



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Câmpus de Itapeva

MAURÍCIO DE FREITAS CARDOSO

**UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DA QUEIMA DE
BIOMASSA PARA A PRODUÇÃO DE ARGAMASSA**

Itapeva - SP
2014

MAURÍCIO DE FREITAS CARDOSO

**UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DA QUEIMA DE
BIOMASSA PARA A PRODUÇÃO DE ARGAMASSA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Câmpus de Itapeva, como requisito para a conclusão do curso de Engenharia Industrial Madeireira.

Orientadora: Profa. Dra. Maristela Gava

Itapeva, SP
2014

Cardoso, Maurício de Freitas

C268u Utilização de resíduos da queima de biomassa para a produção de argamassa / Maurício de Freitas Cardoso. -- Itapeva, SP, 2014
43 f.: il.

Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Engenharia Industrial Madeireira) - Universidade Estadual Paulista, Câmpus de Itapeva, 2014

Orientador: Maristela Gava

Banca examinadora: Elen Aparecida M. Morales, Juliana Cortez
Barbosa

Bibliografia

1. Argamassa 2. Resíduos. 3. Biomassa. I. Título. II. Itapeva - Curso de Engenharia Industrial Madeireira.

CDD 620.13

A Silvana, Luana e Rubiana

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, o qual tenho fé e é responsável por guiar os meus dias.

Agradeço a minha mãe por sempre me apoiar em tudo, por me ensinar que o estudo é o início de uma vida com sucesso e por me criar para ser um homem de caráter.

Agradeço a minhas irmãs Rubiana e Luana por sempre estar comigo em todos os momentos.

Agradeço ao professor Venturin e aos técnicos Brito e Anderson, pela ajuda na realização deste trabalho. E a todos os professores que me ensinaram e compartilharam um pouco do seu conhecimento comigo.

A empresa Orsa S/A pela doação do material utilizado neste trabalho.

Agradeço a Maria Angelica e Karina por me ajudarem na execução da parte prática deste trabalho e um agradecimento especial a Maria Angelica por ser amiga e participar comigo de toda a minha vida acadêmica.

Agradeço a Larissa pela amizade e ser sempre gentil quando precisei de sua ajuda com algo relacionado às disciplinas da faculdade.

Não posso me esquecer de agradecer também Gabi e Carlino pela ajuda em entender e aprender conteúdos de várias matérias.

Agradeço imensamente a minha amiga Sarah Müzel a foi minha amiga em todo o tempo de faculdade e me ajudou muito na execução deste trabalho, me ajudando em tudo o que foi preciso.

E por fim agradeço a minha orientadora e amiga Maristela Gava por me ajudar em tudo que precisei para a execução deste trabalho.

E deixo um agradecimento a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para esta monografia

Obrigado!

*Bem-aventurado o homem que acha sabedoria, e o homem que adquire
conhecimento.*

Provérbios 3:13

RESUMO

A elevada quantidade de cinzas geradas pela queima da biomassa florestal, utilizada por diversos ramos industriais causa grande preocupação, devido ao seu destino incerto e suas consequências danosas ao meio ambiente se descartada de forma inadequada. Como esse material possui um alto teor de sílica uma alternativa é a sua utilização como substituto à areia. No setor da construção civil, o uso da areia é muito comum principalmente na produção de argamassa e concreto. A quantidade de areia necessária para suprir esse tipo de mercado é muito elevada ocasionando uma considerável demanda deste recurso natural não renovável, fonte de impactos ao meio ambiente devido a sua extração. O objetivo do trabalho foi estudar a viabilidade da substituição parcial de areia por cinzas de madeira, proveniente da queima de biomassa, na produção de argamassa para fins industriais. Inicialmente foi realizado um estudo exploratório para determinar a relação água/cimento mais adequada para os corpos de prova, devido à incorporação do novo material a argamassa, bem como uma análise química das cinzas. Foram produzidos corpos de prova com 0, 10% e 20% de sílica, provenientes das cinzas que foram substituídas na areia em relação a massa de cimento utilizada. Foram utilizados dois tempos de cura 7 e 28 dias. Para a análise das propriedades da argamassa foram realizados testes de compressão axial e absorção de água por capilaridade, segundo recomendações da normas NBR 7215/97 e 9779/12 respectivamente. Com base nos resultados analisados conclui-se que a incorporação das cinzas causa um decréscimo na resistência da argamassa, porém se adicionado em pequenas quantidades diminui a quantidade de água absorvida por capilaridade.

Palavras-chave: Sílica. Resíduo Industrial. Mineração de areia.

ABSTRACT

A large amount of ash generated by burning of forest biomass, used by various branches of industry causes great concern due to their uncertain fate and its harmful consequences to the environment if disposed of incorrectly. Since this material has a high silica content is an alternative to its use as a substitute for sand. In the construction industry the use of sand is very common especially in the production of mortar and concrete. The amount of sand needed to fill this type of market is very large causing a huge demand for sand, which because it is a nonrenewable natural resource, generates major impacts on the environment due to its extraction. The aim was to study the feasibility of partial replacement of sand by wood ash, from the burning of biomass in the production of mortar for non-structural purposes. Initially an exploratory study was conducted to determine the water / cement more suitable for the specimens, due to the incorporation of new material regarding the mortar, as well as a chemical analysis of the ashes. Specimens with 0, 10% and 20% silica, from the ashes that were replaced in the sand regarding the mass of cement used were produced. Two cure times 7 and 28 days were used. To analyze the properties of the mortar axial compression and water absorption by capillarity tests were performed according to the recommendations of NBR 7215/97 and NBR 9779/12 respectively standards. Based on the analyzed results it is concluded that the incorporation of ash causes a decrease in resistance of the mortar, but if added in small amounts reduces the amount of water absorbed by capillarity.

Key-words: Silica. Industrial waste. Sand mining

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
2	OBJETIVOS.....	13
2.1	Geral.....	13
2.2	Específicos.....	13
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
3.1	Mineração da Areia.....	14
3.1.1	Atividade mineradora.....	15
3.2	Busca por alternativas.....	17
3.2.1	Resíduos Industriais.....	17
3.3	Cinzas.....	19
3.3.1	Sílica.....	20
3.4	Estudos relacionados.....	21
3.4.1	Cinza de casca de arroz.....	21
3.4.2	Bagaço da cana-de-açúcar.....	22
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	23
4.1	Coleta do Material.....	23
4.2	Preparo do material.....	23
4.3	Análise físico-química.....	24
4.3.1	Teor de umidade.....	24
4.3.2	Teor de cinzas.....	24
4.3.3	Teor de insolúveis em ácido clorídrico nas cinzas.....	25
4.4	Definição de tratamentos a serem testados e da massa de cinzas a ser utilizada.....	26
4.5	Determinação da relação água / cimento.....	27
4.5.1	Preparo dos corpos de prova.....	28
4.5.2	Ensaio de Compressão Axial.....	28
4.6	Estudo da resistência à compressão axial e da absorção de água por capilaridade.....	29
4.6.1	Ensaio de Compressão Axial.....	31
4.6.2	Absorção de água por capilaridade.....	31
4.7	Delineamento experimental e forma de análise dos resultados.....	33
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
5.1	Análise físico-química.....	34

5.2	Determinação da massa de cinzas a ser substituída	34
5.3	Determinação da relação água/cimento.....	34
5.4	Estudo da substituição parcial da areia por cinzas	36
5.4.1	Resistência a Compressão Axial	36
5.4.2	Absorção e água por capilaridade	38
5.5	Considerações	40
6	CONCLUSÃO	41
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42

1 INTRODUÇÃO

A madeira é um material produzido a partir do tecido formado pelas plantas lenhosas que, por sua disponibilidade e característica, tem sido utilizada pela humanidade para as mais diversas finalidades.

A madeira é um dos materiais mais usados no mundo, tendo em vista os vários mercados e setores em que está presente. É um produto muito usado no setor de construção civil, Indústrias de carvão vegetal, moveleira, painéis derivados de madeira, papel e celulose, entre outros. Isso ocorre devido as características químicas, físicas e mecânicas que a madeira possui, e também por ser uma matéria-prima renovável.

De maneira geral a mais notável característica da madeira é sua heterogeneidade, que está relacionada com sua anatomia como a presença de nós, medula, grã reversa, tensões de crescimento entre outros e, com a sua composição química. Basicamente a madeira é composta por hemicelulose, celulose, lignina, extrativos e cinzas. Devido a ampla quantidade de gêneros e espécies de árvores e, fatores genéticos, ambientais e fisiológicos esses teores podem variar e conseqüentemente a utilização da madeira, como por exemplo, a concentração de a qual afeta sua usinagem.

Segundo Panshin e De Zeeuw (1980) a presença de sílica na madeira, mesmo em pequenas quantidades, é prejudicial às propriedades de usinagem da madeira.

O processo de usinagem da madeira gera diversos tipos de resíduos em sua maioria pedaços de madeira, cavacos, serragens, maravalhas e casca. Atualmente, os principais destinos dado a esses materiais, tem sido a produção de energia e a compostagem.

Nos últimos anos parte desses materiais passou a ser usado como combustível em caldeiras, para a geração de calor, nas próprias empresas, gerando um acúmulo de cinzas, o que se tornou um novo tipo de resíduo (MIRANDA, 2000).

O descarte incorreto das cinzas pode causar contaminação no solo e nas águas (superficiais e lençóis freáticos). Uma das formas de reduzir o impacto

ambiental decorrente do descarte desses resíduos seria seu reaproveitamento. Atualmente, a principal aplicação das cinzas provenientes do carvão mineral de usinas termelétricas, por exemplo, é na fabricação e incorporação ao cimento, o que ainda ocorre em pequenas quantidades, sendo por volta de 30% apenas (LEVANDOWSKI e KALKREUTH, 2009).

Há estudos que analisam a viabilidade do uso da cinza do bagaço de cana no preparo de argamassa e concreto visando a substituição da areia pelas cinzas, pois as atividades de extração de areia apesar de ter grande importância para o desenvolvimento social, são igualmente responsáveis por impactos ambientais negativos, alguns inclusive irreversíveis.

De acordo com Sales e Lima (2010), a utilização da cinza do bagaço de cana no preparo de argamassa e concreto visando à substituição da areia pelas cinzas, mostrou resultados animadores. O estudo desenvolvido pelos autores mostrou que a substituição de 30% a 50% em massa da areia natural pelas cinzas não apenas preservou as características físicas e mecânicas de um concreto de boa qualidade, mas também trouxe benefícios.

Segundo Sales e Lima (2010), nessa faixa de substituição, o concreto feito com cinzas pode ter um ganho de resistência 20% superior ao concreto convencional.

A extração de areia de jazidas naturais ao longo do tempo pode provocar o assoreamento dos rios e lagos, afetando diretamente o ecossistema. No Brasil a extração de areia é de aproximadamente 320 milhões de metros cúbicos por ano. Com o crescimento do setor de construção civil esses números só tendem a aumentar. Como essa atividade causa um grave problema ambiental acaba acarretando elevação do preço da areia no mercado (KUCK, 2004).

Segundo Moura et al. (2002) as indústrias de construção civil procuram, constantemente, por materiais alternativos que sejam ecologicamente corretos, sendo esse o setor mais indicados para consumir materiais reciclados.

A utilização da cinza proveniente da queima da madeira, pode contribuir para ampliar as alternativas de redução do volume de areia utilizado na construção civil, visto que é um material rico em sílica, que é um dos principais elementos

presentes na areia natural, portanto apto a substituí-la, ainda que parcialmente. Paralelamente contribui, também para a gestão ambiental das indústrias madeireiras, oferecendo uma opção para a destinação adequada, de um dos principais resíduos do processamento da madeira.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Estudar a viabilidade da substituição parcial de areia por cinzas de madeira, proveniente da queima de biomassa, na produção de argamassa.

2.2 Específicos

Identificar a proporção de cimento, areia e cinzas de madeira mais adequada para a produção de argamassa não estrutural;

Estudar a relação água/cimento mais adequada para a produção de argamassa com substituição parcial de areia por cinzas de madeira;

Verificar a influência de diferentes proporções de substituição de sílica, proveniente de cinzas da madeira, na produção de argamassa;

Identificar uma possibilidade tecnicamente viável para os resíduos de cinzas da madeira provenientes da queima biomassa.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Mineração da Areia

De acordo Annibelli [?] a mineração é um dos principais setores da economia brasileira, sendo fundamental para uma sociedade equilibrada, se operada com responsabilidade social e um desenvolvimento sustentável. Segundo o autor independente da substância mineirada, essa atividade ocasiona impactos à sociedade, à economia e ao meio ambiente, pois é um recurso não renovável, muitas vezes causador de impactos irreversíveis, sendo necessário buscar novas tecnologias e materiais alternativos (BRANDT, 1998).

A exploração mineral tornou-se mais evidente a partir da Primeira Revolução Industrial, quando se intensificou a produção de bens industrializados. Com o crescimento populacional mundial houve a necessidade de retirar da natureza um volume cada vez mais elevado desse tipo de recurso. Os minérios são indispensáveis para a manutenção da atividade industrial, tendo em vista que produtos como automóveis, máquinas, tratores, cimento, entre outros, são fabricados a partir de matérias-primas vindas dessa extração (FREITAS, 2014).

Essa atividade é realizada para a extração principalmente de pedras preciosas e semipreciosas, chamado de garimpo, onde são extraídos minerais como ouro, diamante, esmeralda, cassiterita, ferro, manganês, bauxita (alumínio), nióbio, fosfato, etc (CASTILHO, 2012). Outro exemplo desse tipo de extração mineral é a da areia, responsável por suprir a grande demanda de mercado do setor da Construção Civil (Figura 1).

Figura 1-Extração de areia



Fonte: Direito e Projetos (2014) (a) e Notícias do Norte (2014) (b)

3.1.1 Atividade mineradora

Segundo o Sumário Mineral de 2013, elaborado pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), o Brasil no ano de 2012 produziu cerca de 370 mil toneladas de areia, tendo assim um crescimento de 6,4% se comparado com 2011. Desse valor 23,3% corresponde a produção do estado de São Paulo sendo o estado que mais produz areia no momento no país.

As reservas físicas de areia são muito abundantes e economicamente exploráveis, porém são condicionadas a fatores humanos, tendo então restrições demográficas e de legislação (DNPM, 2013). De acordo com Farias (2012), essas restrições são impostas devido a atividade ser totalmente extrativa, sendo seus efeitos e danos a descaracterização do solo e subsolo, em razão da extração desse recurso mineral, ser irreversível (Figura 2).

Figura 2- Impactos da extração de areia ao meio ambiente



Fonte: RBS TV(RS) (2013)

Popp (1992) apud Lelles (2005), diz que a extração mineral se torna mais visível com os processos dinâmicos das indústrias e com o crescimento das cidades que estimulam os conflitos entre a busca de matéria prima e a necessidade de preservar o meio ambiente, sendo isso ocasionado pelo crescimento habitacional e da construção civil, o que gerou um aumento na procura por matéria prima para este setor.

De acordo com Valverde e Sintoni (1994) apud Lelles (2005), a mineração da areia tornou-se também um problema devido à busca de matéria prima de baixa relação entre o preço e o volume, sendo seu fator limitante a distância de seu mercado de consumo. Segundo o autor isso faz com que as mineradoras procurem locais próximos do seu mercado consumidor, o que normalmente são centros urbanos, gerando o aumento de conflito entre a mineração e o uso urbano do espaço. Como exemplo tem-se o caso da extração irregular em Sorocaba-SP, no bairro Retiro São João (Figura 3), onde estava ocorrendo a extração de areia na margem direita de um rio, em área urbana (CÂMARA MUNICIPAL DE SOROCABA, 2012).

Figura 3- Impactos ocasionados no rio do bairro Retiro São João em Sorocaba/SP



Fonte: Câmara Municipal De Sorocaba (2012)

3.2 Busca por alternativas

O consumo de areia se dá praticamente todo na indústria da construção civil. Seu uso acha-se dividido entre os subsetores de revenda (lojas de materiais de construção), concreto pré-misturado, fabricação de pré-moldados de concreto, concreto asfáltico e material para compor a base/sub-base de rodovias. Estes setores estão na base dos ramos de edificações e de construção pesada, que constituem a formação de moradias e infraestrutura do país, o que acarreta em um elevado consumo de areia (KULAIF, 2012). Devido a isso o setor de construção civil sofre muito com pressões exercidas por órgãos de proteção ambiental.

A existência de leis, resoluções, portarias e instruções normativas chegam a impedir ou limitar essa exploração da areia. O Artigo 225 da Constituição Federal de 1988 trata especificamente dos principais aspectos relativos ao meio ambiente. O parágrafo segundo desse artigo é claro ao estabelecer obrigatoriedade para aquele que explorar recursos minerais de recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da lei (MORAES, 2002 apud REIS, 2003).

3.2.1 Resíduos Industriais

Como forma de minimizar a extração de areia e conseqüentemente os impactos que a atividade causa, uma alternativa é o emprego de resíduos como substituído a esse material.

Pode-se definir os resíduo como tudo aquilo que não é aproveitado nas atividades humanas, proveniente das indústrias, comércios e residências. Os resíduos industriais são originados nas atividades dos diversos setores da indústria, tais como metalúrgico, automotivo, químico, têxtil, alimentício, madeireiro e etc. O lixo industrial é bastante variado, podendo ser representado por cinzas, lodos, óleos, resíduos alcalinos ou ácidos, plásticos, papel, madeira, fibras, borracha, metal, escórias, vidros, cerâmicas. Nesta categoria, inclui-se grande quantidade de lixo tóxico. Esse tipo de lixo necessita de tratamento especial pelo seu potencial de envenenamento (COLEFAR, 2014)

A Lei 6938 de 1981 responsabiliza o poluidor pelos impactos que seus resíduos geram, portanto o mesmo é obrigado a indenizar ou reparar os danos causados ao meio ambiente e a terceiros, os quais foram prejudicados pela atividade. Segundo Oliveira (2002) apud Vasconcellos et al. (2004) as restrições ambientais faz com que as indústrias se sintam obrigadas a gerenciar os resíduos por ela gerados, gerando assim muitas vezes aumento de despesas. Já para Poter [?] apud Melnyk, Sroufe e Calantone (2003) ao contrário do pensamento de muitos empresários, redução ou eliminação os resíduos não enfraqueceria, mas reforçaria a competitividade das empresas.

De acordo com Vasconcellos et al. (2004), as empresas que optam por um gerenciamento de rejeitos tendem a obter vantagens com relação a legislação tais como: melhoria da imagem perante a população, redução de impactos ambientais, redução de custos com incineração e até obtenção de lucros adicionais, com a venda de resíduos para outras indústrias.

Os resíduos gerados pelo setor madeireiro são bem diversificados como cavaco, maravalha, serragem, casca entre outros. Cada um deles apresenta um grau de poluição e risco ao meio ambiente. É muito comum a utilização desses resíduos, desde que não estejam contaminados com produtos químicos, como fonte de energia, através da queima de biomassa.

A energia que é gerada por meio da decomposição de materiais orgânicos que pode ser transformada em energia mecânica, térmica ou elétrica é classificada como biomassa. O material pode ser transformado em energia por meio dos processos de combustão, gaseificação, fermentação ou na produção de substâncias líquidas (ANNEL, 2013; CINTRA, 2009).

Diversas empresas como as do ramo de papel e celulose, painéis derivados de madeira, siderurgia, termoelétricas, entre outras, utilizam a biomassa, proveniente de materiais lignocelulósicos, como fonte de energia. Porém o processo de combustão da madeira acaba gerando outro resíduo, a cinza, o que acaba sendo um novo problema que as indústrias têm que encarar, devido ao seu destino incerto.

Fungaro e Silva (2002) citam que os principais problemas que a produção de energia em usinas termoelétricas ocasiona é a geração de toneladas de cinzas

de carvão, sendo que o baixo custo das cinzas e o alto custo de retirada deste resíduo fazem com que as usinas adotassem práticas de disposição incorretas e sem medidas de proteção necessárias.

3.3 Cinzas

De acordo com Moro e Gonçalves (1995), a cinza proveniente da biomassa florestal é o tipo de resíduo sólido que mais se destaca nesse tipo de indústria pelo fato da grande quantidade produzida e por suas características físicas e químicas. Segundo eles essa cinza, um resíduo industrial produzido a partir de uma combustão incompleta do processo de geração de energia para a produção de vapor, sendo este considerado um resíduo sólido e também conhecido por Moinha de carvão. Uma característica dessa cinza são os altos teores de potássio, cálcio, ferro e sílica, presentes em sua composição. Apesar desse material não ter um destino certo, é muito empregada como "fonte" de nutrientes para o solo em diversos tipos de plantações, mas devido a sua composição, seu contato direto com o solo pode causar contaminação. Segundo Maeda et al. (2007), a presença de metais pesados e substâncias resultantes do tratamento da madeira presentes nessas cinzas é um fator que pode ocasionar danos ambientais como contaminação do solo e água.

Devido à dimensão das partículas as cinzas estão presente no ar em forma de material particulado e, segundo Borlini et al. (2005) apud Vaske (2012) a cinza é um tipo de resíduo que contem metais os quais são responsáveis por graves problemas respiratórios. Para evitar que esse material cause danos ao meio ambiente e a saúde humana, uma solução seria a utilização dele em algum produto.

As cinzas são ricas em sílica e sabendo que a areia é composta basicamente de dióxido de silício (SiO_2), pode-se estabelecer uma alternativa para a utilização das cinzas e conseqüentemente diminuir o consumo de areia.

3.3.1 Sílica

O dióxido de silício (SiO_2), comumente chamado de sílica, é um composto químico formado por oxigênio e silício, que pode ser encontrado na natureza puro hidratado ou na forma de mineral. A sílica pura é encontrada em rochas de quartzo, na areia, arenitos e quartzitos. (DELLA, 2001 apud POUHEY, 2006)

A sílica, pura ou como mineral, é um composto amplamente utilizado na indústria química inorgânica, com grande ênfase na indústria cerâmica, principalmente como matéria-prima para fabricação de vidros, refratários, tubos cerâmicos, isolantes térmicos e abrasivos. Na indústria da construção civil, como componente em cimentos, concretos e argamassa, a sílica tem fundamental importância, pois é responsável pela resistência mecânica, viscosidade e tempo de endurecimento. (DELLA et al., 2006)

Segundo Panshin e De Zeeuw (1980) apud Rodrigues e Santana (2005) a sílica é encontrada em espécies de madeiras tropicais, sendo esta prejudicial ao processo de usinagem da madeira, mesmo que em pequenas quantidades.

A presença de sílica na madeira é apontada por diversos autores como um dos principais fatores de desgaste das ferramentas de corte da madeira. Gehring Junior (2011) em seu estudo sobre o desempenho de ferramenta de corte da madeira determinou o teor de sílica de algumas espécies tendo encontrado os resultados apresentados na Tabela 2.

Tabela 1- Teor de sílica de algumas espécies par cada uma das amostras (Am)

Am*	Nome comercial	SiO ₂ (%)	Am*	Nome comercial	SiO ₂ (%)
A	Angelim pedra	0,23	B	Maçaranduba	0,28
B	Angelim pedra	0,14	A	Mandioqueira escamosa	0,43
A	Angelim vermelho	0,21	B	Mandioqueira escamosa	0,47
B	Angelim vermelho	0,17	A	Mandioqueira lisa	0,50
A	Itaúba	0,57	B	Mandioqueira lisa	0,30
B	Itaúba	0,51	A	Quaruba fissurada	0,21
A	Maçaranduba	0,17			

Fonte: Gehring Junior (2011)

Sendo a sílica uma substância inorgânica, a queima da madeira faz com que a quantidade de sílica presente nela continue presente em suas cinzas. Por isso

é importante que se realize estudos para que essa sílica presente nas cinzas possa ser utilizada em algum setor produtivo.

Existem diversos estudos com diferentes tipos de cinzas, dentre eles se destacam o uso da cinza de casca de arroz e de bagaço de cana-de-açúcar, por se tratarem de cinzas que possuem um elevado teor de Sílica os quais podem chegar a teores de mais de 90% de sílica em sua composição.

3.4 Estudos relacionados

3.4.1 Cinza de casca de arroz

Durante o processo de beneficiamento do arroz, resulta como subproduto a casca do arroz, que representa cerca de 23% de seu peso. Esta casca devido a sua alta dureza, fibrosidade e natureza abrasiva, leva à obtenção de produtos de baixa propriedade nutritiva, boa resistência ao desgaste e muita cinza (FONSECA, 1999 apud DELLA et al.,2001). Uma grande quantidade desta casca é reaproveitada dentro da própria usina de beneficiamento do arroz onde, a partir da sua combustão, é gerado calor para a parboilização dos grãos. Como resíduo desta combustão, tem-se as cinzas da casca de arroz (DELLA et al., 2001).

Segundo Shreve (1980) apud Della et al. (2001) a cinza de casca de arroz é um subproduto rico em sílica, chegando a teores de mais de 90%, a qual pode ser usada como componente principal de massas cerâmicas para a produção de refratários silicosos ácidos, sendo que a utilização deste material garante ótimas propriedades aos refratários. Pouey (2006) cita diversos usos para a cinza da casca de arroz, dentre eles, tem-se o uso na construção civil sendo associado a argila na fabricação de telhas e tijolos e utilizada na geração de energia devido ao seu alto poder calorífico.

Existem diversos autores que realizaram e realizam pesquisas com esse tipo de material. Um exemplo disso é Della et al.(2001) que estudaram a caracterização da cinza de casca de arroz como matéria-prima para refratários de sílica. Outro estudo foi o de Silveira (1996) que analisou a utilização de cinza de casca de arroz com vistas a durabilidade de concretos.

3.4.2 Bagaço da cana-de-açúcar

Paula et al.(2009) fala que apesar das pesquisas estarem muito focadas na cinza de casca de arroz, as cinzas do bagaço de cana-de-açúcar demonstram ter o mesmo poder de utilização, requerendo porém, estudos mais aprofundados.

Segundo o autor a extração do caldo da cana-de-açúcar gera uma grande quantidade de bagaço, em média 30% de toda a cana moída, sendo este bagaço uma importante fonte energética. Cerca de 95% de todo o bagaço, cuja disposição não obedece, na maior parte do casos, à práticas propícias, pode-se configurar em sério problema ambiental. Constituída, basicamente de sílica, a cinza do bagaço de cana-de-açúcar tem potencial para ser utilizada como adição mineral, substituindo parte do cimento em argamassas e concretos (CORDEIRO et al., 2008 apud PAULA, 2009)

As cinzas resultantes da queima são descartadas em aterros ou lançadas em plantações de cana-de-açúcar como adubo, embora parem dúvidas sobre sua real eficácia. Para cada tonelada de bagaço incinerado, são gerados por volta de 25 quilos de cinzas (VASCONCELOS, 2010).

De acordo com Vasconcelos (2010), este material foi estudado por Sales, o qual demonstrou que esse resíduo pode ter um destino adequado se usado como matéria-prima na produção de argamassas e concretos. Segundo ele a pesquisa de Almir Salles tem o intuito de substituir parte da areia pela cinza do bagaço de cana-de-açúcar. As substituições feitas de 30% a 50% da massa da areia tem tido bons resultados visto que não apenas preserva as características físicas e mecânicas de um concreto de boa qualidade, mas também traz benefícios, sendo sua proposta inicial de utilização na fabricação de guias, sarjetas e bocas de lobo.

Não foram encontrados trabalhos com estudo nas cinzas de madeira provenientes da queima de biomassa, o qual tem também um grande potencial de ser estudado pela grande quantidade de indústrias que utilizam madeira como fonte de biomassa.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Coleta do Material

As cinzas foram coletadas na empresa Orsa International Paper Embalagens S/A, que atua no ramo de papel e celulose, na região de Itapeva/SP.

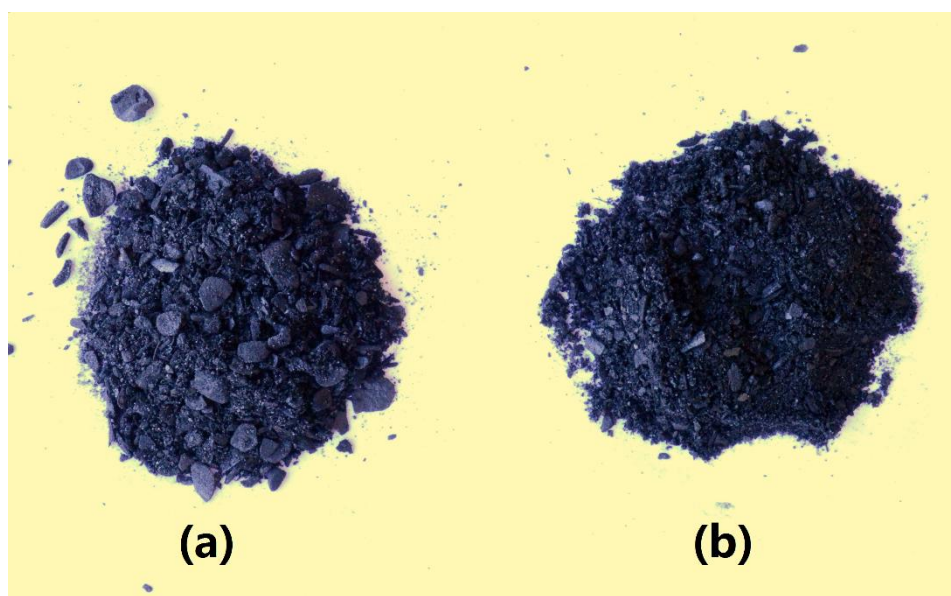
O material doado pela empresa é o resíduo do processo de queima da biomassa, composta por cavacos e cascas das espécies de *Pinus* spp. e *Eucalyptus* spp. O material é composto de aproximadamente 50% de casca de *Pinus* spp e 50% de cavaco de *Pinus* spp e *Eucalyptus* spp

A areia, o cimento e cano PVC foram comprados no comércio local, sendo o cimento escolhido o tipo CP-II.

4.2 Preparo do material

Primeiramente o material passou por um processo de classificação granulométrica, com o auxílio de uma peneira vibratória, para a eliminação de partículas de maiores dimensões, como pedaços de madeira e carvão. Para essa separação foi utilizada uma peneira de 10 mesh. O material retido foi descartado (Figura 4a) e o material passante (Figura 4b), foi utilizada para a preparação dos corpos de prova.

Figura 4 - Partículas (a) antes e (b) depois da classificação granulométrica



Fonte: Autoria própria

4.3 Análise físico-química

A análise química do material foi realizada através dos testes de teor de umidade, teor de cinzas e teor de insolúveis em ácido clorídrico nas cinzas.

4.3.1 Teor de umidade

O teor de umidade foi realizado de acordo como é estabelecido pela NBR 7190.

Inicialmente foi determinada a massa das partículas absolutamente secas. Para isso, pesou-se em um béquer, previamente tarado, aproximadamente 2g de partículas úmidas, com o auxílio de uma balança analítica, com precisão de 0,0001g. O procedimento foi realizado em duplicata de acordo com as recomendações da norma. Na sequência, os béqueres foram levados à estufa a 103 ± 2 °C, onde permaneceram por 24 horas. Após transcorrido esse período, foram retirados da estufa e levados ao dessecador para esfriar até a temperatura ambiente, sendo então novamente pesados. O teor de umidade foi calculado utilizando-se a Equação 1.

$$A.S. = \frac{m_u - m_s}{m_u} * 100 \quad (1)$$

A.S. = valor absolutamente seco das partículas, (%);

m_u = massa úmida da amostra, (g);

m_s = massa seca da amostra, (g).

4.3.2 Teor de cinzas

A análise do teor de cinzas foi realizada de acordo com a norma TAPPI T-15. Cada um dos procedimentos foi realizado em duplicata.

Para a determinação do teor de cinzas foi pesado aproximadamente 1g de material livre de umidade em um cadinho de porcelana, previamente calcinado. Os cadinhos foram levados para a mufla à temperatura de 575 ± 25 °C por 5 horas e, em seguida, levados ao dessecador para esfriar até a temperatura ambiente, sendo então novamente pesados. O teor de cinzas foi calculado utilizando-se a Equação 2.

$$C = \frac{m_2}{m_1} * 100 \quad (2)$$

C= Teor de cinzas, (%);

m_1 = massa da amostra absolutamente seca, (g);

m_2 = massa da cinzas, (g).

4.3.3 Teor de insolúveis em ácido clorídrico nas cinzas

A análise do teor de insolúveis em ácido clorídrico (HCl) nas cinzas foi realizado com o intuito de determinar a quantidade de sílica e impurezas presentes no material estudado. Cada um dos procedimentos foi realizado em duplicata e realizado de acordo com a norma AFQ-008.

Primeiramente foram pesados cerca de 5g de material, livre de umidade, em um cadinho de porcelana. Os cadinhos foram levados para a mufla à temperatura de 575 ± 25 °C por 5 horas e, em seguida, levados ao dessecador para esfriar até a temperatura ambiente

Após o preparo da solução de HCl (1:1), os cadinhos foram levados a uma capela e colocados sobre uma chapa aquecida. Foi adicionado 5mL da solução de ácido clorídrico e, após a sua completa evaporação, o procedimento foi repetido por mais três vezes, sendo na última vez adicionado cerca de 2mL de HCl e 20ml de água destilada, deixando evaporar até ± 10 mL.

Na sequência o conteúdo foi transferido para um papel filtro, isento de cinzas, acoplado a um filtro de vidro, onde foi realizada a filtração da amostra, através do sistema de filtração a vácuo. Para a lavagem das amostras, foi utilizada água destilada quente em abundância para a completa retirada do ácido. Os filtros foram colocados em cadinhos de porcelana, previamente tarados, e levado à mufla a (575 ± 25) ° C, para a incineração do papel. Em seguida foram retirados da mufla e levados ao dessecador para esfriar até a temperatura ambiente, sendo então novamente pesados. O teor de insolúveis em ácido clorídrico foi calculado utilizando-se a Equação 3.

$$\text{Ins. HCl} = \frac{m_2 - m_1}{m} * 10^6 \quad (3)$$

Ins. HCl= Teor de insolúveis em ácido clorídrico, (ppm);

m_1 = tara do cadinho, (g);

m_2 = tara do cadinho + massa do resíduo de sílica calcinado, (g).

m = massa da amostra usada na análise de cinzas, (g).

4.4 Definição de tratamentos a serem testados e da massa de cinzas a ser utilizada

Com base na literatura consultada, foram definidos três tratamentos a serem testados (Tabela 2), correspondentes a diferentes proporções de substituição de areia por sílica presente nas cinzas, tendo como base a massa de cimento utilizada na mistura.

Tabela 2- Tratamentos testados, com as respectivas nomenclaturas e proporção de sílica para substituição da areia

Nomenclatura	Proporção	
	de sílica substituída	Composição
C0	0%	Cimento, areia, água
C10	10%	Cimento, areia+ cinzas e água
C20	20%	Cimento, areia+ cinzas e água

A massa de cinzas a ser adicionada em substituição à areia foi definida com base no resultado obtido para o teste de teor de insolúveis em HCl, descrito no item 4.3.3, segundo a relação descrita a seguir e calculada de acordo com as Equações 4 e 5.

$$\begin{array}{l} 1 \text{ grama} \longrightarrow Q_{PM} \\ Q_{MN} \longrightarrow 100\% \text{ de Sílica} \end{array} \quad (4)$$

Q_{PM} = Quantidade de Sílica presente no material, (g);

Q_{MN} = Quantidade de material necessário para se ter 100% de sílica, (g).

$$Q_{CN} = Q_{MN} * S_C \quad (5)$$

Q_{CN} = Quantidade de cinza necessária para o preparo dos corpos de prova, (g);

S_C = Substituição de sílica em relação ao cimento, (g)

4.5 Determinação da relação água / cimento

A composição mais comum para a produção de argamassa é o cimento, a areia e a água, na proporção de 1:3: 1/2. Tendo em vista que a substituição parcial da areia pela cinzas de madeira altera a interação entre os materiais, foi necessário realizar um estudo preliminar, para identificar a relação água/cimento (a/c), mais adequado para a produção dos corpos de prova definitivos. Para essa análise foram testadas as relações de 0,5; 0,6 e 0,7. Na Tabela 3 estão apresentadas as quantidades de água que foram utilizadas em cada corpo de prova, tendo como base a massa de cimento utilizada em cada um deles, que foi de 100g.

Tabela 3- Quantidade de água.

Nomenclatura	Relação a/c	Quantidade de água (g)
A1	0,5	50
A2	0,6	60
A3	0,7	70

Para cada relação proposta, foram produzidos três corpos de prova dos tratamentos C0 e C20, correspondentes à menor e maior proporção de cinzas, respectivamente. Na Tabela 4 estão relacionadas as quantidades de cimento, areia e cinzas, utilizadas em cada corpo de prova.

Tabela 4- Composição da argamassa utilizada no estudo exploratório

Tratamento	Quantidade de materiais (g)		
	Cimento	Areia	Cinzas
C0	100	300	0
C20	100	240	60

4.5.1 Preparo dos corpos de prova

A produção dos corpos de prova foi realizada de acordo com as recomendações da NBR 7215/97. Para a moldagem foram utilizados tubos de PVC com diâmetro nominal interno de 50mm e altura nominal de 100mm. O adensamento da argamassa foi realizado com o auxílio de um soquete de madeira.

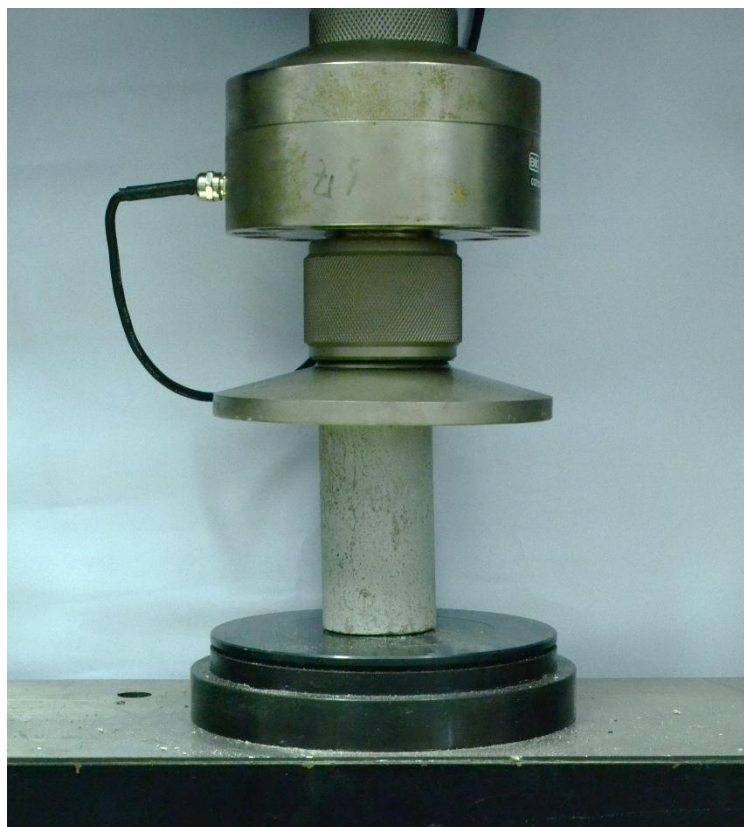
Os corpos de prova foram desenformados 48h após a moldagem e submetidos a ensaio de compressão axial após sete dias de cura.

4.5.2 Ensaio de Compressão Axial

Inicialmente os corpos de prova foram lixados nas extremidades para nivelamento dos topos e eliminação de irregularidades.

O ensaio foi realizado em uma máquina universal de ensaios EMIC DL300000N equipada com célula de carga Trd 29 2T, (Figura 5). O equipamento foi regulado a uma velocidade de carregamento de 0,8mm/min ($0,25 \pm 0,05$) MPa/s, a carga foi aplicada até a ruptura do corpo de prova. Os ensaios foram realizados de acordo com as recomendações da NBR 7215/97.

Figura 5- Aparato montado para o ensaio de compressão axial



Fonte: Autoria própria

4.6 Estudo da resistência à compressão axial e da absorção de água por capilaridade

A viabilidade da substituição parcial da areia por cinzas provenientes de resíduos da queima de biomassa foi avaliada a partir dos resultados de resistência à compressão e de absorção de água por capilaridade, considerando-se possíveis utilizações como argamassa de contra piso e em condições úmidas, por exemplo.

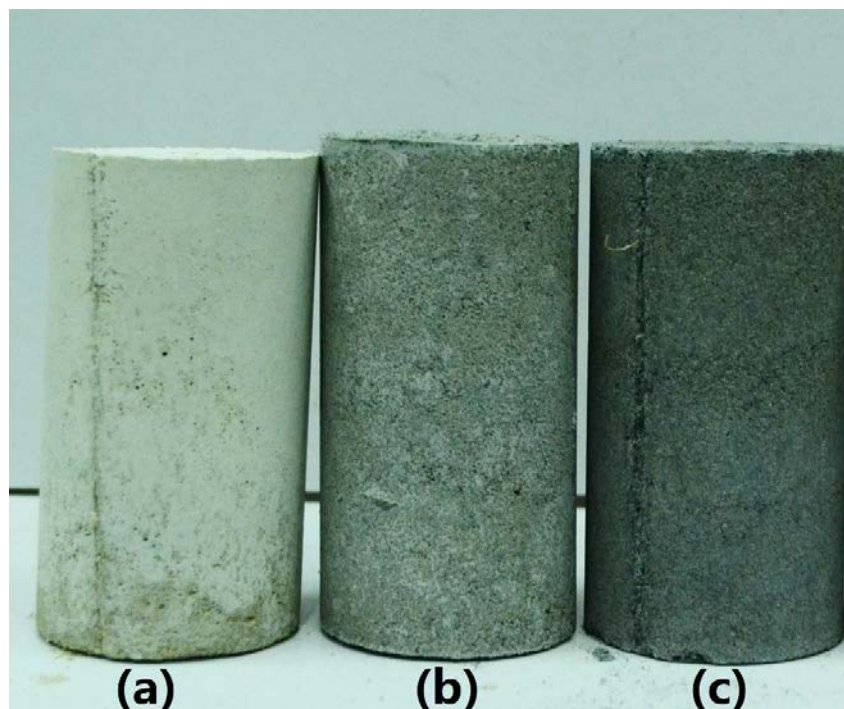
Visto que os resultados obtidos no estudo da relação água/cimento (item 5.3) indicaram a relação de 0,7 como a mais adequada para esses materiais, foi definida a utilização da proporção de cimento, areia/cinza e água de 1:3:0.7, respectivamente, conforme a composição apresentada na Tabela 5.

Tabela 5-Composição da argamassa dos copos de prova definitivos

Tratamento	Quantidade de materiais (g)			
	Cimento	Areia	Cinzas	Água
C0	100	300	0	70
C10	100	270	30	70
C20	100	240	60	70

Nessa etapa foram produzidos 45 novos corpos de prova, com as mesmas características morfológicas e procedimentos descritos em 4.5.1, sendo 18 para o ensaio de compressão axial, correspondentes a 6 repetições por tratamento para cada tempo de cura (7 e 28 dias), e 9 para o ensaio de absorção de água, correspondentes a 3 repetições por tratamento (Figura 6).

Figura 6- Corpos de prova (a) sem adição de cinzas -C0, (b) substituição de 10% de silica em relação a massa do cimento-C10 e (c) substituição de 20% de silica relação a massa do cimento -C20



Fonte: Autoria própria

4.6.1 Ensaio de Compressão Axial

Os ensaios de compressão axial foram realizados aos 7 e 28 dias de cura, conforme metodologia descrita no item 4.5.2

4.6.2 Absorção de água por capilaridade

Para o ensaio de absorção de água por capilaridade foram utilizados três corpos de prova para cada tratamento, sendo realizado após 28 dias de cura, seguindo as recomendações da NBR 9779/12.

Os corpos de prova foram colocados submetidos a secagem em estufa com temperatura a $103\pm 3^{\circ}\text{C}$ por 3 dias. Após transcorrido esse período, foram retirados da estufa e levados ao dessecador para esfriar até a temperatura ambiente, sendo então pesados em uma balança semi-analítica.

Na sequência os corpos de prova foram colocados em um recipiente com água, de modo que somente cerca de 1 cm da base inferior ficasse submersa, para tal foi utilizada uma grelha, a qual impedia que o corpo de prova tocasse o fundo do recipiente e ele não tombasse (Figura 7).

Figura 7- Corpos de prova posicionados para o ensaio de absorção de água por capilaridade



Fonte: Autoria própria

Os corpos de prova foram pesados nos tempos 24h, 48h e 72 h de imersão para se determinar a curva de absorção. Após o final de cada intervalo de tempo, os corpos de prova foram retirados do recipiente, com um papel absorvente foi removido o excesso de água deles e uma nova determinação de massa foi realizada. A absorção em água capilar total dos corpos de prova foi determinada através da Equação 6.

$$A = \frac{M_1 - M_0}{M_0} \times 100$$

(6)

A= absorção de água, (%);

M_1 = massa do corpo de prova após imersão, (g);

M_0 = massa do corpo de prova antes da imersão, (g).

Após 72 horas dos corpos de prova foram rompidos por compressão diametral (Figura 8) conforme estabelecido pela NBR 7222/11 para que se pudesse analisar o deslocamento do nível de penetração da água.

Figura 8 – Aparato montado para o ensaio de compressão diametral



Fonte: Autoria própria

4.7 Delineamento experimental e forma de análise dos resultados

Na análise estatística foi realizada uma análise de variância (ANOVA) através do teste de Tukey, com nível de significância de 5% para testar a existência de diferenças significativas entre as médias. Para a análise estatística foi utilizado o software Sisvar versão 5.3.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análise físico-química

Os valores encontrados para as propriedades químicas analisadas estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6- Resultados das análises químicas para o material estudado

Propriedade analisada	Valor encontrado
Teor de Umidade	27,45 %
Teor de Cinzas	34,62 %
Teor de insolúveis em HCl nas cinzas	333.300 ppm

Para a conversão da unidade de ppm (partes por milhão), para porcentagem do teor de insolúveis em HCl nas cinzas, o resultado obtido foi dividido por 10^6 e depois multiplicado por 100. Através desse cálculo obteve-se o valor de 33,33% de insolúveis em HCl.

5.2 Determinação da massa de cinzas a ser substituída

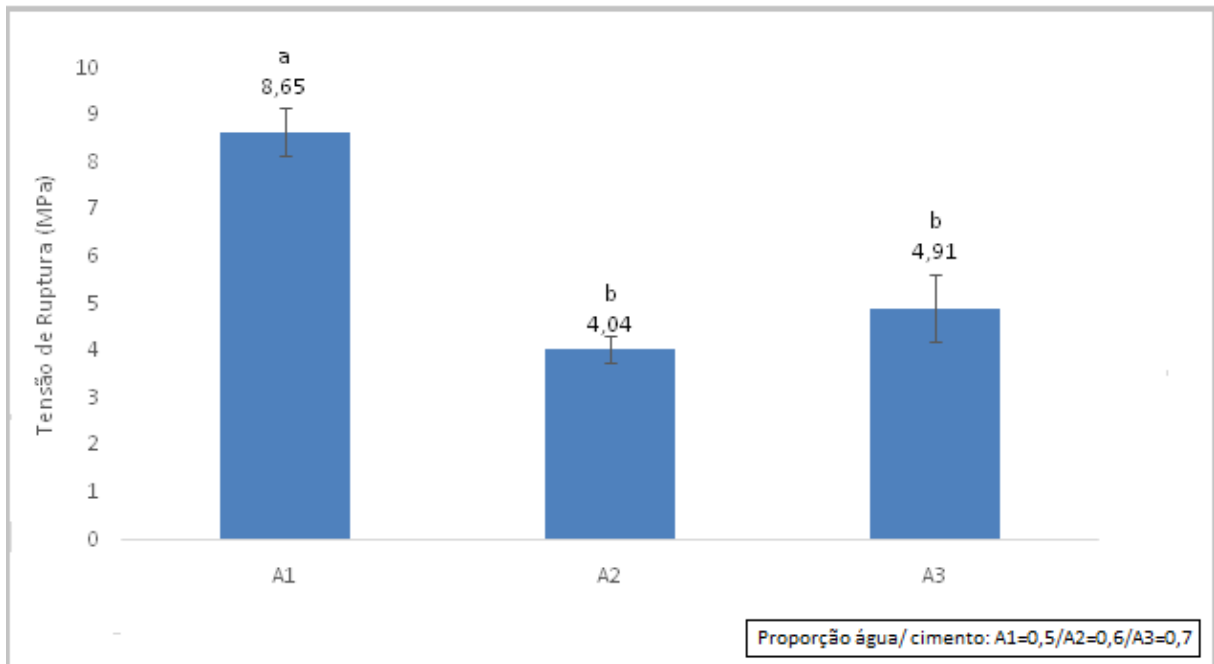
Através dos resultados obtidos na análise química do material, determinou-se que cada 1g de cinzas contém 33,33% de sílica. Portanto para o tratamento C10 e C20 a quantidade necessária de cinzas será de 30g e 60g respectivamente, para cada 100 g de cimento.

5.3 Determinação da relação água/cimento

Na análise da melhor relação água/cimento para os corpos de prova sem adição de cinzas (C0), não foram encontradas diferenças significativas entre as médias totais dos tratamentos A2 e A3 (Figura 9). A relação que proporcionou uma maior resistência foi a relação A1, pela menor quantidade de água adicionada à

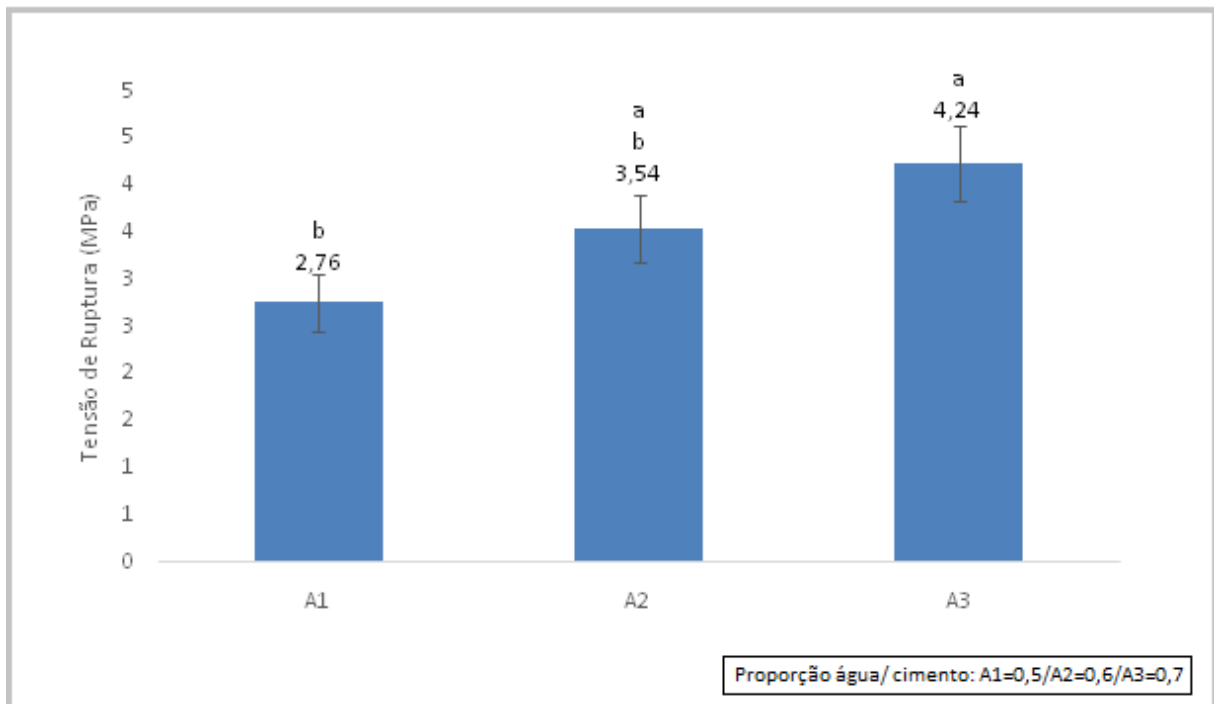
mistura, como citado na literatura. A relação A2 foi a que apresentou menor resistência, tendo diferido significativamente de A1.

Figura 9 - Média da tensão de ruptura para o tratamento C0



Na análise da melhor relação água/cimento para os corpos de prova com adição de cinzas equivalentes à substituição em 20% de sílica em relação à massa de cimento C20 (Figura), foram encontradas diferenças significativas entre as médias totais sendo que a relação A1 e A2 e a relação A2 com A3 não diferirem entre si. A relação A3 foi a que proporcionou uma maior resistência.

Figura 10- Média da tensão de ruptura para o tratamento C20



Tendo como base os resultados obtidos através da análise estatística para esse ensaio, decidiu-se pela utilização da relação a/c de 0,7 (A3), visto que se mostrou melhor para o tratamento C20 e não diferia da relação A1 que proporcionou melhor resistência para o tratamento C0.

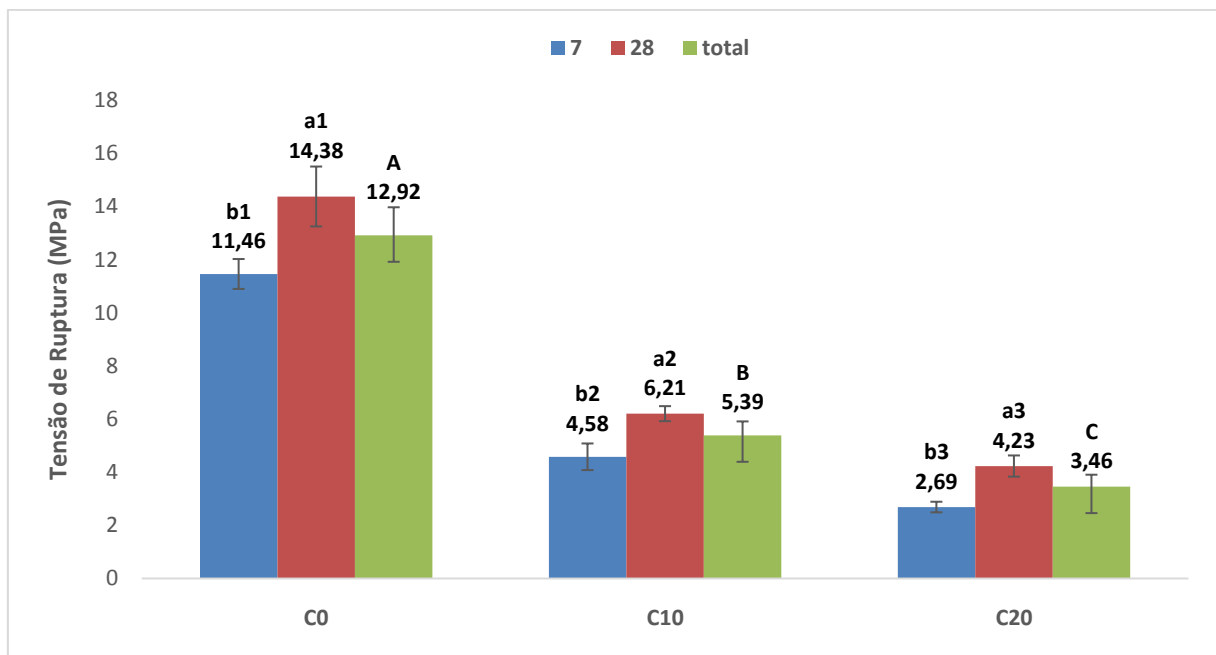
5.4 Estudo da substituição parcial da areia por cinzas

5.4.1 Resistência a Compressão Axial

Na análise dos tratamentos foram encontradas diferenças significativas entre as médias totais sendo o tratamento C0 o que apresentou os melhores resultados (Figura). Observando os resultados obtidos através dos dois ensaios de compressão axial, pode-se concluir que a adição de cinzas acarreta em uma perda de resistência da argamassa. Para melhor compreensão da interação entre materiais, recomenda-se uma análise química para verificar essa relação.

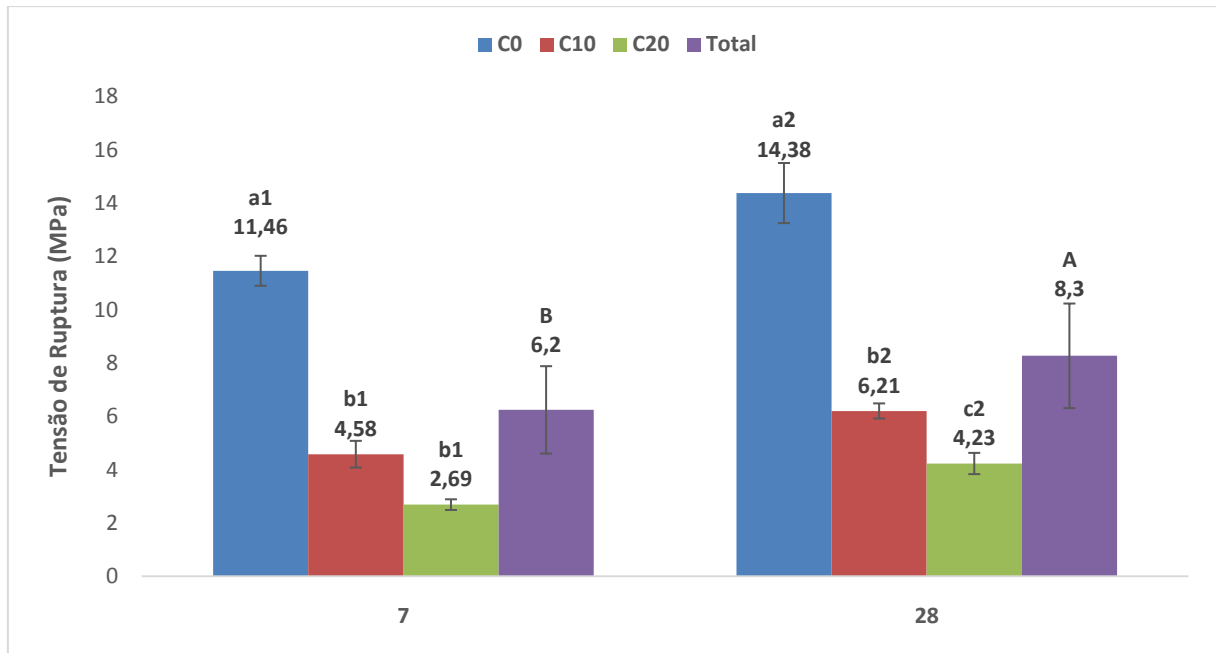
Dentro de cada tipo de tratamento, também foram encontradas diferenças significativas entre os tempos de cura, sendo os melhores resultados apresentados após 28 dias, como o recomendado pela norma NBR 7215/ 97 e citado na literatura, onde diversos autores citam que após esse período a argamassa atinge níveis constantes de resistência.

Figura 11- Média das tensões de ruptura obtidas nos ensaios de compressão, para o tempo de cura dentro de cada tratamento



Em relação à cura da argamassa, foram encontradas diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos dentro de cada tempo estudado. Analisando o gráfico da Figura , é possível observar que para 7 dias de cura, não houve diferença significativa entre para os tratamentos C10 e C20. Já para 28 dias esses mesmos tratamentos apresentaram diferenças significativas, sendo que o tratamento C10 apresentou melhor resistência a compressão.

Figura 12- Média das tensões de ruptura obtidas nos ensaios de compressão, para cada tratamento dentro de cada tempo de cura



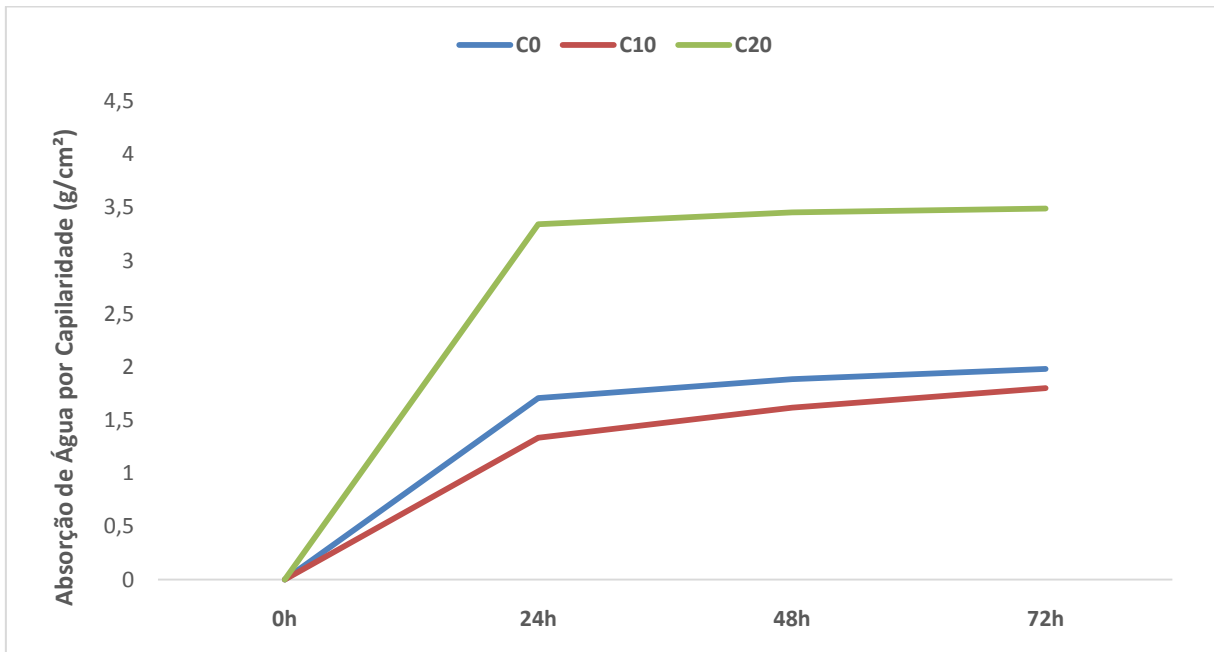
Verifica-se que, independentemente do tempo de cura, a adição de cinzas na argamassa contribuiu para a redução da sua resistência à compressão.

5.4.2 Absorção e água por capilaridade

Os ensaios para determinação da absorção de água por capilaridade, apresentaram resultados semelhantes para os tratamentos C0 e C10. Na análise das médias gerais, verificou-se que os valores após 24h de imersão, apresentaram pequenas diferenças, podendo-se dizer que a absorção de água se manteve constante após esse período (Figura). O tratamento C20 foi o que apresentou valores mais elevados de absorção de água

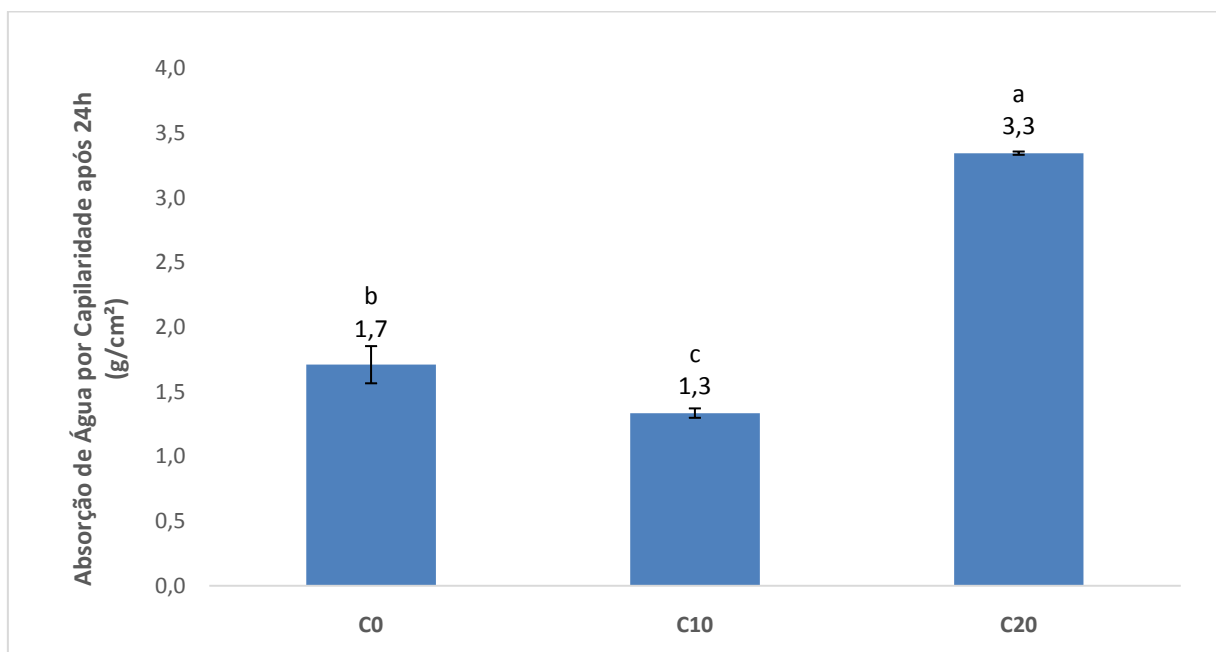
Uma hipótese para esse resultado é que a interação da cinza com os demais componentes da argamassa, interage melhor em pequenas quantidades, no entanto que o tratamento C10 apresentou melhor resultado de absorção de água até mesmo superior aos corpos de prova sem adição de cinzas.

Figura 13- Médias da absorção de água por capilaridade após 24h, 48 e 72h de imersão



A Figura apresenta os valores médios para a absorção de água após 24h de imersão, os quais diferiram significativamente entre si.

Figura 14- Médias da absorção de água por capilaridade após 24h de imersão



5.5 Considerações

A substituição da areia por cinzas de madeira proveniente da queima de biomassa é viável do ponto de vista da absorção de água, somente para 10% de sílica presente nas cinzas, que é significativamente menor que a da composição tradicional da argamassa.

Por outro lado a resistência a compressão é significativamente inferior, impossibilitando sua utilização para fins que exija essa propriedade. Recomenda-se que para futuros estudos, seja realizada uma melhor classificação granulométrica, buscado utilizar material com menor quantidade de matéria orgânica presente, a qual pode ter influenciado na interação entre os componentes da argamassa.

6 CONCLUSÃO

Conclui-se com este trabalho, que para o emprego das cinzas de madeira na produção da argamassa é necessário maior número de pesquisas sobre o assunto, porém sua aplicação é promissora, visto que a sua utilização contribui positivamente para os dois problemas ambientais, a extração de areia das jazidas naturais e o consumo de resíduos gerados por diversos setores da indústria.

Para uma melhor compreensão dos resultados obtidos, sugere-se um estudo sobre a interação química que podem ter ocorrido entre os componentes (cimento, areia, cinzas e água) de cada tratamento, bem como uma análise de vazios dos corpos de prova, em futuras pesquisas.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190**: Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997. 107 p.

ANEEL. **Biomassa**. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_par2_cap4.pdf>. Acesso em: 22 set. 2013.

ANNIBELLI, M. B. Mineração de Areia e seus Impactos Sócio-Econômico– Ambientais. Disponível em: <http://www.conpedi.org.br/manaus/arquivos/anais/bh/mariana_baggio_annibelli.pdf>. Acesso em: 19 out. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-7215/96**: Cimento Portland: determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro: ABNT, 1996.
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-7222/11**: Concreto e argamassa — Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2011

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-9778/05**: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

BRANDT, W. Avaliação de cenários em planos de fechamento de minas. In: DIAS. L.E.; MELLO, J.W.V. (Eds.). **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa, MG: UFV/DPS/Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 1998. p. 131-134.

BRASIL. Lei nº 6938, de 31 de agosto de 1981. **Dispõe Sobre A Política Nacional do Meio Ambiente, Seus Fins e Mecanismos de Formulação e Aplicação, e Dá Outras Providências**. Brasília,

CÂMARA MUNICIPAL DE SOROCABA (Sorocaba). Câmara Municipal Sorocaba. **CPI da Areia ouve representante da Extrabase**. 2012. Disponível em: <http://www.vereadorfranca.com.br/noticias/cpi-da-areia-ouve-representante-da-extrabase/20120314232239_Q_076>. Acesso em: 08 nov. 2014.

CASTILHO, A. **Terras-raras fazem Araxá ser cobiçada pelas mineradoras**. 2012. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/fsp/mercado/61566-terras-raras-fazem-araxa-ser-cobicada-pelas-mineradoras.shtml>>. Acesso em: 08 nov. 2014.

CINTRA, T.C. Avaliações Energéticas de Espécies Florestais Nativas Plantadas na Região do Médio Paranapanema, SP, 2009

COLEFAR (Minas Gerais). **Resíduos Industriais**. Disponível em: <<http://colear.com.br/residuos-industriais/>>. Acesso em: 08 nov. 2014.

DELLA, V. P et al.. Caracterização de cinza de casca de arroz para uso como matéria-prima na fabricação de refratários de sílica. **Química Nova**, v. 24, n. 6, p.778-782, 2001.

DELLA, V. P et al.. Estudo Comparativo entre Sílica Obtida por Lixívia Ácida da Casca De Arroz e Sílica Obtida Por Tratamento Térmico da Cinza de Casca De Arroz. **Quim. Nova**, , v. 26, n. 6, p.1175-1179, 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (DNPM) (Brasil). **Sumário Mineral/2013: Areia Para Construção**. 2013. Disponível em: <https://sistemas.dnpm.gov.br/publicacao/mostra_imagem.asp?IDBancoArquivoArquivo=8965>. Acesso em: 08 nov. 2014.

DIREITO E PROJETOS. **Defesa Preliminar – Crime Ambiental – Extração Mineral de Areia sem autorização – Justiça Federal**. Disponível em: <<http://www.direitoeprojetos.com.br/wp-content/uploads/2014/04/criminal-31.jpg>>. Acesso em: 08 nov. 2014.

FREITAS, E. **Extração mineral e os impactos ambientais**. Disponível em: <<http://www.mundoeducacao.com/geografia/extracao-mineral-os-impactos-ambientais>>. Acesso em: 08 nov. 2014.

FUNGARO, D. A; SILVA, M. G. Utilização de zeólita preparada a partir de cinza residuária de carvão como adsorvedor de metais em água. **Quim. Nova**, v. 25, n. 6, 2002.

KULAIF, Y. **Areia Para Construção Civil**. 2012. Disponível em: <https://sistemas.dnpm.gov.br/publicacao/mostra_imagem.asp?IDBancoArquivoArquivo=7370>. Acesso em: 31 out. 2014

LELLES, L.C et al. Perfil Ambiental Qualitativo da Extração de Areia em Cursos d' Água. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 3, p.439-444, 2005.

MAEDA, S et. al. Aplicação de cinza de biomassa florestal para plantio de Pinus taeda em latossolo e cambissolo do Pirai do Sul, PR. Colombo: **Embrapa Florestas**, 2007. 6 p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 198).

MELNYK, S. A; SROUFE, R P; CALANTONE, R. Assessing the impact of environmental management systems on corporate and environmental performance. **Journal of Operations Management**, v. 21, p.329-351, 2003.

MORO, L; G, J. L. M. Efeitos da "cinza" de biomassa florestal sobre a produtividade de povoamentos puros de eucalyptus grandis e avaliação financeira. **Ipef**, n. 48/49, p.18-27, 1995. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr48-49/cap03.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2014.

NORMA INTERNA DO LABORATÓRIO DE CELULOSE E PAPEL UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. **AFQ 008: Determinação de Insolúveis em Ácido Clorídrico nas Cinzas**. Viçosa, 1111.

NOTÍCIAS DO NORTE. **Direção-Geral do Ambiente proíbe apanha de areia no Lazareto partir de 1 de Novembro de 2014**. 2014. Disponível em: <<http://noticiasdonorte.publ.cv/25759/direccao-geral-ambiente-proibe-apanha-de-areia-lazareto-partir-de-1-de-novembro-de-2014/>>. Acesso em: 08 nov. 2014.

PAULA, M. O. Potencial da cinza do bagaço da cana-de-açúcar como material de substituição parcial de cimento Portland. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.3, p.353-357, 2009.

POUEY, M. T. F. **Beneficiamento da cinza de casca de arroz residual com vistas à produção de cimento composto e/ou pozolânico**. 2006. 345 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

REIS, B.J. et al. Recuperação De Área Degradada Pela Extração De Areia No Vale Do Paraíba Paulista. Taubaté, 2003.

RODRIGUES, L. C; SANTANA, M. A. E. Metodologia para determinação do teor de sílica em materiais lignocelulósicos via espectrometria no Ultravioleta-visível. **Floresta & Ambiente**, v. 12, n. 1, p.57-62, 2005.

SILVEIRA, A. A. **A utilização de cinza de casca de arroz com vistas a durabilidade de concretos**: Estudo do ataque por sulfatos. 1996. 155 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

VASCONCELLOS, C. B et al.. O Aproveitamento da Cinza de Caldeira na Construção Civil. **Vértices**, v. 6, p.131-148, 01 jan. 2004.

VASCONCELOS, Y. **Concreto feito de cinzas**. 2010. Disponível em: <<http://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2012/07/068-071-171.pdf>>. Acesso em: 30 out. 2014

VASKE, N. R. **Estudo Preliminar da Variabilidade do Aproveitamento da Cinza proveniente de Filtro Multiciclone pela Combustão de Lenha de Eucalipto em Caldeira Fumotubular como Adição ao Concreto**. 2012. 325 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.