

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE  
DOURADOS CURSO BACHAREL EM GESTÃO  
AMBIENTAL**

**MAYRA JARA AZUAGA FLEITAS**

**UTILIZAÇÃO DE CINZAS DEBAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR E MADEIRA  
DE EUCALIPTO PARA PRODUÇÃO DE BLOCO DE CONCRETO**

**DOURADOS  
2020**

**MAYRA JARA AZUAGA FLEITAS**

**UTILIZAÇÃO DE CINZAS DE BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR E MADEIRA  
DE EUCALIPTO PARA PRODUÇÃO DE BLOCO DE CONCRETO**

**Monografia apresentada a Faculdade de Ciências  
Biológicas e Ambientais da Universidade Federal da  
Grande Dourados (UFGD), como requisito para do título  
de Bacharel em Gestão Ambiental.**

**Orientador: Claudio Arcanjo Sousa.**

**DOURADOS  
2020**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

F596u Fleitas, Mayra Jara Azuaga  
UTILIZAÇÃO DE CINZAS DE BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR E MADEIRA DE  
EUCALIPTO PARA PRODUÇÃO DE BLOCO DE CONCRETO [recurso eletrônico] / Mayra Jara  
Azuaga Fleitas. -- 2022.  
Arquivo em formato pdf.

Orientador: Cláudio Arcanjo de Souza.

TCC (Graduação em Gestão Ambiental)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2020.

Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:

<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Construção Civil. 2. Reaproveitamento de Resíduos. 3. Estudo de Viabilidade. I. Souza,  
Cláudio Arcanjo De. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a)  
autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte

**MAYRA JARA AZUAGA FLEITAS**

**UTILIZAÇÃO DE CINZAS DE BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR E MADEIRA DE EUCALIPTO  
PARA PRODUÇÃO DE BLOCO DE CONCRETO**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado pela Banca Examinadora como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas, da Universidade Federal da Grande Dourados.

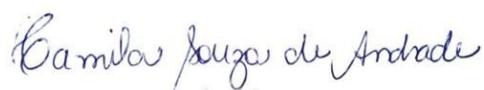
Aprovado em: 18/12/2020

**BANCA EXAMINADORA**



---

Prof. Dr. Mário Vito Comar



---

MSc. Camila Souza de Andrade



---

Prof. Dr. Claudio Arcanjo de Sousa (Orientador)

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus e Nossa Senhora Aparecida por me guiarem e me manterem firmes em busca desse sonho.

Gostaria de agradecer e dedicar essa monografia as seguintes pessoas:

Minha família por todo apoio e confiança durante esses anos de graduação, minha mãe Cristiane Jara Azuaga e meu pai Godofredo Fleitas Junior, que entenderam minha ausência e não mediram esforços para que esse sonho se tornasse realidade, sempre com muito amor, carinho e fé.

Aos meus amigos que compartilharam esta caminhada comigo, principalmente a Lorena Z. Ferreira, Stefani S. Barros e Simone Aquino Costa que se tornaram minha família.

Em especial a meu orientador Claudio Arcanjo por sua paciência, compreensão e todo conhecimento compartilhado.

Agradeço ao Sr. Celso José Gonçalves pela contribuição e parceria neste estudo.

Por fim, sou grata a cada um que passou em minha vida e pelos que permaneceram, que de alguma forma, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desse projeto.

## RESUMO

Fleitas, Mayra Jara Azuaga<sup>1</sup>; Sousa, Claudio Arcanjo<sup>2</sup>; Celso José Gonçalves<sup>3</sup>. **UTILIZAÇÃO DE CINZAS DE BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR E MADEIRA DE EUCALIPTO PARA PRODUÇÃO DE BLOCO DE CONCRETO.**2020. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal da Grande Dourados. Dourados - MS, 2020.

O intenso crescimento populacional com o aumento da disponibilidade de crédito imobiliário nos últimos anos, acarretou a expansão do setor da construção civil, aumentando a demanda por produtos e insumos para suportar essa demanda e principalmente reduzir os custos finais da cadeia produtiva do setor. Com esse aumento de demanda, exigiu-se o desenvolvimento de novas tecnologias e produtos para os sistemas construtivos, sobretudo com menor custo de produção e com baixos impactos ao meio ambiente. Este trabalho avaliou a substituição parcial do cimento para a produção de blocos de concreto (estrutural e fechamento) utilizando de cinzas de bagaço de cana (CBC) originário de fábrica de açúcar e álcool e cinzas de madeira de eucalipto (CME) originário de fábrica de celulose. Foram substituídos 10%, 15% e 20% do cimento Portland pelas CBC e CME. Os resultados mostraram que apesar de ter havido redução de resistência no produto final, a substituição de 10, 15 e 20% de CME e 10 e 15% de CBC não alteraram significativamente os índices de resistência à compressão, mantendo a classificação dos produtos como Classe B. No entanto, a substituição de 20% do cimento por CBC reduziu significativamente a resistência a compressão classificando o produto final como Classe C porém ainda pode ser utilizado como estrutural com alguma restrição. Embora as cinzas necessitassem de pré tratamento e apresentar um custo extra de tratamento e logística, os custos de produção utilizando as cinzas CBC e CME foram menores quando comparados com o uso somente do cimento. A viabilidade ambiental também foi positiva sendo que a utilização das cinzas para a fabricação de blocos reduziu a disposição destes resíduos em aterros reduzindo o passivo ambiental e seus respectivos impactos no meio ambiente.

Palavras chaves: construção civil; reaproveitamento de resíduos; estudo de viabilidade

1 Graduanda do Curso Bacharel em Gestão Ambiental – Universidade Federal da Grande Dourados

2 Professor Adjunto da Universidade Federal da Grande Dourado

3 Engenheiro Civil – Proprietário da empresa parceira e colaborador nos estudos realizados

## ABSTRACT

Fleitas, Mayra Jara Azuaga<sup>1</sup>; Sousa, Claudio Arcanjo<sup>2</sup>; Celso José Gonçalves<sup>3</sup>. **USE OF SUGARCANE AND EUCALYPTUS WOOD ASH FOR PRODUCTION OF CONCRETE BLOCK.** 2020. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal da Grande Dourados. Dourados - MS, 2020.

The intense population growth with the increase in the availability of real estate credit in recent years, led to the expansion of the civil construction sector, increasing the demand for products and inputs to support this demand and mainly reducing the final costs of the sector's production chain. With this increase in demand, the development of new technologies and products for construction systems was required, especially with lower production costs and with low impacts on the environment. This work evaluated the partial replacement of cement for the production of concrete blocks (structural and closure) using sugarcane bagasse ash (SBA) originating from the sugar and alcohol plant and eucalyptus wood ash (EWA) originating from the cellulose. 10%, 15% and 20% of Portland cement were replaced by SBA and EWA. The results showed that although there was a reduction in strength in the final product, the replacement of 10, 15 and 20% of EWA and 10 and 15% of SBA did not significantly change the compressive strength indexes, maintaining the classification of the products as Class B. However, the replacement of 20% of cement by SBA significantly reduced the compressive strength by classifying the final product as Class C but it can still be used as structural as some restriction. Although the ashes needed pretreatment and had an extra cost of treatment and logistics, the production costs using the SBA and EWA ashes were lower when compared to using only cement. Environmental viability was also positive, as the use of ashes for the manufacture of blocks reduced the disposal of this waste in landfills, reducing environmental liabilities and their respective impacts on the environment.

Keywords: construction; reuse of waste; viability study

---

1 Graduanda do Curso Bacharel em Gestão Ambiental – Universidade Federal da Grande Dourados

2 Professor Associado da Universidade Federal da Grande Dourado

3 Engenheiro Civil – Proprietário da empresa parceira e colaborador nos estudos realizados

## ÍNDICE DAS ILUSTRAÇÕES

### FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Fluxograma de desenvolvimento do trabalho.....	5
<b>Figura 2.</b> Cinzas utilizadas no estudo: a) CBC antes do peneiramento, b) CBC após peneiramento; c) CME antes do peneiramento; d) CME após peneiramento.....	6
<b>Figura 3.</b> Processo de fabricação dos blocos. a)Adição da matéria-prima para confecção dos blocos; b)Esteira transportadora da mistura de concreto; c)Saída dos blocos da vibroprensa; d)Blocos na estufa de secagem.....	7
<b>Figura 4.</b> Ensaio de compressão.....	8
<b>Figura 5.</b> Análise dimensional dos blocos.....	8
<b>Figura 6.</b> Resistência à compressão com a respectiva Classe de enquadramento.....	11

### TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Traços utilizados para a produção dos blocos estruturais e de fechamento utilizando CBC e CME (unid. Kg para areia, granilha, cimento e cinza; unid. ml para o aditivo)....	6
<b>Tabela 2.</b> Análise dimensional dos blocos quanto a comprimento, largura e altura.....	8
<b>Tabela 3.</b> Índices de resistência para a adição de CBC.....	9
<b>Tabela 4.</b> Índices de resistência para a adição de CME.....	10
<b>Tabela 5.</b> Custo do cimento e mistura de cimento por cinzas por traço produzido.....	13
<b>Tabela 6.</b> Economia diária pela substituição parcial do cimento pelas cinzas.....	13

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>4</b>
2.1. Local de realização do estudo.....	4
2.2. Produção do concreto.....	4
2.3. Substituição parcial do cimento por cinzas (CBC/CME).....	4
2.4. Traços utilizados.....	5
2.5. Produção dos blocos.....	5
2.6. Análise dimensional dos blocos.....	6
2.7. Análise estatística dos dados.....	6
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>7</b>
3.1. Análise dimensional.....	7
3.2. Características físico-mecânicas.....	7
3.3. Análise Econômica.....	9
3.4. Análise Ambiental.....	11
<b>4. CONCLUSÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>12</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O intenso crescimento dos centros urbanos, seja pela industrialização ou crescimento populacional traz consigo a maior geração de resíduos e impactos ambientais, gerando um grande volume de matérias-primas não utilizadas (PAIVA, 2016).

Por outro lado, com o desenvolvimento da consciência do setor em relação aos problemas ambientais que o cercam, tem-se hoje uma consciência da necessidade de desenvolvimento de materiais e processos construtivos que não causem danos ao homem e ao meio ambiente (SOUTO, 2010).

Desde a antiguidade, o concreto tem sido o principal material de engenharia empregado pelo homem, que é um composto formado por água, agregados e aglomerantes que serviram de matéria-prima para a construção de diversas estruturas que persistem ao longo do tempo, mantendo até os dias atuais a sua rigidez (SOUTO, 2010), deste modo, o cimento Portland é o principal material aglomerante usado mundialmente para a produção de concretos, argamassas e pastas (PAIVA, 2016).

Atualmente o consumo mundial de concreto é estimado na ordem de 11 bilhões de toneladas ao ano (MEHTA; MONTEIRO, 2014). Segundo Cordeiro (2006), o elevado consumo deste composto tem motivado um desafio a ser enfrentado pela indústria do concreto nos dias atuais, o qual consiste na preservação do meio ambiente, principalmente em função dos problemas associados na produção do principal constituinte do cimento Portland.

De acordo com os dados do Sindicato Nacional da Indústria do Cimento- SNIC no ano de 2019 houve o aumento de 3,5% nas vendas interna de cimento, somando assim 54,5 milhões de toneladas, um crescimento de 1,6% ao mesmo mês do ano anterior. Sendo uma produção significativa com alta taxa de retiradas de recursos naturais do meio ambiente.

Dados de 2019 mostraram que só no Brasil a produção de cimento foi de mais de 54 milhões de toneladas, o que significa que o país contribui com a emissão de milhões de toneladas de gás carbônico (CO<sub>2</sub>) para a atmosfera (SNIC, 2019).

Diante a essa situação, as indústrias cimenteiras buscam alternativas mais ecológicas e sustentáveis para substituição parcial do cimento Portland, reduzindo os impactos ambientais causados pela extração dos recursos naturais e concomitantemente os custos de produção (MAURY DE CARVALHO, 2008).

BRASILEIRO E MATOS (2015) aponta que a reciclagem na construção civil tem um interesse, intimamente ligado aos fatores ambientais, permitindo os seguintes benefícios:

a) preservação dos recursos naturais, principalmente, pela substituição de uma parte do volume de matéria-prima, reduzindo assim, a exploração de reservas não renováveis;

b) diminuição da poluição através da menor emissão de poluentes (CO<sub>2</sub>) para a atmosfera, além de uma redução no acúmulo e deposição do volume crescente de resíduos sólidos (JOHN, 2000).

Dito isso, verificamos que, todo resíduo industrial no Brasil precisa ter sua classificação estabelecida com base nas avaliações de composição, lixiviação, toxicologia e periculosidade, estabelecido na Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS, e em diversas normas da ABNT associadas a este processo. Só a partir dessa classificação é que se podem estabelecer programas de disposição, compostagem, reutilização, aplicação em solos agrícolas ou florestais, etc (FOEKEL, 2017).

Mediante os impactos ambientais a partir da intensa extração da matéria prima e devido aos altos custos destes, deve-se visualizar maneiras para reduzir o uso e mitigar os impactos decorrentes a extração de recursos naturais e principalmente a correta destinação dos resíduos gerados por esta atividade.

Pensando em alternativas para redução do uso do cimento Portland na construção civil, tendo em vista diversos estudos de outros materiais para substituição do mesmo. A Coordenação de Pós Graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro - COPPE UFRJ, visando o aumento do desempenho ambiental propôs opções mais sustentáveis para produção de telhas e concretos.

Para CORDEIRO (2016) “a cinza do bagaço de cana-de-açúcar, por exemplo, pode ser ótima matéria-prima para substituição do cimento e pode reduzir o consumo do material em até 40%”.

A geração do resíduo bagaço de cana produzido no setor sucro energético fora reduzida com o advento da queima do mesmo para a produção de energia térmica e energia elétrica. No entanto, a queima do bagaço da cana-de-açúcar gera outro resíduo (cinzas) que necessita de destino adequado. Um dos destinos é a utilização na produção de pasta de concreto, uma vez que as cinzas do bagaço da cana de açúcar possuem estruturas físico-químicas semelhantes a do cimento (SANTOS, 2013).

De acordo com VASCONCELOS (2014),

é importante ressaltar que em ambos os casos existem uma contribuição para a sustentabilidade do meio ambiente: pelo lado da indústria agrícola existe a destinação de um resíduo gerado em uma de suas atividades; e pelo lado da indústria da construção civil existe a substituição parcial do cimento Portland, responsável por grande consumo de fontes naturais de calcário e argila e emissão de CO<sub>2</sub>, por um resíduo industrial que melhora alguma das propriedades da pasta de cimento.

Na última década a cinza do bagaço da cana de açúcar, era vista como um problema (VI CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE PATOLOGIA E REABILITAÇÃO DE ESTRUTURAS, 2009). Atualmente, a destinação das cinzas pode ser introduzida na construção civil, destacando-se por sua alta porcentagem de sílica e de outros óxidos, podendo então ser utilizadas como pozolanas, assim, empregada como matéria prima para o concreto (SOUZA et al., 2007).

As novas pesquisas e os avanços tecnológicos têm mostrado novos caminhos para reduzir o uso de cimento Portland, uma vertente é a utilização de resíduos agrícolas em outros processos industriais. VASCONCELOS (2014) ressalta a utilização do uso de cinza do bagaço da cana-de-açúcar potencializando sua atividade pozolânica e sua durabilidade.

A adição pozolânica, combinada com aditivos redutores de água, é fundamental para a produção de concretos de alto desempenho, de alta resistência e auto adensável. Apenas o cimento Portland comum não é capaz de conferir aos concretos especiais elevada resistência mecânica e durabilidade combinadas com adequada trabalhabilidade.(VASCONCELOS, 2014).

Outro produto com crescente utilização é o eucalipto, de acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2014) e do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, o cultivo de eucalipto vem aumentando nos últimos anos no Brasil e é utilizado não só na fabricação de celulose e papel, produção de madeira roliça, produtos serrados e painéis, como também na geração de energia.

À medida que ocorre o crescimento do setor madeireiro surgem outros problemas que colocam em risco à sustentabilidade ambiental, como a poluição do ar e o excesso de resíduos sólidos tais como cinzas produzidas pela queima da madeira (LIMA; CRUZ. SILVA, 2017).

Atualmente, grande parte das cinzas de biomassa, como às provenientes da madeira de eucalipto, produzidas em indústrias térmicas são descartadas em aterros, ou são destinadas a agricultura, para melhorar a alcalinidade dos solos, porém esta utilização é em pequena escala diante da produção existente (BORGES, et al., 2017).

Entre as alternativas tecnológicas que visam diminuir os impactos ambientais oriundos da liberação indiscriminada de resíduos, em especial as cinzas, o seu uso em produtos relacionados à construção civil (BORLINI et al., 2005), indubitavelmente é uma opção muito favorável tanto do ponto de vista tecnológico, possuindo características químicas e físicas que podem proporcionar ao material atividade pozolânica [quanto do ponto de vista ambiental].

De acordo com Silvério e Horn (2013), a CME apresenta como principal nutriente o cálcio na forma de cal virgem (CaO), que passa a carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>) e, quando em contato com a água, resulta-se no hidróxido de cálcio (Ca(OH)<sub>2</sub>), [neutralizando a acidez no produto final]. Em sua composição química, também há grandes quantidades de dióxido de silício (SiO<sub>2</sub>), conhecido como sílica. Assim, as cinzas da madeira de eucalipto podem ser utilizadas em compostos

cimentícios em substituição da areia ou ao cimento, devido a ocorrência de atividade pozolânica (RAMOS, *et al.*, 2013).

CINPAR cita que com relação à substituição do cimento Portland pelas cinzas do bagaço da cana-de-açúcar e cinzas da madeira de eucalipto dentro dos segmentos da Construção Civil, cimento Portland foi o produto que teve maior abrangência e que mais se desenvolveu quanto à aplicação dos conceitos de sustentabilidade. Nos últimos anos vários estudos têm sido desenvolvidos sobre a incorporação de resíduos nos materiais de construção, até mesmo substituindo produtos já consagrados, como a areia e o cimento Portland, seja de forma parcial ou total.

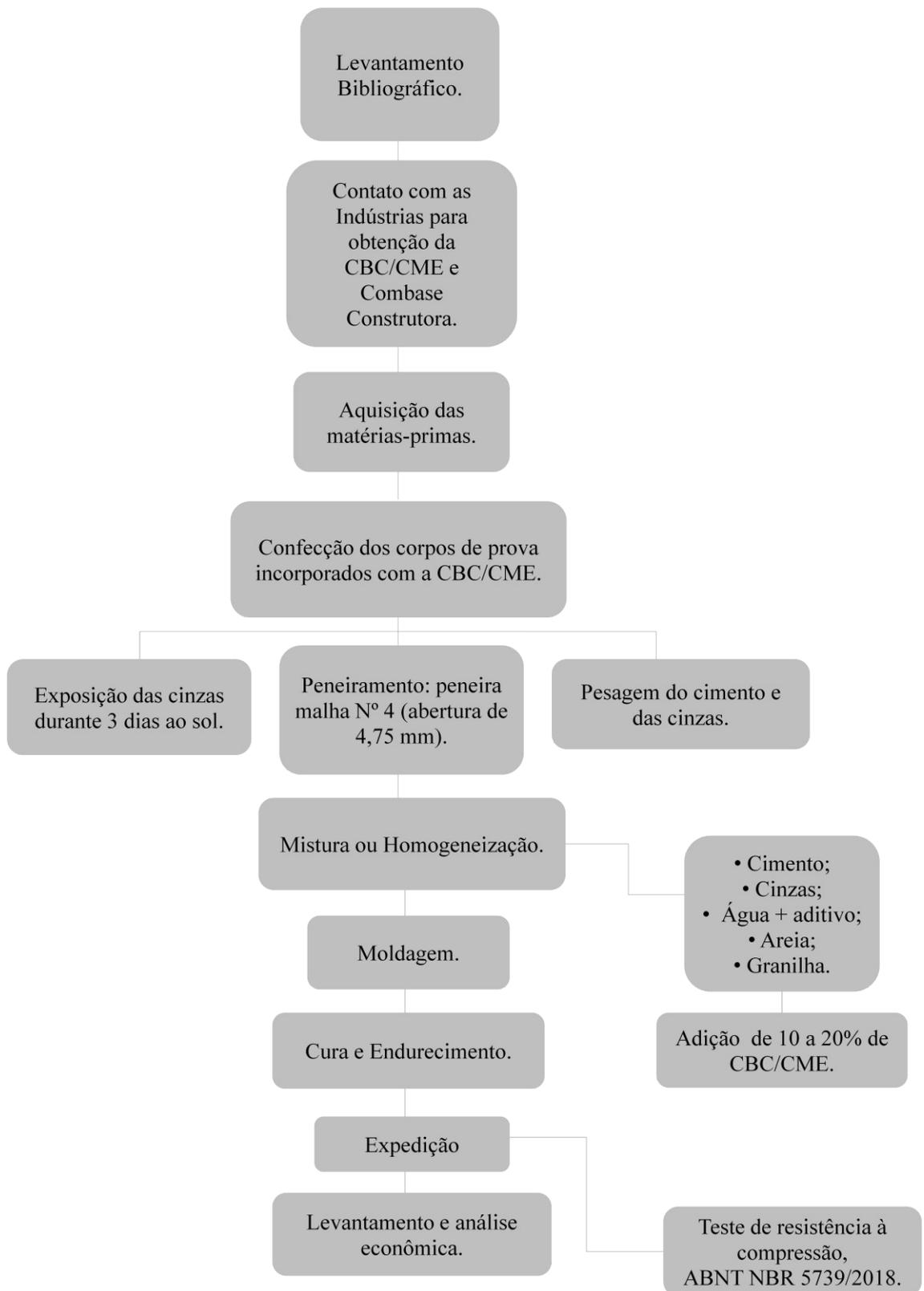
Com a preocupação dos riscos ambientais decorrentes a extração de matérias primas para produção de cimento, várias pesquisas têm sido desenvolvidas sobre a viabilidade da substituição de agregado miúdo natural, com o uso de resíduos de origem diversa.

Mediante outros estudos que apresentaram resultados favoráveis a respeito da substituição de cimento pelo agregado miúdo cinza, este artigo apresenta os resultados de estudo da substituição parcial do cimento por cinzas do bagaço da cana-de-açúcar e cinzas da madeira de eucalipto na confecção de blocos estruturais e blocos de vedação.

Este estudo foi desenvolvido com dois resíduos do setor industrial como agregado para substituição parcial do cimento Portland, sendo eles: Cinza do Bagaço da cana-de-açúcar (CBC) e a Cinza da Madeira de Eucalipto (CME) e teve como objetivo principal verificar a viabilidade técnica, econômica e ambiental da utilização de CBC e CME na confecção de blocos estruturais e blocos de fechamento.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

O processo de fabricação dos blocos de concreto com adição das cinzas consiste em uma série de etapas bem definidas, conforme fluxograma mostrado na Figura 1. Onde são apresentadas as etapas de desenvolvimento do presente trabalho.



**Figura 1.** Fluxograma de desenvolvimento do trabalho.

**a) Local de realização do estudo**

O trabalho foi desenvolvido em uma indústria de telhas, blocos e pisos de concretos de fechamento e estrutural localizado na cidade de Dourados, MS.

**b) Produção do concreto**

Para a produção do concreto foi utilizado o cimento CP V-ARI, com alta resistência em um curto espaço de tempo após a produção do concreto, areia lavada fina ou média, granilha (brita zero granítica), com diâmetro entre 4,8 á 6,3 mm, comercialmente conhecido como pó de pedra, aditivo e água.

**c) Substituição parcial do cimento por cinzas (CBC/CME)**

As cinzas resultantes do bagaço de cana-de-açúcar foram obtidas de uma caldeira tipo grelha, cedida pela Usina Eldorado localizada na cidade de Rio Brilhante-MS. As cinzas resultantes do processo de queima da madeira de eucalipto foram obtidas de uma caldeira de leito fluidizado, cedida pela Fábrica de papel: Eldorado Brasil Celulose, localizada na cidade de Três Lagoas-MS. Ambas as cinzas foram utilizadas na forma bruta, tal qual saem do processo sem que ocorresse quaisquer tratamentos prévios e/ou uso de aditivos químicos.

Para reduzir a umidade das cinzas e permitir a repetibilidade do experimento, ambas às cinzas foram secas ao ar, expostas ao sol durante três dias. Após esse período e imediatamente antes de serem utilizadas, as cinzas foram peneiradas em uma peneira malha N°4 (abertura de 4,75 mm) a fim de se adequar à faixa granulométrica da areia e garantir um módulo de finura adequado, de acordo com a ABNT NBR NM 248:2003. A Figura (2A) apresenta as cinzas em seu estado natural, e após serem peneiradas.



**Figura 2.** Cinzas utilizadas no estudo: a) CBC antes do peneiramento, b) CBC após peneiramento; c) CME antes do peneiramento; d) CME após peneiramento.

**d) Traços utilizados**

Foram realizados sete tratamentos sendo três com percentagens distintas de substituição das CBC e três para as CME e um tratamento padrão onde não foi utilizado nenhum percentual de

cinzas. Os valores dos traços estão apresentados na Tabela 1.

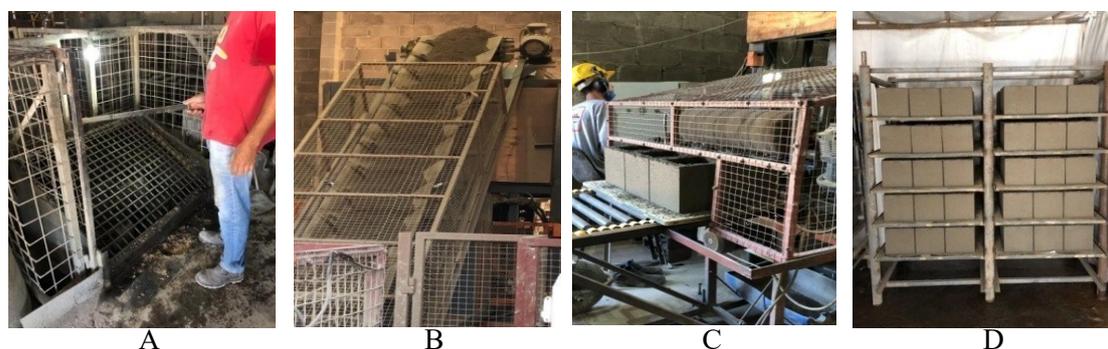
**Tabela 1.** Traços utilizados para a produção dos blocos estruturais e de fechamento utilizando CBC e CME (unid. Kg para areia, granilha, cimento e cinza; unid. ml para o aditivo)

Tratamentos	Composição	Areia	Granilha	Aditivo	Cimento	Cinza	
CBC	1	10%	96,98	115,9	0,25	18,0	2,0
	2	15%	96,98	115,9	0,25	17,0	3,0
	3	20%	96,98	115,9	0,25	16,0	4,0
CME	4	10%	96,98	115,9	0,25	18,0	2,0
	5	15%	96,98	115,9	0,25	17,0	3,0
	6	20%	96,98	115,9	0,25	16,0	4,0
Padrão	0%	96,98	115,9	0,25	20,0	0,0	

## 2.5. Produção dos blocos

A granulometria dos agregados utilizados na produção do concreto (cinzas, areia e granilha) foi determinada segundo as determinações da ABNT NBR NM 248:2003, que descreve os procedimentos de ensaio para determinação da granulometria de agregados.

Após o peneiramento dos materiais, e de acordo com as quantidades descritas na Tabela 2, os materiais dos blocos de concreto foram misturados mecanicamente. Inicialmente fora acrescentado de maneira gradual o cimento com a adição da CBC e CME, adicionados água e o aditivo. Posteriormente acrescentou-se areia e a granilha. A mistura foi realizada por meio da máquina vibroprensa marca Trillor Montana, modelo MBX 1100 Retrovi (Figura 3A). A moldagem dos blocos foi realizada com as dimensões comerciais de 19x14x39cm. O processo de fabricação dos blocos está representado na Figura 3.



**Figura 3.** Processo de fabricação dos blocos. a) Adição da matéria-prima para confecção dos blocos; b) Esteira transportadora da mistura de concreto; c) Saída dos blocos da vibroprensa; d) Blocos na estufa de secagem.

Após a moldagem dos blocos os mesmos foram encaminhados para estufa de secagem com temperatura e umidade de 25°C e 45% respectivamente e permaneceram nessa condição por 7 dias

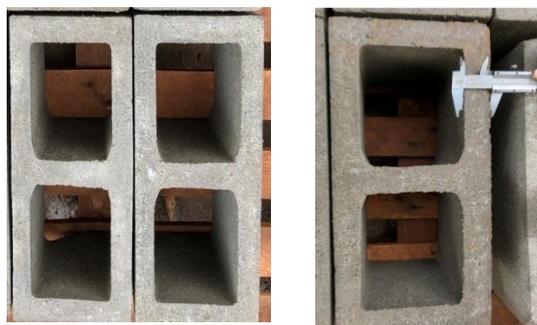
e após esse período os mesmos foram submetidos ao teste de compressão segundo as normas ABNT NBR 5739/2018, utilizando uma prensa hidráulica/30t. Na Figura 4 apresenta o ensaio do teste de compressão.



**Figura 4.** Ensaio de compressão.

## 2.6. Análise dimensional dos blocos

A análise dimensional dos blocos foi realizada após a cura total dos blocos e utilizando um paquímetro analógico de 24 polegadas da marca Zaas-PAQ24, como mostra a Figura 5. Para cada tratamento foram medidos seis blocos nas dimensões comprimento, largura e altura.



**Figura 5.** Análise dimensional dos blocos.

## 2.7. Análise estatística dos dados

Para análise estatística dos dados foi utilizado o teste Tukey com nível de significância de 5% para avaliar as diferenças entre médias dos tratamentos.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### a) Análise dimensional

Atendendo as determinações da ABNT NBR 6136:2016, os valores da análise dimensional dos blocos quanto a comprimento, largura e altura determina uma tolerância dimensional para blocos de concreto, sendo de  $\pm 3\text{mm}$  para a altura e comprimento, de  $\pm 2\text{mm}$  para a largura e de  $\pm 1\text{mm}$  para a espessura das paredes longitudinais e transversais. Na Tabela 2, está apresentado a

média das leituras de seis blocos amostrados por cada tratamento.

**Tabela 2.** Análise dimensional dos blocos quanto a comprimento, largura e altura.

Tratamentos	Altura		Largura (mm)	Comprimento (mm)
		(mm)		
CBC	10%	190,3	141,3	392,6
	15%	192,2	139,4	390,4
	20%	191,1	138,1	392,2
<b>Média</b>		<b>191,2</b>	<b>139,6</b>	<b>391,7</b>
<b>Desvio Padrão</b>		<b>1,0</b>	<b>1,6</b>	<b>1,2</b>
CME	10%	192,1	141,6	392,8
	15%	190,2	141,7	392,1
	20%	191,8	139,2	390,7
<b>Média</b>		<b>191,4</b>	<b>141,2</b>	<b>391,9</b>
<b>Desvio Padrão</b>		<b>1,0</b>	<b>1,8</b>	<b>1,1</b>
<b>NBR 6136:2016</b>		<b>190,0 ± 3,0</b>	<b>140,0 ± 2,0</b>	<b>390,0 ± 3,0</b>

Os resultados mostraram que os blocos de testes apresentaram pequenas variações nas suas dimensões, porém as variações de todos os blocos ficaram dentro dos limites máximo permitidos pela NBR 6136:2016.

#### b) Características físico-mecânicas

Para cada tratamento descrito na Tabela 1, foram realizadas três repetições de corpo de prova, desse modo os valores apresentados na Tabela 3 é uma média de três resultados. Ao verificar as características físico mecânicas dos blocos foram obtidos os valores de resistência à compressão, apresentados nas tabelas 3 e 4. A Tabela 3 apresenta os resultados das características físicas mecânicas, tais como índices de resistência para a adição de CBC.

**Tabela 3.** Índices de resistência para a adição de CBC

Tratamentos	Cinzas %	Índice de Resistência (MPa)			Média	Desvio Padrão
<b>Padrão</b>	0%	6,4	5,9	6,2	<b>6,2a</b>	0,18
<b>T1</b>	10%	6,4	5,5	5,3	<b>5,7a</b>	0,44
<b>CBC T2</b>	15%	4,3	3,6	4,3	<b>4,1b</b>	0,31
<b>T3</b>	20%	3,6	3,6	2,9	<b>3,4b</b>	0,31

De acordo com o teste Tukey a 5% de probabilidade as médias com a mesma letra não diferem entre si. Portanto conclui-se que a substituição de 10% do cimento pela cinza do bagaço de cana não teve diferença estatística significativa para a resistência a compressão.

Embora tenha havido variação entre as amostras para cada teste, para a substituição de 10% não foi significativo, podendo utilizar desse percentual sem que haja perdas significativas da resistência a compressão. Essa variação pode ser atribuída a heterogeneidade dos componentes que foram utilizados para produzir o concreto e posteriormente os blocos.

Quando comparado com outras pesquisas referentes à substituição do cimento por cinzas,

podemos citar o estudo de TASHIMA (2006), apontando que a substituição de cimento por cinzas nas porcentagens de 10% e 15% aumentou a resistência à compressão do concreto, sendo este aumento proporcional ao aumento da porcentagem de substituição, fato este que pode ser explicado por se tratar da introdução de material pozolânico. Os resultados referentes à resistência a compressão do estudo de Tashima, perante a este trabalho desenvolvido foi relativamente maior, sendo nele utilizada menor quantidade de substituição de cimento por cinzas.

Para fins comparativos, estudos como de ALVES E COUTO JUNIOR (2017), apontam que a substituição de 10% de cimento por cinzas são capazes de obter maior resistência dos experimentos adotados, chegando a ser 5% maior que a do concreto padrão.

Embora tenha havido diferenças significativas ao nível de 5% para o teste Tukey para o tratamento com 10 e 15% de substituição do cimento pela cinza, de acordo com os critérios da norma ABNT NBR 6136:2016 que determina o uso dos blocos de acordo com as suas resistências, verifica-se que ambos os tratamentos com 10 e 15% classifica os blocos com função estrutural Classe B, que apresenta compressão variando entre 4 e 8MPa. No entanto o tratamento com 20% de substituição de cinzas produziu blocos com resistência a compressão inferior 4MPa e de acordo com a ABNT NBR 6136:2016 são classificados como Bloco Classe C (Figura 4) com ou sem função estrutural, permitindo seu uso em edificações de até cinco pavimentos quando da largura de 140mm e 190mm.

Os resultados tiveram valores semelhantes ao da pesquisa de CUSTÓDIO (2013), onde foi observado que os blocos testados atenderam as especificações da ABNT NBR 6136:2016, onde os blocos classificaram-se na classe B, com função estrutural.

A Tabela 4 apresenta os resultados das características físicas mecânicas, tais como índices de resistência para a adição de CME.

**Tabela 4.** Índices de resistência para a adição de CME.

Tratamentos	Cinzas	Índice de Resistência (MPa)			Média	Desvio Padrão
		1	2	3		
<b>Padrão</b>	0%	6,4	5,9	6,2	6,2a	0,18
<b>1</b>	10%	6,4	6,0	5,9	6,1a	0,20
<b>CME 2</b>	15%	5,3	5,1	4,8	5,1ab	0,18
<b>3</b>	20%	4,5	4,2	4,4	4,4b	0,11

De acordo com o teste Tukey a 5% de probabilidade as médias com a mesma letra não diferem entre si. Portanto conclui-se que as substituições de 10% e 15% do cimento pelas cinzas da madeira de eucalipto não tiveram diferença estatística significativa para a resistência a compressão.

Como pode-se observar na Tabela 4, o T1 com 10% de substituição do cimento pela CME apresentou a maior resistência à compressão, sendo o valor mais próximo ao TP. Os resultados

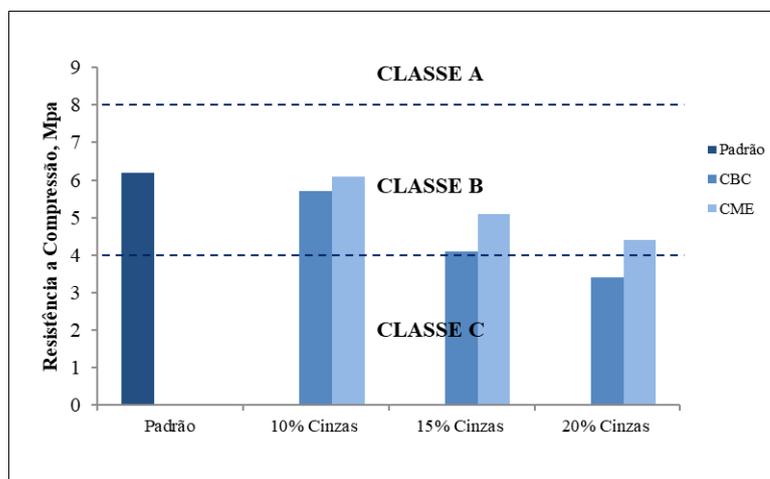
obtidos nos T2 e T3 apresentam um índice de resistência que atendem aos critérios de desempenho esperados para as edificações desse modelo.

Considerando a norma ABNT NBR 6136:2016 os blocos são divididos em três classes. Classe A: com função estrutural para aplicação abaixo do nível do solo, apresentando resistência superior a 8MPa. Classe B: com função estrutural, blocos com resistência entre 4 e 8MPa. Classe C: com ou sem função estrutural, onde os blocos apresentam resistência inferior a 3MPa suportando até cinco pavimentos. Comparando com os resultados obtidos para os testes de resistência à compressão, todos os tratamentos realizados com a CME atendem aos critérios da norma para classificação do bloco com Classe B que podem ser utilizados com função estrutural Figura 6.

Ficou constatado que no T1, com a dosagem de 10% de substituição do cimento pela CME, apresentou resultados de resistência à compressão na faixa de 6MPa resultados estes considerados relativamente altos de acordo com a ABNT NBR 6136:2016.

Os resultados de resistência a compressão obtidos neste estudo, são semelhantes aos resultados obtidos no estudo de MARTINS (2015), onde os blocos ensaiados apresentaram resistência superior ao exigidos na norma.

A Figura 6 apresenta os resultados da resistência à compressão do TP, da CBC e da CME, tais com índices de resistência em toneladas de acordo com a classe de enquadramento.



**Figura 6.** Resistência à compressão com a respectiva Classe de enquadramento.

### c) Análise Econômica

Considerando que todos os custos para a produção dos blocos são os mesmos tanto para o cimento quanto para o uso das cinzas com exceção do custo das cinzas postas na fábrica e o seu beneficiamento antes da sua utilização. Deste modo, para a análise econômica de fabricação dos blocos utilizando as cinzas em substituição parcial do cimento, foi realizada o estudo comparativo

somente dos valores do quilo de cimento e do quilo das cinzas posta na fábrica (Frete FOB).

A composição do custo das cinzas foi o frete e o tratamento das mesmas (peneiramento). Considerando que as cinzas são resíduos e necessariamente deverão ser dispostas em aterro apropriado e isso tem um custo para o gerador e considerando que o aproveitamento destas cinzas para fabricação de blocos reduzirá este custo de disposição, foi considerado que o gerador doará estas cinzas sem custos para a fabricação dos blocos de concreto.

Levou-se em consideração os custos de aquisição dos materiais, os custos incidentes sobre as cinzas que estão atribuídas ao valor do frete para colocar a cinza na fábrica de blocos e processamento, considerando 15% de perda do material.

Para o valor final unitário das cinzas foram considerados:

- Capacidade máxima de carga de um caminhão Truck: 14.000 kg;
- Percentual de perda das cinzas durante o peneiramento: 10 e 20% para CME e CBC respectivamente;
- Custo do frete de um caminhão Truck cheio do gerador até a fábrica: R\$1400,00 para CME e R\$280,00 para CBC, foi considerando a distância de 480km e 93km para as cinzas CME e CBC respectivamente;
- Custo do salário mais encargos R\$1620 mensais;
- Quantidade de tempo necessário para peneirar os 14.000kg de cinzas igual a 48horas (três dias de 8 horas para dois colaboradores).

O custo final das cinzas foi de R\$0,14/Kg para CME e R\$0,05 para CBC.

Considerando que o cimento não terá custo de transporte pois o mesmo já se encontra próximo ao mercado consumidor, para o custo do mesmo foi realizado um cálculo simples, dividindo o valor total de R\$28,00 por um saco de 50Kg obtendo o valor final de R\$0,56/ Kg.

Tendo em vista a substituição de 10% do cimento pelas cinzas, a indústria irá reduzir 150kg/dia de cimento. Com substituição de 15% de cimento pelas cinzas a indústria reduzirá 225Kg/dia de cimento, e com substituição de 20% a indústria reduzira 300 Kg/dia de cimento de utilização de cimento, revertendo para produção de novos blocos.

A partir do momento da obtenção do retorno do investimento, todo o resultado mensal financeiro, decorrente do volume de agregado reciclado, se configura como retorno econômico diário, como pode ser visto na Tabela 6. Vale ressaltar que a lógica utilizada nesta análise econômica é comum para a maioria dos casos de utilização de cinzas na produção de blocos de

concreto, no entanto, pelo caráter variável de cada empreendimento, faz-se necessária uma análise criteriosa dos custos associados para cada caso específico.

**Tabela 5.** Custo do cimento e mistura de cimento por cinzas por traço produzido

<b>Tratamento</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Custo CME</b>	<b>Custo CBC R\$</b>
<b>Padrão / Cimento</b>	20	11,20	11,20
<b>Cimento + CBC/CME 10%</b>	18 + 2	10,36	10,18
<b>Cimento + CBC/CME 15%</b>	17 + 3	9,94	9,67
<b>Cimento + CBC/CME 20%</b>	16 + 4	9,52	9,16

Por dia são produzidos 75 traços, dessa forma a economia diária da substituição parcial do cimento por cinzas está descrito na Tabela 6.

**Tabela 6.** Economia diária pela substituição parcial do cimento pelas cinzas

<b>Tratamento</b>	<b>Quantidade (Kg)</b>	<b>Redução CME R\$</b>	<b>Redução CBC R\$</b>
<b>Cimento + CBC/CME 10%</b>	18 + 2	63,00	76,50
<b>Cimento + CBC/CME 15%</b>	17 + 3	94,50	114,75
<b>Cimento + CBC/CME 20%</b>	16 + 4	126,00	153,00

#### **d) Análise Ambiental**

Atualmente a geração de resíduos tem sido um dos maiores problemas para o meio ambiente, dito isto, a sociedade enfrenta um momento no qual ficam cada vez mais restritas as áreas disponíveis para a disposição de resíduos, sendo alguns deles subprodutos fundamentais para o desenvolvimento sustentável e soluções para outras cadeias produtivas como a da construção civil.

A utilização do resíduo cinza trará soluções ambientais responsáveis, por meio da redução, reaproveitamento e reciclagem dos mesmos, visando à minimização dos impactos causados.

Com relação ao aspecto ambiental o estudo mostra que é possível afirmar pontos de melhorias, realizando-se ajustes para que o processo seja otimizado, onde todos os envolvidos busquem, continuamente, o encaminhamento de novas alternativas ecológicas e sustentáveis.

## **4. CONCLUSÃO**

A utilização da CBC e CME em substituição parcial ao cimento Portland mostrou-se viável tecnicamente, economicamente e ambientalmente.

Referente as características físico-mecânicas, os blocos com adição de ambas as cinzas apresentaram o resultado de resistência superior aos exigidos na norma e os melhores resultados de resistência à compressão foram obtidos nos T1 e T2 em substituição do cimento pela CME.

Baseado no exposto acima a CBC e CME podem ser utilizadas em substituição ao agregado miúdo na confecção de blocos estruturais e blocos de fechamento, onde os blocos com adição das cinzas promoveram um bom desempenho às edificações conforme as determinações da ABNT NBR 6136:2016, sem afetar a resistência final do produto.

Observou-se também que para adição de novos componentes na fabricação dos blocos não houve o aumento com gastos referentes à mão-de-obra especialmente capacitada para sua aplicação na produção.

Do ponto de vista ambiental o estudo mostrou que a utilização da adição das cinzas na produção de bloco de concreto com a substituição parcial do cimento promoverá a reciclagem deste resíduo com conseqüente redução do impacto ambiental advindo da redução de passivos ambientais. Ademais o uso deste resíduo como insumo proporcionará a redução da extração de recursos naturais.

Dessa forma o presente estudo, mostra que é possível dar continuidade ao desenvolvimento acelerado de uma forma sustentável. Possibilitando que as matérias primas possam ser desfrutadas até muitas futuras gerações. Para tanto, o envolvimento de toda a população é essencial para que este objetivo seja atingido.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASILEIRO, L. L. E MATOS, J. M. E. Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil. *Cerâmica* [online], Teresina, vol.61, n.358, pp.178-189, 2015.

CORDEIRO, GUILHERME CHAGAS. Utilização de Cinzas Ultrafinas do Bagaço de Cana-de-Açúcar e da Casca de Arroz como Aditivos Mineraiis em Concreto; Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, D.Sc., Engenharia Civil, 2006.

EMBRAPA. Transferência de tecnologia florestal: cultivo de eucalipto em propriedades rurais: diversificação da produção e renda. 1. ed. Brasília, DF, 2014. 138 p.

FAESP – Federação de Agricultura e Pecuária do Estado de São Paulo. Cadeia Produtiva: Cana de Açúcar. Disponível em: <https://faespsenar.com.br/leitura-conteudo/00000054/M00008>. Acesso em: 10 de out. de 2020.

FENSTERSEIFER, Cesar Augusto Jarutais; BARROSO, Lidiane Bittencourt; LOPES, Maria Isabel Pimenta; GODOY; Jaqueline De; MACIEL, Daniel Bohrer; KOLLER, Diogo Rodrigo Pizutti. Aproveitamento de Vidro Moído em Traços de Argamassa e Concreto. *In: Jornada*

Acadêmica Integrada, 25º., 2009, Santa Maria, RS.

FOELKEL, CELSO. Resíduos Sólidos Industriais do Processo de Fabricação de Celulose Kraft de Eucalypto: Resíduos Minerais. Eucalyptus Online Book. São Paulo, v. 25, n. 5, out. 2011.

LIMA, Anielly Iasmin Nunes; CRUZ, Caio Borba; SILVA, Érica De Lima. Impactos Provocados no Meio Ambiente Pelo uso da Madeira na Construção Civil. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Edição 03. Ano 02, Vol. 01. pp 116-135, jun. de 2017.

MAURY DE CARVALHO, MARIA BEATRIZ. Impactos e conflitos da produção de cimento no Distrito Federal. Dissertação de Mestrado (Centro de Desenvolvimento Sustentável) – Universidade de Brasília: UNB. Brasília, DF, 187 p. 2008.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais. São Paulo, 4a ed., IBRACON, 2014.

OLIVEIRA, TALITA YASMIN MESQUITA. Estudo sobre o uso de materiais de construção alternativos que otimizam a sustentabilidade em edificações. Projeto de Graduação (Curso de Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro: UFRJ / Escola Politécnica. Rio de Janeiro, RJ, 99 p. 2015.

PAIVA, Otávio Augusto. Durabilidade de concretos contendo cinza do bagaço da cana-de-açúcar. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE. Rio de Janeiro, RJ, 282 p. 2016.

SANTOS, Luciana Alvarenga. Uso de cinza de bagaço de cana-de-açúcar na produção de concretos especiais para aplicação em meios agressivos de instalações agroindustriais. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 129 p. 2013.

SILVA, V. M. Ação da Carbonatação em Vigas de Concreto Armado em Serviço, Construídas em Escala Natural e Reduzida. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, SP. 2007.

SNIC - Sindicato Nacional da Indústria do Cimento. Produção regional 2019,2019. Disponível em: <http://snic.org.br/assets/pdf/numeros/1597673255.pdf>. Acesso em: 14 de out. de 2020.

SNIC - Sindicato Nacional da Indústria do Cimento. Resultados preliminares,2019. Disponível em: <http://snic.org.br/numeros-resultados-preliminares-ver.php?id=35>. Acesso em: 20 de abr. de 2019.

SOUTO, Jean Marcelo Fernandes. Avaliação de desempenho da cinza do bagaço de cana-de-açúcar na produção de concreto. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana)– Universidade Estadual de Maringá. Maringá, PR, 105 p. 2010.

SPÓSITO, Felipe de Almeida; MACHADO, Alan Junio de Souza; FERNANDES DA SILVA, Bruno. Análise Comportamental da Resistência à Compressão Axial do Concreto com Pó de Vidro. *In: XIII Fórum Ambiental da Alta Paulista*, 978-85-68242-51-3., **(Resumo Expandido)** Tupã, SP: 2017. pp 1487-1492.

TASHIMA, M. M. Cinza de casca de arroz altamente reativa: método de produção, caracterização físico-química e comportamento em matrizes de cimento Portland, dissertação de M.Sc., FEIS/UNESP, Ilha Solteira, SP, Brasil, 2006.

VASCONCELOS, Marcela Correia de Araújo. Avaliação da atividade pozolânica da cinza do bagaço de Cana-de-açúcar utilizando métodos físicos. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)– Universidade Federal de Pernambuco. Recife, PB, 33 p. 2013.

VI CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE PATOLOGIA E REABILITAÇÃO DE ESTRUTURAS. 2010, Córdoba, Argentina. Caracterização de concretos confeccionados com a cinza do bagaço da cana-de-açúcar. Córdoba: Cinpar, vol. 070, 2010.