



ENGENHARIA CIVIL
FEMIC JOVEM

Maria Clara Lira de Melo
Matheus Pereira de Lima
Millena Teles Pita Vanderlei Melo

Orientadora: Francisca Nogueira Martins

Unidade Integrada SESI SENAI Carlos Guido
Ferrario Lobo

Maceió, Al
Brasil



climplent@gmail.com



Climplent: composto de biomassas para a produção de cimento



Apresentação



A indústria cimenteira é um pilar crucial para a infraestrutura global, mas também uma das maiores fontes de emissões, sendo responsável por aproximadamente 5% das emissões globais de CO₂. Esta pegada de carbono é majoritariamente causada pela calcinação do clínquer, o componente mais intensivo em carbono do cimento.

A urgência da descarbonização deste setor é uma prioridade global, conforme debatido no Fórum Econômico Mundial de Davos (2023). O projeto Climplent nasce como uma resposta de engenharia de materiais a este desafio: desenvolver um composto de biomassas que substitua parcialmente o clínquer, utilizando resíduos regionais. Essa abordagem não só reduz drasticamente o impacto ambiental, mas também promove a Economia Circular na construção civil.

Objetivos



Objetivo geral

Desenvolver um composto de biomassas para a produção de cimento, visando à promoção da sustentabilidade na indústria cimenteira e alcance de ganhos econômicos por meio de uma produção consciente e de baixo impacto ambiental.

Objetivos específicos

- Realizar análises químicas do composto de biomassas para identificar sua composição em elementos como sílica, alumina, cal e óxido de ferro, com o intuito de assegurar que suas características químicas sejam comparáveis às do clínquer, o principal componente do cimento convencional;
- Analisar se esse composto de biomassas apresenta consistência e granulometria semelhantes às do cimento tradicional, a fim de garantir capacidade de solidificação e velocidade de hidratação de forma adequada.

Metodologia



O climplent é um composto de biomassas que pode ser integrado à fabricação do cimento, visando promover a redução da quantidade de clínquer utilizada no processo. Para assegurar sua incorporação na composição, será necessário que o produto apresente características químicas do clínquer e características físicas do cimento.

Por meio de um estudo bibliográfico detalhado, foi possível assegurar, além da disponibilidade, o desempenho técnico e o impacto ambiental de matérias-primas como bagaço de cana-de-açúcar, fibras de bambu, casca de mandioca e fibras de arroz, que apresentam os principais elementos químicos do clínquer, como sílica (SiO_2), alumina (Al_2O_3), cal (CaO) e óxidos de ferro (Fe_2O_3).

Metodologia



Preparação da Matéria-Prima: Coleta e tratamento (limpeza, secagem e calcinação) das biomassas, seguido de armazenamento adequado em dessecador.

• Matéria Prima



Preparação | Obtenção da Matéria prima



Preparação | Matéria prima



Preparação | Pesagem



Mufla | Calcinação



Cinzas | Biomassas

Metodologia



Análise Química: Determinação da caracterização química das biomassas em comparação com o clínquer, utilizando técnicas como EDX, FT-IR, Termogravimetria e Espectrometria de Massa, para garantir compatibilidade química e eficácia na produção de cimento.

- **Análise Química**



Metodologia



Análise Física: Avaliação das propriedades físicas do composto em relação ao cimento tradicional, incluindo testes de consistência e granulometria, para garantir características adequadas para a construção civil.

• Análise Física



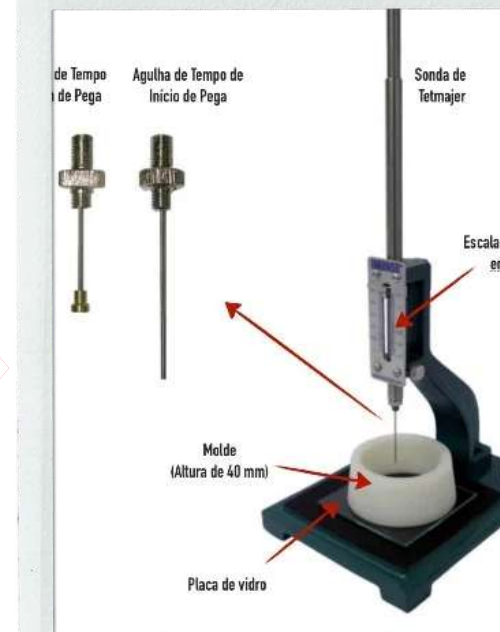
Formulação | Reação das
biomassas com o clínquer



Formulação | Testes



Granulometria |
Peneira ABNT 0,075 mm



Consistência e pega |
Sonda de Tetmajer

Resultados alcançados



Conclusão Positiva em 100% dos Testes: Todas as análises (químicas e físicas) da formulação-base foram concluídas com êxito, comprovando a eficácia das biomassas.



Validação da Viabilidade Técnica: O composto demonstrou ser um substituto viável do clínquer, mantendo as propriedades necessárias do cimento.

Resultados alcançados



9ª Feira Mineira de Iniciação Científica



Resultado da análise do EDX-720 para arroz carbonizado e em pó

ELEMENTOS QUÍMICOS	RESULTADOS	
	ARROZ CARBONIZADO	ARROZ EM PÓ
Ca	4,66%	9,30%
• Si	76,81%	65,96%
S	0,99%	1,19%
K	10,17%	6,20%
Fe	3,61%	7,73%
Zn	0,06%	0,07%
Cu	0,06%	0,07%
P	1,53%	0,01%
Mn	1,26%	0,94%
Al	0,39%%	6,17%
Sr	...	1,30%
Ti	...	1,07%

Fonte: Elaboradas pelo autor

Resultados alcançados



Resultado da análise do EDX-720 para a cinza do bambu e cana-de-açúcar

ELEMENTOS QUÍMICOS	RESULTADOS	
	CINZA DO BAMBU	CINZA DO BAGAÇO DA CANA
• Ca	48,50%	38,19%
Si	40,03%	12,00%
S	7,35%	8,89%
K	2,55%	31,19%
Fe	0,76%	2,26%
Zn	0,15%	0,08%
Cu	0,10%	...
Sr	0,03%	0,04%
Mn	0,53%	...
Ti	...	...
P	...	6.52%

Fonte: Elaboradas pelo autor

Resultados alcançados



Resultado da análise do EDX-720 para a cinza da mandioca e clínquer

ELEMENTOS QUÍMICOS	RESULTADOS	
	CINZA DA MANDIOCA	CLÍNQUER
Ca	24,82%	81,95%
Si	15,69%	11,04%
S	2,08%	1,05%
• K	46,71%	1,07%
Fe	3,00%	4,11%
Zn	0,19%	0,08%
Cu	0,05%	0,07%
Sr	0,13%	0,29%
Ti	4,51%	0,35%
P	2,78%	...
Mn	0,13%	...

Fonte: Elaboradas pelo autor

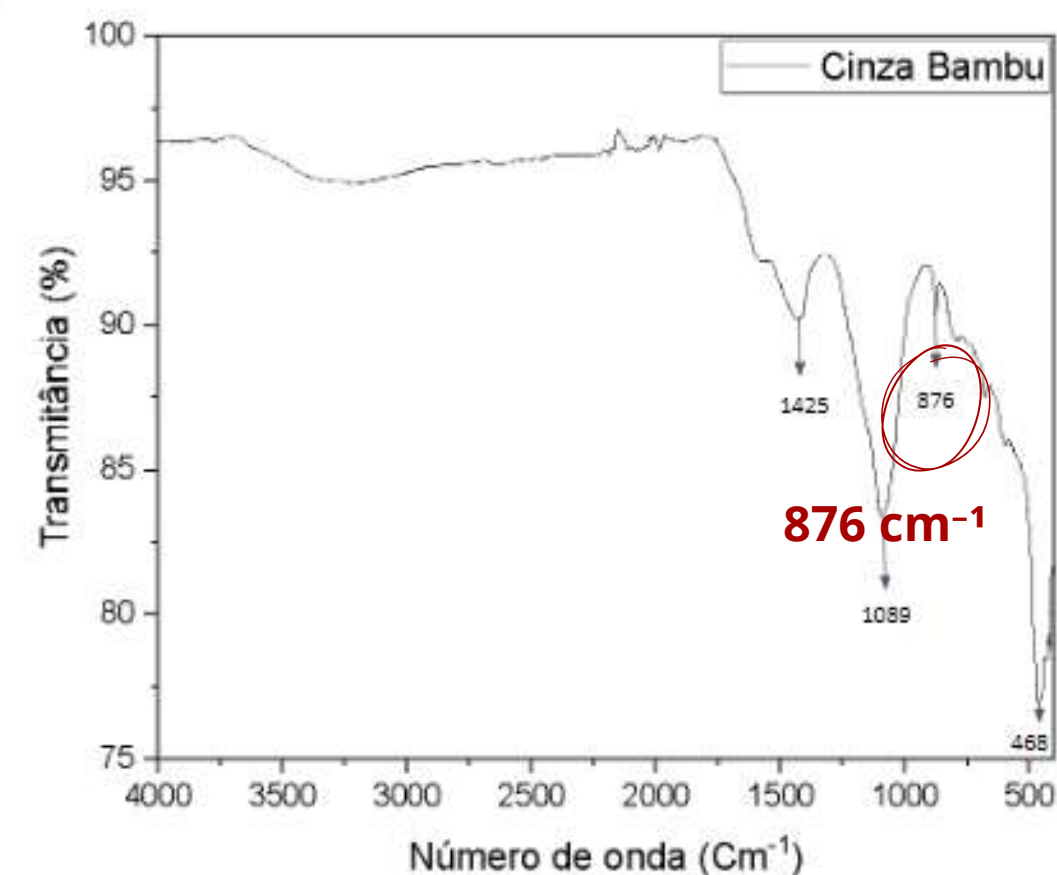
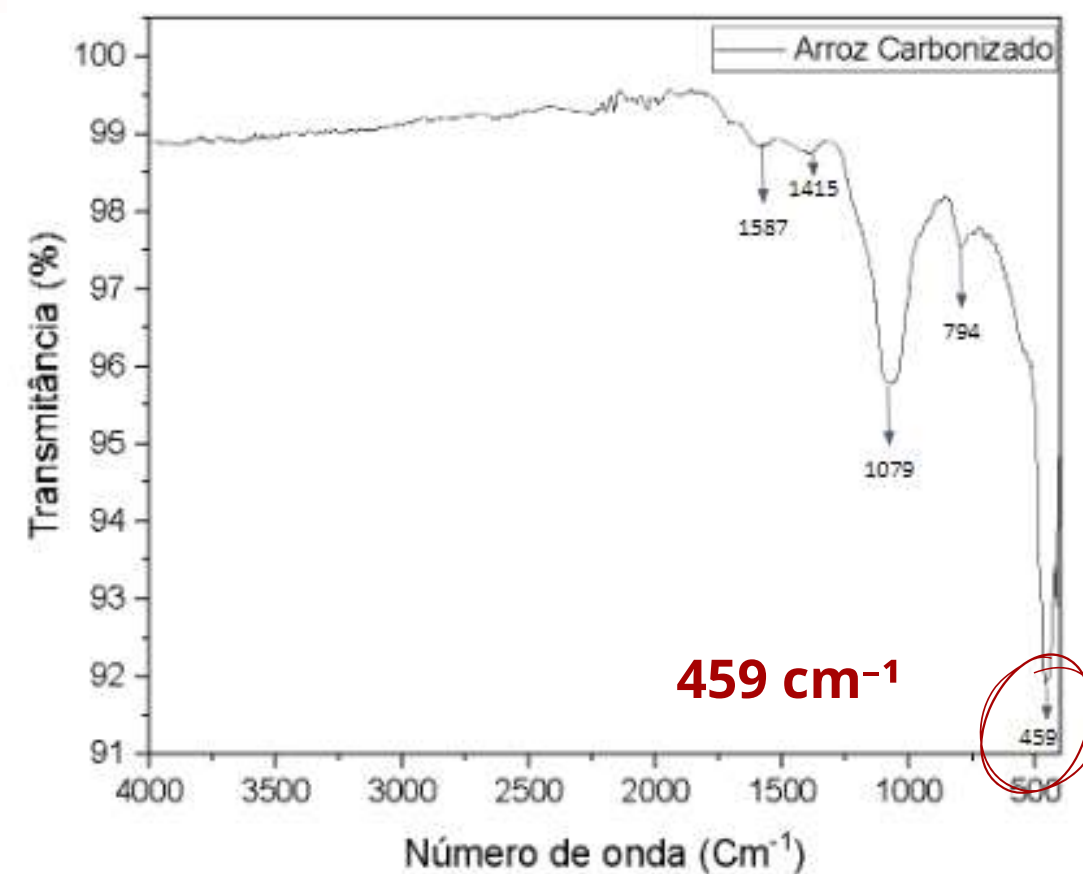
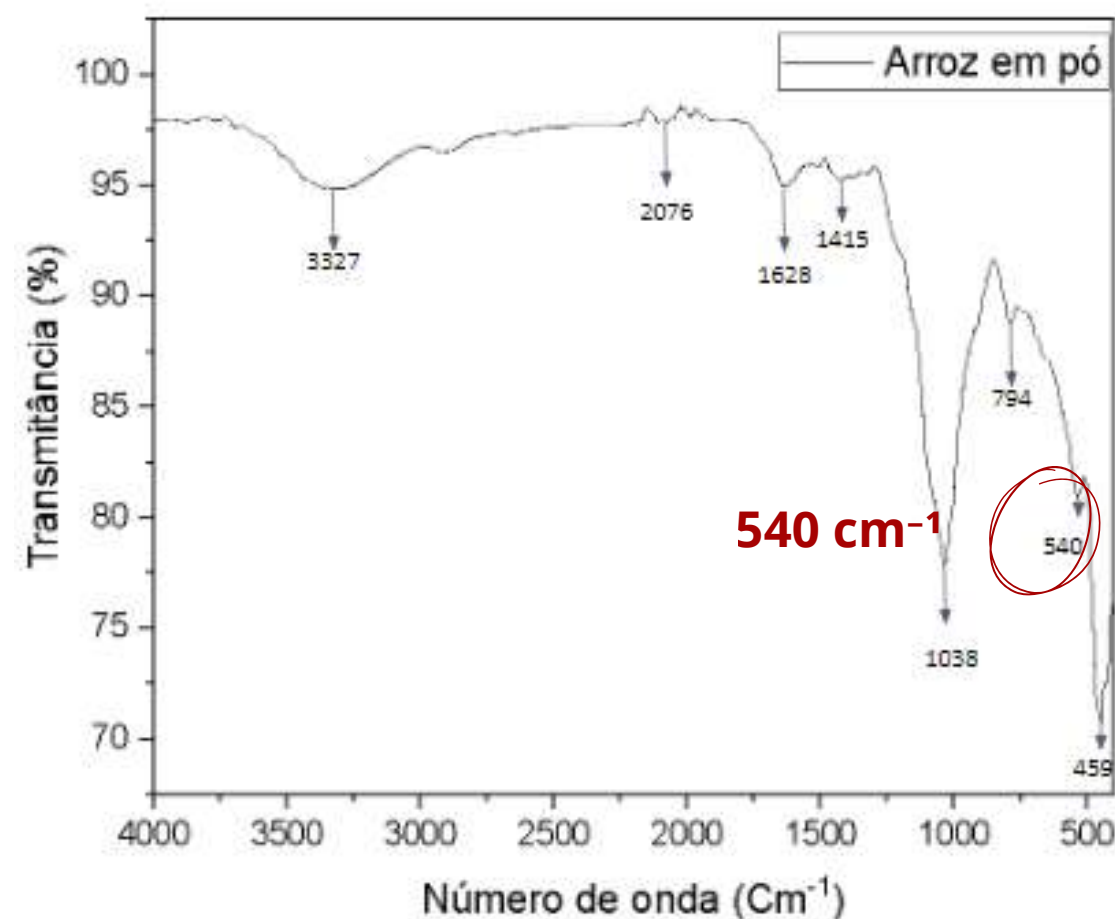
Resultados alcançados



9ª Feira Mineira de Iniciação Científica



Resultado da análise do FT-IR comparação dos gráficos



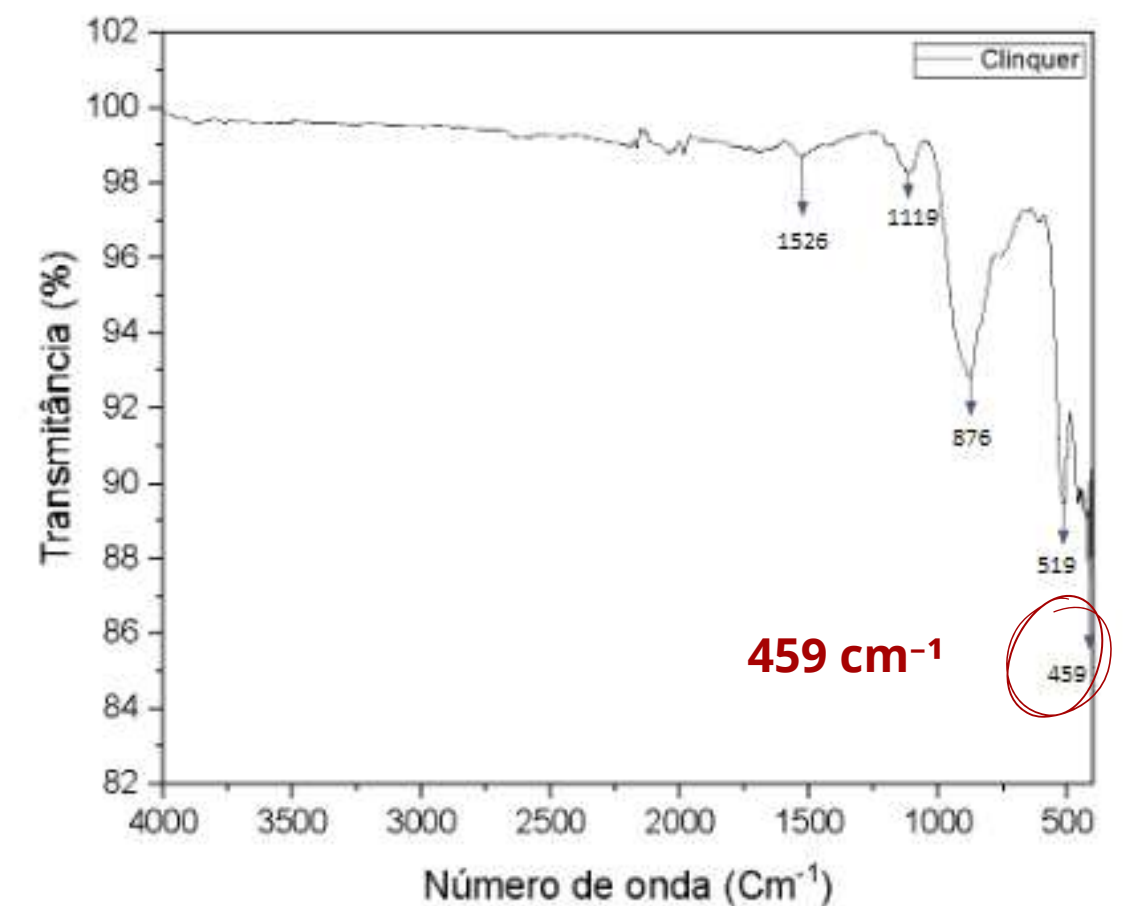
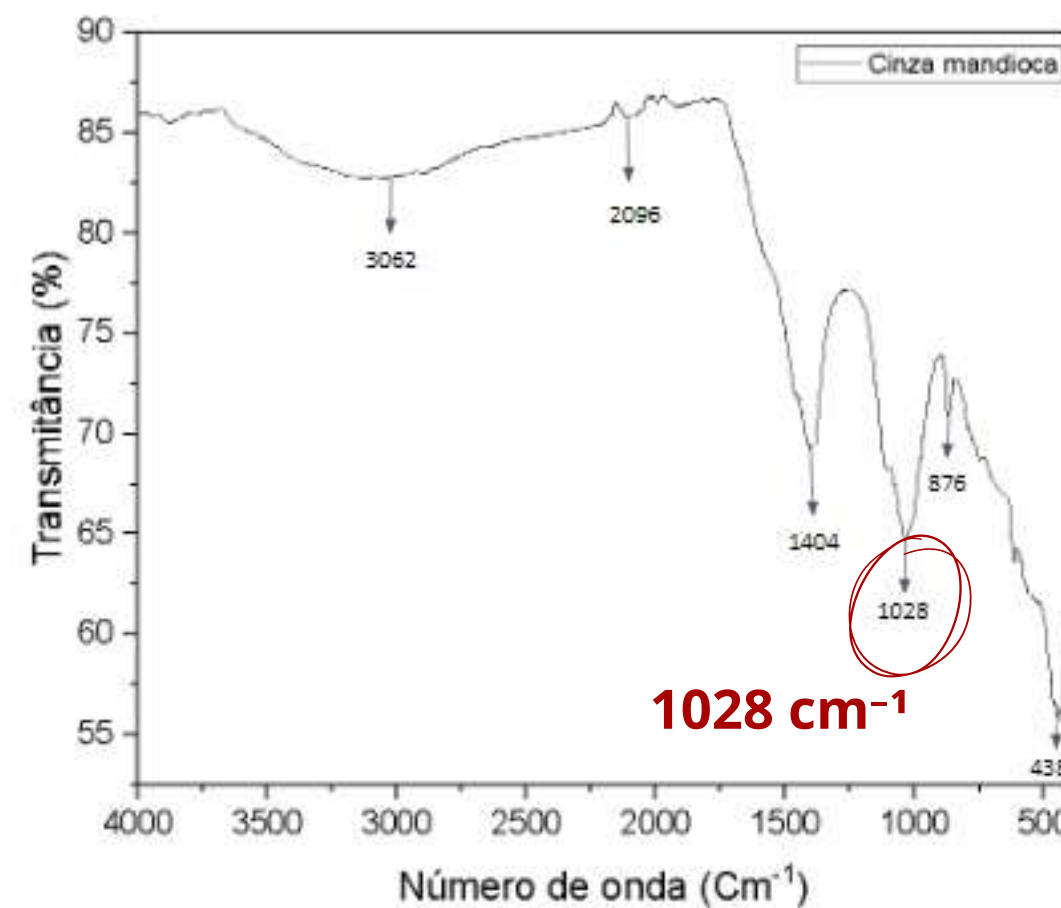
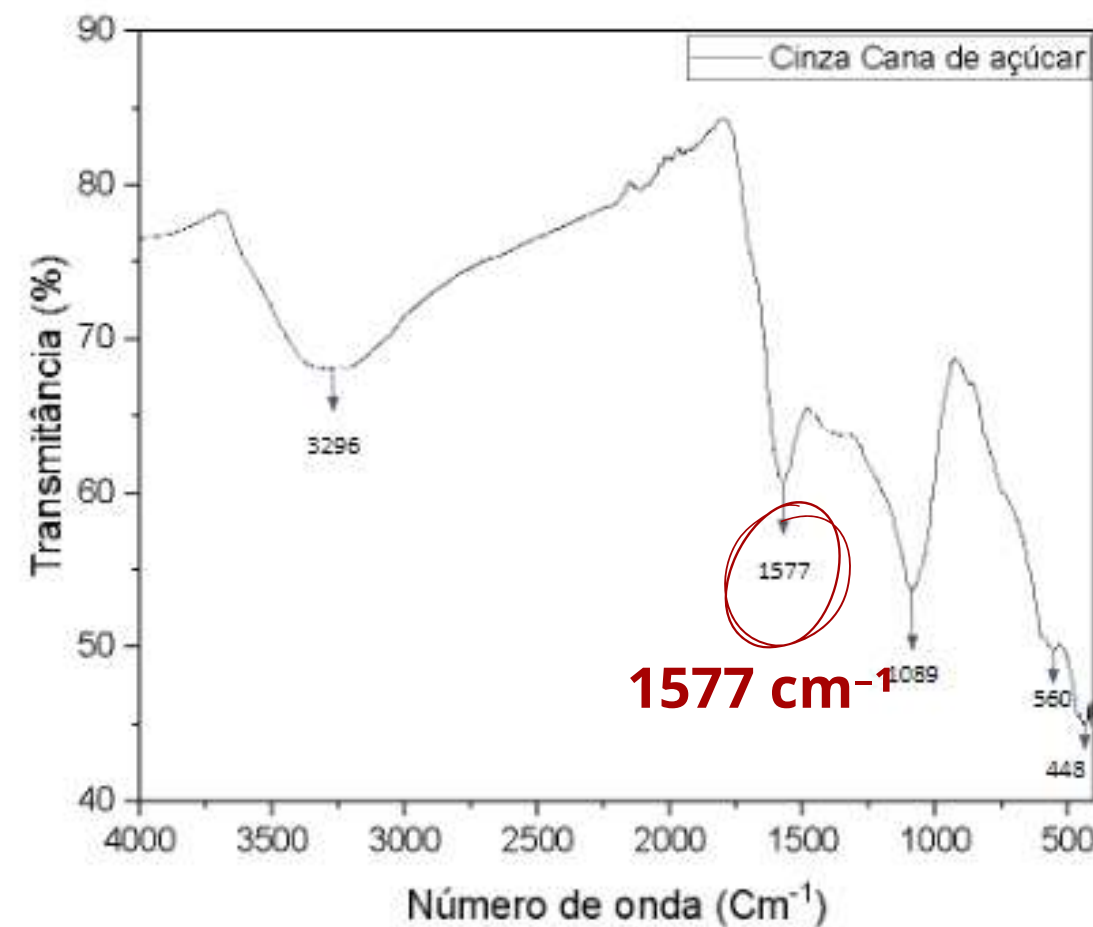
Resultados alcançados



9ª Feira Mineira de Iniciação Científica



Resultado da análise do FT-IR comparação dos gráficos



Resultados alcançados



9ª Feira Mineira de Iniciação Científica



Ph | Neutro.



Clínquer.



Formulações |
Clínquer + Biomassas.



Preparações + Utilização da
peneira ABNT 0,075.

Resultados alcançados



9ª Feira Mineira de Iniciação Científica



Preparação para o teste de consistência + pesagem do material.



calibração da sonda Tetmajer + observação da amostra após a solidificação.

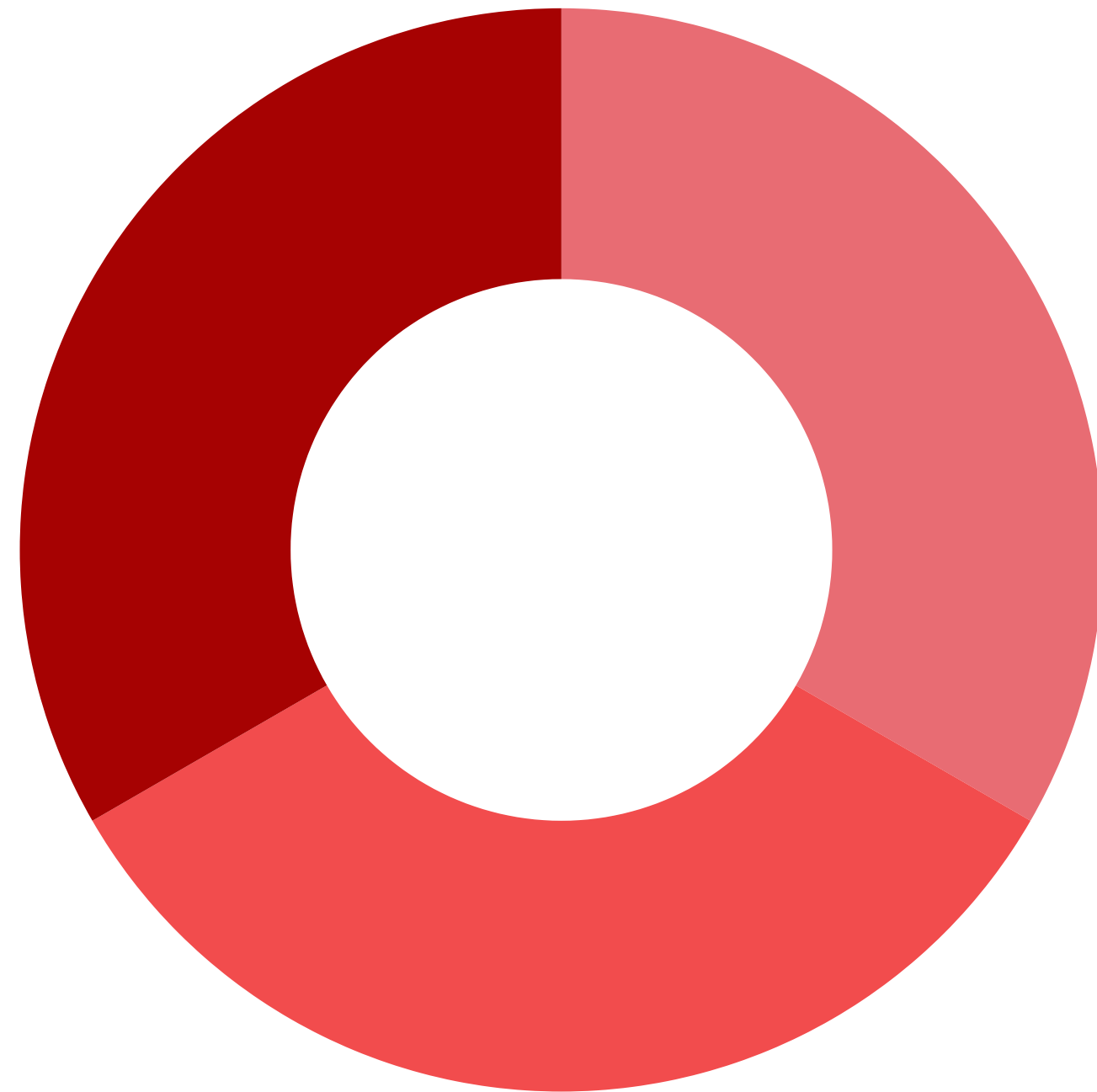


Protótipo da embalagem do Climplent.



Teste de compressão

Aplicabilidade dos resultados no cotidiano da sociedade



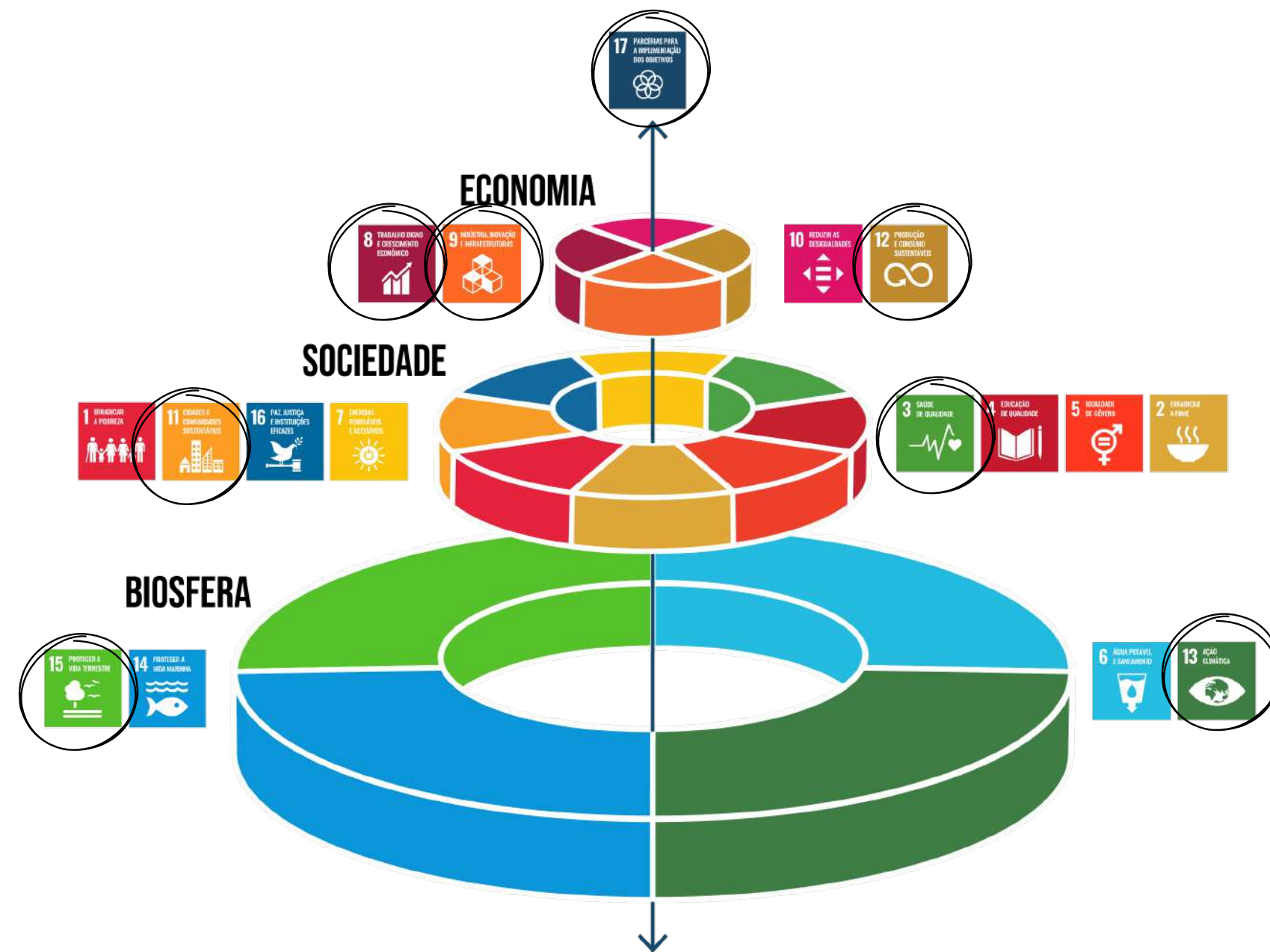
Pilares para uma vida mais sustentável.

- Descarbonização e qualidade de vida
- Valorização e geração de renda
- Solução para o esgotamento de recursos

Aplicabilidade dos resultados no cotidiano da sociedade



9ª Feira Mineira de Iniciação Científica



Fonte: <https://natureinvest.org/blog/?p=1025>

Graphics by Jerker Lokrantz/Azote

Criatividade e inovação



Biomassa Multifuncional: A formulação é otimizada pela alta concentração de Silício (76,8% no arroz carbonizado) e Cálcio (48,5% no bambu) , essenciais para o cimento Portland.

Validação Científica: Uso das análises EDX e FT-IR para confirmar a presença de grupos funcionais e elementos químicos semelhantes aos do clínquer , classificando a mistura final dentro do padrão de **Cimento CP IV**.

Disrupção e Economia Circular: O Climplent ataca dois problemas globais simultaneamente: Crise Climática (descarbonização) e Gestão de Resíduos (valorização de subprodutos).

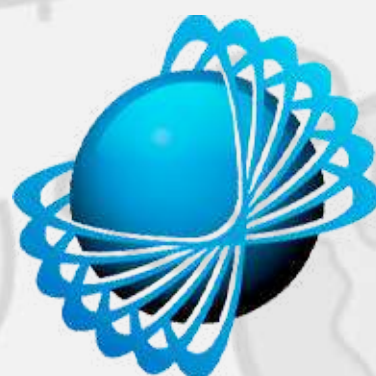
Considerações finais



Climplent alcançou plenamente todos os objetivos, validando a viabilidade técnica, econômica e ambiental por meio da substituição parcial do clínquer por nossas biomassas.

- Análises EDX e FT-IR confirmaram a presença expressiva de sílica e aluminatos, comprovando a capacidade de reação do Climplent;
- As formulações demonstraram viabilidade econômica - com a formulação padrão de 48% clínquer, 50% biomassas e 2% gesso - atingindo um custo estimado de R\$58,45 por saco, .
- Posteriormente se faz necessário a realização de ensaios físico-mecânicos, estudos de ACV e testes em ambientes reais, consolidando o Climplent como uma alternativa segura e eficiente para a inovação sustentável da construção civil.

SESI Serviço
Social
da Indústria



FAPEAL

FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA
DO ESTADO DE ALAGOAS



9ª Feira Mineira de Iniciação Científica



De 08 a 28 de novembro de 2025

Realização



Associação Mineira de
Pesquisa e Iniciação Científica

UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE MINAS GERAIS



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÃO



Apoiadores e parceiros