

### III-136 - DETERMINAÇÃO DA TAXA DE GERAÇÃO DE RCC: ESTUDO DE CASO DAS OBRAS DO CAMPUS I DA UFPB

**Mariana Moreira de Oliveira<sup>(1)</sup>**

Aluna de graduação em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal da Paraíba. Aluna de Iniciação Científica (PIVIC/UFPB).

**Ubiratan Henrique Oliveira Pimentel**

Engenheiro Civil pela Universidade Federal da Paraíba. Mestre em Engenharia Urbana pela Universidade Federal da Paraíba. Doutorando em Arquitetura e Urbanismo DINTER UFBA/UFPB. Professor do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba.

**Viviana Maria Zanta**

Engenheira Civil pela Universidade Federal de São Carlos, Doutora em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos – USP. Professora do Departamento de Engenharia Ambiental Universidade Federal da Bahia.

**Gilson Barbosa Athayde Júnior**

Engenheiro Civil pela Universidade Federal da Paraíba, Doutor em Engenharia Civil pela University of Leeds – Inglaterra. Professor do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, Bairro Castelo Branco, João Pessoa-PB, Cep: 58.059-900. E-mail: [marianamoreiraa@hotmail.com](mailto:marianamoreiraa@hotmail.com)

#### RESUMO

A indústria da construção civil trás inúmeros benefícios sócio-econômicos e vem apresentando altos índices de crescimento nos últimos anos. Por outro lado, esse setor causa diversos impactos ambientais negativos, tanto pelo consumo de energia e matéria-prima, quanto pela geração de elevadas quantidades de resíduos da construção civil (RCC). Esses resíduos, que podem representar até mais que 50% do total dos resíduos sólidos urbanos, há tempos vem causando sérios problemas devido principalmente ao descarte em locais inadequados estando diretamente relacionados à degradação da qualidade de vida urbana, como enchentes, assoreamento de rios e córregos; ao acúmulo de vetores transmissores de doenças; aos gastos para órgãos públicos e os municípios e outros. Até 2002, não existia, no Brasil, regulamentação específica para os RCC. Em 5 de julho daquele ano foi promulgada a resolução CONAMA Nº 307 que estabeleceu diretrizes, critérios e procedimentos para gestão dos resíduos da construção civil. Diante dessa problemática dos RCC e do crescimento do número de obras no município de João Pessoa o objetivo deste trabalho é determinar a taxa de geração de RCC, em kg/m<sup>2</sup> de área construída, em obras do Campus I da UFPB. Os dados foram levantados a partir do volume descartado pelas construtoras, os quais foram transformados para unidade de massa. As áreas construídas foram obtidas nos projetos cadastrados junto a Prefeitura Universitária. Os resultados mostram uma elevada quantidade de RCC gerados, com uma média de 144 kg/m<sup>2</sup>. Para esta taxa e a área construída apenas na UFPB no âmbito do Programa REUNI, por exemplo, de 41150 m<sup>2</sup>, um montante de 5940 toneladas de RCC seriam geradas. Apesar desta grande quantidade de RCC a taxa de geração média mostrou-se abaixo do índice apresentado pela literatura para o Brasil (150 - 300 kg/m<sup>2</sup>) e um pouco acima em relação às estimativas para os países desenvolvidos (menor que 100 kg/m<sup>2</sup>).

**PALAVRAS-CHAVE:** RCC, taxa de geração, UFPB.

#### INTRODUÇÃO

Segundo o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), os Resíduos da Construção Civil (RCC) são aqueles provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras da construção civil, e os resultantes da preparação e escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, argamassa, gesso, telhas, vidros, plásticos, fiação elétrica, dentre outros itens (CONAMA, 2002).

A grande estrutura da indústria da construção civil é reconhecida como uma das mais importantes atividades para o desenvolvimento econômico e social, envolvendo desde o consumo de matérias primas, passando pela

construção propriamente dita e chegando até a geração de resíduos. Entre o período de 2007 a 2008, de acordo com a pesquisa realizada pelo IBGE o setor construtivo apresentou o maior índice crescimento dentre todos os setores, 14,1%, enquanto o contingente de trabalhadores aumentou 2,8% (IBGE *apud* FERNADES *et al*, 2010). Apesar dos benefícios desse setor, a indústria da construção civil causa impactos ambientais negativos, por demandar uma grande quantidade de recursos naturais, cerca de 14% a 50% do total extraído (SJÖSTRÖM, 1996 *apud* JOHN, 2000) e gerar resíduos em todo o processo, tanto na construção ou reforma quanto na demolição.

Conforme Pinto (1992) *apud* Karpinski *et al* (2009), a grande quantidade de resíduos gerada pela indústria da construção civil está sendo evidenciada porque vem causando sérios problemas sociais e econômicos no meio urbano. Quanto maior a quantidade produzida, mais complexo torna-se o gerenciamento desses resíduos. Segundo Santos (2010), os custos desse desperdício são repassados para a sociedade, quer seja no aumento do custo final das construções quer seja nos custos de remoção e tratamento dos RCC.

Até 2002, não existia no Brasil regulamentação específica para os RCC. Em 5 de julho daquele ano foi aprovada a resolução CONAMA Nº 307/2002 que estabeleceu diretrizes, critérios e procedimentos para gestão dos resíduos da construção civil. Dentre as diretrizes estabelecidas na resolução CONAMA 307/2002 destacam-se: os geradores deverão ter como objetivo prioritário a não geração dos RCC, e secundariamente, a redução, reutilização, reciclagem e destinação final dos RCC; proibição do destino final dos RCC em áreas protegidas por lei, em encostas, mananciais, em corpos d'água, terrenos vagos, em aterros de resíduos domésticos e em áreas de "bota-foras"; elaboração do Plano Integrado de Gerenciamento dos Resíduos da Construção Civil, pelos municípios e Distrito Federal, incentivando a reinserção dos resíduos reutilizáveis ou recicláveis no ciclo produtivo da indústria da construção civil.

Em João Pessoa foi aprovada a lei municipal nº 11.176 de 10/10/2007, que institui o sistema de gestão sustentável de resíduos da construção civil e demolição e o plano integrado de gerenciamento de resíduos da construção civil e demolição de acordo com a resolução do CONAMA Nº 307.

Diante da problemática dos RCC e do crescimento da quantidade de obras no município de João Pessoa, mais especificamente, na Universidade Federal da Paraíba, é crescente a preocupação quanto ao gerenciamento de tais resíduos. O objetivo do presente trabalho é determinar a taxa de geração de RCC em unidade de massa por unidade de área construída nas obras do Campus I da UFPB.

## A Geração de RCC

Segundo Carnaúba (2010), o volume de RCC pode representar de 13 a 67% do total do resíduo sólidos urbanos, que na maioria dos municípios são destinados de forma incorreta, depositados em terrenos baldios, bota-foras clandestinos ou na margem dos rios e córregos. Esse destino inadequado resulta em diversos impactos ambientais negativos estando diretamente relacionado à degradação da qualidade de vida urbana, como enchentes, assoreamento de rios e córregos; ao acúmulo de vetores transmissores de doenças, nocivos à população; aos gastos para órgãos públicos e os munícipes, com fiscalização e transporte dos RCC; à degradação das áreas urbanas, causando desvalorização das propriedades e por consequência ocasionando atraso no desenvolvimento local.

Quantitativamente, a geração de RCC é diferente entre as várias localidades, devido a diversos fatores, como: número de habitantes, nível educacional, costumes da população, poder aquisitivo, leis e regulamentações específicas, processos construtivos utilizados, incluindo as peculiaridades de cada construtora. Assim, essas características interferem diretamente no tipo e quantidade de resíduo gerado. Vários estudos foram realizados visando obter a taxa de geração de RCC em diversas localidades do Brasil e do mundo, conforme descrito nas tabelas 1, 2, 3 e 4 abaixo.

As taxas apresentadas nas tabelas 1, 2 e 3, são de utilização limitada para estimativas futuras, uma vez que o ritmo da construção civil é extremamente atrelado ao momento econômico e por isso retrata a geração de RCC apenas naquele período do estudo/levantamento. Por outro lado, as taxas apresentadas na tabela 4, são reportadas em unidades de massa por unidade de área construída, o que a desvincula do momento econômico de uma dada época, além de ser independente do quantitativo populacional.

**Tabela 1: Geração de RCC relativa à geração de resíduos sólidos urbanos.**

Localidades	Geração estimada (%)	Fonte
União Européia	20 à 30	Murakami <i>et al.</i> (2002) <i>apud</i> Schneider (2003)
Alemanha	> 60	Internationale Vereinigung Baustoff-recycling (sd) <i>apud</i> Pinto (1999)
Suíça	~ 45	Milani (1990) <i>apud</i> Pinto (1999)
Brasil	41 à 70	Pinto (2003) <i>apud</i> Schneider (2003)
São José dos Campos - SP	67	Pinto (1999)
Ribeirão Preto - SP	70	Pinto (1999)
Jundiaí - SP	62	Pinto (1999)
Santo André - SP	54	Pinto (1999)
Belo Horizonte - MG	41	SLU (sd) <i>apud</i> Pereira e Moraes (2007)
Recife - PE	49	Carneiro (2005)
Vitória da Conquista - BA	61	Pinto (1999)

**Tabela 2: Geração de RCC, em tonelada/mês.**

Localidades	Geração estimada (ton/mês)	Fonte
EUA	11.333.333	Schneider (2004) <i>apud</i> Karpinski et al (2009)
União Européia	18.416.667 à 27.833.333	Cassa <i>et al</i> (2001)
São Paulo – SP	372.000	Silva (2008)
Rio de Janeiro - RJ	27.000	Silva (2008)
Brasília - DF	85.000	Silva (2008)
Belo Horizonte - MG	102.000	Silva (2008)
Porto Alegre - RS	102.000	Silva (2008)
Curitiba - PR	74.000	Silva (2008)
Florianópolis - SC	33.000	Silva (2008)
Recife - PE	18.000	Silva (2008)
Salvador - BA	44.000	Silva (2008)
Aracaju - SE	15.900	Daltro Filho <i>et al</i> (2006)
João Pessoa - PB	9.985	Fonseca <i>et al</i> (2007)

**Tabela 3: Geração de RCC, em tonelada/hab.ano.**

Localidades	Geração estimada (ton/hab.ano)	Fonte
Europa Ocidental	0,7 a 1,0	LAURITZEN (1994) <i>apud</i> Pinto (1999)
Suécia	0,136 à 0,680	Tolstoy, Borklund & Carlson (1998) <i>apud</i> Manfrinato (2008)
Itália	0,6 à 0,69	Lauritzen (1998) <i>apud</i> Manfrinato (2008)
Brasil	0,23 à 0,76	Pinto (1999)
Lençóis Paulista - SP	0,67	Manfrinato (2008)
Santo André - SP	0,51	Pinto (1999)
São José do Rio Preto - SP	0,66	Pinto (1999)
São José dos Campos - SP	0,47	Pinto (1999)
Ribeirão Preto - SP	0,71	Pinto (1999)
Jundiaí - SP	0,76	Pinto (1999)
Campinas - SP	0,62	Paulella; Scapim (1996) <i>apud</i> Pinto (1999)
Governador Valadares-MG	0,338	Athayde Junior et al (2004)
Vitória da Conquista - BA	0,40	Pinto (1999)
João Pessoa - PB	0,495	Fonseca et al (2007)

**Tabela 4: Geração de RCC em kg/m².**

Localidades	Geração Estimada (kg/m²)	Fonte
Países desenvolvidos	< 100	Monteiro (2001)
Brasil	300	Monteiro (2001)
São Paulo	150	Pinto (1999)
João Pessoa – PB	209,03	Viana (2009)

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Caracterização da área de estudo

As obras integrantes da amostra estão localizadas no Campus I da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), uma instituição autárquica de regime especial de ensino, pesquisa e extensão, vinculada ao Ministério da Educação. Através do Decreto nº 6.096, de 24 de abril de 2007, que criou o Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (REUNI), a UFPB prevê a construção de 41.150 m² de novas edificações e a reforma de 17.185 m² das edificações atuais no período entre 2008 a 2011 (UFPB, 2011). As obras deste estudo de caso, descritas na tabela 5, somam 50% da área construída na UFPB no âmbito do Programa REUNI.

Tabela 5: Obras integrantes da amostra.

Obra	Início	Termo previsto	Situação (05/2011)	Área construída (m²)	Descrição
1) Construção Bloco J do CT	02/2009	12/2009	Finalizada	2299,02	Sala de aula e laboratórios
2) Construção do bloco de multimídia do CT	01/2010	11/2010	Em andamento (atrasada)	1979,00	Bloco de multimídia
3) Construção do bloco A do CCHLA	02/2010	09/2010	Em andamento (atrasada)	1104,00	Sala de aula
4) Construção do bloco de sala de aulas do CCSA	09/2009	06/2010	Em andamento (atrasada)	1399,64	Sala de aula
5) Construção do bloco C do CCHLA	02/2010	09/2010	Em andamento (atrasada)	5170,51	Sala de aula
6) Construção do bloco K, L e M do CT	12/2009	12/2010	Em andamento (atrasada)	4997,00	Sala de aula e laboratórios
7) Construção do auditório do departamento de música.	09/2010	Sem previsão	Paralisada	850,00	Auditório de música
8) Construção do Bloco B e ampliação das obras do REUNI do CE	03/2009	05/2010	Finalizada	997,64	Sala de aula e coordenação
9) Construção do bloco C do CE	01/2010	10/2010	Finalizada	312,00	Salas menores
10) Ampliação do auditório do CCHLA	03/2010	07/2010	Em andamento (atrasada)	474,00	Ampliação do auditório
11) Construção do bloco NEPRAMAR-CCEN	02/2010	08/2010	Em andamento (atrasada)	335,00	Sala de aula e secretaria
12) Construção do bloco de sala de aulas do CCEN	12/2010	07/2010	Em andamento (atrasada)	504,00	Sala de aula

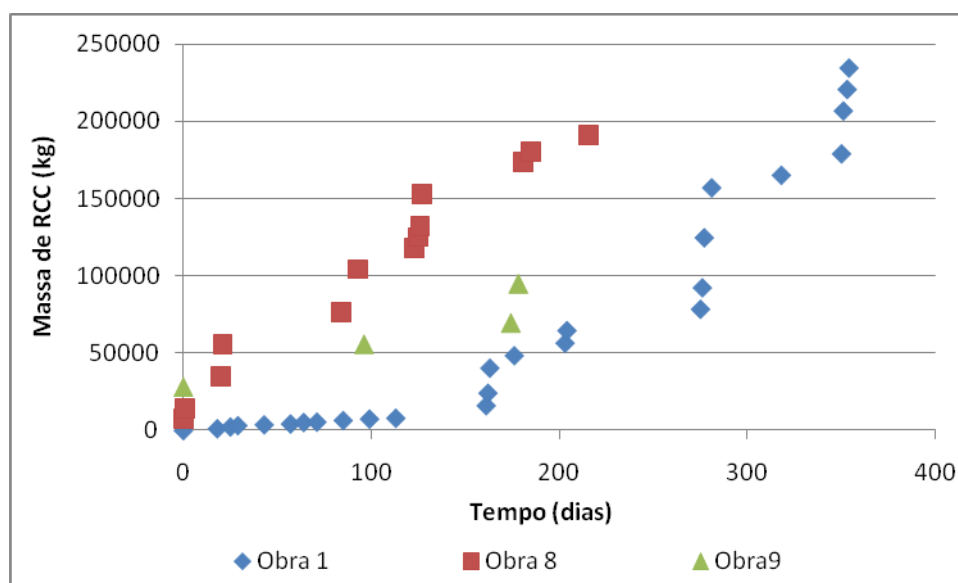
### Determinação da taxa de geração de RCC

Os dados de RCC foram levantados com base no acompanhamento semanal dos volumes descartados por parte das construtoras em cada uma das obras estudadas. Para conversão entre volume e massa, foi utilizada a relação de 1156 kg/m<sup>3</sup> proposta por Carneiro *et al* (2000). As áreas construídas foram obtidas nos respectivos projetos, cadastrados junto à Prefeitura Universitária.

### RESULTADOS E CONCLUSÕES

Até o momento de elaboração deste trabalho (maio de 2011), apenas 3 obras, dentre as descritas na tabela 5, encontravam-se finalizadas. São elas: obras 1, obra 8 e obra 9. As demais, embora tivessem o término previsto para 2010, encontravam-se atrasadas em relação aos cronogramas previstos em projeto. Neste trabalho, são apresentados os dados relativos às obras 1, 8 e 9 apenas.

Na figura 1 são apresentados os dados de descarte de RCC ao longo do tempo, sendo este tempo contado a partir do dia do primeiro descarte realizado.



**Figura 1: Massa de RCC descartada.**

A tabela 6 apresenta as taxas de geração de RCC para as obras 1, 8 e 9. Observa-se certa variabilidade entre as três obras estudadas. Espera-se que, com a finalização das demais obras, seja possível aplicar testes estatísticos para melhor descrever a variável taxa de geração de RCC.

**Tabela 6: Taxa de geração de RCC.**

Obra	Área (m <sup>2</sup> )	Massa descartada de RCC (kg)	Taxa de geração de RCC (kg/m <sup>2</sup> )
Obra 1	2299,02	234.826,4	102,14
Obra 8	997,64	191.260,2	191,71
Obra 9	312,00	94.792,0	289,35
Média	---	---	144,34

Com o conhecimento da taxa de geração de RCC, em unidade de massa por unidade de área construída, é possível estimar a massa a ser gerada através do levantamento da área construída de uma dada situação, tal como uma obra específica ou mesmo um município como um todo.

Para a taxa média (média ponderada, sendo a área construída o peso na ponderação) encontrada de 144,34 kg/m<sup>2</sup> e a área construída apenas na UFPB no âmbito do Programa REUNI de 41150 m<sup>2</sup> um montante de 5940 toneladas de RCC seriam geradas. Apesar desta grande quantidade de RCC a taxa de geração média mostrou-se abaixo do índice apresentado pela literatura para o Brasil (300 kg/m<sup>2</sup>) e São Paulo (150 kg/m<sup>2</sup>) e um pouco acima em relação às estimativas para os países desenvolvidos (abaixo de 100 kg/m<sup>2</sup>).



**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. ATHAYDE JÚNIOR, G.B; FERRARI JÚNIOR, M.J; DINIZ, M.D; BORLINI, F.R; PAULA, E.A.; COSTA, A.S.V.; SONCIM, S.P.; ALMEIDA, M.O. Reciclagem de entulhos em Governador Valadares: uma alternativa viável. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA EM RESÍDUOS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTAVÉL. Florianópolis – SC. 2004.
2. CARNAÚBA, T.M.G.V; de ARAÚJO, N. M.C. RCDs oriundos de obras de edificações verticais de Maceió-AL: composição gravimétrica e massa específica. In: 3º SIMPÓSIO IBEROAMERICANO DE INGENHARIA DE RESÍDUOS. João Pessoa – PB. 2010.
3. CARNEIRO, A. P.; BRUM, I. A. S.; COSTA, D. B.; ALBERTE, E. P. V.; SAMPAIO, T. S. Reciclagem de entulho da região metropolitana de Salvador para a produção de materiais de construção de baixo custo. In: IX SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Porto Seguro. 2000.
4. CARNEIRO, F. P. Diagnóstico e ações da atual situação dos resíduos de construção e demolição na cidade do Recife. 2005. 131p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2005.
5. CASSA, J.C.S.; CARNEIRO, A.P; de BRUM, I.A.S. (org.). Reciclagem de entulho para a produção de materiais de construção. Salvador: Editora de UFBA, 2001.
6. CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTAL. Resolução nº 307. Ministério do Ambiente, 05 de Julho de 2002. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/index.cfm>.
7. DALTRO FILHO, J;BANDEIRA, A.A; BARRETO, I.M.C.B DO N; AGRA, L.G. DA S; Avaliação da composição e quantidade dos resíduos sólidos da construção civil de Aracaju-Sergipe, Brasil. In: VIII SIMPÓSIO ÍTALO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. Fortaleza – CE. 2006.
8. FERNADES, W.V; da SILVA SOBRINHO JUNIOR, A; NÓBREGA, C.C. Gestão dos Resíduos de Construção nas obras da Universidade Federal da Paraíba. In: 3º SIMPÓSIO IBEROAMERICANO DE INGENHARIA DE RESÍDUOS. João Pessoa – PB. 2010.
9. FONSECA, E.; LIRA, C.S.; MENEZES, G.M.; MONTE, L.D.B.; LIMA, R.J.D. Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção e Demolição do Município de João Pessoa-PB. Prefeitura Municipal de João Pessoa. 2007.
10. JOHN, V.M. Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento. Tese (Livre Docência) – USP, São Paulo, 2000.
11. KARPINSKI, L.A; PANDOLFO, A.; REINEHER, R; GUIMARÃES, J.C.B; PANDOLFO, L.M; KUREK, J. Os resíduos da indústria da construção civil e Quantificação da geração de resíduos de construção e demolição. IN: GESTÃO DIFERENCIADA DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL. Porto Alegre: edipucrs, 2009, Cap. 1, p. 15- 69 ; e Cap 4, p.104- 112.
12. LORDSLEMM JUNIOR, A.C; FERNADES, P.C.S; FUCALE, S.P; GUSMÃO, A.D; De MELO, A.B. Gestão de resíduos sólidos em canteiros de obras brasileiros. In: 24 CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITARIA E AMBIENTAL. Belo Horizonte – MG. 2007.
13. MANFRINATO, J.W. de S; ESGUÍCERO, F.J; MARTIS, B.L. Implementação de usina para reciclagem de resíduos da construção civil (RCC) como ação para o desenvolvimento sustentável – estudo de caso. In: XXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Rio de Janeiro – RJ. 2008.
14. MONTEIRO, J. H. P.; FIGUEIREDO, C.E.M.; MAGALHÃES, A.F.; MELO, M.A.F.; BRITO, J.C.X.; ALMEIDA, T.P.F.; MANSUR, G.L. Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.
15. PEREIRA, P.M.S.; MORAES, R.O. A gestão dos resíduos de construção civil pela Prefeitura de Belo Horizonte. In: IX Encontro Nacional Sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente. Curitiba. 2007.
16. PINTO, T.P. Metodologia para a Gestão Diferenciada de resíduos Sólidos da Construção Urbana. São Paulo, 1999. Tese doutorado- Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 189p.
17. SANTOS, M.A; ROCHA, D; SCHETTINO, S.C; BASTOS, I. A. da H. Diagnóstico do gerenciamento dos Resíduos Sólidos nas empresas de Construção Civil de Aracaju-Sergipe com uma proposta de sustentabilidade. In: 3º SIMPÓSIO IBEROAMERICANO DE INGENHARIA DE RESÍDUOS. João Pessoa – PB. 2010.
18. SCHNEIDER, D.M. Deposições Irregulares de Resíduos da Construção Civil na Cidade de São Paulo. São Paulo, 2003. [Dissertação de mestrado da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo]
19. SILVA, M.G.S. Resíduos de construção civil – estudo de caso da geração de RCC em uma obra pública na cidade de Aracaju. Aracaju: UFS, 2008. Relatório da disciplina trabalho de conclusão de curso – Centro de ciências exatas e tecnologia, Universidade Federal de Sergipe, Aracaju, 2008.
20. UFPB. Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (Reuni). Disponível em: <http://www.ufpb.br/reuni/>. 2011.

21. VIANA, K.S.C.L. Metodologia simplificada de gerenciamento de resíduos sólidos em canteiros de obras. João Pessoa: UFPB, 2009. 178 p. Programa de Pós Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental – PPGEUA, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2009.