



ISABELA MOREIRA ALBANO DA SILVA

**COMPÓSITOS CIMENTÍCIOS REFORÇADOS COM MATERIAIS
LIGNOCELULÓSICOS PARA APLICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

LAVRAS - MG

2021

ISABELA MOREIRA ALBANO DA SILVA

**COMPÓSITOS CIMENTÍCIOS REFORÇADOS COM MATERIAIS
LIGNOCELULÓSICOS PARA APLICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

**Monografia apresentada à
Universidade Federal de Lavras, como
parte das exigências do Curso de
Graduação de Engenharia Civil, para a
obtenção do título de Bacharel.**

Prof. DSc. Patrícia Ferreira Ponciano Ferraz

Orientadora

LAVRAS - MG

2021

ISABELA MOREIRA ALBANO DA SILVA

**CEMENT COMPOSITES REINFORCED WITH LIGNOCELLULOSIC
MATERIALS FOR APPLICATION IN CIVIL CONSTRUCTION**

**Monografia apresentada à
Universidade Federal de Lavras, como
parte das exigências do Curso de
Graduação de Engenharia Civil, para a
obtenção do título de Bacharel.**

APROVADA em 17 de novembro de 2021.

DSc. Patrícia Ferreira Ponciano Ferraz

LAVRAS - MG

2021

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras, por me proporcionar uma aprendizagem de qualidade, sendo uma universidade de excelência.

À professora dra. Patrícia Ferreira Ponciano Ferraz pelos anos de orientação, disposição, empenho e paciência comigo. Ao Lucas Santos Santana, por toda ajuda e atenção no desenvolvimento desta monografia.

Aos meus pais, Silvia e Davi e irmãos Rodrigo e Beatriz pelo apoio ao longo de toda a graduação.

Aos amigos que acompanharam de perto meu caminho e aos que o percorreram comigo na UFLA.

À toda minha família que esteve presente e me apoiou nessa jornada.

A todos vocês, o meu muito obrigada!

RESUMO

O progresso demográfico tem intensificado a quantia de habitações e, conseqüentemente, aumentado o consumo de matérias-primas para suprir a demanda dos materiais de construção. Além disso, a geração de resíduos de construção civil tem aumentado significativamente nas últimas décadas. Por outro lado, o aumento populacional exige um aumento na produção de insumos agroindustriais, e, com isso, observa-se uma considerável geração de resíduos oriundos da agroindústria. Logo, nota-se a necessidade de formular alternativas capazes de utilizar estes resíduos para minimizar seus impactos ambientais. Sendo assim, objetivou-se, com este trabalho, a confecção de painéis cimentícios compósitos reforçados com materiais lignocelulósicos oriundos da agroindústria para aplicação na engenharia civil, visando o conforto térmico de construções, além de demonstrar, bibliograficamente, os avanços das pesquisas sobre o tema. Foram utilizados, como material lignocelulósico, partículas de eucalipto, partículas de cana-de-açúcar e fibras de coco. As fibras foram submetidas a testes de lignina, extrativos totais, cinzas e holocelulose para caracterização dos materiais avaliados e, também, foram caracterizadas morfológicamente, quanto a seu comprimento, diâmetro e índice de esbeltez. Foram realizadas três repetições para cada tratamento (eucalipto, cana-de-açúcar e coco). Os painéis foram manufaturados com densidade nominal de base de $1,2 \text{ g/cm}^3$, com relação água:cimento de 1:2,5; relação fibra:cimento de 1:2,75 e dimensões de $48 \times 48 \times 1,5 \text{ cm}$. Após os 28 dias de acondicionamento em câmara climatizada, os painéis foram submetidos a análises térmicas, por meio de imagens termográficas e comparadas com placas de gesso utilizadas comercialmente para avaliar sua viabilidade de aplicação. Ainda, os painéis foram submetidos a testes físicos, de densidade, porosidade e absorção de água com 2 e 24 horas, para sua caracterização. Foi observado que as placas com reforço de fibra de coco apresentaram menor densidade, com $984,13 \text{ kg/cm}^3$, o que implicou numa porosidade maior em relação aos outros painéis. Esta porosidade elevada é devido aos elevados índices de lignina, que impactam diretamente na relação fibra/matriz dos painéis. Por conseguinte, devido à alta porosidade, as placas com reforço de fibra de coco apresentaram menor condutividade térmica, com $0,45 \text{ W/m}^\circ\text{C}$. Tal valor de condutividade apresentou melhor desempenho de isolamento térmico que a placa de gesso. A placa com reforço de eucalipto apresentou valor médio para a condutividade, se aproximando às características vistas nas placas de gesso. Os painéis com o material lignocelulósico de cana-de-açúcar tiveram uma condução térmica de $0,72 \text{ W/m}^\circ\text{C}$, superior à placa de gesso e ao

delimitado pela NBR 15220, de $0,65 \text{ W/m}^\circ\text{C}$, não sendo, assim, materiais com boas características térmicas. Os estudos bibliométricos acerca de características térmicas de compósitos cimentícios para aplicação na engenharia civil, demonstraram maior expansão a partir de 2010, cujas palavras-chave em destaque para a temáticas foram *cement*, *thermal insulation* e *thermal conduction*. Autores da Universidade Federal de Lavras foram relevantes para pesquisas de materiais de construção civil reforçados com fibra vegetal, para avaliação de suas características térmicas. Foi possível identificar uma tendência quanto às propriedades microestruturais e físicas dos painéis compósitos para a caracterização térmica do produto manufaturado.

Palavras-chave: cimento-madeira, isolamento térmico, transmitância térmica, resíduos lignocelulósicos, termografia.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE CADA ELEMENTO LIGNOCELULÓSICO	28
FIGURA 2 – PREPARO DA PLACA PARA AS FOTOS TERMOGRÁFICAS	32
FIGURA 3 – FOTOS TERMOGRÁFICAS DAS PLACAS ANALISADAS SUBMETIDAS A TEMPERATURA AMBIENTE	32
FIGURA 4 – DISTRIBUIÇÃO DA TEMPERATURA NA PLACA DEPOIS DO AQUECIMENTO.....	33
FIGURA 5 – TEMPERATURAS MENSURADAS PARA AS DUAS FACES DE CADA PLACA, ANTES E APÓS O AQUECIMENTO, E DIFERENÇA DE TEMPERATURA	33
FIGURA 6 – DISTRIBUIÇÃO ANUAL DOS ARTIGOS PUBLICADOS DE ACORDO COM A BASE DE DADOS DA SCOPUS	36
FIGURA 7 – MAPEAMENTO DAS PALAVRAS-CHAVE DOS AUTORES	38
FIGURA 8 – MAPEAMENTO DAS PALAVRAS-CHAVE DOS AUTORES COM DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL	39
FIGURA 9 – MAPEAMENTO CIENTÍFICO DOA AUTORES DE MAIOR RELEVÂNCIA.....	41

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DOS MATERIAIS LIGNOCELULÓSICOS DOS PAINÉIS	29
TABELA 2 – CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS MATERIAIS LIGNOCELULÓSICOS	30
TABELA 3 – CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS PAINÉIS	31
TABELA 4 – CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS OBTIDAS.....	34
TABELA 5 – AUTORES MAIS CITADOS NA BUSCA REALIZADA	40

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1	Construção civil.....	13
2.2	Resíduos agroindustriais.....	14
2.3	Resíduos lignocelulósicos	15
2.4	Materiais compósitos.....	16
2.5	Conforto térmico em edificações	18
2.6	Estudos bibliométricos	19
3	METODOLOGIA	21
3.1	Preparação dos materiais lignocelulósicos	21
3.1.1	Fibras de coco	21
3.1.2	Partículas de bagaço de cana-de-açúcar	21
3.1.3	Partículas de eucalipto	21
3.2	Confecção dos painéis	22
3.3	Testes químicos das fibras lignocelulósicas	23
3.4	Caracterização morfológica dos materiais lignocelulósicos	23
3.5	Testes físicos das placas cimentícias	23
3.6	Testes térmicos	24
3.7	Análises estatísticas	26
3.8	Análise Bibliométrica.....	26
3.8.1	Busca e seleção de artigos na base de dados	26
3.8.2	Mapeamento bibliométrico	27
4	RESULTADOS.....	28
4.1	Caracterização química das fibras	28
4.2	Caracterização física das fibras	30
4.3	Propriedades físicas dos painéis compósitos.....	30

4.4	Propriedades térmicas dos painéis compósitos	31
4.5	Pesquisa Bibliométrica.....	36
5	CONCLUSÃO	43
	REFERÊNCIAS	44

1 INTRODUÇÃO

A construção civil é um setor que acompanha a taxa de crescimento populacional. Por isso, é visto como um dos setores que está sempre em desenvolvimento. Tal fator é diretamente proporcional ao consumo de materiais de construções, oriundos de matérias prima. Em contrapartida, há uma geração muito grande dos Resíduos de Construção Civil (RCC), o que impacta diretamente no meio ambiente. Outro setor responsável por grande parte de geração de resíduos, é o setor agroindustrial.

Este trabalho foi cogitado diante da necessidade da minimização do impacto dos resíduos da agroindústria com potencial utilização na construção civil por meio de materiais compósitos. Tais materiais podem apresentar características otimizadas quando comparados aos materiais convencionais para determinadas finalidades. Por isso, os compósitos são materiais com elevada capacidade de engrandecimento nas pesquisas e produções. Uma das importantes aplicações dos materiais compósitos, é na construção civil. A elaboração de compósitos cimentícios apresenta características desejáveis para residências.

A incorporação de fibras lignocelulósicas em matrizes cimentícias, originam materiais com potencial utilização em construções. Fibras lignocelulósicas são de origem vegetal e têm vasta proveniência, considerando a ampla variedade agroindustrial no Brasil. Além disso, os resíduos provenientes da agroindústria correspondem a grande parte de toda sua produção. Assim, a utilização de resíduos agroindustriais para incorporação em materiais, apresenta diversos benefícios, dos quais, a minimização do impacto ambiental, além de possuir menor custo e fonte renovável. Dada sua importância, pesquisadores estudam, gradativamente, novos materiais para aplicação na engenharia civil, com utilização de compósitos cimentícios, para conforto térmico. Considerando o avanço de pesquisas acerca de painéis compósitos para conforto térmico, encontra-se, na literatura, uma expressiva quantidade de artigos sobre o tema. Dessa forma, para delinear estratégias e avaliar o avanço do tema, revisões bibliométricas são técnicas promissoras, uma vez que apresentam um mapeamento sobre a área de estudo. Sendo a pesquisa um dos propulsores responsáveis por instigar novas concepções acerca de determinados assuntos, a bibliometria é um artifício capaz de delinear os estudos, de forma a auxiliar o pesquisador em suas análises. Dessa forma, a realização de mapeamentos bibliográficos é de suma importância em assuntos notadamente emergentes.

O objetivo do presente trabalho consistiu no desenvolvimento e análise de placas cimentícias reforçadas com materiais lignocelulósicos oriundos da agroindústria, para aplicação

como material de construção civil, voltados ao conforto térmico. Além disso, foi elaborada uma análise bibliométrica para identificar as principais contribuições de estudos e pesquisadores de maior relevância na pesquisa acadêmica sobre compósitos cimentícios utilizados para conforto térmico na construção civil.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Construção civil

Os setores importantes para o crescimento de um país são aqueles que desempenham um significativo impacto na economia e cujo encadeamento se dão “para trás e para frente”, cuja continuidade do progresso pode ser identificada de um setor para o outro. Além disso, os investimentos no setor construtivo são importantes para o desenvolvimento econômico brasileiro, resultando no aumento do capital social (TEIXEIRA; DE CARVALHO, 2005). Os três maiores setores que regem a economia brasileira são, segundo Nunes (2020), a agropecuária, a indústria e serviços, onde, neste último, está inserida a construção civil. Pode-se dividir a grande cadeia produtiva das construções em seis subsetores, que são: construção, indústria de materiais, comércio de materiais, outros fornecedores, serviços, máquinas e equipamentos, com essa distribuição conforme maior participação econômica nacional (CBIC, 2020). Oliveira et al. (2020) conceituam a construção civil como sendo o conjunto de execuções de obras, como casas, edifícios, estradas obras de saneamento, instalações prediais, portos e aeroportos, além das atividades relacionadas às construções.

Segundo a ABRAIN (2017), considera-se a incorporação imobiliária (conjunto de atividades voltadas à construção de um imóvel/edificação) como sendo de natureza cíclica, ou seja, sensível às variações de condições macroeconômicas, cujo consumo sofre influência pela política, economia e pelo clima. Para ela, é esperado um crescimento de 32% da quantidade de habitações até o ano de 2035 e, por isso, nota-se o desafio do atendimento às demandas de construção.

Embora a construção civil contribua com o Produto Interno Bruto (PIB) do país, sua elevada atividade é responsável por consumir grande parte da matéria prima disponível e, também, por gerar grande quantidade de resíduos. Segundo Cavalcante (2019), o Conselho Internacional da Construção (CIB) indica o setor construtivo como sendo o que mais consome recursos naturais, além da utilização da energia de forma intensiva. A depender do país e de sua economia, a extração de matérias prima apresenta de 40% a 75% de aplicação em materiais de construção civil (JOHN, 2002). Segundo Klepa (2019), para um metro quadrado de construção, utiliza-se, em média, uma tonelada de material. Dependendo da finalidade da edificação, ou seja, residencial, pública ou comercial, há variação do consumo energético (MORISHITA, 2011). Os setores residenciais, público e comercial foram responsáveis por 47% de consumo energético no ramo das edificações, enquanto o do setor industrial foi menor, com 44% (MORISHITA, 2011).

A geração de resíduos pela construção civil é motivo de preocupação ambiental, uma vez que o setor é um dos maiores geradores de resíduos sólidos do mundo (KEPLA et al., 2018). Segundo Basso et al. (2020), os resíduos de construção representam entre 50% e 70% de toda limpeza pública municipal.

Segundo John (2001), os materiais de construção apresentam menor impacto ambiental por unidade de massa ao longo do seu ciclo de vida, quando comparado aos materiais das demais indústrias. Entretanto, devido à elevada quantidade de resíduo gerada, seu impacto ambiental é notório. Assim, é necessário diminuir a quantidade de materiais por construção.

Para Gomes (2007), o raciocínio imediatista, sem a busca por novas tecnologias e novos modelos de construção ofertados pelo mercado, são responsáveis, também, pelo baixo desempenho na construção e baixa eficiência. Além disso, John (2001) ainda ressalta que saber selecionar o material de forma eficiente, de acordo com sua função desejada, pode auxiliar na diminuição da quantidade de materiais empregados na construção. A falta de atualização das tecnologias e dos materiais, com baixa racionalidade geram muitos resíduos (BASSO et al., 2015). Para Coimbra e Oliveira (2005), o avanço da tecnologia juntamente à busca por novas tecnologias, permitirá a utilização de materiais naturais, como fibras vegetais, visando à conscientização com o meio ambiente.

2.2 Resíduos agroindustriais

O desenvolvimento tecnológico visto a partir de 1980 permitiu que o setor do agronegócio ganhasse mais evidência, uma vez que foi possível expandir sua produtividade, culminando no aumento do consumo de insumos (ROSA et al., 2011).

O setor agroindustrial rege uma das mais antigas formas de culturas de unidades agrárias, beneficiando e processando produtos de diversas regiões do país. Devido ao beneficiamento, é notória a geração de resíduos agroindustriais, originados pelo beneficiamento de couro, fibras, alimentos, madeira, entre outros (COSTA FILHO et al., 2017).

José Júnior (2020) ressalta que com base nas projeções para 2050, a agricultura será responsável pela geração de 140 Gt de resíduos, embora alimente 9,7 bilhões de pessoas. Segundo a ONG Banco de Alimentos (2021), os resíduos são gerados desde à produção até o consumo, nos quais 10% se dão no campo, 50% no manuseio e transporte, 30% nas centrais de abastecimento e 10% nos supermercados e consumidores.

Segundo a FAO (2013), estima-se que, mundialmente, os resíduos agroindustriais correspondam a 1,3 bilhão de toneladas por ano, equivalente a 1/3 do que se produz. Segundo Rosa et al. (2011), esses resíduos apresentam perda de biomassa e nutrientes e, ainda, aumentam a poluição devido à inadequada disposição.

Os resíduos gerados após o primeiro contato com o setor produtivo, segundo Gouveia et al. (2015), apresentam características físicas e químicas com extremas diferenciações entre si. Devido às diferentes características das espécies e tecidos vegetais, além do solo, há uma grande variação das características dos resíduos vegetais (SILVIO JÚNIOR, 2020). O extenso território brasileiro, sua tropicalidade e continentalidade permitem uma vasta produção agrícola, com ampla diversidade de biomassa e, assim, diversas matrizes para fontes de fibras (GOUVEIA L et al., 2015).

2.3 Resíduos lignocelulósicos

Segundo Rodrigues et al. (2016), os materiais lignocelulósicos correspondem a aproximadamente, 60% da biomassa vegetal, sendo os materiais orgânicos com maior abundância na biosfera. Os materiais lignocelulósicos podem ser divididos em resíduos de colheitas, madeira de lei, madeira de conífera, resíduos celulósicos, biomassas herbáceas e resíduos sólidos municipais.

Materiais lignocelulósicos são biomassas, cuja origem é vegetal e, por isso, compreende grande variedade dos elementos constituintes devido ao tipo de matéria-prima, estágio vegetativo e idade (DELMER, AMOR, 1995). Este material pode, também, ser proveniente de diferentes partes da planta, como o caule, folhas, fruto, tronco, entre outros (RAZERA, 2006).

Embora haja essa discrepância, esses materiais se identificam por conterem em sua composição a celulose, a lignina e a hemicelulose (FENGEL, WEGENER, 1989). Segundo Jeffries (1990), a lignina pode corresponder de 10% a 30%, a hemicelulose de 15% a 35% e a celulose, 30% a 50% do material lignocelulósico.

A celulose é constituída por moléculas de glicose e é um dos principais constituintes de paredes celulares (DOMÍNGUEZ, 2003). A hemicelulose é composta por pentoses, hexoses e ácidos úricos (SARKAR et al., 2012). Por fim, a lignina se constitui devido à polimerização oxidativa do álcool trans-coniferílico, álcool trans-p-cumarílico e álcool trans-sinapílico. (HATTI, 2004) A hemicelulose apresenta degradação mais facilitada quando comparada à

celulose e funciona como fase de adesão para a estrutura (SILVA, 2009) e, segundo Taherzadeh e Karimi (2008), a lignina é a matriz mais resistente da parede celular.

Uma vez que o material lignocelulósico é visto como resíduo, seu valor agregado é mínimo. Além do mais, por ser de origem vegetal, é biodegradável e, ainda, apresenta uma rica matéria-prima. Por esses motivos, na Europa faz-se uso de resíduos lignocelulósicos para a fabricação de painéis aglomerados (KLIMEK et al., 2018). Percebendo-se a quantidade elevada de patentes nacionais e internacionais, Silva et al. (2009) notaram potencial na utilização de materiais lignocelulósicos para atuarem como matéria-prima em polímeros e compósitos.

2.4 Materiais compósitos

Conceitua-se um material compósito como sendo a combinação de dois ou mais materiais que se diferem na forma, propriedades e composição química e que, quando misturados, resultam um material com propriedades que não seria possível com apenas um dos materiais constituintes (MOHANTY, MISRA, & DRZAL, 2005). Ainda, segundo Schwartz (1984), compósito é a combinação de, no mínimo, dois componentes insolúveis entre si, diferenciando-se em sua forma e constituição. Pode-se identificar os componentes do compósito como matriz e reforço.

Segundo Souza et al. (2018) a matriz é o principal componente que, em maior quantidade, tem a melhor concentração para receber o outro material. Tal constituinte pode ser originado de diversos materiais, desde que apresente algumas funções, como ser capaz de manter a orientação das fibras e seu espaçamento; fazer a transmissão das forças de cisalhamento entre as camadas das fibras e, também, fornecer proteção contra danos superficiais do material de reforço (MANO, 2000).

Para a indústria da construção civil, há um grande interesse na utilização de materiais compósitos com matriz cimentícia. Isso se dá, segundo Hannant (1978), para que seja possível melhorar a resistência do concreto à flexão e tração, além de melhorar a resistência ao impacto, controlar a fissuração da peça e, ainda, alterar sua reologia.

O material reforço é aquele responsável por completar a matriz, para que trabalhe conjuntamente a ela, suportando o esforço mecânico e aliviando sua tensão (SOUZA et al., 2018). Silva (2014) faz a divisão dos compósitos em três grupos, sendo eles o de partícula, estruturais e de fibra.

É comum observar a utilização de fibras como elemento reforço, pois as fibras são capazes de conter a propagação a fissuras, funcionando como um obstáculo (MARTINEAU et al, 2002). Dessa forma, quando ocorre o início de fissuração em compósitos com reforço de fibras, a ruptura torna-se progressiva, já que há absorção desta pelas fibras, protegendo o material do colapso imediato. Segundo Bernardi (2003), embora observe-se uma quantidade maior de fissuras em materiais com fibra em sua composição, a abertura das fissuras é menor, o que reduz a área total fissurada.

A aplicação e o processo de fabricação de um compósito são determinantes para sua escolha, assim como os elementos matriz e reforço selecionados, já que resultam em propriedades intrínsecas a tal (TOMAR, 2018). Ademais, é importante haver aderência entre a matriz e o reforço, pois, segundo Hannant (1978), a interface entre eles é tão dominante para as propriedades finais do material, quanto às características dos materiais utilizados. Bernardi (2003) ressalta que a interface tem a função de realizar a transferência dos esforços entre a matriz e o reforço, na qual a aderência pode ser físico-química ou mecânica.

Graças à sua biodegradabilidade, bom comportamento mecânico e fonte renovável, as fibras naturais são uma opção de elemento reforço (JUNIOR, 2013). Além disso, sua utilização é sustentável, uma vez que pode ser proveniente de resíduos agroindustriais. As fibras naturais, ainda, são leves, resistentes e de baixo custo e apresentam potencial substituição das fibras de vidro e minerais nas mais variáveis aplicações (KOZLOWSKI, 2012). Há diversas aplicações possíveis para os compósitos com fibras naturais e são encontrados diversos trabalhos relatando as propriedades mecânicas do compósito (FERRAZ et al, 2020). Entretanto, existem outras possibilidades, como sua aplicação para conforto térmico, o que, para Benazzouk et al. (2008), é pertinente, já que avaliar a baixa condutividade térmica em compósitos com reforço lignocelulósico pode ajudar a resolver questões energéticas e ambientais.

Segundo Marques (2015) no estado fresco da matriz cimentícia, são notadas características particulares na relação água/cimento, de acordo com os aditivos incorporados e o elemento reforço, o que define o volume de absorção de água, de acordo com a tensão superficial devido a cada elemento. O mesmo autor relata que neste momento, as fases definem-se, onde se precipitam os cristais, podendo gerar microfissuras na matriz, tornando-a vulnerável, bem como deixando a fibra exposta a ataques alcalinos. Estes fenômenos são geridos por propriedades físicas e químicas de cada componente, destacando-se a densidade, porosidade e absorção.

Materiais compósitos apresentam uma diversificada aplicação e têm apresentado boa utilização para proporcionar conforto térmico em edificações.

2.5 Conforto térmico em edificações

O conforto térmico pode ser definido, segundo Lamberts et al. (2011), como a satisfação mental do homem e o ambiente térmico ao qual se encontra. Para a satisfação de bem-estar, não deve haver percepção dos mecanismos contra calor ou frio, para que o indivíduo realize normalmente suas atividades (CARVALHO, 2017).

Para compreender aspectos de conforto térmico se faz necessário, entender as definições de Termodinâmica. Essa ciência é responsável por estudar o calor, que pode ser definido como sendo a energia em trânsito de dois corpos em contato, que apresentam, inicialmente, diferentes temperaturas (CARVALHO, 2017). O fluxo da energia será do corpo com maior temperatura para o de menor temperatura até que se atinja o equilíbrio térmico. Dessa forma, o sistema não pode armazenar calor, apenas dissipar ou absorver (KREITH, 1977).

A transferência de calor de forma sensível pode ocorrer por três processos: condução, convecção ou radiação. A condução ocorre entre dois meios ou corpos em diferentes temperaturas, que entram em contato, havendo comunicação molecular direta, culminando em transferência de energia cinética, a nível microscópico (INCROPERA, 2003). Quanto à convecção, Incropera e DeWitt (2008), definem como a transferência de calor entre um sólido e um fluido em movimento, com diferentes temperaturas. Por fim, a radiação se dá sem a necessidade de um corpo, como ocorreu na condução e convecção, sendo um transporte de energia instantâneo, que sofre transformação da energia emitida e recebida por superfícies (FROTA et al., 2007).

Nesse âmbito, também pode-se citar a característica da resistência térmica. Esta é, segundo a NBR 15220-1 (ABNT, 2005), o quociente da diferença de temperatura entre as superfícies do elemento, pela densidade de fluxo de calor. Inversa à resistência térmica, tem-se a transmitância térmica ou coeficiente global de transferência de calor. Ainda, o coeficiente de condutividade térmica é uma propriedade física do material homogêneo e isotrópico, onde há um fluxo constante de calor, cuja densidade, de acordo com a NBR 15220-1, corresponde a 1 W/m² (ABNT, 2005).

A partir destes conceitos, foi regulamentado pela NBR 15575 o desempenho de edificações habitacionais, que engloba o desempenho térmico. A transmitância térmica, que é

o fluxo de calor entre o ambiente externo e fachada, dada por meio da espessura e condutividade térmica dos materiais da fachada e das cores dos revestimentos externos, pode definir o desempenho térmico requerido da habitação. Além disso, a capacidade térmica do sistema de vedação é necessária em zonas bioclimáticas, onde observam-se significativas temperaturas (ABNT, 2013).

Define-se como inércia térmica a capacidade da edificação armazenar ou liberar calor. Quanto menor a inércia, maior será a troca de calor com o meio externo e com uma maior inércia, há maior constância da temperatura no ambiente. É atraente que se tenha, numa edificação, maior inércia térmica quando há variação da temperatura externa, radiação solar ou ganhos de calor (CARVALHO, 2017).

Dada a importância da utilização de resíduos agroindustriais na engenharia civil, observa-se o expressivo desenvolvimento de pesquisas voltadas à sustentabilidade.

2.6 Estudos bibliométricos

Conjuntamente a setores com potencial aproveitamento de resíduos, como é o caso da construção civil. Assim, é importante que haja uma diretriz para auxiliar as buscas textuais, para realização de referencial teórico e bibliográfico, por exemplo. Com o avanço tecnológico é possível o emprego de softwares em diversos seguimentos, como nas pesquisas acadêmicas.

A bibliografia é responsável por apresentar informações discursivas aos pesquisadores. Já a bibliometria, também chamada de bibliografia estatística, apresenta métodos quantitativos para descrever aspectos literários (ARAÚJO, 2006). Sendo assim, as análises bibliométricas permitem mensurar e avaliar resultados de buscas textuais, em diversos tipos midiáticos (BALL, 2017).

A análise bibliométrica, segundo Martines et al. (2015) auxilia no acesso e análise de pesquisas com as mais diversas características, como autores, revistas científicas, países, universidades, entre outros. Segundo Thewall (2008), a bibliometria permite aos pesquisadores saber padrões nacionais e internacionais de coautoria, estruturas de campos de pesquisas, entre outras características.

Entre os métodos de exploração científica, destacam-se o mapeamento científico e a análise de desempenho (NOYONS; MOED; VAN RAAN, 1999). A análise de desempenho avalia o autor ou um grupo de autores científicos, por meio de um compilado de informações como universidade, departamento, países, entre outros. O mapeamento verifica tendências

científicas, através da interação entre os nichos determinados por meio de características semelhantes (*clusters*) (NOYONS; MOED; VAN RAAN, 1999). No mapeamento científico, os subdomínios ou *clusters*, são capazes de identificar e comparar entre eles uma revisão de literatura, monitorando as áreas de pesquisa.

Esse conjunto de relações entre informações sobre pesquisadores, pesquisas e suas relações, tem se tornado muito utilizado para demonstrar os avanços, tendências e migrações de pesquisas.

3 METODOLOGIA

Este trabalho consistiu na manufatura de painéis compósitos cimentícios com reforço de materiais lignocelulósicos provenientes de resíduos agroindustriais. As fibras incorporadas foram caracterizadas quanto à sua morfologia e composição química. Além disso, as placas foram submetidas a ensaios térmicos, para avaliação de suas características térmicas. Por fim, foram realizadas análises bibliométricas para mapeamento de artigos publicados entre 2010 e o primeiro semestre de 2021.

3.1 Preparação dos materiais lignocelulósicos

3.1.1 Fibras de coco

Utilizou-se, para este material, a fibra de coco comercializada, geralmente utilizada em jardinagem. Para adequação de seu uso na incorporação da matriz cimentícia, visando otimizar as interações entre os elementos e a trabalhabilidade da massa, foi necessário padronizar o tamanho das fibras. Por isso, as fibras foram moídas, a fim de se obter tamanhos menores. Posteriormente, foi realizado peneiramento das partículas trituradas em peneira de abertura de 0,50 mm (32 mesh, / 35ASTM), podendo-se remover o pó que alteraria as características da placa.

3.1.2 Partículas de bagaço de cana-de-açúcar

As fibras foram retiradas de clones de cana-de-açúcar cultivados no município de Lavras. Após a colheita da cana, os caules foram cortados com tamanho médio de 20 cm de comprimento levando-os, posteriormente, à estufa a 85 °C para secagem até atingirem 12% de umidade. Posteriormente, os materiais foram processados no moinho martelo, com a finalidade de ter sua dimensão diminuída. Então, as partículas foram submetidas ao peneiramento manual para a homogeneização da dimensão das partículas. No processo de peneiramento e classificação das partículas, foi utilizado um conjunto de peneiras sobrepostas de 40 e 60 mesh, respectivamente e, o material utilizado foi aquele passante pela peneira de 40 mesh e que ficou retido na peneira de 60 mesh.

3.1.3 Partículas de eucalipto

A madeira de *Eucalyptus grandis* foi obtida de um cultivo experimental da Universidade Federal de Lavras - UFLA. A madeira foi cortada para obter o material apto para incorporação

na matriz cimentícia. Posteriormente, as porções foram trituradas para que atingissem comprimentos menores. Assim, para eliminar o pó, resultante da trituração, o material foi submetido à peneiramento manual. O material utilizado para compor o compósito foi o passante na peneira de 40 mesh, retido na peneira de 60 mesh.

3.2 Confeção dos painéis

Inicialmente, foi necessário determinar o teor de umidade das partículas a serem incorporadas ao material, para ser possível calcular o traço utilizado. Dessa forma, aferiu-se o teor de água, em porcentagem, por meio do método da estufa, que consiste na diferença de massa perdida do material quando submetido a alta temperatura. Para maior variabilidade dos resultados, os dados foram trabalhados em triplicata para material.

Determinadas as umidades, realizou-se o cálculo da quantidade de massa de cada material, por meio do traço pré-determinado. O traço utilizado foi o mesmo para ambas as placas, com características adotadas segundo sugerido por Souza (1994), utilizada por Latorraca (1996) e Lopes (2004):

- Densidade do painel: 1,2g/cm³;
- Relação madeira-cimento: 1:2,75;
- Relação água-cimento: 1:2,5;
- Taxa água de hidratação-cimento (base massa do cimento): 0,25;
- Porcentagem de aditivo (%): 0,04;
- Porcentagem de perda (%): 0,15;
- O cimento utilizado foi o CPV – ARI.

Assim, deu-se início à mistura dos materiais, utilizando uma betoneira, com as quantidades de cada material definidas. As partículas apresentaram excessiva absorção de água e, por isso, para alcançar o ponto desejado da mistura, adicionou-se água quando necessário. Com as pastas finalizadas, adicionou-as às formas. Para posterior desforma com maior facilidade, as formas foram lubrificadas com óleo diesel.

Assim, realizou-se a prensagem das placas e o grampeamento das mesmas, ao qual permaneceram por 24 horas (um dia). Então, os grampos foram retirados e as placas foram submetidas à câmara climatizada, com temperatura de $20 \pm 2^\circ\text{C}$ e umidade relativa de $65 \pm 3\%$ por 28 dias. As placas confeccionadas possuíam dimensão de 48 x 48 x 15 cm. Todavia, as

mesmas foram devidamente cortadas, com auxílio de uma serra circular, para ser possível a realização de alguns testes.

3.3 Testes químicos das fibras lignocelulósicas

Para caracterização química dos materiais lignocelulósicos, e avaliação das fibras com a matriz cimentícia, foram realizadas as análises de lignina, extrativos totais, cinzas e holocelulose.

Para avaliação do teor de lignina insolúvel, foi utilizada a norma NBR 7989 (2010). Para o teor de extrativo total, utilizou-se a norma NBR 14853 (2010). Já, para o teor de cinzas, utilizou-se uma estufa, de acordo com a norma NBR 13999 (2017) e, para a holocelulose, foi utilizado-se a extração da lignina com clorito de sódio e ácido acético, como relatado por Browning (1963).

3.4 Caracterização morfológica dos materiais lignocelulósicos

Foram avaliadas as características físicas dos materiais lignocelulósicos, sendo elas o comprimento, diâmetro e índice de esbeltez. Para isso, foi utilizado o *software* ImageJ®, com 30 medições para cada material. O índice de esbeltez foi obtido pela razão entre o comprimento e o diâmetro de cada amostra.

3.5 Testes físicos das placas cimentícias

Foram determinadas as densidades e porosidades de cada placa, para a caracterização física. Para a densidade, foi utilizada a norma NBR 11936 (NBR 1977). Então, foram tomadas as dimensões de cada placa, sendo elas longitudinal, transversal e espessura, para a obtenção de seus volumes. Foram mensuradas, também, a massa de cada placa. Então, tem-se a densidade dada pela equação:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (3.5.1)$$

Sendo,

ρ a densidade, em kg/m³;

m a massa, em kg;

V o volume, em m³

Já, para a porosidade, seguiu-se o padrão definido na ASTM C 948. Então, foram mensuradas as massas seca, úmida e submersa de todas as placas, em duplicata, aplicando a equação:

$$\mu = \frac{m_{úmida} - m_{seca}}{m_{úmida} - m_{submersa}} \quad (3.5.2)$$

Onde,

μ é a porosidade, em %

$m_{úmida}$ é a massa úmida da placa, em Kg

m_{seca} é a massa seca da placa, em Kg

$m_{submersa}$ é a massa submersa da placa, em Kg

Para avaliar a absorção de água, seguiu o determinado pela norma ASTM D1037 (2006).

Assim:

$$AA = 1 - \frac{m_{inicial}}{m_{final}} \cdot 100 \quad (3.5.3)$$

Na qual,

AA é a absorção de água, em %

$m_{inicial}$ é a massa da placa antes de submetê-la ao mergulho, em Kg

m_{final} é a massa úmida da placa depois de submersa por 2h ou 24h, em Kg

3.6 Testes térmicos

Após 28 de dias que as placas foram confeccionadas, deu-se início aos testes térmicos utilizando as imagens termográficas. Para este teste, as três repetições das placas foram utilizadas totalizando 9 placas cimentícias.

Foi utilizada uma câmara composta por MDP (*Medium Density Particleboard*) e uma camada interna de lã de rocha para vedação. A fonte de calor era uma resistência térmica que estava no interior da câmara, que era mantida em temperatura de 50°C por um termostato.

Foi utilizada para aferição das temperaturas, uma Câmera Térmica FLIR E-75 24°, com resolução de 320 x 240, sensibilidade térmica de 0,03°C e fator de emissividade $\epsilon = 0,95$. com

capacidade de medição de temperatura infravermelha, capaz de obter as respostas de cada placa para cada temperatura ensaiada. As medições foram realizadas a uma distância de 1,50 m das placas.

Inicialmente, capturaram-se imagens termográficas das placas em temperatura ambiente, nas duas faces da placa (superior e inferior). Então, as placas foram submetidas a temperaturas mais elevadas. As temperaturas no interior da câmara eram digitalizadas por uma placa de aquisição de dados (cDAQ-9174, *National Instruments, Austin, TX, EUA*) e equipada com um módulo de entrada analógica (NI 9211, *National Instruments*). Quando a temperatura da câmara se estabilizava em 50°C, eram coletadas uma imagem termográfica do painel.

Posteriormente, cada imagem termográfica foi analisada por meio do software auxiliar da Câmera Térmica, FLIR Tools+. Então, para determinação das características térmicas, avaliou-se o fluxo de calor, como determinado por Fourier.

A condutividade térmica é uma propriedade intrínseca a cada material. Pode-se obtê-la manipulando a equação de Fourier. Fourier determinou o fluxo de calor transmitido entre duas faces é:

$$\Phi = \frac{Q}{\Delta T} = \lambda \frac{A (\theta_1 - \theta_2)}{e} \quad (3.6.1)$$

Onde,

Φ é o fluxo térmico, em W

θ_1 é a temperatura interna da placa, em °C

θ_2 é a temperatura externa da placa, em °C

e é a espessura da placa, em m

λ é a condutividade da placa, em W/m .°C

Fazendo as operações necessárias na equação 3.3.1, é possível determinar sua unidade de medida. Então, tem-se:

$$\lambda = \frac{J \cdot m}{s \cdot m^2 \cdot K} = \frac{J}{s \cdot m \cdot K} = \frac{W}{m \cdot K} \quad (3.6.2)$$

Por meio dos valores obtidos para condutividade térmica, é possível determinar a resistência das placas, de acordo com a NBR 15220 (ABNT, 2003) e Bertolini (2014), através da equação a seguir:

$$R = \frac{\lambda}{e} \quad (3.6.3)$$

Na qual,

R é a resistência térmica, [(m².°C)/W]

e é a espessura em metros (m)

λ é a condutividade térmica (W/m.°C)

Ainda, tem-se que a transmitância térmica (U) equivale a:

$$U = \frac{1}{R} \quad (3.6.4)$$

Na qual,

U é a transmitância térmica, [(m².°C)/W]

R é a resistência térmica, [(m².°C)/W]

3.7 Análises estatísticas

Os resultados obtidos para os testes químicos e físicos para os materiais lignocelulósicos, e para as análises físicas e térmicas dos painéis, foram submetidos à análise de variância, ANOVA, e o teste de Tukey foi aplicado para avaliar as diferenças nas características físicas e químicas das fibras, bem como os resultados referentes às análises térmicas, para comparações variadas, em intervalos de confiança de 95%.

3.8 Análise Bibliométrica

A análise bibliométrica consistiu na pesquisa pelos termos mais recorrentes, na Base de dados e posterior análise de seus dados no *software* de mapeamento bibliométrico.

3.8.1 Busca e seleção de artigos na base de dados

Para a base de dados, foi utilizada a Scopus (Elsevier). Foram procuradas palavras utilizando o filtro de busca *Article title, Abstract, Keywords*, para que fossem encontrados documentos, cujas palavras buscadas estivessem no título do artigo, resumo ou palavras-chave. A base da SCOPUS permite utilizar de operadores para aumentar a precisão das buscas. Para pesquisar frases com correspondência exata, foram utilizados colchetes. Foram agrupados termos de acordo com a classe de pesquisa, em propriedades térmicas, painéis compósitos de cimento e construção civil, por meio da utilização de parênteses. Para variação dos termos em cada parêntese, foi utilizado o operador booleano OR, indicando “um termo ou outro”, pertencente àquele grupo.

Para avaliação da distribuição temporal das publicações, foi utilizada a própria análise realizada pela base da SCOPUS, por meio do gráfico de documentos por ano. Dos documentos encontrados, foram considerados apenas os artigos, de data entre 2010 ao primeiro semestre de 2021, a fim de se analisar os assuntos mais recentes. Então, foram selecionados os artigos pertinentes a cada pesquisa e foi realizado o *download* das características, em extensão *.cvs*, de cada documento para posterior tratamento dos dados.

3.8.2 Mapeamento bibliométrico

Para tratamento dos dados, foi utilizado o *software* VOSviewer. Com os arquivos obtidos por meio da base de dados, foi possível configurar o VOSviewer para gerar os mapas bibliométricos. Foi utilizado o parâmetro *all Keywords* para definir a leitura de todas as palavras no mapeamento, além disso, foi realizado o mapeamento dos autores mais relevantes e que tiveram maior interação com os demais autores.

Foi observado, durante algumas pesquisas e eventuais testes, que o VOSviewer classifica, diferentemente, a mesma palavra, quando submetida a flexões no plural. Por isso, foi necessário realizar a configuração *VOSviewer thesaurus file*, por meio de um documento textual, para eliminar tal duplicidade.

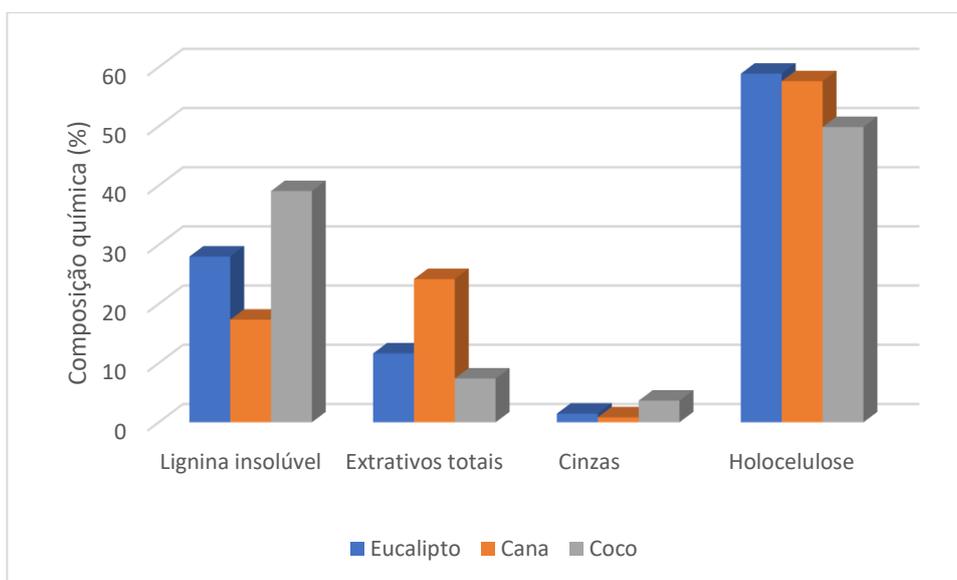
O VOSviewer localiza as palavras em um espaço dimensional, retratando a distância entre os itens de acordo com seu grau de similaridade. Os resultados são apresentados em forma de círculo, representando os itens encontrados na pesquisa. Em seguida, esses itens são agrupados e representados por cores, formando um mapeamento bibliométrico (VAN ECK et al, 2010). Foram desenvolvidos os mapas de co-ocorrência de palavras-chave utilizadas pelos autores, bem como, bem como da citação de autores com maior relevância.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização química das fibras

Como descrito na seção 3.3, foram obtidas as porções de lignina, extrativos totais, cinzas e holocelulose de cada material lignocelulósico, cujos resultados estão apresentados na figura 1, a seguir.

Figura 1 – Composição química de cada elemento lignocelulósico



Fonte: Do autor (2021)

Na figura 1, é notório que as composições químicas apresentam uma variação considerável para cada material lignocelulósico. Segundo Salazar et al. (2005), não são encontrados, na literatura, valores fixos para cada análise química de cada material, já que cada planta está inserida em diferentes condições, sofrendo com a influência do clima, Ph de solo, pragas, entre outros. Segundo Silva (2003), embora as fibras lignocelulósicas apresentem diversos pontos positivos acerca de sua baixa densidade e baixo custo, a falta de uniformidade das propriedades delas é uma desvantagem. Segundo ele, estas propriedades dependem da origem das fibras, processo de extração, absorção de umidade, entre outros.

Tabela 1 – Características químicas dos materiais lignocelulósicos dos painéis

Material	Lignina (%)	Extrativos totais (%)	Cinzas (%)	Holocelulose (%)
Eucalipto	28,00 b (0,667)	11,65 b (0,145)	1,46 b (0,286)	58,90 b (1,098)
Cana-de-açúcar	17,34 a (0,667)	24,20 c (0,920)	0,84 a (0,037)	57,63 b (1,550)
Coco	31,07 c (0,041)	7,39 a (0,590)	3,65 c (0,204)	49,89 a (0,428)
p valor	0,0000	0,0000	0,0000	0,000
CV (%)	28,29	60,63	74,43	8,79

CV é o coeficiente de variação, os valores demonstrados entre parênteses são o desvio padrão das médias e as médias seguidas da mesma letra em cada coluna são equivalentes, estatisticamente, de acordo com o teste de Tukey, a 5% de significância.

O eucalipto e a cana-de-açúcar apresentaram valores similares de cinzas e de holocelulose. A cana-de-açúcar possui o maior teor médio de extrativos e, também, menor teor de lignina, em comparação com os demais materiais avaliados. O eucalipto resultou nos valores intermediários de lignina, extrativos e cinzas. Já, a fibra de coco apresentou a maior composição de lignina e de cinzas e menores teores de extrativos e holocelulose.

Estudos de Agopyan et al. (2005) e Ferreira et al. (2015), ressaltaram que a lignina pode ser degradada, uma vez que é dissolvida pela alcalinidade da matriz do cimento, o que causa enfraquecimento da matriz fibra/cimento. Segundo Fan et al. (2012), os extrativos identificados nos materiais lignocelulósicos podem ocasionar um tempo de hidratação pior para o cimento, o que afeta a interação matriz/fibra, gerando vazios entre eles. Segundo Angles et al. (1997), as cinzas são oriundas das substâncias inorgânicas presentes no substrato nativo. Teixeira et al (2020) ressalta a influência da holocelulose nas propriedades do painel compósito devido à concentração de hemicelulose dissolvida com a maior alcalinidade da água de hidratação do cimento. A hemicelulose é responsável pela aderência entre as fibrilas do material vegetal e o arranjo das fibrilas dentro da matriz do cimento e, assim, pode diminuir a resistência do compósito.

Segundo Trugilho (1996), há uma correlação inversa entre a holocelulose, a lignina e a densidade, demonstrando que, quanto maior for a lignina, menor a quantidade de holocelulose e, assim, menor a densidade do material. De acordo com Mendes et al. (2017), quanto menor o teor de lignina, maior será sua hidrofiliabilidade. Segundo Dutra e Pontes (2002), a porosidade é diretamente proporcional à absorção de água e inversamente proporcional à densidade. Segundo Sales (2006), a elevada capacidade de absorção de água da fibra, causa uma perda na

aderência fibra-matriz. Neste processo de absorção no entorno da fibra, há a formação de um filme que eleva a porosidade.

Assim, se deseja-se obter painéis cimentícios com valores maiores de porosidade, os materiais com maior quantidade de lignina, como visto na fibra da casca de coco, são mais indicados para uso.

4.2 Caracterização física das fibras

A tabela 2 mostra os resultados obtidos para as características físicas dos materiais lignocelulósicos. A fibra de coco apresentou o maior valor para o comprimento e o menor para o diâmetro. Por isso, a fibra de coco resultou em um maior índice de esbeltez. O eucalipto e a cana-de-açúcar possuem similaridade estatística quanto ao comprimento e índice de esbeltez.

Tabela 2 – Características físicas dos materiais lignocelulósicos

Material	Comprimento (cm)	Diâmetro (cm)	Índice de esbeltez
Eucalipto	0,27 b (0,07)	0,07 b (0,01)	3,81 a (0,96)
Cana-de-açúcar	0,29 b (0,06)	0,05 c (0,01)	6,10 a (1,54)
Coco	0,64 a (0,17)	0,03 a (0,01)	21,93 b (0,204)
p valor	0,0000	0,0000	0,0000
CV (%)	52,02	40,00	92,97

CV é o coeficiente de variação, os valores demonstrados entre parênteses são o desvio padrão das médias e as médias seguidas da mesma letra em cada coluna são equivalentes, estatisticamente, de acordo com o teste de Tukey, a 5% de significância.

De acordo com Mendes et al. (2017) a interface fibra/matriz é influenciada pelas características das fibras. Segundo o mesmo autor, as fibras podem dobrar-se na matriz e, assim, diminuir sua interação, aumentando os poros. Figueiredo (2005) avaliou que fibras com maiores fatores de forma tendem a sofrer embolamentos. Tais embolamentos podem gerar os ouriços, que são bolas compostas por uma quantidade grande de fibras aglomeradas, aumentando a quantidade de poros presentes na estrutura.

4.3 Propriedades físicas dos painéis compósitos

Segundo Correia (2011), as propriedades físicas relevantes a serem determinadas em compósitos cimentícios com reforço de fibras, são a absorção de água, porosidade e massa

específica aparente (densidade). Assim, como descrito nas equações (3.5.1 a 3.5.3), foi possível obter a densidade, porosidade e absorção de água de cada placa manufaturada de acordo com os materiais lignocelulósicos incorporados, como demonstrado na tabela 3 a seguir.

Tabela 3 – Características físicas dos painéis

Material	Espessura (m)	Densidade (kg/m ³)	Porosidade (%)	Absorção de água	
				2h (%)	24h (%)
Eucalipto	0,0182 a	1182,1 a	74,2 a	15,70 c	16,47 b
	(0,001)	(39,52)	(2,93)	(0,99)	(0,98)
Cana-de-açúcar	0,0214 b	1172,1 b	78,5 a	5,22 a	10,79 a
	(0,001)	(47,51)	(12,05)	(0,68)	(1,35)
Coco	0,0162 c	984,3 a	160,2 b	28,15 b	29,68 c
	(0,000)	(29,17)	(7,09)	(1,93)	(3,52)
p valor	0,0003	0,0001	0,000	0,000	0,000
CV (%)	14,10	10,01	46,46	70,18	51,06

CV é o coeficiente de variação, os valores demonstrados entre parênteses são o desvio padrão das médias e as médias seguidas da mesma letra em cada coluna são equivalentes, estatisticamente, de acordo com o teste de Tukey, a 5% de significância.

Nota-se que houve um efeito significativo do tipo de fibra utilizado, na densidade dos painéis de coco e de eucalipto e cana-de-açúcar. Segundo Savastano (2000), para quantidades mais elevadas de poros permeáveis, as fibras vegetais demandam uma maior absorção de água, ocasionando em massa específica aparente inferior.

Bison Wood-Cement Board (2017) estabelece a densidade de painéis cimento-madeira em 1,25 g/cm³ +- 10%. Os maiores valores de densidade se justificam pelos menores valores de porosidade, que fornece a menor entrada de água mecânica no painel, em sua matriz e interface matriz/reforço (RAHMAN et al, 2013; WON et al, 2020). Sotande et al. (2012) e Wei et al (2016) notaram que a composição química do material influencia na densidade do painel, na cura do cimento e na interação reforço-matriz dos compósitos. Segundo eles, a menor densidade dos painéis apresenta a maior porosidade dos mesmos e, conseqüentemente, maior absorção de água.

4.4 Propriedades térmicas dos painéis compósitos

Com o objetivo de se avaliar a transferência de calor nas placas cimentícias fotos termográficas foram tiradas com a placa nas dimensões originais, de 48 x 48 x 15 cm e foi

delimitado, para leitura da temperatura, apenas a parte da placa demarcada pela face interna às fitas, com dimensão de 25 x 45cm, como é mostrado na figura 2 a seguir.

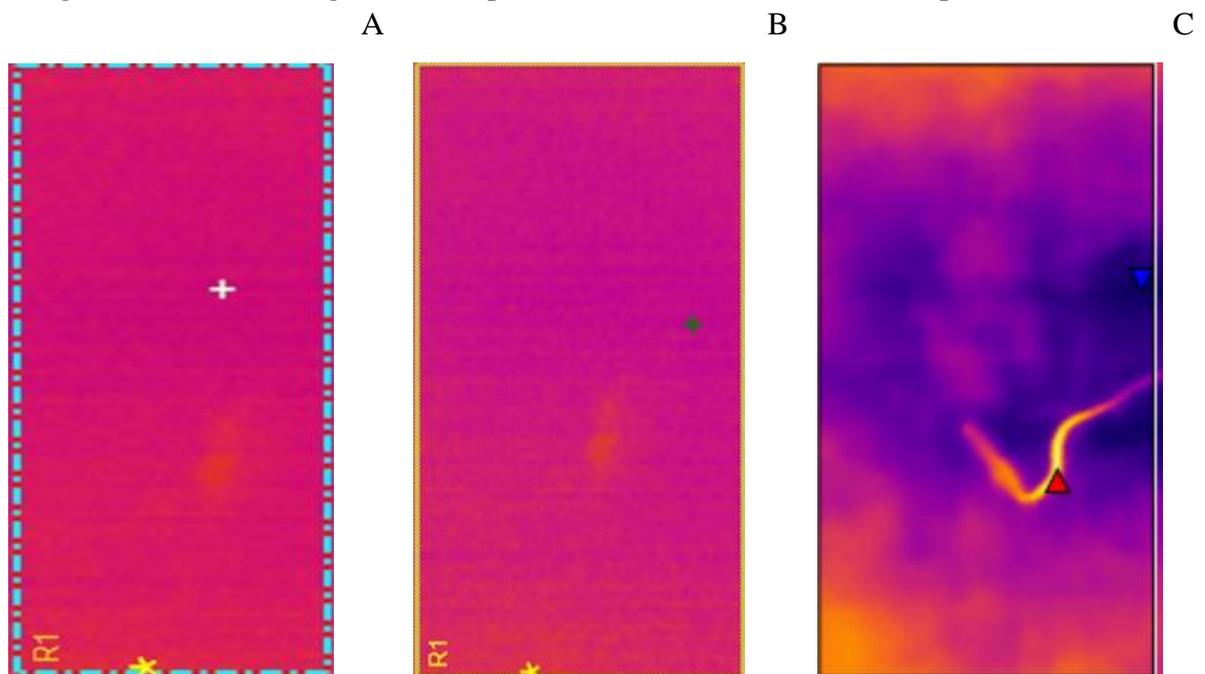
Figura 2 – Preparo da placa para as fotos termográficas



Fonte: Do autor (2021)

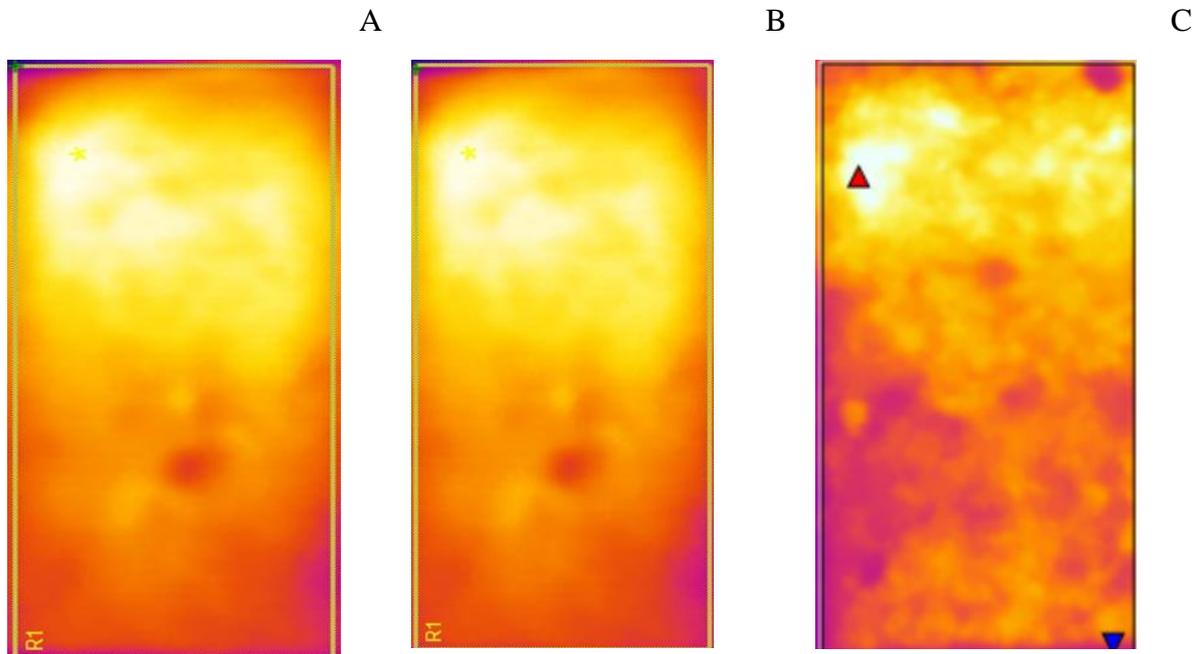
Desta placa, a câmera térmica capturou sua temperatura antes e depois do aquecimento. Assim, as imagens foram analisadas a fim de se avaliar a distribuição do calor nos painéis (Figuras 3 e 4).

Figura 3 – Fotos termográficas das placas analisadas submetidas a temperatura ambiente



A é a placa com reforço de eucalipto, B com reforço de cana e C, com reforço de fibra de coco. As cores mais escuras, nos tons de azul escuro/ roxo, demonstram as menores temperaturas. A temperatura ambiente era de 28°C e umidade relativa de 45%

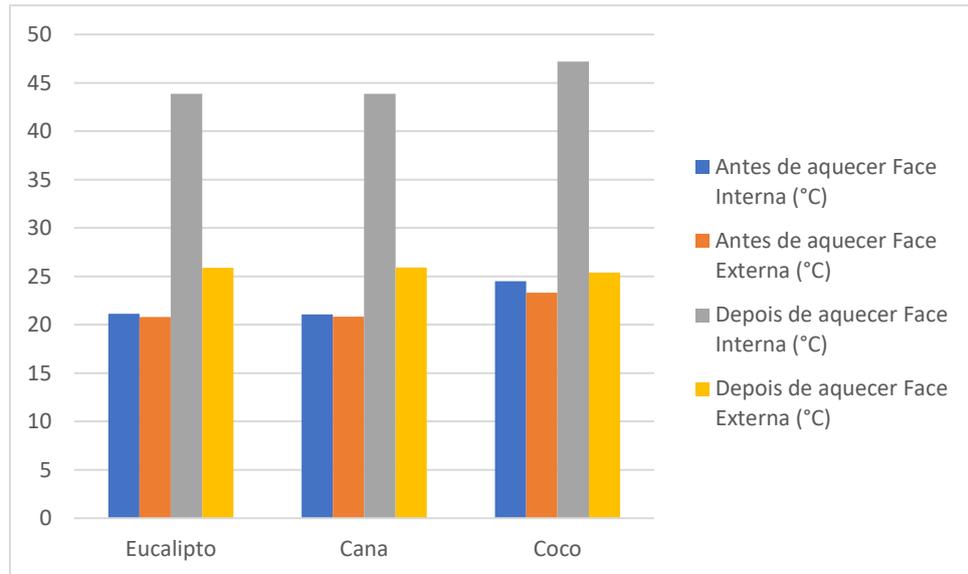
Figura 4 – Distribuição da temperatura na placa depois do aquecimento



A é a placa com reforço de eucalipto, B com reforço de cana e C, com reforço de fibra de coco. As cores em tons vermelhos e alaranjados, apresentam as maiores temperaturas. A temperatura ambiente era de 28°C e umidade relativa de 45%

Pelas figuras 3 e 4, é possível verificar que houve diferença na distribuição do calor ao longo das placas analisadas. Percebe-se que na figura 3, com a placa em temperatura ambiente, há uma predominância de cores correspondentes a temperaturas menores. Já na figura 4, após o aquecimento, a placa apresenta cores mais quentes, em tons alaranjados, observando um aumento na temperatura. Assim, tem-se as temperaturas para cada estágio de aquecimento, das duas faces das placas, como demonstrado na figura 5 a seguir.

Figura 5 – Temperaturas mensuradas para as faces das placas, antes e após o aquecimento



Fonte: do autor (2021)

As temperaturas mensuradas antes do aquecimento são necessárias para que se avalie o ganho de temperatura por meio destas temperaturas iniciais. Conforme observado na figura 5, entende-se que as placas com reforço de fibra de coco apresentaram uma maior diferença de temperatura, o que significa que foi transferida menos temperatura da face em contato com o aquecimento (interna) para a face mais fria (externa). Nota-se que os painéis com reforço de fibra de coco apresentaram uma menor temperatura da face externa.

Com os valores de diferença de temperatura calculados, foi possível mensurar a condutividade térmica de cada placa, bem como sua resistência e, também, transmitância térmicas. Ressalta-se que, neste caso, foi considerado o fluxo de calor unidimensional, sem geração interna de calor na placa. Obtiveram-se os resultados:

Tabela 4 – Características térmicas obtidas

Placa	Espessura (m)	Dif. De Temperatura	Condução (W/m.°C)	Resistência (W/m².°C)	Transmitância (W/m²°C)
Eucalipto	0,0182 b (0,001)	17,63 a (4,38)	0,6170 b (0,17)	0,03093 b (0,008)	33,67 b (6,51)
Cana	0,0214 c (0,001)	17,70 a (4,59)	0,7244 b (0,21)	0,03105 b (0,008)	33,66 b (5,17)
Coco	0,0162 a (0,000)	20,60 b (4,01)	0,4500 a (0,16)	0,03614 a (0,006)	27,67 a (3,86)
p valor	0,000	0,039	0,0063	0,038	0,0007
CV (%)	14,10	13,89	19,28	13,88	15,25

CV é o coeficiente de variação, os valores demonstrados entre parênteses são o desvio padrão das médias e as médias seguidas da mesma letra em cada coluna são equivalentes, estatisticamente, de acordo com o teste de Tukey, a 5% de significância.

Nota-se que para a placa que apresentou maior diferença de temperatura (coco), houve uma menor condução térmica e, conseqüentemente, maior resistência térmica. Além disso, a transmitância térmica foi menor para os painéis de coco, já que houve menor condução. Embora os painéis com cana tenham fornecido maior valor para a condutividade térmica, em comparação com o eucalipto, sua resistência térmica mais elevada deu-se devido à espessura maior na placa de cana.

Segundo Gandia et al. (2019), o desempenho geral depende do tipo de material, espessura e densidade de massa do material. Costes et al. (2017) avalia que os melhores desempenhos térmicos são obtidos em placas com menores densidades. Dutra e Pontes (2002), ao avaliarem a influência da porosidade na capacidade térmica de materiais, concluíram que quanto maior a porosidade, menor a condução térmica, devido à presença dos poros, que contém ar em seu interior, o que dificulta a capacidade de transmissão de calor, resultando num material com melhor característica de isolante térmico. Para Korjenic et al. (2011), a eficiência energética não está, apenas, ligada a valores menores de condutividade térmica, mas, também, do desenvolvimento e uso de materiais de construção naturais e locais.

Bertolini (2014) ressalta que para menores valores de condutividade térmica, maior a capacidade de isolamento térmico do material. Segundo o mesmo autor, quanto maior forem os valores de condução do material, menor será sua resistência térmica, devido à razão proporcional inversa das características. Sendo assim, para menores valores de resistência térmica, melhor isolante térmico o material será. A NBR 15220 (2003) estabelece valores de condutividade térmica para placas de fibro-cimento com densidade entre 1400-1800, de 0,65 W/m.K. Sendo assim, os valores obtidos neste estudo, para os painéis com reforço de coco e eucalipto apresentaram melhor característica. Além disso, a mesma norma estabelece, para o gesso, a condutividade térmica de 0,50 W/m.K. Logo, os painéis com reforço de coco possuem condutividade térmica mais baixa, sendo melhores isolantes térmicos. Khedari et al. (2001) calcularam a condutividade térmica em painéis de cimento-fibra de coco, com densidade de 1297 kg/m³, e obtiveram o valor de 0,59W/m.K.

Segundo Gandia et al. (2019), o consumo de energia para aquecer ou resfriar um ambiente é relativamente maior em edifícios com uma quantidade menor de materiais de

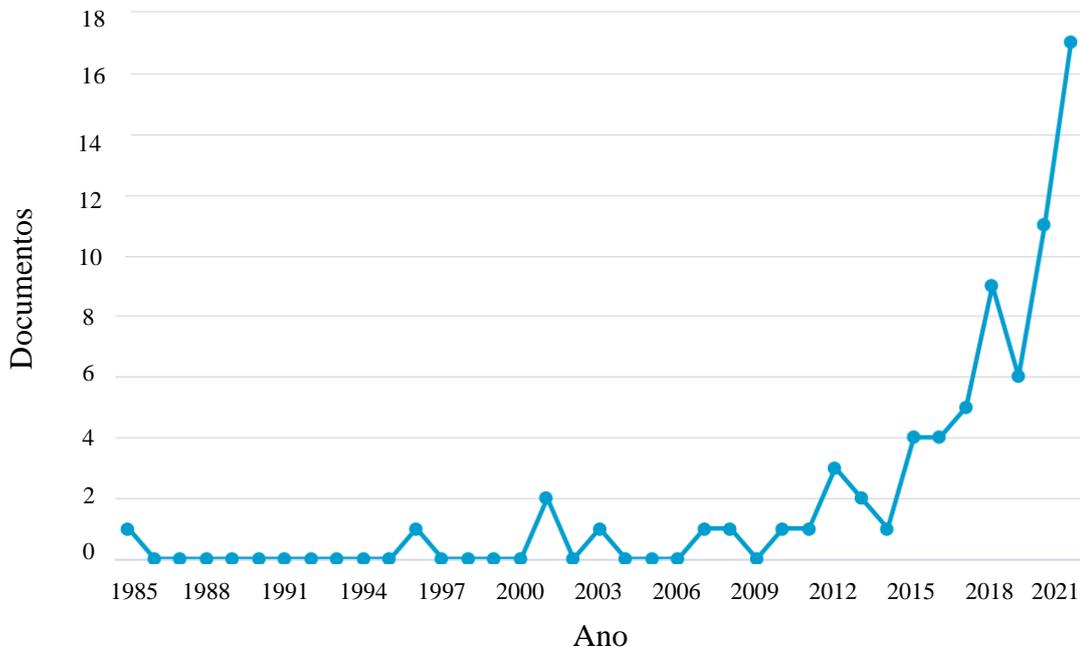
isolamento. Logo, os painéis com reforço de coco demonstram um bom gasto energético para manter o conforto térmico.

4.5 Pesquisa Bibliométrica

Diversas tentativas de busca foram realizadas na base de dados, com objetivo de buscar a maior quantidade possível de documentos, de acordo com os principais termos vistos na literatura.

Diante das variações encontradas nos termos adicionados pelos autores, a pesquisa mais relevante foram os termos (({*thermal conductivity*} OR {*thermal properties*} OR {*thermal insulation*} OR *thermography*) AND ({*cement panel*} OR {*lignocellulosic panel*} OR {*composite panel*} OR {*cement panel*} OR {*cement composite*} OR {*board agroindustrialwaste*} AND (*constructions* OR *building* OR {*civil Engineering*}))) para que fosse possível englobar a maior quantidade possível de artigos. Foram encontrados 105 documentos, dos quais 72 são artigos, distribuídos, anualmente, como apresentado na figura 6, gerado pela própria Base da Scopus, demonstrado na figura a seguir.

Figura 6 – Distribuição anual dos artigos publicados



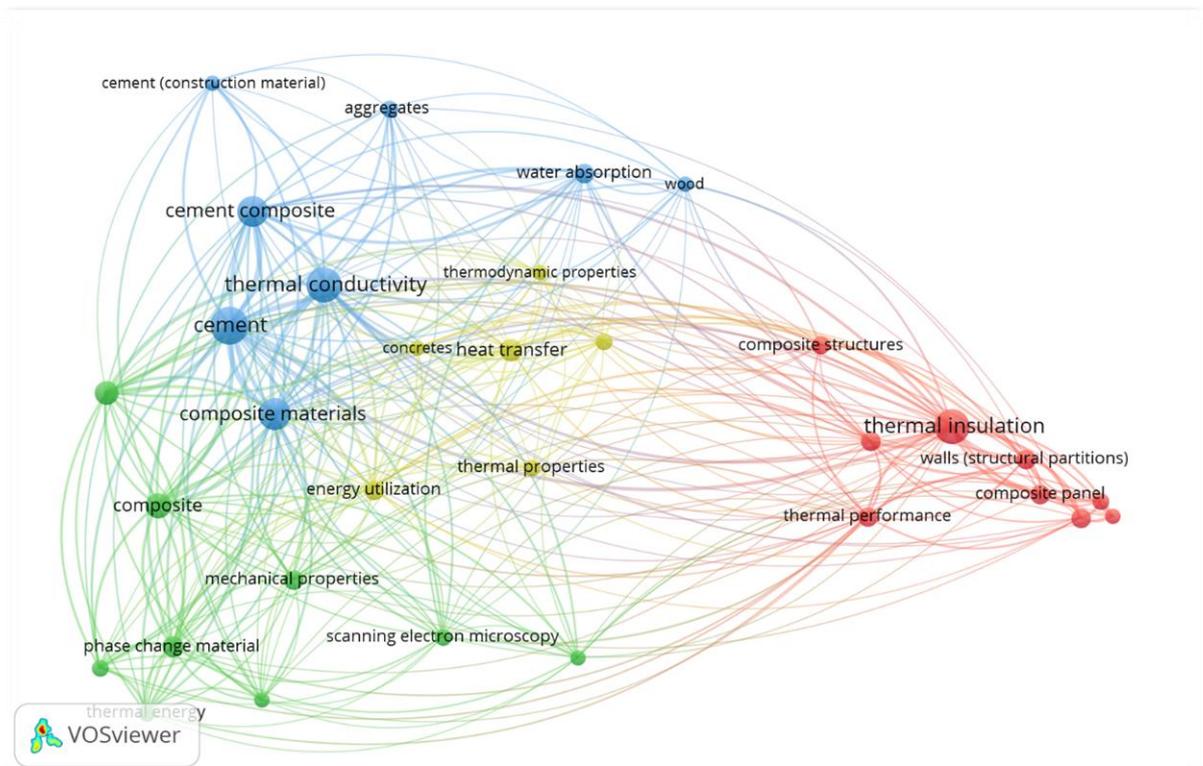
Fonte: SCOPUS (2021)

O primeiro artigo encontrado, foi publicado em 1985, na *Journal of Fire Sciences*, do autor Le VAN (1985), com o título *Flamespread variability of candidate wood-based reference materials*. O estudo baseava-se na determinação da variabilidade da propagação da chama de quatro painéis de cimento-madeira que estavam sendo considerados possíveis materiais de referência padrão. Entre os anos de 1985 e 2000, houve apenas uma publicação, em 1996, de Abdou, O. A., Murali, K., Morsi, A., publicado na *Energy and Buildings*, com o estudo acerca do desempenho térmico de um sistema envelope em um edifício. As próximas publicações, em 2001, são de Hall, K. na *Insulation*, que avaliava as novidades na construção acerca de painéis compósitos utilizados como telhados curvos em construções. Em 2007, o estudo de Qian, W., Zha, X.-X., Yang, S., Gui, J., publicado na *Harbin Gongye Daxue Xuebao / Journal of Harbin Institute of Technology*, avaliava as propriedades acústicas de painéis compósitos com bom isolamento térmico.

O aumento expressivo de artigos deu-se a partir de 2010, que englobava variados temas, como desenvolvimento de cimentos ultraleves e baixa condutividade térmica, diminuição do consumo de energia de resfriamento de edifícios, com compósitos leves de cimento, entre outros, que serão abordados no mapeamento bibliométrico.

Para avaliar a co-ocorrência de palavras-chave utilizadas pelos autores, foram considerados os artigos publicados entre 2010 e o primeiro semestre de 2021, devido a maior pertinência de publicações. Utilizando o VOSviewer, foram computadas um total de 892 palavras-chave. Entretanto, devido à grafia diferente, o *software* não conseguiu identificar a diferença entre palavras flexionadas no plural, como foi visto em *cement* e *cements*, *composite* e *composites*, *composite panel* e *composite panels* e *phase change material* e *phase change materials* e *cement composite* e *cement composites*. Dessa forma, foi criado um arquivo .txt para ser inserido nas análises bibliométricas e eliminar esta disparidade de termos. Logo, as palavras-chave foram recalculadas, totalizando, agora, 887 itens. Foram consideradas cinco ocorrências mínimas para que fossem avaliadas, apenas, as palavras-chave com maior relevância para as pesquisas. Assim, o VOSviewer identificou 32 termos com interações entre si, gerando o mapa bibliométrico disponível na figura a seguir.

Figura 7 – Mapeamento das palavras-chave dos autores



Fonte: do autor (2021)

Esta rede de co-ocorrência é avaliada através dos *clusters*, representadas pelas cores dos círculos. A definição dos termos para cada cluster é de acordo com a similaridade na área de conhecimento entre si. O tamanho do círculo corresponde à importância do termo. Assim, nesta rede, são identificados quatro *clusters*, nas cores vermelho, amarelo, azul e verde.

O primeiro *cluster*, em vermelho, possui nove itens, nos quais *thermal insulation* possui maior relevância, com 107 interações. O tema tratado neste *cluster* é sobre painéis compostos e compostos estruturais de acordo com seu isolamento performance térmicos. O segundo *cluster*, na cor verde, também apresenta nove itens e apresenta o termo mais relevante, correspondente a *cement*, com 87 interações. Neste *cluster*, têm-se a avaliação mecânica e análises microestruturais através de microscopia eletrônica de varredura de compostos quanto à energia térmica dos materiais. No terceiro *cluster*, identificado na cor azul, são reconhecidos oito itens, possuindo o termo com mais destaque em toda rede: *cement*, com 181 interações. Neste grupo, são avaliadas as relações entre os agregados e as características físicas dos painéis compostos na condutividade térmica. Por fim, o último *cluster*, em amarelo, possui seis itens

avaliação das propriedades intrínsecas de cada material utilizado no compósito e sua consequência no desempenho do produto. Por fim, passaram a avaliar as características físicas dos painéis e sua influência na capacidade térmica do compósito.

As análises físicas dos painéis permitem caracterizar suas propriedades finais. Logo, todo estudo acerca das influências físicas, pode otimizar os painéis manufaturados, acerca de sua utilização. Nota-se que as características físicas, como absorção de água dos painéis, são estudos recentes e relevantes, identificados nos clusters em amarelo. Esses estudos permitem a caracterização mais assertiva sobre seu impacto no isolamento térmico do material.

Para avaliar os autores de maior impacto nas pesquisas relacionadas a propriedades térmicas de compósitos de fibrocimento, foi avaliado, inicialmente, a quantidade de citações de cada autor. Os dez autores mais citados estão demonstrados na tabela a seguir.

Tabela 5 – Autores mais citados na busca realizada

Autor	Documentos	Citações	Interações
Mahendran m.	6	168	7
Benazzouk a.	1	139	4
Douzane o.	1	139	4
Laidoudi b.	1	139	4
Mezreb k.	1	139	4
Quéneudec m.	1	139	4
Wu y.	2	99	6
Zhang m.-h.	2	99	6
Kolarkar p.	2	95	3
Fang g.	1	88	2

Fonte: do autor (2021)

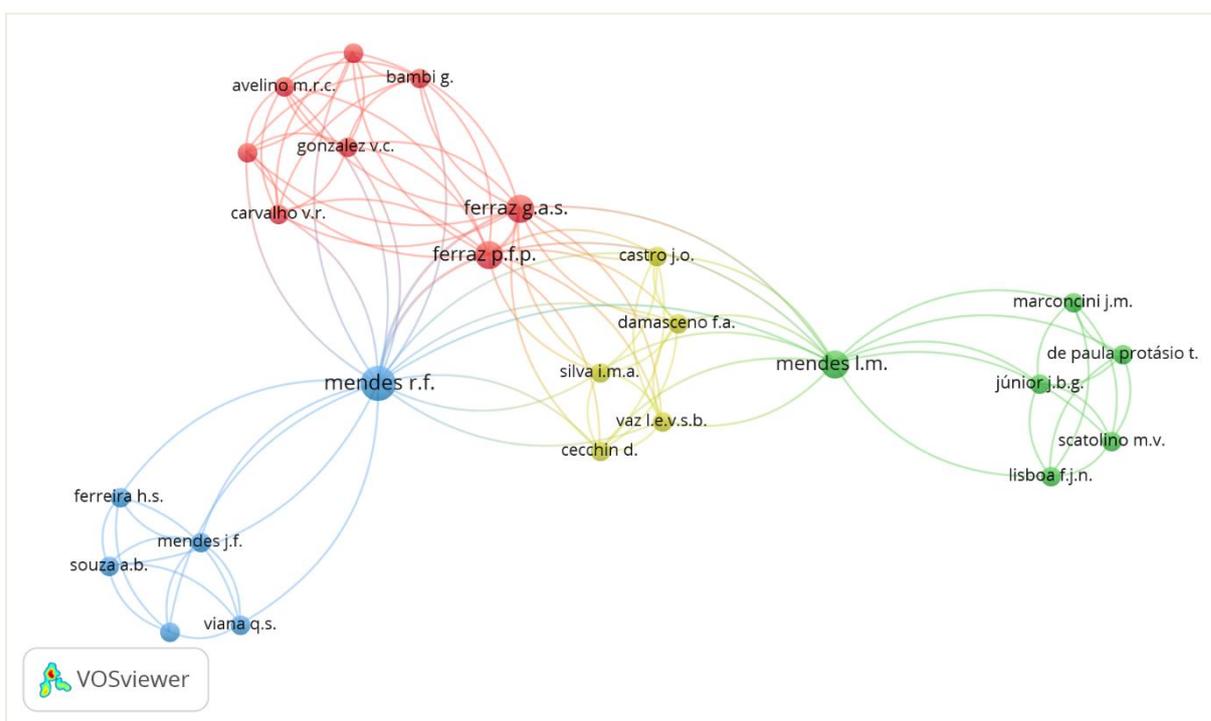
Mahendran, Mahen, o autor com mais citações publicou seis documentos acerca de paredes submetidas a condições extremas de calor, como incêndios. Seu elevado índice de citações é devido aos estudos numéricos por ele desenvolvido, como no artigo publicado, intitulado: Desempenho térmico de painéis compostos em condições de fogo usando estudos numéricos: placas de gesso, lã de rocha, fibra de vidro e isolamentos de celulose (traduzido). Este artigo apresentou 41 citações.

Os autores ocupando a posição de segundo a quinto lugares na tabela 5, são autores do mesmo artigo. Benazzouk, A., Douzane, O., Mezreb, K., Laidoudi, B., Quéneudec, M., publicaram um artigo, em 2008, na *Construction and Building Materials*, na qual avaliaram a condutividade térmica de compósitos cimentícios contendo resíduos particulados de borracha.

Embora, tenha sido apenas um artigo sobre este estudo, ele apresentou 139 citações. Isto se deu, porque, os autores, neste estudo, avaliaram a condutividade térmica dos painéis de acordo com a adição de fibras na mátria cimentícia. Além disso, previram a condução térmica por meio de um modelo de homogeneização auto-coerente.

Para fins de avaliação da interação entre os autores, foi gerada a rede de cocitação, pelo VOSviewer, apresentado na figura 9. Esse mapeamento representa a interação entre os autores considerados relevantes devido à sua rede de interações.

Figura 9 – Mapeamento científico doa autores de maior relevância



Fonte: do autor (2021)

São identificados quatro *clusters*. O primeiro grande grupo, na cor vermelha, corresponde a pesquisadores da Universidade Federal de Lavras- UFLA, que se relacionam com o *cluster* na cor azul, também de pesquisadores da Universidade Federal de Lavras- UFLA, através do pesquisador Mendes, R. F. (Rafael Farinassi Mendes). Os estudos tratam das propriedades térmicas de painéis e, também, blocos cimentícios com reforço de material lignocelulósico, para aplicação em construção civil. Os *clusters* na cor verde e amarelo são interligados pelo pesquisador Mendes L. M (Lourival Marin Mendes), afiliado da Universidade

Federal de Lavras - UFLA. As pesquisas compreendidas nestes dois grupos estudam a viabilidade da adição de fibras de origem vegetal na matriz cimentícia para avaliar suas características térmicas e, também, físicas e mecânicas. Mendes, L. M. e Mendes, R. F. destacam-se como pesquisadores da área, uma vez que são responsáveis pelo desenvolvimento de diversas pesquisas relacionadas à incorporação de fibras em matrizes cimentícias, junto a pesquisadores da UFLA.

5 CONCLUSÃO

Os materiais lignocelulósicos analisados apresentaram grandes variações químicas e morfológicas. As fibras de coco possuíram a menor quantidade de holocelulose e maior de lignina, em comparação com as partículas de cana e de eucalipto. Além disso, a fibra de coco teve o maior índice de esbeltez e comprimento. Por isso, as placas com reforço de fibra de coco apresentaram maior porosidade e, conseqüentemente, menor condução térmica.

As placas com reforço de eucalipto apresentaram a segunda menor condução térmica e características de isolamento térmico próximos com as placas de gesso, geralmente utilizadas em construções. As placas com reforço de cana-de-açúcar tiveram a condutividade térmica maior que de placas de gesso e, por isso, não são consideradas para bom isolamento térmico.

As análises bibliométricas permitiram avaliar a evolução dos artigos publicados sobre o tema de estudo deste TCC: características térmicas de compósitos de cimento para aplicação em engenharia civil.

Os estudos apresentaram maior ênfase a partir do ano de 2010, cuja evolução acompanhou tecnologias desenvolvidas ao longo dos anos. Embora alguns autores tenham publicado apenas um artigo, foram propulsores para novos estudos devido a técnicas e modulações desenvolvidas. Por isso, a importância de aprimoramentos de estudos realizados e investigações de novas técnicas na evolução da ciência e tecnologia.

REFERÊNCIAS

ABDOU, O. A.; MURALI, K.; MORSI, A.. Thermal performance evaluation of a prefabricated fiber-reinforced plastic building envelope system. **Energy and buildings**, v. 24, n. 1, p. 77-83, 1996.

AFONSO B. G. et al. Materiais compósitos na aeronáutica. **Revista Pesquisa e Ação**, v. 4, n. 1, pág. 240-246, 2018

AGOPYAN, V. et al. Developments on vegetable fibre–cement based materials in São Paulo, Brazil: an overview. **Cement and Concrete Composites**, v. 27, n. 5, p. 527-536, 2005.

ANGLES, M. N. et al. Influence of the ash fraction on the mass balance during the summative analysis of high-ash content lignocellulosics. **Bioresource technology**, v. 59, n. 2-3, p. 185-193, 1997.

ARAÚJO, A. A. Bibliometria: evolução histórica e questões atuais. **Em questão**, v. 12, n. 1, p. 11-32, 2006

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15.220: Desempenho térmico de edificações, parte 3**. Rio de Janeiro, 2005

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15.575: Edifícios habitacionais – Desempenho**. Rio de Janeiro, 2013

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220: Desempenho Térmico de Edificações**. Rio de Janeiro, 2003b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13999: Papel, papelão, polpa celulósica e madeira: determinação do resíduo (cinza) após incineração a 525 ° C**. Rio de Janeiro, Brasil; 2017

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14853: Madeira - determinação de etanomaterial solúvel em tolueno e diclorometano e acetona**. Rio de Janeiro, Brasil; 2010

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7989: Pasta Celulósica e Madeira - Determinação de Lignina Insolúvel em Ácido**, Rio de Janeiro, Brasil; 2010

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 11936. 1977: Determinação do Peso específico de plásticos usando um picnômetro**.

ASTM C 948. American Society for testing and materials. **Standard Test Method for Dry and Wet Bulk Density, Water Absorption, and Apparent Porosity of Thin Sections of Glass-Fiber Reinforced Concrete**, 1994

ASTM D1037-06a, **Standard Test Methods for Evaluating Properties of Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials**, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2006

BALL, R. **An Introduction to Bibliometrics: New Development and Trends**. [s.l.] Chandos Publishing: Elsevier, 2017. 81 p.

BANCO DE ALIMENTOS, **Estamos atolados numa cultura do desperdício**. 2021. Disponível em: <https://bancodealimentos.org.br/estamos-atolados-em-uma-cultura-do-desperdicio/>. Acesso em: 27/08/2021

BASSO, T. M.; NOGUEIRA, C. E. C.; SILVA, D. S. Eficiência energética na construção civil no Brasil. **Acta Iguazu**, v. 4, n. 1, p. 48-56, 2015

BENAZZOUK, A. et al. Thermal conductivity of cement composites containing rubber waste particles: Experimental study and modelling. **Construction and Building Materials**, v. 22(4), 5p. 73–579, 2008

BERNARDI, S. T. **Avaliação do comportamento de materiais compósitos de matrizes cimentícias reforçadas com fibra de aramida kevlar**. 2003, 146 p. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003

BERTOLINI, M. S. **Painéis de resíduos madeireiros e de borracha de pneu associados à espuma poliuretana à base de mamona para a aplicação como composições termoacústicas**. 2014. 256 p. Tese (Doutorado em Ciências e Engenharia de Materiais) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014.

BROWNING, B. L., **The Chemistry of Wood**, Interscience, Warrenville, 689 p., 1963
Bison Wood-Cement Board, Springer: New York, NY, USA, 10 p., 2017

CARDONA C. A, QUINTERO J. A., PAZ I. C. Production of bioethanol from the sugar cane bagasse: Status and Perspectives. **Bioresource Technology**, 2010; v. 101, n. 13, p.4754-4766, 2010

CARVALHO, M. **Inclusão de compósitos cimentícios em blocos estruturais cerâmicos com foco em conforto térmico**. 2017, 81 p. Dissertação (Pós-graduação em

Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017

CAVALCANTE, W. L. et al. **Utilização de resíduos vegetais na construção civil**. 2019, 38 p. Monografia (Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2019.

CBCI-Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **PIB Brasil e Construção Civil**. Recuperado de <http://www.cbicdados.com.br/menu/pib-e-investimento/pib-brasil-construcao-civil>. 2020. Acessado em: 10/09/2021

COIMBRA, D.B.; OLIVEIRA, F.C. de. Motivação e condicionantes para a gestão ambiental nas maiores indústrias exportadoras do estado do Ceará. **Caderno EBAPE. BR**. Rio de Janeiro, v. 3 n. 3, p. 01-16, 2005.

CORREIA, V. C. **Produção e caracterização de polpa organossolve de bambu para reforço de matrizes cimentícias**. 2011. 121 p. Tese (Mestrado em Zootecnia) - Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2011.

COSTA FILHO, D. V. et al. Aproveitamento de resíduos agroindustriais na elaboração de subprodutos. **In: II Congresso Internacional das Ciências Agrárias–COINTER–PDVAgro**, 8 p., 2017.

COSTES, J.P., et al. Thermal conductivity of straw bales: Full-size measurements considering the direction of the heat flow. **Buildings**, v. 7, n. 1, 11 p., 2017

DELMER D. P, AMOR Y. Cellulose biosynthesis. **The Plant cell**, v. 7, n. 7 p .987-1001, 1995.

DOMÍNGUEZ, J.M.O. **Efecto de los productos de degradación originados en la explosión por vapor de biomasa de chopo sobre Kluyveromyces marxianus**, 2003, 166 p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Universidad Complutense de Madrid, 2003.

DUTRA, R. P. S.; PONTES, L. R. A. Propriedades térmicas e físico-mecânicas de materiais cerâmicos em função da porosidade. **In: Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais**, p. 762-767, Natal, 2002

FAN, M. et al. Cement-bonded composites made from tropical woods: Compatibility of wood and cement. **Construction and Building Materials**, v. 36, p. 135-140, 2012.

FAO. **Desperdício de alimentos tem consequências no clima, na água, na terra e na biodiversidade**. Disponível em: <http://www.fao.org.br/dacatb.asp>. Acesso em: 20 de Julho de 2020

FENGEL, D.; WEGENER, G. **Wood: chemistry, ultraestrutura and reactions**. Berlin: Walter de Gruyter, 615 p., 1989.

FERRAZ, P. F. P. et al. Comparison between the thermal properties of cement composites using infrared thermal images. **Agronomy Research**, v. 18 [SI], p. 806-814, 2020.

FERREIRA, S. R. et al. Effect of fiber treatments on the sisal fiber properties and fiber-matrix bond in cement based systems. **Construction and Building Materials**, v. 101, p. 730-740, 2015.

FIGUEIREDO, E. P. Inspeção e diagnóstico de estruturas de concreto com problemas de resistência, fissuras e deformações. **CONCRETO: Ensino, pesquisa e Realizações**. São Paulo. IBRACON: 1 ed. v. 2, p. 985-1015. 2005.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S.R. **Manual do Conforto Térmico**. São Paulo: Studio Nobel: 8 ed., 43 p. 2007

GANDIA, R. M., et al. Physical, mechanical and thermal behavior of adobe stabilized with glass fiber reinforced polymer waste. **Construction and Building Materials**, v. 222, p. 168–182, 2019

GARSTKA, B. **Avaliação de materiais lignocelulósicos oriundos da produção e beneficiamento de soja visando à obtenção de bioetanol**. 2019, 67 p. Monografia (Tecnólogo em Processos Químicos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, 2019.

GOMES, D. L. B.; MAGALHÃES, V. B. de S., **Análise de aspectos e impactos ambientais causados pela construção civil**. In: III CONAPESC, 11 p., 2018

GOUVEIA, L. G. T. et al., Perspectivas e aplicações de resíduos agroindustriais/agrícolas na obtenção de produtos de maior valor de mercado. **Anais do VII SIMPROD**, 11 p., 2015.

HANNANT, D. J., **Fibre cements and fibre concretes**. Wiley Interscience Publication: John Wiley & Sons, Chichester, New York, Brisbane, Toronto, 219 p., 1978.

HATTI, P., **Role of Lignin in the Enzymatic Hydrolysis of Lignocelluloses**. 2004 Tese (Doutorado em Tecnologia) - University of Technology, Espoo, Finlandia, 2004.

INCROPERA, F.P.; DEWITT, D.P. **Fundamentos de transferência de calor e de massa**, Rio de Janeiro: LTC, 6ª ed., 643 p. 2008

JEFFRIES T. W., Biodegradation of lignin-carbohydrate complexes. **Biodegradation**, p. 163-176, 1990

JOHN, V.M., **Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. Tese (livre docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000

JOHN, V.; SJÖSTRÖM, C.; AGOPYAN, V. Durability in the built environment and sustainability in developing countries. **Building Research and Information: Special issue on Agenda 21 for Sustainable Construction in Developing Countries**, 2001

JOHN, V. M. Materiais de construção e o meio ambiente. **ISAIA, G. Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais. São Paulo: IBRACON**, p. 97-121, 2010

JUNIOR, P. F. L. **Compósitos poliméricos reforçados por fibras de piaçava (attaleafunifera)**. 2013, 43 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia Mecânica. Instituto de Tecnologia. Universidade Federal do Pará. Belém, 2013

JÚNIOR, S. V., Aproveitamento de resíduos agroindustriais Uma abordagem sustentável. **Embrapa Agroenergia**, 1 ed., 26 p., 2020

KLEPA, R. B. et al., **Potencial de resíduos da construção civil reutilizados para a obtenção de matéria-prima com características de uma célula fotovoltaica**. 2019, 159 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Nove de Julho, São Paulo, 2019.

KLEPA, R.B.; et al., Reuse of construction waste to produce thermoluminescent sensor for use in highway traffic control. **Journal of Cleaner Production**, v.209, p. 250-258, 2019

KHEDARI, J. et al. New lightweight composite construction materials with low thermal conductivity. **Cement and Concrete Composites**, Kidlington, v.23, n.1, p. 65-70, 2001.

KLIMEK, P. et al. Utilizing Miscanthus stalks as raw material for particleboards, **Industrial Crops and Products**, v. 111, p. 270-276, 2018

KORJENIC, A., PETRÁNEK, V., ZACH, J. & HROUDOVÁ, J., Development and performance evaluation of natural thermal-insulation materials composed of renewable resources. **Energy and Buildings**, v. 43, n. 9, p. 2518–2523, 2011

KOZLOWSKI, R. M. **Handbook of natural fibres**. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, v. 2, 2012

KREITH, F. **Princípios de transmissão de calor**. São Paulo: Blücher, 1977

LAMBERTS, R.; GHISI, E.; PAPST, A. L. **Desempenho Térmico de Edificações**. Universidade Federal de Santa Catarina, Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, Florianópolis, 2011.

LE VAN, S. L. Flamespread variability of candidate wood-based reference materials. **Journal of fire sciences**, v. 3, n. 3, p. 208-223, 1985.

MANO, E. B. **Polímeros como materiais de engenharia**. São Paulo: Edgar Blucher, 2 ed., 2000

MARQUES, M. G. S. **Estudo das propriedades físicas e mecânicas e da durabilidade de compósitos cimentícios reforçados com fibra amazônica**. 2015, 243 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2015

MARTINEAU, P., AGOPYAN, V. Conferência Magna I- Compósitos: material inovador. **In.: Arquimcom 2002**. São Paulo, 2002

MARTÍNEZ, M. A. et al., Analyzing the scientific evolution of social work using science mapping. **Research on Social Work Practice**, v. 25, n. 2, p. 257–277, 2015

MENDES, R. F. et al., Lignocellulosic residues in cement-bonded panels. In: **Sustainable and nonconventional construction materials using inorganic bonded fiber composites**. Woodhead Publishing Elsevier, p. 3-16, 2017.

MOHANTY, A. K., MISRA, M., & DRZAL, L. T. **Natural fibers, biopolymers and biocomposites**. United Kingdom: Taylor & Francis Group, 855 p., 2005

MORISHITA, C. **Impacto do regulamento para eficiência energética em edificações no consumo de energia elétrica do setor residencial brasileiro**. 2011, 232p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) –Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011

NOYONS, E.; MOED, H.; VAN RAAN, A., Integrating research performance analysis and science mapping. **Scientometrics**, v. 46, n. 3, p. 591–604, 1999

NUNES, J. M. et al., O setor da Construção Civil no Brasil e a crise atual econômica. Pesquisa, **Sociedade e Desenvolvimento**, v. 9, n. 9, 2020.

OLIVEIRA, L. J. C. et al., Gestão de resíduos: uma análise sobre os impactos da geração de rejeitos na construção civil. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, p. 24447-24462, 2020

QIAN, W. et al., Study on sound insulation properties of metal sandwich composite panel. **Journal of Harbin Institute Technology**, v. 39, n.2, p. 224-227, 2007

RAHMAN K. S. et al., Compósitos plásticos de madeira prensada a partir de serragem e tereftalato de polietileno reciclado (PET): propriedades físicas e mecânicas. **Springerplus** v. 2, p. 1–7, 2013

RAZERA, I. A. T. **Fibras lignocelulósicas como agente de reforço de compósitos de matriz fenólica e lignofenólica**. 2006. 189 p. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

RODRIGUES, C. et al., Materiais lignocelulósicos como matéria-prima para a obtenção de biomoléculas de valor comercial. **Biotecnologia aplicada a agroindústria**, 2016.

ROSA, M. F.; et al, Valorização de resíduos da agroindústria. **II Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos Agropecuários e Agroindustriais – II SIGERA. Foz do Iguaçu, PR** v. 1, p. 98-105, 2011

SALAZAR, R. F. S.; SILVA, G. L. P.; SILVA, M. L. C. P., Estudo da composição da palha de milho para posterior utilização como suporte na preparação de compósitos. **In: VI Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica. Unicamp**, 6 p., 2005.

SALES, A.T.C. **Retração, fluência e fratura em compósitos cimentícios reforçados com polpa de bambu**. 2006. 273p – Tese (Doutorado na área de Concentração: Estruturas) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC). Rio de Janeiro, 2006

SARKAR, N. et al., Bioethanol production from agricultural wastes: An overview. **Renewable Energy, West Bengal**, v.37, n.1, p. 19-27, 2012

SAVASTANO JÚNIOR H. **Sistema de cobertura para construção de baixo custo: uso de fibras vegetais e de outros resíduos agroindustriais**. 2000. 144p. Tese (Livredocência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000

SCHWARTZ, M. M. **Composites materials handbook**. New York: McGraw Hill, 1984

SILVA, H. **Comportamento Mecânico de Compósitos de Fibra de Vidro/Epoxy Nanoreforçados**. 2014, 24 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade de Coimbra, Coimbra, 2014

SILVA, R. et al., Aplicações de fibras lignocelulósicas na química de polímeros e em compósitos. **Quím. Nova**, v.32, n.3, São Paulo, 2009

SILVA, R. V. da. **Compósitos de resina de poliuretano derivada de óleo de mamona e fibras vegetais**. 2003, 139 p. Tese (Doutorado em Ciências e Engenharia de Materiais) –

Interunidades em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003

SILVA, V. F. N. **Estudos de pré-tratamento e sacarificação enzimática de resíduos agroindustriais como etapas no processo de obtenção de etanol celulósico**. 2009. 116 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2009

SOTANNDE, O. A. et al., Evaluation of Cement-Bonded Particle Board Produced From Afzelia Africanawood Residues. **Journal of Engineering Science and Technology**, v. 7, n. 6, p. 732-743, 2012.

SOUZA, M. R. **Durability of cement-bonded particle board made conventionally and carbon dioxide injection**. 1994, 123 p. Tese (Doctor of Philosophy)- University of Idaho, Idaho, 1994

TAHERZADEH, M. J.; KARIMI, K. Pretreatment of Lignocellulosic Wastes to Improve Etanol and Biogás Production: A review. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 9, n. 9, p. 1621-1651, 2008

TEIXEIRA, J.N. et al., Lignocellulosic Materials for Fiber Cement Production. **Waste Biomass Valorization**, v. 11, p. 2193–2200, 2020

TEIXEIRA, L. P.; CARVALHO, F. M. A. de, A construção civil como instrumento do desenvolvimento da economia brasileira. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, n. 109, p. 9-26, 2005.

THELWALL, M. Bibliometrics to webometrics. **Journal of Information Science**, v. 34, n. 4, p. 605-621, 2008

TOMAR, S. M. **Comportamento mecânico de materiais compósitos de origem natural**. 2018, 126 p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2018.

TRUGILHO, P.F., LIMA, J.T., MENDES, L.M., Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de Eucalyptus saligna, **Cerne**, v. 2, n. 1, p. 1-15, 1996.

VAN ECK, N. J. & WALTMAN, L. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. **Scientometrics**, v. 84, p. 523-538, 2010

WEI, J.; MA, S.; D'SHAWN, G. T., Correlação entre a hidratação do cimento e a durabilidade de compósitos de cimento reforçado com fibras naturais. **Corrosion Science**, p. 106, 2016

WON J. P. et al., Desempenho de longo prazo de compósitos de cimento reforçados com fibra de PET reciclado. **Constr Build Mater**, v. 24, p. 660–665, 2010