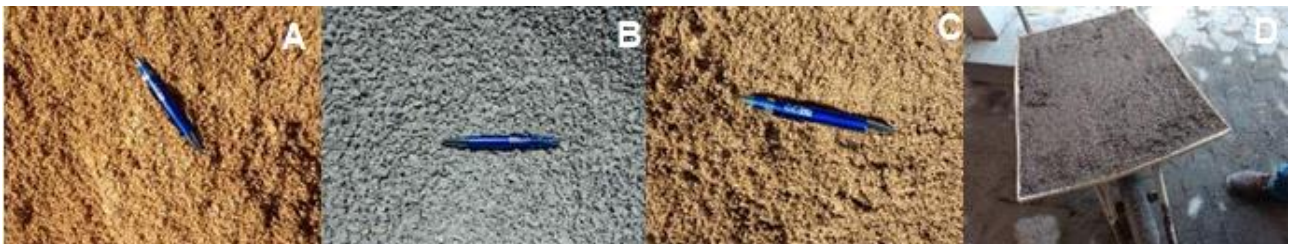


Figura 2 – Areia artificial Quartzo (A), Brita 00 Calcário (B), Areia natural Quartzo (C), e Areia da Mineração (D)



Figura 3 – Agregados gnaiss: Areia artificial (A), Brita 0 (B), Brita 00 (C) e Pó de pedra (D)

No tocante ao pavers fabricados, para estudo da umidade ótima do concreto, objetivou-se a marca d'água nas laterais as peças, conforme Figura 4. A utilização da Areia da Mineração aprimorou o acabamento superficial e o aspecto visual da peça, pois contribuiu para o fechamento de vazios, deixando o paver com a superfície mais lisa ("fechada").

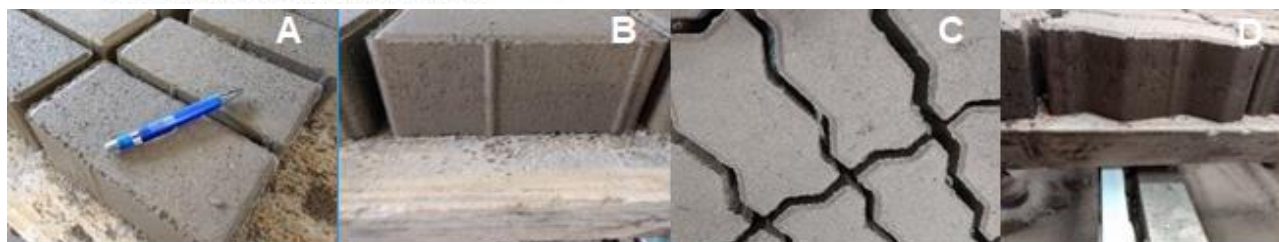


Figura 4 – Acabamento superficial: Fábrica 1 (A e B), Fábrica 2 (C e D)

As tabelas 6 e 7 e as figuras 5 e 6 apresentam os resultados obtidos para os pavers produzidos em ambas as fábricas. Observou que, embora a densidade da Areia da Mineração seja ligeiramente superior aos agregados gnaisse e calcário, o peso em média não ultrapassou 5% em relação a referência. Os resultados de resistência à compressão da Fábrica 1 com a utilização da Areia da Mineração não variaram em relação a referência.

Tabela 6 – Resultados dos ensaios dos pavers da Fábrica 1

Propriedades	Referência	EXP_01	EXP_02	EXP_03
Avaliação visual	Boa	Ideal	Ideal	Boa
Umidade ótima da massa	Ideal	Boa	Regular	Regular
Peso médio das peças (Kg)**	3,46 ± 0,10	3,51 ± 0,02	3,68 ± 0,10	3,73 ± 0,09
Resistência à compressão média (Fp) – 15 dias (MPa)	39,88	39,32	37,34	38,24
Resistência à compressão (Fpk,est) – 15 dias (MPa)	38,18	37,87	36,49	37,31
S (desvio-padrão da amostra) – 15 dias (MPa)	1,89	1,56	0,92	1,00
Resistência à compressão média (Fp) – 28 dias (MPa)	42,12	42,61	41,08	39,70
Resistência à compressão (Fpk,est) – 28 dias (MPa)	38,71	40,63	39,01	39,29
S (desvio-padrão da amostra) – 28 dias (MPa)	3,69	2,14	2,24	0,44

Na Fábrica 2, os pavers EXP\_2 e EXP\_3 produzidos com Areia da Mineração se mostraram 6% mais resistentes em 28 dias que o traço referência. Entretanto, o traço EXP\_01 apresentou resistência à compressão 27% inferior ao traço de referência. Esse resultado pode ser atribuído a dificuldades encontradas para ajustar os parâmetros de operação da vibroprensa, uma vez que o traço EXP\_1 foi o primeiro a ser fabricado no teste. Os desvios mais altos encontrados nos resultados de resistência à compressão das peças produzidas na Fábrica 2, ao comparar com as peças da Fábrica 1, corroboram a hipótese de que não foi possível ajustar o funcionamento do equipamento de maneira ideal na Fábrica 2.



Tabela 7 – Resultados dos ensaios dos pavers da Fábrica 2

Propriedades	Referência	EXP_01	EXP_02	EXP_03
Avaliação visual	Boa	Boa	Regular	Regular
Umidade ótima da massa	Ideal	Boa	Regular	Regular
Peso médio das peças (kg)**	4,21 ± 0,04	4,28 ± 0,05	4,45 ± 0,04	4,30 ± 0,13
Resistência à compressão média (Fp) – 15 dias (MPa)	35,64	30,81	42,00	35,19
Resistência à compressão (Fpk,est) – 15 dias (MPa)	32,63	27,65	39,33	32,62
S (desvio-padrão da amostra) – 15 dias (MPa)	3,26	3,43	2,89	2,79
Resistência à compressão média (Fp) – 28 dias (MPa)	38,11	29,41	40,92	40,60
Resistência à compressão (Fpk,est) – 28 dias (MPa)	36,49	26,65	38,79	38,99
S (desvio-padrão da amostra) – 28 dias (MPa)	1,75	2,99	2,31	1,73

Destaca-se que as resistências à compressão médias dos concretos EXP\_01 e EXP\_02 na idade de 15 dias foram maiores que na idade de 28 dias. Essa ligeira queda pode ser devido à amostragem dos pavers e, considerando o desvio-padrão do lote de seis corpos de prova, não é significativa.

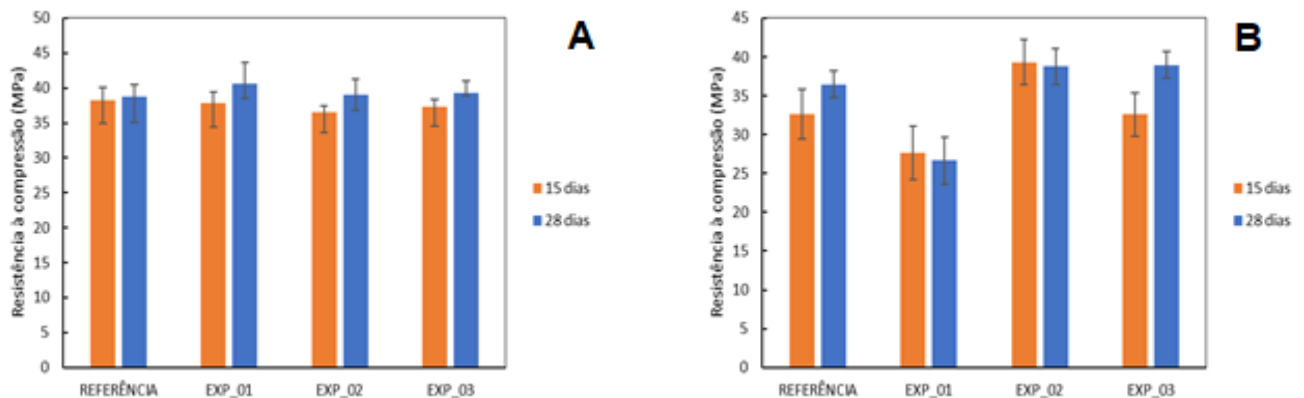


Figura 5 – Resistências à compressão da Fábrica 1 (A) e Fábrica 2 (B)

Por fim, é importante ressaltar que não foram encontradas diferenças significativas para o processo produtivo ao utilizar a Areia da Mineração e notou-se que o manuseio da Areia da Mineração se mostrou equivalente ao de um agregado miúdo convencional.



Anais do  
62º Congresso Brasileiro do Concreto  
CBC2020  
Setembro / 2020



@ 2020 - IBRACON - ISSN 2175-8182

## 4 Conclusão

Em ambas as fábricas, os resultados mostraram que é possível utilizar de 20% a 25% de Areia da Mineração dentre os materiais secos, sem impactar na resistência à compressão. Na Fábrica 2, o paver com Areia da Mineração atingiu 40,6MPa em 28 dias e o paver de referência 38,7MPa.

Os pavers produzidos com 20% e 25% de areia da mineração sobre os materiais secos atendem aos requisitos mínimos para utilização em vias de tráfego convencional e em locais sujeitos a elevados esforços de abrasão, como pátios de indústrias e corredores de ônibus, ou seja, mínimo de resistência em 35MPa. Vale destacar ainda que a areia da mineração aprimora o acabamento da peça, conferindo uma superfície mais regular ao paver.

Este estudo mostra que é possível utilizar a areia da mineração sem prejuízo à qualidade dos pavers e destaca-se que há espaço para atingir concretos ainda mais eficientes. Dessa maneira, como próximos passos, é importante realizar um estudo de dosagem mais aprofundado, a partir das características dos materiais empregados, a fim de otimizar o traço. Adicionalmente, uma produção em maior escala permitirá um ajuste fino dos parâmetros de operação da vibroprensa, aumentando, assim, o desempenho dos pavers fabricados.

É mister destacar que a utilização da areia da mineração extrapola o âmbito de concreto seco para o desenvolvimento nas mais variadas formas de concreto plástico, que deve ser tema de pesquisas futuras. No tocante ao mercado, a validação da areia da mineração como um novo agregado miúdo representa uma solução sustentável para a cadeia de suprimentos da construção civil, assim como para a mineração.



Anais do  
62º Congresso Brasileiro do Concreto  
CBC2020  
Setembro / 2020



@ 2020 - IBRACON - ISSN 2175-8182

## 5 Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9781 — Peças de concreto para pavimentação - Especificação e métodos de ensaios.** Rio de Janeiro, 2013  
\_\_\_\_\_. **NBR 7211 — Agregados para concreto — Especificação.** Rio de Janeiro, 2009.

\_\_\_\_\_. **NBR NM 248 — Agregados — Determinação da composição granulométrica.** Rio de Janeiro, 2013.

\_\_\_\_\_. **NBR NM 45 — Agregados — Determinação da massa unitária e do volume de vazios.** Rio de Janeiro, 2006.

\_\_\_\_\_. **NBR NM 49 — Agregado miúdo — Determinação de impurezas orgânicas.** Rio de Janeiro, 2001.

\_\_\_\_\_. **NBR NM 52 — Agregado miúdo — Determinação da massa específica e massa específica aparente.** Rio de Janeiro, 2009.

\_\_\_\_\_. **NBR NM 53 — Agregado Graúdo — Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água.** Rio de Janeiro, 2003.

\_\_\_\_\_. **NBR 7218 — Agregados — Determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis.** Rio de Janeiro, 2010.

Associação nacional das entidades de produtores de agregados para construção - ANEPAC. **Panorama ambiental da mineração.** Disponível em <https://www.anepac.org.br/> acesso em: 09/11/2020

Câmara da indústria brasileira da construção - CBIC. **O desempenho econômico da construção civil.** Disponível em <https://cbic.org.br/> acesso em: 10/11/2020

FERNANDES, Idário. **Blocos e Pavers: Produção e controle de qualidade.** 6. ed. Ribeirão Preto/ Sp: Treino Assessoria e Treinamentos Empresariais Ltda, 2015. 200 p.

Fundação estadual do meio ambiente - FEAM. **Dados econômicos.** Disponível em <http://www.feam.br/> acesso em: 09/11/2020.

Instituto Brasília ambiental - IBRAM. **Resultados da indústria de mineração.** Disponível em <http://www.ibram.df.gov.br/> acesso em: 10/11/2020.

ROMANO, Antônio G. **Geologia e recursos minerais da folha Contagem SE.23-Z-C-V, estado de Minas Gerais, escala 1:100.000;** organizador Luiz Carlos da Silva. - Brasília: CPRM, 2014.



Anais do  
62º Congresso Brasileiro do Concreto  
CBC2020  
Setembro / 2020



@ 2020 - IBRACON - ISSN 2175-8182

PIACENTINI, Patricia. Existe alternativa para o uso dos rejeitos de mineração? **Ciência e cultura**, vol. 71, nº 2, junho, 2019.