



*Conferência Brasileira sobre Materiais e Tecnologias  
não-convencionais na Construção Ecológica e Sustentável.  
BRASIL NOCMAT 2006 - Salvador, BA*

*Salvador, BA - Brasil, 29 de outubro a 01 de novembro de 2006*

## **AVALIAÇÃO DOS RESÍDUOS CASCA E CINZA DA CASCA DE ARROZ ATRAVÉS DO TIPO DE MISTURAS - PASTA E COMPÓSITO**

Zucco, L.L., MSc.

Professor, UFRuralRJ-CTUR, Doutorando, Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Unicamp, Brasil, [llzucco@yahoo.com.br](mailto:llzucco@yahoo.com.br)

Beraldo, A.L., Dr.

Professor Associado, Faculdade de Engenharia Agrícola, Unicamp, Brasil, [beraldo@agr.unicamp.br](mailto:beraldo@agr.unicamp.br)

### **RESUMO**

A avaliação da matéria-prima empregada na confecção de misturas para compósitos à base de cimento é uma necessidade, na medida em que prenuncia a adequada aplicação do material. O conhecimento do comportamento dos componentes possibilita a otimização de misturas do tipo compósito, de modo a valorizar as características benéficas dos componentes que, de outra forma, poderiam ser desqualificados ou sub-avaliados. A comparação entre os resultados das avaliações referentes aos ensaios químico-mecânicos de misturas tipo pasta e compósitos evidenciou a importância do emprego de tais misturas na avaliação dos componentes das misturas, possibilitando evidenciar características benéficas que de outra forma poderiam não ser detectadas. Misturas tipo pasta não invalidam a avaliação de misturas tipo compósito, mas agregam conhecimento indispensável sobre o comportamento da matéria-prima.

**PALAVRAS CHAVE:** casca de arroz, cinza de casca de arroz, cimento, pasta, compósito.

### **EVALUATION OF THE RESIDUES RICE HUSK AND RICE HUSK ASH THROUGH TYPE OF MIXTURES - PASTE AND COMPOSITE**

### **ABSTRACT**

The evaluation of raw material employed in the production of mixtures for composites to the cement based materials is a necessity, in the measure which pronounce the proper application of the material. The knowledge of the components behavior become possible the optimization

of mixtures of the composites type, in order to validate the beneficial characteristics of the components that on the other hand would be disqualified or underestimate the material. The comparison among the evaluation of the chemical and mechanical results of the specimens (paste and composites) showed the importance of the use of a paste type mixture, for higher sensitivity of the mixture compounds evaluated which they could not be detected in a conventional test. Mixtures in paste type do not invalidate the evaluation of composites mixtures type, but they included an indispensable knowledge of the behavior of the raw material.

KEY WORDS: rice husk, rice husk ash, cement, paste, composites.

## INTRODUÇÃO

O alto custo ambiental derivado do descarte inadequado de resíduos agroindustriais imprime a necessidade de seu aproveitamento como forma de minimizar seu impacto no meio ambiente. Dentre as inúmeras possibilidades, aquelas voltadas para uso local devem ser priorizadas, como forma de viabilizar seu emprego, além de promover soluções para outros problemas, relacionados de forma direta ou indireta com o meio ambiente. Neste cenário, os resíduos do beneficiamento da casca de arroz, assim como a cinza produzida durante sua queima podem ser empregados como matérias-primas para a obtenção de materiais de construção, principalmente para atender necessidades rurais, tendo-se por justificativa o fato de que o mesmo produtor da casca poderia também ser o da cinza. O objetivo deste trabalho é o de apresentar uma comparação entre resultados de avaliações de matérias-primas, empregando-se misturas tipo pasta (alta dosagem do aglomerante) e misturas tipo compósitos (baixa dosagem do aglomerante), utilizando-se de métodos de avaliação química relacionados à evolução do processo de hidratação e métodos de avaliação mecânica, através dos ensaios de compressão axial, de tração por compressão diametral e de ultra-som. Avaliando-se a potencialidade de combinação destes materiais, procurou-se demonstrar a importância de cada método na correta avaliação das misturas, cujo emprego final foi a produção de placas prensadas de compósito cimento-cinza-casca de arroz.

## MATERIAL E MÉTODOS

Para a execução da presente pesquisa foram utilizados os seguintes materiais: **cinza** da casca de arroz, doada pela empresa Urbano Agroindustrial, da cidade de Jaraguá do Sul – SC, moída em moinho de martelos, tendo-se empregado a fração passante em peneira de malha quadrada de 0,15 mm (ABNT #100); **casca** de arroz, proveniente de usina beneficiadora de arroz da cidade de Itu-SP; cimento Portland CP-V-ARI RS, da marca Votoran; acelerador de pega cloreto de cálcio (3% em relação à massa de cimento); água deionizada (50% em relação à massa de cimento). Para a obtenção dos corpos-de-prova, empregou-se um dispositivo denominado Unidade Termo-Sônica (UTS) como molde. As misturas avaliadas estão apresentadas nas **Tabela 1** e **Tabela 2**.

Tabela 1. Traços das **pastas** testadas (cimento:cinza:casca; água/cimento = 0,5)

Tratamento	Traço	Tratamento	Traço	Tratamento	Traço
10 mm - 0%	1 : 0,0 : 0,075	5 mm - 0%	1 : 0,0 : 0,075	10+5 mm - 0%	1 : 0,0 : 0,075
10 mm - 20%	1 : 0,20 : 0,075	5 mm - 20%	1 : 0,20 : 0,075	10+5 mm - 20%	1 : 0,20 : 0,075
10 mm - 35%	1 : 0,35 : 0,075	5 mm - 35%	1 : 0,35 : 0,075	10+5 mm - 35%	1 : 0,35 : 0,075

Tabela 2. Traços dos **compósitos** testados (cimento:cinza:casca; água/cimento = 0,5)

Tratamento	Traço	Tratamento	Traço	Tratamento	Traço
10 mm - 0%	1 : 0,0 : 0,35	5 mm - 0%	1 : 0,0 : 0,42	10+5 mm - 0%	1 : 0,0 : 0,39
10 mm - 20%	1 : 0,20 : 0,35	5 mm - 20%	1 : 0,20 : 0,42	10+5 mm - 20%	1 : 0,20 : 0,39
10 mm - 35%	1 : 0,35 : 0,35	5 mm - 35%	1 : 0,35 : 0,42	10+5 mm - 35%	1 : 0,35 : 0,39

Na execução das misturas, a seqüência de colocação dos materiais no interior da cuba do misturador foi: Acelerador de pega; água deionizada, seguida de agitação para solubilização do acelerador; casca de arroz (5 mm; 10+5 mm ou 10 mm) em acordo com o tratamento, seguida de agitação para homogeneização da mistura; cinza da casca de arroz (moída e passante em peneira 0,149 mm – ABNT # 100), em percentual de acordo com o tratamento,



FIGURA 1: UTS e SENSORES (A); DESMOLDAGEM DO CILINDRO DE MISTURA (B); DETALHE DO SISTEMA DE ACOPLAMENTO DO SENSOR DE ULTRA-SOM NA EXTREMIDADE DA UTS.

No caso das misturas tipo compósito, além do processo vibratório, efetuou-se uma compactação manual (5 camadas; 3 golpes por camada, empregando haste de madeira de 1,20 m de comprimento, 22 mm de diâmetro e extremidade semi-esférica). A evolução do calor de hidratação das pastas (medido através da evolução da temperatura do processo) e o tempo de propagação da onda ultra-sônica através do meio (pastas ou compósitos) foram registrados em intervalos de 5 minutos durante as primeiras 24 horas. Com base no tempo decorrido após a mistura do cimento com a água (24 horas), realizava-se a demoldagem do material acondicionado no interior da UTS, obtendo-se um cilindro da mistura (Figura 1). Medidas diárias da massa e do tempo de propagação da onda ultra-sônica foram realizadas para cada cilindro, tendo-se promovido a cura em câmara úmida até a data do ensaio. Aos 28 dias de idade, após as medidas diárias, numeravam-se os cilindros (Figura 2), sendo posteriormente seccionado para a obtenção dos corpos-de-prova (100 mm de altura e 50 mm de diâmetro).



FIGURA 2: CILINDROS DE MISTURA: 10 mm-20% e 10 mm-0%: DELIMITAÇÃO DOS CORTES

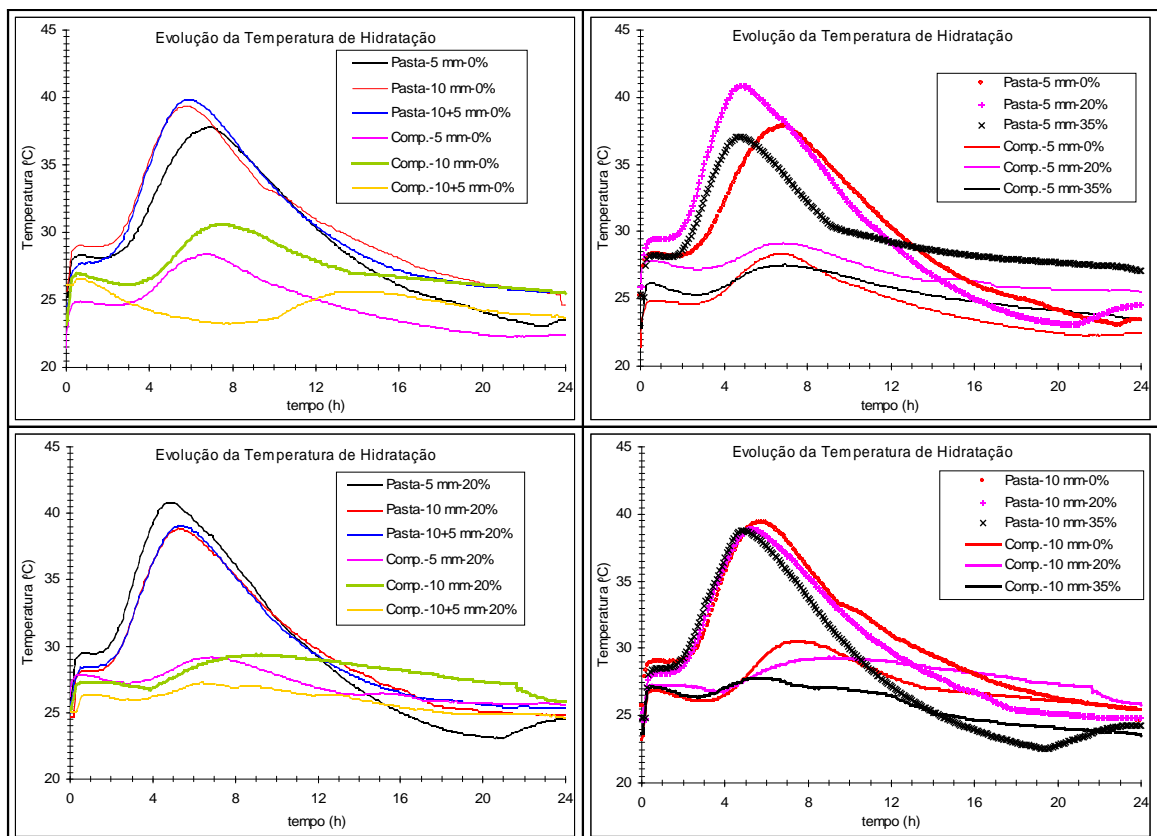
Determinou-se, para cada corpo-de-prova, suas dimensões (comprimento, altura, diâmetros), massa e o tempo de propagação da onda ultra-sônica. Os corpos-de-prova cilíndricos de numeração par (2, 4, 6 e 8) foram ensaiados à compressão axial simples. Os de numeração ímpar (1, 3, 5 e 7) foram ensaiados à tração por compressão diametral (Método Lobo Carneiro ou **Brazilian Test**). A Figura 3 apresenta exemplos de comportamento dos tipos de mistura testados, para os referidos métodos de ensaio.



FIGURA 3: CORPOS-DE-PROVA DE PASTA (A) E DE COMPÓSITO (B), APÓS OS ENSAIOS DE COMPRESSÃO AXIAL E DE TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMERAL (**Brazilian Test**).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação dos resultados e a análise estatística foram efetuadas com o auxílio do software *Statgraphics Plus*, empregando-se o teste de Tukey, para a comparação entre médias, com um nível de confiança de 95%. A avaliação do comportamento químico de cada mistura (pastas e compósitos) baseou-se na evolução da temperatura de hidratação (Figura 4), das quais obtiveram-se os parâmetros apresentados na **Tabela 3**.



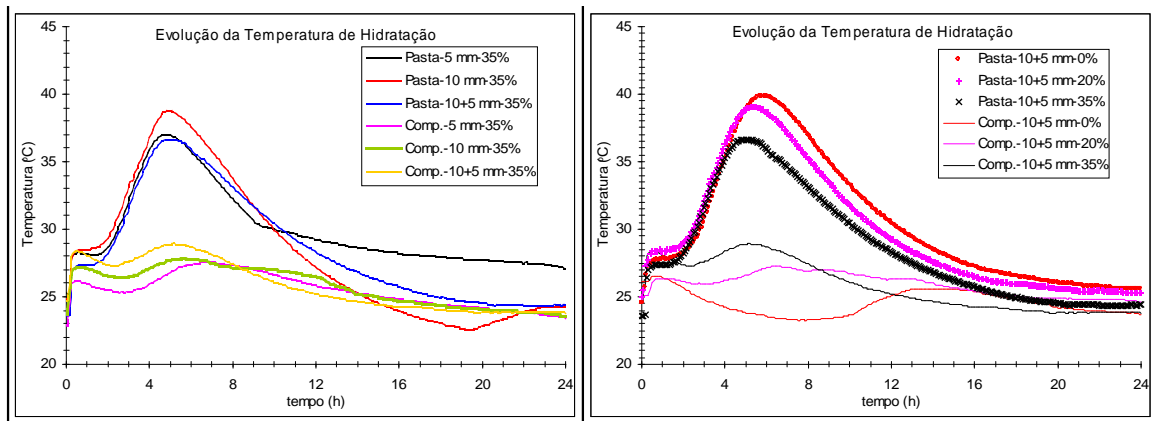


FIGURA 4: GRÁFICOS DO COMPORTAMENTO QUÍMICO: PASTAS E COMPÓSITOS.

Verifica-se graficamente que, em geral, as misturas do tipo pasta apresentam uma uniformidade no seu comportamento químico, relativo à curva de evolução da temperatura de hidratação do cimento, quando comparadas às misturas do tipo compósito, podendo se atribuir tal diferença à menor quantidade de casca empregada nas misturas. Com a elevação dos teores de casca, para a obtenção dos compósitos, o comportamento químico passa a apresentar variabilidades em função da maior ou menor interação cimento-casca-cinza. O resultado das avaliações estatísticas dos parâmetros químicos é apresentado na Tabela 3. Destaca-se que o percentual de adição de casca nas pastas é de 7,5% em relação à massa de cimento, ao passo que nos compósitos, os percentuais de adição de casca foram respectivamente de 42%, 39% e de 35%, para os materiais definidos como 5 mm, 10+5 mm e 10 mm.

Tabela 3: PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO QUÍMICA – ANÁLISE ESTATÍSTICA SIMPLIFICADA (TUKEY, 95%)

		Área		Inclinação Máxima		Ponto de In. Máxima		tempo p/ T. Máxima		T. Máxima		Umidade (%)	
		Pasta	Compósito	Pasta	Compósito	Pasta	Compósito	Pasta	Compósito	Pasta	Compósito	Pasta	Compósito
Casca	5 mm	X		X		X		X		X		X	
	10+5 mm	X		X		X		X		X		X	
	10 mm	X		X		X		X		X		X	
Cinza	0%	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	20%	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	35%	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Pasta X Compósito		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		Início Pega_tempo		Início Pega_Temper.		Início Pega_Vel_US		Fim Pega_tempo		Fim Pega_Temper.		Fim Pega_Vel_US	
		Pasta	Compósito	Pasta	Compósito	Pasta	Compósito	Pasta	Compósito	Pasta	Compósito	Pasta	Compósito
Casca	5 mm	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	10+5 mm	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	10 mm	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Cinza	0%	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	20%	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	35%	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Pasta X Compósito		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

**CASCA OU CINZA:** “X” EM UMA MESMA COLUNA FORMAM GRUPO DE MÉDIAS QUE NÃO DIFEREM ESTATÍSTICAMENTE ENTRE SÍ. **PASTA X COMPÓSITO:** “X” EM UMA MESMA LINHA FORMAM GRUPO DE MÉDIAS QUE NÃO DIFEREM ESTATÍSTICAMENTE ENTRE SÍ

Com base nos dados apresentados na **Tabela 3** verifica-se que, no caso das misturas tipo pasta, a adição de **casca** não afetou diretamente os parâmetros térmicos (área sob a curva, inclinação máxima, ponto de inclinação máxima, temperatura máxima), sendo que em misturas com maior presença de partículas de menor dimensão (material 5 mm), houve um aumento nos parâmetros “tempo”, relativos ao início da pega, ao fim da pega e, para atingir a temperatura máxima, atribuindo-se este fato à influência de extrativos ainda presentes na casca, indicando a possibilidade de aperfeiçoamento do processo de tratamento da casca. No caso das misturas tipo compósito verifica-se que a adição de casca com menor quantidade de finos (10 mm) apresenta os melhores resultados, exceto para os parâmetros “tempo”, relativos

ao início da pega, ao fim da pega e, para atingir a temperatura máxima. Avaliando-se o efeito da adição de **cinza** nas misturas tipo pasta, verifica-se que sua adição em percentual elevado (35% de adição) promoveu uma redução nos parâmetros “tempo”, relativos ao início da pega, fim da pega e para atingir a temperatura máxima, além de redução nos parâmetros Área e Temperatura no Início da Pega. No caso das misturas tipo compósito verifica-se que a adição de cinza em percentual elevado (35% de adição) promoveu redução nos parâmetros Inclinação Máxima, no Ponto de Inclinação Máxima e, nos parâmetros “tempo”, relativos ao início da pega, fim da pega e na temperatura atingida no fim da Pega. Empregando-se a avaliação química como forma de destacar a contribuição de cada um dos materiais empregados nas misturas torna-se possível evidenciar problemas de compatibilidade destes materiais com o cimento. As pastas apresentam um comportamento muito mais apropriado para destacar esta contribuição por apresentarem maior uniformidade nos parâmetros de avaliação, tendo em vista o fato da casca empregada (LSC – Lavada em Solução de Cal) já apresentar reduzida influência nas reações de evolução da temperatura de hidratação. No caso dos compósitos, a percepção da influência de cada um dos materiais pode não ser bem interpretada ou mesmo, definida, pelo emprego dos altos teores de casca ou da cinza, ficando evidente o comportamento final da mistura, resultante da interação dos materiais cimento-casca-cinza. Considera-se que ambos os procedimentos se complementam, quando em avaliações do comportamento químico da matéria-prima a ser empregada, o que abre a possibilidade para novas avaliações, com o emprego de dosagens superiores às atuais, para os materiais empregados nas misturas. Como as avaliações químicas estão associadas à evolução do processo de hidratação, são limitadas a um curto período de tempo, geralmente de 24 horas, de modo que as conclusões obtidas referem-se apropriadamente a maior ou menor compatibilidade química dos materiais empregados nas misturas com o cimento. Os reflexos desta maior ou menor compatibilidade serão evidenciados através dos ensaios mecânicos, após um período mínimo de 28 dias, tempo este necessário para que a maior parte das reações de hidratação se consolide, assim como o efeito da adição de material reativo (sílica) presente em maior ou menor quantidade na cinza da casca de arroz. Destaca-se no presente caso que o elevado teor de carbono presente na cinza promoveu melhorias na compatibilidade química, evidenciada através de curvas de evolução do calor de hidratação (ZUCCO e BERALDO, 2005). Na **Tabela 4** são apresentados os resultados das avaliações estatísticas dos parâmetros mecânicos avaliados, empregando-se o teste de Tukey na comparação entre médias a um nível de confiança de 95% (Tukey, 95%).

Tabela 4: PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO MECÂNICA – ANÁLISE ESTATÍSTICA SIMPLIFICADA (TUKEY, 95%)

		Vel. US Diametral		Tensão Diametral		MEAp Diametral		MOEd Diametral	
		Pasta	Compósito	Pasta	Compósito	Pasta	Compósito	Pasta	Compósito
Casca	5 mm	X	X	X	X	X	X	X	X
	10+5 mm	X	X	X	X	X	X	X	X
	10 mm	X	X	X	X	X	X	X	X
Cinza	0%	X	X	X	X	X	X	X	X
	20%	X	X	X	X	X	X	X	X
	35%	X	X	X	X	X	X	X	X
Pasta X Compósito		X	X	X	X	X	X	X	X

		Vel. US Axial		Tensão Axial		MEAp Axial		MOEd Axial	
		Pasta	Compósito	Pasta	Compósito	Pasta	Compósito	Pasta	Compósito
Casca	5 mm	X	X	X	X	X	X	X	X
	10+5 mm	X	X	X	X	X	X	X	X
	10 mm	X	X	X	X	X	X	X	X
Cinza	0%	X	X	X	X	X	X	X	X
	20%	X	X	X	X	X	X	X	X
	35%	X	X	X	X	X	X	X	X
Pasta X Compósito		X	X	X	X	X	X	X	X

**CASCA OU CINZA:** “X” EM UMA MESMA **COLUNA** FORMAM GRUPO DE MÉDIAS QUE NÃO DIFEREM ESTATÍSTICAMENTE ENTRE SÍ. **PASTA X COMPÓSITO:** “X” EM UMA MESMA **LINHA** FORMAM GRUPO DE MÉDIAS QUE NÃO DIFEREM ESTATÍSTICAMENTE ENTRE SÍ

O comportamento mecânico das misturas foi avaliado com base nos corpos-de-prova extraídos dos cilindros de mistura (Figura 2), sendo que cada corpo-de-prova foi avaliado por método não destrutivo (END - Ultra-som) e por método destrutivo (ensaio de compressão). É importante destacar que o percentual de casca empregado nas pastas é de 7,5% em relação à massa de cimento, ao passo que nos compósitos foram, respectivamente, de 42%, 39% e de 36%, para os materiais definidos como 5 mm, 10+5 mm e 10 mm. Avaliando-se o comportamento mecânico das pastas verifica-se que no caso dos corpos-de-prova ensaiados em compressão diametral (parâmetro: **Tensão Diametral**) não há diferença estatística significativa entre os três tipos de casca empregados (Figura 5), de modo que a dimensão ou mesmo a distribuição em tamanho das partículas pouco influenciou no desempenho mecânico das misturas.

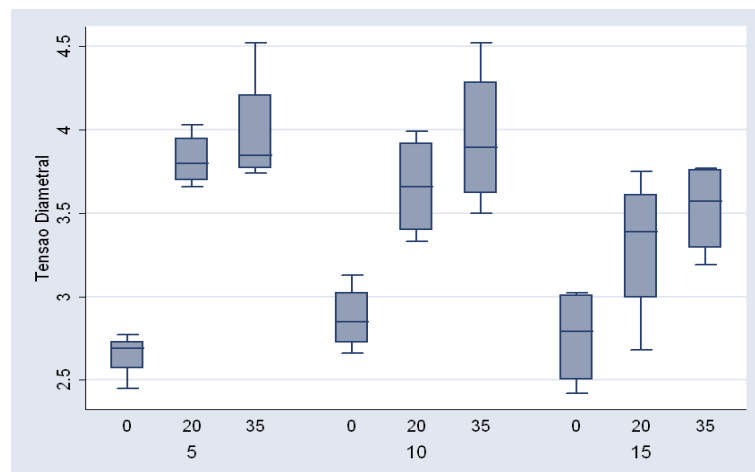


FIGURA 5: PASTAS: TENSÃO DIAMETRAL: GRÁFICO DE CAIXAS - NÍVEIS DE CINZA DENTRO DO TIPO DE CASCA (5 = 5 mm; 10 = 10 mm e 15 = 10+5 mm).  
 FONTE: ANA PAULA ROCHA DOS SANTOS E RAFAEL PIMENTEL MAIA

Avaliando-se os demais parâmetros, associados aos corpos-de-prova ensaiados em compressão diametral - velocidade de propagação da onda ultra-sônica (**Vel\_US\_Diametral**), massa específica aparente (**MEAp\_Diametral**) e módulo de elasticidade dinâmico (**MOEd\_Diametral**), verifica-se que o material 5 mm apresenta comportamento mecânico superior, diferindo significativamente dos demais, podendo se atribuir tal fato à melhor distribuição das partículas da casca na pasta de cimento, com uma reduzida formação de espaços vazios e maior quantidade de macroporos, atribuídos ao formato da casca definida como 10 mm. Avaliando-se o efeito das adições de cinza no comportamento mecânico das pastas verifica-se que teores de 20% e de 35% promoveram melhorias significativas no seu comportamento (Figura 5), sendo superiores ao comportamento das pastas sem adição de cinza. No caso dos corpos-de-prova ensaiados à compressão Axial (parâmetro: **Tensão Axial**) verifica-se que o material 5 mm apresenta comportamento mecânico superior, diferindo significativamente dos demais, fato este atribuído à reduzida formação de espaços vazios. Avaliando-se os demais parâmetros associados aos corpos-de-prova ensaiados em compressão Axial - velocidade de propagação da onda ultra-sônica (**Vel\_US\_Axial**), massa específica aparente (**MEAp\_Axial**) e módulo de elasticidade dinâmico (**MOEd\_Axial**), verifica-se que o material 5 mm apresenta comportamento mecânico superior, diferindo significativamente dos demais. A Figura 6 apresenta gráficos do comportamento mecânico das pastas e dos compósitos, onde se destacam os parâmetros Tensão (Diametral e Axial), Velocidade de propagação da onda Ultra-sônica (Diametral e Axial) e Massa Específica Aparente (Diametral e Axial), em conjunto com o consumo de cimento. Avaliando-se o comportamento mecânico dos compósitos verifica-se que no caso dos corpos-de-prova ensaiados em compressão

diametral (parâmetro: **Tensão Diametral**) não há diferença estatística significativa entre os três tipos de casca empregados (5mm, 10+5 mm e 10 mm), de modo que a dimensão ou mesmo a distribuição em tamanho das partículas pouco influenciou no desempenho mecânico das misturas dos compósitos.

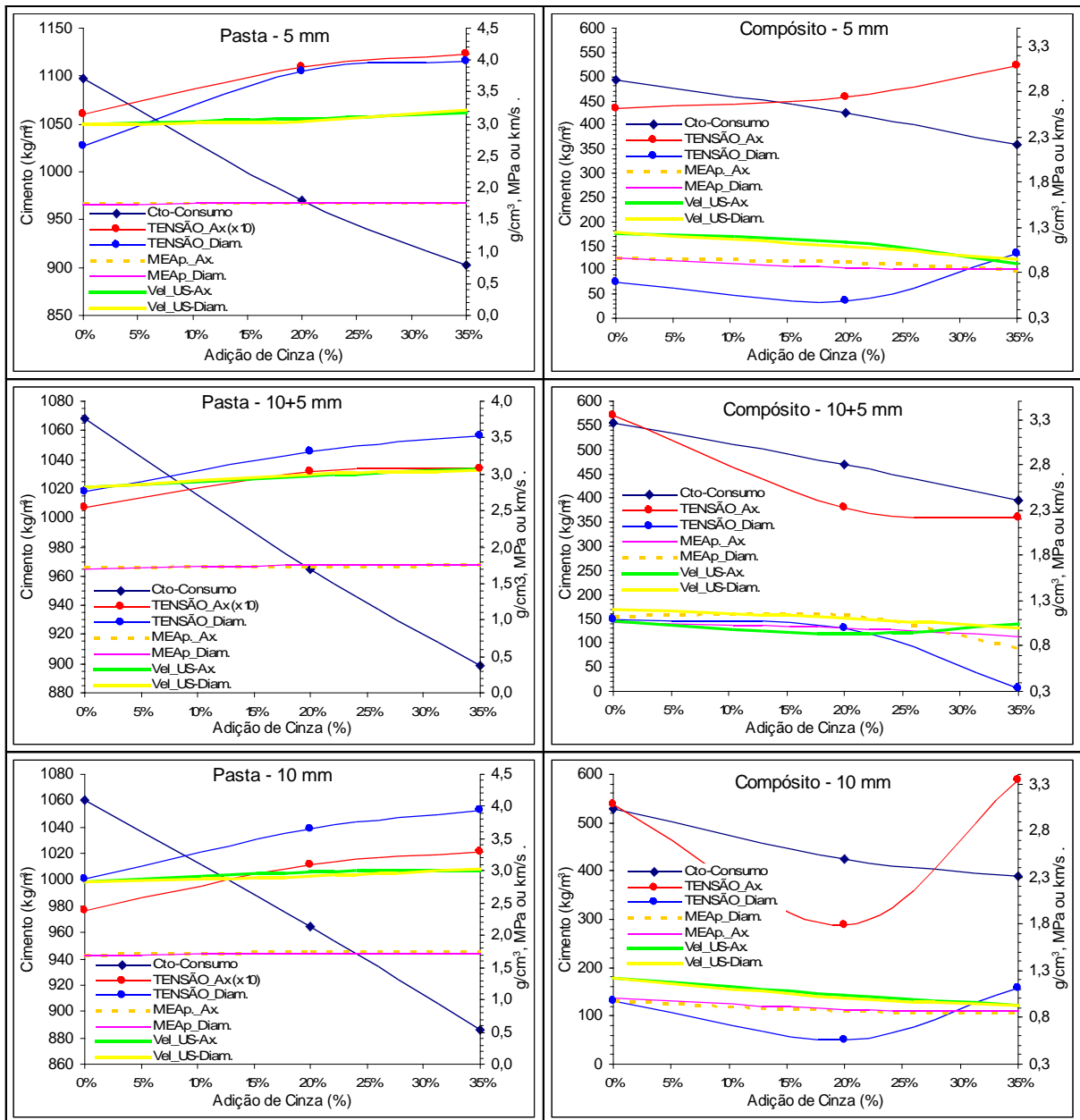


FIGURA 6: GRÁFICOS DOS PARÂMETROS TENSÃO, MASSA ESPECÍFICA APARENTE E VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DA ONDA ULTRA-SÔNICA, EM CONJUNTO COM O CONSUMO DE CIMENTO,

Avaliando-se os demais parâmetros associados aos corpos-de-prova ensaiados em compressão diametral - velocidade de propagação da onda ultra-sônica (**Vel\_US\_Diametral**), massa específica aparente (**MEAp\_Diametral**) e módulo de elasticidade dinâmico (**MOEd\_Diametral**), não se verifica uma tendência clara de comportamento, mas os resultados sugerem que se considere as diferenças no comportamento como sendo não significativas, principalmente se considerar-se que o resultados do parâmetro **MOEd\_Diametral** dependem dos parâmetros **Vel\_US\_Diametral** e **MEAp\_Diametral**. No caso dos corpos-de-prova ensaiados em compressão Axial (parâmetro: **Tensão Axial**),

verifica-se que não há diferença estatística significativa entre os três tamanhos de casca empregados (5mm, 10+5 mm e 10 mm) ou entre os três percentuais de adição de cinza. Avaliando-se os demais parâmetros associados aos corpos-de-prova ensaiados em compressão Axial - velocidade de propagação da onda ultra-sônica (**Vel\_US\_Axial**), massa específica aparente (**MEAp\_Axial**) e módulo de elasticidade dinâmico (**MOEd\_Axial**), verifica-se que o material sem adição de cinza apresenta comportamento mecânico superior aos demais, diferindo significativamente, o que indica uma redução nestes parâmetros, com a adição de cinza. Destaca-se que o fato de não se constatar diferença significativa entre as adições, no caso do parâmetro **Tensão Axial**, pode ser considerado como um indicador de melhorias pois o acréscimo de massa de cinza promoveu reduções de 8% a 42% no consumo de cimento (Figura 6), em função da massa específica do compósito obtido, sendo que esta redução no consumo de cimento pode não estar associada, necessariamente, às reduções nas resistências (não há diferença estatística significativa, quer seja em **Tensão Axial**, quer seja em **Tensão Diametral**), indicando a possibilidade de adições em percentuais superiores aos estudados. Comparando-se os dois tipos de mistura – pastas e compósitos, verifica-se que, pelo fato da pasta de cimento apresentar comportamento conhecido e coerente, a detecção de possíveis variabilidades permite determinar o efeito de cada um dos componentes da mistura. No caso dos compósitos avalia-se o comportamento final da mistura, resultante da interação dos materiais cimento-casca-cinza, sem contudo permitir distinguir claramente o efeito isolado de cada elemento da mistura. Desta forma, verifica-se que ambos os procedimentos se complementam, permitindo avaliações mais precisas da matéria-prima empregada, o que possibilita novos estudos envolvendo dosagens superiores dos materiais empregados nas misturas.

## CONCLUSÃO

Misturas tipo PASTA evidenciam melhor a influência de cada um dos componentes da mistura, pela variabilidade promovida no comportamento do aglomerante. Misturas tipo COMPÓSITO, por empregarem baixa dosagem de aglomerante, não possuem o referencial de comportamento uma vez que suas respostas devem-se ao efeito conjunto dos materiais utilizados, de modo que a influência específica de cada componente da mistura pode não ser determinada, induzindo a avaliações inadequadas, subutilizando ou desqualificando uma matéria-prima relevante. No entanto, os métodos de avaliação se complementam, e não se excluem.

## AGRADECIMENTOS

URBANO Agroindustrial ([www.urbano.com.br](http://www.urbano.com.br)); Eliezer Laister ([eliezerl@votoran.com.br](mailto:eliezerl@votoran.com.br) – cimento Votoran); Sidney Ohta ([interface@mpcnet.com.br](mailto:interface@mpcnet.com.br) – células de carga, caixas de leitura); Marcelo ([www.jsl.com.br](http://www.jsl.com.br) – Unidade de ensaio hidráulica); Leandro Morais ([morais@agr.unicamp.br](mailto:morais@agr.unicamp.br) – Sistemas de aquisição de dados); Luiz C. Silva ([luiz.silva@agr.unicamp.br](mailto:luiz.silva@agr.unicamp.br) – Protótipos); José B. dos Santos ([jose.santos@agr.unicamp.br](mailto:jose.santos@agr.unicamp.br) – Fôrmas em Fibra); Flávia F. Vieira ([flavia@agr.unicamp.br](mailto:flavia@agr.unicamp.br) – Ensaios); Ana Paula Rocha dos Santos ([paulaestat@yahoo.com.br](mailto:paulaestat@yahoo.com.br) – [www.estatjr.com.br](http://www.estatjr.com.br)) e Rafael Pimentel Maia ([eumaia@yahoo.com.br](mailto:eumaia@yahoo.com.br) – [www.estatjr.com.br](http://www.estatjr.com.br)).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Zucco, L. L.; Beraldo, A. L. Influência da casca de arroz e de sua cinza sobre a hidratação da pasta de cimento de alta resistência inicial (CP-V-ARI). In: Conferência Interamericana sobre Materiais e Tecnologias Não Convencionais na Construção Ecológica e Sustentável. IAC-NOCMAT 2005. Rio de Janeiro, Brasil, 2005. CD-ROM.