

# ANÁLISE EXPERIMENTAL COM MATERIAIS PROVENIENTES DO ESTADO DO TOCANTINS PARA A ELABORAÇÃO DE CONCRETO DE PÓS REATIVOS

*EXPERIMENTAL ANALYSIS WITH MATERIALS FROM THE  
STATE OF TOCANTINS FOR THE PREPARATION OF CONCRETE USING  
REACTIVE POWDERS*

---

Carlos Rodrigo dos Santos Brito Fernandes 1

Yuri de Souza Melo 2

---

**Resumo:** O estudo em questão investigou o uso de materiais provenientes do estado do Tocantins para a produção de concretos de pós reativos. O objetivo foi avaliar o efeito da inserção de Pó de brita e fibra de polipropileno nas propriedades mecânicas e de durabilidade dos concretos produzidos. Para nível de conhecimento, foram dosadas duas misturas de concreto: a primeira mistura, sem fibra de polipropileno e cura úmida e a segunda mistura, com fibra de polipropileno e cura térmica. A cura térmica consiste em submeter o concreto a uma temperatura elevada durante um determinado período de tempo, o que acelera as reações químicas de hidratação do cimento e melhora a sua resistência e durabilidade. A adição de pó de brita e fibras de polipropileno pode ser uma estratégia eficaz para melhorar as propriedades mecânicas e de durabilidade dos concretos de pós reativos, além de reduzir o custo e o impacto ambiental da produção de concreto.

**Palavras-chave:** Engenharia civil. Concreto. Resistência. Pós reativos.

**Abstract:** The study in question investigates the use of materials from the state of Tocantins for the production of reactive powder concrete. The objective was to evaluate the effect of inserting gravel powder and polypropylene fiber on the mechanical properties and durability of the produced concrete. For the level of knowledge, two concrete mixes were dosed: the first mix, without polypropylene fiber and wet curing, and the second mix, with polypropylene fiber and thermal curing. Thermal curing consists of subjecting the concrete to a high temperature for a certain period of time, which accelerates the chemical hydration reactions of the cement and improves its strength and durability. The addition of crushed stone powder and polypropylene fibers can be an effective strategy to improve the mechanical properties and durability of reactive powder concretes, in addition to reducing the cost and environmental impact of concrete production.

**Keywords:** Civil engineering. Concrete. Resistance. Reactive powders.

---

1- Professor do curso de graduação em Ciências Biológicas da Universidade Veiga de Almeida. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0247863649039393>. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8104-1781>. E-mail: alexandre.alencar@uva.br

2- Graduado em Biologia pela Universidade Veiga de Almeida. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2212465139287604>. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-8217-9902>. E-mail: 1180104107@veigadealmeida.edu.br

## Introdução

O concreto é um material amplamente utilizado na construção civil, sendo responsável por boa parte da resistência e durabilidade das estruturas (Lopes; Peçanha; Castro, 2020). No entanto, em certas condições, pode ocorrer um fenômeno chamado de reação álcali-agregado, que resulta na formação de produtos expansivos que podem causar danos ao concreto. De acordo com (Dutra, 2023), essa reação é causada pela presença de minerais reativos nos agregados do concreto, que reagem com o hidróxido de sódio presente na pasta de cimento, formando produtos expansivos que podem causar trincas e fissuras na estrutura. Para combater esse problema, foram desenvolvidos os concretos de pós reativos, que possuem aditivos capazes de controlar a reação. Esses aditivos podem ser compostos por sílica ativa, metacaulim, cinzas volantes ou outras substâncias que reagem com o hidróxido de sódio, reduzindo a alcalinidade da mistura. Dessa forma, os concretos de pós reativos apresentam maior durabilidade e resistência a longo prazo, além de serem mais sustentáveis.

A partir dos anos 80, diante do desenvolvimento e maior aplicação de adições pozolônicas e aditivos químicos, houve um grande avanço na ciência e novos materiais surgiram. O desenvolvimento de novos concretos que possam suprir uma demanda que os concretos não atendem é o principal motivo que justifica. Esta demanda pode ser a união dos benefícios de dois ou mais concretos já conhecidos, com alta fluidez e elevada resistência a tração, por exemplos (Christ, 2019)

Gusmão (2017) explica que os CPR são compostos por cimento, agregado miúdo, sílica ativa, pó ultrafino, aditivos de alta eficiência e água. A relação água/cimento (a/c) é inferior aos dos concretos comumente empregados, situando-se entre 0,15 e 0,20, um dos fatores que garante seu elevado desempenho.

Com base em pesquisa e estudos, este trabalho buscou informações nacionais que de fato que possam esclarecer o comportamento estrutural sobre a elaboração de concreto de pós reativos. O (CPR) é uma tecnologia promissora no setor da construção civil. Estudos recentes têm analisado suas propriedades físicas, mecânicas e químicas, bem como suas aplicações na construção.

Este tipo de concreto que ganhou popularidade nos últimos anos devido às suas propriedades avançadas de resistência, durabilidade e baixa porosidade. No entanto, um dos seus principais pontos negativos, é em relação ao seu alto custo comparado ao concreto convencional, além disso envolve uso de materiais mais específicos, no qual pode tornar sua fabricação mais complicada e menos acessível. Com isso foi desenvolvida metodologia teórica e experimental capaz de criar o concreto de pós reativos com materiais obtidos na região de Palmas-TO.

## Objetivos

### Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo geral a realização de estudos para a obtenção de concreto de pós reativos de baixo custo e com resistência a compressão aproximada ao  $F_{ck} = 150$  Mpa, com materiais provenientes do estado do Tocantins.

### Objetivo específico

- Desenvolver um CPR com materiais provenientes do estado do Tocantins.
- Caracterização dos materiais do estado do Tocantins.

## Matériaiais e métodos

A pesquisa foi realizada no Laboratório de Materiais de Engenharia Civil do Centro Universitário UNITOP, seguindo algumas etapas: Levantamento bibliográfico, através de pesquisas nacionais e internacionais, foi feito todo o levantamento de materiais para a produção do concreto de pós reativos. Todo o estudo foi realizado com base nos materiais bibliográficos, tais deles como: Estudo de dosagem, com base no método de RICHARD & CHEYREZY (1995) e a influência da fibra VANDERLEY (2004), produção de traços de CPR com os materiais disponíveis na região. Para a obtenção de concreto de pós reativos foram utilizados dois traços de referências, um traço com fibra de polipropileno e o outro sem a fibra de polipropileno. A mistura dos materiais ocorreu pelo método de empacotamento, que consiste em otimizar as composições empregando partículas de diferentes tamanhos, promovendo o refinamento dos poros e, eventualmente, reduzindo o volume de vazios e pasta para envolver as partículas da mistura (Lopes, 2019). Por fim, foram realizados ensaios de compressão simples para análise comparativa de resistência.

## Cimento portland

O cimento utilizado nos ensaios do concreto de Pós reativos foi o CP-V ARI Itambé, fornecido pela Concreteira Congregel concreto usinado, situada Chácara 05, loteamento córrego comprido, lote 05 plano diretor sul, saída para Aparecida do Rio Negro. A tabela abaixo apresenta as análises químicas e físicas, respectivamente, feitas pelo fabricante com os resultados da média do mês em que o cimento foi produzido, em fevereiro de 2023, obedecendo às especificações da NBR 16697/2018.

**Tabela 1.** Propriedades químicas do cimento cp v ari.

| Al2O3 | SiO2  | Fe2O3 | CaO   | MgO  | SO3  | Perda fogo | CaO livre | Resid. Insol. | Equiv. Alcal |
|-------|-------|-------|-------|------|------|------------|-----------|---------------|--------------|
| %     | %     | %     | %     | %    | %    | %          | %         | %             | %            |
| 4,48  | 18,65 | 3,13  | 62,21 | 2,60 | 2,72 | 3,51       | 1,82      | 0,86          | 0,73         |

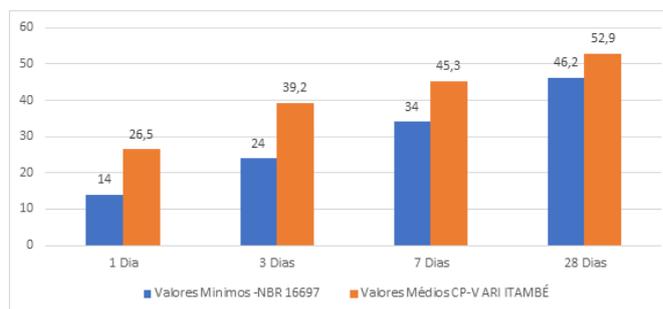
**Fonte:** Cimentos Itambé, (2023).

**Tabela 2.** Propriedades físicas do cimento cp v ari.

| Exp. quente | Tempo de pega |     | Cons. Normal | Blaine             | # 200 | # 325 |
|-------------|---------------|-----|--------------|--------------------|-------|-------|
|             | Início        | Fim |              |                    |       |       |
| mm          | min           | min | %            | cm <sup>2</sup> /g | %     | %     |
| 0,06        | 162           | 213 | 29,2         | 4.319              | 0,14  | 0,64  |

**Fonte:** cimentos Itambé, (2023)

**Tabela 3.** Resistência a compressão ao longo do tempo (Mpa).



**Fonte:** Cimentos Itambé, (2023).

## Areia

Em todo o traço do concreto de pós reativo, foi utilizado apenas um tipo de areia, no qual foi adotada uma areia muito fina, classificada por *AREIA I*, esse tipo de areia geralmente é utilizado em acabamento para construção civil. A sua extração é realizada no distrito de Porto Nacional, Tocantins, no qual é conhecido pelo nome de Luzimangues. Este material foi secado em estufa a 100°C por 24 horas, para diminuir a umidade presente. O diâmetro máximo deste material foi de 0,06mm e sua massa específica foi de XXX kg/dm<sup>3</sup>.

**Tabela 4.** Análise granulométrica de 1000g da areia proveniente da extração do lago Palmas.

| Peneiras (mm) | Peso (g) | % Amostra Total Seca | amostra que passa (total g) | Peneiras (mm) |
|---------------|----------|----------------------|-----------------------------|---------------|
| 0,6           | 0        | 0                    | 1000                        | 0,6           |
| 0,3           | 610      | 61                   | 390                         | 0,3           |
| 0,15          | 349      | 34,9                 | 41                          | 0,15          |
| 0,075         | 33       | 3,3                  | 8                           | 0,074         |
| Filler        | 8        | 0,8                  | 0                           | Filler        |

**Fonte:** Autoria própria (2023).

## Pó de brita

Este material foi fornecido pela Pedreira Gramprata, que fica localizada na região do loteamento Sorriso, na cidade de Palmas, Tocantins. Também foi levado a estufa a 100°C por 24 horas, para diminuir a umidade presente, também com diâmetro máximo de 0,06 mm.

**Tabela 5.** Análise granulométrica de 1000g do pó de brita.

| Peneiras (mm) | Peso (g) | % Amostra Total Seca | amostra que passa (total g) | Peneiras (mm) |
|---------------|----------|----------------------|-----------------------------|---------------|
| 0,6           | 0        | 0                    | 1000                        | 0,6           |
| 0,3           | 352      | 35,2                 | 648                         | 0,3           |
| 0,15          | 598      | 58,9                 | 50                          | 0,15          |
| 0,075         | 35       | 3,5                  | 15                          | 0,075         |
| Filler        | 15       | 1,5                  | 0                           | Filler        |

**Fonte:** Autoria própria (2023).

## Fibra de polipropileno

A fibra de polipropileno utilizada foi fabricada pela Neomatex fibras e têxteis para engenharia. Este aditivo foi fornecido pela empresa representante da região, no qual se chama Rolim-Tech. Este material quando adicionado no concreto em estado fresco, proporciona maior resistência a compressão.

**Tabela 6.** Fibra de polipropileno.

|                       |                 |
|-----------------------|-----------------|
| Densidade             | 0,90 a 0,91     |
| Ponto de derretimento | 165° C          |
| Peso molecular        | 80.000 - 500.00 |
| Índice de refração    | 1,49            |
| Extensão              | 40 a 100%       |
| Condutividade térmica | 6.0             |

**Fonte:** Neomatex (2023).

## Aditivo superplastificante

O aditivo utilizado foi o *MC-POWERFLOW 4000*, fabricado pela Mc-Bauchemie Brasil Indústria e Comércio Ltda. O aditivo foi fornecido por uma empresa representante da região, no qual se chama Rolim-Tech. Este aditivo foi necessário para uma melhor relação no fator água/cimento, no qual permitiu diminuir a quantidade de água utilizada no traço e aumentando a trabalhabilidade no concreto em estado fresco.

**Tabela 7.** Aditivo superplastificante MC- *POWERFLOW 4000*.

|                     |   |
|---------------------|---|
| Densidade           | 1,12 kg/l                                       |
| Dosagem recomendada | >,02% < 5,0%                                    |
| Cor                 | Marrom  |
| Tipo de produto     | Redutor de água - Tipo 2 (RA2) - ABNT NBR 11768 |
| Estado              | Líquido   |

**Fonte:** Mc-Bauchemie, (2023).

## Silica ativa

A sílica ativa utilizada foi a Downsil TM sílica fume BR, fabricada pela Tecnosil Soluções Especiais. Este aditivo foi fornecido por uma empresa representante da região, no qual se chama Rolimtech. A sílica ativa foi adicionada a este concreto com influência de encontrar uma resistência mais elevada, com a função de preencher seus vazios, diminuindo a porosidade e melhorando a aderência neste traço.

**Tabela 8.** Propriedades físicas e químicas da sílica ativa

|   |          |
|---|----------|
| SUPERFICIE ESPECIFICA (kg/m <sup>3</sup> )  | 2.220    |
| Massa específica B.E.T (m <sup>2</sup> /kg) | 19.00    |
| Teor de SiO <sub>2</sub>                    | >90%     |
| Formato da partícula                        | Esferica |
| Diâmetro Médio                              | 0,20 ym  |

**Fonte:** Tecnosil, (2023).

## Dosagem do concreto de pós reativos

A dosagem elaborada nesta pesquisa, foi desenvolvida em duas etapas. A primeira etapa foi dosada sem a fibra de polipropileno tabela 10. A segunda etapa, foi elaborada com a inserção da fibra de polipropileno, tabela 11. Os traços foram desenvolvidos com base nas pesquisas publicadas em RICHARD & CHEYREZY (1995) tabela 8 e 9. Portanto, a dosagem desenvolvida é diferente em virtude de serem usados materiais de regiões diferentes e houve a troca do pó de quartzo pelo pó de brita e a substituição da fibra de aço por fibra de polipropileno.

**Tabela 9.** Dosagem de concreto de pós reativos sem fibra de aço.

| Material                      | Relação (em massa) | Relação em (kg/m <sup>3</sup> ) |
|-------------------------------|--------------------|---------------------------------|
| Cimento CP-V ARI              | 1                  | 854                             |
| Areia fina                    | 1,101              | 939                             |
| Pó de quartzo                 | 0,235              | 201                             |
| Sílica Ativa                  | 0,246              | 210                             |
| Aditivo superplastificante 2% | 0,020              | 17                              |
| Água                          | 0,216              | 184                             |

**Fonte:** RICHARD & CHEYREZY (1995).

**Tabela 10.** Dosagem de concreto de pós reativos com fibra de aço.

| Material                      | Relação (em massa) | Relação em (kg/m <sup>3</sup> ) |
|-------------------------------|--------------------|---------------------------------|
| Cimento CP-V ARI              | 1                  | 869                             |
| Areia fina                    | 1,101              | 957                             |
| Pó de quartzo                 | 0,246              | 214                             |
| Sílica Ativa                  | 0,235              | 204                             |
| Aditivo superplastificante 3% | 0,030              | 26                              |
| Água                          | 0,180              | 156                             |
| Fibra de aço 1%               | -                  | 75                              |

**Fonte:** RICHARD & CHEYREZY (1995).

**Tabela 11.** Dosagem de concreto de pós reativos sem fibra, traço: T1

| Material                      | Relação (em massa) | Relação em (kg/m <sup>3</sup> ) |
|-------------------------------|--------------------|---------------------------------|
| Cimento CP-V ARI              | 1                  | 854                             |
| Areia fina                    | 1,101              | 939                             |
| Pó de brita                   | 0,235              | 201                             |
| Sílica Ativa                  | 0,246              | 210                             |
| Aditivo superplastificante 2% | 0,020              | 17                              |
| Água                          | 0,216              | 184                             |

**Fonte:** Autoria própria (2023).

**Tabela 12.** Dosagem de concreto de pós reativos com fibra de polipropileno, traço: T2

| Material         | Relação (em massa) | Relação em (kg/m <sup>3</sup> ) |
|------------------|--------------------|---------------------------------|
| Cimento CP-V ARI | 1                  | 869                             |

|                               |       |     |
|-------------------------------|-------|-----|
| Areia fina                    | 1,101 | 957 |
| Pó de brita                   | 0,246 | 214 |
| Sílica Ativa                  | 0,235 | 204 |
| Aditivo superplastificante 3% | 0,030 | 26  |
| Água                          | 0,180 | 156 |
| Fibra de polipropileno 1%     | -     | 75  |

Fonte: Autoria própria (2023).

## Fabricação do concreto e moldagem

### Mistura dos materiais.

As misturas dos materiais foram feitas na proporção indicada, onde todos os materiais secos foram despejados em um recipiente plástico e misturado por uma batedeira por 2 minutos até que obtivesse boa homogeneidade.

Figura 1. Mistura dos materiais



Fonte: Autoria própria (2023).

Após a mistura dos materiais secos, a água com o superplastificante foram sendo adicionados em que pequenas doses, com o misturar em velocidade alta, por cerca de 3 minutos, em seguida a velocidade do misturador foi diminuída até que a mistura atingisse a consistência desejada.

Figura 2. Mistura com adição de superplastificante.



Fonte: Autoria própria (2023).

**Figura 3.** Mistura com adição de fibra polipropileno.



**Fonte:** Autoria própria (2023).

Depois de adicionadas as fibras de polipropileno, a velocidade o misturador foi aumentado para que o concreto obtivesse homogeneidade. No caso do traço T 2, não houve homogeneidade devido ao uso da fibra. Foi adicionado um percentual de 15% de água para que a misturas entre os materiais ocorressem de forma homogênea.

**Figura 4.** Mistura de todas as propriedades.



**Fonte:** Autoria própria (2023).

### ***Flow test***

O flow test é um ensaio para definir o espalhamento do concreto, é feito em uma forma de cone. O molde é posicionado em cima de uma placa metálica e o concreto despejado dentro do cone, figura 5. Ao levantar o cone em direção vertical, o concreto se espalha sobre a placa. Daí então mede-se o grau de espalhamento, figura 6.

**Figura 5.** flow test .



**Fonte:** Autoria própria (2023).

**Figura 6.** flow test.



**Fonte:** Autoria própria (2023).

## **Moldagem dos corpos de prova.**

(TUTIKIAN *et al.* 2011), descreve que o CPR é considerado uma argamassa ao invés de concreto. No entanto, devido as propriedades, que são as mesmas do concreto em grau superior, o termo concreto manteve-se. De acordo na NBR-7215/2019, os corpos de prova foram moldados em cilindro com as dimensões 100x50.

Foram moldados 12 testemunhos dos dois traços, 3 corpos de prova para cada idade (3, 7, 14 e 28 dias), figura 7 sem fibra de polipropileno e figura 8 com fibra de polipropileno.

**Figura 7.** Corpos de prova moldados



**Fonte:** Autoria própria (2023).

### **Desmoldagem e cura do concreto.**

Os corpos de prova foram desmoldados após 24 horas de cura. Os testemunhos provas do traço T1 foram submetidos a cura úmida por 7 dias. Os testemunhos do traço T2 foram submetidos a cura térmica por 24 horas em uma temperatura gradativa até que alcance 100 graus célsius. A cura térmica tem como finalidade obter uma alta resistência inicial que permita o manuseio do concreto rapidamente após a concretagem (FÜCHTER E GODINHO – 2016). Quando a superfície do material perde calor para a atmosfera, há surgimento de gradientes de temperatura entre a superfície do concreto e o seu interior, resultando em uma dilatação térmica. Se a força de tração na superfície do elemento exceder a resistência à tração do concreto, há o aparecimento de fissuras. (WALLER, 2004 apud PERES, 2006, p. 40). Após o período de cura úmida e cura térmica em ambos os traços, os corpos de prova foram submetidos a cura ambiente em uma temperatura de mais ou menos 30 graus Celsius.

### **Ensaio de Absorção.**

Realizado o ensaio de absorção de água de acordo ABNT NBR 9778, foram separados 3 corpos de prova de cada traço. Analisando a tabela 13 é possível verificar que houve influência significativa em relação ao teor de fibras de polipropileno com o traço de referência. De acordo com (DA SILVA E SILVA, 2022), o índice de absorção de água por capilaridade, propriedade que está diretamente relacionada à porosidade, tendo um resultado que quanto maior a adição de fibras menor será a sua absorção.

Os corpos de provas foram imersos a água para realização do ensaio de absorção, e após o período de repouso de 24hs foram retirados e executado o ensaio.

**Figura 9.** Ensaio de absorção.



**Fonte:** Autoria própria (2023)

## Resultados dos ensaios a compressão

Resistência à compressão dos CP com diferentes idades de cura, em Mpa. (Concreto sem fibra e cura úmida)

**Tabela 14.** Resultados cura úmida.

| Corpos de prova | 3 dias       | 7 dias       | 14 dias      | 28 dias      |
|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| CP I            | 42,12        | 70,89        | 75,13        | 76,21        |
| CP II           | 42,05        | 75,13        | 73,25        | 77,15        |
| CP III          | 41,96        | 68,34        | 74,28        | 76,52        |
| <b>Média</b>    | <b>42,03</b> | <b>71,45</b> | <b>74,22</b> | <b>76,63</b> |

**Fonte:** Autoria própria (2023).

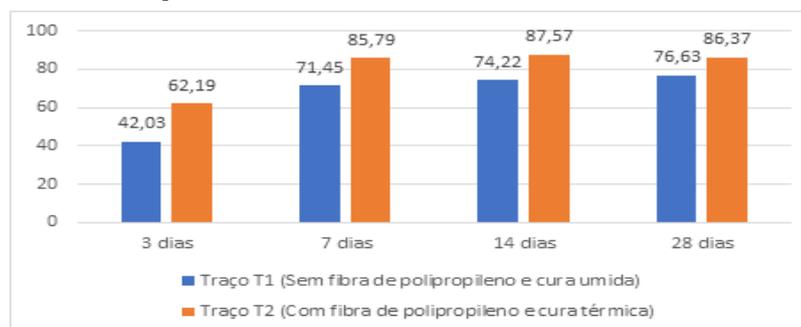
Resistência à compressão dos CP com diferentes idades de cura, em Mpa. (Concreto com fibra e cura térmica)

**Tabela 15.** Resultados cura térmica.

| Corpos de prova | 3 dias       | 7 dias       | 14 dias      | 28 dias      |
|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>CP I</b>     | <b>62,38</b> | <b>85,12</b> | <b>87,13</b> | <b>86,98</b> |
| <b>CP II</b>    | <b>62,23</b> | <b>86,23</b> | <b>87,96</b> | <b>86,25</b> |
| <b>CP III</b>   | <b>61,98</b> | <b>86,03</b> | <b>87,63</b> | <b>85,87</b> |
| <b>Média</b>    | <b>62,19</b> | <b>85,79</b> | <b>87,57</b> | <b>86,37</b> |

**Fonte:** Autoria própria (2023)

**Tabela 16.** Comparativo dos resultados.



**Fonte:** Autoria própria (2023)

Os resultados foram obtidos pelo processo de rompimento dos corpos de provas, de acordo com a NBR 5739. O ensaio de compressão **é essencial para identificar a resistência do concreto e verificar se o mesmo atinge a resistência mínima exigida.**

Ao analisar os resultados das tabelas 15 e 16 verificou-se que os corpos de provas do traço T1, com cura úmida, apresentaram nas primeiras idades um resultado baixo e, ao longo do tempo, a resistência aumentou. A cura úmida é um meio efetivo de prevenir a fissuração prematura e desenvolvimento adequado das reações de hidratação nas primeiras idades.

A manutenção da superfície do concreto saturada de água previne a sua difusão do interior para o meio ambiente e, portanto, impede o aparecimento de retração plástica ou retarda a retração hidráulica, fornecendo à microestrutura da pasta tempo suficiente para resistir aos esforços de

tração dela provenientes (MARQUES, 2018)

Os corpos de provas do traço T2 com fibra de polipropileno e cura térmica apresentaram uma resistência inicial considerável em relação aos resultados do traço T1.

A cura térmica é uma alternativa, pois é utilizada para acelerar a resistência mecânica inicial do concreto. Esse benefício imediato é acompanhado por uma redução na resistência final comparativamente à cura normal em câmara úmida. Esta redução é atribuída ao desenvolvimento de uma microestrutura modificada. (MELO, 2000).

A cura úmida e a cura térmica são dois métodos de cura utilizados no processo de endurecimento do concreto para alcançar a máxima resistência. O concreto com cura térmica apresentou a maior taxa de hidratação da pasta cimentícia superior ao ganho de resistência do concreto com cura úmida.

## Conclusão

Este trabalho explorou a utilização de pó de brita e fibra de polipropileno como materiais na produção de concreto de pós reativos, utilizando os recursos disponíveis no estado do Tocantins. Os resultados obtidos mostram que as combinações desses materiais proporcionam melhorias nas propriedades do concreto, tornando-o mais resistente às condições locais. A incorporação de pó de brita proveniente de fontes locais como material reativo permite reduzir a dependência de agregados tradicionais de outras regiões, resultando em redução de custos logísticos e menor impacto ambiental.

Ao utilizar os materiais disponíveis no estado do Tocantins, é possível promover o desenvolvimento sustentável da indústria da construção civil local, estimulando a economia regional e ajudando o impacto ambiental associado ao transporte de materiais de outras localidades. Além disso, A adição do pó de brita permitiu uma diminuição significativa na porosidade do concreto e um aumento na resistência e durabilidade, principalmente quando adicionado o uso da fibra de polipropileno.

## Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS NBR 5738/1994 “**Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos de concreto**”

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS NBR 7215/2019 “**Determinação da resistência à compressão de corpos de prova**”

CHRIST, Robert. **Proposito de um método de dosagem para concretos de ultra desempenho (UHPC)**. Robert Christ, São Leopoldo, 2019.

DUTRA, Thiago Ferreira. **Influência do aditivo cristalizante na autocicatrização de barras de argamassa afetadas pela reação álcali-agregado**. Orientador: Simone Dornelles Venquiaruto. 76p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Pampa, Curso de Engenharia Civil, Alegrete, 2023.

DA SILVA, Rozália Maria Barreto; SILVA, Fabrício Machado. **ADIÇÃO DE CINZAS EM CONCRETO**. *Multidebates*, v. 6, n. 2, p. 57-65, 2022.

FERREIRA, Gabriel Alves. Et al. **Concreto de pós reativos: Uma análise teórica sobre as novas tendências**. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*. Ano 05, Ed. 06, Vol. 09, pp. 22-33. Junho de 2020. ISSN: 2448-0959, Link de acesso: <https://www.>

nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/pos-reativo.

FUCHER, E; GODINHO, S.S.D. **Influência da cura térmica por imersão nas propriedades mecânicas do concreto**. 2016. 2 f. trabalho de conclusão de curso (graduação em engenharia civil) [Unesc - Universidade do Extremo Sul Catarinense, SC](#), 2016.

Lopes, H.M.T.; Peçanha, A.C.C.; Castro, A.L. revista *Matéria*, v.25, n.1, 2020. **Considerações sobre a eficiência de misturas de concreto de cimento Portland com base no conceito de empacotamento de partículas**.

Lopes, H.M.T. **Aplicação do conceito de empacotamento de partículas de otimização de dosagem de concreto de cimento Portland**. 2019.172 P. Dissertação (mestrado em engenharia civil (estruturas)). Escola de engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019.

MARQUES, Melissa Borges de Oliveira. **Cura seca, cura úmida, cura térmica: avaliação da eficiência na resistência à compressão do concreto**. 2018.

MELO, Alúcio Bráz de. **Influência da cura térmica (vapor) sob pressão atmosférica no desenvolvimento da microestrutura dos concretos de cimento Portland**. 2000. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000. doi:10.11606/T.88.2000.tde-13062012-151141. Acesso em: 2023-05-08.

TUTIKIAN, B. F.; ISAIA, G. C.; HELENE, P. Capítulo 36: **Concreto de Alto e Ultra-Alto Desempenho**. *Concreto: Ciência e Tecnologia*. 1ª Edição. Editora IBRACON. São Paulo, v. 2, 2011.

VANDERLEI, R. D. **Análise experimental do concreto de pós reativos: dosagem e propriedades mecânicas**. 2004. 97 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2004.

Recebido em 27 de maio de 2024.  
Aceito em 30 de dezembro de 2024.