



## **Análise Comparativa de Concretos Estruturais Produzidos a partir de Agregados Graúdos Comercializados na Região Oeste do Pará**

**Antonio Rodrigo do Carmo Moreira<sup>1</sup>, Cristiane Andrade Lima<sup>1</sup>, Ian Paulo Gomes Duarte<sup>1</sup>, José Renato Lima Aguiar<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Engenharia Civil – Centro Universitário Luterano de Santarém (CEULS/ULBRA) – Santarém – PA – Brasil

rdcm007@gmail.com, crisz\_andrade@hotmail.com, ian.paulo10@gmail.com, renatolimaaguiar@hotmail.com

**Resumo.** *O presente estudo buscou comparar, através da aplicação de esforços mecânicos, concretos contendo 03 (três) variações de agregados graúdos comumente utilizados no município de Santarém, no Oeste do Pará. Nos ensaios, foram utilizados dois tipos de britas de cidades próximas, uma proveniente do município de Monte Alegre/PA e outra de Trairão/PA. O terceiro agregado é tratado na literatura por vários autores como sendo característico da cidade Santarém/PA e região, popularmente conhecido como “quebradinho amarelo”. O traço padrão adotado na pesquisa foi 1:2:3 em volume, escolhido através de um estudo de campo para atestar qual configuração de traço é mais utilizado em obras de pequeno porte no município. Inicialmente os agregados passaram por caracterizações físicas. Em seguida, foram efetuados cálculos para determinar a quantidade de materiais (cimento, brita, areia e água) necessários para as amostras de concreto atingirem a resistência mínima de 20 MPa aos 28 dias de idade. Posteriormente foram moldados corpos de prova, 06 (seis) para cada combinação de concreto, para posterior rompimento por compressão axial nas idades de 03, 07 e 28 dias. Desta forma, a partir dos resultados obtidos, foi possível concluir que o “quebradinho amarelo” incorporado ao concreto não proporciona ao mesmo a capacidade de atingir a resistência mínima calculada, apresentando apenas 8,19 MPa de resistência. Entretanto, o agregado que apresentou melhor resultado foi a brita de Trairão, uma vez que a amostra de concreto contendo o agregado atingiu 22,91 MPa de resistência à compressão. Já a amostra de concreto possuindo brita de Monte Alegre em sua composição, obteve 20,51 MPa de resistência, dentro do limite mínimo exigido por norma.*

**Palavras-chave:** Agregado graúdo. “Quebradinho amarelo”. Resistência.

**Abstract.** *The present study sought to compare, through the application of mechanical efforts, concrete containing 03 (three) variations of large aggregates commonly used in the municipality of Santarém, in western Pará. In the trials, two types of gravel from nearby cities were used, one from Monte Alegre/PA and the other from Trairão/PA. The third aggregate is treated in the literature by several authors as being characteristic of the city of Santarém/PA*



*and region, popularly known as “quebradinho amarelo”. The standard trait adopted in the research was 1:2:3 in volume, chosen through a field study to certify which trait configuration is most used in small works in the municipality. Initially the aggregates went through physical characterizations. Then, calculations were performed to determine the amount of materials (cement, gravel, sand and water) required for the concrete samples to reach the minimum resistance of 20 MPa at 28 days of age. Subsequently, six (6) specimens were cast for each concrete combination, for subsequent axial compression rupture at the ages of 03, 07 and 28 days. Thus, from the results obtained, it was possible to conclude that the “quebradinho amarelo” incorporated in the concrete does not provide the same the ability to achieve the calculated minimum resistance, presenting only 8.19 MPa of resistance. However, the aggregate that presented the best result was the gravel of Trairão, since the concrete sample containing the aggregate reached 22.91 MPa of compressive resistance. On the other hand, the concrete sample with gravel Monte Alegre in its composition, obtained 20.51 MPa resistance, within the minimum limit required by standard.*

**Keywords:** Coarse Aggregate. “Quebradinho amarelo”. Resistance.

## 1. Introdução

De acordo com Mehta e Monteiro (2008), o concreto é um dos materiais mais utilizados na construção civil e no mundo. Dentre suas inúmeras vantagens, destacam-se a alta resistência aos esforços de compressão, redução no custo se comparado a outros materiais, fácil obtenção e não necessitar de mão de obra especializada. Este é constituído por cimento, água, agregados miúdos, agregados graúdos e podem conter aditivos e adições, dependendo para qual fim seja empregado (COUTO *et al*, 2013).

O concreto é fruto do aperfeiçoamento e técnicas desempenhadas por vários indivíduos, que durante milhares de anos observaram a natureza e elaboraram técnicas e métodos, para que fosse possível obter diversos tipos de concreto, utilizados nos mais diversos tipos de estruturas na construção civil, uma vez que, na história da humanidade, desde os primórdios, o homem tem a necessidade de moradia, e para este fim, ele acaba por desenvolver novas tecnologias (KAEFER, 1998).

Os agregados, por sua vez, segundo Petrucci (1998), estão entre os principais componentes do concreto, uma vez que viabilizam custos, pois sua utilização proporciona um ganho de volume e, conseqüentemente, economia de cimento. Além disso, há ganhos significativos na funcionalidade e vida útil do concreto, outro fator extremamente importante.

Para Neto (2005) e Mehta e Monteiro (2008), os agregados são indispensáveis para a qualidade do concreto, não sendo vistos mais como um material inerte. Além de ter grande importância estrutural, por aumentar a eficiência do concreto, os agregados têm assumido uma importância econômica devido ao seu custo-benefício, ou seja, além de proporcionar uma maior eficiência para o concreto, ele possui um baixo custo (NEVILLE, 1997).



Na cidade de Santarém/PA são comercializados alguns agregados graúdos oriundos do Oeste paraense, dentre eles estão as britas de Monte Alegre/PA e de Trairão/PA. Contudo, no município é bastante comum a comercialização do agregado conhecido na região como “quebradinho amarelo”. Para Aguiar *et al* (2018), Quemel (2015) e Maia (2015), esse agregado é característico de formações geológicas da região Oeste do Pará. Para os autores, pelo fato de o insumo ser extraído no próprio município, isto lhe confere uma viabilidade econômica, quando comparado às britas advindas de outros municípios. Entretanto, os estudos acerca das propriedades mecânicas desse material ainda são escarças ou poucos conhecidos.

Segundo Aguiar (2018), o “quebradinho”, é um agregado que pode ser utilizado na confecção de chapisco e até mesmo em concreto estrutural para pequenas obras. Sua extração é feita em regiões periféricas da cidade de Santarém/PA, como por exemplo, na "Serra do Urubu" e na "Serra do Índio", onde o material é encontrado em abundância.

Para Quemel (2015), o “quebradinho” extraído no município de Santarém é economicamente viável quando comparado à britas de outras cidades próximas, e por esse motivo, tem-se apresentado como um potencial substituto da brita, a qual, atualmente, é mais utilizada nos canteiros de obra.

Aguiar *et al* (2018) relatam que existem mais de um tipo de “quebradinho”, sendo diferenciados por suas formas de grãos e coloração, no entanto, existem características comuns entre eles, como: grande quantidade de argila, areia grossa e pequenos fragmentos de seixo.

Quemel (2015) relata que os resultados de estudos sobre resistência à compressão do concreto, quando utilizado o “quebradinho”, são adequados e atendem aos padrões exigidos por normas, onde foram obtidos corpos de prova com resistência à compressão axial de 34 MPa, no período final de cura de 28 dias. Os resultados para esforços mecânicos sobre o material também são satisfatórios, tornando-o eficaz no quesito resistência.

No que se refere a pedra britada ou brita, para o Ministério de Minas e Energia (MME), é o termo usado para nomear fragmentos de rochas duras, provenientes de processos de beneficiamento (britagem e peneiramento) de blocos maiores, extraídos de maciços rochosos (granito, gnaiss, basalto, calcário) com auxílio de explosivos.

Sobre esses agregados, sabe-se que possuem diferentes características, como: granulometria, forma dos grãos, desgaste, substâncias nocivas, durabilidade etc. Conhecendo essas características e dependendo para qual finalidade será empregado, é possível escolher aquele que oferece melhor custo benefício.

Desta forma, a presente pesquisa teve como objetivo estudar a viabilidade técnica e econômica dos agregados graúdos utilizadas no concreto estrutural no município de Santarém/PA. Para a determinação da influência desses agregados no concreto, foram realizadas caracterizações físicas dos grãos e posteriormente efetuados os testes de resistência a compressão axial do concreto, no estado endurecido, e “slump test”, em seu estado fresco, conforme preceitos normativos para a determinação da consistência do concreto e para análise final.



## 2. Materiais e Métodos

### 2.1. Métodos

Os agregados graúdos, objetos de estudo, foram duas britas do tipo 1 e “quebradinho amarelo”, oriundos dos municípios de Monte Alegre/PA, Trairão/PA e Santarém/PA, respectivamente. A escolha desses materiais foi feita com base na premissa de que as britas são agregados graúdos comumente utilizados no município de Santarém.

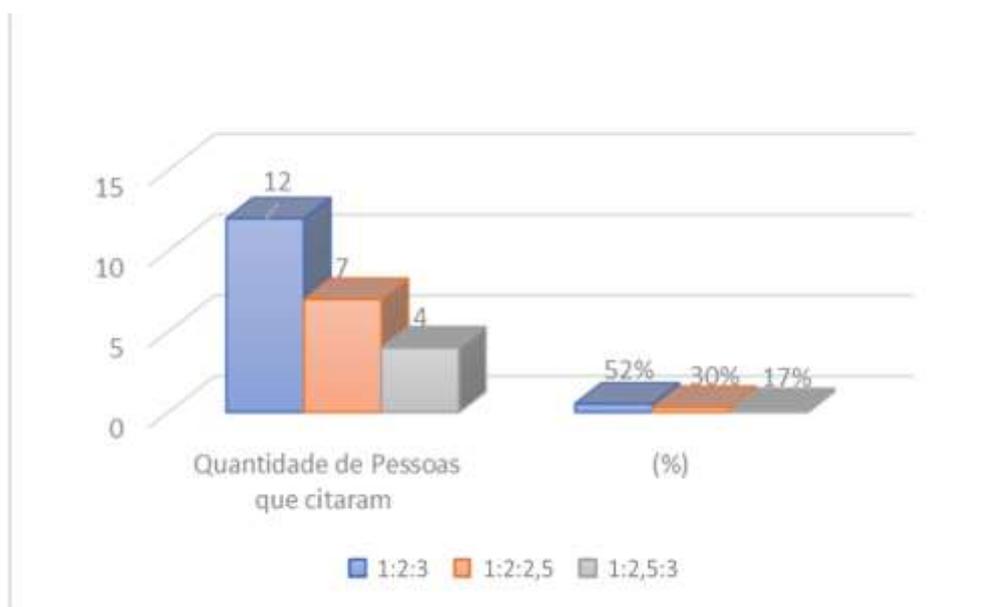
O estudo da caracterização física das britas extraídas das jazidas das regiões de Monte Alegre e Trairão, realizado por Valle *et al* (2017) e Vagete *et al* (2017), serviram de embasamento para a pesquisa. Nestes estudos analisaram-se: massa unitária, massa específica, desgaste superficial (pelo método de abrasão “Los Angeles”), granulometria, índice de forma, e teor de material pulverulento, dentro dos padrões exigidos pelas normas vigentes para cada tipo de ensaio, conforme mostra a Tabela 1

**Tabela 1. Ensaio utilizados para a caracterização do agregado graúdo**

Ensaio	Normas
Massa Unitária	NBR NM 45:2006
Massa Específica	NBR NM 52:2009
Abrasão “Los Angeles”	NBR NM 51:2001
Granulometria	NBR NM 248:2003
Índice de Forma	NBR NM 7809:2006

O agregado miúdo utilizado neste estudo foi caracterizado através dos ensaios de granulometria, massa unitária e massa específica, realizados por Ferreira e Vale (2016), conforme recomendações da NBR NM 248 (2003), NBR NM 45 (2006) e da NBR NM 52 (2009).

A escolha do traço para a confecção das amostras de concreto foi baseada em uma pesquisa com profissionais da área para saber qual traço é mais utilizado pelos mesmos. Sendo assim, os critérios empregados para a definição do traço foram os mais utilizados em concreto estrutural para obras de pequeno porte, com ênfase nas características específicas das britas. A pesquisa foi feita com 23 profissionais, entre mestres de obras e engenheiros, que foram questionados acerca do assunto. Assim, através da Figura 1, observa-se que 52% dos profissionais utilizam o traço 1:2:3, 30% adotam 1:2:2,5 e 17% empregam o traço 1:2,5:3, em volume. Portanto, os resultados da pesquisa, que apontaram o traço de concreto 1:2:3 como o mais utilizado no município, foram determinantes para a escolha do traço (1:2:3) a ser utilizado neste estudo.



**Figura 1. Resultados da pesquisa de campo**

No que tange ao uso do “quebradinho amarelo”, destaca-se que ele tem características bem distintas das britas, por isso, fez-se necessário um estudo mais específico para determinar a forma mais eficaz de aproveitamento do material. Através de estudos já realizados, como o de Quemel (2015), verificou-se que o material lavado é mais adequado. Assim, optou-se em utilizar o “quebradinho amarelo” lavado.

Foram confeccionados um total de 18 corpos de prova, 06 para cada tipo de agregado estudado. Visando obter uma média, foram rompidos e verificados a resistência a compressão axial de 02 corpos de prova contendo cada material aos 3, 7 e 28 dias, que caracterizam os períodos correspondentes as fases de cura, segundo a NBR 7215 (1997) e os demais procedimentos descritos na NBR 5738 (2016).

A realização dos ensaios ocorreu no laboratório de materiais de construção do Centro Universitário Luterano de Santarém. Ao final dos 28 dias de cura, os resultados foram analisados e tabelados conforme a resistência obtida em cada corpo de prova. No demais, comparou-se um agregado ao outro, assim como o custo de venda no município de Santarém, relacionando, dessa forma, os dois fatores e obtendo o resultado sobre qual agregado gráudo tem o melhor custo-benefício para se utilizar no concreto na cidade de Santarém/PA.

## 2.2. Materiais

### 2.2.1. Agregados gráudos e miúdos

Os materiais utilizados na pesquisa para a realização do traço de concreto, consistem em: britas do tipo 1, de origem dos municípios de Trairão e Monte Alegre, e o “quebradinho amarelo”, de origem do município de Santarém, como mostra a Figura 2.



**Figura 2. Amostra da brita do Trairão, brita de Monte Alegre e “quebradinho amarelo” de Santarém, respectivamente**

Inicialmente os agregados passaram por um processo de lavagem e logo após foram postos em estufa pelo período de 24 horas.

A areia utilizada nos traços para composição do concreto, tem a coloração avermelhada e é comumente utilizada nos canteiros de obras local, estas, são extraídas dos morros existentes no município de Santarém, mais conhecidos como barrancos.

Pelo fato do “quebradinho amarelo” possuir grãos menores, se comportando ora como agregado graúdo, ora como miúdo, conforme as especificações de Quemel (2015), o mesmo passou por caracterizações distintas, em relação às britas, como será abordado posteriormente.

### **2.2.2. Cimento**

O cimento utilizado foi o CP-II F 32 denominado “Cimento Portland composto com Filler, com classe de resistência de 32 MPa”, conforme especificações da NBR 11.578 (1997).

### **2.3. Confeção do traço**

Inicialmente foram efetuados cálculos para determinar a quantidade de materiais em volume a serem empregados no estudo. Assim, para atender os padrões mínimos de resistência a compressão axial, no que diz respeito a concretos estruturais, o traço foi calculado para que as amostras de concreto atingissem resistência mínima de 20 MPa aos 28 dias de idade.

Como já citado no trabalho, o traço utilizado foi o de 1:2:3 em volume. A quantidade de água estipulada foi de 1 balde, com 8 litros de capacidade. Já para a mistura dos elementos constituintes do concreto, empregou-se uma betoneira com capacidade de 130 litros. O material colocado na betoneira obedeceu às seguintes dosagens e sequência: 100% do agregado graúdo, o que corresponde a 3 baldes; 1/3 de água, o que corresponde a aproximadamente, 2,67 litros; 100% de cimento, o que corresponde a 1 balde; 100% de agregado miúdo, correspondendo a 2 baldes; e, por fim, os 2/3 restante de água, aproximadamente 5,33 litros.

Após as misturas em betoneira, foi realizado o ensaio de abatimento pelo tronco de cone, o “slump test”. Os materiais utilizados para este ensaio foram: molde metálico

(tronco cônico), com altura de 300 mm, diâmetro superior de 100 mm e diâmetro inferior de 200 mm; complemento tronco cônico de enchimento; placa metálica de base 500 x 500 x 3 mm; haste metálica de adensamento com extremidade semiesférica e diâmetro de 16 mm; e trena para medição de abatimento.

No que tange a trabalhabilidade do concreto produzido com a brita 1, proveniente de Monte Alegre e Trairão, têm-se que estas consumiram uma quantidade de água de 82% do volume do recipiente utilizado em pesquisa, o que corresponde a aproximadamente 6,54 litros.

Já o “quebradinho amarelo” lavado, o qual tem a forma mais arredondada, consumiu 22,32% a mais de água que as britas, ou seja, utilizou-se 1 balde, o que corresponde 8 litros de água. E segundo Neville (2013), as partículas mais finas solicitam mais água para molhagem, ratificando que a forma arredondada dos grãos do “quebradinho” contribuiu para a maior utilização de água, diferente das britas, as quais possuem grãos mais angulares, solicitando uma porcentagem menor de água.

Na Figura 3 é possível verificar a consistência pelo abatimento do tronco de cone dos concretos produzidos com os determinados agregados



**Figura 3. Abatimento das amostras de concreto confeccionados com a brita do Trairão, brita de Monte Alegre e com o “quebradinho amarelo”, respectivamente**

O abatimento estimado foi o de  $12 \pm 2$  centímetros, visto que, dispõe de uma boa trabalhabilidade e é constantemente usado nos canteiros de pequenas obras para concreto estrutural. Após a análise dos resultados dos ensaios de determinação de consistência pelo abatimento do tronco de cone, notou-se que as amostras de concreto produzidas com os três agregados obtiveram consistência satisfatória.

Após o ensaio de “slump test”, os corpos de prova foram moldados conforme a NBR 5738 (2016), seguindo todo o processo de apiloamento do concreto, aplicando 15 golpes em cada 1/3 de camada do molde preenchida, como exemplifica as Figuras 4a e 4b. E passado 24h, os corpos de prova foram desmoldados, identificados e postos em um tanque com água para a iniciação do processo de cura (Figura 4c).



Figura 4. a) processo de apiloamento do concreto; b) processo de identificação dos corpos de prova; c) corpos de prova no processo de cura.

### 3. Resultados

#### 3.1. Caracterização física das britas de Monte Alegre e Trairão

##### 3.1.1. Granulometria

As Tabelas 2 e 3 apresentam as porcentagens de material retido e acumulado para as amostras das britas do Trairão e de Monte Alegre, respectivamente.

Tabela 2. Resultados da caracterização granulométrica da brita de Trairão

Peneiras (mm)	Média	
	% Retida	% Acumulada
25	0	0
19	3,25	3,25
12,5	66,23	69,48
9,5	23,05	92,53
6,3	6,73	99,26
4,8	0,57	99,83
Fundo	0,17	100
Total	100	-

Tabela 3. Resultados da caracterização granulométrica da brita de Monte Alegre

Peneiras (mm)	Média	
	% Retida	% Acumulada
25	0	0
19	6,83	6,83
12,5	59,2	66
9,5	25,8	91,83
6,3	7,7	99,53
4,8	0,35	99,9
Fundo	0,1	100
Total	100	-



Verifica-se que os dois agregados estão enquadrados em agregados graúdos do tipo 1, segundo a Tabela 6 da NBR 7211 (2009), a qual especifica que seus percentuais acumulados nas peneiras de 19 mm, devem estar entre 0 a 10%, na peneira de 9,5 mm de 80 a 100% e na peneira de 6,3 mm de 92 a 100%.

Deste modo, a maior variação entre as amostras estudadas estava na peneira de 19 mm, a brita de Monte Alegre, por sua vez, obteve 6,83% do material retido, enquanto a brita do Trairão a porcentagem foi de 3,25%.

### 3.1.2. Massa Específica

O ensaio de massa específica foi realizado com 3 amostras do material, obtendo assim uma média aritmética para a conclusão do valor da massa específica. A Tabela 4 explana os valores da massa específica de cada amostra.

**Tabela 4. Resultados do ensaio de massa específica dos agregados graúdos**

Propriedades	Brita de Monte Alegre	Brita de Trairão
Massa Específica (g/cm <sup>3</sup> )	2,65	2,61

Notou-se que as massas específicas das duas britas estudadas são bastante semelhantes, mostrando uma variação de 1,50% entre os dois agregados.

### 3.1.3. Abrasão “Los Angeles”

No ensaio de Abrasão “Los Angeles” verificou-se o desgaste superficial do material estudado. O percentual de perda da brita de Trairão foi de 15%, enquanto a brita de Monte Alegre foi de 21%. Portanto, concluiu-se que a brita do Trairão é mais resistente ao desgaste superficial do que a brita de Monte Alegre. A Tabela 5 mostra os percentuais de perda por abrasão nas amostras.

**Tabela 5. Resultado do ensaio de Abrasão “Los Angeles” dos agregados graúdos**

Material	Massa da amostra seca (g)	Massa do material retido na peneira 1.7 mm (g)	Perda por abrasão (%)
Brita de Monte Alegre	5000	3947	21
Brita de Trairão	5000	4275	15

### 3.1.4. Massa Unitária

Para a realização do ensaio de massa específica, foram utilizadas 3 amostras de cada material, obtendo assim, através da média aritmética, o resultado da massa unitária. A Tabela 6 mostra a massa unitária de cada amostra de material, bem como a média final.



**Tabela 6. Resultado do ensaio de massa unitária dos agregados graúdos**

Tipo de material	Amostras (g/cm <sup>3</sup> )			
	M1	M2	M3	Média
<b>Brita de Trairão</b>	1,426	1,432	1,430	1,429
<b>Brita de Monte Alegre</b>	1,275	1,445	1,463	1,461

A massa da brita do Trairão mostrou-se cerca de 2,2% menor do que a brita de Monte Alegre. Vale ressaltar que quanto menor a massa da brita, menor será o peso do concreto.

### 3.1.5. Índice de Forma

O ensaio de índice de forma mostra a geometria do material estudado, podendo ser lamelar ou cúbico. A Tabela 7 a seguir expõe os resultados dos ensaios.

**Tabela 7. Resultado do ensaio de índice de forma dos agregados graúdos**

Tipo de material	Índice de forma
<b>Brita de Monte Alegre</b>	1,55
<b>Brita de Trairão</b>	1,53

Segundo a NBR 7809 (2008), os agregados graúdos classificados, conforme seu índice de forma, como cúbicos são aqueles que se aproximam do valor “1”, concluindo então que os materiais estudados estão dentro desse parâmetro.

## 3.2. Caracterização do “quebradinho amarelo” e do agregado miúdo

### 3.2.1. Granulometria do “quebradinho amarelo” lavado

Na Tabela é apresentado o ensaio de granulometria do “quebradinho amarelo” lavado, pois utilizado dessa forma, o material apresenta uma baixa incidência de pulverulência.

**Tabela 8. Resultado do ensaio de granulometria do “quebradinho amarelo”**

Peneiras (mm)	Média	
	% Retida	% Acumulada
9,5	0,7	0,7
6,3	4,61	5,31
4,75	7,42	12,73
2,36	44,33	57,06
1,18	32,19	89,25
0,6	4,61	93,86
0,3	0,7	94,56
0,15	3,21	97,77
0,075	2,23	100,0
Fundo	0	100,0
Total	-	-

Apesar de ser comumente utilizado como agregado graúdo, no município de Santarém, nota-se, que este insumo é composto em sua maioria por agregados miúdos, pois houve uma retenção maior nas peneiras 2,36 e 1,18. Seu diâmetro máximo é de 9,5 mm, possuindo módulo de finura de 4,45. Além de tais parâmetros, a massa específica e unitária calculadas são respectivamente, 2,55 g/cm<sup>3</sup> e 1,71 g/cm<sup>3</sup>.

### 3.2.2. Granulometria do agregado miúdo (areia)

Na Tabela 9 apresenta-se a granulometria da areia utilizada na composição do traço de concreto.

**Tabela 9. Granulometria da areia utilizada no trabalho**

Peneiras (mm)	Média	
	% Retida	% Acumulada
4,75	0	0
2,36	0,3	0,3
1,18	4,51	4,81
0,6	32,36	37,17
0,3	55,01	92,18
0,15	6,41	98,59
0,075	1,3	99,89
Fundo	0,1	100,0
Total	-	-

Percebe-se que a quantidade de material pulverulento é inferior a 1% do total, reiterando que o nível de impurezas não mostra significância. Seu diâmetro máximo é de 1,18 mm, possuindo módulo de finura de 1,57. A massa específica e unitária calculadas são respectivamente, 2,64 g/cm<sup>3</sup> e 1,62 g/cm<sup>3</sup>.

### 3.3. Abatimentos das amostras de concreto

Na Figura 5 são apresentados os resultados dos ensaios de determinação de consistência pelo abatimento do tronco de cone, determinado pela NBR NM 67 (1998). A brita de trairão obteve um abatimento de 10 cm, o “quebradinho amarelo” e a brita de monte alegre 10,5 cm. Portanto, são resultados aceitáveis de acordo com a delimitação da pesquisa.



Figura 5. Comparativos sobre os abatimentos dos agregados

### 3.4. Resistência à compressão

O ensaio de resistência à compressão foi realizado de acordo com a NBR 5739 (2018). Os corpos de prova foram colocados na prensa, conforme mostrado na Figura 6, dois para cada tipo de material, que demonstrou seu valor de resistência à compressão axial em MegaPascal (MPa).



Figura 6. Ensaio de compressão axial e amostra do concreto após o rompimento



Os resultados dos ensaios de resistência a compressão axial, verificados aos 3, 7 e 28 dias para cada tipo de agregado, estão descritos na Tabela 10.

**Tabela 10. Média de resistência dos corpos de prova durante as fases do processo de cura**

Tipos de agregados	Resistência à compressão axial (MPa)		
	3 dias	7 dias	28 dias
Brita de Trairão	13,54	17,36	22,91
“Quebradinho amarelo”	6,17	7,88	8,19
Brita de Monte Alegre	12,03	15,10	20,51

É possível ainda comparar os resultados, por meio da Figura 7, obtida através do ensaio de resistência à compressão axial para os concretos rompidos nos respectivos 3, 7 e 28 dias.



**Figura 7. Demonstrativo do ganho de resistência dos corpos de prova conforme seu período de cura**

Após as análises dos dados obtidos, é possível destacar que a evolução de resistência média à compressão das três combinações de concreto distintas, foram crescentes. Nas primeiras idades (3 e 7 dias) os concretos confeccionados com as britas de Trairão e Monte Alegre mostram pequenas variações, a maior discrepância, por exemplo, ocorreu ao final do processo de cura (28 dias) resultando em 2,4 MPa, quando comparado uma brita a outra. Além disso, foi possível observar que o “quebradinho amarelo”, ainda que utilizado na forma lavada, não proporcionou ao concreto um ganho significativo de resistência ao passar dos dias e ao comparar com o ganho médio de resistência das outras duas amostras. É evidente e expressiva a diferença de valores.

#### 4. Análise dos Resultados



#### 4.1. Traço Utilizado

O traço realizado no estudo, é muito empregado nos canteiros de obras de pequeno porte, onde utiliza-se brita como agregado graúdo, conseqüentemente, este traço é calculado, em teoria, com as características desse material. Portanto, ter utilizado o “quebradinho amarelo” frente a brita, nesse tipo de traço, acabou desfavorecendo o produto final, pois o “quebradinho amarelo” possui uma granulometria menor, logo, requer maior absorção de água, fazendo assim, com que haja perda de resistência do concreto.

#### 4.2. Resistência mínima para concreto estrutural

O concreto normal para fins estruturais confeccionados em canteiros de obras e utilizados em elementos de estruturas de concreto armado são classificados pela NBR NM 8953 (2014), conforme sua resistência característica de compressão, ou seja, concretos com classe de resistência inferior a C20 não são considerados estruturais.

Portanto o estudo realizado partiu do princípio que os corpos de prova seriam analisados em duas etapas. A primeira etapa diz respeito à resistência. Conforme tal fato, os concretos confeccionados com os materiais estudados teriam que atingir resistência mínima de 20 MPa, para serem considerados estruturais, e assim passar para a próxima etapa. A segunda etapa diz respeito ao valor de comercialização dos agregados utilizado no traço, fazendo, dessa forma, o comparativo entre quais possuem o menor preço de revenda no município de Santarém.

#### 4.3. Comparação do custo-benefício dos agregados

A brita 1 do Trairão e Monte Alegre são comercializadas em Santarém pelo preço em média de R\$ 135,00 e R\$ 140,00 reais o m<sup>3</sup>, respectivamente. No que se refere a comercialização do “quebradinho amarelo” natural, o seu valor fica na média de R\$ 60,00 reais o m<sup>3</sup>, conforme mostrado na Figura 8, em ordem decrescente de valor.

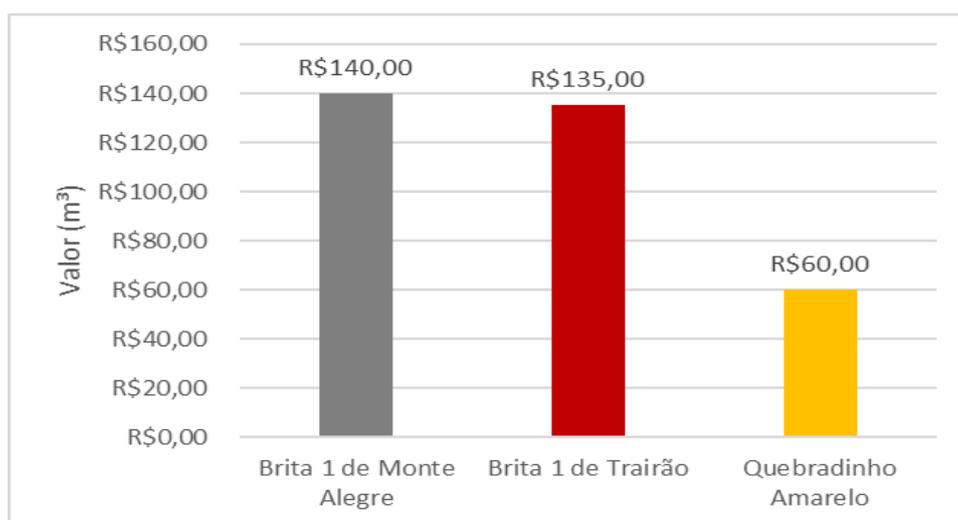


Figura 8. Comparativo entre os preços dos agregados objetos de estudo comercializados no município de Santarém



Como exposto, as britas de Trairão e Monte Alegre produziram amostras com resistências à compressão no concreto ao final dos 28 dias de cura, igual a 22,91 MPa e 20,51 MPa, simultaneamente, portanto, os dois agregados graúdos apresentaram-se dentro dos limites estabelecidos em norma para ser usado em concreto estrutural. Entretanto, a resistência máxima alcançada para o “quebradinho amarelo” foi de 8,19 MPa, logo, este material não atendeu aos limites mínimos estabelecidos em norma para ser usado em concreto estrutural.

Dessa forma, presumiu-se que o traço realizado com as britas favorece suas características, fazendo com que os agregados graúdos desempenhem a melhor performance no concreto, o que justifica o resultado satisfatório, na primeira tentativa, no “Slump” pré-estabelecido. Na contramão, compreende-se que o traço utilizado no estudo, sem quaisquer reajustes no fator água/cimento, desfavorece o concreto utilizado com “quebradinho amarelo”, uma vez que este possui características distintas dos demais. Por ser um agregado miúdo grosso, sua característica de absorção de água, por exemplo, é maior em relação aos agregados graúdos, portanto, seu “slump” só foi atingido na segunda tentativa, tendo que reajustar a quantidade de água, mas não ultrapassando o limite estabelecido de 1 balde (8 litros).

O “quebradinho amarelo”, apesar de ser o agregado de menor valor comercial, não pode ser utilizado em traços comuns feitos nos canteiros de obras, pois não proporciona uma resistência mínima necessária ao concreto estrutural. As amostras de concreto moldados com brita do Trairão, entre os três agregados estudados, foram as que atingiram maior resistência a compressão axial do concreto no período de 28 dias de cura, e o concreto elaborado com brita de Monte Alegre alcançou a segunda maior resistência. Com isso, o melhor custo benefício está em usar britas oriundas do município de Trairão, uma vez que, estas garantem maior resistência e o seu preço é moderadamente mais baixo, se comparado à brita do Monte Alegre.

## 5. Conclusões

Constatou-se que essa pesquisa atingiu o seu principal objetivo, já que foi possível analisar os concretos produzidos com os 03 tipos de agregados.

Em seu andamento, o estudo estimou parâmetros referentes a trabalhabilidade do concreto, através das consistências apresentadas no ensaio de “Slump Test”, além disso, foi analisado a quantidade de água consumida em cada tipo de agregado e a coesão da mistura. Dessa maneira, pôde-se extrair os dados dos resultados alcançados, principalmente em relação ao custo benefício de cada material avaliado.

Na utilização do concreto com traço 1:2:3, no que se refere ao “quebradinho amarelo” lavado, observou-se que a consistência desejada só foi alcançada com o acréscimo maior de água, se comparado às amostras compostas por britas. Isto deve-se a sua forma de grão, uma vez que são menores e exigem maior absorção de água, com isso, observou-se um material mais coeso e de fácil trabalhabilidade.

O traço em volume, comumente utilizado em obras de pequeno porte no município, não se mostrou eficiente quando da utilização agregado "quebradinho amarelo" para fins estruturais. O estudo comprovou que, para estas amostras de



concreto, apesar dos reajustes no fator água/cimento, não foi possível atingir a resistência mínima para utilização em estruturas.

As amostras de concreto produzidas com as britas de Trairão e Monte Alegre apresentaram características físicas bastante semelhantes, fato este que explica a pequena disparidade nos resultados das resistências mecânicas em ambas as amostras. Dessa maneira, as britas adicionadas ao concreto mostraram-se capazes de ser utilizadas em traços comumente feitos em obras de pequeno porte, no entanto, aquela que se destacou por possuir o maior custo benefício trata-se da brita oriunda do município de Trairão.

Por fim, reitera-se que as amostras de concreto produzidas com britas de Trairão e Monte Alegre, analisadas neste estudo, comprovaram que estes agregados apresentaram características eficientes para produzir resistências mecânicas satisfatórias em concretos estruturais, desde que sejam realizados com controle tecnológico e traços específicos. Quanto ao agregado "quebradinho amarelo", este se mostrou ineficiente neste estudo. De acordo com Quemel (2015), o "quebradinho amarelo" ainda que reajustado com mais adição de cimento confere um material economicamente viável, visto que, é comercializado no município, conseqüentemente, há redução no custo de transporte e é de fácil aquisição. Por isso, a pesquisa torna-se relevante e serve para aprofundamento de futuros estudos, uma vez que, no campo da construção civil deve-se estar, constantemente, em busca de novos materiais alternativos no que tange a viabilidade técnica e econômica das obras.

## 6. Referências

- AGUIAR, J. R. L. (2018) "Aderência de Chapisco Produzido com Quebradinho como Agregado Miúdo em Substrato de Concreto", Dissertação de Mestrado, PPSC - Universidade Federal do Pará, Belém, PA, Brasil.
- AGUIAR, J. R. L.; MACEDO, A. N.; MOREIRA, A. R. C. (2018) "Aderência de Chapisco Produzido com "Quebradinho", como Agregado Miúdo, em Substrato de Concreto", REMAP - Revista Eletrônica de Materiais e Processos. Campo Grande, v. 13. n.2, p. 137-142.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 45 (2006) "Determinação de massa unitária e volume de vazios", Rio de Janeiro.
- \_\_\_\_\_. NBR NM 51 (2001) "Agregado graúdo – Ensaio de abrasão", Rio de Janeiro.
- \_\_\_\_\_. NBR NM 52 (2009) "Agregado miúdo – Determinação da massa específica", Rio de Janeiro.
- \_\_\_\_\_. NBR NM 67 (1998) "Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone", Rio de Janeiro.
- \_\_\_\_\_. NBR 5738 (2016) "Concreto - Procedimento para moldagem e cura dos corpos de prova", Rio de Janeiro.
- \_\_\_\_\_. NBR 5739 (2018) "Concreto- Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndrico", Rio de Janeiro.



- \_\_\_\_\_. NBR 7211 (2009) “Agregados para Concreto - Especificação”, Rio de Janeiro.
- \_\_\_\_\_. NBR 7215 (1997) “Cimento Portland- Resistência a Compressão”. Rio de Janeiro.
- \_\_\_\_\_. NBR NM 7809 (2008) “Agregado graúdo - Determinação do índice de forma pelo método do paquímetro – Método de ensaio”, Rio de Janeiro.
- \_\_\_\_\_. NBR 11.578 (1997) “Cimento Portland Composto- Especificação”, Rio de Janeiro.
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia (MME). Secretaria de geologia, mineração e transformação mineral. (2009) “Agregados para construção civil”, Brasília.
- COUTO, J. A. S.; CARMINATTI, R. F.; NUNES, R. R. A.; MOURA, R. C. A. (2013) “O concreto como material de construção”, Cadernos de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas. Sergipe, v. 1. n.17, p. 49-58.
- FERREIRA, R. D.; VALE, T. L. (2016) “O Estado da Influência do Quebradinho Lavado na Resistência do Concreto”, Trabalho de Conclusão de Curso – CEULS/ULBRA, Santarém, PA, Brasil.
- KAEFER, L. F. (1998) “A evolução do concreto armado”, PEF 5707 – Conceção, Projeto e Realização das estruturas: aspectos históricos. São Paulo. SP, Brasil.
- MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. (2008) “Concreto: Microestrutura, Propriedade e Materiais”, 3ª ed., IBRACON, 674p.
- NETO, C. S. (2005) “Agregados para concreto, Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações”, IBRACON, São Paulo, SP, Brasil.
- NEVILLE, A. M. (1997) “Propriedades do Concreto”, 2ª ed., Pini, São Paulo, SP, Brasil.
- PETRUCCI, E. G. R. (1998) “Concreto de cimento Portland”, Editora globo, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- QUEMEL, L. D. F. (2015) “A caracterização e resistência do seixo fino (quebradinho) no município de Santarém – PA”, Dissertação de Mestrado, PPSC - Universidade Federal do Pará, Belém, PA, Brasil.
- VAGETE, J. M. R.; BORGES, M. J. S.; VALLE, F. A. F.; SOARES, L. M. (2017) “Caracterização física da brita extraída da jazida da região de Trairão”, CONTECC, Belém, PA.
- VALLE, F. A. F.; BORGES, M. J. S.; VAGETE, J. M. R.; SOARES, L. M. (2017) “Caracterização física da brita extraída da jazida da região de Monte Alegre”, CONTECC, Belém, PA.