

I-012 - APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DELPHI PARA ELABORAÇÃO DE CRITÉRIOS PARA MINIMIZAÇÃO DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Mariana Moreira de Oliveira ⁽¹⁾

Engenheira Ambiental pela Universidade Federal da Paraíba. Mestranda no Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental na Universidade Federal da Paraíba.

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 e Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba.

Endereço⁽¹⁾: Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, Bairro Castelo Branco, João Pessoa-PB, CEP: 58.059-900 – Brasil - Tel: (83) 3216-7393 - e-mail: marianamoreiraa@hotmail.com

RESUMO

O crescimento populacional e a expansão habitacional dos grandes centros urbanos têm aumentado a geração de resíduos da construção civil - RCC. Apesar de serem considerados de baixa periculosidade e possuírem grande potencial de reaproveitamento, os RCC causam diversos impactos ambientais negativos, devido às grandes áreas demandadas, resultantes dos grandes volumes gerados, bem como quando relacionados ao descarte inadequado. Diante desta problemática, o objetivo deste trabalho é aplicar a técnica Delphi para elaboração de critérios de minimização da geração dos RCC. A metodologia adotada consistiu aplicação da técnica Delphi, com o envio de questionários direcionados a engenheiros civis e técnicos com formações diversas relacionadas ao ramo da Construção Civil. Os resultados apontam que a maioria dos critérios inicialmente propostos foi considerada importante no processo de minimização da geração dos RCC, ganhando destaque o treinamento do pessoal para a correta utilização de insumos, materiais e equipamentos, e execução de serviços, o qual obteve média próxima à máxima. A utilização da metodologia Delphi para elaboração de critérios de minimização da geração de RCC mostrou-se eficaz, com convergência de opinião em cerca de 85% dos critérios discutidos.

PALAVRAS-CHAVE: RCC, Delphi, minimização.

INTRODUÇÃO

O crescimento populacional e a expansão habitacional dos grandes centros urbanos têm aumentado a geração de resíduos da construção civil – RCC. Os RCC, popularmente chamados de entulho, são aqueles resultantes de obras da construção civil. É geralmente um material inerte, passível de reaproveitamento.

Apesar de serem considerados de baixa periculosidade e possuírem grande potencial de reaproveitamento os RCC causam diversos impactos ambientais negativos, devido às grandes áreas demandadas para disposição, resultantes dos grandes volumes gerados, bem como quando relacionados ao descarte inadequado.

O gerenciamento inadequado dos RCC, resultante da ausência de políticas públicas e falta de compromisso dos agentes envolvidos, pode causar problemas, como acúmulo em margens de rios, terrenos baldios ou outros locais inapropriados, causando poluição do solo, assoreamento de córregos, enchentes e obstrução de vias de tráfego, dentre outros. Além disso, representa um problema para os municípios, sobrecarregando os sistemas de limpeza pública, devido ao grande volume e quantidade dos RCC gerados, podendo representar de 50 a 70 % da massa de resíduos sólidos urbanos (MMA, 2011).

Segundo a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS), em seu artigo 9º, “na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos”

(BRASIL, 2010). Nesse sentido, um importante fator para obtenção da sustentabilidade na construção civil é a minimização dos RCC. Ações que visam à reutilização e reciclagem desses resíduos também possuem grande valor no processo de transformação do cenário atual.

Alguns estudos apresentam fatores que contribuem para a geração de RCC, bem como ações que visam minimizar a produção de tais resíduos. Segundo John e Agopyan (2003), na fase de construção a geração de resíduos é decorrente das perdas dos processos construtivos e pode ser minimizada por meio da adoção de novas tecnologias, aperfeiçoamento de projetos, utilização adequada de materiais e ferramentas, treinamento de recursos humanos, melhoria das condições de estoque e transporte e melhor gestão de processos.

Na fase de manutenção, a geração está associada à correção de defeitos, reformas ou modernização do edifício ou de partes do mesmo e ao descarte de componentes degradados ou que tenham atingido o final da vida útil (JOHN e AGOPYAN, 2003). Para os autores, algumas medidas são importantes para reduzir a produção dos RCC nessa fase, como: a melhoria da qualidade da construção, reduzindo as manutenções causadas pela correção de defeitos; elaboração de projetos flexíveis, que permitam a desmontagem e posterior reutilização dos componentes não mais necessários; e o aumento da vida útil dos componentes e estrutura dos edifícios.

Ainda segundo John e Agopyan (2003), na fase de demolição, a redução dos RCC gerados depende, além das duas últimas ações citadas na fase de manutenção, da existência de incentivos para que os proprietários realizem modernização e não demolições.

CREA-PR (2011) enfatiza a importância do detalhamento dos projetos, assim como a compatibilidade entre os vários projetos para a minimização da geração dos RCC. Novais e Mourão (2008) citam outras ações que contribuem para reduzir a produção de RCC, a saber: limpeza e organização da obra; evitar perdas no canteiro, principalmente no processo de recebimento, transporte e armazenamento de materiais, destacando a paletização; importância do projeto de paginação de alvenaria e da utilização dos vários tipos de tijolos ou blocos, uso de materiais mais sustentáveis, com embalagens que se evite o descarte; dentre outras medidas.

Neste contexto, o presente trabalho visa aplicar a técnica Delphi para elaboração de critérios de minimização da geração de RCC.

MATERIAIS E MÉTODOS

METODO DELPHI

O método Delphi é definido como uma atividade interativa desenvolvida para combinar opiniões de um grupo de especialistas visando à obtenção de um consenso. A técnica é um processo de comunicação grupal, na qual, segundo Wright e Giovinazzo (2000), baseia-se no conhecimento, na experiência e na criatividade de um grupo de especialistas, pressupondo que a opinião coletiva, desde que seja organizada adequadamente, é melhor que a opinião de só um indivíduo.

Pode-se encontrar estudos publicados que utilizaram o método Delphi em diversas áreas do conhecimento. Na sua essência esses estudos são construídos para buscar uma estruturação de conceitos e para projetar futuros (OLIVEIRA *et al*, 2008).

Esse método é recomendável para “quando não se dispõe de dados quantitativos, ou estes não podem ser projetados para o futuro com segurança, em face de expectativa de mudanças estruturais nos fatores determinantes da tendência futura” (WRIGHT e GIOVINAZZO, p. 55, 2000). Ele vem sendo utilizado frequentemente em questões da área ambiental onde não se aplicam dados quantitativos e onde é fundamental a participação de especialistas, como por exemplo, para definir critérios que necessitam de opiniões convergentes para obterem credibilidade e apoio da sociedade.

O método possui seis características fundamentais: o anonimato dos participantes; o feedback das respostas aos participantes da pesquisa; a flexibilidade em responder o questionário, assim como das respostas; uso de especialistas; consenso de opiniões; e interatividade das respostas (OLIVEIRA *et al*, 2008).

LOCALIZAÇÃO

O estudo foi realizado no município de João Pessoa, capital do estado da Paraíba. Localizado na porção Leste do Estado, possui 37 metros de altitude média e coordenadas geográficas de 7° 9' 28" Latitude Sul 34° 47' 30" Longitude Oeste (PARAIBANOS, 2012). O município limita-se, ao Sul, com o município do Conde, ao Norte com o município de Cabedelo, ao Oeste com os municípios de Bayeux e Santa Rita e ao Leste com o Oceano Atlântico. A figura 1 ilustra a localização do município de João Pessoa, no estado da Paraíba.

João Pessoa possui superfície de 211,475 km² e população de 723.515 habitantes, correspondendo a uma densidade demográfica de 3.421,28 ha./km² (IBGE, 2010). O município passa por uma intensa expansão imobiliária (PIMENTEL, 2013), com destaque do segmento empresarial e residencial, sendo considerada a capital do Nordeste com o maior número de arranha-céus e a quarta capital mais verticalizada do Brasil, sendo proporcionalmente a mais verticalizada (CENTURY 21 Brasil Real Estate, 2012).

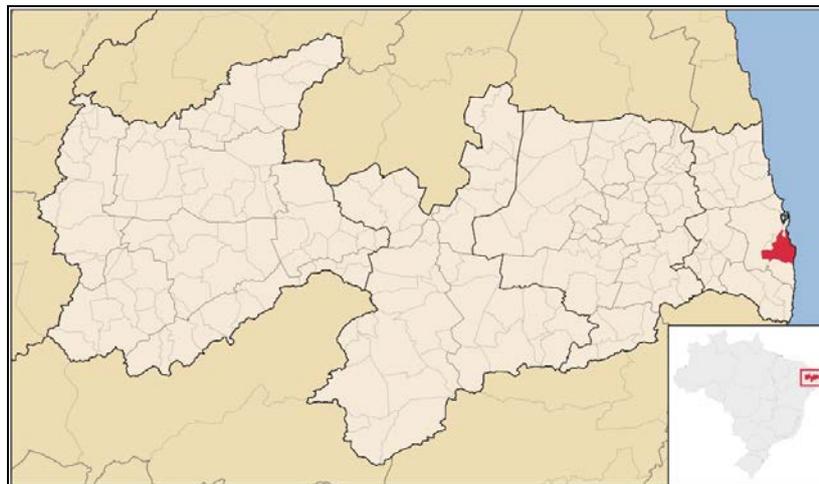


Figura 1: Localização do município de João Pessoa

Fonte: http://commons.wikimedia.org/wiki/File%3AParaiba_MesoMicroMunicip.svg

INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS

Os dados foram coletados por meio de questionários estruturados, nos quais foram abordados alguns critérios que contribuem para a minimização dos RCC. Trata-se de um questionário interativo, que foi enviado, via internet, duas vezes para um grupo de especialistas, que analisaram os documentos entregues, refletiram e manifestaram-se individualmente, por escrito, a respeito das questões apresentadas nos questionários.

O questionário estruturado é formado por 21 questões fechadas, nas quais há uma escala de importância de 0 a 10 a ser assinalada pelo especialista de acordo com o seu ponto de vista sobre o critério em questão, há também, em cada uma delas, um espaço destinado aos comentários. Ao fim daquele é possível que os especialistas acrescentem sugestões de novos critérios. Foi enviado um total de 276 questionários na primeira rodada.

Os critérios presentes no questionário 1 foram compilados com base na literatura relativa ao assunto e são apresentados abaixo:

1. Selecionar bem os fornecedores, não utilizando materiais de baixa qualidade ou não especificados (FRAGA, 2012), evitando quebras destes ou necessidades de ajustes (SILVA, 2000 *apud* VIANA, 2009).
2. Planejar bem a produção de concreto e argamassas, evitando a produção em excesso com consequentes sobras e perdas.
3. Treinar o pessoal para a correta utilização de insumos, materiais e equipamentos, e execução de serviços (VIANA, 2009).
4. Primar pela qualidade do projeto. Ex: Projetos bem concebidos e com alto nível de detalhamento (CREA-PR, 2011).

5. Realizar estudo de compatibilidade dos projetos. Ex: procurar identificar pontos conflitantes ou incompatíveis entre os diversos projetos (hidráulico, elétrico, estrutural, etc.) (CREA-PR, 2011).
6. Fazer uso de mão de obra especializada na execução de serviços que assim a requeiram. Ex: Implantar uma central de corte e furo de cerâmicas nas obras, evitando a quebra de peças e o incremento do desperdício (NOVAIS e MOURAO, 2008).
7. Fazer uso de equipamentos apropriados.
8. Gerenciamento eficaz de estoques. Ex: evitar as perdas por deterioração de materiais e vencimento de prazos de validade.
9. Correto armazenamento de materiais. Ex: evitar locais inadequados, tais como, locais expostos às intempéries, inclinados e de intensa circulação de pessoas; observar materiais frágeis (PALIARI, 1999, *apud* VIANA, 2009).
10. Planejamento logístico no canteiro de obra. Ex: otimizar serviços (VIANA, 2009).
11. Uso de concretos usinados. Ex: produzido em usina fora do canteiro de obra.
12. Uso de elementos pré-fabricados. Ex: utilização de pilares, vigas e lajes pré-moldados e paredes de gesso acartonado (NOVAIS e MOURAO, 2008).
13. Uso de escoramentos e andaimes metálicos reutilizáveis (CREA-PR, 2011).
14. Uso de containers como apoio de canteiros de obras. Ex: substituição de elementos de alvenaria e de “madeirit” (NOVAIS e MOURAO, 2008).
15. Reutilização, quando possível, dos resíduos gerados.
16. Execução da alvenaria em conjunto com a instalação elétrica.
17. Uso de shafts e forros rebaixados para passagem de tubulação e eletrodutos.
18. Uso de blocos mais estreitos, formando reentrâncias para a passagem da tubulação no sentido horizontal (MEIRA e MELO, 2012).
19. Definição das customizações dos clientes na etapa de projeto. Ex: evitar modificações após a execução da obra.
20. Compatibilização de dimensões de componentes construtivos e vãos. Ex: dimensões de vão como múltiplo das dimensões de ladrilhos cerâmicos (MEIRA e MELO, 2012).
21. Dimensões de vigas e pilares em função das dimensões das fôrmas a serem utilizadas (MEIRA e MELO, 2012).

SELEÇÃO DOS PARTICIPANTES

Constituiu objeto da pesquisa engenheiros civis e técnicos com formações diversas relacionadas ao ramo da Construção Civil, em várias atuações, tais como acadêmica (professores/pesquisadores), elaboração de projetos, e execução e gerenciamento de obras de Construção Civil.

Os *e-mails* dos potenciais participantes foram obtidos junto ao Sindicato da Indústria da Construção Civil de João Pessoa - SindusCon JP, assim como através de contatos dos professores da Universidade Federal da Paraíba que atuam no setor da construção civil.

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DELPHI

Ao mesmo tempo em que estavam sendo formulados os critérios do questionário da primeira rodada, foram contatados e selecionados os possíveis participantes da pesquisa.

Junto ao questionário citado acima foi enviado uma “carta circular” do projeto, apresentando a problemática relacionada à geração dos RCC, explicando a metodologia a ser utilizada, a Delphi, e orientando no preenchimento do questionário.

Na etapa de tabulação e análise das respostas analisou-se separadamente cada questionário, de forma quantitativa e qualitativa. Para todos os questionamentos foi calculado o valor médio e o desvio padrão, bem como realizada uma compilação do pensamento predominante dos comentários dos participantes.

Terminada a análise da primeira rodada foi elaborado o segundo questionário. Este contém além de novos critérios, a análise do primeiro questionário (média dos critérios, desvio padrão e comentários dos participantes para cada um destes) permitindo assim, ao participante, manter a resposta dada na primeira rodada ou modificá-la à luz das respostas e comentários dos outros participantes.

O processo foi repetido uma única vez, pois se considerou que a divergência entre os especialistas foi reduzida a um nível satisfatório. Sendo assim as respostas da segunda da rodada foram consideradas como consenso do grupo sobre os critérios de minimização da geração dos RCC. Em cada rodada foi dado o prazo de 15 dias, prorrogável por mais uma semana, para devolução dos questionários.

Após a análise e tabulação dos questionários da segunda rodada, foi elaborado um relatório contendo uma lista com os critérios que contribuem para a minimização da geração de resíduos da construção civil, de acordo com a respectiva importância, e encaminhado aos participantes da pesquisa.

A sequência das atividades executadas para aplicação do Delphi está ilustrada na figura 2.

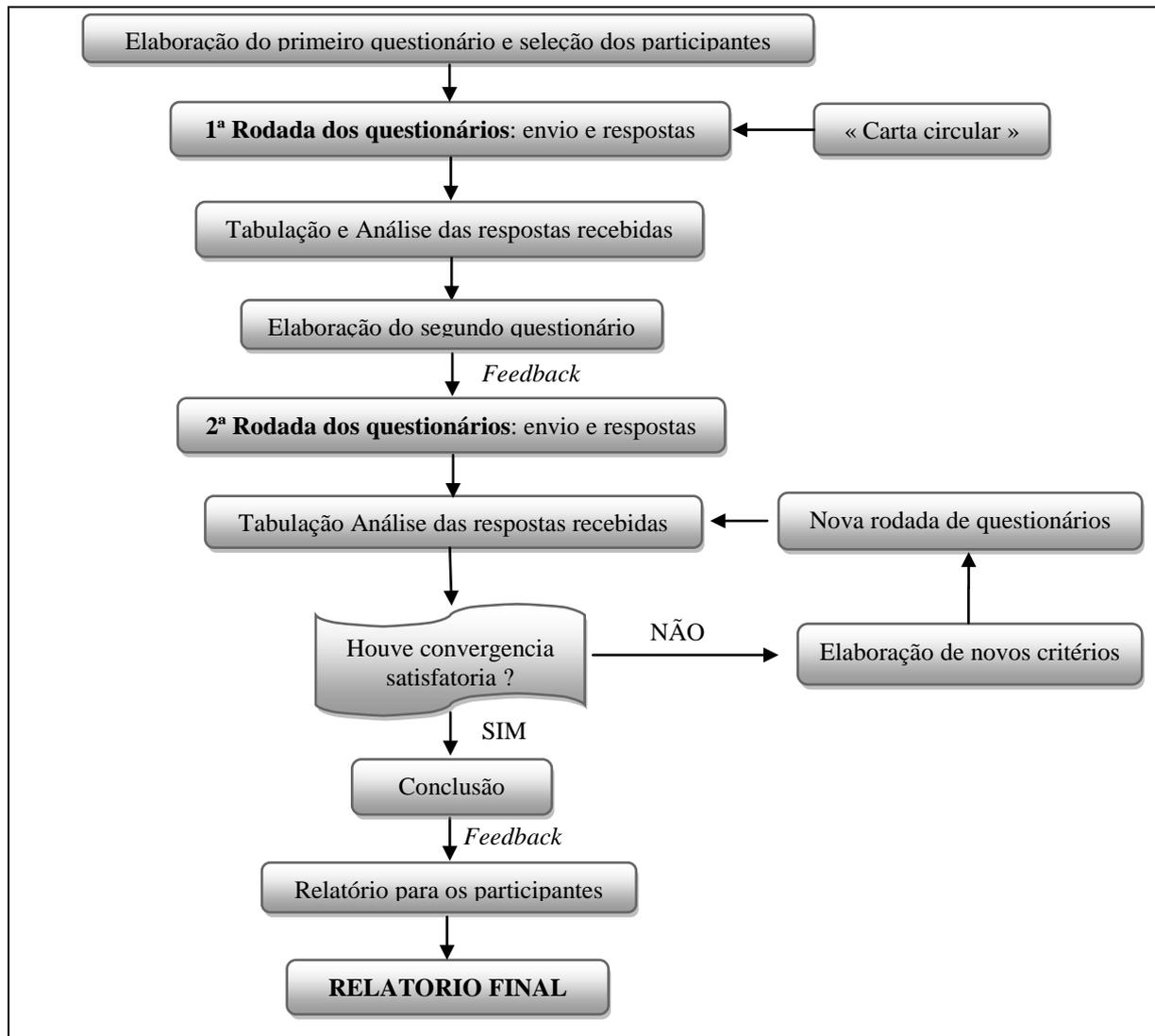


Figura 2: Planejamento do Método Delphi aplicado
Fonte: Adaptado Wright e Giovinazzo, 2000.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Do total dos 276 questionários enviados, 44 (15,9%) não chegaram ao destino correto, acusando não funcionamento do endereço eletrônico.

Ao todo 10 participantes formaram o grupo de especialistas da primeira rodada, representando 4,3% do total dos potenciais participantes que receberam o e-mail. Dentre aqueles, 90% possuem nível superior em

Engenharia Civil, e atuam: na execução de obras de construção civil, elaboração de projetos, gerenciamento de obras de construção civil, como fiscal de obras de construção civil e como professor/pesquisador. A segunda rodada foi composta por 8 participantes, ou seja, 80% do total de participantes da rodada anterior.

Aproximadamente 85% dos critérios apresentados no questionário 2 alcançaram consenso entre os especialistas. As questões que não apresentaram consenso ocorreram mais devido a interpretações isoladas de poucos especialistas com relação à aplicabilidade do critério.

Para efeito de comparação entre as rodadas, por meio do desvio padrão, foram consideradas mantidas as respostas do primeiro questionário, para aqueles participantes que não responderam a rodada seguinte, e, com o mesmo intuito, repetidas as respostas do segundo quando não respondidas no primeiro questionário.

Os resultados mostrados a seguir referem-se aos 21 critérios presentes no segundo questionário, sendo o mesmo proveniente da compilação e análise do primeiro. Os critérios propostos a serem adotados por construtoras, bem como a discursão referente a cada um deles são elencados abaixo:

1. Selecionar bem os fornecedores, não utilizando materiais de baixa qualidade ou não especificados (FRAGA, 2012), evitando quebras destes ou necessidades de ajustes (SILVA, 2000 *apud* VIANA, 2009). Efetuar inspeção e, se necessário, providenciar a devolução dos itens em desacordo com as especificações.

O primeiro critério estudado obteve média 9,3, valor considerado elevado, sendo assim de importância relevante para a diminuição da geração dos RCC. Segundo o grupo de especialistas, a seleção de um bom fornecedor é importante, pois o produto de boa qualidade garante a durabilidade do empreendimento, a redução de desperdício causado pela quebra do material e, conseqüentemente, diminuição da geração de resíduos. Apesar da eficácia do critério, os especialistas ressaltam que mesmo que alguns materiais atendam as normas e especificações, existem falhas no transporte ou no processo de produção que resultam na geração de resíduos, a exemplo das canaletas cerâmicas dos diversos tipos.

2. Planejar bem a produção de concreto e argamassas, evitando a produção em excesso com conseqüentes sobras e perdas.

Esse critério apresentou razoável influencia na minimização na produção de entulho, com média de 8,5. O grupo de participantes salienta o benefício dessa atividade, que além de diminuir a geração de RCC, evita o desperdício de material e do transporte do mesmo, refletindo na esfera financeira.

No entanto os participantes fizeram algumas ressalvas a esse critério, eles acreditam que a produção de concreto e argamassa sem o correto planejamento pode causar transtornos na obra, pois há um prazo determinado para utilização desses materiais, que caso não seja respeitado, compromete os requisitos de segurança e desempenho da edificação. Portanto, em caso de excesso de produção, esse material será transformado em resíduo. Outro ponto questionado é a limitação quanto ao volume mínimo de concreto a ser transportado por concreteira, não havendo possibilidade de fracionamento.

Contudo, alguns participantes destacam que sobras de concreto e argamassa são reutilizáveis, seja para fazer pisos em depósitos e almoxarifados ou enchimentos em depressões. Causam, portanto, maior custo ao proprietário do que propriamente a geração de resíduos.

3. Treinar o pessoal para a correta utilização de insumos, materiais e equipamentos, e execução de serviços (VIANA, 2009).

Segundo Viana (2009) treinar o pessoal para a correta utilização de insumos, materiais e equipamentos, e execução de serviços é de grande importância no processo minimização da produção de resíduos. O grupo de especialistas está de acordo com a visão da autora, sendo esse critério o que obteve maior média, próxima à máxima (9,9). Os comentários relativos a esse critério foram unânimes, em afirmar que o treinamento é peça-chave no controle à geração dos resíduos. O profissional capacitado contribui para melhorar o desempenho da execução de uma obra, que além de reduzir a quantidade de resíduos gerados, geram qualidade, segurança e agilidade.

4. Primar pela qualidade do projeto e estabelecer um planejamento executivo para o mesmo. Ex: Projetos bem concebidos e com alto nível de detalhamento (CREA-PR, 2011).

De acordo com o grupo de participantes ao primar pela qualidade do projeto e estabelecer um planejamento executivo para o mesmo, como proposto no critério 4, pode-se evitar a ocorrência de equívocos durante a execução da obra e posterior correção do serviço, podendo gerar demolições e consequente geração de resíduos. Outro benéfico apontado foi em relação à celeridade da execução obra. No entanto, alguns participantes atentam para o fato de relacionar essa atividade com a adoção de técnicas construtivas e capacitação dos operários.

5. Realizar estudo de compatibilidade dos projetos, e respeitar o estabelecido nos mesmos. Ex: procurar identificar pontos conflitantes ou incompatíveis entre os diversos projetos (hidráulico, elétrico, estrutural, etc.) (CREA-PR, 2011).

O quinto critério proposto também obteve média 8,4. Realizar estudo de compatibilidade dos projetos e respeitar o estabelecido nos mesmos é, segundo o grupo de especialistas, de relativa importância. A compatibilização dos diversos projetos e com isso a programação de passagem e aberturas são fatores que levam a redução das demolições e retrabalhos, e sua consequente produção dos RCC, além de diminuir o tempo de execução da obra.

6. Fazer uso de mão de obra especializada na execução de serviços que assim a requeiram. Ex: Implantar uma central de corte e furo de cerâmicas nas obras, evitando a quebra de peças e o incremento do desperdício (NOVAIS e MOURAO, 2012).

De acordo com os participantes o critério em questão é importante na redução da produção de entulho. Às vezes faz-se necessário refazer o serviço, gerando não só mais resíduos como também desperdício de material e tempo de trabalho. No entanto, de acordo com os participantes, é necessário haver o acompanhamento dos responsáveis e uma conscientização dos pedreiros, para que, mesmo detentores do conhecimento, os trabalhadores não executem suas funções da forma que lhe for mais conveniente. Por exemplo, utilizar cerâmicas inteira para fazer trincho no lugar de cerâmicas com defeitos, por aquela está mais próxima do seu alcance. Ao critério 6, cuja média é 8,5, foi sugerido procurar o Programa Nacional de Acesso ao Ensino Técnico e Emprego (Pronatec), criado pelo Governo Federal, para ajudar na especialização da mão de obra.

7. Fazer uso de equipamentos apropriados.

O sétimo critério, cuja média é de 9,2, propõe o fazer uso de equipamentos apropriados no decorrer da execução dos serviços. O grupo de especialistas comenta que para gerar menor quantidade de resíduos é fundamental que o profissional execute o serviço dispondo de ferramentas de trabalho adequadas, lembrando ainda, de treinar o operador para execução da atividade.

8. Gerenciamento eficaz de estoques. Ex: evitar as perdas por deterioração de materiais e vencimento de prazos de validade.

Com média de 8,4, tal critério possui relativa influência no processo de minimização da geração de RCC. O gerenciamento eficaz de estoques pode evitar, por exemplo, perdas por deterioração de materiais e pelo vencimento de prazos de validade. De acordo com os especialistas, grandes quantidades, principalmente de materiais cimentícios (cimento, argamassas pré-fabricadas, etc.) são perdidas pela falta deste gerenciamento. O grupo de especialistas sugere a orientação do responsável pelo almoxarifado para liberar sempre antes os materiais mais antigos.

9. Correto armazenamento de materiais. Ex: evitar locais inadequados, tais como, locais expostos às intempéries, inclinados e de intensa circulação de pessoas; observar materiais frágeis (PALIARI, 1999, apud VIANA, 2009).

Segundo Paliari (1999), *apud* Viana (2009) o correto armazenamento de materiais é um fator importante para reduzir a quantidade de resíduos gerados. O grupo de participantes concorda com o pensamento da autora acima, visto que o nono critério obteve média de 9,1. Conforme os comentários dos participantes o criterioso

armazenamento do material por tipo e/ou qualidade, bem como o seu adequado manuseio, é uma forma de redução de perdas de materiais. Ainda, segundo os mesmos, estocar inadequadamente gera mais perdas de material, que o próprio desperdício em sua utilização. Alguns materiais prejudicados pelo armazenamento inadequado, mencionados, foram a madeira e o gesso.

10. Planejamento logístico no canteiro de obra. Ex: otimizar serviços (VIANA, 2009).

O decimo critério, o qual obteve média 8,2, sugere que o planejamento logístico no canteiro de obra, otimizando os serviços, por exemplo, é importante para diminuir a produção de resíduos. O grupo de especialistas afirma que o planejamento do canteiro pode reduzir resíduos ocasionados pelo transporte, bem como aproveitar espaços como almoxarifados e escritórios em ambientes do empreendimento, não tendo assim, que fazer total demolição destas instalações. O planejamento deve ainda prever áreas que possibilitem a separação e o armazenamento dos diversos resíduos gerados, assim como facilitar os acessos a essas áreas, e também especificar locais apropriados para execução dos serviços, tornando a obra mais eficiente.

11. Uso de concretos usinados. Ex: produzido em usina fora do canteiro de obra.

O critério 11, foi considerado o de menor importância dentre os critérios propostos, com média de 5,8 (tabela 1). Os participantes alegam que há ganhos na qualidade e no controle do material (ex.: reduz as perdas proveniente da manutenção dos estoques dos agregados graúdos e miúdos na obra, reduzindo também a área necessária para o seu estoque no canteiro) e na agilidade da execução da obra (ex.: execução de uma laje em 04 horas utilizando concreto usinado, e em 02 dias, produzindo concreto no canteiro), no entanto, não contribuiu significativamente para a redução da geração de resíduos. Afirmam também, que se não for bem planejada a quantidade de concreto que se compra na usina, a quantidade de resíduo gerado será a mesma caso o concreto fosse produzido no local, e que para a sustentabilidade quanto menos concreto melhor.

Observando-se a tabela 1 nota-se que não houve convergência do critério, pois há um aumento do desvio padrão da primeira rodada em relação à segunda. Tal fato ocorreu devido à mudança de opinião de um dos participantes em relação à importância do critério, de 7 para 3. O mesmo não argumentou o motivo da mudança.

Conclui-se então que seria importante uma nova rodada de questionários, o que não pode ser realizada devido ao limite de prazo do presente estudo.

12. Uso de elementos pré-fabricados. Ex: utilização de pilares, vigas e lajes pré-moldados e paredes de gesso acartonado (NOVAIS e MOURAO, 2012).

De acordo com Novais e Mourao, (2012) o critério 12 ajuda a reduzir a quantidade de resíduos gerados numa obra. Ao se utilizar novos processos construtivos, segundo os especialistas, no qual haja redução dos insumos e etapas do processo se reduz consideravelmente a produção de resíduos. O grupo de especialistas adverte que além do uso destes elementos elevar os preços das obras, deve ser executado por profissionais qualificados e aplicado apenas em construções modulares.

O critério obteve média de 8,5. Assim como o critério anterior, este também não convergiu. Semelhante ao critério 11, tal fato se deu pela alteração, de um dos especialistas, da importância dada ao critério, que nesse caso foi de 8 para 4. Ele justificou a mudança, fazendo a ressalva que esse critério só é válido para construções modulares.

Considerando também a não convergência desse critério, faz-se necessário uma nova rodada de questionários, buscando sua convergência.

13. Uso de escoramentos e andaimes metálicos reutilizáveis (CREA-PR, 2011).

O critério 13, que propõe o uso de escoramentos e andaimes metálicos reutilizáveis, apresentou média de 9,3. De acordo com o grupo de participantes, a utilização de escoramento e andaimes metálicos, em detrimento da utilização do material de madeira além de reduzir os resíduos contribuiu para maior sustentabilidade das construções. Apesar de esse material ser mais caro, é mais durável, podendo ser reutilizado por diversas vezes.

14. Uso de containers como apoio de canteiros de obras. Ex: substituição de elementos de alvenaria e de “madeirit” (NOVAIS e MOURAO, 2012).

Conforme os especialistas o uso de containers como apoio de canteiros de obras, a exemplo da substituição de elementos de alvenaria e de “madeirit” (critério 14) é um fator de redução dos resíduos já que, após a conclusão das obras, aqueles são transportados para novas obras e/ou almoxarifados, enquanto as instalações provisórias de compensados gera desperdício tanto na construção quanto na demolição, ao final de sua utilização. No entanto, segundo o grupo de especialistas, possuem a desvantagem de ter custo mais elevado.

15. Reutilização, quando possível, dos resíduos gerados.

Ao analisar o critério 15, que sugere a reutilização, quando possível, dos resíduos gerados, verificou-se que os participantes o consideram relativamente eficaz na redução da geração de resíduos, obtendo média de 8,7. O grupo de participantes afirma que o princípio número um é não produzir resíduos, vindo em seguida o reaproveitamento dos resíduos gerados, que caso não seja possível, deve ser transportado para um local licenciado para recebê-lo, podendo ser posteriormente reaproveitado. Eles lembram também a importância da segregação logo após utilização, para aumentar a quantidade de resíduos disponíveis a ser reutilizado. Dentre os vários resíduos passíveis de reaproveitamento, foi citado os resíduos de argamassas, cimentos e cerâmicas, utilizados para fazer enchimentos.

16. Execução da alvenaria em conjunto com a instalação elétrica e hidráulica.

O critério 16, que propõe a execução da alvenaria em conjunto com a instalação elétrica e hidráulica, alcançou média de 8,4. A realização dessa atividade, segundo os especialistas, evita o posterior corte de paredes e consequente geração de RCC, entretanto tal medida só mostra-se eficiente com alvenaria do tipo estrutural. Sugerem ainda a utilização de armários para guardar as saídas e chegada das tubulações e as instalações de água e esgoto. Essa última sugestão refere-se aos shafts, tratado no próximo critério.

17. Uso de shafts e forros rebaixados para passagem de tubulação e eletrodutos.

Conforme os participantes, essa estratégia faz diferença na diminuição da produção de resíduos, caso as instalações não sejam aparentes. Acreditam ser mais importante fazer a compatibilização dos projetos e prevê, já no projeto estrutural, todas as aberturas, de modo a não haver mais demolição e quebras, referenciando o elucidado no critério 5. Creem que a previsão de furos nas vigas e lajes antes da concretagem tem mais influência na minimização do resíduo.

18. Uso de blocos mais estreitos, formando reentrâncias para a passagem da tubulação no sentido horizontal (MEIRA e MELO, 2012).

Baseado nos comentários dos especialistas, o critério 17 foi considerado importante apenas para certo tipo de alvenaria, a de vedação, representando uma forma de reduzir a geração de resíduos, mas não apresentando aplicação na alvenaria estrutural. Eles destacam que o projeto de execução deve ser bem detalhado, pois se não houver um grau de precisão e treinamento de quem executa, poderiam ser gerados até mais resíduos que no sistema convencional.

19. Definição das customizações dos clientes na etapa de projeto. Ex: evitar modificações após a execução da obra.

Um dos critérios que obteve considerável importância no processo de redução de resíduos foi o 19°. De acordo com o mesmo, a definição das customizações dos clientes na etapa de projeto, evitando, por exemplo, modificações após a execução da obra é uma ação que contribui para tal propósito. O grupo de participantes está de acordo com a ideia do critério, segundo aquele, essa medida mostra-se bastante eficaz para minimizar as alterações de projeto durante a execução da obra e demolições ao término dela, o que por sua vez reduz a produção de resíduos. Destaca que a quantidade de resíduos gerados em reformas é consideravelmente maior que os gerados em obras, e considera a antecipação das necessidades dos proprietários uma medida interessante, já sendo adotada em algumas construtoras. Porém, salienta que projetos específicos para cada cliente são mais onerosos.

20. Compatibilização de dimensões de componentes construtivos e vãos, desde que possível. Ex: dimensões de vão como múltiplo das dimensões de ladrilhos cerâmicos (MEIRA e MELO, 2012).

O critério 20 obteve 8,9 de média. Meira e Melo (2012) sugere adequar dimensões de vão como múltiplo das dimensões de ladrilhos cerâmicos como forma de diminuir a geração de resíduos. Os comentários do critério confirmam a importância deste e apontam algumas recomendações. De acordo com o grupo de especialistas, critérios mais rigorosos de compatibilização reduzem a produção de resíduos e aprimoram a estrutura, delimitando vãos. E, além disso, a paginação do revestimento cerâmico é esteticamente mais bonita. Essas definições já devem vir com o projeto de arquitetura, previamente estudado para tal. Segundo os especialistas não há necessidade de economizar no tamanho das peças, mas sim racionalizar o corte delas, sempre com dimensões múltiplas, de acordo com o tamanho de cada fabricante.

21. Dimensões de vigas e pilares em função das dimensões das fôrmas a serem utilizadas, quando possível (MEIRA e MELO, 2012).

O último critério não foi considerado pelos participantes de importância relevante, obtendo média de 7,2. De acordo com eles, tal critério contribui para reduzir a produção de resíduos. No entanto, não é aplicável a todos os processos de construção, pois depende do projeto estrutural. Os participantes alegam que devido ao componente custo, se torna inviável alterar as dimensões das peças estruturais considerando a forma a ser utilizada, para desta forma não haver geração de resíduos. A racionalização deve ser realizada no projeto estrutural e nas dimensões de suas peças e não ao contrário, pela dimensão das formas. Após definido racionalmente as peças estruturais deve-se dimensionar a fôrma e eventualmente fazer um plano de corte. Esta medida reduz a quantidade de fôrma e aumenta o seu aproveitamento.

Observando a tabela 1 percebe-se que o critério em questão não convergiu. O desvio padrão passou de 2,41 (primeira rodada) para 2,44 (segunda rodada). O aumento ocorreu devido à alteração da importância dada por um dos participantes a esse critério (8 para 6).

Em resumo, a tabela 1 apresenta a média e desvio padrão, para as duas rodadas de questionário, segundo a ordem de importância, dos critérios para a minimização da geração de RCC.

Em resumo, a tabela 1 apresenta a média e desvio padrão, para as duas rodadas de questionário, segundo a ordem de importância, dos critérios para a minimização da geração de RCC.

Tabela 1: Ordem de importância dos critérios.

Ordem	Critério	Rodada	Média	Desvio Padrão	Descrição dos critérios após a segunda rodada
1	3	1°	9,7	0,67	Treinar o pessoal para a correta utilização de insumos, materiais e equipamentos, e execução de serviços (VIANA, 2009) (critério não alterado).
		2°	9,9	0,32	
2/3	1	1°	9,0	1,15	Selecionar bem os fornecedores, não utilizando materiais de baixa qualidade ou não especificados (FRAGA, 2012), evitando quebras destes ou necessidades de ajustes (SILVA, 2000 <i>apud</i> VIANA, 2009). Efetuar inspeção e, se necessário, providenciar a devolução dos itens em desacordo com as especificações.
		2°	9,3	0,82	
	13	1°	9,0	1,41	Uso de escoramentos e andaimes metálicos reutilizáveis (CREA-PR, 2011) (critério não alterado).
		2°	9,3	0,95	
4	7	1°	9,0	1,89	Fazer uso de equipamentos apropriados (critério não alterado).
		2°	9,2	1,62	
5	9	1°	9,1	1,91	Correto armazenamento de materiais. Ex: evitar locais inadequados, tais como, locais expostos às intempéries, inclinados e de intensa circulação de pessoas; observar materiais frágeis (PALIARI, 1999, <i>apud</i> VIANA, 2009) (critério não alterado).
		2°	9,1	1,91	

6	19	1°	8,9	1,66	Definição das customizações dos clientes na etapa de projeto. Ex: evitar modificações após a execução da obra (critério não alterado).	
		2°	9,0	1,49		
7/8	14	1°	8,4	2,22	Uso de containers como apoio de canteiros de obras. Ex: substituição de elementos de alvenaria e de “madeirit” (NOVAIS e MOURAO, 2012) (critério não alterado).	
		2°	8,9	1,91		
Ordem	Critério	Rodada	Média	Desvio Padrão	Descrição dos critérios após a segunda rodada	
7/8	20	1°	8,7	1,57	Compatibilização de dimensões de componentes construtivos e vãos. Ex: dimensões de vão como múltiplo das dimensões de ladrilhos cerâmicos (MEIRA e MELO, 2012) (critério não alterado).	
		2°	8,9	1,37		
9	15	1°	8,7	2,83	Reutilização, quando possível, dos resíduos gerados (critério não alterado).	
		2°	8,7	2,83		
10/11	2	1°	8,4	2,17	Planejar bem a produção de concreto e argamassas, evitando a produção em excesso com consequentes sobras e perdas (critério não alterado).	
		2°	8,5	2,17		
	6	1°	8,5	2,72	Fazer uso de mão de obra especializada na execução de serviços que assim a requeiram. Ex: Implantar uma central de corte e furo de cerâmicas nas obras, evitando a quebra de peças e o incremento do desperdício (NOVAIS e MOURAO, 2012) (critério não alterado).	
		2°	8,5	2,72		
12/13/14 /15/16	4	1°	1,97	8,1	Primar pela qualidade do projeto. Ex: Projetos bem concebidos e com alto nível de detalhamento (CREA-PR, 2011) (critério não alterado).	
		2°	1,62	8,4		
	5	1°	1,65	8,5	Realizar estudo de compatibilidade dos projetos, e respeitar o estabelecido nos mesmos. Ex: procurar identificar pontos conflitantes ou incompatíveis entre os diversos projetos (hidráulico, elétrico, estrutural, etc.) (CREA-PR, 2011).	
		2°	1,58	8,4		
	8	1°	3,29	7,8	Gerenciamento eficaz de estoques. Ex: evitar as perdas por deterioração de materiais e vencimento de prazos de validade.	
		2°	1,78	8,4		
	12	1°	1,58	8,6	Uso de elementos pré-fabricados. Ex: utilização de pilares, vigas e lajes pré-moldados e paredes de gesso acartonado (NOVAIS e MOURAO, 2012) (critério não alterado).	
		2°	1,84	8,4		
	16	1°	1,89	8,3	Execução da alvenaria em conjunto com a instalação elétrica e hidráulica.	
		2°	1,65	8,4		
	17	10	1°	2,91	7,6	Planejamento logístico no canteiro de obra. Ex: otimizar serviços (VIANA, 2009) (critério não alterado).
			2°	2,20	8,2	
18	17	1°	1,70	8,0	Uso de shafts e forros rebaixados para passagem de tubulação e eletrodutos (critério não alterado).	
		2°	1,52	8,1		
19	21	1°	2,41	7,4	Dimensões de vigas e pilares em função das dimensões das fôrmas a serem utilizadas (MEIRA e MELO, 2012) (critério não alterado).	
		2°	2,44	7,2		
20	18	1°	1,57	8,7	Uso de blocos mais estreitos, formando reentrâncias para a passagem da tubulação no sentido horizontal (MEIRA e MELO, 2012) (critério não alterado).	
		2°	1,37	8,9		
21	11	1°	2,35	6,2	Uso de concretos usinados. Ex: produzido em usina fora do canteiro de obra (critério não alterado).	
		2°	2,53	5,8		

Os critérios 1, 3, 7, 9, 13, 15 e 19 obtiveram o grau de importância consideravelmente elevado (acima de 9), ou seja, de acordo com os especialistas esses fatores são essenciais no processo de minimização desses resíduos, devendo ser adotados nas construtoras, evitando por consequência a geração desnecessária de RCC. Em contrapartida, o critério 11 apresentou o menor grau de importância, não sendo assim, numa ordem de prioridades, de fundamental execução.

CONCLUSÕES

Percebe-se que a utilização da metodologia Delphi para elaboração desses critérios mostrou-se eficaz, com obtenção de convergência de opinião em cerca de 85% dos critérios. O restante, apesar não ter alcançado o grau de convergência desejado, apresentou baixa variação do desvio padrão. Sendo sugerida para a obtenção de maior eficiência, a continuação da pesquisa e realização uma nova rodada questionários.

O treinamento do pessoal visando à correta utilização de insumos, materiais e equipamentos, e execução de serviços é o critério mais relevante no processo de minimização da geração de RCC, dentre os apresentados no presente trabalho. Por outro lado o uso de concretos usinados, a exemplo dos produzido em usina fora do canteiro de obra, apresentou pouca significância em tal processo, verificado pela baixa pontuação obtida.

Por fim, ressalta-se a importância da abordagem da temática dos RCC visto a nova vertente da construção civil, a qual busca inserir nas suas atividades ações de redução, reutilização e reciclagem dos resíduos. Observa-se também é relevante a adoção de critérios de minimização da geração de RCC por parte das construtoras, sabendo que a meta prioritária na gestão dos resíduos é a sua redução.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRASIL. Lei Nº 12.305 de 02 de agosto de 2010 - Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: 28/05/2013.
2. PIMENTEL, U. H.O. **Análise da geração de Resíduos da Construção Civil da cidade de João Pessoa**. Tese doutorado- Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal da Bahia.
3. CREA-PR. **Resíduos Sólidos**. Série de Cadernos Técnicos da Agenda Parlamentar. 2011.
4. FRAGA, M. F. **Panorama da geração de resíduos da construção civil em belo horizonte: medidas de minimização com base em projeto e planejamento de obras**. Disponível em: <http://pt.scribd.com/doc/7343780/PANORAMA-DA-GERACAO-DE-RESIDUOS-DA-CONSTRUCAO-CIVIL-EM-BELO-HORIZONTE-MEDIDAS-DE-MINIMIZACAO-COM-BASE-EM-PROJETO-EPLANEJAMENTO-DE-OBRAS>. Acesso em 29/06/2013.
5. IBGE -Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Paraíba-João Pessoa**. 2010. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=250750>>. Acesso em: 04/02/2014.
6. JOHN, V. M.; AGOPYAN, V. Reciclagem de resíduos da construção. In: **SEMINÁRIO RECICLAGEM DE RESÍDUOS DOMICILIARES**, São Paulo, 2003.
7. MEIRA, F. A.; MELO, A. B. de. Resíduos da Construção Civil: um olhar a partir do diálogo com profissionais envolvidos no processo de produção da arquitetura. In: **II ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO**. Natal – RN, 2012.
8. MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos**. Versão preliminar, 2011. Disponível em <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 23/07/2013.
9. NOVAES, M. de V.; MOURÃO, C. A. M. do A. **Manual de gestão ambiental de resíduos sólidos na construção civil**. 2008. Disponível em: <http://www.sindusconpa.org.br/arquivos/File/manual-residuos-solidos.pdf>>. Acesso em 26/05/2013.
10. OLIVEIRA, J. P. DE, COSTA, M. M., WILLE M. F. DE C.; colaboração de MARCHIORI, P. Z. **Introdução ao método Delphi**. Curitiba: Mundo Material, 2008. Disponível em: <http://eprints.rclis.org/12889/1/cartilha_delphi_digital.pdf>. Acesso em: 10/07/2013.
11. VIANA, K. S. da 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.



12. PARAIBANOS, 2012. **Portal da Cidade de João Pessoa - Mapas e Dados**. Disponível em: <<http://paraibanos.com/joaopessoa/mapas.htm>>. Acesso em: 05/02/2014
13. PIMENTEL, U. H.O. **Análise da geração de Resíduos da Construção Civil da cidade de João Pessoa**. Tese doutorado- Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal da Bahia.
14. WRIGHT, J. T. C.; GIOVINAZZO, R. A. **Delphi – Uma ferramenta de apoio ao planejamento prospectivo**. Caderno de Pesquisas em Administração, São Paulo, vol. 01, nº12, 2º trim./2000