

## Uso de resíduos de pré-moldados com adição de terras-raras em artefatos de concreto para iluminar caminhos

Use of precast waste with the addition of rare earth in concrete artifacts to light paths

Uso de residuos prefabricados con la adición de tierras raras en artefactos de hormigón para caminos de luz

Recebido: 19/07/2022 | Revisado: 28/07/2022 | Aceito: 30/07/2022 | Publicado: 08/08/2022

**Monalisa Both**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4058-5640>  
Universidade do Contestado, Brasil  
E-mail: monalisaboth@gmail.com

**Paulo Reis Junior**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8153-5549>  
Universidade do Contestado, Brasil  
E-mail: sr.reis.paulo@gmail.com

**Jacir Favretto**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7530-8016>  
Universidade do Contestado, Brasil  
E-mail: jfavretto@unc.br

**Mari Aurora Favero Reis**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5319-138X>  
Universidade do Contestado, Brasil  
E-mail: mariaaurorafavero@gmail.com

### Resumo

O pré-moldado na construção civil proporciona alto controle tecnológico e redução de desperdícios, materiais e tempo no processo construtivo. Considerando os resíduos gerados nos processos na produção de artefatos, o objetivo deste estudo é investigar o uso de resíduos pré-moldados com adição de substâncias fotoluminescentes de terras raras na produção de artefatos de concreto para iluminar caminhos. O experimento foi realizado em duas etapas: Na primeira etapa foi a avaliação da granulometria após o processo de britagem, produção de traços e teste de resistência mecânica. Na segunda etapa, utilizando o melhor traço, houve a aplicação e teste com substância fotoluminescente. Os resultados da primeira etapa mostram a predominância de particulados médios e finos, com maior quantidade nas peneiras com aberturas de 1,18 mm e 4,75 mm. Quanto às propriedades físicas do concreto, a mistura 1 apresentou melhor massa específica, melhor desempenho no abatimento e resistência mecânica no concreto curado. Em relação ao uso das substâncias fotoluminescentes na emissão de fótons, após exposição à radiação solar, os experimentos não apresentaram os resultados desejados.

**Palavras-chave:** Resíduos de pré-moldados; Agregado reciclado; Fotoluminescência; Iluminar ciclovias.

### Abstract

Precast in civil construction provides high technological control and reduction of waste, materials, and time in the construction process. Considering the residues generated in the processes in the production of artifacts, this study aims to investigate the use of precast residues with the addition of rare earth photoluminescent substances in the production of concrete artifacts to illuminate paths. The experiment was carried out in two stages: The first stage was the evaluation of the granulometry after the crushing process, production of traces, and mechanical resistance test. In the second stage, using the best trace, there was the application and test with a photoluminescent substance. The first stage results show the predominance of medium and fine particulates, with a greater amount in sieves with openings of 1.18 mm and 4.75 mm. Regarding the physical properties of concrete, mixture 1 showed a better specific mass, better slump performance, and mechanical strength in cured concrete. Regarding the use of photoluminescent substances in the emission of photons, after exposure to solar radiation, the experiments did not show the desired results.

**Keywords:** Precast waste; Recycled aggregate; Photoluminescence; Light up bike paths.

### Resumen

El prefabricado en la construcción civil proporciona un alto control tecnológico y reducción de desperdicios, materiales y tiempos en el proceso constructivo. Considerando los residuos generados en los procesos en la producción de artefactos, el objetivo de este estudio es investigar el uso de residuos prefabricados con la adición de

sustancias fotoluminiscentes de tierras raras en la producción de artefactos de hormigón para iluminar caminos. El experimento se realizó en dos etapas: La primera etapa fue la evaluación de la granulometría posterior al proceso de trituración, producción de trazas y prueba de resistencia mecánica. En la segunda etapa, utilizando la mejor traza, se realizó la aplicación y prueba con sustancia fotoluminiscente. Los resultados de la primera etapa muestran el predominio de partículas medianas y finas, con mayor cantidad en tamices con aberturas de 1,18 mm y 4,75 mm. En cuanto a las propiedades físicas del concreto, la mezcla 1 mostró mejor masa específica, mejor comportamiento de revenimiento y resistencia mecánica en el concreto curado. En cuanto al uso de sustancias fotoluminiscentes en la emisión de fotones, después de la exposición a la radiación solar, los experimentos no arrojaron los resultados deseados.

**Palabras clave:** Residuos prefabricados; agregado reciclado; Fotoluminiscencia; Iluminar ciclovías.

## 1. Introdução

A utilização de pré-moldados é muito comum em construções, pois proporciona redução significativa de tempo de construção, na redução de resíduos e, também, no uso de recursos para escoramentos e formas. Além disso, essas peças apresentam um elevado controle tecnológico e emprego de materiais com ótima qualidade (Lima Araújo et al., 2016). Considerando a elevada qualidade dos pré-moldados e a qualidade dos materiais de sua composição, os resíduos destas peças pré-moldadas podem ser reaproveitados na produção de outros pré-moldados. Portanto, os resíduos de descarte e/ou demolição são considerados materiais nobres, possuindo assim um elevado potencial de reutilização na própria indústria da construção civil como substituição de agregados (Gonçalves, 2001; Lima Araújo et al., 2016).

Sobre os resíduos gerados na construção civil, o segmento aparece em destaque como agente poluidor e consumidor de recursos, fato que tem sido ponto de discussão nas políticas públicas mundiais sobre meio-ambiente (Fernandes & Serpa, 2017). No Brasil o Plano de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil (RESOLUÇÃO CONAMA Nº 307, DE 5 DE JULHO DE 2002, 2002), considera que a destinação deverá ser realizada, preferencialmente, pelo gerador na origem, ou ser realizada nas áreas de destinação licenciadas para essa finalidade, respeitadas as classes de resíduos.

A busca por materiais alternativos para ser utilizados na fabricação do concreto é tema de estudo capazes de reproduzir as características exigidas conforme as normas técnicas vigentes em diversos estudos (Bragagnolo & Korf, 2020; Castro et al., 2021). Especialmente na indústria da construção civil, destaca-se: a adição de minerais como substituição parcial ao cimento, fator para reduzir a emissão de CO<sub>2</sub> do concreto (Gomes et al., 2019; Makul et al., 2021). Ou, na aplicação de materiais poliméricos, que está sendo bastante difundida na fabricação de artefatos de concreto, como forma de reutilização de resíduos de plástico em substituição à areia (Alves et al., 2019).

Em 2019 um estudo utilizou a adição de resíduos poliméricos e substância fotoluminescentes do tipo terras-raras para a produção de artefatos de concreto (Both et al., 2021). Os resultados dos experimentos mostraram que o resíduo do polímero no concreto aumenta a emissão de fótons (brilho) nos artefatos, o mais eficaz nos testes foi com o polímero extrudado. Os ensaios de resistência mecânica à tração, três meses após os experimentos, com um agregado polimérico extrudado apresentaram valores semelhantes aos do concreto padrão. E no teste de compressão nos artefatos com polímeros em flocos apresentaram valores semelhantes aos do corpo de prova padrão. Ambos os tipos de polímeros atenderam aos objetivos da pesquisa (emissão de brilho) e poderiam ser utilizados na produção de artefatos de concreto na construção civil.

A partir das evidências de brilho e resistência mecânica nos artefatos de concreto em pesquisa anterior (Both et al., 2021), foi considerada a possibilidade de expandir o uso destas substâncias fotoluminescentes na produção de artefatos de concreto com o uso de resíduos da fabricação de pré-moldados de concreto. A iniciativa teve origem numa indústria que produz artefatos de concreto do tipo estruturas pré-moldadas para a construção civil. Os resíduos gerados neste segmento poderiam ser transformados em artefatos para ciclovias, calçadas, pavimentação ou outros. O uso da substância luminescente nestes materiais, poderia ser aplicado para iluminar caminhos, como propomos na pesquisa anterior no México (Santos, 2016) e na Europa (Han et al., 2017).

Os materiais fotoluminescentes, após exposição a uma fonte de energia (como a luz do Sol), na ausência de energia luminosa emitem luz (fótons) por fenômenos conhecidos como efeito fotoelétrico (Reis, 2019). O mecanismo físico de luminescência está relacionado à produção e transformação da luz por um efeito fotoelétrico: durante o dia, o material recebe energia luminosa de radiação solar; à noite, essa energia é emitida por fótons. No concreto, as características da luminescência (como a cor) depende da composição química do material utilizado, de modo que a luz emitida nos artefatos pode ter diferentes comprimentos de onda (Lucena et al., 2004; Pereira et al., 2014; Sousa et al., 2015). Por conta disso, materiais que usam essas substâncias demonstram oportunidade de uso na produção de artefatos de concreto para sinalização de superfícies urbanas como ciclovias e passeios.

Os materiais fotoluminescentes à base de cimento têm sido considerados para reduzir efeitos indesejáveis gerados por poluição luminosa em superfícies urbanas. Por conta disso, na Engenharia Civil a tecnologia tem sido considerada funcional e inovadora para pavimentos inteligentes. Em estudo recente (Wang et al., 2021), materiais compósitos à base de cimento luminescente (LCCM) foram preparados por dopagem de pó luminescente e pó reflexivo em materiais à base de cimento. Foram avaliadas as propriedades mecânicas e luminosas, bem como o mecanismo de luminescência. Os resultados da avaliação abrangente do LCCM realizados no estudo mostram grande viabilidade de sua utilização em pavimentação de estradas, o que ajuda a economizar energia, reduzir a poluição luminosa e melhora na segurança do tráfego rodoviário em ambientes de baixa iluminação.

Neste contexto, a aplicação poderá contribuir para “tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis” (ODS 11), como prevê a Organização das Nações Unidas (ONU, 2015) na agenda para 2030. E, quanto à utilização dos resíduos de pré-moldados, possibilita “assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis” (ODS 12) no segmento da construção civil.

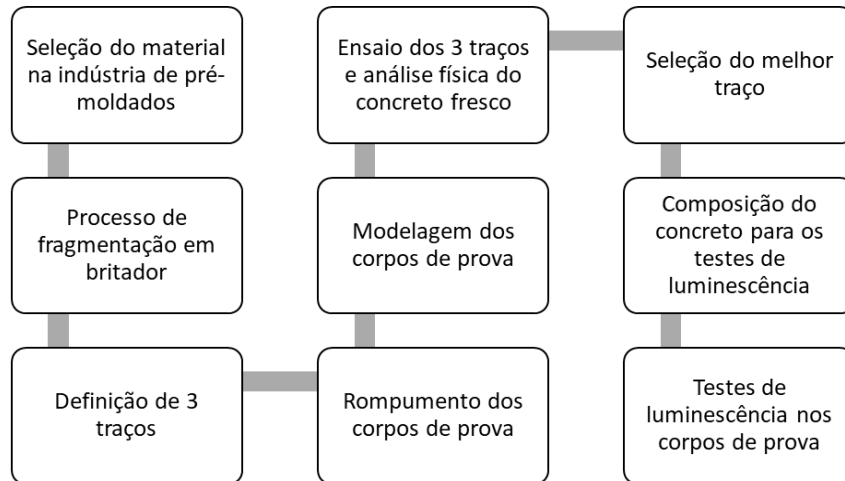
Nesta pesquisa, a novidade está na união dos dois segmentos: Os resíduos da indústria de pré-moldados e a aplicação da tecnologia desenvolvida nas pesquisas anteriores (Both et al., 2021; Han et al., 2017; Santos, 2016). Desse modo é possível avaliar tais propriedades dos materiais e contribuir para o desenvolvimento sustentável nos sistemas produtivos. O objetivo consiste em investigar o uso de substâncias luminescentes do tipo terras-raras na produção de artefatos de concreto para iluminar caminhos, a partir do uso de resíduos dos pré-moldados.

## 2. Metodologia

A pesquisa é do tipo qualitativa, realizada a partir de uma abordagem experimental (Gil, 2008). A pesquisa experimental possibilita, ao objeto de estudo, selecionar as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo, definir as formas de controle e observação dos efeitos que a variável produz no objeto (Gerhardt & Silveira, 2009; Gil, 2008). Na pesquisa experimental o desenho e teste de “tratamentos” permitem que efeitos podem ser monitorados e explicado por referências a um aparato teórico de leis de cobertura (Erickson, 1986).

Os procedimento para a execução dos experimentos ocorreu em cinco etapas (Figura 1): (I) Estudo da aplicação das substâncias luminescentes na Engenharia Civil, a partir do acesso aos fornecedores das terras-raras; (II) seleção dos resíduos de pré-fabricados de concreto, britagem e avaliação do resíduo processado em estudo de laboratório; (III) definição de hipóteses para três traços (misturas para concreto) e realização dos testes para os traços (IV) ensaios e análise do comportamento do concreto após mistura fresca e modelagem dos corpos de prova; (V) avaliação da resistência mecânica com o rompimento dos corpos de prova, após 28 dias da modelagem.

**Figura 1.** Fluxograma das etapas metodológicas na pesquisa.

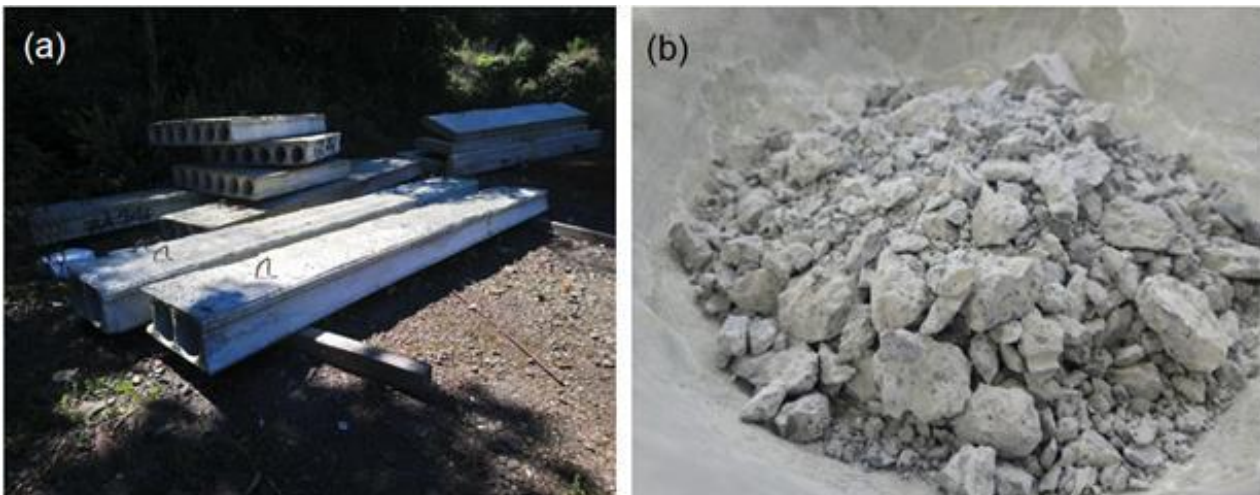


Fonte: Autores.

## 2.1 Descrição dos Materiais

O resíduo utilizado nesta pesquisa é gerado na produção industrial de pré-moldados do tipo laje alveolar (Figura 2a). O resíduo obtido no processo de britagem apresenta granulometria variada (Figura 2b). Quando utilizado este tipo de resíduo é orientado o ensaio do peneiramento para classificação granulométrica, de acordo com a normativa (NBR NM 26 Agregados - Amostragem, 2001). De acordo com Neville (2016), o agregado representa cerca de  $\frac{3}{4}$  do volume de concreto, além de possuírem propriedades físicas capazes de melhorar a qualidade do concreto.

**Figura 2.** Resíduos de concreto: (a) laje alveolar e (b) resíduo processado.



Fonte: Autores.

O ensaio granulométrico foi realizado com uso de peneiras (75 mm; 37.5 mm; 19 mm; 4.75 mm; 2.36 mm; 1.18 mm; 600 $\mu$ ; 300 $\mu$  e 150 $\mu$ ), atendendo a NBR 9935 (ABNT NBR 9935:2011 - Agregados - Terminologia, 2011) e NBR NM ISO 3310-1 (ABNT NBR NM-ISO 3310-1 - Peneiras de Ensaio - Requisitos Técnicos e Verificação - Parte 1: Peneiras de Ensaio Com Tela de Tecido Metálico, 2011). O equipamento utilizado no ensaio é conhecido como agitador granulométrico (Figura 3b), aplicando 10 minutos vibratórios, 10 minutos de repouso e 10 minutos vibratórios.

**Figura 3.** Equipamentos do ensaio granulométrico (a) as peneiras e (b) agitador granulométrico.



Fonte: Autores.

## 2.2 Metodologia na definição do traço

Para definição dos traços, foram utilizados os métodos desenvolvidos pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT/EPUSP), apresentados na tabela 1. Por possuir uma elevada quantia de finos, a água da mistura pode sofrer ajustes (Neville, 2016), a quantia de água utilizada no concreto vai influenciar não somente na modelagem dos artefatos, mas também a qualidade do concreto endurecido, influenciando na resistência, porosidade, entre outras características do concreto. Para melhor homogeneidade da mistura, foi utilizado aditivo superplastificante, não superior a 5% em relação a massa do concreto.

**Tabela 1.** Proporção de materiais em cada traço nos ensaios.

Material	Traço 01	Traço 02	Traço 03
Cimento	1	1	1
Agregado miúdo	1.6	2.1	2.6
Agregado graúdo	2.4	2.9	3.4
Água	0.45	0.6	0.4

Fonte: Autores.

Para a obtenção da massa específica foi considerado as orientações da NBR 9833 (ABNT NBR 9833: Concreto Fresco - Determinação Da Massa Específica, Do Rendimento e Do Teor de Ar Pelo Método Gravimétrico, 2009), que indica a utilização de um recipiente cilíndrico de volume pré definido para o ensaio. Para o teste de espalhamento, foram utilizados os procedimentos da NBR NM 67 (ABNR NBR NM 67: Concreto - Determinação Da Consistência Pelo Abatimento Do Tronco de Cone, 1998). Para a moldagem de corpos de prova foi utilizada a metodologia apresentada na NBR 5738 (ABNT NBR 5738: Concreto - Procedimento Para Moldagem e Cura de Corpos de Prova, 2015), nos seguintes diâmetros 10 cm x 5 cm. Os corpos de prova tiveram cura conforme a NBR 5738 (ABNT NBR 5738: Concreto - Procedimento Para Moldagem e Cura de Corpos de Prova, 2015). Após a cura os corpos de prova foram submetidos ao testes de compressão com uso de uma prensa digital, atendendo as especificações da NBR 5739 (ABNT NBR 5739 - Concreto - Ensaio de Compressão de Corpos-de-Prova Cilíndricos, 1994).

### 2.3 Procedimentos e Materiais no processo de luminescência

Para o experimento final em laboratório, onde foi realizada a adição da substância fotoluminescente, foi utilizado o primeiro traço. Este foi o traço que apresentou melhor resultado de desempenho na etapa anterior. Para os testes foi utilizado os seguintes materiais para o preparo do concreto: cimento, areia, agregado de reciclado, água e Aditivo superplastificante, nas proporções apresentadas na tabela (Tabela 2).

**Tabela 2.** Materiais utilizados na produção dos corpos de prova.

Material	Quantidade (kg)
Cimento	9.27
Areia	19.65
Agregado reciclado	26.70
Água	4.97
Aditivo superplastificante	0.178

Fonte: Autores.

Após o preparo do concreto, foram utilizados moldes de corpos de prova com dimensões de 5cm de diâmetro e 10cm de altura. Durante o processo de conformação dos corpos de prova todos receberam 3g do produto fotoluminescente nas cores: azul para emissão de fótons com comprimento de onda de aproximadamente 460nm; verde para emissão de fótons com comprimento de onda para aproximadamente 540nm e amarelo para emissão de fótons com comprimento de onda de aproximadamente 580nm (Figura 4). Como na pesquisa anterior (Both et al., 2021), o material para o efeito luminescente foi importado da indústria chinesa, que desenvolve e comercializa produtos químicos.

**Figura 4.** Amostras da substância fotoluminescente aplicadas no experimento.



Fonte: Autores.

Foram utilizados três métodos diferentes de adição da substância:

- Aplicação superficial, onde foi adicionado o produto (3g) sobre, diluída na camada superficial dos corpos de provas, com o concreto ainda molhado.
- Aplicação em camadas, onde foi preenchido o molde até a metade com concreto, foi aplicado o produto, e posteriormente completado com concreto;
- Misturou-se o produto no concreto de depois foi realizada a moldagem do corpo de prova.

Após 24h os corpos de prova foram removidos do molde e expostos à radiação solar indireta (próxima à janela). Na semana seguinte os corpos de prova ficaram expostos à radiação solar direta por um dia, no verão de 2022 (Figura 5).

**Figura 5.** Corpos de prova expostos à radiação solar indireta (esquerda) e radiação solar direta (direta).



Fonte: Autores.

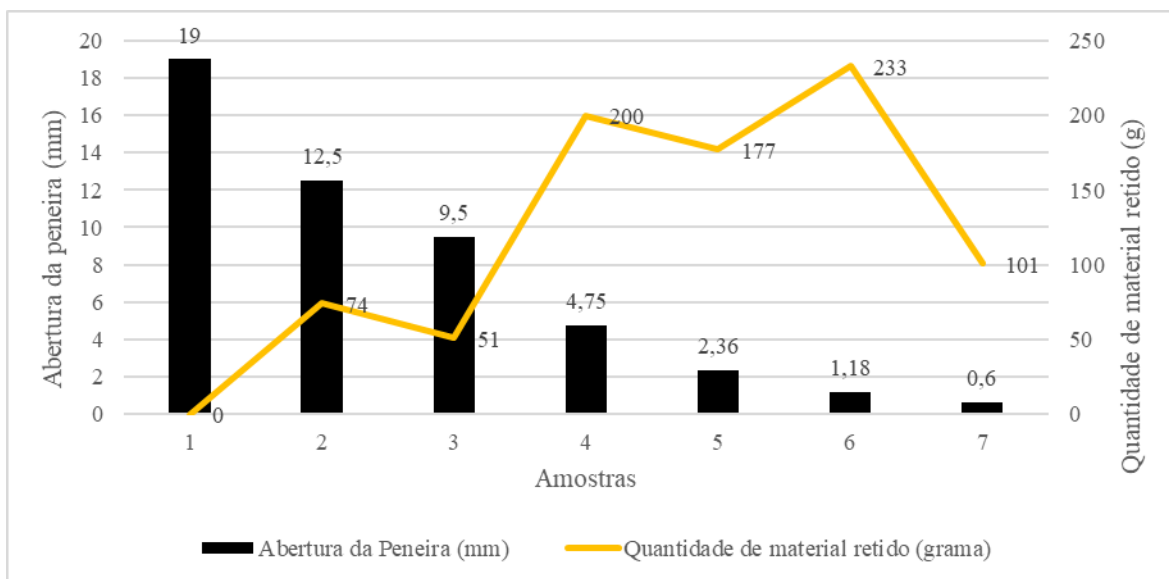
Os resultados são apresentados na próxima seção, em conformidade com os processos apresentados na metodologia. Na primeira seção são apresentados e discutidos os resultados obtidos na fase inicial do experimento, onde foram definidos os materiais e traços aplicados na fase final do experimento. Para o teste com a substância fotoluminescente as aplicações do produto ocorreram no momento em que o concreto foi moldado, visando o controle da aplicação e a fim de contribuir para o conhecimento científico.

### 3. Resultados e Discussão

#### 3.1 Resultado do ensaio da granulometria do resíduo

Os resultados do ensaio de granulometria foram obtidos por peneiramento, após os resíduos serem submetidos aos processos de britagem. No ensaio com 1 kg do agregado de resíduo, submetido a testes com 7 peneiras (quantidade limite do agitador), houve predominância de particulados médios e finos, os grossos representam a menor quantidade. Nas peneiras com aberturas de 1.18 mm (233g retidas) e 4.75 mm (200g retidas) houve predominância de granulados (Figura 5).

**Figura 6.** Ensaio granulométrico realizado no agregado reciclado.



Fonte: Autores.

### 3.2 Resultado dos testes das características físicas do concreto com resíduo

Quanto à determinação da massa específica do concreto, foi possível chegar nos resultados apresentados na tabela 2. A amostra do traço 1 apresenta menor massa específica, muito provável que esta apresente maior nível de porosidade no concreto curado. As demais apresentam semelhança na massa específica. Como em pesquisa anterior, os resultados demonstraram, de modo geral, que não houve influência significativa nos teores de resíduos na massa específica (Silva et al., 2021).

**Tabela 3.** Massa específica do concreto (kg/m<sup>3</sup>).

Amostra	Peso (kg)	Massa específica (kg/m <sup>3</sup> )
Traço 1	6.48	2157.01
Traço 2	6.62	2203.62
Traço 3	6.62	2203.62

Fonte: Autores.

Para este o primeiro traço 1, não houve a necessidade de correção da água utilizada no amassamento. No ensaio de abatimento, foi possível chegar a um resultado de 17 cm entre a base superior do cone e o ponto mais alto do concreto, indicando um material com baixa funcionalidade (Figura 7.a). Na segunda amostra (traço 2) foi necessário realizar a correção da água de amassamento, acrescentando à mistura uma quantidade de 30.81% de água.

Quanto ao ensaio de abatimento com tronco de cone, o resultado obtido também foi de 17 cm (Figura 7b), sendo classificado também como um concreto com baixa trabalhabilidade. E, para a terceira amostra, não foi necessário realizar a correção da água de amassamento. Quanto ao ensaio de abatimento com tronco de cone, o resultado obtido foi de 18 cm (Figura 7c), sendo classificado também como um concreto com baixa trabalhabilidade.

**Figura 7.** Teste de abatimento do concreto fresco.

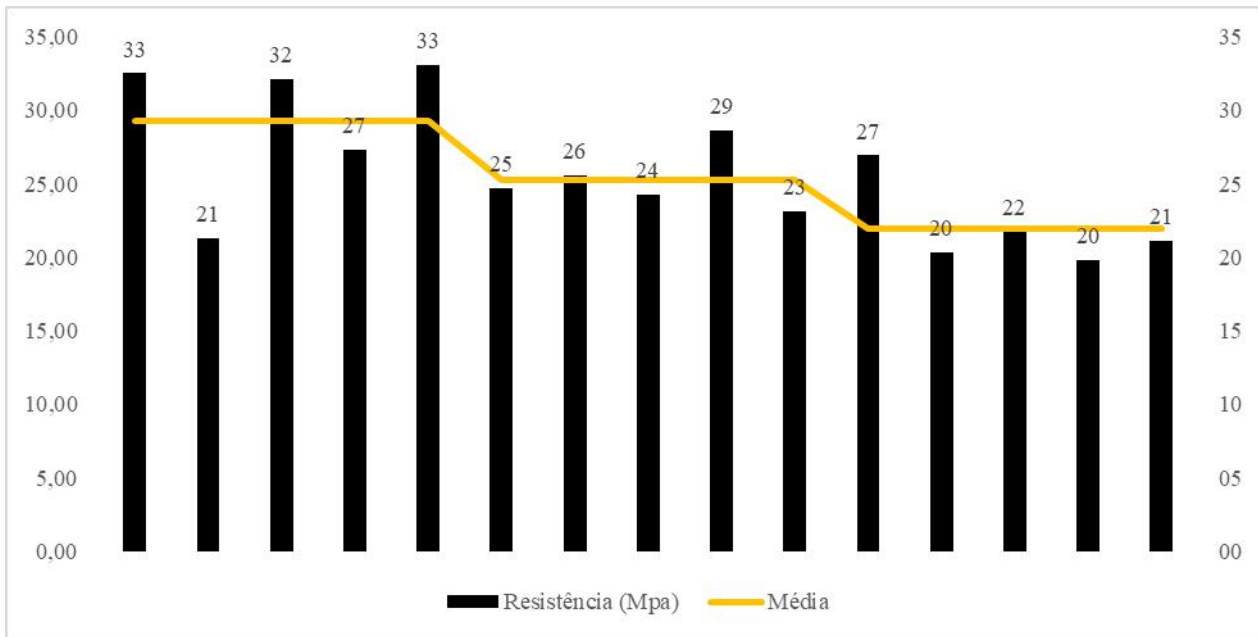


Fonte: Autores.

No ensaio de resistência os corpos de prova foram moldados em formas com dimensões de 100 x 200 mm, preparadas com desmoldante. Depois de 24 horas foram removidas da forma e colocadas na solução de água com hidróxido de cálcio. O ensaio de resistência à compressão do corpo de prova foi realizado quando o concreto atingiu idade de 28 dias. No ensaio foi realizada a preparação das duas faces da amostra no equipamento específico para este fim. O resultado obtido a partir do rompimento das amostras segue representado na Figura 8.



**Figura 8.** Resultado dos testes de resistência nas amostras.



Fonte: Autores.

O teste de resistência padrão foi realizado sem a adição de material fotoluminescente (teste piloto) para a definição do traço de melhor resistência mecânica. O método utilizado para sintetizar os dados obtidos nos testes foi o de normalização da resistência média das amostras (MPa), resultando na amostra média das amostras e, conseqüentemente, este índice foi utilizado para normalizar a diferença entre as amostras (Resistência média MPa de cada amostra / resistência média das amostras). Deste modo pode-se observar que a diferença da amostra 4 para a amostra 5 e 6 é respectivamente de 16% e 29% superior. As amostras 5 e 6 apresentam também resultados inferiores à média de resistência média das amostras quando consideradas todas as amostras. Neste sentido essas amostras foram desconsideradas para a realização dos testes da fotoluminescência.

### 3.3 Resultado do uso da substância fotoluminescente

Conforme a descrição realizada na metodologia, após dois dias os corpos de prova foram removidos do molde e expostos à radiação solar indireta, próxima à janela por 5 horas. Neste procedimento não houve significativa emissão de fótons no período escuro. Na semana seguinte os corpos de prova ficaram expostos à radiação solar direta durante 5 horas, no verão de 2022. Na ausência de luz, somente os corpos de prova onde foi utilizada a substância de cor azul, na parte superficial do concreto, foi observado algum brilho, porém insuficiente para avaliação. Os demais não foram observados emissão de fótons. Este resultado dificultou a coleta de dados sobre o efeito da fotoluminescência, pois a intensidade no brilho era insuficiente para o registro.

Os resultados, malsucedidos, na emissão do brilho das amostras proporcionou algumas reflexões em relação à variáveis no experimento anterior realizado (Both et al., 2021). A substância fotoluminescente foi importada da China e, neste experimento, ocorreu a retenção da substância no sistema de liberação da alfândega brasileira por meses. E, também, o produto enviado na remessa anterior estava numa embalagem que impedia a exposição à luz. Nesta remessa a embalagem era transparente à luz. Outro aspecto diferente nesta pesquisa, em relação à anterior, foi o uso dos resíduos poliméricos, que contribuíram significativamente na emissão de fótons. A hipótese dos pesquisadores é a que o uso de resíduos poliméricos com resíduos de pré-moldados poderia apresentar melhor emissão de fótons.

#### 4. Considerações Finais

Com o grande número de resíduos gerados na construção civil e a escassez de matéria prima, é necessário desenvolver novas tecnologias para aproveitamento destes resíduos nos processos produtivos. Com os resultados obtidos foi possível analisar que o agregado de concreto britado teve um bom desempenho quanto a resistência final das amostras. Foi possível analisar na amostra 2 a grande quantidade de finos, cerca de 26% do material utilizado no ensaio granulométrico, porém com a necessidade do aumento no volume de água no processo de amassamento.

O primeiro traço foi o mais bem avaliado, no estudo piloto obteve resistência de 25.25 MPa, possibilitando ser utilizado para elaboração de blocos de concreto. O traço obteve uma alta resistência por possuir menor relação água/cimento, podendo ser utilizada em preenchimentos, elaboração de blocos, entre outras aplicações não estruturais. Não é indicada a utilização como preenchimento devido a sua baixa funcionalidade, podendo dificultar o preenchimento dos espaços vazios.

Nesta pesquisa, a proposta foi utilizar este traço na produção de artefatos de concreto para iluminar caminhos em ciclovias e passeios para pedestres. Entretanto, os experimentos com uso de substância fotoluminescente não proporcionaram os resultados desejados, mas inferências para pesquisas futuras. A sugestão deixada a partir deste estudo é a investigação com as variáveis resíduos poliméricos e resíduos da produção de pré-moldados na aplicação de substâncias fotoluminescentes em artefatos de concreto. A hipótese é que a adição dos resíduos poliméricos resulte em um aumento na transparência à luz, contribuindo com a emissão de fótons no período escuro.

#### Agradecimentos

À Universidade do Contestado pela concessão de bolsa de Iniciação Científica à autora principal, pelo Fundo de Apoio à Pesquisa (FAP/UNC).

#### Referências

- ABNT NBR 5739 - Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos, Pub. L. No. NBR 5739/1993, 9p (1994). [https://israel-tecnico-qualidade.webnode.com/\\_files/200001169-522fc532a8/NBR 5739 - Concreto - Ensaio de Compressão de Corpos-de-pro.pdf](https://israel-tecnico-qualidade.webnode.com/_files/200001169-522fc532a8/NBR_5739_-_Concreto_-_Ensaio_de_Compressao_de_Corpos-de-pro.pdf)
- ABNR NBR NM 67: Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone, Pub. L. No. NBR NM 67:1998, 8 (1998). <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/10727/abnt-nbrnm67-concreto-determinacao-da-consistencia-pelo-abatimento-do-tronco-de-cone>
- NBR NM 26 Agregados - Amostragem, (2001). <https://engenhariacivilfisp.files.wordpress.com/2015/03/nbr-nm-0026-2001-agregados-amostragem.pdf>
- ABNT NBR 9833: Concreto fresco - Determinação da massa específica, do rendimento e do teor de ar pelo método gravimétrico, Pub. L. No. ABNT NBR 9833:2008, 28 (2009). [http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/15030/material/NBR 9833 - 08\\_aula.pdf](http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/15030/material/NBR_9833_-_08_aula.pdf)
- ABNT NBR 9935:2011 - Agregados - Terminologia, Pub. L. No. ABNT NBR 9935:2011, 12 (2011). <https://docero.com.br/doc/x81v0v>
- ABNT NBR NM-ISO 3310-1 - Peneiras de ensaio - Requisitos técnicos e verificação - Parte 1: Peneiras de ensaio com tela de tecido metálico, (2011). <https://www.target.com.br/produtos/normas-tecnicas/36091/nbrnm-iso3310-1-peneiras-de-ensaio-requisitos-tecnicos-e-verificacao-parte-1-peneiras-de-ensaio-com-tela-de-tecido-metalico-valida-ate-07-10-2011>
- ABNT NBR 5738: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova, Associação Brasileira de Normas Técnicas 1 (2015).
- Alves, A. L., Gotardi, F. G. N., Godoy, G. de L. Z., Zanfolim, A. A., & Torres, R. de M. (2019). Estudo das propriedades mecânicas de pavers de concreto obtidos através da introdução de resíduos plásticos industriais. *Ambiência*, 15(1), 73–93. <https://doi.org/10.5935/ambiencia.2019.01.05>
- Both, M., Reis Junior, P., Hentges, T. I., & Reis, M. A. F. (2021). Photoelectric effect on concrete artifacts produced with the addition of luminescent substances and polymer residues. *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*. <https://doi.org/10.1016/j.jksues.2021.08.003>
- Bragagnolo, L., & Korf, E. P. (2020). Aplicação de resíduos na fabricação de concreto: como técnicas analíticas de caracterização podem auxiliar na escolha preliminar do material mais adequado? *Matéria (Rio de Janeiro)*, 25(1). <https://doi.org/10.1590/s1517-707620200001.0885>
- Castro, L. C. de, Bernardini, C. S. M., Sales, R. J. de M., Silva, F. J. A. da, Cavalcante, A. Y. S. S., & Alencar, I. F. de O. (2021). Concreto a partir de agregado graúdo reciclado: uma avaliação na produção de blocos intertravados em Fortaleza/CE. *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales. Investigación, Desarrollo y Práctica*, 14(3), 1123. <https://doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2021.14.3.75860>
- RESOLUÇÃO CONAMA Nº 307, DE 5 DE JULHO DE 2002, 6 (2002). [https://cetesb.sp.gov.br/licenciamento/documentos/2002\\_Res\\_CONAMA\\_307.pdf](https://cetesb.sp.gov.br/licenciamento/documentos/2002_Res_CONAMA_307.pdf)

- Erickson, F. (1986). Qualitative methods in research on teaching. In *Handbook of Research on Teaching* (pp. 119–161).
- Fernandes, G. A., & Serpa, N. S. C. (2017). Resíduos Sólidos na Produção de Artefatos de Concreto. *Revista Brasileira de Engenharia e Física Aplicada*, 61–67. [revistas.icesp.br/index.php/REBEFA/article/download/200/273](http://revistas.icesp.br/index.php/REBEFA/article/download/200/273)
- Gerhardt, T. E., & Silveira, D. T. (2009). *Métodos de Pesquisa* (Planejamen). UFRGS.
- Gil, A. C. (2008). *Como Elaborar Projetos de Pesquisa* Gil, A. C. (2008). *Como Elaborar Projetos de Pesquisa* (E. A. S.A. (org.); 4a). Atlas. (E. A. S.A. (ed.); 4ª). Atlas.
- Gomes, C. L., Poggiali, F. S. J., & Azevedo, R. C. de. (2019). Concretos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição e adições minerais: uma análise bibliográfica. *Matéria (Rio de Janeiro)*, 24(2). <https://doi.org/10.1590/s1517-707620190002.0673>
- Gonçalves, R. D. C. (2001). *Agregados Reciclados De Resíduos De Concreto - Um Novo Material para dosagem estruturais* [Universidade de São Paulo]. [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-06052016-150748/publico/Dissert\\_Goncalves\\_RodrigoDC.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-06052016-150748/publico/Dissert_Goncalves_RodrigoDC.pdf)
- Han, B., Zhang, L., & Ou, J. (2017). Light-Emitting Concrete. In *Smart and Multifunctional Concrete Toward Sustainable Infrastructures: Vol. Chapter 16* (pp. 285–297). Springer Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-10-4349-9\\_16](https://doi.org/10.1007/978-981-10-4349-9_16)
- Lima Araújo, D., Pires Felix, L., Costa Silva, L., & Martins Santos, T. (2016). Influência de agregados reciclados de resíduos de construção em propriedades mecânicas do concreto. *REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil*, 11(1), Volume 11, Nº 1, 16-34. <https://doi.org/10.5216/reec.V11i1.35467>
- Lucena, P. R. de, Pontes, F. M., Pinheiro, C. D., Longo, E., Pizani, P. S., Lázaro, S., Souza, A. G., & Santos, I. M. G. dos. (2004). Fotoluminescência em materiais com desordem estrutural. *Cerâmica*, 50(314), 138–144. <https://doi.org/10.1590/s0366-69132004000200011>
- Makul, N., Fediuk, R., Amran, M., Zeyad, A. M., Murali, G., Vatin, N., Klyuev, S., Ozbakkaloglu, T., & Vasilev, Y. (2021). Use of recycled concrete aggregates in production of green cement-based concrete composites: A review. *Crystals*, 11(3), 1–35. <https://doi.org/10.3390/cryst11030232>
- Neville, A. M. (2016). *Propriedades do Concreto* (5th ed.). Bookman Editora.
- ONU. (2015). *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Agenda 2030*. <https://nacoesunidas.org/pos2015/ods7/>
- Pereira, S. C., Paranhos, M. M., Eduardo, A. C., Santos, M. A. B., Li, M. S., Longo, E., Motta, F. V., & De Figueiredo, A. T. (2014). Emissão luminescente no titanato de cálcio dopado com íons de terras-raras. *Cerâmica*, 60(353), 77–82. <https://doi.org/10.1590/S0366-69132014000100011>
- Reis, M. A. F. (2019). *Efeito fotoelétrico na produção e transformação da luz: investigação do uso de uma proposta didática para o ensino de física em cursos de Engenharia* [Universidade Luterana do Brasil]. <http://www.ppgcim.ulbra.br/teses/index.php/ppg cim/article/view/336>
- Santos, A. (2016). *Light-emitting cement created in Mexico*. Massa Cinzenta. <https://www.cimentoitambe.com.br/universidade-cimento-fosforescente/>
- Silva, S. E. H. da, Arnold, D. C. M., Ortolan, V. de K., & Nadalon, J. E. de A. (2021). Estudo do comportamento físico da substituição parcial de agregado miúdo por resíduo de arenito Botucatu em concreto estrutural. *Matéria (Rio de Janeiro)*, 26(4). <https://doi.org/10.1590/s1517-707620210004.1320>
- Sousa, R. B., Nascimento, V. A., Matos, J. M. E., Lima, C. L., Santos, C. M., & Santos, M. R. M. C. (2015). Síntese, caracterização e propriedade fotoluminescente de tungstato de bário puro e dopado com hólmio. *Cerâmica*, 61(358), 224–235. <https://doi.org/10.1590/0366-69132015613581918>
- Wang, W., Sha, A., Lu, Z., Jia, M., Jiang, W., Liu, Z., & Yuan, D. (2021). Self-luminescent cement-based composite materials: properties and mechanisms. *Construction and Building Materials*, 269, 121267. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121267>