

## ÁREA TEMÁTICA: GESTÃO AMBIENTAL

# DO RESÍDUO DA CONSTRUÇÃO CIVIL AO AGREGADO RECICLADO UTILIZADO EM CONCRETO ESTRUTURAL

*Enildo Tales Ferreira (enildotales@gmail.com), Ubiratan Henrique Oliveira Pimentel (ubiratan.hop@gmail.com), José Marcílio Filgueiras Cruz (marciliofcruz@hotmail.com), Carlos Antônio Taurino de Lucena (taurinolucena@gmail.com)*

*Universidade Federal da Paraíba - UFPB*

## RESUMO

Os resíduos provenientes da indústria da construção civil têm crescido visivelmente, em todo o mundo, não sendo diferente na cidade de João Pessoa, capital do estado da Paraíba. Tal fato constitui uma grave problemática ao setor da construção civil, aos órgãos fiscalizadores, à população e ao meio ambiente. Neste contexto, este trabalho apresenta resultados associados de pesquisas realizadas na área logística dos resíduos, estudando a geração e destino dos RCC e na área de reciclagem, estudando os aproveitamentos dos agregados em elementos estruturais de concreto reciclado (laje pré-moldada). Nesses concretos reciclados de  $F_{ck} = 25\text{MPa}$ , foram avaliadas várias dosagens sendo a de melhor comportamento estrutural o concreto com 75% de substituição de agregado natural pelo reciclado. Pretende-se que o resultado deste trabalho contribua para o estudo do ciclo de vida da matéria-prima reutilizada na indústria da construção civil, ratificando caminhos para reduzir o consumo destes componentes tornando mais sustentável a atuação da construção civil no meio ambiente.

**Palavras-chave:** Resíduos da construção civil (RCC); Agregado reciclado; Concreto estrutural.

## FROM CIVIL CONSTRUCTION WASTE TO RECYCLED AGGREGATE USED IN STRUCTURAL CONCRETE

## ABSTRACT

The residues from the construction industry has grown visibly worldwide, being not different in the city of João Pessoa, capital of the state of Paraíba. This fact constitutes a serious problem for the construction sector, the supervisory bodies, the population and the environment. In this context, this paper presents associated results of research carried out in the logistics area of waste, studying the generation and destination of the CCW and in the recycling area, studying the use of aggregates in structural elements of recycled concrete (precast slab). In these recycled concretes of  $F_{ck} = 25\text{MPa}$ , several dosages were evaluated, the concrete with 75% replacement of natural aggregate by recycled aggregate was evaluated. It is intended that the result of this work contributes to the study of the life cycle of the raw material reused in the construction industry, ratifying ways to reduce the consumption of these components making the action of civil construction in the environment more sustainable.

**Keywords:** Civil construction waste (CCW); recycled aggregates; concrete.

## 1. INTRODUÇÃO

Dentro do contexto do ciclo de vida dos resíduos sólidos e da sustentabilidade ambiental e ecológica considera-se que o setor da indústria da construção civil, além de consumir uma grande quantidade de recursos naturais e modificar as paisagens nas cidades, gera os Resíduos da

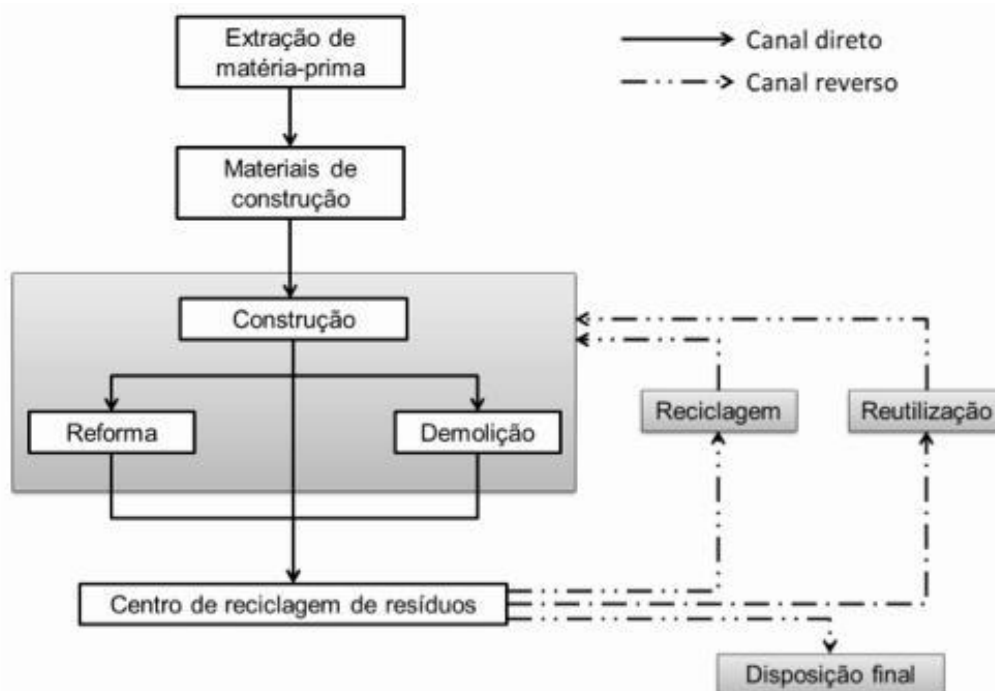
Construção Civil ou resíduos sólidos (RCC) inerentes à sua atividade de construção, reforma e demolição. Logo, uma forma de reduzir as deposições irregulares (causadoras de sérios problemas de degradação ambiental) e diminuir a demanda do uso da matéria-prima no setor da construção civil é incentivar a reciclagem desses resíduos por meio do uso em bases de pavimentos, na fabricação de produtos cimentícios, argamassas e principalmente em concretos estruturais com adoção de agregados reciclados. Como bem comenta Borba, Cassol e Bueno (2016). Pois tal medida contribuiria para a reversão do ciclo dos resíduos sólidos.

Com objetivo de gerenciar a questão dos resíduos foi criada no Brasil a Resolução CONAMA Nº 307 e, na cidade de João Pessoa, no estado da Paraíba, foi aprovada e sancionada a Lei 11.176/2007 instituindo o Sistema de Gestão Sustentável dos RCC, o Plano Integrado de Gerenciamento (PGRCC) e a Usina de Beneficiamento de Resíduos da Construção e Demolição (USIBEN).

O presente trabalho é o resultado de um esforço conjunto das experiências realizadas na área logística dos resíduos dos seus autores e tem como base principal os trabalhos de Pimentel, (2013) e Ferreira, (2013). Este desenvolveu estudos na área de reciclagem, utilizando agregados graúdos de uma usina de beneficiamento de RCC, a fim de avaliar o potencial de aproveitamento desses agregados, em concreto estrutural reciclado ( $F_{ck} = 25\text{MPa}$ ) para aplicações em elementos estruturais do tipo lajes pré-moldadas. Aquele estudou o volume de RCC gerado em uma cidade e sua taxa de geração, aliados a um método adequado de gerenciamento na produção dos serviços na Indústria da Construção Civil (ICC). Pretende-se com tal estudo apresentar uma contribuição para o desenvolvimento sustentável, no sentido de promover a economia do capital natural, minerais, energia, água, e, portanto, do saneamento ambiental, favorecendo a redução da poluição do ar, da água e do solo.

A figura 1, adaptada de Schneider (2003) aponta o resumo das etapas do ciclo de vida da matéria-prima desde o momento do processo da extração da rocha na jazida, passando por uma usina de britagem e tornando-se material de construção pronto para uso em edificações até voltar à usina de reciclagem, transformando-se em agregado reciclado. Assim, é fechado o ciclo de vida da matéria-prima sustentável.

Figura 1- Logística reversa de RCC



Fonte: Adaptada de Schneider (2003)

## 2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é avaliar o volume gerado de RCC na cidade de João Pessoa e determinar os quantitativos entregues para reciclagem na USIBEN. E a partir desta informação investigar o potencial de aproveitamento dos agregados em concreto estrutural utilizados na fabricação de lajes pré-moldadas. Configurando, desse modo, um ciclo de vida dos resíduos (RCC).

## 3. METODOLOGIA E MATERIAIS

As coletas do material para o estudo foram realizadas em três lotes de agregados graúdos reciclados (lotes 1, 2 e 3) em espaços de tempo maior que trinta dias, de modo a verificar a variabilidade do material resultante do processo de beneficiamento em questão. Após classificadas, na caracterização dos agregados graúdos reciclados de acordo com a norma NBR 15116, (ABNT, 2004) verificou-se que a brita ( $D_{máx} = 19 \text{ mm}$ ) apresentava uma densidade superior a  $2,2 \text{ g/cm}^3$  e por essa razão, conforme Ângulo; John (2006) foi escolhida para a produção dos concretos reciclados em substituição ao agregado natural de mesma classificação. Os agregados naturais utilizados foram areia (quartzo;  $D_{máx} = 2,36 \text{ mm}$ ) e brita (granítica;  $D_{máx} = 19 \text{ mm}$ ). A água destinada para amassamento dos concretos de referência e dos concretos reciclados foi a deionizada, por ser livre de sais minerais e apresentar alto grau de pureza química. Esta também foi utilizada para pré-umidificar os agregados graúdos reciclados. Adotou-se como aglomerante, o cimento Portland, CPV-ARI, utilizado na produção dos concretos, natural e reciclado por ser mais puro, ou seja, por ter uma composição química com percentual menor de adições carbonáticas como o filler calcário. E para auxiliar a adquirir a consistência necessária dos concretos, o aditivo hiperplastificante – Adiment Premiun, em dosagens que variavam de 0,2% a 0,6% da massa do cimento, administradas em função do teor de agregado reciclado presente na mistura. Esses concretos deveriam atender a consistência estabelecida para lajes pré-moldadas, avaliada no teste “Slump”, em  $60 \text{ mm} \pm 10 \text{ mm}$ , sem alterar as relações água/cimento originais dos traços de concreto.

Neste item, serão apresentados de forma distinta os métodos aqui adotados (originários de Pimentel, (2013) e Ferreira, (2013)). A partir do considerável aumento do número de edificações verticais para atender as necessidades habitacionais na cidade de João Pessoa, principalmente no ano de 2008, verificou-se que em alguns bairros, em particular, houve um conseqüente acréscimo na geração de RCC. Constataram-se, ainda, deficiência na fiscalização da deposição de RCC e ocorrências de despejos clandestinos em calçadas, terrenos baldios, ruas e jardins, procedimentos que promovem a degradação ambiental, e demonstram desrespeito a todos os princípios, normas e leis que regulam o gerenciamento dos RCC.

Dessa forma, foi necessário estimar a quantidade de RCC gerada no município, nas principais áreas construídas, por meio de informações sobre os licenciamentos das obras registradas entre os anos de 2000 e 2010, obtidas na Prefeitura Municipal de João Pessoa. Neste trabalho, duas etapas foram desenvolvidas com especial atenção: a primeira destinada ao estudo da geração dos RCC de classe A na cidade de João Pessoa, no período entre os anos de 2000 e 2010, caracterizando quantitativamente o volume desses resíduos e analisando a sua produção na USIBEN entre os anos de 2007 (ano de início de seu funcionamento) e 2010.

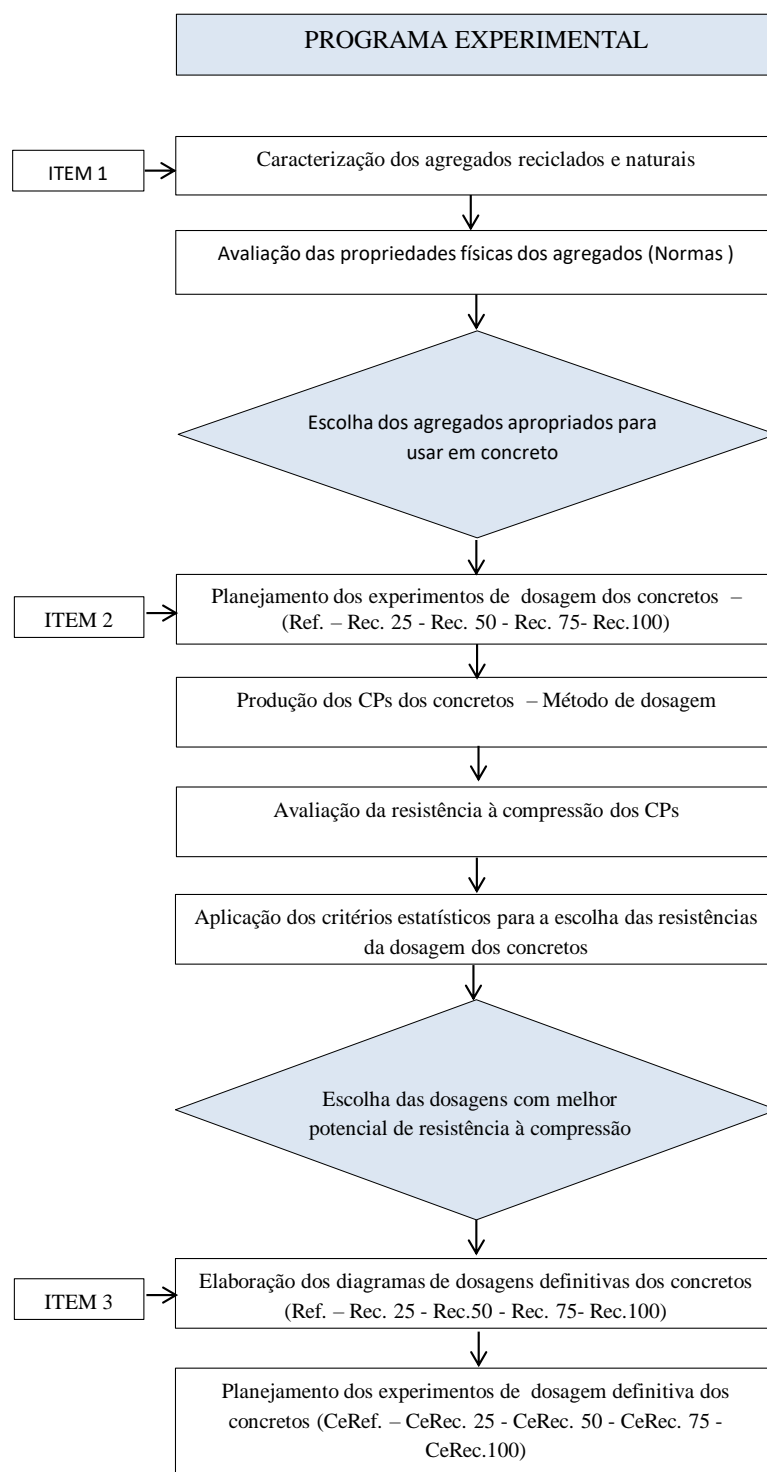
E a segunda, que trata da avaliação do desempenho do concreto reciclado (RCC) aplicado em lajes pré-moldadas, utilizando materiais naturais provenientes da cidade de João Pessoa, e os reciclados na USIBEN após avaliação de acordo com as recomendações da NBR15114 (ABNT, 2004). Nessa etapa, com a finalidade de avaliação dos agregados reciclados de cor cinza, classe A obtidos em uma usina de beneficiamento de RCC (USIBEN) para o uso em concretos estruturais realizou-se uma série de ensaios preliminares de caracterização dos agregados previstos na norma NBR 15116 (ABNT, 2004), para os agregados reciclados e na norma NBR 7211 (ABNT, 2005) para os naturais. Para organização desses procedimentos de avaliação do agregado reciclado elaborou-se o Programa Experimental (figura 2 e 3) que consta de quatro etapas, cujas verificações ocorrem em uma sequência classificadora ou excludente:

**3.1 Caracterização dos agregados** – A escolha dos agregados apropriados para uso em concreto estrutural depende inicialmente dos resultados obtidos nos ensaios de caracterização do item 1 do

Programa Experimental (figura 2), previstos nas normas vigentes da ABNT, seja para agregados reciclados ou naturais. Isto é, essa etapa só ocorre se a seleção dos agregados atender as normas preliminares de caracterização dos agregados.

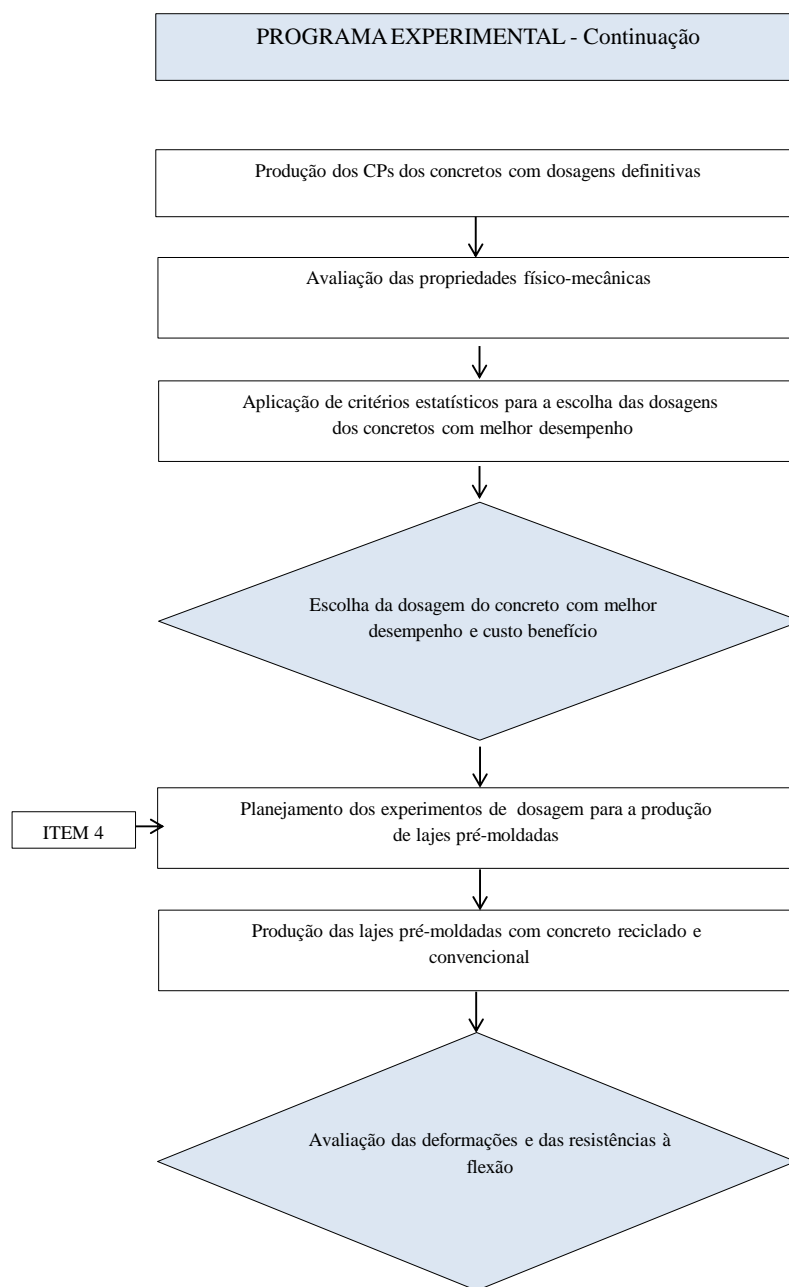
**3.2 Estudo de dosagem dos concretos** – A definição das dosagens com melhor potencial de resistência à compressão dos concretos reciclados e naturais foi obtida com os agregados selecionados anteriormente e em função da avaliação dos experimentos de concretos considerando dosagens com variação do teor de cimento Portland (traços: rico, médio e pobre), com os percentuais de substituição do agregado natural pelo reciclado variando de 0%, 25%, 50%, 75% e 100%, e as diferentes relações água/cimento nas dosagens dos concretos denominados de “Ref” (referência), sem a presença de agregados graúdos reciclados; “Rec25” com 25% desses agregados substituindo a brita natural; e da mesma forma para os demais, “Rec50” com 50%; “Rec75” com 75% e “Rec100” com 100%. De acordo com o item 2 do Programa Experimental (figura 2), foram definidas as dosagens que obtiveram melhores desempenho para serem utilizadas nos concretos definitivos. Tais concretos ainda serão testados para a avaliação de suas propriedades físico-mecânica.

**Figura 2.** Programa Experimental (parte 1)



Fonte: FERREIRA (2013)

Figura 3. Programa Experimental (parte 2)



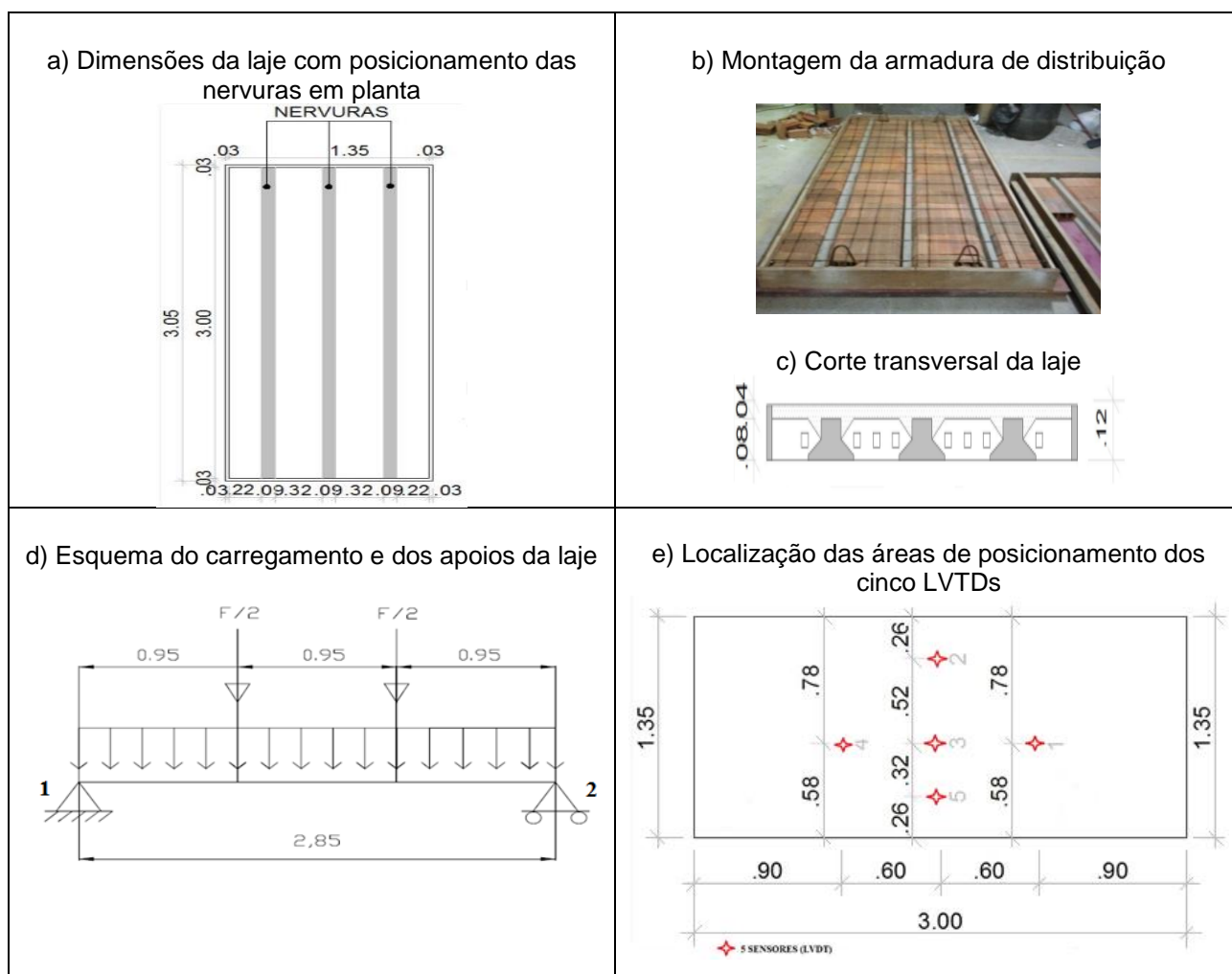
Fonte: FERREIRA (2013)

**3.3 Propriedades físico-mecânicas dos concretos** – Determinaram-se dosagens do concreto com melhor desempenho em relação às propriedades físico-mecânicas e custo benefício a partir do método apresentado em Helene e Terzian (1992) com a construção dos diagramas de dosagens dos concretos (item 3 do programa experimental – parte 1) de referência (naturais) e dos reciclados, em função da resistência de compressão média ( $f_{cm}$ ) de 34 Mpa. A correlação entre  $f_{cm}$  e  $f_{ck}$  pode ser obtida através da expressão  $f_{cm} = f_{ck} + 1,645 \cdot S_d$  -  $S_d$  é o desvio padrão – em concordância com NBR 12655 (ABNT, 2006). Já o Eurocódigo 2 citado por Cruz, Ferreira e Lucena (2019, p.107-108) sugerem que  $f_{cm} = f_{ck} + 8$ . Assim, para  $f_{cm} = 34$  MPa obtém-se o valor de  $f_{ck} = 25$  MPa. Ainda sobre esta questão é importante observar que Vieira (2003) faz referência a utilização do valor  $S_d = 5,5$  associado ao controle regular sobre a dosagem do concreto. Esses novos concretos,

denominados de “CeRef” com 0% de substituição do agregado reciclado; “CeRec25” com 25%; “CeRec50” com 50%; “CeRec75” com 75% e “CeRec100” com 100%, foram avaliados em relação às propriedades características de compressão, tração na flexão, módulo de elasticidade, absorção, massa específica e índice de vazios. Os procedimentos adotados no item 4 (do programa experimental parte 2) permitiram selecionar o concreto reciclado com maior teor de substituição do agregado natural pelo reciclado. Tal concreto foi comparado com o concreto de referência, em termos de desempenho no ensaio de flexão da laje pré-moldada, avaliada na etapa seguinte, conforme o Programa Experimental (parte 2).

**3.4 Experimentos em lajes pré-moldadas** – A avaliação das deformações e das resistências à flexão em duas lajes pré-moldadas em concreto reciclados - dosagem (CeRec75) - foi feita por comparação com as grandezas de interesse obtidas com as lajes de concreto natural (CeRef). As lajes foram fabricadas nas mesmas condições laboratoriais, com as mesmas dimensões 1,35 m x 3,00 m x 0,12 m (largura x comprimento x espessura – figura 4), a mesma taxa de armadura, os mesmos procedimentos de adensamento e de cura do concreto aplicado na nervura e na capa da laje. Na execução do referido ensaio aplicaram-se as cargas nos mesmos pontos (nos terços do comprimento da laje), sob as mesmas condições de apoio e de avaliação de deformação. Para tanto, foram instalados cinco sensores de medição de deslocamento linear (LVTD), em pontos estrategicamente escolhidos, para registrar os valores de deformação, conforme figura 4.

**Figura 4.** a) Dimensões da laje com posicionamento das nervuras em planta, b) Montagem da armadura de distribuição, c) Corte transversal da laje, d) Esquema do carregamento e dos apoios da laje, e) Localização das áreas de posicionamento dos cinco LVTDs



#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o objetivo de sistematizar as informações quanto ao volume e massa do RCC produzido elaborou-se a tabela 1 na qual são apresentados para cada ano do período pesquisado os valores das áreas licenciadas para construção em João Pessoa com as suas respectivas quantidades de RCC em (m<sup>3</sup>) e em (t).

**Tabela 1.** Volume de RCC (m<sup>3</sup>) e massa (t) geradas em João Pessoa estimado segundo as áreas licenciadas para construção pela PMJP de 2000 a 2010

Ano	Área	Taxa de RCC na pesquisa	Taxa de RCC na pesquisa	Quant. RCC gerado em J. Pessoa	Quant. RCC gerado em J. Pessoa
	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> / m <sup>2</sup>	kg / m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	t
2000	388.292,80	0,06	60,4	23.297,6	23.456,8
2001	300.526,99	0,06	60,4	18.031,6	18.154,8
2002	261.419,56	0,06	60,4	15.685,2	15.792,4
2003	265.358,38	0,06	60,4	15.921,5	16.030,3
2004	411.063,00	0,06	60,4	24.663,8	24.832,3
2005	140.681,21	0,06	60,4	8.440,9	8.498,6
2006	154.264,78	0,06	60,4	9.255,9	9.319,1
2007	269.176,42	0,06	60,4	16.150,6	16.260,9
2008	762.362,72	0,06	60,4	45.741,8	46.054,3
2009	748.357,94	0,06	60,4	44.901,5	45.208,3
2010	866.675,38	0,06	60,4	52.000,5	52.355,9
Total dos 10 anos:				274.090,8	275.963,7

Fonte: Pimentel (2013)

Na tabela 2 encontram-se dados relativos ao volume de RCC recebido na USIBEN durante o período estudado. Cruzando as informações destas tabelas é possível constatar que boa parte do RCC produzido anualmente não chegou à usina. Felizmente observa-se também que a cada ano o percentual do RCC extraviado é menor.

**Tabela 2.** Geração de RCC na cidade e recebido na USIBEN de 2008 a 2010 e seu percentual

Ano	Estudo pela A. Const. Aprov. PMJP	Quant. RCC recebido pela USIBEN		Quant. RCC extraviada	
		Un	Un	Un	
2007	13.458,82	m <sup>3</sup>	-	m <sup>3</sup>	
2008	38.118,14	m <sup>3</sup>	13.673,5	m <sup>3</sup>	24.446,6 m <sup>3</sup> 64 %
2009	37.417,90	m <sup>3</sup>	23.297,3	m <sup>3</sup>	14.120,9 m <sup>3</sup> 38 %
2010	43.333,77	m <sup>3</sup>	31.704,6	m <sup>3</sup>	11.629,2 m <sup>3</sup> 27 %
<b>Total RCC</b>					
<b>Após Imp.</b>	<b>118.869,80</b>	m <sup>3</sup>	<b>68.675,4</b>	m <sup>3</sup>	
<b>USIBEM</b>					
<b>Perc. Rec. USIBEM</b>		<b>57,8 %</b>			
<b>Perc. não disposta na USIBEM</b>		<b>42,2 %</b>			

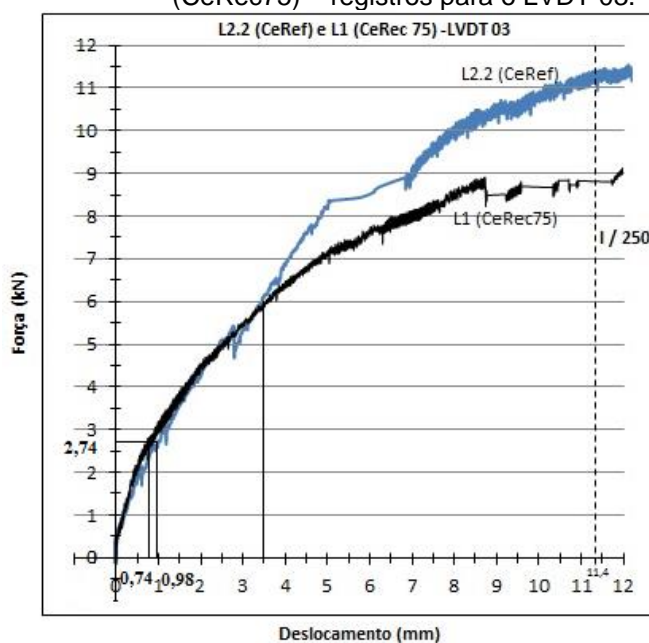
Fonte: Adaptada de Pimentel (2013)

Da caracterização dos agregados conclui-se que os resíduos da cidade de João Pessoa, avaliados nesse período, e o processo de beneficiamento realizado na USIBEN, geraram agregados graúdos com densidade maior do que 2,2g/cm<sup>3</sup>, parâmetro relevante conforme recomendações de autores como John; Ângulo e Kahn (2006) e de normas internacionais e nacionais sobre concreto estrutural.

Os ensaios de resistência à compressão com corpos de prova (CP), nas dosagens comentadas anteriormente, com o concreto de referência e o reciclado, forneceram resultados compatíveis com os esperados. Então, com base no método de Helene; Terzian (1992) as novas dosagens dos concretos estruturais com  $f_{ck} = 25$  MPa foram testados em setenta CPs nas propriedades mecânicas de compressão, tração na flexão, módulo de elasticidade, absorção, índice de vazios e massa específica. Com destaque para a dosagem CeRec75 escolhida junto à dosagem de referência CeRef para serem utilizadas na fabricação das lajes pré-moldadas na quarta etapa do Programa Experimental.

Assim, o CeRec75 demonstrou ser a dosagem mais otimizada e com melhor compatibilização entre a maior substituição de agregado natural por reciclado e o menor comprometimento das propriedades físico-mecânicas, uma vez que os seus resultados foram os mais próximos em relação ao desempenho do concreto de referência (CeRef). Na última etapa da avaliação do resíduo sólido (RCC) em seu ciclo de possibilidades de utilizações, (então como agregados graúdos) fora testado o seu desempenho em lajes pré-moldadas de concreto reciclado (CeRec75) por meio dos ensaios de resistência à flexão com avaliação das deformações apresentadas no gráfico 1.

**Gráfico 1.** Força X Deslocamento do ensaio de flexão das lajes (CeRef) e (CeRec75) – registros para o LVDT 03.



Fonte: Ferreira (2013)

O valor teórico das cargas consideradas no cálculo dos deslocamentos das lajes, para atender a combinação de ações quase permanente de serviço foi de 2,74kN e os deslocamentos teóricos calculados foram de 2,19 mm para o concreto reciclado e 1,74 mm para o de referência. No entanto, utilizando as dosagens CeRec75 e CeRef, foram determinadas no gráfico correspondente as medições do LVDT 03 (sensor em posição mais desfavorável aos deslocamentos), valores de deslocamentos menores do que os calculados, ou seja, para o concreto reciclado 0,74 mm e para o concreto de referência 0,98 mm. Percebe-se pelo gráfico 1 (Força x Deslocamento) que a laje com o concreto de referência, ao sofrer a ação de uma carga de até 6kN teve o comportamento dos deslocamentos muito semelhantes ao da laje do CeRec75 e que os deslocamentos limites de 11,4 mm ( $l/250$ ) só foram atingidos para as cargas de 9kN, no caso da laje CeRec75 e de 11kN para a laje CeRef.

## 5. CONCLUSÃO

De acordo com o Pimentel (2013), o desenvolvimento urbano da cidade de João Pessoa, nos últimos anos, indica um maior crescimento nos bairros: Bessa, Aeroclube, Jardim Oceânia, Manaíra, Tambaú e Cabo Branco. Com maiores áreas de construção em edificações do tipo, padrão médio alto e vertical; observa-se ainda que estando os edifícios situados na orla marítima, a chegada do RCC à usina de reciclagem era um pouco prejudicada pela distancia desta às obras. Porém com acompanhamento e orientação cuidadosos na execução dos serviços dentro dos canteiros de obras, seguidos por uma boa segregação é possível reduzir a massa de RCC gerado. É importante ressaltar que a quantidade de RCC que chegou a USIBEN, segundo o estudo efetuado em João Pessoa, durante os anos de 2008 a 2010, foi de 57,8 % do total gerado. Isso implica que parte dos RCC gerados (42,2 %) não foi depositada na USIBEN, ou seja, a usina não recebeu o volume total de RCC gerado que deveria ter recebido ao contrário, recebeu um volume bem inferior, gerando, assim, uma quantidade de matérias primas de RCC para a Indústria da Construção Civil bem abaixo do esperado. Felizmente o percentual do RCC produzido que foi extraviado a cada ano foi reduzido ano após ano graças ao trabalho de fiscalização e controle do setor.

Nas conclusões de sua pesquisa, Ferreira (2013) ratifica os resultados obtidos nos ensaios de flexão com as lajes produzidas, considerando-se os materiais utilizados nos experimentos, e afirma que a laje produzida com o concreto reciclado (CeRec75) atende às expectativas de resistência à flexão e de deformação inerentes ao elemento pré-moldado (laje) o que sugere um grande potencial de aplicação dos concretos estruturais com agregados reciclados nas lajes pré-moldadas. Conclui-se, de acordo com os resultados obtidos, que os agregados graúdos beneficiados na USIBEN-JP têm viabilidade técnica para serem utilizados em grande escala na produção de lajes pré-moldadas em concretos reciclados.

A partir da constatação da viabilidade do uso do RCC em concretos estruturais reciclados demonstrada para a Cidade de João Pessoa, conclui-se que o percurso de vida do mineral extraído nas jazidas de rochas, matéria prima que alimenta a indústria da construção civil no fornecimento de agregados cinza para a fabricação dos concretos utilizados nas construções das edificações, não tem mais retorno ao estágio bruto encontrado na natureza.

Em razão do que foi apresentado, a utilização desses agregados nas construções, e posteriormente nas reformas, gerando os resíduos sólidos (RCC), até o transporte às usinas de beneficiamento, tem sido estudado com objetivo de mitigar a exploração dos recursos da natureza apontando a reciclagem como vetor para minimizar esses efeitos nocivos, viabilizando uma atuação mais sustentável da construção civil.

## REFERÊNCIAS

1. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15116: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil: Utilização em pavimentos e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos. Rio de Janeiro, 2004.
2. \_\_\_\_\_. NBR 7211: Agregados para concreto: Especificação. Rio de Janeiro, abril 2005.
3. \_\_\_\_\_. NBR 6118: Projeto de Estrutura de Concreto: Procedimento. Rio de Janeiro, junho 2007.
4. \_\_\_\_\_. NBR 14859-1: Requisitos, Parte 1: Lajes unidirecionais. Rio de Janeiro, maio 2002.
5. \_\_\_\_\_. NBR 12655: Concreto de cimento Portland: Preparo, controle e recebimento – Procedimento. Rio de Janeiro, setembro 2006.
6. ABRECON (Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição). 2012 - Disponível em: <<http://www.abrecon.org.br>>. Acesso em: 15 set. 2012.
7. Ferreira, E.T. (2013), Contribuição ao estudo do potencial de aproveitamento de agregados reciclados de RCC produzidos na USIBEN - João Pessoa – em concreto estrutural aplicado em lajes pré-moldadas. Salvador, 2013. 276p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal da Bahia.
8. Helene, P.R.L.; Terzian, P. Manual de Dosagem e Controle do Concreto. São Paulo: PINI, 1992.

9. John, V. M; Ângulo, S. C; Kahn. H. Controle da qualidade dos agregados de resíduos de construção e demolição reciclados para concretos a partir de uma ferramenta de caracterização. Construção e Meio Ambiente – Editores Miguel Aloysio Sattler e Fernando Oscar Pereira – Porto Alegre: ANTAC, 2006 – Coleção Habitare, vol. 7, 260 p.
10. Pimentel, U. O. P. (2013), Análise da Geração de Resíduos da Construção Civil da Cidade de João Pessoa/PB, Salvador, 2013. 188p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal da Bahia.
11. Schneider, D. M. Deposições irregulares de resíduos da construção civil na cidade de São Paulo. 2003. 126 f. Dissertação de Mestrado – Departamento de Saúde Ambiental da Universidade de São Paulo, São Paulo. 2003.
12. Leite, P. R. Logística Reversa: meio ambiente e competitividade. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2003.
13. Borba, W. F. de; Cassol, G; Bueno, L.S. (2016). Confecção de Concreto com Utilização de Agregado Reciclado. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia CONTECC'2016. Foz do Iguaçu, Brasil.
14. Cruz, JMF; Ferreira, E.T; Lucena, C.A.T de (2019) Estruturas: a estabilidade global dos edifícios altos. João Pessoa: Leia Livros, 2019. Livro digital. 261 p. il. ISBN: 978-65-80702-08-4.
15. VIEIRA, G. L. Estudo do processo de corrosão sob a ação de íons cloreto em concretos obtidos a partir de agregados reciclados de resíduos de construção e demolição. 2003. 150 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS.