



SUBSTITUIÇÃO PARCIAL E TOTAL DO AGREGADO MIÚDO POR RESÍDUO DE SCHEELITA NA PRODUÇÃO DE PAVERS

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/conresol.6.23.VII-002>

Marcelo Laédson Morato Ferreira (*), Marco Antônio Assis de Oliveira, Edmilson Roque da Silva Júnior, Danylo de Andrade Lima, Renilton Correia da Costa

* Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), marcelolaedson10@gmail.com

RESUMO

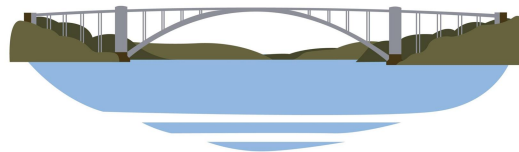
A scheelita é um importante mineral extraído no Brasil, responsável por movimentar grande parte da economia, principalmente no estado do Rio Grande do Norte, e por gerar grande volume mensal de resíduos resultante do seu processo de beneficiamento, podendo assim, impactar negativamente o meio ambiente. Assim, encontrar destinação para o rejeito resultante dessa atividade que a princípio são descartados seria uma solução interessante do ponto de vista ambiental. Uma das opções pode ser sua utilização na produção de concreto, resolvendo diretamente problemas como a redução da remoção de matéria-prima no meio ambiente e a destinação final adequada dos resíduos. Deste modo, este trabalho tem o intuito de avaliar a substituição parcial e total do agregado miúdo convencional utilizado para a produção de peças de concreto, a areia, pelo resíduo de scheelita, nas proporções de 10%, 25%, 50% e 100%, analisando sua viabilidade técnica por meio de ensaios descritos na norma de peças de concreto para a pavimentação, a ABNT NBR 9781/2013. Para a submissão dos ensaios, todas as peças de concreto passaram por um processo de cura por 28 dias. Pelos resultados encontrados, observou-se que no ensaio de avaliação dimensional, todos os pavers estavam dentro das exigências estabelecidas por norma. Já em relação ao ensaio de absorção de água apenas as composições de 25% e 50% da scheelita não ficaram em conformidade com os limites estipulados por norma. Para o ensaio de resistência característica à compressão, nenhuma composição conseguiu atingir a resistência mínima de 35 MPa exigido por norma para tráfego leve. Todavia, todas as composições apresentaram resultados semelhantes, com destaque para a composição de 10% de scheelita que apresentou os melhores resultados em todos os ensaios. Portanto, verifica-se que a utilização de scheelita na produção de pavers é uma solução promissora, tendo em vista que a sua utilização proporciona economia, reduz a extração de areia no meio ambiente e proporciona a destinação final adequada desse resíduo, promovendo sustentabilidade e uma boa relação entre construção civil e meio ambiente.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduo de Scheelita, Pavimento Intertravado, Construção Civil, Meio Ambiente, Sustentabilidade.

ABSTRACT

Scheelite is an important mineral extracted in Brazil, responsible for moving a large part of the economy, mainly in the state of Rio Grande do Norte, and for generating a large monthly volume of waste resulting from its beneficiation process, thus being able to negatively impact the environment. . Thus, finding a destination for the waste resulting from this activity that is initially discarded would be an interesting solution from an environmental point of view. One of the options may be its use in the production of concrete, directly solving problems such as reducing the removal of raw materials from the environment and proper final disposal of waste. Thus, this work aims to evaluate the partial and total replacement of the conventional fine aggregate used for the production of concrete parts, sand, by the scheelite residue, in the proportions of 10%, 25%, 50% and 100% , analyzing its technical viability through tests described in the norm for concrete parts for paving, ABNT NBR 9781/2013. For the submission of the tests, all concrete pieces underwent a curing process for 28 days. From the results found, it was observed that in the dimensional evaluation test, all the pavers were within the requirements established by standard. In relation to the water absorption test, only the compositions of 25% and 50% of the scheelite did not comply with the limits stipulated by the standard. For the characteristic compressive strength test, no composition was able to reach the minimum strength of 35 MPa required by standard for light traffic. However, all compositions showed similar results, with emphasis on the composition of 10% of scheelite, which presented the best results in all tests. Therefore, it appears that the use of scheelite in the production of pavers is a promising solution, considering that its use provides savings, reduces the extraction of sand in the environment and provides the appropriate final destination of this residue, promoting sustainability and a good relationship between civil construction and the environment.

KEY WORDS: Scheelite Waste, Interlocking Pavement, Civil Construction, Environment, Sustainability.



INTRODUÇÃO

Um dos grandes desafios dos últimos anos tem sido encontrar uma maneira de minimizar a grande quantidade de resíduos produzidos pelo ramo da construção civil e posteriormente, encontrar uma destinação final adequada. Entre os resíduos mais comuns, observa-se que os produzidos pelo setor da mineração, como a scheelita, o caulim, o pó de pedra, entre outros, têm apresentado geração e acúmulo crescente, sendo indiscriminadamente descartados no meio ambiente (DIAS, 2010).

A scheelita (nome pelo qual se dá em homenagem ao descobridor do tungstênio, Honors Karl Wilhelm Scheele), se apresenta como um mineral de elevada densidade relativa e forma cristalina, na qual está inserida à classe dos Tungstatos e é especificamente um cálcio com composição $CaWO_4$ (DANA, 1974). De acordo com o DNPM (2014), o tungstênio é um metal que possui características únicas, como elevada dureza, densidade e ponto de fusão, que são indispensáveis na composição de certas ligas de aços especiais, sendo a China o país onde a maior parte desse recurso mineral ocorre no mundo, com mais de 50% das reservas mundiais de minério de tungstênio.

De acordo com Assis (2006), no Brasil, a exploração de scheelita inicia-se na década de 1940, sendo o estado do Rio Grande do Norte responsável por aproximadamente 90% da produção nacional, com destaque para o município de Currais Novos, o qual era detentor das maiores minas daquela época. Segundo Machado (2012), a produção mensal das mineradoras do município de Currais Novos-RN corresponde a 20 toneladas mensais, sendo que, para cada tonelada, apenas 250 Kg são de concentração de scheelita e 750 Kg são de rejeitos, ou seja, mensalmente são produzidas 15 toneladas de rejeito. Assim, percebe-se o grande montante de resíduos sólidos que são gerados com a exploração da scheelita no Brasil e o potencial de seu aproveitamento na construção civil, obtendo-se diferentes benefícios.

Assim, segundo Silva (2005), a inserção de resíduos na produção de materiais, como por exemplo, na produção de pavers, pode proporcionar economia de energia e contribuir para o desenvolvimento sustentável. Segundo a NBR 9781 (ABNT, 2013), entende-se por pavimento intertravado o pavimento flexível cuja estrutura é composta por uma camada de base (ou base e sub-base), seguida por camada de revestimento constituída por peças de concreto justapostas sem uma camada de assentamento e cujas juntas entre as peças são preenchidas por material de rejuntamento, de modo que a sua contenção é proporcionada pelo o seu próprio sistema de intertravamento.

A chegada desses blocos no Brasil, de acordo com a ABCP (2010), tem início em meados da década de 70. No entanto, foi logo após a segunda guerra mundial que os mesmos adquiriram grande propulsão e passaram a ser produzidas em grandes escalas, principalmente pela Alemanha.

Portanto, no intuito de destinar os rejeitos da scheelita para a produção de pavimentos intertravados deve-se verificar a sua viabilidade técnica, através da análise do seu comportamento mecânico. Assim, o estudo da substituição parcial e total do agregado natural miúdo na confecção de pavers, por resíduos de scheelita demonstra-se importante, visto que irá proporcionar a diminuição da exploração de novos recursos naturais (areia), que já estão ficando escassos em determinadas localidades, como também, irá promover uma destinação final adequada para estes resíduos

OBJETIVOS

Avaliar a viabilidade técnica da substituição parcial e total do agregado miúdo natural utilizado para a produção de pavers, pelo resíduo de scheelita, comparando os seus desempenhos com as exigências estabelecidas por norma.

METODOLOGIA

Materiais

Para a produção das peças de concreto não convencional, foi utilizado cimento Portland II F32 (aglomerante), brita 0 (agregado graúdo), areia e scheelita (agregado miúdo), e água. O cimento Portland II F32, brita 0 e areia, foram obtidos no comércio local. A água utilizada foi obtida no sistema de abastecimento local do município de Princesa Isabel – PB.

A scheelita foi coletada na mina Brejuí, localizada no município de Currais Novos – RN. Para a utilização como agregado miúdo, foi utilizado o material passante na peneira de abertura de malha igual a 4,75 mm.



Caracterização física dos materiais

A fim de classificar os materiais empregados e determinar o traço utilizado no estudo, os materiais passaram por ensaios de caracterização. Para a definição da massa específica do concreto seguiu-se as prescrições da NBR 16605 (ABNT, 2017).

Para a determinação da massa unitária do agregado graúdo e agregados miúdos foram utilizadas as prescrições da NBR 45 (ABNT, 2006) e para a determinação da massa específica do agregado graúdo na condição saturada de superfície seca, designado ao uso em concreto, foi utilizado os procedimentos estabelecidos pela NBR NM 53 (ABNT, 2009). As massas específicas dos agregados miúdos foram obtidas a partir do ensaio regido pela NBR NM 52 (ABNT, 2009) e o módulo de finura do agregado miúdo, teve-se como parâmetro a NBR NM 248 (ABNT, 2003).

Os ensaios de caracterização física foram executados no Laboratório de Estrutura e Materiais de Construções da Unidade Acadêmica de Engenharia Civil, do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, Campus Campina Grande.

Dosagem e preparo das peças de concreto

O traço foi definido a partir do método ABCP, fundamentado nos resultados obtidos das características físicas dos materiais. Desejou-se obter um concreto de 35 MPa (mínimo estabelecido pela NBR 9781, ABNT 2013, para tráfego leve), levando a uma relação água/cimento de 0,46 e consumo de materiais apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Consumo de materiais para a produção de 1m³ de concreto.

Fonte: Autor do Trabalho.

Cimento	Areia	Brita	Água
478,3	858,9	836,2	220

Após definido o traço e a quantidade de material a ser utilizado, deu-se início a produção das peças de concretos. Para cada composição foram produzidas seis peças de concreto, sendo os pavers da composição convencional fornecidas e produzidas pela empresa. Já para as substituições de 10%, 25%, 50% e 100% de areia por scheelita foi o adotado traço encontrado pelo método da ABCP, com uma porcentagem de perda de material de 15%. A Tabela 2 apresenta a quantidade dos materiais em Kg para cada traço.

Tabela 2. Quantidade de material usada em Kg nas quatro substituições de scheelita, adotando uma perda de 15% de material.

Fonte: Autor do Trabalho.

Substituição	Cimento (Kg)	Areia (Kg)	Scheelita (Kg)	Brita (Kg)	Água (Kg)
10%	5,3	8,5	0,9	9,2	2,4
25%	5,3	7,1	2,4	9,2	2,4
50%	5,3	4,7	4,7	9,2	2,4
100%	5,3	0	7,1	9,2	2,4

A confecção e processo de cura dos intertravados foram executados na empresa “A” que trabalha com a fabricação de peças de concreto pré-moldados. Para a análise comparativa, ainda foi empregado uma composição convencional referente ao traço empregado na empresa “A”.

Avaliação dimensional

A avaliação dimensional foi realizada na empresa “A”, para isso foi utilizado um paquímetro, pegando sempre as medidas em planos paralelos ou perpendiculares às arestas das peças do tipo I, assim como estabelecido pela NBR 9781 (ABNT, 2013), conforme apresentando na Figura 1.



Figura 1: Avaliação dimensional dos pavers. Fonte: Autor do Trabalho.

Absorção de água

O ensaio de absorção de água consistiu em emergir em água três peças de concreto de cada composição à uma temperatura de 23 ± 5 °C por um período de 24 horas, conforme especifica a NBR 9781 (ABNT, 2013). Depois, retirou-se a água superficial das peças e foi medido individualmente suas massas. Esse procedimento foi repetido a cada duas horas, até que a variação entre duas medições sucessivas não fosse maior que 0,5%.

Posteriormente, as peças de concreto passaram por um processo de secagem em estufa à uma temperatura de 110 ± 5 °C, por um período de 24 horas, em seguida foram verificadas suas massas seca e determinado suas absorções. O ensaio de absorção de água foi realizado na Escola Dário Gomes de Lima, localizada no município de Flores-PE

Determinação da resistência característica à compressão estimada

Na realização deste ensaio, foram seguidos os métodos estabelecidos pela NBR 9781 (ABNT, 2013), no qual os pavers estavam saturados em água, as suas superfícies devidamente capeadas e foram utilizadas duas placas auxiliares circulares de aço, com diâmetro de 90 mm e espessura de 20mm, proporcionando assim uma uniformidade no carregamento. O ensaio foi realizado no laboratório de engenharia civil da Universidade Federal de Campina Grande – Campus Pombal.

O resultado do ensaio de resistência a compressão (Mpa) da peça de concreto é obtido pela divisão da carga de ruptura (N) pela área de carregamento (mm^2), em seguida multiplicado esse valor pelo fator “p”, valor este que é proporcional à altura da peça. O consumo de materiais para a produção de 1 m^3 de concreto é apresentado na Tabela 3.

Tabela 3. Consumo de materiais para a produção de 1 m^3 de concreto.

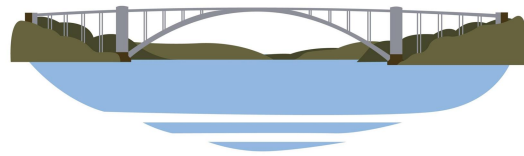
Fonte: Autor do Trabalho.

Espessura Nominal da Peça (mm)	p
60	0,95
80	1
100	1,05

Após isso, é calculada a resistência característica à compressão estimada. Admite-se que os valores de resistência à compressão obedecem à distribuição normal, no qual a resistência característica à compressão estimada pela Equação 1 e o desvio-padrão da amostra é dada pela Equação 2.

$$F_{pk_{est}} = f_p - t \cdot s$$

equação (1)



$$S = \left[\frac{\sum (f_p - f_{pi})^2}{(n-1)} \right]^{(1/2)}$$

equação (2)

onde f_p é a resistência média das peças (MPa), f_{pi} é a resistência individual das peças (MPa), $f_{pk_{est}}$ é a resistência característica estimada à compressão (MPa), n é o número de peças da amostra, S é o desvio-padrão da amostra (MPa) e t é o coeficiente de Student.

RESULTADOS

Determinação da composição granulométrica

A NBR NM 248 (ABNT, 2003) define dimensão máxima característica como a dimensão da peneira que contenha uma porcentagem retida acumulada igual ou imediatamente inferior a 5% em massa. Já o módulo de finura como sendo a soma de todas as porcentagens retidas nas peneiras do ensaio de análise granulométrica dividido por 100.

A mesma norma também especifica os requisitos exigíveis dos agregados miúdos na produção do concreto, pode ser considerado um agregado miúdo localizado na zona ótima, aqueles que dispõem de um módulo de finura compreendido entre 2,20 e 2,90. Já para as zonas utilizáveis inferior e superior os módulos de finuras devem estar entre 1,55 e 2,20; e 2,90 e 3,50 respectivamente.

Neste contexto, foram realizadas as composições granulométricas da areia e das misturas utilizadas como agregado miúdo (scheelita 10%, 25%, 50% e 100%). A Figura 2 apresenta a curva granulométrica da areia e das 4 composições de scheelita.

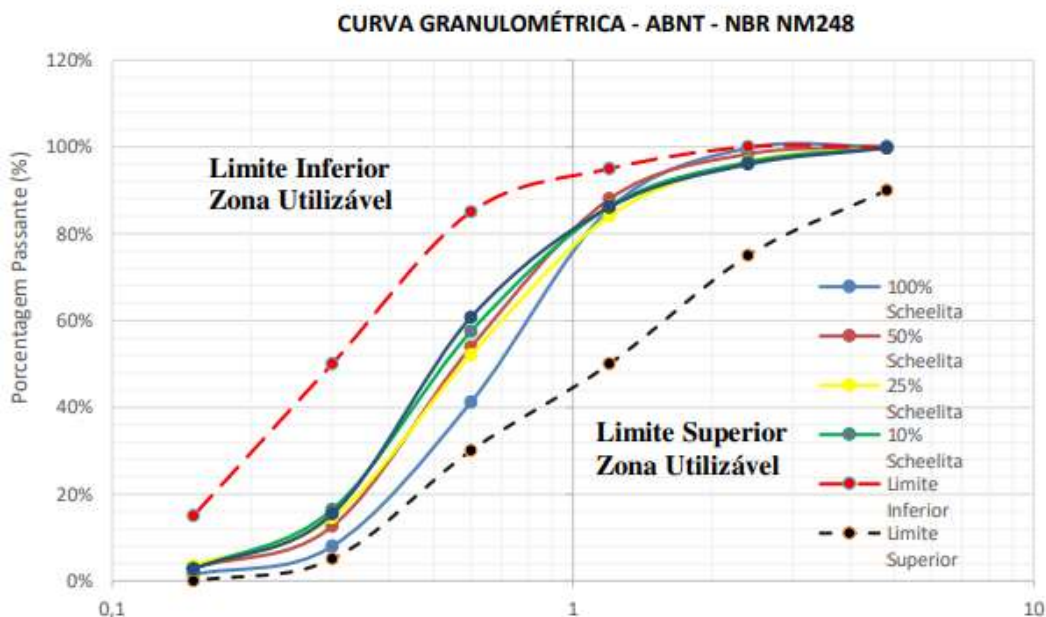


Figura 2: Avaliação dimensional dos pavers. Fonte: Autor do Trabalho.

Observa-se que o diâmetro máximo característico em todas as substituições permaneceram o mesmo (2,4 mm) e com o aumento da porcentagem da incorporação da scheelita na areia, ocorreu o aumento do valor do módulo de finura. Segundo Bauer (2015), quanto menor o módulo de finura do agregado, maior será a superfície específica do material, logo, exigirá uma maior necessidade de água na mistura do concreto.

Como também, todas as composições adotadas para o agregado miúdo, permaneceram dentro da margem das zonas utilizáveis, possibilitando assim a sua utilização como agregado miúdo.



Avaliação dimensional

Como as fôrmas utilizadas pela empresa “A” eram todas padronizadas, todos os pavers produzidos neste estudo obtiveram as mesmas dimensões em seu comprimento e largura. Já na altura, ocorreram pequenas variações no seu tamanho, isso se explica principalmente devido a execução do rasamento da sua parte superior.

Tabela 4. Medidas reais médias dos pavers produzidos em suas diferentes composições.

Fonte: Autor do Trabalho.

Composições	Comprimento (cm)	Largura (cm)	Espessura (cm)
Convencional	19,7	9,6	5,7
10%	19,7	9,6	5,7
25%	19,7	9,6	5,8
50%	19,7	9,6	5,8
100%	19,7	9,6	5,7

Todas as medidas médias reais encontradas no comprimento, largura e espessura, nas diferentes composições estavam dentro da margem de tolerância de ± 3 exigidas pela NBR 9781 (ABNT, 2013). Como também, os índices de forma encontrados de 3,45 e 3,4, ambos estão em conformidade da mesma norma, menores que 4.

Absorção de água

Foi realizado o ensaio de absorção de água para todas as composições de acordo com os procedimentos estabelecidos pela NBR 9781 (ABNT, 2013). Os resultados encontrados estão expostos na Tabela 5.

Tabela 5. Resultados das massas úmidas, secas e absorções de todas as composições.

Fonte: Autor do Trabalho.

Composição	Massa Úmida (g)	Massa Seca (g)	Absorção (%)	Absorção Média (%)
Convencional	2510	2639	5,95	5,82
	2569	2410	6,60	
	2584	2463	4,91	
10%	2615	2521	3,73	5,06
	2615	2454	6,56	
	2609	2487	4,91	
25%	2581	2397	7,68	7,49
	2629	2452	7,22	
	2588	2406	7,56	
50%	2626	2455	6,97	7,33
	2595	2415	7,45	
	2567	2386	7,59	
100%	2631	2506	4,99	5,88
	2588	2436	6,24	
	2621	2463	6,41	



Conforme os dados obtidos, percebe-se que a composição convencional e as substituições de 10% e 100% apresentaram valores médios de absorção menor que 6% e valores individuais menores que 7%. Com isso, os concretos atenderam às especificações da NBR 9781 (ABNT, 2013).

Percebe-se que a composição de 10% de scheelita foi a que proporcionou a menor absorção média, isso significa um indício de que os agregados estão bem compactos, diminuindo assim o tamanho dos poros, consequentemente, menor espaço para a infiltração da água nas peças de concreto.

Já as composições de 25% e 50% apresentaram valores de absorção individual e média superiores ao estipulado pela norma, uma possível causa para isso pode ser uma pequena diferença no momento da produção do concreto, em particular, no seu adensamento, já que as suas composições granulométricas não apresentaram mudanças significativas.

Um bom adensamento no concreto é fundamental para eliminação das bolhas de ar e consequentemente, uma menor porosidade, reduzindo assim os espaços para a retenção de água.

Resistência característica à compressão estimada

A Tabela 6 apresenta os resultados de resistência à compressão aos 28 dias de curas dos traços convencional e das substituições pelo resíduo de scheelita.

Tabela 6. Resultados das cargas de ruptura, resistências à compressão e o desvio-padrão de todas as composições.

Fonte: Autor do Trabalho.

Composição	Carga de Ruptura (t)	Resistência à Compressão (MPa)	Desvio-padrão (MPa)	Resistência à Compressão est. (MPa)	Resistência à Compressão est. Média (MPa)
Convencional	23	33,682	3,59	30,38	26,0
	20	29,289		25,99	
	20	29,289		25,99	
	17	24,895		21,60	
10%	25	36,611	3,93	33,00	31,5
	20	29,289		25,67	
	23	33,682		30,07	
	25	36,611		33,00	
	23	33,682		30,07	
	28	41,004		37,39	
25%	24	35,146	4,14	31,34	29,9
	26	38,075		34,26	
	21	30,753		26,94	
	26	38,075		34,26	
	19	27,824		24,01	
	22	32,218		28,41	
50%	22	32,218	2,62	29,81	29,8
	24	35,146		32,74	
	20	29,289		26,88	
	22	32,218		29,81	



	24	35,146		32,74	
	20	29,289		26,88	
	23	33,682		30,53	29,6
	25	36,611		33,46	
100%	24	33,682	3,42	30,53	
	24	35,146		32,00	
	19	27,824		24,67	
	20	29,289		26,14	

Na composição convencional só foram avaliadas quatro amostras, pois foram as quantidades de pavers que a empresa “A” forneceu. Já as demais composições tiveram seis amostras, como solicita a norma.

De acordo com os resultados encontrados, observou-se que a substituição da areia pelo resíduo de scheelita apresentaram resistência superiores. Todavia, apesar de algumas peças de concreto terem conseguido atingir a resistência almejada, quando foi calculada a resistência a compressão média estimada, nenhuma composição conseguiu atingir a resistência mínima de 35 Mpa proposta pela NBR 9781 (ABNT, 2013), como pode ser melhor visualizado na Figura 3.

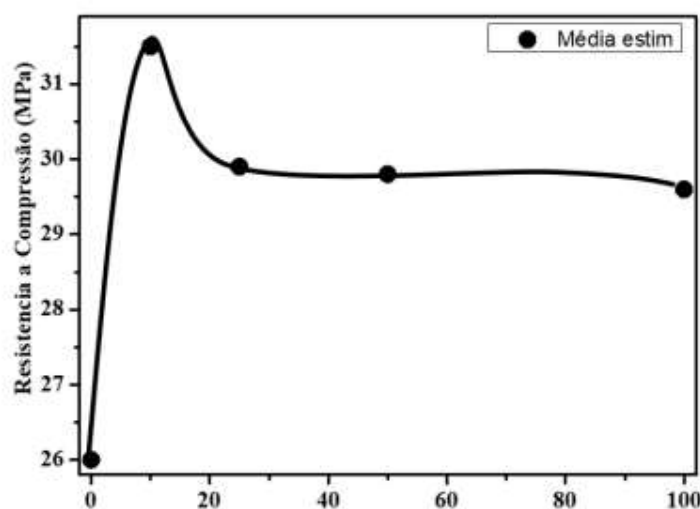
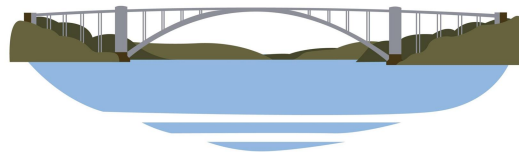


Figura 3: Resultados das resistências características à compressão estimada média. Fonte: Autor do Trabalho.

A substituição de 10% de scheelita foi a composição que apresentou a maior resistência média estimada, 31,5 Mpa. Já o paver convencional produzido pela empresa “A” foi o que apresentou a menor resistência média estimada. Algumas possíveis causas para essa redução de resistência se devem ao fato de a empresa estar utilizando um traço que contenha uma quantidade de água superior a necessária na produção do concreto. Como também, no seu processo de adensamento, não possuir uma padronização no seu tempo de vibração, resultando assim em algumas peças de concreto com pouca vibração, consequentemente não eliminando as bolhas de ar, e outras peças com vibrações superiores ao necessário, resultando assim na segregação do agregado graúdo.

Essa falta de padronização no tempo de adensamento na produção do concreto também pode justificar a variação de resistências encontradas nas peças de concreto da mesma composição, como por exemplo na composição de 10%, na qual teve uma peça que atingiu uma resistência de 37,39 Mpa e outra de 25,67 Mpa.

É possível observar que o comportamento da substituição da scheelita atinge um crescente ganho de resistência na adição de 10%, este que foi o seu pico, em seguida, tem uma leve perda de resistências nas outras substituições, todavia, a substituição da areia por scheelita em todas as suas substituições apresentaram valores superiores de resistência a compressão.



CONCLUSÕES

As conclusões aqui obtidas com o término deste trabalho são baseadas nos resultados encontrados através dos experimentos e embasada na literatura de autores que trabalharam com o tema pavimento intertravado.

Em relação a sua granulometria todas as composições de substituição da areia por scheelita estiveram dentro do limite de zona utilizável estabelecida pela NBR NM 248 (ABNT, 2003), sendo assim possível a sua utilização como agregado miúdo. Sobre a sua avaliação dimensional, todas as peças de concreto estiveram com suas dimensões em conformidade das exigências da NBR 9781 (ABNT, 2013).

Para o ensaio de absorção de água apenas os pavers convencionais e os de substituições de 10% e 100% de scheelita apresentaram valores de absorção média inferiores a 6% e individuais menores que 7%, assim como sugere a NBR 9781 (ABNT, 2013). Todavia, apesar das substituições de 25% e 50% terem apresentados valores acima do recomendado pela norma, esses valores foram muito próximo ao exigido. Assim, para conseguir diminuir a absorção dos mesmos, seria importante a realização de um novo acompanhamento no processo de adensamento dessas composições, visto que os mesmos apresentaram valores de composição granulométrica semelhantes as outras composições, outra alternativa seria testar uma alteração na composição de seu traço.

No ensaio de resistência característica à compressão, nenhuma das composições conseguiram atingir a resistência mínima solicitada pela NBR 9781 (ABNT, 2013) para tráfego leve. A composição convencional (100% areia) produzida pela empresa apresentou resistência característica média estimada de 26 Mpa, a substituição de 10% de scheelita foi de 31,5 Mpa, a de 25% foi de 29,9 Mpa, a de 50% foi de 29,8 Mpa e a de 100 % foi de 29,6%. Assim, nota-se que foram alcançadas resistências muito próximas, sendo a composição de 10% de scheelita a que apresentou o valor mais próximo do estabelecido pela norma.

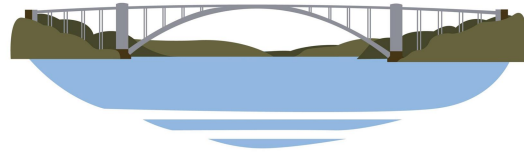
Também é possível observar que a resistência a compressão atinge uma crescente resistência entre o traço convencional e a adição de 10% do resíduo, em seguida, ocorre uma diminuição de resistência em 25% e a partir deste ponto, parece alcançar uma estabilização na sua variação em relação as substituições de 25%, 50% e 100%. Portanto, seria importante a realização do estudo de substituições de 5%, 15% e 20% para melhor compreender o seu comportamento e assim poder estimar em qual porcentagem a substituição de scheelita alcança o seu melhor desempenho.

Os valores mínimos exigidos pela NBR 9781 (ABNT, 2013) para o ensaio de resistências à compressão são considerados muito elevados por Fioriti (2007), pois os pavimentos intertravados podem ser utilizados em ambientes de baixa sobrecarga, como por exemplo, em calçadas, praças, áreas de lazer e ciclovias. Deste modo, para estes fins, não seria necessária uma resistência de 35 Mpa, pois países como Austrália e África do Sul por exemplo, segundo o mesmo autor, estipulam limites mínimos de resistência à compressão de 25 Mpa em ambientes de solicitações leves, indicando assim viabilidade deste material.

Partindo dessa premissa, se torna necessário a revisão desta norma, visto que seria de suma importância no aspecto ambiental, pois abriria espaço para a incorporação de outros insumos, atualmente não convencionais, como por exemplo a própria scheelita. Pois apesar de não atingir a resistência mínima estipulada pela norma brasileira, conseguiu alcançar valores aproximados.

Neste contexto, apesar das composições de 25% e 50% apresentarem valores um pouco superior de absorção segundo a norma, todas as composições com o uso de scheelita apresentaram resistências à compressão superiores em relação a composição que continha apenas areia, com destaque para a substituição de 10%, que apresentou todas as exigências estabelecidas pela NBR 9781 (ABNT, 2013), com exceção do ensaio de compressão, que exigia 35 Mpa e a mesma obteve 31,5 Mpa.

Portanto a substituição da areia pelo resíduo da scheelita no agregado miúdo para produção de pavers demonstrou ser um estudo promissor, visto que a adesão desta alteração proporcionou as peças de concreto um ganho na resistência a compressão em todas as porcentagens de substituição, além de oferecer a este resíduo uma valorização no ponto de vista econômico, uma destinação final adequada e reduz os impactos ambientais promovidos pela extração da areia, contribuindo assim para produção de um produto sustentável.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 357, 17 de março de 2005**. Estabelece normas e padrões para qualidade das águas, lançamentos de efluentes nos corpos receptores e dá outras providências.
2. Dias, I. C. A. **A influência das águas pluviais no sistema de esgotamento sanitário**. V Exposição de experiências municipais em saneamento. Assemae. Santo André, 2004. Disponível em http://www.semasa.sp.gov.br/Documentos/ASSEMAE/Trab_59.pdf. Acesso: 16 de dezembro de 2009.
3. Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT). **Habitação e meio ambiente: assentamentos urbanos precários**. Anais do Seminário de Avaliação de Projetos IPT. São Paulo: IPT, 2002.
4. Malheiros, R., Campos, A.C., Oliveira, D.G., Souza, H.A. **Utilização de resíduos orgânicos por meio da compostagem como metodologia de ensino de Gestão e Educação Ambiental**. Anais V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Belo Horizonte: IBEAS, 2014. Disponível em: <http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2014/VII-028.pdf>. Acesso: 15 de abril de 2016.