



## **Análise do Uso de Resíduo de Escória no Concreto como Alternativa Sustentável e Econômica**

*Analysis Of The Use Of Slag Waste In Concrete As A Sustainable And Economic Alternative*

*Análisis Del Aprovechamiento De Escoria De Residuos En El Hormigón Como Alternativa Sostenible Y Económica*

### **Luiz Henrique Cota Rodrigues**

Aluno Graduação, Unileste MG, Brasil.  
luiz.cota@a.unileste.edu.br

### **Wildemarque Ferreira Costa**

Aluno Graduação, Unileste MG, Brasil.  
wildemarque.costa@a.unileste.edu.br

### **Maressa dos Santos Chaves**

Aluno Graduação, Unileste MG, Brasil.  
maressa.chaves@a.unileste.edu.br

### **Grazielle Ferreira Inácio**

Aluno Graduação, Unileste MG, Brasil.  
grazielle.ferreira@a.unileste.edu.br

### **Lucas Pinto de Carvalho**

Professor Mestre, Unileste MG, Brasil.  
lucas.carvalho.p@a.unileste.edu.br



## RESUMO

As empresas de aço produzem grande quantidade de resíduos de escória proveniente dos seus processos industriais. O objetivo do trabalho é utilizar esse resíduo como alternativa a substituição parcial da areia na confecção do concreto. Esse fator é importante devido a areia ser um material não renovável e está em redução contínua em sua demanda, que em consequência aumenta o seu preço. A abordagem do trabalho é qualitativa, em foi feita uma pesquisa bibliográfica para avaliar a viabilidade do uso do resíduo no concreto. Constatou-se que poderia ser uma alternativa favorável, o que incentivou a execução do trabalho em um laboratório de construção civil. Foram realizados testes de fluidez e ensaio de compressão, ambos os resultados foram satisfatórios. A utilização do resíduo de escória no concreto reduziria toneladas do material no pátio da indústria, o que reduziria os impactos ambientais, além de diminuir altos gastos com sua destinação final. Para a sociedade a contribuição seria com novas alternativas para geração de empregos, bem como a redução do valor do custo da areia, que seria substituída parcialmente pelo resíduo. A areia com menor custo facilita o acesso a moradia, pois o preço por m<sup>3</sup> da areia aumenta constantemente.

**PALAVRAS-CHAVE:** Resíduo de escória. Concreto. Sustentabilidade.

## ABSTRACT

*Steel companies produce a large amount of slag waste from their industrial processes. The objective of the work is to use this residue as an alternative to partially replacing sand in the manufacture of concrete. This factor is important because sand is a non-renewable material and its demand is continually decreasing, which consequently increases its price. The work approach is qualitative, in which a bibliographical research was carried out to evaluate the feasibility of using the waste in concrete. It was found that it could be a favorable alternative, which encouraged the execution of the work in a construction laboratory. Fluidity tests and compression tests were carried out, both results were satisfactory. The use of slag residue in concrete would reduce tons of material in the industry yard, which would reduce environmental impacts, in addition to reducing high expenses with its final disposal. For society, the contribution would be with new alternatives for generating jobs, as well as reducing the cost of sand, which would be partially replaced by waste. Lower-cost sand makes it easier to access housing, as the price per m<sup>3</sup> of sand is constantly increasing.*

**KEYWORDS:** Slag residue. Concrete. Sustainability.

## RESUMEN

*Las empresas siderúrgicas producen una gran cantidad de residuos de escoria de sus procesos industriales. El objetivo del trabajo es utilizar este residuo como alternativa para sustituir parcialmente la arena en la fabricación de hormigón. Este factor es importante porque la arena es un material no renovable y su demanda disminuye continuamente, lo que en consecuencia aumenta su precio. El enfoque de trabajo es cualitativo, en el cual se realizó una investigación bibliográfica para evaluar la viabilidad del aprovechamiento de los residuos en el concreto. Se encontró que podría ser una alternativa favorable, lo que incentivó la ejecución de la obra en un laboratorio de construcción. Se realizaron pruebas de fluidez y pruebas de compresión, ambos resultados fueron satisfactorios. El uso de residuos de escoria en el concreto reduciría toneladas de material en el patio de la industria, lo que disminuiría los impactos ambientales, además de reducir los altos gastos con su disposición final. Para la sociedad, el aporte sería con nuevas alternativas para generar empleos, así como reducir el costo de la arena, que sería parcialmente reemplazada por residuos. La arena más barata facilita el acceso a la vivienda, ya que el precio del m<sup>3</sup> de arena aumenta constantemente.*

**PALABRAS CLAVE:** Residuo de escoria. Concreto. Sostenibilidad.



## **1. INTRODUÇÃO**

Com a intensa industrialização, advento de novas tecnologias, crescimento populacional e diversificação no consumo de bens e serviços, os resíduos se transformaram em graves problemas urbanos com um gerenciamento oneroso e complexo considerando-se volume e massa acumulados. Os resíduos gerados, são encaminhados para lixões, aterros sanitários ou submetidos à incineração, sendo uma alternativa insustentável ao se tratar de uma gestão do ponto de vista ambiental, uma vez que, contribuem para a contaminação do solo e emissão de gases de efeito estufa (CASSILHA, 2004).

As indústrias que produzem aço contribuem de diversas formas com o desenvolvimento da população, gerando produtos e emprego. No entanto, em seu processo é gasto um alto valor energético e são geradas toneladas de resíduo, que em parte das vezes não possuem destinação específica. A escória de alto forno é gerada durante a fabricação do aço e em alguns estudos já se provou viável quando aplicada na produção do concreto (ALMEIDA, 2013; SANTOS, 2013).

Para a confecção do concreto são necessários diversos materiais extraídos da natureza, como exemplo areia, brita e as rochas para a produção do cimento. Por estes materiais não serem renováveis, quando se utiliza toda a quantidade de rochas um determinado espaço, posteriormente é necessário ser criado outro campo para extração de novos materiais. Neste sentido, buscar resíduo na indústria de aços para produzir o concreto se torna uma alternativa que contribui para a sustentabilidade, pois parte da escória que poderia ser descartada na natureza será reutilizado no concreto, podendo substituir o percentual da areia ou o cimento. Neste contexto empresa geradora do resíduo poderá economizar em seu processo de descarte, além da possibilidade da criação de novos empregos internos, que seriam necessários para a segregação do resíduo.

O trabalho tem como objetivo adicionar resíduo de escória da indústria do aço no concreto, a fim de avaliar qual seria o comportamento do compósito no estado fresco e endurecido. No estado fresco será verificado se o concreto irá aumentar ou diminuir sua trabalhabilidade conforme se aumenta o percentual de resíduo. Após endurecido será verificada a resistência do material, para constatar em quais aplicações o concreto com resíduo poderia ser utilizado.

### **1.1 Objetivos**

#### **1.1.1 Objetivo geral**

Avaliar o comportamento do concreto no estado fresco e endurecido após a adição do resíduo de escória de alto forno, proveniente da indústria do aço.

#### **1.1.2 Objetivos específicos**

Os principais objetivos a serem desenvolvidos no artigo serão:



- Realizar ensaio da areia e do resíduo para avaliar a sua granulometria;
- Produzir o concreto com resíduo e sem a adição do resíduo;
- Aplicar o slump test no concreto para avaliar o comportamento reológico;
- Realizar o ensaio de compressão nos corpos de prova dos concretos.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Concreto e seus constituintes**

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) - 12.655 de 2006, o concreto de cimento Portland se define como um material composto pela mistura homogênea de cimento Portland, agregados miúdo e graúdo e água, com ou sem adição de aditivos destinados a desenvolver propriedades específicas. O concreto apresenta boas características técnicas e laborativas, baixo custo de produção, além de ser constituído de matérias primas facilmente encontradas na natureza, características essas que explicam sua larga utilização.

Desde a invenção do cimento em 1824 até o início da década de 1970, o concreto manteve sua composição básica (cimento, água e mistura de agregados). Todavia, nas últimas quatro décadas notou-se um movimento que aliado a busca por menores custos e itens mais competitivos, resultou na inserção no mercado de produtos com melhores características construtivas, originando assim uma grande evolução tecnológica desse material, devido, essencialmente, ao aprimoramento de técnicas e equipamentos para o estudo do concreto, assim como ao uso de novos materiais (ROSSIGNOLO, 2009).

Para a produção do concreto normalmente são utilizados os agregados areia e brita, além da água. No Brasil, o termo agregado, quando se refere a construção civil, é empregado para identificar um seguimento do setor mineral que produz matéria prima (mineral) bruta ou beneficiada, de uso imediato na indústria da construção civil (IBRAM, 2011). BAUER (2008) define agregado como sendo um material particulado, que por si não apresenta coesão, de atividade química praticamente nula, constituído de partículas dos mais variados tamanhos.

Os agregados são classificados segundo a NBR 7211 (2009) quanto a sua origem, dimensão dos grãos e massa específica. Quanto a origem, podem ser classificados em naturais e artificiais, sendo considerados naturais os agregados encontrados livremente na natureza e que já estão prontos para o uso, sem necessidade de nenhum tipo de beneficiamento que não seja a lavagem ou seleção. Esses agregados são provenientes de rochas expostas ao intemperismo. Os agregados artificiais são aqueles derivados de processos industriais, incluindo a britagem, a partir de matérias-primas naturais (argila expandida, concreto reciclado de demolições, escórias de alto forno e aciaria) (SANTOS, 2013).

Outro tipo de agregado que vem tomando voga são os agregados reciclados. Segundo a NBR 15.116 que traz como título “Agregados reciclados para uso em argamassas e concretos de cimento Portland – Requisitos e métodos de ensaio”, agregado reciclado se caracteriza como “material granular proveniente do beneficiamento de resíduos de construção classe A, com características técnicas para aplicação em obras de engenharia.” (ABNT NBR 15116, 2021, p. 2).

A mesma NBR especifica o que são resíduos da construção civil classe A, vejamos:

- Resíduos de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem
- Resíduos de construção, demolição, reformas e reparos de edificações, provenientes de componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto
- Resíduos de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.), produzidos em canteiros de obras

## 2.2 Agregado reciclável - escória de alto forno

A escória de alto-forno é um resíduo siderúrgico não metálico, proveniente, sobretudo do processo de produção do ferro gusa (ver figura 1), contendo principalmente silicatos e sílico-aluminatos de cálcio amorfos. É obtida pela combinação da canga (impurezas) dos minérios dos metais com fundentes apropriados e cinzas do carvão utilizado (ALMEIDA, 2009; MEHTA e MONTEIRO, 1994)

A escória de alto-forno é o coproduto com maior volume de geração na produção do ferro gusa. Para cada tonelada produzida, obtém-se entre 210 a 310 kg de escória, portanto, torna-se de suma importância seu reaproveitamento. Geralmente, a escória de alto-forno é encontrada próxima às indústrias siderúrgicas, formando "montanhas" de material, que é deixado ao ambiente em contato direto de intempéries, e no decorrer dos anos a escória se expande (BRANCO 2004).

Figura 1: Montanha de escória de alto forno em Volta Redonda/ RJ



Fonte: Página VR Abandonada no Facebook<sup>1</sup> (2024)

Encontrar fontes que citam a quantidade de escória produzida anualmente não se apresenta como uma tarefa fácil, por ser este um sub produto da etapa de produção do aço. Contudo é possível estimar essa quantidade em função da produção anual do produto principal,



o aço. Segundo dados do Instituto Aço Brasil (Aço Brasil, 2024) o parque produtor de aço do Brasil é composto por 31 usinas siderúrgicas, com capacidade instalada para a produção anual de 51 milhões de toneladas de aço bruto. Em 2023, segundo a mesma fonte, o parque produziu 32 milhões de toneladas de aço, gerando um saldo comercial de 3,9 bilhões de dólares.

Do exposto, podemos inferir a quantidade de escória produzida no Brasil, vejamos abaixo:

Tabela 1 – Produção anual de escória de alto forno no Brasil – ano 2023

Quantidade de aço produzida no Brasil	Escória na faixa de 21% por tonelada (BRANCO 2004)	Escória na faixa de 30% por tonelada (BRANCO 2004)
32 milhões de tonelada	6,72 milhões de tonelada	9,92 milhões de tonelada

Fonte: Instituto do Aço Brasil (2024)

Conforme exposto, com base no ano de 2023, o Brasil produziu cerca de 10 milhões de toneladas de escória de alto forno, demandando assim meios de escoar esse produto como solução comercial e ecológica.

### 2.2.1 Utilização de resíduo de escória em concreto

Observa-se na literatura que inúmeros outros autores citam o uso da escória de alto forno como agregado em concreto. O que nos apresenta um campo vasto para utilização desse subproduto. Há de se considerar por exemplo que grande parte das escórias de auto fornos são utilizadas como matéria prima em cimenteiras para a produção de cimento, o que traz inúmeros benefícios ambientais.

Como destaque do exposto citamos o trabalho de SANTOS, 2013, que após efetuar ensaios técnicos em concretos em que foram utilizados escória como agregado graúdo, concluiu-se que os corpos ensaiados têm potencial de serem utilizados em concretos estruturais, vejamos:

Todos os corpos-de-prova de concreto com escória de alto forno ensaiados atingiram aos sete dias de idade mais de 70% da resistência à compressão prevista na dosagem. E aos vinte oito dias as amostras alcançaram resistência mínima estabelecida pela normalização brasileira para utilização em concreto estrutural (20 MPa), a maior resistência foi de 20,81MPa. Logo, a escória de alto forno estudada nesse trabalho tem potencial de ser empregada como agregado graúdo em substituição da brita em concretos convencionais de 20 MPa, uma vez que a resistência é utilizada como parâmetro que indica a qualidade do concreto. (Santos, 2013, pág. 52).

De forma semelhante, Nascimento e Silva (2019) citam a utilização de escória de alto forno na fabricação de blocos intertravados utilizados para calçamentos de rua e pátios de estacionamento. Segundo os autores, os pesquisadores em “10 meses de pesquisas e testes alcançaram a mistura ideal entre os agregados e as demais matérias-primas com a resistência mecânica nos primeiros blocos fabricados de 35 Mpa” (Nascimento e Silva, 2019, pág. 25) possibilitando a aplicação para trânsito de pessoas e veículos de pequeno porte. Em um projeto piloto, tais blocos foram utilizados para revestir quatro mil metros quadrados do





estacionamento do Hospital Márcio Cunha em Ipatinga e parte de uma rua dentro do complexo da USIMINAS.

Vejamos a seguir outros trabalhos que indicam o uso de escórias de alto forno como agregado em argamassas:

Tabela 2: trabalhos que adicionam escória de alto forno em argamassas

AUTORES	PESQUISA
Almeida (2009)	Influência da adição de resíduo siderúrgico na performance do concreto
Santos (2013)	Estudo da utilização da escória de alto forno como agregado em Concretos fabricados em Marabá
Nascimento, Silva (2019)	Análise da utilização de escória de alto forno como agregado miúdo na fabricação de argamassa
Almeida (2014)	Utilização da escória produzida em alto forno a carvão vegetal como agregado graúdo e miúdo para concreto
Ribeiro, Pacheco (2022)	Análise do concreto com substituição de agregados por escória Dry Pit para utilização em pavimentos rígidos.
Martins (2016)	Microestruturas e propriedades mecânicas de argamassas contendo escória de alto forno in natura
Costa, Fernandes, Souza (2019)	Caracterização de escórias de aciaria e de alto forno produzidas em usinas ao longo da estrada de ferro carajás para aplicação industrial
Keles (2011)	Influência da basicidade da escória de alto forno como adição ao concreto
Souza Júnior (2007)	Estudo do comportamento de escórias de alto forno a carvão vegetal produzidas a partir de ativação a quente

Fonte: Os Autores (2024)

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais utilizados para produção do concreto foram a água, areia, brita, cimento e o resíduo de escória de aciaria (ver Figura 2). A escória de aciaria é parte do processo de produção de aço de uma indústria na zona leste de Minas Gerais. O resíduo normalmente é doado para a prefeitura utilizar em pavimentação de estradas e aterros e foi cedido para realização da pesquisa em laboratório (ver figura 2).

O agregado reciclado utilizado (ver figura 3) passou pelo processo de quarteamento conforme NBR NM 26 (2001), realizado em um quarteador de agregados. Posteriormente o agregado reciclado foi passado na peneira com abertura da malha de 4,75mm, para poder ser qualificado como agregado miúdo, com o objetivo de ser adicionado em substituição à areia (ver figura 2 e 3).

#### 3.1 Ensaio de granulometria

Antes de realizar os ensaios é realizado a análise granulométrica dos agregados. O ensaio de granulometria é um método utilizado para determinar a proporção que cada faixa específica de tamanho de partícula representa na massa total ensaiada. Esses resultados permitem construir a curva de distribuição granulométrica, fundamental para a classificação dos

agregados (NBR 7211, 2005). Como a substituição do agregado reciclado feita em relação a areia, a análise granulométrica é realizada somente para o agregado miúdo e resíduo.

O ensaio de granulometria por peneiramento dos agregados miúdos utilizados no concreto (areia e escória) foram realizados seguindo as orientações da NBR NM 248 (2003). Como mostrado nas Tabelas 2 e 3, o módulo de finura do agregado miúdo reciclado é maior que o módulo de finura da areia, deste modo, os grãos de escória têm maior dimensão que os grãos da areia. Tal fato pode contribuir para o empacotamento dos grãos, mas devido a quantidade de material pulverulento pode ser necessário adicionar mais água na mistura em uma obra, o que na literatura informa que reduz a resistência do concreto.

Figura 2 e 3: Materiais utilizados na produção do concreto



Fonte: Os Autores (2024)

Tabela 3: Agregado reciclado (escória) utilizado no concreto

Peneira	Massa retida (g)	% retida	% retida acumulada	% passante
4,75mm	0	0	0	100
2,36mm	220	22	22	78
1,18mm	230	23	45	55
0,6mm	170	17	62	38
0,3mm	170	17	79	21
0,15mm	120	12	91	9
Fundo	90	9	100	0
Total	1000	100	399	
Módulo de Finura = 3,99				

Fonte: Os Autores (2024)





Tabela 3: Areia utilizada no concreto

Peneira	Massa retida (g)	% retida	% retida acumulada	% passante
4,75mm	0	0	0	100
2,36mm	10	1	1	99%
1,18mm	110	11	12	88%
0,6mm	260	26	38	62%
0,3mm	10	10	48	52%
0,15mm	490	49	97	3%
Fundo	30	3	100	0
Total	1000g	100%	296	
Módulo de Finura = 2,96				

Fonte: Os Autores (2024)

A tabela 4 oferece uma visão detalhada das quantidades de cada material empregado em diferentes proporções para a confecção do concreto. O traço 1 é o concreto padrão, sem adição de resíduo, já o traço 2 e o traço 3 foram adicionado o resíduo de escória nas proporções de 20% e 30%, respectivamente.

Tabela 4: materiais utilizados na confecção do concreto

Materiais	Traço 1	Traço 2	Traço 3
Cimento	9 Kg	9kg	9 Kg
Areia	13 Kg	10,5 Kg	6,5 Kg
Brita 1	11 Kg	11 Kg	11 Kg
Brita 0	5 Kg	5kg	5 Kg
Água	5 L	5,1 L	5,1 L
Resíduo	0 Kg	2,5 Kg	6,5 Kg

Fonte: Os Autores (2024)

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Slump Test

O *slump test* é uma técnica muito utilizada para avaliar a consistência do concreto no estado fresco, sendo um ensaio de extrema importância na construção civil. O teste ajuda a certificar a qualidade do concreto, prevenir problemas de execução e ainda, garantir a segurança da estrutura. O teste foi realizado imediatamente após a confecção do concreto, seguindo as recomendações da NBR 16889 (2020).

No *slump test* do concreto padrão (ver figura 4), produzido com 0% de resíduo em sua composição, foi obtido a altura de 16,5 cm, que indica um concreto com boa trabalhabilidade e adequado para várias aplicações, como lajes, vigas e pilares, por exemplo. É necessário destacar que os requisitos específicos podem variar de acordo com o tipo de estrutura e especificações de projeto.

Ao ser produzido com 20% de escória em substituição à areia e a água adicionada não foi suficiente para hidratar todas as partículas dos constituintes, o que necessitou a adição de

mais 100 ml de água para aumentar a trabalhabilidade da mistura. O motivo está associado a porosidade do resíduo, que aumenta a absorção de água. O concreto do traço 2 (ver figura 4 e 5) alcançou no *slump test* a mesma altura do concreto padrão, 16,5 cm.

Produzindo um concreto com 50% de escória em substituição à areia, foi possível observar menor trabalhabilidade e maior rigidez em comparação ao concreto padrão. Isso ocorre devido a maior quantidade de material pulverulento presente na escória. Esse concreto atingiu no *slump test* a altura de 10 cm.

Pode-se observar que, devido a finura da escória foi necessário a adição de mais água na mistura, para hidratação das partículas e manuseio adequado da mistura. Portanto, ao incorporar escória no concreto, é crucial ajustar a quantidade de água para garantir a consistência e a trabalhabilidade necessárias para o projeto (ver figura 6).

Figura 4 e 5 – Slump test do primeiro traço e com 20% de escória, respectivamente



Fonte: Os Autores (2024)

Figura 6 - Slump test com 50% de escória.



Fonte: Os Autores (2024)

A redução na fluidez não é considerada como um problema, pois cada tipo de obra

precisa de um determinado *slump test*. A base de uma casa, por exemplo, precisa de um concreto mais rígido, já quando se trata em aplicação estrutural, a fluidez do material deve ser bem maior. Deste modo, cada concreto possui uma determinada aplicação.

#### 4.2 Ensaio de compressão axial

O ensaio de compressão tem o objetivo de determinar (figura 7 e 2) a resistência do material em relação a uma força de compressão aplicada sobre ele na direção vertical, ao longo do seu eixo. O ensaio foi feito por meio do rompimento dos corpos de prova após 14 e 28 dias de cura, contados a partir da moldagem. O ensaio foi conduzido no laboratório, utilizando uma prensa hidráulica, que aplica gradualmente uma força de compressão crescente nos corpos de prova até que eles atinjam o ponto de ruptura, foi utilizado como referência para execução do teste as recomendações da NBR 5739 (2018).

No ensaio de compressão foi possível observar que com a adição da escória (ver figura 9), o concreto ganha resistência à compressão. Isso ocorreu porque a escória é um material com muita quantidade de finos e consequentemente preenchendo mais espaços, complementando a variação granulométrica e contribuindo com um concreto mais denso e com menos vazios.

Figura 7 e 8 – Corpos de prova antes de serem rompidos

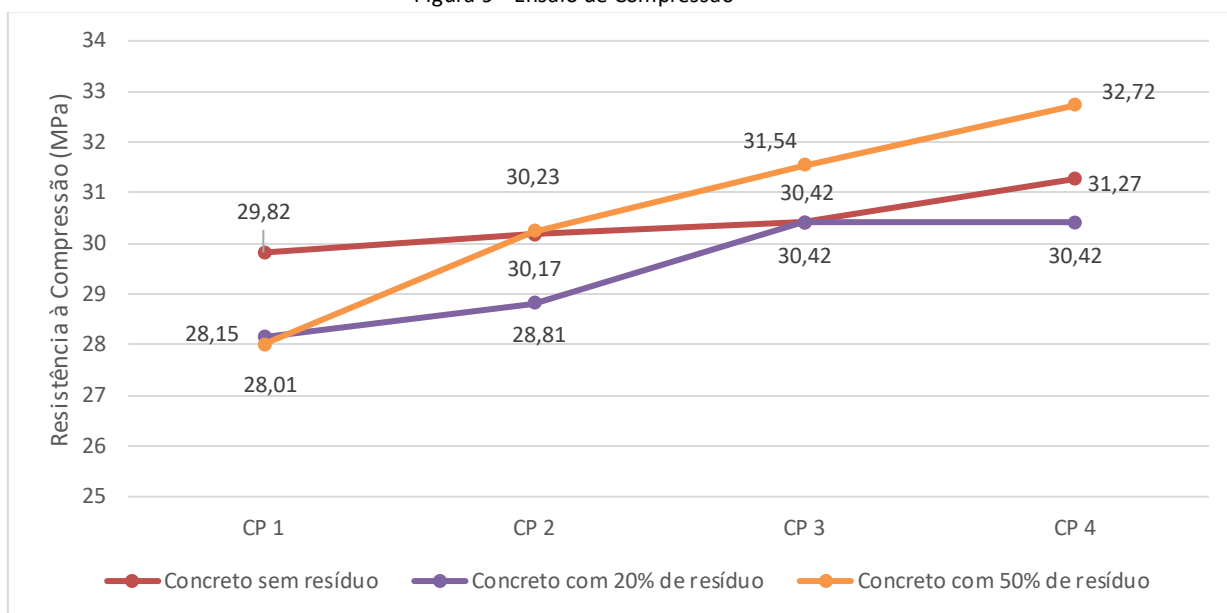


Fonte: Os Autores (2024)

No gráfico da figura 9 pode ser observado que o concreto com 20% de resíduo teve uma resistência menor quando comparado com os corpos de prova do concreto de referência. No entanto, o concreto atingiu valores acima de 28 MPa, o que possibilita a sua utilização como concreto estrutural. Quando se acrescentou resíduo e chegou ao valor de 50% o concreto apresentou resistência maior em 3 dos 4 corpos de prova avaliados em relação ao concreto sem resíduo. Resultados parecidos foram encontrados na literatura. Esse acontecimento é devido o fator de compactação dos materiais, pois a variação na granulometria do resíduo contribui para reduzir os vazios do concreto e, portanto, aumentar a sua resistência.



Figura 9 - Ensaio de Compressão



Fonte: Os Autores (2024)

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a observação e estudos sobre o concreto, foi observado que conforme o aumento do percentual de resíduo, ocorre uma diminuição na trabalhabilidade do concreto, o ocorrido se deve a maior porosidade e capacidade de absorção de água em relação ao agregado miúdo (areia). Além disso, foi analisado pelo teste de granulometria, que a finura do agregado reciclado é maior que a finura da areia, mas em contrapartida, devido a escória de aciaria possuir maior quantidade de pulverulento, foi necessário a adição de água, provocando a redução da resistência do concreto.

Os resultados dos testes indicam boa resistência a compressão. Com isso, foi constatado que o concreto com a adição de resíduo teve um bom resultado, mas com base nos estudos realizados, os testes dos corpos de provas e sua resistência é analisado que, para o uso do concreto na construção civil, como por exemplo, em aplicações estruturais deve ser realizado testes complementares para comprovação se há um potencial de uso.

Com a finalização dos estudos, foi constatado um certo potencial no uso de resíduos como substituto de agregados miúdos. Porém, apesar das pesquisas e testes realizados em laboratório, ainda se constata necessário estudos mais aprofundados em busca de se alcançar um conhecimento maior sobre o potencial da escória de aciaria no concreto, como exemplo de tração e durabilidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 16886 (2020). Concreto — Amostragem de concreto fresco. Rio de Janeiro.



\_\_\_\_\_. **NBR 16889 (2020)**. Determinação da consistência pelo método abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro. ABNT – Norma Brasileira.

\_\_\_\_\_. **NBR 5738 (2016)**. Moldagem de corpos de prova. Rio de Janeiro. ABNT – Norma Brasileira.

\_\_\_\_\_. **NBR 5739 (2018)**. Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro. ABNT – Norma Brasileira.

\_\_\_\_\_. **NBR 7211 (2005)**. Agregados para concreto – especificação. Rio de Janeiro. ABNT – Norma Brasileira.

\_\_\_\_\_. **NBR 15116 (2021)**. Agregados reciclados para uso em argamassas e concreto de cimento Portland – Requisitos e métodos de ensaios. Rio de Janeiro. ABNT – Norma Brasileira.

\_\_\_\_\_. **NBR NM 248 (2003)**. Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro. ABNT – Norma Brasileira.

\_\_\_\_\_. **NBR NM 26 (2001)**. Agregados – Amostragem. Rio de Janeiro. ABNT – Norma Brasileira.

\_\_\_\_\_. **NM 27 (2001)**. Agregados – Redução da amostra de campo para ensaios de laboratório. Rio de Janeiro. ABNT – Norma Brasileira.

\_\_\_\_\_. **NBR 8953 (2015)**. Concreto para fins estruturais - Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência. Rio de Janeiro, 2015.

Bauer, F. L. A. **Materiais de Construção**. Volumes 1 e 2. Rio de Janeiro: LTC. 2000.

Metha, P. K., Monteiro, P. J. M. **Concreto - Estrutura, Propriedades e Materiais**. São Paulo, Ed. Pini. 1994.

ALMEIDA, A.J., **Influência da adição de resíduo siderúrgico na performance do concreto**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2009,74pg., Disponível em: < <https://repositorio.ufmg.br/>> Acesso em: 30 de abril de 2024.

BRANCO, C. F. T. V. **Caracterização de misturas asfálticas com o uso de escória de aciaria como agregado**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro., Rio de Janeiro., 2004,ii135iipg, Disponível em: < <http://www.dominiopublico.gov.br/>> Acesso em: 30 de abril de 2024.

CASSILHA, Antonio Carlos et al. Indústria moveleira e resíduos sólidos: considerações para o equilíbrio ambiental. **Revista Educação & Tecnologia**, n. 8, 2004.

DADOS DO SETOR. **Instituto Aço Brasil** – 2024. Disponível em: <https://acobrasil.org.br/site/dados-do-setor/>> Acesso em: 30 de abril de 2024.

IBRAM. **Informações e análises da economia mineral Brasileira**. 6ª Edição. Disponível em:< <http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00001669.pdf>> Acesso em: 30 de abril de 2024.

JOHN, Vanderley Moacyr. **Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. 2000. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

NASCIMENTO, P. e SILVA, U. C. **Análise da utilização de escória de alto forno como agregado miúdo na fabricação de argamassa** – Rede de ensino DOCTUM, 2019. 49 pg. Disponível em: <<https://dspace.doctum.edu.br/bitstream/123456789/3117/1/AN%C3%81LISE%20DA%20UTILIZA%C3%87%C3%83O%20DE%20ESC%C3%93RIA%20DE%20ALTOFORNO.pdf>> Acesso em: 30 de abril de 2024.

ROSSIGNOLO, A.J. **Concreto leve estrutural: produção, propriedades, microestrutura e aplicações**. São Paulo, Pini, 2009.



SANTOS, P. B. **Estudo da Utilização de Escória de Alto Forno Como Agregado em Concretos Fabricados em Marabá** – Universidade Federal do Pará. Marabá, 2013.59 pg. Disponível em: <TCC\_Estudo da utilização da escória.pdf (unifesspa.edu.br)> Acesso em: 30 de abril de 2024.