

Juliana Corrêa Trindade

Instituto Federal do Espírito Santo
(IFES/ Nova Venécia)

Sergio Luis González Garcia

Universidade Estadual do Norte Fluminense
(UENF/ Campos dos Goytacazes)

RESUMO

A utilização de agregados reciclados na produção de novos concretos se tornou, nos últimos anos, uma interessante alternativa capaz de reduzir a exploração de recursos naturais e mitigar a geração de resíduos sólidos na Construção Civil. Embora haja grande quantidade de estudos a respeito das propriedades mecânicas dos concretos com agregados graúdos reciclados, a influência da resistência à compressão original destes agregados ainda não foi alvo de investigação. Neste contexto, esta pesquisa teve por objetivo avaliar as propriedades mecânicas de concretos produzidos a partir de agregados graúdos provenientes de resíduos de concretos com diferentes resistências à compressão originais (Grupo 1: 15 a 20 MPa e Grupo 2: 35 a 40 MPa), além de diferentes taxas de substituição de agregados graúdos naturais por reciclados (30, 50 e 100%). Os resultados mostraram que pequenas alterações nas dosagens foram suficientes para se obter resistências à compressão aproximadas, não havendo diferenças significativas nesta propriedade entre os concretos avaliados. Já para a resistência à tração os diferentes concretos com agregados reciclados mostraram redução de cerca de 20% em relação ao concreto de referência, independentemente da resistência original e da taxa de substituição de agregados naturais por reciclados.

Palavras-chave: Agregados graúdos reciclados, Concreto, Propriedades mecânicas, Resistência à compressão original.

INTRODUÇÃO

A exploração exacerbada de recursos naturais e a grande geração de resíduos, principalmente os chamados resíduos de construção e demolição (RCD), são inconvenientes associados diretamente à indústria da construção civil. A preocupação com o meio ambiente e com o esgotamento de tais recursos tem direcionado este setor a buscar alternativas que promovam sustentabilidade. Neste contexto, a reciclagem apresenta-se

como uma prática promissora capaz de reduzir a quantidade de resíduos dispostos em aterros, preservar recursos naturais e, até mesmo, gerar economia de custos.

Confirmada a viabilidade da reciclagem, mais uma vez a indústria da Construção Civil se apresenta como peça importante a ser ressaltada, pois atrelada à sua capacidade de geração de resíduos está a sua habilidade para absorção de novos materiais. Nas últimas décadas, os estudos relacionados aos materiais descartados por esse setor, intitulados resíduos de construção e demolição (RCD), obtiveram grandes avanços. A aplicação de agregados reciclados na produção de concretos é considerada como uma tentativa eficaz de fechamento do ciclo de vida dos materiais construtivos. Para esta finalidade os estudos buscam aplicar resíduos oriundos exclusivamente de concreto e, geralmente, na fração graúda.

Em concretos com agregados reciclados, agregados provenientes de estruturas de concreto demolidas são incorporados em argamassa de cimento virgem. Uma vez que os agregados reciclados são envoltos por uma camada de argamassa antiga e fraca, que não pode ser removida durante o processo de reciclagem, algumas alterações são esperadas nas propriedades mecânicas dos concretos produzidos a partir destes agregados (Xiao et al., 2012).

Apesar do grande número de estudos voltados para a caracterização mecânica de concretos com agregados reciclados, resultados divergentes ainda são reportados na literatura. Enquanto algumas pesquisas relatam redução em certas propriedades quando aplicados tais agregados, outras mostram não haver alterações quando feitas comparações entre as propriedades mecânicas de concretos com agregados naturais e reciclados.

Uma possível justificativa para esta divergência de resultados trata-se da origem dos agregados reciclados empregados nas pesquisas. Neste contexto, este trabalho teve por objetivo avaliar as propriedades mecânicas de concretos produzidos a partir de agregados graúdos provenientes de resíduos de concretos com diferentes resistências à compressão originais e taxas de substituição de agregados graúdos naturais por reciclados.

PROGRAMA EXPERIMENTAL

Materiais

Para a produção dos concretos foi utilizado cimento Portland de alta resistência inicial conforme a ABNT NBR 16697 (2018). O agregado miúdo foi areia quartzosa, com massa específica real igual a $2,65 \text{ g/cm}^3$ e módulo de finura de 2,52. O agregado graúdo natural foi brita granítica e os agregados graúdos reciclados foram provenientes de resíduos exclusivamente de concreto a partir de espécimes cilíndricos rompidos à compressão para controle tecnológico. A resistência original dos agregados reciclados, ou seja, a resistência à compressão dos concretos a partir dos quais estes agregados foram obtidos, foi uma variável analisada neste estudo. Dessa forma os

agregados reciclados foram divididos em dois grupos, o Grupo 1 cuja resistência original foi de 15 a 20 MPa e o Grupo 2 no qual o valor deste parâmetro foi de 35 a 40 MPa.

Para a produção dos agregados grãos reciclados foram coletados cerca de 200 espécimes cilíndricos. A primeira etapa consistiu na fragmentação dos espécimes em resíduos de tamanho pequeno suficiente para serem inseridos no britador do tipo mandíbula utilizado na pesquisa. Na sequência, o peneiramento foi realizado com o auxílio de peneiras granulométricas quadradas cujas aberturas eram de 12,5 e 4,75 mm. O material retido na peneira 4,75 mm e passante na peneira 12,5 mm foi aproveitado, enquanto a fração fina depositada no fundo foi descartada e a fração não passante na peneira 12,5 mm foi rebritada e sofreu novo peneiramento.

Caracterização dos agregados

Para iniciar essa etapa, as amostras foram reduzidas de acordo com a ABNT NBR NM 27 (2001). Posteriormente, os agregados foram submetidos aos ensaios de composição granulométrica conforme ABNT NBR NM 248 (2003), abrasão Los Angeles segundo ABNT NBR NM 51 (2001) e massa específica real e unitária de acordo com ABNT NBR NM 53 (2009) e ABNT NBR NM 45 (2006), respectivamente. A Figura 4 mostra a etapa de caracterização dos agregados grãos naturais e reciclados.

Para determinação da quantidade de argamassa residual aderida ao agregado reciclado utilizou-se o procedimento descrito por Bazuco (1999). O ensaio consiste num ataque ácido por meio de uma solução contendo ácido clorídrico com concentração de 10% m/v. Três amostras de 100 gramas foram ensaiadas para cada grupo de britas. Durante a execução do ensaio, a amostra ficou imersa na solução por 24 horas onde apenas a argamassa residual foi atacada. Dessa forma, por diferença de massa, calculou-se a porcentagem desta argamassa residual. A Figura 1 mostra os agregados reciclados de ambos os grupos de resistência original sendo submetidos ao ataque químico.

Figura 1- Caracterização dos agregados graúdos: (a) composição granulométrica, (b) amostra antes do ensaio de Abrasão Los Angeles, (c) amostra retirada do tambor do ensaio Los Angeles, (d) massa específica, (e) absorção de água e (f) massa unitária.



Fonte: autores (2022).

Dosagem dos concretos

Foram realizadas sete dosagens distintas, uma para o concreto de referência, três para os agregados reciclados do Grupo 1, com teores de substituição de 30, 50 e 100% de agregados graúdos naturais por reciclados e três para os do Grupo 2, com os mesmos teores de substituição. As dosagens foram realizadas utilizando-se o método da ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland). Os valores empregados para os cálculos foram os obtidos a partir dos ensaios de caracterização dos agregados. A resistência requerida aos 28 dias foi fixada em 30 MPa para todas as composições estudadas.

Além disso, foram seguidas recomendações para a dosagem e produção de concretos com agregados reciclados dispostas na literatura como o processo de pré-saturação e acréscimo de cimento, dependendo do percentual de agregado reciclado. O processo de pré-saturação foi feito com base na ABNT NBR 15116 (2004), que recomenda a utilização de cerca de 80% do teor de absorção de água do agregado reciclado. A Tabela 1 mostra as composições dos concretos avaliados neste estudo.

Tabela 1 – Composição dos concretos.

Material	Dosagens						
	1	2	3	4	5	6	7
Cimento (kg/m ³)	431,25	431,25	422,33	422,33	416,15	416,15	410,00
Água (kg/m ³)	269,54	270,29	250,52	250,88	241,41	241,63	230,00
Brita natural (kg/m ³)	-	-	416,88	416,88	583,63	583,63	833,75
Brita 15-20 MPa (kg/m ³)	-	678,50	-	339,25	-	203,55	-
Brita 35-40 MPa (kg/m ³)	661,25	-	330,63	-	198,38	-	-
Areia (kg/m ³)	918,90	890,70	911,77	897,71	915,12	906,66	911,50
Relação a/c (total)	0,623	0,626	0,593	0,595	0,581	0,580	0,560

Fonte: Autores (2022).

Produção e cura dos concretos

Para o procedimento de mistura na produção dos concretos foi utilizado um misturador do tipo planetário. Foram executadas as seguintes etapas:

- umedecimento da betoneira com água;
- homogeneização dos agregados reciclados com a água de pré-saturação por 1 minuto;
- repouso por 10 minutos, com a betoneira desligada, para que os agregados absorvessem parte da água;
- adição dos agregados graúdos naturais e da metade da água com homogeneização por 1 minuto;
- acréscimo do cimento e da outra metade da água com homogeneização por 30 segundos;
- adição da areia com homogeneização por 2 minutos.

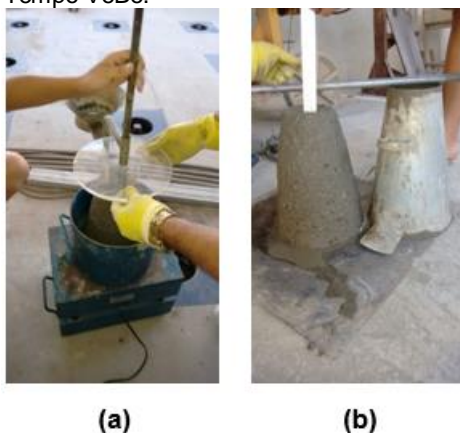
A moldagem e a cura dos corpos de prova foram executadas conforme procedimentos recomendados pela ABNT NBR 5738 (2016), sendo a cura realizada durante 28 dias em tanque de água saturada com cal.

Caracterização dos concretos no estado fresco

Para determinar a consistência dos concretos produzidos, foram realizados ensaios de *slump test* e tempo VeBe. O primeiro ensaio, denominado abatimento do tronco de cone, foi realizado segundo a ABNT NBR NM 67 (1998). O ensaio de tempo VeBe, recomendado para concretos mais secos, não possui norma brasileira e, portanto, utilizou-se a norma britânica BS 1881 (1983).

O ensaio de tempo VeBe consiste na quantificação do tempo necessário para que o concreto moldado no tronco de cone do *slump test* atinja uma determinada compactação com o auxílio de uma mesa vibratória e de uma carga proporcionada por um disco de 1,9 kg apoiado sobre sua superfície. Quanto maior o tempo cronometrado, mais seco o concreto e, consequentemente, menos trabalhável. A Figura 2 mostra a realização dos ensaios descritos.

Figura 2 – Ensaios para avaliação da trabalhabilidade do concreto: (a) abatimento do tronco de cone e (b) Tempo VeBe.



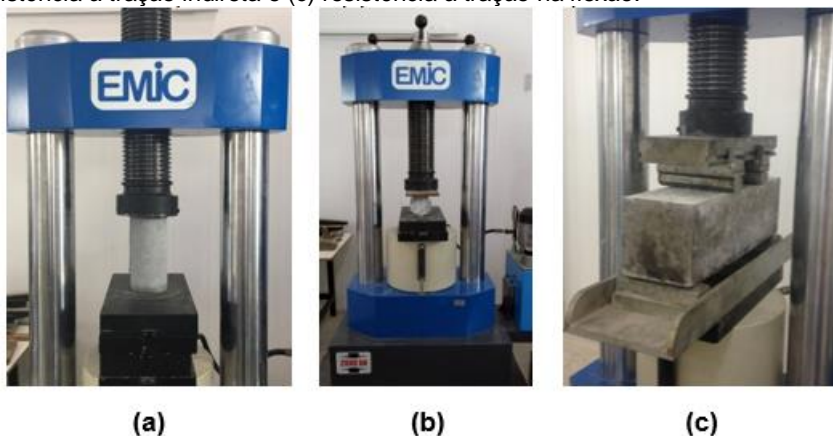
Fonte: Autores (2022).

Caracterização dos concretos no estado endurecido

Nesta etapa foram realizados ensaios mecânicos para avaliar as seguintes propriedades: resistência à compressão (f_{cm}) (ABNT NBR 5739, 2007), resistência à tração indireta ($f_{ct,sp}$) (ABNT NBR 7222, 2011) e resistência à tração na flexão ($f_{ct,f}$) (ABNT NBR 12142, 2010). Tais ensaios foram realizados com auxílio de uma máquina universal da empresa EMIC com capacidade de 2000 kN, aos 28 dias de idade.

Para os ensaios de resistência à compressão e tração indireta foram produzidos corpos de prova cilíndricos de 100 mm de diâmetro e 200 mm de altura. Já para o ensaio de resistência à tração na flexão foram produzidos corpos de prova prismáticos de seção transversal quadrada com 150 mm de aresta e 500 mm de comprimento, com vão livre de 450 mm. Para cada propriedade avaliada, três corpos de prova foram ensaiados. A Figura 3 mostra os ensaios de caracterização mecânica no estado endurecido.

Figura 3 – Ensaios de caracterização mecânica: (a) resistência à compressão, (b) resistência à tração indireta e (c) resistência à tração na flexão.



Fonte: Autores (2022).

RESULTADOS

Caracterização dos agregados

A Figura 4 mostra as curvas granulométricas dos agregados graúdos onde observa-se que as composições granulométricas dos dois grupos de britas recicladas foram muito semelhantes. Isso se deve ao fato de que o processo de reciclagem dos agregados foi controlado, sendo evitadas quaisquer diferenças no procedimento para ambos os grupos.

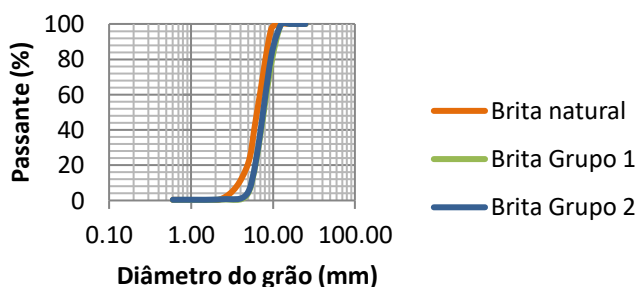
É importante destacar que a granulometria da brita reciclada foi levemente mais grossa comparada à brita natural. O diâmetro máximo dos três tipos de agregados graúdos analisados foi de 9,5 mm.

De acordo com a ABNT NBR 7211 (2009), a brita natural utilizada possui granulometria adequada para concretos; em contrapartida, as britas recicladas mostraram pequena discrepância dos valores limites estabelecidos, porém, não a ponto de comprometer a qualidade dos concretos (Tabela 2).

Tabela 2 – Dados do ensaio de composição granulométrica e limites inferior e superior estabelecidos pela norma ABNT NBR 7211 (2009).

Malha da peneira (mm)	Porcentagem, em massa, passante acumulada				
	Limite inferior	Limite superior	Brita natural	Brita Grupo 1	Brita Grupo 2
12,5	100	95	100	99,63	99,60
9,5	98	85	97,0	76,95	81,43
6,3	60	35	48,45	23,63	24,56
4,75	20	0	18,41	2,76	3,37
2,36	5	0	0,95	0,5	0,67

Figura 4 – Curvas granulométricas dos agregados graúdos.



Fonte: Autores (2022).

A Tabela 3 mostra as massas específicas real e unitária dos agregados graúdos. De acordo com os resultados, houve redução da massa específica real dos agregados reciclados em torno de 12% em relação ao agregado natural. Esse valor está de acordo com os encontrados na literatura, sendo a principal responsável por esta redução a argamassa antiga aderida ao agregado.

Já a massa unitária teve redução de cerca de 20% para os dois grupos de resistência. Esse fato pode ser explicado pelo formato mais anguloso dos agregados reciclados, que ao serem colocados num recipiente produzem um maior número de vazios, reduzindo o valor de massa por unidade de volume.

Tabela 3 – Resultados dos ensaios de massa específica real e unitária dos agregados graúdos.

Agregado	Massa específica real (g/cm³)	Massa unitária (g/cm³)
Brita natural	2,81	1,45
Brita Grupo 1	2,47	1,18
Brita Grupo 2	2,50	1,15

Fonte: Autores (2022).

As massas registradas durante o ensaio e a absorção de água dos agregados graúdos estão na Tabela 4.

Tabela 4 – Resultados do ensaio de absorção de água dos agregados graúdos.

Agregado	Massa inicial (g)	Massa final (g)	Absorção (%)
Brita natural	2391,74	2400,15	0,35
Brita Grupo 1	2331,04	2460,80	5,27
Brita Grupo 2	2349,13	2480,00	5,27

Fonte: Autores (2022).

Conforme se pode notar, a absorção de água para as duas britas recicladas foi igual e 15 vezes maior do que a absorção da brita natural. Apesar da diferença significativa, os valores encontrados são coerentes com os registrados na literatura. Mais uma vez, acredita-se que o aumento da absorção de água seja resultado da presença da argamassa antiga contida no agregado reciclado.

A Tabela 5 mostra as massas obtidas antes e após o desgaste superficial sofrido pelos agregados graúdos no ensaio de abrasão Los Angeles. Na última coluna encontra-se a porcentagem de perda por abrasão. Os resultados encontrados não apresentam diferenças significativas entre si.

Tabela 5 - Resultados do ensaio de abrasão Los Angeles dos agregados graúdos.

Agregado	Massa inicial (g)	Massa final (g)	Perda por abrasão (%)
Brita natural	5000	2447,20	51,0
Brita Grupo 1	5000	2292,85	54,0
Brita Grupo 2	5000	2379,17	52,5

Fonte: Autores (2022).

A Figura 5 mostra os agregados antes e depois do ataque químico. A Tabela 6 apresenta as massas obtidas durante a quantificação da argamassa residual aderida ao agregado.

Figura 5 – Agregados reciclados antes e depois do ataque químico: (a) agregados do Grupo 1 e (b) agregados do Grupo 2.



Fonte: Autores (2022).

Tabela 6 - Resultados do ensaio de ataque químico dos agregados graúdos reciclados.

Agregado	Massa antes do ataque (g)	Massa após o ataque (g)	Perda de massa (%)
Grupo 1	100	61,72	38,28
		66,13	33,87
		62,84	37,16
Média:			36,44
Grupo 2	100	55,20	44,80
		58,39	41,61
		59,14	40,86
Média:			42,42

Fonte: Autores (2022).

De acordo com a Tabela 6 nota-se a grande parcela de argamassa antiga que compõe os agregados reciclados. O Grupo 2, que representa o agregado proveniente de um concreto original de 45 a 50 MPa, apresentou 6,5% mais argamassa antiga do que o Grupo 1 (20 a 25 MPa).

Caracterização do concreto no estado fresco

A Tabela 7 mostra os resultados dos ensaios nos concretos no estado fresco. Nota-se que, quanto maior o percentual de agregados reciclados, mais água foi utilizada no processo de pré-saturação e maior relação a/c total foi atingida, acarretando em concretos mais trabalháveis.

Tabela 7 – Resultados dos ensaios realizados nos concretos no estado fresco.

Dosagem	(%) Agregado reciclado	Relação a/c total	Slump test (cm)	Tempo VeBe (s)
1	100	0,623	6,3	4,49
2	100	0,626	6,5	4,29
3	50	0,593	4,5	6,14
4	50	0,595	4,7	6,02
5	30	0,581	3,6	6,72
6	30	0,580	3,7	6,58
7	0	0,560	3,3	6,51

Fonte: Autores (2022).

Caracterização do concreto no estado endurecido

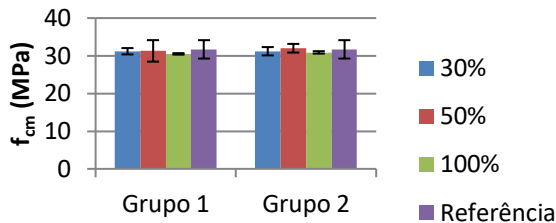
O resumo das propriedades mecânicas obtidas para os concretos avaliados é mostrado na Tabela 8. A resistência à compressão prevista na dosagem foi de 30 MPa e todos os concretos se aproximaram da resistência requerida. Os corpos de prova com maiores porcentagens de agregados reciclados tiveram uma compensação na quantidade de cimento utilizada, sendo 5% a mais para concretos com 100% de agregados reciclados, 3% para concretos com 50% e 2% para as dosagens contendo 30%. Deste modo, foi possível atingir resistências à compressão semelhantes. As Figuras 6 e 7 mostram as médias das resistências à compressão, comparando-se os grupos de resistência do concreto original e as taxas de agregados reciclados empregadas. O mesmo é feito nas Figuras 8 e 9 para a resistência à tração indireta e 10 e 11 para a tração na flexão.

Tabela 8 – Resultados dos ensaios realizados nos concretos no estado endurecido.

Dosagens	f_{cm} (MPa)	$f_{ct,sp}$ (MPa)	$f_{ct,f}$ (MPa)
1	30,5	2,37	2,55
2	30,9	2,48	2,65
3	31,3	2,74	2,90
4	32,0	2,78	3,09
5	31,7	2,81	2,94
6	31,2	2,52	2,76
7	31,8	3,26	3,67

Fonte: Autores (2022).

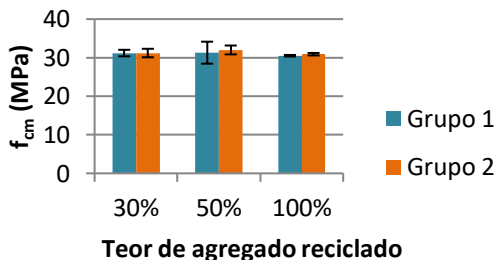
Figura 6 - Resultados de resistência à compressão comparando-se as porcentagens de agregados reciclados.



Grupo de resistência do concreto original

Fonte: Autores (2022).

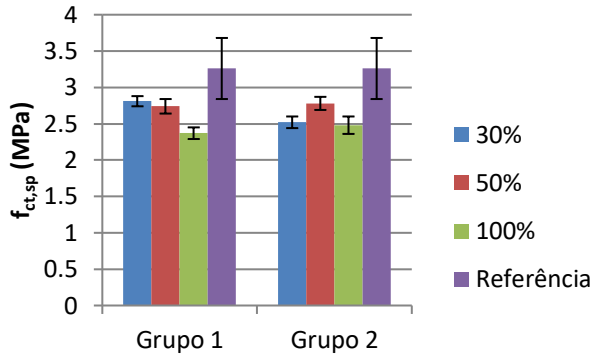
Figura 7 - Resultados de resistência à compressão comparando-se os grupos de resistências do concreto original.



Fonte: Autores (2022).

Para a avaliação da resistência à compressão, o estudo estatístico realizado para análise das médias foi o Teste de Duncan que classificou as resistências estatisticamente iguais entre si para um nível de significância de 5%. Desse modo, concluiu-se que utilizando pequenas alterações no método de dosagem foi possível atingir resistências à compressão comparáveis entre concretos com agregados reciclados e o concreto de referência.

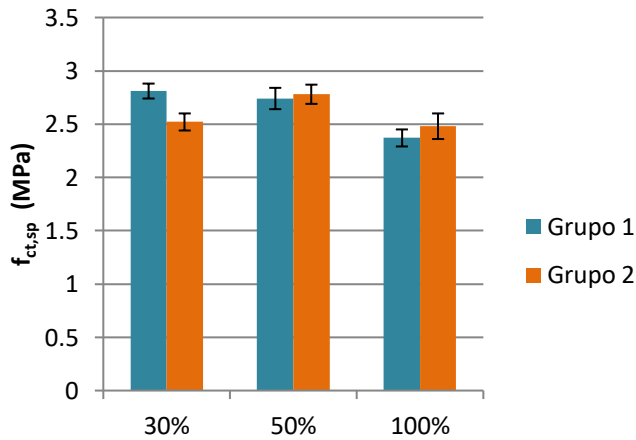
Figura 8 - Resultados de resistência à tração indireta comparando-se as porcentagens de agregados reciclados.



Grupo de resistência do concreto original

Fonte: Autores (2022).

Figura 9 - Resultados de resistência à tração indireta comparando-se os grupos de resistências do concreto original.

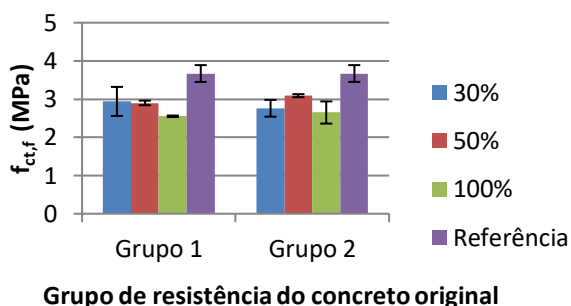


Teor de agregado reciclado

Fonte: Autores (2022).

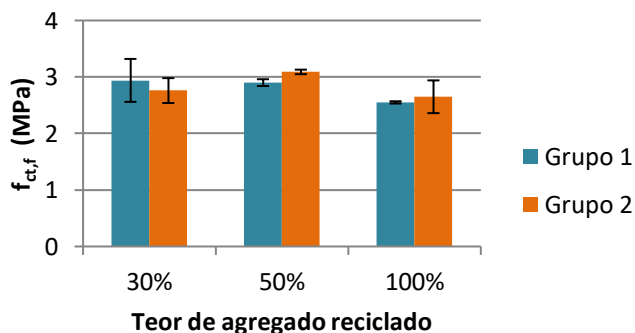
Para a resistência à tração indireta, o estudo estatístico feito pelo Teste de Duncan ao nível de 5% de significância mostrou que as médias da resistência de todos os concretos produzidos com agregados reciclados são estatisticamente iguais entre si. Porém, a resistência atingida pelo concreto de referência é superior em termos estatísticos e, portanto, difere das demais. Com isso, é possível concluir que a resistência à tração é mais influenciada pela presença do agregado reciclado do que a resistência à compressão. O fato de que essa propriedade está diretamente relacionada com a zona de transição interfacial (ZTI) justifica a influência do agregado reciclado neste parâmetro. Isto porque o concreto com agregados reciclados possui duas ZTIs, sendo, portanto, esta propriedade mais suscetível a alterações.

Figura 10 - Resultados de resistência à tração na flexão comparando-se as porcentagens de agregados reciclados.



Fonte: Autores (2022).

Figura 11 - Resultados de resistência à tração na flexão comparando-se os grupos de resistências do concreto original.



Fonte: Autores (2022).

Da mesma forma que ocorreu com a resistência à tração indireta, a avaliação da resistência à tração na flexão mostrou que os concretos com agregados reciclados obtiveram médias iguais entre si, sendo inferiores ao valor registrado para o concreto de referência. Neste caso, a média das resistências à tração na flexão dos concretos reciclados foi de 2,81 MPa, o que resultou numa redução média de 23% para esta propriedade.

CONCLUSÕES

O presente trabalho teve por objetivo avaliar as propriedades mecânicas de concretos produzidos a partir de agregados graúdos provenientes de resíduos de concretos com diferentes resistências à compressão e diferentes taxas de substituição de agregados graúdos naturais por reciclados. A partir dos ensaios de caracterização dos agregados graúdos estudados e da avaliação das propriedades dos concretos no estado fresco e endurecido as seguintes conclusões podem ser listadas:

1 – A massa específica real e unitária dos agregados reciclados foram reduzidas em cerca de 12% e 20% respectivamente, em comparação com os agregados graúdos naturais independentemente do grupo de resistência original, enquanto a absorção de água aumentou em 15 vezes para ambos os grupos. Para os ensaios de composição granulométrica e abrasão Los Angeles os resultados não apresentaram alterações significativas.

2 - A quantidade de argamassa residual aderida ao grão representa cerca de 40% da massa dos agregados graúdos reciclados desta pesquisa e esta é a principal responsável pelas alterações nas propriedades físicas dos agregados reciclados em comparação aos naturais.

3 – A maior quantidade de água usada no processo de pré-saturação elevou a relação a/c dos concretos com maiores teores de agregados reciclados e, conseqüentemente, estes apresentaram maior trabalhabilidade.

4 – O incremento na quantidade de cimento e o processo de pré-saturação foram suficientes para produzir concretos com resistências à compressão semelhantes independentemente do teor de agregados reciclados empregados.

5 – As resistências à tração indireta e tração na flexão dos concretos com agregados graúdos reciclados foram reduzidas em cerca de 20% em comparação com o concreto convencional. Esta redução não mostrou ser dependente da resistência original e do teor de agregados naturais substituídos por reciclados.

6 – No geral, os resultados mostraram que a resistência original dos agregados reciclados não influenciou de significativa nas propriedades mecânicas dos concretos com agregados reciclados desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738: **Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova**. Rio De Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739: **Concreto - Ensaios de Compressão de corpos de prova cilíndricos**. Rio De Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211: **Agregados para concreto – Especificação**. Rio De Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7222: **Concreto e argamassa - Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos**. Rio De Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12142: **Concreto - Determinação da resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos**. Rio De Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 27: **Agregados - Redução da amostra de campo para ensaios de laboratório**. Rio De Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 45: **Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios**. Rio De Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 51: **Agregado graúdo - Ensaio de abrasão "Los Angeles"**. Rio De Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 53: **Agregado graúdo - Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água**. Rio De Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 67: **Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.** Rio De Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 248: **Agregados - Determinação da composição granulométrica.** Rio De Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15116: **Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos.** Rio De Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16697: **Cimento Portland – Requisitos.** Rio De Janeiro, 2018.

BAZUCO, R. S. Utilização de agregados reciclados de concreto para a produção de novos concretos. **Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina.** Florianópolis.1999.

BRITISH STANDARD (BS) 1881: Part 4:1993. **Method for determination of Vebe time.**

XIAO, J.; XIE, H. e YANG, Z. Shear transfer across a crack in recycled aggregate concrete. **Cement and Concrete Research.** February – 2012. pp. 700-709.