



## **DESENVOLVIMENTO E ESTUDO DA APLICAÇÃO DA CINZA DOS RESÍDUOS DE MILHO PRODUZIDO NO SOLO BRASILEIRO, COMO SUBSTITUTO PARCIAL DO CIMENTO NA PRODUÇÃO DE CONCRETO.**

Alexandre Pinheiro GARCIA<sup>1</sup>  
Elton Aparecido Prado dos REIS<sup>2</sup>

**RESUMO:** O cimento na sociedade moderna passou a ser matéria prima fundamental para construção civil e sua demanda tende a aumentar, para atender os anseios de países subdesenvolvidos e sanar a demanda de habitação e infraestrutura. O cimento Portland foi criado e patenteado por um construtor inglês em 1924, Joseph Aspdin. O cimento Portland é um composto a base de clínquer e adições. A utilização de materiais pozolânicos está presente na história do império romano, obras como o Coliseu, Panteão e os Aquedutos foram construídos utilizando uma mistura de cinza vulcânica com cal hidratada que endurecia com a adição de água, era acrescentando também gordura e sangue animal como aditivos para incorporação de ar na mistura. A adição de cinzas volantes ao cimento, além de reduzir o percentual de cimento utilizado, contribui incluindo atributos, tornando o concreto mais resistente, melhorando a trabalhabilidade, a longo prazo melhora a sua durabilidade e por ter um menor calor de hidratação torna-se o mais indicado para concretagem e grande volume. A cultura do milho passou a ocupar uma posição de grande importância econômica no Brasil, mérito do aumento de produtividade e sua adaptação para cultivo em todas regiões do país. Com volumes de resíduos na ordem de 234,6 milhões de toneladas e por resultados mistos levantados na pesquisa (Shakouri, 2020), este artigo tem como objetivos efetuar a comparação do aproveitamento da cinza obtida através queima dos sabugos, caule e palha de milho produzido no solo brasileiro, como substitutos das convencionais cinzas volantes, substituindo parcialmente um percentual de cimento utilizado no concreto.

**Palavras-chave:** Cinza. Milho. Concreto. Resíduos. Cimento.

### **1 INTRODUÇÃO**

<sup>1</sup> Discente Alexandre Pinheiro Garcia do 4º ano do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Antonio Eufrásio de Toledo de Presidente Prudente. alexandregarciaegarcia@gmail.com Bolsista do Programa de Iniciação Científica Toledo.

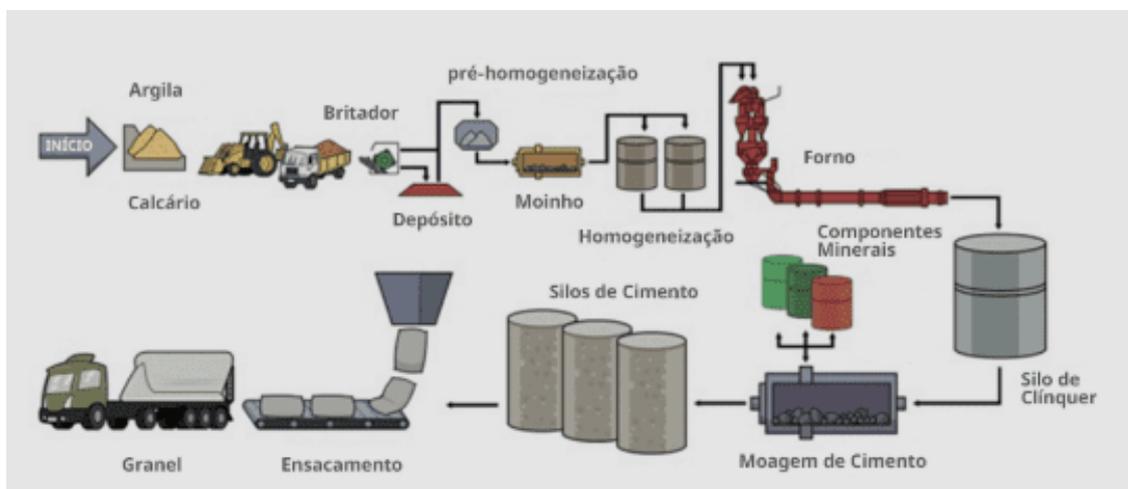
<sup>2</sup> Docente do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Antonio Eufrásio de Toledo de Presidente Prudente. Doutor em Ciência e Tecnologia de Materiais do programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia dos Materiais (POSMAT) da Universidade Estadual Paulista. elton.reis@toledoprudente.edu.br. Orientador do trabalho.

O cimento na sociedade moderna passou a ser matéria prima fundamental para construção civil e sua demanda tende a aumentar, para atender os anseios de países subdesenvolvidos e sanar a demanda de habitação e infraestrutura. Segundo (SCRIVENER; JOHN; GARTNER, 2016) espera-se uma produção mundial em 2050 por volta de 3,7 a 4,4 bilhões de toneladas de cimento.

O cimento Portland foi criado e patenteado por um construtor inglês em 1824, Joseph Aspdin, tradicionalmente em uma ilha situada ao sul da Inglaterra, utilizava-se de uma pedra de Portland para a construção das casas locais, por apresentar características de dureza e cor com a pedra, Joseph Aspdin o construtor registrou o nome de Cimento Portland na patente. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, 2002)

O cimento Portland é um composto a base de clínquer e adições. O clínquer é a mistura em proporções adequadas de calcário e argila, que após o processo de extração em jazidas e a britagem, são misturados e acondicionados em fornos giratórios que atingem até 1450°, após todo processo, a mistura se torna um novo material o clínquer que sai dos fornos ainda incandescente e sofre o resfriamento brusco, é feito a transformação em pó através de processo de moagem fina. Já as adições são materiais que quando adicionados agregam atributos ao cimento, são eles gesso, as escorias de alto forno, os materiais pozolânicos e os matérias carbonáticos. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, 2002)

Figura 1 – Processo de fabricação do cimento Portland.



Fonte: Cimento Mauá (2017).

A utilização de materiais pozolânicos está presente na história do império romano, obras como o Coliseu, Panteão e os Aquedutos foram construídos utilizando uma mistura de cinza vulcânica com cal hidratada que endurecia com a adição de água, era acrescentando também gordura e sangue animal como aditivos para incorporação de ar na mistura. (PEDROSO, 2009).

Figura 2 – Concreto da Roma antiga.



Fonte: Publicação original japonesa Manga de Wakaru Concrete por Tetsuya Ishida e TREND-PRO Co., Ltd. Copyright © 2011 por Tetsuya Ishida e TREND-PRO Co., Ltd..

A NBR 12653:2015 da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, define, como materiais pozolânicos, materiais silicosos ou silicoaluminosos que quando finamente divididos, com a presença de água, sofrem reação com o hidróxido de cálcio em temperatura ambiente formando materiais de propriedades aglomerantes. Podendo ser pozolanas naturais, artificiais, cinzas volantes e outros materiais. As pozolanas naturais podem ser de origem vulcânica ou sedimentar, as pozolanas artificiais são aquelas obtidas por meio de materiais submetidos a tratamento térmico ou de subprodutos industrializados com atividade pozolânica, as cinzas volantes são resultado da combustão de carvão mineral e por último os outros materiais, materiais não convencionais tais como: escórias siderúrgicas ácidas, cinzas de resíduos vegetais e rejeito de carvão mineral.

Segundo (PEDROSO, 2009), o concreto é um compósito obtido através da mistura água, cimento, agregados grãos material granular de partículas

maiores 4,75 mm, como seixos rolados e rocha britada, agregados miúdos como areia e resíduos da construção civil, pode se ainda de acordo com as necessidades construtivas fazer-se uso de aditivos adicionados no concreto em seu estado fresco.

A ABNT NBR 12655:2015 da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, define concreto como mistura homogênea de cimento Portland, agregados graúdos e miúdos e água, com ou sem a inclusão de aditivos químicos, pigmentos, metacaulim, sílica ativa e outros componentes pozolânicos, desenvolvendo suas propriedades através do endurecimento da pasta de cimento e água.

## **2 DESENVOLVIMENTO**

### **2.1 CINZA DOS RESÍDUOS DE MILHO**

A adição de cinzas volantes ao cimento, além de reduzir o percentual de cimento utilizado, contribui incluindo atributos, tornando o concreto mais resistente, melhorando a trabalhabilidade, a longo prazo melhora a sua durabilidade e por ter um menor calor de hidratação torna-se o mais indicado para concretagem e grande volume. (Shakouri, 2020).

Por se tratar de um material de origem vulcânica dessa maneira finito, a busca por novos materiais, de modo geral, que atendam as premissas de sustentabilidade, economia e interesse social, passou a ser primordial, nesse contexto como a própria Norma ABNT NBR 12653:2015 define como outros materiais, as cinzas de resíduos de vegetais.

Segundo Shakouri (2020), as cinzas obtidas de matérias lignocelulósicas<sup>3</sup> ricas em sílica e alumina quando na presença de hidróxido de cálcio podem proporcionar atividade pozolânica proporcionando um concreto com melhorias em suas propriedades físicas e mecânicas. Estudos com a cinza da casca de arroz descobriram que a substituição parcial de cimento por um percentual 20% de cinza da casca do arroz atribuiu maior resistência a compressão ao concreto. Outros estudos com a cinza do bagaço de cana, material esse largamente estudado, constatou que sua utilização pode aumentar o tempo de pega, reduz permeabilidade

---

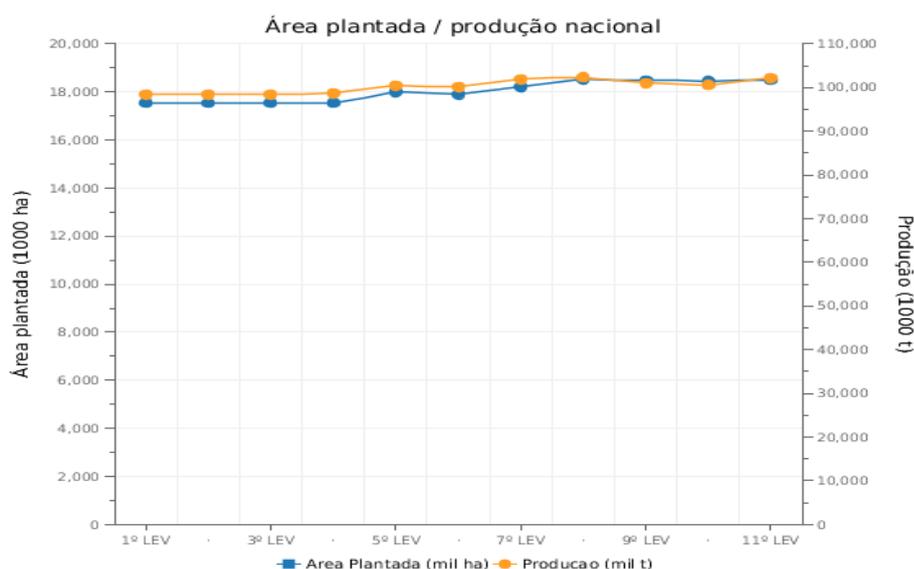
<sup>3</sup> Os materiais lignocelulósicos são aqueles que possuem lignina e celulose (e hemicelulose) em sua composição química. Esses materiais são comumente denominados biomassa lignocelulósica na literatura.

da água, melhora a zona de transição interfacial preenchendo os vazios entre os agregados e matriz de concreto, e também aumenta a condutividade elétrica do concreto.

A cultura do milho passou a ocupar uma posição de grande importância econômica no Brasil, mérito do aumento de produtividade e sua adaptação para cultivo em todas regiões do país. Com o aumento da produtividade, surgiram as novas tecnologias de cultivos, novas variedades para o plantio, bem como os investimentos na cultura. A produção de álcool obtido do milho produzido nos Estados Unidos, impulsionou o mercado mundial, aumentando expressivamente a demanda do cereal, influenciando o mercado a investir na cultura do milho. (Contini et al., 2019)

O milho atingiu nos últimos anos o patamar de maior cultura agrícola do mundo, superado a marca de 1 bilhão de toneladas, ultrapassando as marcas da produção de arroz e o trigo seus antigos concorrentes. Além da sua relevante importância na produção agrícola, ainda pode se destacar a sua versatilidade de utilização para vários fins. De acordo com estimativas, pode se enumerar mais de 3.500 aplicações deste importante grão. O milho é a base para a produção de uma infinidade de produtos, tais como combustíveis, bebidas, polímeros e sua forte utilização na alimentação humana e animal. (Contini et al., 2019)

Figura 3 - Gráfico Área Plantada / produção nacional.



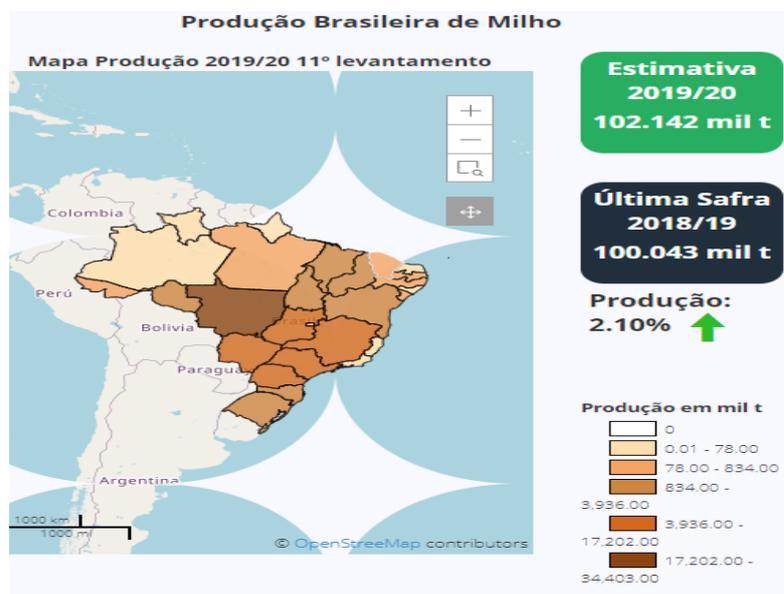
Fonte: CONAB.

O uso do milho vai além da simples nutrição animal ou alimentação humana, o etanol produzido a partir do milho tem uma importante relevância global, e em países como o Estados Unidos, o milho é a principal fonte de bioenergia do país. Estimativas apontam que no Brasil das 85 milhões de toneladas produzidas, aproximadamente 66% desta produção, ou seja, 56 milhões de toneladas utilizadas na nutrição animal. (Contini et al., 2019)

De acordo com a companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2019) as estimativas apontam que a safra de 2019/20 um crescimento na produção brasileira de grãos em comparação à 2018/19. Indicando um volume total próximo de 246,4 milhões de toneladas, apontando um acréscimo de 1,8% ou 4,3 milhões de toneladas, comparando com a safra passada.

A soja, milho e o algodão proporcionaram ao Brasil até o momento um registro histórico de 257,8 milhões de toneladas produzidas, 4,5% ou 11 milhões de toneladas a mais que a safra 2018/20, a produção da soja atingiu um recorde histórico de 124,8 milhões de toneladas produzidas colocando o Brasil como maior produtor mundial, o milho, estima-se mais de 102 milhões de toneladas considerando a safras da região de Sealba, Pernambuco e Roraima, outro destaque é o do algodão em pluma com crescimento de 4,2% a mais na produção em relação a safra passada, atingindo a produção de 2,93 milhões de toneladas. (Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB, 2020)

Figura 4 – Mapa da produção Brasileira de milho 2019/2020.



Fonte: CONAB.

O cultivo do milho é uma fonte geradora de vários resíduos onde em grande parte tem sua utilização empregada na nutrição de ruminantes ou como insumos para o setor industrial, porém quando descartado inapropriadamente, sem manuseio ou tratamento esse volume de resíduo torna-se uma fonte de contaminação e de poluição ao meio ambiente principalmente quando direcionados a cursos d'água. (LOSS, 2009 p.16)

Os volumes dos resíduos do milho gerados segundo estudos alcançam números próximos a 2,3 toneladas de palhada com 15% de umidade para cada tonelada de grãos colhidos, sendo a composição desses resíduos divididos por colmo (caule), folha, palha (cobertura da espiga) e o sabugo (espiga).

Figura 5 – Resíduos da produção de milho deixados na lavoura.



Fonte: Ramon Costa Alvarenga (EMBRAPA).

Baseado nos dados da produção de milho no solo brasileiro com safra 2019/20 estimada em mais de 102 milhões de toneladas, fazendo uma relação com os volumes gerados de resíduos por tonelada de milho produzido estima-se 234,6 milhões toneladas de palhada. Dessa existe a oportunidade para aproveitamento dos sabugos, caule e palha de milho, efetuando a queima desses resíduos e

utilizando as cinzas provenientes como substitutos das convencionais cinzas volantes, substituindo parcialmente um percentual de cimento utilizado no concreto.

Nesse contexto, este projeto objetiva avaliar o uso dos sabugos, caule e palha do milho, resíduos agroindustriais lignocelulósicos abundantes estimados em 234,6 milhões de toneladas produzidos no solo Brasileiro. Dessa maneira verificar os resultados que serão obtidos efetuando a comparação de fatores como espécie de milho utilizado, clima, sistema de plantio, tipo de solo entre outros fatores que diferenciem a caracterização das cinzas obtidas da queima dos resíduos do milho brasileiro em comparação aos resultados obtidos na pesquisa de (Shakouri 2020).

## **2.2 RESULTADOS OBTIDOS ARTIGO DE REFERÊNCIA**

Segundo (Shakouri 2020) os resultados mistos levantados em sua pesquisa podem ser atribuídos a fatores como, sistema utilizado para irrigação, fertilizantes utilizados para produção, espécie de milho utilizada para se obter as cinzas, e o sistemas de processamento para obtenção da cinza.

Nesse contexto, devemos considerar que fatores como clima, sistema de plantio, as características e peculiaridades do solo brasileiro podem influenciar o resultado do estudo, sendo de relevância econômica, social e ambiental o presente estudo.

Conforme M. Shakouri (2020) os resultados do tipo milho irrigado utilizado apresentaram um teor considerável de oxido de potássio, qual afetou de forma negativa o processo de hidratação do cimento, porem apesar das desvantagens apresentadas a utilização das cinzas em unidades de alvenaria com resistência a compressão media, foram satisfatórias sendo maior que o mínimo atualmente estabelecido.

## **3 TRABALHOS FUTUROS**

Pelos resultados satisfatórios obtidos no artigo de M. Shakouri (2020), se mostra promissor o estudo comparativo utilizando resíduos do milho cultivado na região de Presidente Prudente, efetuando assim a caracterização da cinza obtidas, analisando fatores, como clima da nossa região, o método de cultivo, sistema de irrigação, índice pluviométrico, tipo de solo e também o sistema que será utilizado

para queima dos resíduos para obtenção das cinzas, sendo necessário o levantamento empírico em laboratório para coleta de dados, porém em meio a pandemia mundial de COVID-19, a coleta de resultados em laboratório será efetuada posteriormente.

Elaborar corpos de provas de concreto com percentuais de cinzas do resíduo do milho em substituição parcial do cimento Portland, para verificação das propriedades físicas e mecânicas desse concreto.

Estudar a influência das cinzas dos resíduos do milho nas propriedades do concreto, seja ele fresco ou endurecido.

Estudar a influência das cinzas dos resíduos do milho nas propriedades reológicas (de deformação e escoamento) do concreto.

Avaliar os parâmetros de durabilidade do concreto, tais como reações álcali-sílica, ataques por sulfatos e a carbonatação.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Guia básico de utilização do cimento Portland**. 7.ed. São Paulo, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 12655: Concreto de cimento Portland — Preparo, controle, recebimento e aceitação — Procedimento**. Rio de Janeiro, 2015. p.3.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 12653: Materiais pozolânicos — Requisitos**. Rio de Janeiro, 2015. p.3.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB) (2019) **Últimas notícias**. Acesso em: 10 dez. 2019. Disponível em:<  
<https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/3140-producao-de-246-milhoes-de-toneladas-garante-o-recorde-da-safra-de-graos>>.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB) (2020) **Últimas notícias**. Acesso em: 15 set. 2020. Disponível em:<  
<https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/3608-ultimo-levantamento-consolida-safra-recorde-de-graos-em-257-8-milhoes-de-toneladas>>.

CONTINI, E. et al., **Milho - Caracterização e Desafios Tecnológicos**. EMBRAPA Brasília, 2019.

LOSS, E. M. S. **Aproveitamento de resíduos da cadeia produtiva do milho para cultivo de cogumelos comestíveis**. Dissertação de Mestrado Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2009 p.16.

PEDROSO, F. L. **Concreto: as origens e a evolução do material construtivo mais usado pelo homem.** REVISTA CONCRETO Ano XXXVII | Nº 53 Jan. • Fev. • Mar. | 2009

SCRIVENER, K. L.; JOHN, V. M.; GARTNER, E. **Eco-efficient cements: Potential economically viable solutions for a low-CO2 cement-based materials industry.** [s.l.] UNEP, 2016.

SHAKOURI M., **Hydration, strength and durability of cementitious materials incorporating untreated corn cob ash.** Departamento de Tecnologia Industrial, Universidade de Nebraska em Kearney, Kearney, NE, EUA, 2020