

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DA PARAÍBA - FIEP
ESCOLA SESI - DIONÍSIO MARQUES DE ALMEIDA - DMA
LABORATÓRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA – LIC

ARBITS – PRODUÇÃO DE UM CIMENTO SUSTENTÁVEL A BASE DE
COMPOSTOS NATURAIS PARA APLICABILIDADE NO DESENVOLVIMENTO
DE TELHAS SUSTENTÁVEIS: UMA ALTERNATIVA BIOCLIMÁTICA EM MEIO
A CONSTRUÇÃO CIVIL

Patos, PB

2024



Artur Souza Felinto de Oliveira
Larissa Sofhia Viana Meira da Nóbrega
Maria Clara Afonso de Lucena

Janaina Larice de Brito Lucas

**ARBITS – PRODUÇÃO DE UM CIMENTO SUSTENTÁVEL A BASE DE
COMPOSTOS NATURAIS PARA APLICABILIDADE NO DESENVOLVIMENTO
DE TELHAS SUSTENTÁVEIS: UMA ALTERNATIVA BIOCLIMÁTICA EM MEIO
A CONSTRUÇÃO CIVIL**

Relatório apresentado à 8ª FEMIC - Feira
Mineira de Iniciação Científica.

Orientação da Prof. Janaina Larice de Brito
Lucas.

Patos, PB

2024



RESUMO

A produção industrial de telhados concernentes ao cimento *Portland* é extremamente prejudicial ao meio ambiente, e está ligada às emissões globais de dióxido de carbono. As problemáticas acometidas por meio de seu desenvolvimento estão ligadas a aspectos ambientais, sociais e econômicos, já que estes não seguem os conceitos da arquitetura bioclimática. Este projeto visa a produção de um cimento sustentável à base de compostos naturais, com a aplicabilidade no desenvolvimento de telhas sustentáveis como uma alternativa bioclimática em meio a construção civil. Em relação a abordagem, o trabalho se classifica como qualitativa e de natureza aplicada, pois é dedicada à geração de conhecimento para solução de problemas específicos. Classifica-se em relação ao seu objetivo como explicativa e ao seu método como pesquisa experimental. O material natural é do tipo pulverulento, e o objetivo de sua utilização é substituir o clínquer *Portland* presente nas composições das telhas cimentícias, obtidas por meio da queima de combustíveis fósseis. A seleção de materiais resultou após a realização de pesquisas em fontes bibliográficas e *networking* com profissionais do setor da construção civil. Sendo assim, optou-se por utilizar compostos agregados em pó junto de uma substância ligante para que chegasse a uma consistência homogênea e moldável para prototipação das telhas. De acordo com os testes realizados, as telhas produzidas mostraram ser resistentes, com baixo índice de absorção de água e biodegradáveis em meio aquático. A importância deste projeto reside na sua capacidade de reduzir emissões de CO₂, utilizar recursos naturais renováveis, gerir resíduos de maneira eficiente e melhorar a eficiência energética das construções. Assim, inovando no mercado da construção civil.

Palavras-chave: Cimento natural, Telhas sustentáveis, Construção civil.



LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Produção do plano de pesquisa e busca pelo referencial teórico.....	11
Figura 02 - Seleção e esterilização das cascas de ovos arrecadadas.....	15
Figura 03 - Disposição das cascas de ovos para redução de umidade.....	15
Figura 04 - Caracterização das cascas de arroz como agregado miúdo.....	16
Figura 05 - Etapas de produção da sílica de casca de arroz.....	17
Figura 06 - Fragmentação do calcário <i>filler</i> em exemplares pequenos.....	19
Figura 07 - Peneiração do calcário <i>filler</i> para obter a forma de agregado miúdo.....	19
Figura 08 - Transformação da cera de abelha em resina líquida natural.....	20
Figura 09 - Compostos em pó do cimento alternativo antes da mistura.....	21
Figura 10: Etapa de preparação e moldagem da telha.....	22
Figura 11: Teste de resistência a impacto com o protótipo 07.....	25
Figura 12: Teste de resistência a impacto com o protótipo 09.....	26
Figura 13: Teste de biodegradabilidade com os protótipos 09 e 07.....	27



SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	6
2 JUSTIFICATIVA.....	8
3 OBJETIVOS.....	9
2.1 Objetivo geral.....	9
2.2 Objetivos específicos.....	9
4 METODOLOGIA.....	10
4.1 Caracterização da pesquisa.....	10
4.2 Percurso metodológico.....	10
4.3 Seleção de materiais.....	10
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	13
5.1 Caracterização, seleção e dosagens dos agregados.....	13
5.2 Produção do carbonato de cálcio.....	13
5.3 Produção da sílica de casca de arroz.....	16
5.4 Obtenção do calcário <i>filler</i>	17
5.5 Obtenção da cera de abelha como resina natural.....	20
5.6 Produção do protótipo da telha.....	20
5.7 Determinação do índice de absorção de água das telhas.....	22
5.8 Determinação de resistência das telhas.....	24
5.9 Análise de biodegradabilidade da telha em água doce.....	27
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	31
REFERÊNCIAS.....	32



1 INTRODUÇÃO

Atualmente, a industrialização está presente em quase todo o planeta. Com ela, surge a necessidade de promover a urbanização nas cidades, já que o processo é caracterizado pelo crescimento da população e a indispensabilidade de cumprir as ânsias sociais. A indústria da engenharia engloba diversos subsetores, e o cimento em conjunto aos telhados, estão presentes em todos eles. Segundo Carneiro *et al.* (2001), estima-se que a construção civil utiliza entre 20 e 50% do total de recursos naturais consumidos pela sociedade. Onde, em simultâneo, corresponde ao setor que libera 37% das emissões de CO₂ globais relacionadas a energia e processos, segundo dados expostos pela ONU (Organização das Nações Unidas) em estudos feitos na COP27. De acordo com John (2000), essa problemática também pode ser demonstrada pelo elevado consumo de insumos pelo setor que, de acordo com diferentes estimativas, variam entre 15% a 50% da quantidade total de recursos extraídos da natureza.

A argamassa relaciona-se com o cimento *Portland* de modo que é composta primordialmente por ele, ou seja, o concreto, é formulado através da mistura do cimento hidráulico (aglomerado finamente moído de compósitos inorgânicos calcinados que, quando aglutinados com água, endurece), água, areia (agregado miúdo) e brita (agregado graúdo). Os aglomerantes hidráulicos reagem quimicamente em meio aquoso devido ao processo de calcinação no qual são submetidos. Porém, essa etapa, mesmo que significativa para a garantia do estado sólido e estável do produto, ocorre por meio de processos que necessitam de altas temperaturas, obtidas através da queima de combustíveis fósseis, que liberam gases de efeito estufa na atmosfera, tornando a referida fase um dos influentes a degradação ambiental global. Os produtos em meio ao clínquer *Portland* são compostos por pouca quantidade de albedo, fração de radiação solar refletida por uma superfície ou objeto expressada em porcentagem (IPAM AMAZÔNIA, 2023), onde não há proporção entre a luz refletida e o calor absorvido, o que gera as ilhas de calor; questão urbana caracterizada pelo desequilíbrio térmico nas cidades. Este que envolve o meio socioambiental, trazendo impactos a própria saúde da população.

As telhas utilizadas habitualmente nas edificações são: telhas de cerâmica, telha de policloreto de vinil (PVC), telhado de concreto, telhas a fibrocimento e telha galvanizada. A



característica em comum entre todas essas coberturas é a falta de aderência aos princípios da arquitetura bioclimática e a falta de uma abordagem ecoeficiente. Atualmente, a questão ambiental é um dos principais desafios a serem ministrados pelo setor da construção civil. A ampla distribuição da ideia do desenvolvimento sustentável leva em consideração a possibilidade da reutilização e reciclagem de materiais distintos com a finalidade do progresso socioambiental, este, acompanhado pela diminuição do consumo e custo de energia, junto à redução no índice de utilização de insumos naturais.

Assim, com a ampliação de estudos e tecnologias na área, a sustentabilidade passou a tomar forma concreta em meio a sociedade, ganhando novas características. De acordo com o Manual de Projetos e Obras Públicas Sustentáveis para os Campi da UFC.2 (2020) “[...] a ideia fundamental do desenvolvimento sustentável é assegurar uma vida digna, não impedindo o crescimento econômico, mas sim a utilização racional dos recursos naturais, como, adoção de instrumentos preventivos que impeçam e/ou minimizem a degradação.” Ou seja, o desenvolvimento sustentável possui critérios a serem cumpridos, e estes estão embasados em um “tripé de abordagem” ou “*Triple Bottom Line* (TBL)”.

Com isso, ao elaborar coberturas trabalhadas a partir de materiais reciclados e processos sustentáveis, será possível reduzir os impactos consequentes da engenharia civil tradicional. Ao substituírmos os elementos relacionados ao cimento *Portland*, a partir de uma alternativa com o emprego de telhas oriundas de material sustentável, haverá um maior conforto térmico nas regiões, redução nos índices de aquecimento global, melhoria na saúde da população e redução no custo energético.



2 JUSTIFICATIVA

A construção civil é uma das indústrias mais impactantes para o meio ambiente, especialmente no que tange à produção de materiais de construção, como o cimento *Portland*. Na cidade de Patos, estado da Paraíba e onde este projeto é desenvolvido, nota-se o crescimento do setor de construção civil seja para novos empreendimentos comerciais ou até mesmo com a ampliação da cidade devido aos novos bairros e loteamentos residenciais. Desta forma, surge o questionamento acerca dos materiais utilizados na demanda da construção civil e as consequências do descarte deste material no meio ambiente. Somado a isto, e tendo em vista que Patos é considerada uma das cidades mais quentes do estado da Paraíba devido está localizada em uma região de clima semiárido, podemos imaginar a relevância positiva da utilização de telhados que obedecem a arquitetura bioclimática dentro do setor de construção civil da cidade.

Após o conhecimento sobre o processo produtivo do cimento Portland, onde envolve a utilização de combustíveis fósseis e a extração de matérias-primas não renováveis, o que agrava ainda mais o cenário ambiental; a equipe autora deste projeto elaborou uma proposta sustentável que atende a solução para a problemática observada nesta pesquisa. Este projeto se justifica pela busca de uma alternativa ao cimento *Portland*, utilizando materiais pulverulentos naturais, com o objetivo de desenvolver telhas sustentáveis. Essas telhas, além de reduzir significativamente as emissões de CO₂, alinham-se aos princípios da arquitetura bioclimática, que preza por uma construção mais eficiente do ponto de vista energético, ambiental e social.

A relevância do projeto reside não só na redução dos impactos ambientais, mas também na criação de um produto biodegradável, capaz de melhorar a gestão de resíduos e utilizar recursos renováveis. Este cimento sustentável pode promover inovações no setor, contribuindo para o avanço de construções mais responsáveis e alinhadas às metas globais de sustentabilidade.



3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Produzir um cimento a partir de compostos naturais e desenvolver telhas sustentáveis para amenizar e combater os malefícios do uso de coberturas concernentes ao cimento Portland nos centros urbanos, contribuindo para a economia circular.

3.2 Objetivos específicos

- Identificar materiais alternativos e sustentáveis que se adéquem a construção civil;
- Produzir materiais com granulometria e consistência necessárias para moldagem de um cimento sustentável;
- Prototipar telhas com arquitetura apropriada a construção civil a partir do cimento produzido;
- Avaliar as características da telha produzida em relação a biodegradação, resistência e absorção de água.



4 METODOLOGIA

4.1 Caracterização da pesquisa

Em relação a abordagem, o trabalho se classifica na abordagem qualitativa, pois observa fatos reais e busca uma compreensão profunda do contexto analisado, é de natureza aplicada, pois é dedicada à geração de conhecimento para solução de problemas específicos e é dirigida à busca da verdade para determinada aplicação prática em situação particular. Classifica-se em relação ao seu objetivo como explicativa e ao seu método como pesquisa experimental, pois tem objetivo de verificar o efeito de uma ou mais variáveis independentes sobre uma variável dependente.

4.2 Busca pelo referencial teórico

O referencial teórico fornece uma base sólida para o estudo, conectando-o ao conhecimento existente em sua área de pesquisa. Esta etapa foi realizada no Laboratório de Iniciação científica da Escola Sesi DMA (Figura 01). As pesquisas realizadas abordavam as temáticas sobre alternativas sustentáveis para substituição da composição do cimento comum da construção civil, materiais naturais e biodegradáveis e os testes adequados para a realização e avaliação da fase experimental.

4.3 Seleção dos materiais

A escolha dos materiais empregados na tecnologia alternativa ocorreu a partir da análise da composição química dos cimentos hidráulicos tradicionais encontrados no mercado, dando ênfase no objetivo de formular um cimento sustentável a partir dos conceitos da arquitetura bioclimática, do tripe da sustentabilidade e dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU. A análise da formulação do cimento Portland se deu para que compreendêssemos de que forma ocorre a organização das partículas do agregado, estas que promovem suas características físicas de resistência, e o porquê, a sua atual metodologia e constituição é prejudicial ao meu ambiente.



Figura 01: Produção do plano de pesquisa e busca pelo referencial teórico



Fonte: Imagem do autor, 2024.

Ao ter em conta de que o cimento Portland, quimicamente, é construído primordialmente por CaO (em média de 80 a 60%), SiO_2 (de 20 a 5%), Al_2O_3 (10 a 2%) e Fe_2O_3 (5 a 2%), devemos ter noção qual é a função de cada um deles na argamassa e quais são suas fontes. O CaO , obtido através do calcário, a Sílica (SiO_2) por meio da argila/areia, o Alumínio (Al_2O_3) pela areia e o Óxido de ferro (Fe_2O_3) com minérios de ferro compõem o Clínquer, resultado de reações químicas entre os materiais descritos em um processo denominado como clinquerização. Nele são formados silicatos e aluminatos, onde o método ocorre por meio de temperaturas médias a 1450°C , em forno rotatório movido a queima de combustíveis fósseis; os silicatos e aluminatos têm a propriedade de garantir agregação entre as partículas do cimento, tempo de pega e resistência.

Com a contextualização descrita é possível identificar que o que traz peso ambiental a indústria cimentícia é o meio de extração dos seus componentes e o processo de arrançamento do clínquer. Por isso que, ao observar as propriedades de cada elemento do cimento Portland foi possível elaborar um agregado que não depende de silicatos e aluminatos para obter as características da argamassa, portando um cimento sem clínquer.



Para todos os artigos e trabalhos acadêmicos encontrados nesta busca era consultada sua fonte segura de informação. Os produtos utilizados no projeto foram adquiridos em estabelecimentos comerciais da cidade, em forma de arrecadação e parcerias.



5 RESULTADOS OBTIDOS

5.1 Caracterização, seleção e dosagens dos agregados

Após o período de leitura, para a produção da mistura aglomerante, a equipe passou por orientação com o engenheiro civil e biólogo Winicius Medeiros. Neste momento de networking, o profissional nos orientou em relação a utilização do material ligante e as proporções dos compostos no cimento alternativo, aprovando o uso dos materiais selecionados. Com isso, os destacamos em relação a sua função no produto, os itens selecionados para o agregado miúdo foram o carbonato de cálcio de casca de ovo, calcário *filler* (de enchimento) e sílica de casca de arroz. Já para o responsável ligante foi designada a cera de abelha.

Portanto, com o estudo, é desenvolvida uma mistura enrijecida sem a presença de agregados graúdos e meio hidráulico. A vista dessa característica, a dosagem desses elementos que tem o traço de massa embasado (em gramas) em; 25g de carbonato de cálcio, 25g de calcário *filler*; 10g de sílica e 36g de cera de abelha bruta; foi projetada a partir de testes realizados pela equipe, buscando as medições que proporcionassem os aspectos físicos desejados as telhas. Em síntese, a função de cada componente do conjunto de agregados é de viabilização de resistência, por parte do carbonato de cálcio e sílica de casca de arroz, preenchimento dos espaços vazios, por meio do *filler* e de união das partículas, com o lipídio escolhido.

5.2 Produção do carbonato de cálcio

O carbonato de cálcio consiste em um sal de cálcio de ácido carbônico, sendo na indústria cimenteira é conhecido como calcita. Essa matéria-prima possui o cálcio como principal componente da sua composição química, relacionando-se com os cimentos e concretos de modo que tem a responsabilidade de promover o efeito ligante dos agregados, construindo assim a resistência e durabilidade das argamassas. O CaCO_3 pode ser obtido através de diversas fontes, mas destacamos o processo de reação através de carbonatação, que ocorre por meio da calcinação de calcários em fornos verticais com o uso de combustíveis



(lenha, coque, óleo cru, gasogênio ou carvão vegetal). Apesar de ser o meio mais eficaz de obtenção, é extremamente prejudicial ao meio ambiente, de forma que depende da extração de minerais naturais, calcita e aragonita, e que pela calcinação do cálcio dispõe gases poluentes na atmosfera. Por isso, notou-se a necessidade de estudo de formas inovadoras e sustentáveis para a obtenção do CaCO_3 com a finalidade de agregado miúdo.

Baseado em pesquisas bibliográficas observadas nos artigos de Peres e Waszczynsky (2010); Vieira, Pinho, Silva e Pinheiro (2017) os métodos escolhidos para a execução desta etapa foram a sanitização das cascas, calcinação a 100°C , trituração e peneiração. Em consideração a pesquisa, a fonte de cálcio natural escolhida para a metodologia foi as cascas de ovos de Galinha Caipira (*Gallus gallus domesticus*), à vista que a casca do ovo é uma biocerâmica natural e porosa. O processor de extração se baseou nas etapas de sanitização, calcinação a 100°C , trituração e peneiração. Além de ser uma fonte sustentável e biocompatível de CaCO_3 , desenvolve uma nova técnica de reciclagem, essa necessária, onde estimasse que 5,92 milhões de toneladas de ovos são descartadas por ano em todo o mundo, segundos dados expostos por (OLIVEIRA; BENELLI; AMANTE, 2009).

Para a transformação da casca de ovo de Galinha Caipira (*Gallus gallus domesticus*) em carbonato de cálcio sob a forma de agregado miúdo, foi-se arrecadado as cascas a partir de uma mobilização na instituição de ensino e por parte dos integrantes da equipe, onde essas foram lavadas em água corrente e sanitizadas em solução clorada em concentração de 500ppm em água fervente, com a dosagem de 12ml de hipoclorito de sódio para um litro de água (Figura 02). Posteriormente, elas foram distribuídas sob papel toalha para que secassem por um período de 07 dias (Figura 03), e estivessem aptas a passar por calcinação em uma forma metálica sob a divisão das partes em 100, 150 e 200°C durante 60 minutos em um forno elétrico. Para isso, as cascas foram separadas em grupos, a fim de obter diferentes tipos de granulometrias para o material.



Figura 02: Seleção e esterilização das cascas de ovos arrecadadas



Fonte: Imagem do autor, 2024.

Figura 03: Disposição das cascas de ovos para redução de umidade



Fonte: Imagem do autor, 2024.



Para a caracterização do material como miúdo, as suspensões foram trituradas de acordo ao seu grupo em um liquidificador (Figura 04) e peneiradas em malha de 40mesh.

Figura 04: Caracterização das cascas de arroz como agregado miúdo



Fonte: Imagem do autor, 2024.

5.3 Produção da sílica da casca de arroz

O silício é o segundo principal agregado constituinte do cimento tradicional, e esse é obtido por meio das argilas, promovendo resistência a mistura hidráulica. Levando em consideração que o processo de extração desse material é poluente ao meio ambiente, a partir do trabalho de Fernandes, Sabino e Rossetto (2014) é possível identificar a possibilidade de extração do SiO_2 através do processamento das cascas de arroz. Segundo o artigo, o Brasil produz atualmente cerca de 12,7 milhões de toneladas de arroz, estando entre os 10 maiores produtores do mundo. Considerando que a casca representa cerca de 03% da massa da planta do arroz e que pode acumular até 15% em massa de sílica.



Para o processo de obtenção do agregado miúdo, a mistura de cascas e resíduos não desejados da planta foram separados manualmente, posteriormente as suspensões selecionadas foram esterilizadas em uma panela de pressão durante 60 minutos em proporção de ácido acético 1150ml para 200g de casca, dispostas sob um ambiente plano e arejado para a perda de umidade, por fim sendo trituradas e peneiradas com uma peneira tradicional de 40mesh.

O desenvolvimento da sílica ocorreu a partir da obtenção das cascas de arroz branco (*Oryza sativa*) por disponibilização da empresa de grãos e alimentos da cidade de Patos-PB, Moinho Patoense, estas iriam ser descartadas. No Laboratório de Ciências da Natureza da Escola Sesi DMA, as suspensões em uma mistura entre cascas e partículas indesejadas foram selecionadas manualmente. Por fim, para se caracterizarem como agregado, essas foram trituradas e peneiradas em uma peneira de 40mesh (Figura 05).

Figura 05: Etapas de produção da sílica de casca de arroz



Fonte: Imagem do autor, 2024.

5.4 Obtenção do calcário *filler*

O adjetivo *filler* caracteriza todo material passante na peneira nº 200 e preenche os vazios entre os agregados graúdos [...] aumentando a sua densidade, estabilidade e rigidez



(BARDINI, 2019). Com base nos trabalhos de Rodrigues (2023), identificamos diversos tipos compostos *fillers*, mas destacamos o resíduo de mármore como um agregado miúdo com propriedades físicas e químicas capazes de aprimorar as características das argamassas, além de exercer sua função de preenchimento dos espaços vazios entre as misturas; também avaliando a disponibilidade do rejeito na região. Os granitos e mármore compõem o mercado de rochas ornamentais brasileiro. Segundo o trabalho de Abirochas (2013), mostram uma produção bruta interna de 9,3 milhões de toneladas, movimentando em torno de US\$ 1,1 bilhão em exportações.

Correspondente a produção desses materiais, temos como resultado a obtenção de sua borra no processamento dos blocos nas serrarias, em uma proporção de 40% do volume do bloco, segundo dados expostos por Campos (2014). Devido à alta produção do dejetos, esse é descartado de maneira incorreta, geralmente dispostos em lagos e rios, sem tratamento prévio; tendo como resultado a contaminação dos afluentes. Para a utilização do *filler* calcário, o rejeito do mármore de granito foi disponibilizado pela empresa Marmoaria Santana em forma de lama, essa exposta em um ambiente aberto e arejado para perda de umidade. A fim de obter a característica de agregado miúdo e *filler*, esse passou por peneiração em malha de 40mesh (Figura 06 e 07).



Figura 06: Fragmentação do calcário *filler* em exemplares pequenos



Fonte: Imagem do autor, 2024.

Figura 07: Peneiração do calcário *filler* a fim deste obter a forma de agregado miúdo



Fonte: Imagem do autor, 2024.



5.5 Obtenção da cera de abelha como resina natural

Ao decorrer dos testes para obtenção da argamassa, notou-se a necessidade de desenvolver uma ligante que promovesse a agregação das partículas do cimento. Por isso, foi-se estudado a possibilidade da aplicação de uma resina natural para a função adesiva na mistura, com base no artigo de Barrero, Fiorelli, Rossignolo e Savastano (2016), o trabalho de Fernanda (2020) e Cravo (2013). A escolha do material ocorreu por meio da observação de suas propriedades físicas e químicas, conceitos de toxicidade, sustentabilidade e viabilidade econômica; sendo a cera de abelha (*Apis mellifera*) selecionada para essa função.

A substância oleosa foi obtida em sua forma bruta na região de Patos–PB por meio de produtores locais. Para sua utilização como ligante em resina natural, essa teve que ser raspada em partículas menores com uma faca e derretidas em banho-maria por um período médio de 15 minutos (Figura 08).

. Figura 08: Metodologia da transformação da cera de abelha em resina líquida natural



Fonte: Imagem do autor, 2024.

5.6 Produção do protótipo da telha

A preparação da telha consistiu na mistura do carbonato de cálcio, sílica e calcário *filler* nas proporções 25gx25gx10g (Figura 08). Os protótipos variavam de acordo a granulometria do carbonato de cálcio, se subdividindo em P1, P2, P3., sendo selecionados para teste de acordo suas particularidades físicas. A mistura é agregada a partir da resina pós



o seu derretimento, e moldada em uma forma plana antes do enrijecimento da argamassa (Figura 09).

Figura 09: Compostos do cimento alternativo antes da mistura



Fonte: Imagem do autor, 2024.



Figura 10: Etapa de moldagem da telha



Fonte: Imagem do Autor, 2024.

5.7 Determinação do índice de absorção de água das telhas

Ao total, foram realizados 14 tipos de misturas diferentes como protótipo, com variação na granulometria no carbonato de cálcio presente no meio e nas proporções dos componentes materiais. Com isso, foi-se analisado quais desses se encaixavam nos conceitos de resistência e aparência estipulados pela equipe. Com isso foram escolhidos dois modelos, que receberam as nomenclaturas de protótipos 07 e 09. O protótipo 07 (com carbonato de cálcio a 200 graus) e 09 (carbonato de cálcio a 150 graus), foram submetidos à imersão em água doce durante o período de 08 dias (23/09/24 à 30/09/24) e, durante o período, foram analisados, fotografados e pesados. Esses resultados observados foram destacados na Tabela 01, em exceção os dias de sábado ao domingo. O peso dos testes secos foram respectivamente 70g e 38g.



Tabela 01: Peso dos copos de prova (em gramas) nos 8 dias de teste

Data	Peso(g) - Protótipo 07	Peso(g) - Protótipo 09
Dia 1 (Segunda 23/09)	70 g	38 g
Dia 2 (Terça 24/09)	70 g	39 g
Dia 3 (Quarta 25/09)	70 g	41 g
Dia 4 (Quinta 26/09)	70 g	41 g
Dia 5 (Sexta 27/09)	70 g	41 g
Dia 6 (Sábado 28/09)	Não foram observados.	Não foram observados.
Dia 7 (Domingo 29/09)	Não foram observados.	Não foram observados.
Dia 8 (Segunda 30/09)	70 g	41 g

Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

Com a tabela, é notório observar que não houve variação no peso do protótipo 07, mostrando-se assim, impermeável. Enquanto o protótipo 09, mostrou-se de baixa permeabilidade, com variação de em média 01 grama nos primeiros 03 dias de submersão. O fato de não haver variação de peso no protótipo 07, mesmo após o período de submersão, indica que o material utilizado tem uma alta resistência à penetração de água, caracterizando-o como impermeável. Isso sugere que o composto utilizado neste protótipo é adequado para uso em ambientes externos ou áreas sujeitas à umidade, pois manteria sua integridade estrutural ao longo do tempo sem absorver água, o que é crucial para telhas. A impermeabilidade também é um fator importante para prevenir a formação de fissuras ou deformações devido à absorção e posterior evaporação da água.

Embora o protótipo 09 tenha alguma permeabilidade, a pequena quantidade de água absorvida indica que o material ainda oferece uma boa resistência à penetração de líquidos. A leve absorção pode sugerir que esse protótipo não é completamente impermeável, mas apresenta uma permeabilidade controlada, o que pode ser vantajoso em algumas aplicações, como áreas onde o acúmulo de umidade precisa ser dissipado lentamente para evitar danos.



Além da determinação da absorção de água ser feita com a observação do aumento, ou não, do peso do material testado, determinamos seu índice (Tabela 02) com o seguinte cálculo:

$$\text{Determinação do índice de absorção de água: } Aa = \frac{M2 - M1}{M1} \times 100$$

Onde:

Aa: Índice de Absorção de água

M1: Massa do corpo de prova seco (g)

M2: Massa do corpo de prova após imersão (g)

Tabela 02: Índice de absorção de água dos corpos de prova (%) de 4 em 4 dias

Período	Índice (%) -Protótipo 7	Índice (%) -Protótipo 9
CP após 4 dias submerso	0%	7,3%
CP após 8 dias submerso	0%	7,3%

CP: Corpo de Prova

Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

A comparação entre os dois protótipos revela diferentes níveis de impermeabilidade, o que pode direcionar o uso de cada material para aplicações específicas. O protótipo 07, sendo totalmente impermeável, seria ideal para áreas expostas à chuva intensa ou outras fontes de umidade constante. Já o protótipo 09, com sua permeabilidade moderada, poderia ser mais adequado para ambientes onde a ventilação e a evaporação da água são desejáveis, ou para regiões onde a umidade não é um problema crítico.

5.8 Determinação de resistência das telhas

Com a busca por ambientes seguros e estáveis, os itens construtivos no interior das localidades devem ser resistentes. Por isso, os protótipos 07 e 09, passaram por um teste de resistência a impacto, onde foram submetidos a marteladas diretas em suas superfícies (Figura 11 e 12). Essas foram aplicadas sobre os exemplares até sua ruptura total. Com isso, notou-se alta resistência por parte dos materiais, sendo necessárias 08 marteladas para que



o protótipo 07 se dividisse em duas partes inteiras, assim como, para o 09, aplicamos e foram necessárias 16 marteladas até sua divisão.

Figura 11: Teste de resistência a impacto com o protótipo 07



Fonte: Imagem do Autor, 2024.

O protótipo 07 mostrou uma resistência significativa ao impacto. Isso indica que o material utilizado possui uma boa resistência mecânica, sendo capaz de suportar forças externas consideráveis antes de falhar. Esse nível de resistência sugere que o protótipo é adequado para ambientes onde há risco de impactos moderados, como em áreas internas de construções, onde a durabilidade e a segurança são primordiais. A divisão em apenas duas partes inteiras demonstra uma ruptura controlada, sem fragmentação excessiva, o que é positivo em termos de segurança estrutural.



Figura 12: Teste de resistência a impacto com o protótipo 09



Fonte: Imagem do Autor, 2024.

O protótipo 09, por sua vez, apresentou uma resistência ainda maior, exigindo o dobro de impactos para ser dividido. Este resultado mostra que o material tem uma capacidade superior de absorção de energia de impacto, tornando-o ideal para aplicações em que a resistência a forças mecânicas severas é necessária. Isso o torna mais apropriado para ambientes onde há um risco maior de danos por impacto, como locais com tráfego intenso de pessoas ou áreas suscetíveis a cargas acidentais. Essa maior resistência também reflete uma composição que potencialmente pode prolongar a vida útil da telha em condições adversas.

No contexto de telhas sustentáveis, a resistência ao impacto é um fator crucial para garantir a durabilidade do produto em situações como quedas de objetos ou intempéries, como granizo. O protótipo 09, com sua maior resistência, seria mais indicado para telhados em áreas sujeitas a condições climáticas mais rigorosas ou ambientes industriais. Já o protótipo 07, com uma resistência considerável, mas um pouco menor, pode



ser utilizado em locais com menor exposição a impactos ou como telhas de ambientes internos.

5.9 Análise de biodegradabilidade da telha em água doce

Um dos conceitos necessários para que um material se caracterize como ambientalmente correto, é que esse, em condição de descarte, não traga, prejuízos e nem desgaste tanto a fauna quanto a flora do local e região em que foi disposto, em que ao mesmo tempo não seja nocivo aos seres humanos; com isso, sendo biodegradável. Portanto, ver-se necessário a aplicação de testes de biodegradação nos protótipos. Os corpos de prova 07 e 09 passaram pelo teste em água doce durante o período de 08 dias, sendo analisados, fotografados e pesados, mostrando que, sob condição de descarte é biodegradável (Figura 13).

Figura 13: Teste de biodegradabilidade com os protótipos 09 e 07



Fonte: Imagem do Autor, 2024.



A realização de testes de biodegradação em água doce é um método eficaz para avaliar como esses materiais interagem com o ambiente após o fim de sua vida útil. No período de observação, notou-se que houve mudança na coloração da água do teste; o que resultou a dispersão das partículas em período de degradação dos protótipos em questão. Assim como também foi observado redução na estrutura dos protótipos colocados em teste. A ausência de substâncias tóxicas e a capacidade de se decompor sem causar impacto negativo demonstram que ambos os materiais são biodegradáveis sob condições aquáticas. Isso é um indicativo positivo de que, ao serem descartados, eles se desintegrariam de forma segura, sem prejuízos ao ecossistema local.

A biodegradabilidade em ambientes de água doce sugere que os protótipos não liberam poluentes ou microplásticos, o que é essencial para evitar a contaminação de fontes hídricas e para a preservação da vida aquática. Além disso, essa característica atende a exigências cada vez mais rigorosas de sustentabilidade na construção civil, onde o impacto ambiental do descarte de materiais é uma preocupação crescente. Porém, ainda em fase de análise, nota-se que para o teste de biodegradação seriam necessários mais dias dentro do período de observação para que fosse acompanhado o processo total de degradação do material.



6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Desde que o Homem, no período Neolítico, descobriu a capacidade de controlar a natureza e de se fixar em um local, portanto de se tornar um ser sedentário, está diretamente relacionado ao meio em que vive e aos locais em que frequenta, aprimorando dia após dia o ambiente construído. Ao mesmo tempo, com a fomentação das técnicas construtivas, estas passam a impactar diretamente o meio natural. Com isso, nota-se necessário ampliar os conceitos de sustentabilidade e ecoeficiência em meio a construção civil, tendo a mistura desenvolvida no referido projeto como tecnologia que constitui telhados resistentes, pouco permeáveis, atóxicos e biodegradáveis.

Materiais impermeáveis, como no caso do protótipo 07, podem prolongar a vida útil das telhas e reduzir a necessidade de manutenção, tornando a solução mais eficiente e ambientalmente amigável. Por outro lado, a permeabilidade controlada do protótipo 09 pode refletir um equilíbrio entre funcionalidade e sustentabilidade, dependendo da composição natural dos materiais usados. Esses resultados demonstram que ambos os materiais podem fornecer alternativas sustentáveis sem comprometer a segurança e resistência mecânica, contribuindo para uma construção civil mais ecológica. A possibilidade de um material que combine alta resistência com sustentabilidade representa um avanço significativo para a criação de telhas que sejam duráveis, eficientes e ambientalmente responsáveis.

O sucesso dos testes de biodegradação dos protótipos demonstra que o projeto atende a um dos principais requisitos de sustentabilidade. A capacidade desses materiais de se decompor naturalmente sem causar danos ao meio ambiente é um fator crucial para sua aplicação em construções sustentáveis, permitindo a implementação de soluções ecológicas na construção civil, especialmente no setor de telhas. Conforme exposto, o projeto de pesquisa científica ARBITS, além de contribuir significativamente para a preservação ambiental e a mitigação das mudanças climáticas, oferece benefícios econômicos, sociais e de desempenho bioclimático, em uma abordagem holística, inovadora e necessária, que promove um futuro mais sustentável e resiliente em meio a construção civil.



REFERÊNCIAS

ABIROCHAS. **Balanco das Exportações e Importações Brasileiras de Rochas Ornamentais - Informe 01/2013**. ABIROCHAS - Associação Brasileira das Indústrias de Rochas Ornamentais. Brasília, p. 13. 2013.

ACEVEDO, Nancy Isabel Alvarez; ROCH, Marisa Cristina Guimarães; BERTOLINO, Luiz Carlos. **Determinação da área superficial específica e da porosidade de duas amostras de argilas provenientes da bacia de Taubaté- São Paulo**, [s. l.], 15 out. 2024. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BASR/article/view/22643>. Acesso em: 1 jun. 2023.

AMO, Juan Del. **Conhece a história das Telhas Cerâmicas?** BMI Group, 2021. Disponível em: <https://www.bmigroup.com/pt/blog/conhece-a-historia-das-telhas-ceramicas/>. Acesso em: 07 out. 2024.

ARAÚJO, K. G. et al. **Eficiência térmica de materiais de cobertura. Acta Scientiarum. Architecture and Civil Engineering**, v. 18, n. 1, p. 235-245, 2018. DOI: 10.1590/s1678-86212018000100235.

ASSIS, Letícia Freitas. **Caracterização de cinzas de biomassa e potencial de aplicação como material pozolânico ou ativador alcalino**. 2022. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) — Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Ilha Solteira, 2022. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/66bdb56b-d234-484f-ac03-55c16d851238/content>.

BARDINI, Vivian Silveira dos Santos. **Influência do Fíler Mineral em Propriedades de Misturas Asfálticas Densas**. Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP, 2013. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18143/tde-17052013-090958/publico/VivianBardini.pdf>. Acesso em: 17 out. 2023.

BATTAGIN, Arnaldo Forti. **Uma breve história do cimento Portland: O material, conhecido dos antigos egípcios, ganhou o nome atual no século XIX graças à semelhança com as rochas da ilha britânica de Portland**. ABCP, [20-]. Disponível em: <https://abcp.org.br/cimento/historia/>. Acesso em: 08 set. 2024.

BESSLER, Karl E; RODRIGUES, Laécio C. Os polimorfos de carbonato de cálcio: uma síntese fácil de aragonita. **Os polimorfos de carbonato de cálcio**, [s. l.], v. 31, ed. 1, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/6kLsNC9bf58vMk6nnq4bVbJ/>. Acesso em: 21 out. 2023.



BESERRA, Marina Macedo; FILHO, Francisco Estevão Damasceno; NOBERTO, Camila Carvalho; GURGEL, Marcelo Tavares. **Avaliação da qualidade de telhas cerâmicas comercializadas na cidade de Mossoró-RN, conforme a NBR 15310/2009.** In: CONGRESSO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 9., 2017, [local]. Anais [...]. [S. l.: s. n.], 2017. Disponível em: https://editorarealize.com.br/editora/anais/conidis/2017/TRABALHO_EV074_MD1_SA15_ID2095_10102017100652.pdf. Acesso em: 29 ago. 2023.

CALAES, Mathyas. **Avaliação do uso de resíduos de telhas cerâmicas na produção de blocos de concreto.** 2019. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Engenharia Civil) — Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2019. Disponível em: https://reciclos.ufop.br/sites/default/files/reciclos/files/tcc_mathyas_calaes.pdf?m=1567474541. Acesso em: 05 ago. 2023.

CAMARGO, Suzana. Jovens criam telha ecológica a partir de fibra de coco, papel reciclado e embalagem Tetra Pak. **Conexão planeta**, 2017. Disponível em: <https://conexaoplaneta.com.br/blog/jovens-criam-telha-ecologica-partir-de-fibra-de-coco-papel-reciclado-e-embalagem-tetra-pak/>. Acesso em: 08 jun. 2023.

CAMPOS, Antonio Rodrigues; RIBEIRO, Roberto Carlos C.; CASTRO, Nuria F; CATTABRIGA, Leonardo. **Resíduos: tratamento e aplicações industriais. Resíduos: tratamento e aplicações industriais**, [s. l.], 2014. Disponível em: http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/1738/1/CCL00070014_CAPITULO_09_opt.pdf. Acesso em: 21 ago. 2024.

CARNEIRO, Alex Pires; BRUM, Irineu Antônio Schadach; CASSA, José Clodoaldo da Silva. **Reciclagem de entulho para a produção de materiais de construção.** [S. l.]: EDUFBA, 2001. Disponível em: <https://search.worldcat.org/pt/title/reciclagem-de-entulho-para-a-producao-de-materiais-de-construcao/oclc/128240058>. Acesso em: 19 abr. 2024.

CERQUEIRA, Mario Henrique. **Placas e telhas produzidas a partir da reciclagem do polietileno / alumínio presentes nas embalagens Tetra Pak.** [S. l.: s. n.], [20--]. Disponível em: <https://afcal.pt/destinoFinal/PlacasTelhas.pdf>. Acesso em: 6 out. 2023.

CORBELLA, Oscar; YANNAS, Simos. **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos: conforto ambiental.** 2. ed. Rio de Janeiro: Revan, 2009. 305 p. ISBN 9788571063976.

DA COSTA TEIXEIRA, M.; MATOSKI, A.; JOSÉ MIRANDA DE LIMA, A. Análise inferencial da resistência de telhas cerâmicas submetidas a esforços múltiplos de impacto simulando chuvas de granizo. **Peer Review**, [S. l.], v. 5, n. 10, p. 189–219, 2023. Disponível em: <https://peerw.org/index.php/journals/article/view/432>. Acesso em: 11 ago. 2023.



DELLA I, Viviana Possamai; HOTZA, Dachamir; JUNKES, Janaína Accordi; OLIVEIRA, Antonio Pedro Novaes de. **Estudo comparativo entre sílica obtida por lixívia ácida da casca de arroz e sílica obtida por tratamento térmico da cinza de casca de arroz.** *Química Nova*, v. 29, n. 6, p. 1035-1040, dez. 2006.

FERNANDES, L.; SABINO, M. G.; ROSSETTO, H. L. Método de extração de sílica da casca do arroz. p. 1-4, 15 out. 2024. *Cerâmica* 60 (2014) 160-163. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ce/a/Y4HRJCLs6j3L6bty7fMFKhQ/>. Acesso em: 5 jul. 2023.

FIORELLI, Juliano; MORCELI, José A. B.; VAZ, Rodrigo I.; DIAS, Antonio A. **Avaliação da eficiência térmica de telha reciclada à base de embalagens longa vida.** *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 13, n. 2, p. 151-158, 2009. DOI: 10.1590/S1415-43662009000200015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/VSyDm7tv7gMS4TxcJNk4Fcv/>. Acesso em: 16 out. 2024. Acesso em: 11 ago. 2023.

GARZON BARRERO, Nubia Mireya; FIORELLI, Juliano; ROSSIGNOLO, João Adriano; SAVASTANO JR, Holmer. Avaliação de metodologias de envelhecimento em painéis de partículas de bagaço de cana-de-açúcar para aplicação em sistemas construtivos. In: **Avaliação de Desempenho de Tecnologias Construtivas Inovadoras: Materiais e Sustentabilidade.** Julho 2016. p. 177-222. DOI: 10.5935/978-85-5953-005-6.2016C007.

IPAM. **Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia.** Albedo. Disponível em: <https://ipam.org.br/glossario/albedo/>. Acesso em: 14/09/2023.

JOHN, Vanderley Moacyr. **Reciclagem de resíduos na construção civil:** contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento. 2000. Tese (Livre Docência) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/livredocencia/3/tde-27072022-082553/>. Acesso em: 29 mar. 2024.

KAWA, Luciane. **Os aglomerantes.** 2014. Disponível em: <https://professoralucianekawa.blogspot.com/2014/07/os-aglomerantes.html>. Acesso em: 16 out. 2024.

MEDEIROS, Winicius Rodrigues Pereira de. **Avaliação do efeito da adição de resíduo de marmoraria em misturas asfálticas: Um estudo experimental.** 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – Centro Universitário de Patos - UNIFIP, 2023. METZ, B; DAVIDSON, O; CONINCK, H; LOOS, M; LEO MEYER, L. Carbon Dioxide Capture and Storage. **IPCC**, 2005. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/carbon-dioxide-capture-and-storage/>. Acesso em: 17 out. 2024. MIGUEL, Bruno; SILVA, Thais; MATEUS, Adriano. **Análise da viabilidade do uso de telhas ecológicas na construção civil.** *Peer Review*, v. 7, e432, 2019. Disponível em: <https://peerw.org/index.php/journals/article/view/432>. Acesso em: 11 ago. 2024.



MONTORO, Sérgio Roberto; CIOFFI, Maria Odila Hilário. **Determinação da densidade e quantidade de vazios em compósitos NCF/RTM6 processados via RTM.** *Revista de Tecnologias RETEC*, v. 8, n. 2, 2015.

NÓBREGA, Aline Figueirêdo da. **Potencial de aproveitamento de resíduos de caulim paraibano para o desenvolvimento de argamassas de múltiplo uso.** 2007. 118 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2007. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/tede/5563>. Acesso em: 16 out. 2024.

OLIVEIRA, D. A.; BENELLI, P.; AMANTE, E. R. **Valorização de Resíduos Sólidos: Casca de Ovos como Matéria-Prima no Desenvolvimento de Novos Produtos.** 2nd International Workshop Advances In Cleaner Production, São Paulo, v. 2, n. 2, p.1-11, maio 2009.

PAVESI, Maicon Leonardo. **Cimento sustentável à base de compósitos naturais: uma alternativa bioclimática na construção civil.** *Ignis*, v. 9, n. 2, p. 10-25, 2020. Disponível em: <https://periodicos.uniarp.edu.br/index.php/ignis/article/view/3086>. Acesso em: 16 out. 2023.

PERES, A. P., WASZCZYNSKY, J. Farinha de casca de ovo: determinação do teor de cálcio biodisponível. *Visão Acadêmica*, 11(1), 74-80, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/acd.v.11i1.21357>. Acesso em: 21 jun. 2024.

POLETO, Sabrina Fernanda. **Avaliação ambiental de resíduos sólidos na construção civil.** 2020. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18158/tde-20102020-154239/publico/TesePoletoSabrinaFernandaSCorrig.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2024.

ROTH, Caroline das Graças; GARCIAS, Carlos Mello. Construção Civil e a Degradação Ambiental. **Construção Civil e a Degradação Ambiental**, [s. l.], ed. 13, 15 out. 2024. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/752/75212355006.pdf>. Acesso em: 4 ago. 2024.

SARZEDA, Gabriela Duarte Rocha; BAHIA, Marcelo Santos; DORIGUÊTTO, Paulo Victor Teixeira; DEVITO, Karina Lopes; LEITE, Anamaria Pessoa Pereira. **Análise da composição química dos cimentos MTA Angelus® branco, cinza e HP Repair® através de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) acoplada a Espectrômetro de Energia Dispersiva (EDS).** *Revista de Odontologia da UNESP*, v. 48, e20190093, 2019. DOI: 10.1590/1807-2577.09319 Acesso em: 26 nov. 2023

SENFF, L.; FOLGUERAS, M. V.; HOTZA, D. **Hidratação do cimento CP V ARI-RS: influência da água nas reações de hidratação.** In: 49º Congresso Brasileiro de Corrosão



- *INTERCORR 2005*, Porto Alegre, 2005. Disponível em: <https://www.ipen.br/biblioteca/cd/cbc/2005/artigos/49cbc-15-05.pdf>. Acesso em: 28 out. 2023.

SEQUEIRA, Eduardo Martins; GHISLENI, Geisiele. **A influência da adição de filler calcário em substituição parcial ao cimento em argamassa estabilizada de revestimento de paredes e tetos.** *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, [S. l.], v. 9, p. 20–38, 2020. DOI: 10.19177/rgsa.v9e0202020-38. Disponível em: https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/8684. Acesso em: 22 fev. 2024.

SILVA, Aluizio Caldas. **Estudo da durabilidade de compósitos reforçados com fibras de celulose.** 2002. Tese (E SILVA) - Mestre em Engenharia Civil, [S. l.], 2002. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Aluizio-Caldas-E-Silva/publication/242457369_ESTUDO_DA_DURABILIDADE_DE_COMPOSITOS_REFORCADOS_COM_FIBRAS_DE_CELULOSE/links/53ec8b450cf24f241f15882a/ESTUDO-DA-DURABILIDADE-DE-COMPOSITOS-REFORCADOS-COM-FIBRAS-DE-CELULOSE.pdf. Acesso em: 28 jul. 2023.

SILVA, André; OLIVEIRA, Thais A.; SOUZA, José J. **Desenvolvimento de um cimento sustentável a partir de resíduos.** *Química Nova*, v. 45, n. 4, p. 518-527, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/tmqz5kqfhyypGSRmJvMxXyy/>. Acesso em: 16 out. 2023.

SILVA, A. F.; RIBEIRO, R. F.; SOUZA, J. L.; ALMEIDA, C. M.; COSTA, M. S. **Análise de alternativas sustentáveis na produção de telhas.** In: CONGRESSO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 9., 2017, [local]. Anais [...]. [S. l.: s. n.], 2017. Disponível em: https://editorarealize.com.br/editora/anais/conidis/2017/TRABALHO_EV074_MD1_SA15_ID2095_10102017100652.pdf. Acesso em: 16 out. 2023.

SILVA, Diego; AQUIAR, Mateus Bravo; JACOB, Raquel Sampaio. **A utilização da casca da banana como substituição de parte do cimento na produção de tijolos ecológicos: a busca por alternativas sustentáveis.** *Percursos Acadêmicos*, v. 7, n. 13, p. 19, 19 out. 2017. DOI: 10.5752/p.2236-0603.2017v7n13p19.

SILVA, Jeferson; KOGLER, Samia Laís; FEIDEN, Alessandra Cristina; SILVA, Mateus Veronese Corrêa da. **Estudo sobre a eficácia do uso de telhas Tetra Pak em habitações de interesse social.** *RevInt - Revista Interdisciplinar de Ensino, Pesquisa e Extensão*, v. 10, p. 193-202, 2022.

SOUZA, P. L.; OLIVEIRA, A. F.; COUTINHO, C. R. C. **Obtenção de óxido de cálcio a partir da casca de ovo de galinha.** *Revista de Ciências Exatas e de Ciências da Terra*, v. 10, n. 2, p. 45-54, 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/jcec/article/view/2419/1736>. Acesso em: 7 nov. 2023.



TESKE, S.; GONÇALVES, P. F. A.; NAGALLI, A. Desenvolvimento de modelo conceitual de telha ecológica a partir de resíduos de PET e gesso da construção. **Cerâmica**, v. 61, p. 190-198, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/0366-69132015613581852>. Acesso em: 16 out. 2024.

UNIÃO. UFC. Manual de Projetos e Sustentáveis. **Manual de Projetos e Sustentáveis**, [s. l.], 4 out. 2024. Disponível em: <https://www.ufc.br/gestao-ambiental/manual-de-projetos-e-obras-sustentaveis>. Acesso em: 11 set. 2024.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ (UFC). **Manual de Projetos e Obras Públicas Sustentáveis para os Campi da UFC**. 2020. Disponível em: https://www.ufc.br/images/_files/gestao_ambiental/manual_projeto_e_obras_sustentaveis_ufc.pdf. Acesso em: 31 ago. 2024.

VIEIRA, L. A. F.; PINHO, M. D.; PINHEIRO, I. P.; DA SILVA, S. N. OBTENÇÃO DE ÓXIDO DE CÁLCIO A PARTIR DA CASCA DE OVO DE GALINHA. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, Viçosa/MG, BR, v. 3, n. 8, p. 1159–1166, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/jcec/article/view/2419>. Acesso em: 08 jun. 2023.

WENZEL, Thaíse; GUTIERREZ, Grace. DESEMPENHO TÉRMICO DE MATERIAIS PARA COBERTURAS E RESPECTIVAS INFLUÊNCIAS NAS ILHAS DE CALOR. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2018. p. 2973–2985. DOI: 10.46421/entac. V. 17i1.1715. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/1715>. Acesso em: 16 out. 2024

ZINI, Dionatan; CAMPOS, Roger Francisco Ferreira de. **Análise avaliativa e comparativa entre telha ondulada ecológica, telha ondulada de fibrocimento e telha ecológica de tubos de pasta de dente**. **Ignis**, Caçador, v. 11, n. 1, p. 12-31, jan./abr. 2022.

ARBITS – Produção de um cimento sustentável a base de compostos naturais para aplicabilidade no desenvolvimento de telhas sustentáveis: uma alternativa bioclimática em meio a construção civil

