

**Eixo Temático: Inovação e Sustentabilidade em Diferentes Setores**

**AGREGANDO VALOR ATRAVÉS DE PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS NA  
CONSTRUÇÃO CIVIL**

**ADDING VALUE THROUGH SUSTAINABLE PRACTICES IN THE  
CONSTRUCTION**

Vanessa Almeida da Silva, Gilson Ataliba Ramos Segatto

**RESUMO**

O setor de construção civil é uma rica fonte de resíduos com potencial de reciclagem e reaproveitamento e diversas pesquisas apresentam alternativas de materiais que, após processados, podem substituir parcialmente areia e, principalmente, o cimento na composição do concreto. Todavia, a presente pesquisa teve como foco realizar um estudo teórico sobre os impactos da construção civil sobre o meio ambiente e os benefícios da utilização da casca do arroz como substituto parcial do concreto. Assim, realizou-se uma pesquisa exploratória verificando o tema proposto em livros, artigos, revistas e sites especializados, classificando os impactos da construção civil sobre o meio ambiente e identificando as práticas e alternativas sustentáveis na construção civil, bem como a utilização da cinza da casca do arroz como substituto do cimento Portland. Neste sentido, os principais resultados foram que os impactos são causados durante toda sua cadeia produtiva na construção civil, sendo o maior gerador de resíduos da sociedade brasileira. Ainda, verificou-se que o concreto é um dos grandes vilões na cadeia produtiva da construção civil e que a utilização da cinza da casca do arroz pode ser um substituto de mais de 70% do cimento Portland, sem haver comprometimento de qualidade. Ainda, ressalta-se que este estudo é parte de um projeto mais amplo que resultará na elaboração de um trabalho final de graduação que será realizado durante o segundo semestre do ano de 2012.

**Palavras-chave:** Práticas sustentáveis; Construção civil; Resíduos do arroz.

**ABSTRACT**

The construction industry is a rich source of potential waste recycling and reuse, and several studies show that alternative materials, after processing, can partially replace sand and, especially, the composition of the cement in concrete. However, this research focuses perform a theoretical study on the impacts of construction on the environment and the benefits of using rice husk as a partial replacement of the concrete. Thus, we carried out an exploratory verifying the proposed theme in books, articles, magazines and specialized websites, classifying the impacts of construction on the environment and identifying practical and sustainable alternatives in construction, and the use of gray rice husk as the replacement of Portland cement. In this sense, the main results were that the impacts are caused throughout its supply chain in construction, the largest generator of waste in Brazilian society. Furthermore, it was found that the concrete is a major villains in the production chain of construction and the use of rice husk ash may be substituted more than 70% of Portland cement, with no impairment of quality. Still, it is emphasized that this study is part of a larger project that will result in the preparation of a final graduation to be held during the second half of 2012.

**Keywords:** Sustainable Practices; Building; Waste rice.

## **1 INTRODUÇÃO**

Num momento em que a sociedade efetivamente vivencia as consequências dos efeitos danosos causados ao meio ambiente, após várias décadas de consumo descontrolado dos recursos naturais e, em função disto, acompanha e fiscaliza mais intimamente as ações que governo e iniciativa privada têm tomado frente a essa realidade, torna-se cada vez mais importante e vital às empresas buscar novas alternativas e práticas que possibilitem seu desenvolvimento organizacional e econômico de forma sustentável, e até mesmo sua própria sobrevivência no mercado. A indústria mundial está enfrentando este desafio através da adoção de uma produção mais limpa, que economiza energia, matérias primas e gera menos resíduos de poluição, principalmente durante a última década, onde as empresas têm adotado códigos voluntários de conduta, como as Normas Internacionais ISO 14000 (de gestão ambiental, auditorias ambientais, avaliação de ciclo de vida de produtos e introdução de aspectos ambientais no projeto e desenvolvimento de seus produtos) (ALMEIDA, 2004 b).

O setor de construção civil é, reconhecidamente, um grande consumidor de recursos naturais em seus processos produtivos. Areia, brita e, principalmente, cimento são os agregados mais tradicionais na produção do concreto. Além disto, segundo Santi e Sevá Filho (2004), os principais fornecedores da construção civil figuram entre os maiores poluidores do planeta, em especial a indústria cimenteira que diariamente despeja no meio ambiente toneladas de resíduos industriais, principalmente gases e poeira originados no processo produtivo do cimento e na queima de combustíveis em seus fornos rotativos.

Dentro deste setor, as fábricas de artefatos de concreto têm importante destaque e a cada dia aumentam sua diversidade de produtos destinados a obras de infraestrutura e novas incorporações, oferecendo diversos materiais como canos de concreto, meios fios, galerias, caixas coletoras de águas pluviais, enfim, uma grande gama de artefatos que proporcionam agilidade e economia às grandes obras. Desta forma, evidentemente o consumo de concreto é gigantesco nessas empresas o que impulsiona ainda mais a necessidade de fabricação de cimento para suprir a demanda.

Diante disto, vários estudos têm sido desenvolvidos na busca de alternativas para substituir parcialmente o cimento, na composição do concreto utilizado nas indústrias de artefatos de concreto e no ramo da construção civil como um todo, o que impactaria positivamente na diminuição dos resíduos que sua cadeia produtiva deposita na atmosfera.

Além de colaborarem para a manutenção da qualidade do meio ambiente, estes processos tendem a impactar também nos resultados econômicos das empresas do ramo, uma vez que as matérias-primas substitutas do cimento costumam ser mais baratas e disponíveis em abundância o que, teoricamente, reduziriam os custos de produção. Sem contar o impacto positivo que tais práticas trariam frente à percepção do cliente quanto à empresa e seu produto.

A gestão ambiental e o desenvolvimento sustentável vêm demonstrando ser este o grande negócio do século XXI, ao passo que oferecem à empresa a oportunidade de se destacar frente à concorrência e vender ao seu cliente uma imagem de organização limpa e engajada na luta pela preservação da natureza, um importante diferencial competitivo.

Tendo em vista o tema relacionado Sustentabilidade e Gestão Ambiental, a presente pesquisa tem como foco de realizar um estudo teórico sobre os impactos da construção civil sobre o meio ambiente e os benefícios e dificuldades da utilização da casca do arroz na produção do concreto.

O presente trabalho se justifica pela relevância do tema proposto, em função dos grandes esforços que têm sido adotados na busca da mobilização e conscientização de todos os envolvidos no processo de produção de riqueza para a preservação do planeta e de seus recursos naturais.

Neste sentido, a sociedade, de uma forma geral, é quem mais se beneficia com a adoção de práticas que promovam o desenvolvimento sustentável, seja da própria comunidade, seja das empresas produtoras de bens e serviços, reconhecidas como grandes consumidoras de recursos naturais não renováveis, principalmente o setor de construção civil, foco desta pesquisa.

Para as empresas do ramo, o tema ganha destaque sob a ótica do desenvolvimento organizacional e financeiro lastreado por práticas sustentáveis, tendo como objetivo agregar valor ao produto final por meio da substituição, ainda que parcial, de seus agregados tradicionais, principalmente o cimento, por materiais reciclados, mais baratos e que possibilitem demonstrar o envolvimento da organização com a preservação do meio ambiente.

## **2 SUSTENTABILIDADE E GESTÃO AMBIENTAL**

O século XX foi marcado por profundas transformações em todas as dimensões da existência humana, impulsionadas pelo exponencial desenvolvimento tecnológico que, se por um lado oferece um sensível incremento na expectativa e qualidade de vida da humanidade, também aumenta seu poder de autodestruição. Naturalmente, o crescimento das populações fomentou a demanda por novos bens e serviços, o que desencadeou, durante os anos, sérios problemas ambientais gerados por padrões de vida incompatíveis com o processo de regeneração da natureza e de seus recursos (VAN BELLEN, 2005).

A Revolução Industrial impulsionou esse processo, através de profundas transformações econômicas, sociais, políticas e culturais na humanidade, criando um modelo produção-capital, principalmente no eixo da economia mundial, comandado pela alta burguesia, que imprimia o ritmo do sistema produtivo, considerando a natureza como ampla e inesgotável, sobre tudo suas reservas de matéria-prima e energia (ALMEIDA, 2004 a).

As primeiras manifestações voltadas à conservação ambiental surgiram ainda no começo do século XX, quando houve uma cisão nas teorias entre preservacionismo, que tinha como objetivo preservar as áreas virgens de qualquer uso que não fosse recreativo ou educacional, e conservacionismo, que buscava um planejamento eficiente e racional no uso dos recursos naturais (solo, florestas e água) (AFONSO, 2006).

Para o mesmo autor, ao final da Segunda Guerra Mundial, com a criação da Organização das Nações Unidas (ONU), iniciaram-se as discussões para tratar de questões como a pressão sobre os recursos naturais, interdependência de recursos, coerência de alimentos e combustíveis, desenvolvimento de novas tecnologias, técnicas educacionais para países subdesenvolvidos e desenvolvimento integrado das bacias hidrográficas, tudo sob a ótica da ciência, já que a organização não tinha poderes políticos que lhe permitisse impor compromissos aos governos nacionais.

A partir de então, iniciou-se um grande movimento para a disseminação de informações com o objetivo de conscientizar a população para a qualidade ambiental, com destaque para o movimento ambientalista, no início dos anos 60, preocupado com as atitudes humanas em relação ao sistema natural terrestre. Já no final dos anos 60, uma espécie de alarmismo público tomou conta dos debates a cerca das perspectivas para o futuro. Com base nisto, alguns países, como os Estados Unidos, desenvolveram programas e políticas voltados à proteção e utilização racional do meio ambiente e de seus recursos (AFONSO, 2006).

No mesmo ano de realização da Conferência sobre o Meio Ambiente, em 1972, promovida pela ONU, Dennis Meadows e os pesquisadores do “Clube de Roma” publicaram um estudo, intitulado Limites do Crescimento, onde defendiam que, mantidos os mesmos níveis de industrialização, poluição, produção de alimentos e exploração dos recursos naturais, o limite de desenvolvimento do planeta seria atingido em, no máximo, 100 anos. Já em 1973, Maurice Strong lançou o conceito de ecodesenvolvimento, envolvendo uma crítica à

sociedade industrial, principalmente nos países subdesenvolvidos que, de certa forma, nortearam as discussões sobre o conceito de desenvolvimento sustentável (VILLAS BÔAS, 2011). Nessa época, poucos eram os países que se preocupavam em desenvolver organizações de controle da poluição em níveis nacionais e muitos, inclusive o Brasil, defendiam a ideia de que era necessário primeiramente se desenvolver industrial e economicamente para somente depois preocupar-se com as questões ambientais (AFONSO, 2006).

No Brasil, esta concepção começou a mudar quando da criação da Secretaria Especial do Meio Ambiente, em 1974, que mais tarde transformou-se no Ministério do Meio Ambiente. Mas, principalmente a partir dos anos 80, quando várias leis federais e estaduais foram promulgadas para normatizar as relações de proteção ao meio ambiente, com destaque à Política Nacional do Meio ambiente de 1981, que definiu princípios, instrumentos e mecanismos de formulação e aplicação da política ambiental. A Resolução Conama 001, em 1986, que determinou a obrigatoriedade da avaliação de impacto ambiental para atividades potencialmente poluidoras, e a Constituição Federal, de 1988, que estabeleceu os direitos e deveres dos cidadãos e do Estado em relação ao meio ambiente (AFONSO, 2006).

Foi em 1987, que a ONU apresentou o documento chamado *Our Common Future* (Nosso Futuro Comum, mais conhecido como relatório *Brundtland* de onde surgiu o clássico conceito de que desenvolvimento sustentável é desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade de as futuras gerações satisfazerem suas próprias necessidades. Percebe-se, por este conceito, que desenvolvimento sustentável não deve ser analisado apenas sob a ótica da atividade econômica no meio ambiente, mais do que isso, desenvolvimento econômico é a consequência desta relação na qualidade de vida e no bem-estar da sociedade, tanto no presente quanto no seu futuro.

Foi a partir deste conceito que surgiu o tripé básico do desenvolvimento sustentável (Triple Bottom Line), que se baseia na análise da atividade econômica, meio ambiente e bem-estar da sociedade (VILLAS BOAS, 2011). O mesmo autor conceitua cada uma das três partes do *Triple Bottom Line*: o desempenho econômico, ambiental e social. O desempenho econômico mede os impactos, positivos ou negativos, da empresa sobre o sistema econômico e sobre as circunstâncias econômicas das partes interessadas (stakeholders), ou seja, grupos com potencial interesse na lucratividade, nas operações e nas metas de melhoria de uma empresa. Geralmente envolvem comunidades locais, acionistas, clientes, fornecedores, funcionários, autoridades locais, etc. Desempenho ambiental apresenta os impactos, positivos ou negativos, das atividades da empresa sobre o meio ambiente e seus sistemas naturais, vivos ou não, incluindo ecossistemas, terra, água e ar. Já o desempenho social demonstra o impacto que as operações da empresa causam, positivos ou negativos, na sociedade em que está inserida (VILLAS BOAS, 2011).

A partir destas premissas, o surgimento do conceito de desenvolvimento sustentável virou uma unanimidade em todos os segmentos da sociedade e ocupa lugar de destaque nos debates sobre a utilização de práticas sustentáveis e como estas podem influenciar no rumo que as sociedades vêm tomando em relação à sua interação com o meio ambiente (VAN BELLEN, 2005). A degradação ambiental, assim como em um objeto, é uma perda ou deterioração da qualidade, das suas condições naturais, causadas sempre pela ação humana. Fosse de forma natural não seria degradação, mas sim mudança. Trata-se de qualquer alteração adversa dos processos, funções ou componentes ambientais, ou ainda da qualidade ambiental, em outras palavras, impacto ambiental negativo (SÁNCHEZ, 2006).

Esta proposta surgiu da necessidade de despertar as pessoas para a reflexão e discussão de alternativas que proporcionem a manutenção ou recuperação da qualidade dos ambientes. Este novo conceito mostrou que soluções ou ações isoladas são apenas paliativas, sendo necessário o engajamento de todos os envolvidos num processo de mudança radical em seus modos de vida e costumes. Trata-se de um processo de mudança e de transformação

estrutural que depende essencialmente da participação de toda a sociedade (AFONSO, 2006). Governos, empresas, academia, sociedade civil e cidadãos devem se empenhar urgentemente na identificação de áreas de cooperação, soluções e ações conjuntas efetivas visando a nossa sobrevivência como civilização (LOURES, 2009).

O mesmo autor ilustra bem esta questão afirmando que:

O que está em jogo não é propriamente a Terra, mas a qualidade da vida humana e do processo civilizatório conforme nos acostumamos a conhecê-los. Isto significa lidar com aspectos econômicos, tecnológicos, sociais, culturais e políticos que vão além das questões do ambiente natural. Tornou-se imperativo compreender que nunca poderemos construir e conservar um sistema harmonioso se o ponto de partida for uma visão estreita (LOURES, 2009, p. 16).

Trata-se da necessidade de uma mudança de olhar sob o mundo em que vivemos, principalmente no universo organizacional onde é preciso enxergar o futuro e antecipar ou antever as consequências, muitas vezes irreversíveis, que nossas decisões podem ter. Trata-se de uma necessidade de adotarmos um conhecimento consequente, que combina rigor, relevância e liderança. Nesse contexto, são cada vez mais estreitas as relações entre desenvolvimento e sustentabilidade (LOURES, 2009).

Sustentabilidade implica na forma como se utilizam os recursos ambientais, sem que para isso sejam danificadas suas fontes ou limitada sua capacidade de suprimento futuro, para que tanto as necessidades atuais quanto aquelas do futuro possam ser igualmente satisfeitas. Desta forma a sustentabilidade depende de um processo de transformação em que a exploração dos recursos, os investimentos, o desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional se alinham e se harmonizam de forma a reforçar o potencial presente e futuro a fim de atender às necessidades e aspirações humanas (AFONSO, 2006).

As décadas de 70 e 80 trouxeram consigo a preocupação de como e quanto as empresas deveriam responder sobre suas ações sociais. Foi quando iniciou-se o desenvolvimento e a consolidação da ética empresarial. A responsabilidade social das empresas surgiu a partir de práticas sociais e ambientais voluntárias das companhias, indo para além das suas responsabilidades juridicamente estabelecidas, além do fato de acompanhar o aumento da consciência social dos atores sociais (stakeholders) envolvidos com a empresa. O objetivo de tais práticas é o de maximizar os benefícios dos projetos, ao mesmo tempo em que minimizam seus impactos sociais e ambientais. Entenda-se por impactos sociais, neste contexto, aqueles que interferem direta ou indiretamente nos objetivos sociais, tais como desenvolvimento econômico, contribuições sociais e proteção ambiental (VILLAS BÔAS, 2011).

O mesmo autor destaca que, para haver Responsabilidade Social Empresarial (RSE), é necessário que o interesse dos *stakeholders*, direta e indiretamente ligados à empresa, sejam conciliadas e incorporadas a práticas de governança corporativa, tais como: transparência, ética, retornos sobre o capital, programas sociais e aplicação das normas trabalhistas, ambientais e outras que compõem o seu compromisso ético com a sociedade.

Do ponto de vista organizacional, segundo Almeida (2004 b), a gestão ambiental, ou a economia do meio ambiente, baseia-se nos custos da despoluição e na alocação destes custos, de acordo com o princípio do poluidor pagador. A partir deste princípio, a responsabilidade ambiental é tratada como um custo adicional, o custo da despoluição, que passa a compor o custo do produto final, comprometendo a competitividade da empresa. Porém esta visão unilateral do meio ambiente tem sido ultrapassada no meio empresarial que não mais analisa a gestão ambiental como um custo e passa a considerá-la como uma nova oportunidade de negócio.

### 3 METODOLOGIA



Esta pesquisa é exploratória, pois conforme Gil (2006) é aquela utilizada na busca de uma visão geral, uma aproximação do pesquisador com determinado fato. É utilizada quando o assunto escolhido é pouco explorado e, assim, dificulta a formulação de hipóteses precisas (GIL, 2006). Segundo Collis e Hussey (2005), o objetivo da pesquisa exploratória é procurar padrões, idéias ou hipóteses, em vez de testar e confirmar uma hipótese.

Para Vergara (2004, p. 47):

a investigação exploratória, que não deve ser confundida com leitura exploratória, é realizada em área na qual há pouco conhecimento acumulado e sistematizado. Por sua natureza de sondagem, não comporta hipóteses que, todavia, poderão surgir durante ou ao final da pesquisa.

O desenvolvimento da pesquisa exploratória se dá através de levantamento bibliográfico e documental, entrevistas não padronizadas e estudos de caso (GIL, 2006).

Realizou-se uma pesquisa exploratória verificando o tema proposto em livros, artigos, revistas e sites especializados, classificando os impactos da construção civil sobre o meio ambiente e identificando as práticas e alternativas sustentáveis na construção civil, bem como a utilização da cinza da casca do arroz como substituto do cimento Portland.

Esta pesquisa caracteriza-se como um levantamento teórico, no qual haverá uma segunda etapa, onde pretende-se aplicar uma entrevista semiestruturada ao professor da Universidade Federal de Santa Maria, Antônio Luiz Guerra Gastaldini, orientador da pesquisa sobre a utilização da CCA na produção do concreto que serviu como referência fundamental para este trabalho. Ao final pretende-se transcrever e analisar a entrevista sob uma ótica qualitativa, com o objetivos de identificar a viabilidade técnica da implantação da CCA na produção do concreto. Por conseguinte, será verificada a viabilidade financeira da implantação da CCA através de uma análise quantitativa baseada em orçamentos que contemplem o modelo tradicional de produção e aquele proposto na presente pesquisa. Cabe ressaltar que este estudo é parte de um projeto mais amplo que resultará na elaboração de um trabalho final de graduação que será realizado durante o segundo semestre do ano de 2012.

## **4 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS**

Neste capítulo é verificado o impacto da construção civil sobre o meio ambiente, as práticas e alternativas sustentáveis na construção civil, bem como os benefícios da cinza da casca do arroz (CCA) como substituto do cimento Portland.

### **4.1 A construção civil e seu impacto sobre o meio ambiente**

Paralelamente ao desenvolvimento tecnológico das indústrias e o aumento da população nos centros urbanos, ocorreu um aumento crescente na quantidade e diversidade de poluentes ambientais e um conseqüente comprometimento da qualidade ambiental. Com vistas a este problema foram desenvolvidos novos modelos de desenvolvimento, buscando a sustentabilidade através de alternativas de utilização dos recursos existentes, orientadas por uma racionalidade ambiental e preservação dos recursos naturais.

A indústria da construção civil é historicamente responsável por impactos ambientais, sociais e econômicos consideráveis, em razão da posição de destaque que ocupa na economia mundial e, em particular, brasileira. Apesar de sua importância, dadas características de alta empregabilidade, viabilização de moradias, renda e infraestrutura, a construção civil merece uma atenção especial para os impactos ambientais de suas práticas produtivas, principalmente no que se refere à destinação dada aos seus resíduos de produção. As políticas ambientais relacionadas ao tema devem focar o correto manuseio e uma possível reutilização ou redução, reciclagem e posterior disposição destes resíduos (popularmente conhecidos como entulhos de construção) (KARPINSKI et al., 2009).

Estes impactos são causados durante toda sua cadeia produtiva, desde a exploração de jazidas de pedras, areias, calcário, ferro, alumínio, além de um consumo voraz de madeira e água portátil, passando pela produção de materiais, principalmente os compostos de cimento, construção, uso e demolição. Ademais, os principais fornecedores da construção civil estão entre os maiores poluidores do meio ambiente, destacando-se as indústrias cimenteiras. A partir disto, pode-se concluir que não é possível a nenhuma sociedade atingir um elevado grau de desenvolvimento sustentável sem que a construção civil, que lhe dá suporte, passe por profundas transformações (PAIVA, 2004).

Somente para quantificar este impacto, a construção civil é responsável por 15 a 50% do consumo dos recursos naturais; seu consumo de agregados naturais varia de 01 e 08 toneladas/habitante por ano; só no Brasil, o uso de agregados naturais na produção do concreto chega a 220 milhões de toneladas; consome cerca de 2/3 de toda a madeira da madeira natural extraída. Além destes números, algumas matérias primas tradicionais da construção civil têm suas reservas mapeadas, como é o caso do cobre e o zinco, que têm reservas suficientes para apenas 60 anos. Sua cadeia produtiva também gera grandes quantidades de poluição, principalmente poeira e CO<sup>2</sup>. Para cada tonelada de clínquer produzido (principal matéria prima na produção do cimento), por exemplo, 600kg de CO<sup>2</sup> são gerados e despejados na atmosfera. Finalmente, a construção civil é o maior gerador de resíduos da sociedade, visto que o volume de entulhos gerados em seus processos é até duas vezes maior que o volume de lixo sólido urbano (PAIVA, 2004).

Neste sentido, torna-se cada vez mais necessária a participação de todos os interessados neste processo de transformação da construção civil, com enfoque em uma gestão ambiental sustentável e eficiente: a sociedade acompanhando mais intimamente seus processos produtivos e cobrando das autoridades uma fiscalização mais eficaz sobre as empresas do ramo; às autoridades competentes, cabe essa fiscalização, além do aprimoramento das leis que normatizam o setor de construção civil e a cobrança enérgica no cumprimento de tais normas; por fim, as empresas têm sob sua responsabilidade, ainda que apenas moral, a readequação de seus processos e a busca incessante por novas tecnologias e alternativas para sua cadeia produtiva, com o intuito de minimizar o impacto que seus processos causam ao meio ambiente como um todo (PAIVA, 2004).

## 4.2 Práticas e alternativas sustentáveis na construção civil

Um dos grandes vilões na cadeia produtiva da construção civil é o cimento, justamente o insumo mais utilizado no setor. Isto se deve basicamente ao processo produtivo desta matéria prima que, segundo Santi e Sevá Filho (2004), tem na queima intensa de combustíveis, nos fornos rotativos das fábricas de cimento, o seu principal processo. Ademais, existe no mercado uma diversificação e oferta cada vez maior de combustíveis básicos – os fósseis (derivados de carvão mineral e de petróleo), os resíduos industriais e os da biomassa (carvão vegetal e resíduos agrícolas), o que possibilita a combinação ou mistura de diversos destes combustíveis, resultando nos *blends* (do inglês, misturas) que são utilizados em cada plano de queima, de cada forno, para cada ciclo produtivo, diversificando, assim, a composição da emissão de gases e poeiras na atmosfera, bem como os tipos de contaminantes que podem ficar retidos no produto final.

O processo de produção do cimento, implantado na maioria das indústrias brasileiras, é conhecido como processo via seca e é constituído, basicamente, das seguintes etapas:

- Moagem e homogeneização das matérias primas: neste processo, são utilizados calcário (94%), argila (4%) e quantidades menores de ferro e alumínio (2%), com o objetivo de se criar a *farinha crua*;
- Obtenção do clínquer (produto intermediário de cor cinza que constitui a base

do cimento) através da quinquarização da farinha crua em fornos rotativos. Após isso, o clínquer aguarda por um período de resfriamento;

- Moagem do clínquer para posterior adição de gesso (sulfato de cálcio hidratado) para, finalmente, obter-se o cimento;
- Ensacamento e expedição do produto final (SANTI e SEVÁ FILHO, 2004).

Além deste processo, segundo o mesmo autor, a fabricação do cimento consome grandes quantidades de energia, seja na forma de calor (em seus fornos rotativos), seja no consumo de energia elétrica em todo processo industrial. Com base nestas informações, torna-se o cimento um importante foco de combate no setor de construção civil, uma vez que é de uso generalizado e em grandes volumes. Assim, a busca por materiais que possam substituí-lo, ainda que parcialmente, na produção do concreto é um primeiro passo para buscar minimizar seu impacto no meio ambiente.

Na presente pesquisa, será considerada a utilização da cinza da casca do arroz (CCA) em substituição parcial do agregado cimento Portland na composição de argamassa e do concreto para a fabricação de artefatos de concreto, sem prejuízos significativos para sua qualidade, principalmente no que tange a resistência à compressão do ensaio, resistência mecânica e o tempo de cura das peças, influências importantes para a produtividade na fabricação destes produtos.

#### 4.2.1 Cinza da casca do arroz (CCA)

A cinza da casca do arroz tem um grande potencial para uso no concreto, e por isso vários são os estudos que buscam aperfeiçoar os processos de queima visando a viabilidade de seu uso comercial em substituição parcial do cimento Portland (DAFICO, 2003).

No Brasil, como em muitos outros países, o arroz é um dos alimentos mais consumidos pela população, impondo o plantio deste cereal como uma das principais culturas agrícolas. Nosso país é um dos principais produtores mundiais de arroz, sendo que o estado do Rio Grande do Sul é responsável por, aproximadamente, 59% da produção nacional (PEDROZO, 2008).

A casca é o primeiro subproduto oriundo do beneficiamento deste grão, numa razão de aproximadamente 200gr por quilograma de arroz, em casca. Em função de seu alto poder calorífico, este primeiro resíduo é largamente utilizado como fonte de energia, na maioria das vezes pelas próprias empresas beneficiadoras que as queimam para a secagem ou parbolização dos grãos. Quando queimada em temperatura controlada (entre 500°C e 700°C) a CCA obtém teor de sílica ( $\text{SiO}_2$ ) altamente reativa, um dos principais componente do cimento. Após a queima da casca, com ou sem controle de temperatura, a quantidade de cinza da casca do arroz (CCA) gerada, gira em torno de 20%, em massa, e o teor de sílica presente neste resíduo é elevado, variando entre 87% a 97% em sua composição. Este alto teor de sílica presente na cinza da casca do arroz proporciona a este resíduo, devido à sua alta reatividade, diversas aplicações na construção civil, dentre elas a utilização como agregado na produção do concreto, em substituição parcial ao cimento Portland (PEDROZO, 2008).

De acordo com Dafico (2003, p. 03):

como material adicionado conjuntamente ao cimento Portland, muitas propriedades únicas apresentadas pela cinza de casca de arroz têm sido reportadas por diversos pesquisadores. Com o concreto fresco, adições de misturas pozolânicas, tais como a CCA, têm a capacidade de reduzir a segregação e a exudação, e isto acarreta em grande melhoria da trabalhabilidade. Exceto a cinza de casca de arroz, nenhum outro material pozolânico, incluindo-se a sílica ativa, tem a habilidade de contribuir para o aumento na resistência mecânica do concreto em baixas idades, como 1 e 3 dias.

Além disto, o mesmo autor destaca que, apesar de ser possível substituir mais de 70% do cimento Portland por CCA, basta uma substituição entre 10% e 20% para que o concreto



se beneficie com um aumento da resistência mecânica e uma grande diminuição da permeabilidade frente aos agentes agressivos (cloretos, sulfatos, CO<sup>2</sup>, etc.), sem que isto comprometa a qualidade do material.

A obtenção da CCA, em grande maioria, se dá através do resgate do resíduo acumulado no processo de secagem dos grãos nas indústrias beneficiadoras de arroz. Entretanto, ao contrário do processo de queima controlada, a cinza oriunda do processo sem controle de temperatura apresenta características bastante variadas, dentre elas a sílica em formas cristalinas, quem não possui a mesma reatividade da sílica em estado vítreo, obtida através do processo de queima controlada. Contudo, as pesquisas brasileiras sobre a utilização da CCA sem a queima controlada têm obtido bons resultados, mesmo no caso de cinzas contendo picos cristalinos de sílica (PEDROZO, 2008).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao passo que consome recursos, a área de construção civil é uma rica fonte de resíduos com potencial de reciclagem e reaproveitamento, o que proporciona uma grande oportunidade às empresas do ramo de readequarem seus processos de forma que possam incorporar resíduos na fabricação de seus produtos. Ademais, diversas pesquisas apresentam alternativas de materiais que, após processados, podem substituir parcialmente areia e, principalmente, o cimento na composição do concreto.

Contudo, a presente pesquisa teve como foco de realizar um estudo teórico sobre os impactos da construção civil sobre o meio ambiente e os benefícios da utilização da casca do arroz na produção do concreto. Assim, verificou-se que os impactos são causados durante toda sua cadeia produtiva, na qual a construção civil é responsável por 15 a 50% do consumo dos recursos naturais. Verificou-se que só no Brasil, o uso de agregados naturais na produção do concreto chega a 220 milhões de toneladas. Por isso, a construção civil é o maior gerador de resíduos da sociedade, já que gera um grande volume de entulhos em seus processos.

Quanto ao concreto, verificou-se que o mesmo é um dos grandes vilões na cadeia produtiva da construção civil, pois consome grandes quantidades de energia. Assim, diversos estudos citam diferentes materiais que possam substituir o cimento, ainda que parcialmente, na produção do concreto. Este estudo salientou a utilização da cinza da casca do arroz como um dos substitutos do cimento Portland, já que este subproduto da cadeia de beneficiamento do arroz se dá através do resgate do resíduo acumulado no processo de secagem dos grãos e pode substituir mais de 70% do cimento Portland, sem haver comprometimento de qualidade.

Neste sentido, torna-se relevante a busca por novas práticas de cunho sustentável para as indústrias, em especial aquelas que se utilizam do cimento na composição de seus produtos, pois é um dos grandes responsáveis pela degradação dos recursos naturais e energéticos ainda disponíveis, além da necessidade de combater e prevenir possíveis danos irreversíveis ao meio ambiente e, por fim, agregar ao produto final uma característica ainda pouco presente nos artefatos de concreto, o da sustentabilidade. Assim, ressalta-se que este estudo é parte de um projeto mais amplo que resultará na elaboração de um trabalho final de graduação que será realizado durante o segundo semestre do ano de 2012. E, sugere-se que sejam feitas pesquisas empíricas sobre os diferentes resíduos substitutos para a construção civil.

## REFERÊNCIAS

- AFONSO, C. M. **Sustentabilidade: caminho ou utopia?** São Paulo: Annablume, 2006.  
ALMEIDA, J. R. de. **Gestão ambiental para o desenvolvimento sustentável.** Rio de Janeiro: Thex Ed., 2006.

- \_\_\_\_\_. **Gestão ambiental: planejamento, avaliação, implantação, operação e verificação.** 3. ed. Rio de Janeiro: Thex Ed., 2004 a.
- \_\_\_\_\_. **Política e planejamento ambiental.** 3. ed. Rio de Janeiro: Thex Ed., 2004 b.
- BALARINE, O. F. O. **Tópicos de matemática financeira e engenharia econômica.** Porto Alegre: EDIPUCRS, 2004. Disponível em: <<http://books.google.com.br/books?id=Fc4N6lD5pcoC&pg=PA27&dq=payback+simples&hl=pt-BR&sa=X&ei=QReDT8fKF4TMtgeJ8fC9Bg&ved=0CDUQ6AEwAQ#v=onepage&q=payback%20simples&f=false>>. Acesso em 07 abr. 2012. 21:52:00.
- COLLIS, J.; HUSSEY, R. **Pesquisa em administração: um guia prático para alunos de graduação e pós-graduação.** Tradução: Lúcia Simonini, 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- COSTA, G. J. C. **Iluminação econômica: cálculo e avaliação.** 4. ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2006.
- DAFICO, D. A. **Método de produção de cinza de casca de arroz para utilização em concretos de alto desempenho.** Disponível em: [http://www2.ucg.br/nupenge/pdf/Dario\\_Resumo.pdf](http://www2.ucg.br/nupenge/pdf/Dario_Resumo.pdf). Acesso em 25 mai. 2012.
- FERREIRA, R. G. **Engenharia econômica e avaliação de projetos de investimento: critérios de avaliação: financiamentos e benefícios fiscais: análise de sensibilidade e risco.** São Paulo: Atlas, 2009.
- JOSÉ FILHO, M.; LEHFELD, N. A. de S. **Prática de pesquisa.** Franca: Unesp, 2004. GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 5. ed. São Paulo: Atlas, 2006.
- \_\_\_\_\_. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- HIRSCHFELD, H. **Engenharia econômica e análise de custos: aplicações práticas para economistas, engenheiros, analistas de investimentos e administradores.** 7. ed. São Paulo: Atlas, 2000.
- KARPINSKI, L. A.; PANDOLFO, A.; REINEHR, R.; GUIMARÃES, PANDOLFO, F.; J.; KUREK, J.; ROJAS, J. W. J. **Gestão diferenciada de resíduos da construção: uma abordagem ambiental.** (S.l.): Porto Alegre: Edipucrs, 2009. Disponível em <<http://books.google.com.br/books?id=ZsfTRBAJr1YC&pg=PA20&dq=impacto+ambiental+constru%C3%A7%C3%A3o+civil&hl=pt-BR&sa=X&ei=xEp7T7XSMYrogQfayGZAw&ved=0CEkQ6AEwAA#v=onepage&q=impacto%20ambiental%20constru%C3%A7%C3%A3o%20civil&f=false>>. Acesso em 03 abr. 2012.
- LIMA NETO, D. **Formulação de projetos para o setor privado: implantando e alinhando projetos em sua empresa.** Distrito Federa: POSEAD, 2010. Disponível em <http://www.bookess.com/read/2486-formulacao-de-projetos-para-o-setor-privado/>. Acesso em 25 mai. 2012, 19:32:00.
- LOURES, R. C. da R.. **Sustentabilidade XXI: Educar e inovar sob uma nova consciência.** São Paulo: Editora Gente, 2009.
- PÁDUA, E. M. M. de. **Metodologia da pesquisa: abordagem teórico-prática.** 6. ed. Campinas: Papirus, 2000.
- PAIVA, P. A. de. **A reciclagem na construção civil: como economia de custos.** São Paulo: FEA-RP/USP, 2004. Disponível em: <[http://legacy.unifacel.com.br/rea/edicao06/ed06\\_art01.pdf](http://legacy.unifacel.com.br/rea/edicao06/ed06_art01.pdf)>. Acesso em 25 mar. 2012.
- PEDROZO, É. C. Estudo da utilização de cinza da casca do arroz residual em concretos estruturais: uma análise da durabilidade aos cloretos. **Dissertação – Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria,** 2008. Disponível em: <<http://w3.ufsm.br/gepecon/diss/ee51f064b7527c2c1cc44161d69c423a.pdf>>. Acesso em 29 fev. 2012, 10:25:00.

RECENA, F. A. P. **Dosagem e controle da qualidade de concretos convencionais de cimentos Portland.** Porto Alegre: EDPUCRS, 2011. Disponível em:

<http://books.google.com.br/books?id=IMcGDikhWXAC&pg=PA31&dq=resist%C3%Aancia+%C3%A0+compress%C3%A3o&hl=pt-BR&sa=X&ei=ptyCT8SkHcnMtgfk5fG1Bg&ved=0CD0Q6AEwAA#v=onepage&q=resist%C3%Aancia%20%C3%A0%20compress%C3%A3o&f=false>>. Acesso em 08 abr. 2012.

. **Conhecendo argamassa.** Porto Alegre: EDPUCRS, 2011. Disponível em:

[http://books.google.com.br/books?id=dTkUrSSSgakC&pg=PA56&dq=resist%C3%Aancia+mec%C3%A2nica&hl=pt-BR&sa=X&ei=DuuCT\\_m8MY2k8gS-g4TFBw&ved=0CesQ6AEwAA#v=onepage&q=resist%C3%Aancia%20mec%C3%A2nica&f=false](http://books.google.com.br/books?id=dTkUrSSSgakC&pg=PA56&dq=resist%C3%Aancia+mec%C3%A2nica&hl=pt-BR&sa=X&ei=DuuCT_m8MY2k8gS-g4TFBw&ved=0CesQ6AEwAA#v=onepage&q=resist%C3%Aancia%20mec%C3%A2nica&f=false)>. Acesso em 08 abr. 2012.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos.** São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

SANTI, A. M. M.; SEVÁ FILHO, A. O. **Combustíveis e riscos ambientais na fabricação de cimento.** Artigo apresentado no II Encontro Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade – ANPPAS: Campinas/SP, 2004. Disponível em: [http://www.fem.unicamp.br/~seva/anppas04\\_SantiSeva\\_cimento\\_RMBH.pdf](http://www.fem.unicamp.br/~seva/anppas04_SantiSeva_cimento_RMBH.pdf)>. Acesso em 26 mar. 2012.

VAN BELLEN, H. M. **Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa.** Rio de Janeiro: Editora FGV, 2005.

VEIGA, J. E. da. **Desenvolvimento sustentável: o desafio do século XXI.** 3. ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2008.

VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração.** 5. ed. São Paulo, Atlas, 2004.

VILLAS BÔAS, H. C. **A indústria extrativa mineral e a transição para o desenvolvimento sustentável.** Rio de Janeiro: CETEM/MCT/CNPq, 2011.