

COLÉGIO BELO FUTURO INTERNACIONAL

CIMENTO ECOLÓGICO COM CELULOSE E CASCA DE OVO:

**INOVAÇÃO SUSTENTÁVEL PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL NA ZONA SUL DE SÃO
PAULO**

São Paulo, SP

2025



Amina Saidova

Lucas Lorga

Matheus Muta Zicolau

Solange Figueiredo Alves Fonseca

Yuri Gramani Romanowski

CIMENTO ECOLÓGICO COM CELULOSE E CASCA DE OVO:

**INOVAÇÃO SUSTENTÁVEL PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL NA ZONA SUL DE SÃO
PAULO**

Relatório apresentado à 9ª FEMIC - Feira Mineira de Iniciação Científica.

Orientação do Prof. Yuri Romanowski e
coorientação da Prof.^a Solange Fonseca

São Paulo, SP

2025

RESUMO

O acelerado desenvolvimento urbano na Zona Sul de São Paulo, associado às suas condições climáticas específicas, demanda soluções construtivas mais sustentáveis. Nesse contexto, o cimento com adição de celulose e casca de ovo surge como uma alternativa promissora, capaz de reduzir resíduos na construção civil (PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2023) e melhorar o isolamento térmico das edificações (TONOLI et al., 2016). A produção de cimento convencional representa um dos maiores desafios ambientais do setor, sendo responsável por 8% das emissões globais de CO₂ (GLOBAL CEMENT AND CONCRETE ASSOCIATION, 2021). A casca de ovo, rica em carbonato de cálcio (CaCO₃), e a celulose de resíduos de papel apresentam potencial para substituir parcialmente o cimento Portland, reduzindo o consumo de recursos naturais e promovendo a economia circular (DOH; CHIN, 2014; COSTA et al., 2023). Diante desse problema, a pesquisa busca responder: Como o cimento com celulose e casca de ovo pode reduzir os impactos ambientais das construções na Zona Sul de São Paulo? Os resultados confirmaram a viabilidade técnica da substituição parcial do cimento, resultando em compósitos até 20% mais leves e com menor pegada ambiental. A celulose demonstrou desempenho superior, com mistura homogênea e grande potencial para aplicações não estruturais, como revestimentos e painéis. A casca de ovo, embora tenha produzido um material de menor densidade (1,205 g/cm³), apresentou desafios de homogeneidade e alta absorção de água (38g), necessitando de otimizações futuras. Conclui-se que a estratégia é uma solução criativa para a gestão de resíduos e reduz a dependência do cimento tradicional, alinhando-se diretamente aos ODS 11 (Cidades Sustentáveis), 12 (Consumo Responsável) e 13 (Ação Contra a Mudança Global do Clima), embora a resistência mecânica limitada ainda restrinja sua aplicação a elementos não estruturais.

Palavras-chave: Cimento Ecológico; Celulose; Casca de Ovo; Construção Sustentável; Materiais Alternativos; Zona Sul de São Paulo



SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	5
2 JUSTIFICATIVA	6
3 OBJETIVO GERAL	7
4 METODOLOGIA	8
5 RESULTADOS OBTIDOS.....	9
6 CONCLUSÕES OU CONSIDERAÇÕES	
FINAIS.....	10
REFERÊNCIAS.....	

CIMENTO ECOLÓGICO COM CELULOSE E CASCA DE OVO: INOVAÇÃO SUSTENTÁVEL PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL NA ZONA SUL DE SÃO PAULO



1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento urbano acelerado na Zona Sul de São Paulo, associado às suas condições climáticas particulares, exige soluções construtivas mais sustentáveis. Pesquisas recentes mostram que o cimento com adição de celulose e casca de ovo surge como alternativa promissora, pois além de reduzir resíduos na construção civil (PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2023), melhora significativamente o isolamento térmico das edificações (TONOLI et al., 2016). A casca de ovo apresenta-se como alternativa sustentável na produção de concreto, visto que contém elevada pureza de carbonato de cálcio (CaCO_3) - aproximadamente 90% a 94% - elemento essencial também presente no cimento Portland (DOH; CHIN, 2014). Além de reduzir o descarte inadequado de resíduos agrícolas, essa aplicação contribui para a diminuição do consumo de calcário natural e para a produção de concretos mais impermeáveis (COSTA et al., 2023). Estudos demonstram que a incorporação do pó de casca de ovo em proporções de até 10-15% pode inclusive melhorar a resistência à compressão e à flexão em comparação ao concreto convencional, desde que o material seja bem processado (ZHANG, 2024). Um dos maiores desafios ambientais da construção civil é a produção de cimento convencional, responsável por 8% das emissões globais de CO_2 , segundo dados da Global Cement and Concrete Association (GLOBAL CEMENT AND CONCRETE ASSOCIATION, 2021). Diante deste problema, nossa pesquisa busca responder: como o cimento com celulose e casca de ovo pode reduzir os impactos ambientais das construções na Zona Sul de São Paulo? De acordo com estudos e

pesquisas realizadas, formulamos a hipótese de que estes materiais provenientes de resíduos podem trazer quatro vantagens: (1) redução do consumo de cimento tradicional em até 30%; (2) diminuição da poluição atmosférica; (3) preservação de recursos naturais não renováveis; e (4) economia de energia no processo produtivo.

CIMENTO ECOLÓGICO COM CELULOSE E CASCA DE OVO:
INOVAÇÃO SUSTENTÁVEL PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL NA
ZONA SUL DE SÃO PAULO



2 JUSTIFICATIVA

A construção civil é um dos setores que mais consome recursos naturais e gera impactos ambientais. Só a produção do cimento comum é responsável por 8% de todo o gás carbônico (CO_2) lançado na atmosfera no mundo. Pensando nisso, nosso projeto propõe uma solução inovadora e sustentável: a criação de um cimento ecológico usando dois materiais que normalmente seriam descartados: celulose de papel e casca de ovo.

A casca de ovo é riquíssima em carbonato de cálcio, o mesmo mineral principal do cimento tradicional. Já a celulose ajuda a melhorar o isolamento térmico do material. Ao usarmos esses resíduos, nosso projeto busca:

- Reduzir a poluição e o acúmulo de lixo;
- Diminuir a extração de pedras da natureza (como o calcário);
- Criar um material de construção que pode ajudar a tornar as edificações da Zona Sul de São Paulo mais confortáveis termicamente.

Esta pesquisa se alinha com a busca por um futuro mais sustentável, contribuindo diretamente para cidades mais verdes e um consumo mais responsável.

CIMENTO ECOLÓGICO COM CELULOSE E CASCA DE OVO:
INOVAÇÃO SUSTENTÁVEL PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL NA
ZONA SUL DE SÃO PAULO



3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Analisar comparativamente a sustentabilidade do cimento com adição de celulose e casca de ovo em relação ao cimento convencional, considerando aspectos ambientais, técnicos e econômicos, e sua contribuição para os ODS 11, 12 e 13 (TECHNOVATION GIRLS, 2025).

3.2 Objetivos específicos

- Analisar sistematicamente a influência das proporções de água, celulose, casca de ovo e cimento nas propriedades mecânicas (dureza, resistência à compressão) e físicas (densidade, umidade e absorção) do composto
- Avaliar em laboratório o desempenho dos diferentes compostos mediante ensaios padronizados de absorção de água e resistência térmica.
- Quantificar a redução potencial de emissões de CO₂ e consumo de recursos naturais não

renováveis com a utilização dos compostos alternativos.

- Investigar a viabilidade econômica de produção em escala dos compostos com celulose e casca de ovo, considerando custos de matéria-prima, processamento e aplicação.

CIMENTO ECOLÓGICO COM CELULOSE E CASCA DE OVO:
INOVAÇÃO SUSTENTÁVEL PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL NA
ZONA SUL DE SÃO PAULO



4 METODOLOGIA

Este estudo adotou uma abordagem experimental para desenvolver uma alternativa sustentável ao cimento convencional, partindo da análise crítica de seus impactos ambientais. A pesquisa iniciou com uma extensa revisão bibliográfica que fundamentou nossa compreensão sobre os processos convencionais de produção do cimento e seus efeitos no meio ambiente, particularmente no que se refere ao consumo de recursos naturais e emissões de CO₂. Esta etapa teórica nos permitiu formular com precisão o problema da pesquisa e estabelecer hipóteses testáveis. Para a fase prática, aproveitamos os resíduos de papel e cascas de ovo descartados em nossa escola, Colégio Belo Futuro Internacional, como matéria-prima principal. O processo experimental foi planejado, começando pela trituração dos papéis em liquidificador até obter uma pasta celulósica homogênea, e pela moagem das cascas de ovo até a obtenção de pó fino. Estes materiais foram então misturados ao cimento Portland e água na proporção inicial de 1:3, com variações controladas na quantidade de celulose e casca de ovo (25% para testar esta formulação). A moldagem foi realizada em moldes inovadores de policarbonato projetados no software Tinkercad e impressos em 3D. Após um período controlado de cura de 24 horas em ambiente laboratorial - tempo justificado como mínimo necessário para atingir rigidez inicial suficiente para desforma e manuseio, conforme práticas consolidadas em laboratório

(WOTAI CHEM, 2025; TENESSY, 2025) - os protótipos foram submetidos a uma bateria de testes que incluíram avaliações de resistência à compressão, densidade, absorção de água e dureza superficial. Cada formulação foi rigorosamente documentada, registrando-se massas exatas, volumes, tempos de processamento e todos os dados quantitativos e qualitativos relevantes. A metodologia adotada permitiu não apenas a produção e teste do cimento ecológico, mas também a coleta sistemática de dados comparativos que nos possibilitaram avaliar objetivamente o desempenho do novo material em relação ao cimento convencional, sempre com foco em sua aplicabilidade prática e de redução de impactos ambientais.

CIMENTO ECOLÓGICO COM CELULOSE E CASCA DE OVO:
INOVAÇÃO SUSTENTÁVEL PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL NA
ZONA SUL DE SÃO PAULO



5 RESULTADOS OBTIDOS

Proporção	Massa	Densidade	Dureza	Resistência	Absorção (água)	Textura	Desintegração térmica
3:1 (Cimento puro)	371 gramas	1.855 g/cm ³	Maior Dureza	96 kg	x	Superfície com textura uniforme	Não houve diferença
02:01:01 (Celulose)	305 gramas	1.525 g/cm ³	Menor Dureza	75 kg	x	Superfície com grãos soltos e pó	Não houve diferença
02:01:01 (Celulose)	306 gramas	1.53 g/cm ³	Menor Dureza	75 kg	x	Superfície com grãos soltos e pó	Não houve diferença
3:1 (Cimento puro)	385 gramas	1.925 g/cm ³	Maior Dureza	x	13 gramas	Superfície com textura uniforme	Não houve diferença
02:01:01 (Celulose)	293	1.465 g/cm ³	Menor	x	36 gramas	Superfície	Não houve

	gramas		Dureza			com grãos soltos e pó	diferença
1:1:1:1 (Casca de ovo)	241 gramas	1.205 g/cm ³	Menor Dureza	x	38 gramas	Superfície rústica	Não houve diferença
2:1:1:1 (Casca de ovo)	294 gramas	1.47 g/cm ³	Menor Dureza	x	34 gramas	Superfície pouca áspera	Não houve diferença

CIMENTO ECOLÓGICO COM CELULOSE E CASCA DE OVO:
INOVAÇÃO SUSTENTÁVEL PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL NA
ZONA SUL DE SÃO PAULO



Os testes realizados confirmaram que é possível substituir parcialmente o cimento por resíduos como celulose (vinda de papel reciclado) e casca de ovo, resultando em materiais de construção mais leves, sustentáveis e com menor impacto ambiental. No entanto, como já era esperado, essa substituição causou uma redução na resistência mecânica, o que limita o uso desses compósitos em estruturas que exigem alta resistência.

A celulose apresentou desempenho mais consistente, com fácil obtenção, bom manuseio e redução significativa no peso das amostras (cerca de 20% mais leves que o cimento convencional). Apesar de sua resistência ser menor (75 kg frente aos 96 kg do cimento puro), a uniformidade da mistura e a disponibilidade desse resíduo fazem da celulose uma alternativa muito promissora para aplicações não estruturais, como revestimentos térmicos, painéis acústicos e blocos de vedação.

Por outro lado, a casca de ovo proporcionou um material ainda mais leve (densidade de 1,205 g/cm³), mas enfrentou maiores desafios. A absorção de água foi elevada (38g), e a textura da mistura ficou menos homogênea. Isso mostra que, apesar do seu potencial, a casca de ovo precisa de ajustes técnicos, como o uso de aditivos (ex: sílica ativa ou fibras) para melhorar sua durabilidade e resistência.

Ambas as alternativas demonstraram importante impacto ambiental positivo, já que reduzem a dependência do cimento Portland — um dos principais emissores de CO₂ no setor da construção. A celulose, em especial, se destaca por ser amplamente disponível e de fácil reaproveitamento, especialmente em ambientes escolares, empresas e residências. Já a casca de ovo exige uma logística de coleta e processamento mais específica, o que pode dificultar sua aplicação em larga escala sem planejamento.

No entanto, algumas limitações foram identificadas. A resistência à compressão ainda é inferior à do cimento tradicional, o que impede seu uso em elementos estruturais. Além disso, a alta absorção de água pode comprometer a durabilidade das peças em ambientes úmidos, sendo necessário realizar testes de resistência ao tempo, à chuva e à variação de temperatura em pesquisas futura

CIMENTO ECOLÓGICO COM CELULOSE E CASCA DE OVO:
INOVAÇÃO
SUSTENTÁVEL PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL NA
ZONA SUL DE SÃO PAULO



6 CONCLUSÕES

Concluiu-se que é tecnicamente viável desenvolver um cimento ecológico a partir da combinação de cimento convencional com resíduos como celulose e casca de ovo. O material resultante é mais leve, mais sustentável e representa uma solução criativa para o problema do descarte de resíduos sólidos. No entanto, ele ainda não substitui totalmente o cimento tradicional, principalmente quando se trata de aplicações estruturais.

A celulose mostrou-se a alternativa mais eficiente, com melhor desempenho geral e grande potencial de reaproveitamento em escala. A casca de ovo, apesar de promissora, requer mais estudos e ajustes para atingir níveis aceitáveis de resistência e durabilidade.

Como próximos passos, recomenda-se:

- Otimizar as proporções dos resíduos na mistura (testando entre 15% e 20%);
- Adicionar componentes como sílica ativa ou fibras naturais para melhorar a resistência e diminuir a absorção de água;
- Realizar testes de durabilidade em ambientes reais;
- E, por fim, conduzir uma análise econômica para avaliar a viabilidade de produção em larga escala.

Nosso destaque nesta pesquisa é claro:

"Transformamos resíduos (papel e cascas de ovo) em cimento ecológico! Ainda não é tão resistente quanto o tradicional, mas é mais leve, sustentável e perfeito para aplicações não estruturais. O próximo passo? Torná-lo ainda mais forte!"

CIMENTO ECOLÓGICO COM CELULOSE E CASCA DE OVO:
INOVAÇÃO
SUSTENTÁVEL PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL NA
ZONA SUL DE SÃO PAULO



Essa proposta representa mais do que um material alternativo — é uma nova forma de pensar a construção civil, aliando sustentabilidade, ciência e responsabilidade ambiental.

CIMENTO ECOLÓGICO COM CELULOSE E CASCA DE OVO:
INOVAÇÃO
SUSTENTÁVEL PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL NA
ZONA SUL DE SÃO PAULO



REFERÊNCIAS

BENCARDINO, F. et al. Cement-Based Mortars with Waste Paper Sludge-Derived Cellulose Fibres. MDPI, 2024.

BRASIL ESCOLA. Análise da viabilidade do tijolo ecológico de solo-cimento na construção civil: uma revisão de literatura. 2025.

COSTA, A. et al. Sustainable Cement Replacement Using Waste Eggshells: A Review. ScienceDirect, 2023.

DOH, S. I.; CHIN, S. C. Eggshell Powder: Potential Filler in Concrete. Journal of Advanced Concrete Technology, v. 12, n. 5, p. 143-157, 2014.

GLOBAL CEMENT AND CONCRETE ASSOCIATION. Climate Ambition. 2021.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. 2023.

REGALIN JÚNIOR, G.; NIENOV, F. A. Incorporação de pó de casca de ovo de galinha em misturas de solo-cimento. *Conhecimento em Construção*, v. 9, 2023.

SANTOS, F. A.; KLEIN, K. J. Z.; NIENOV, F. A. Incorporação de resíduos de celulose do tipo Dregs na mistura solo-cimento como agente melhorador do solo. *Conhecimento Em Construção*, v. 11, p. 203–212, 2025.

TECHNOVATION GIRLS. ODS 13: Ação contra a mudança global do clima. 2025.

TENESSY. Quanto tempo o concreto leva para curar? 2025.

TONOLI, G. H. D. et al. Cellulose fibers as reinforcement in cement composites: Durability and performance. *Construction and Building Materials*, v. 102, p. 278-285, 2016.

WOTAI CHEM. Quanto tempo o concreto leva para curar? 2025.

ZHANG, G. Y. Influence of Eggshell Powder on the Properties of Cement. *Journal of Sustainable Construction*, v. 8, n. 2, p. 45-59, 2024