

**FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS
FATEC PROFESSOR JESSEN VIDAL**

PAULO CESAR VERLI CHAGAS

**ANÁLISE DE PATENTES DE MATERIAIS COMPÓSITOS
COM REFORÇO DE FIBRAS DE QUARTZO UTILIZADOS
EM AERONÁUTICA**

São José dos Campos
2024

PAULO CESAR VERLI CHAGAS

**ANÁLISE DE PATENTES DE MATERIAIS COMPÓSITOS
COM REFORÇO DE FIBRAS DE QUARTZO UTILIZADOS
EM AERONÁUTICA**

Trabalho de Graduação apresentado à Faculdade de Tecnologia de São José dos Campos, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Tecnólogo em Projetos de estruturas aeronáuticas.

Orientador: Prof. Dr. Renato Galvão da Silveira Mussi

São José dos Campos
2024

FICHA CATALOGRÁFICA – Biblioteca Fatec São José dos Campos Prof. Jessen Vidal
Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação

CHAGAS, Paulo Cesar Verli

Análise de patentes de materiais compósitos com reforço de fibra de quartzo utilizados na aeronáutica - São José dos Campos, 2024

Ind. (42f.)

Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Tecnologia em Projetos de estruturas aeronáuticas. Faculdade de Tecnologia de São José dos Campos Professor Jessen Vidal, 2024.

Orientador: Profº Drº Renato Galvão da Silveira Mussi

1. Análise de patentes de materiais compósitos com reforço de fibra de quartzo 2. Materias compósitos de quartzo 3. Métodos de fabricação da fibra de quartzo I. Faculdade de Tecnologia. FATEC de São José dos Campos: Professor Jessen Vidal. II. Título

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

CHAGAS, Paulo Cesar Verli. Análise de patentes de materiais compósitos com reforço de fibra de quartzo utilizados na aeronáutica. 2024. 41f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior em Projetos de Estruturas Aeronáuticas) – Faculdade de Tecnologia de São José dos Campos Professor Jessen Vidal, São José dos campos, 2024.

PAULO CESAR VERLI CHAGAS

**ANÁLISE DE PATENTES DE MATERIAIS COMPÓSITOS
COM REFORÇO DE FIBRAS DE QUARTZO UTILIZADOS
EM AERONÁUTICA**

Trabalho de Graduação apresentado à Faculdade de Tecnologia de São José dos Campos, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Tecnólogo em Projetos de estruturas aeronáuticas.

Prof. Dr. Renato Galvão da Silveira Mussi FATEC SJC

Prof. Dr. Lucas Giovanetti FATEC SJC

Prof. Dr. Joares Lidovino dos Reis FATEC SJC

09 / 22 / 2024

DATA DA APROVAÇÃO

AGRADECIMENTOS

A realização do presente trabalho se deve muito a contribuição da professora Dra. Heide Heloise Bernardi, ao professor Dr. Renato Galvão da Silveira pelo direcionamento e correções efetuadas durante o período da realização do trabalho, e à Thariany dos Santos, cujo amor, paciência e compreensão ajudaram a tornar esse trabalho possível.

RESUMO

A princípio, o trabalho contextualiza e reúne informações na qual foi baseado, descrevendo o que são patentes e seus tipos, apresentando o que são materiais compósitos, suas características e suas categorias, e realizando um aprofundamento sobre a fibra de quartzo e suas características. A metodologia do trabalho foi baseada na busca de patentes e artigos científicos, utilizando palavras chaves que são apresentadas e descritas no decorrer da pesquisa. A seguir, é realizada uma apresentação estatística dos resultados encontrados a partir das palavras chaves utilizadas, e são expostas as patentes de maior relevância para o trabalho. Por fim, é realizada uma reflexão sobre os resultados que a realização da pesquisa pôde proporcionar e de sua utilidade para futuras pesquisas.

Palavras-Chave: Fibra de quartzo; materiais compósitos; compósitos aeronáuticos; fabricação de compósitos.

ABSTRACT

At first, the work contextualizes and gathers information on which it was based, describing what patents are and their types, presenting what composite materials are, their characteristics and categories, and providing an in-depth analysis of quartz fiber and its characteristics. The methodology of the work was based on the search for patents and scientific articles, using keywords that are presented and described throughout the research. Next, a statistical presentation of the results found through the use of these keywords is made, and the patents of greatest relevance to the work are displayed. Finally, a reflection is made on the results that the research process could provide and its usefulness for future studies.

Keywords: Quartz fiber; composite materials; aeronautical compounds; composite manufacturing.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
1.1. Objetivo Geral.....	11
1.2. Objetivos Específicos.....	11
1.3. Proposta Metodológica.....	11
1.4. Conteúdo do Trabalho.....	11
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	13
2.1. O que são patentes?.....	13
2.2. Palavras-chaves.....	14
2.3. Materiais compósitos.....	14
2.3.1 Matriz.....	15
2.3.1.1 Matriz polimérica.....	16
2.3.1.2 Matriz metálica.....	16
2.3.1.3 Matriz Cerâmica.....	16
2.3.1.4 Matriz Carbono.....	17
2.3.2 Reforços.....	17
2.3.2.1 Fibras.....	18
2.3.2.2 Partículas.....	18
2.3.2.3 Tecidos.....	18
2.3.2.4 Filamentos Contínuos.....	19
2.3.2.5 Nanomateriais.....	19
2.4 Propriedades do quartzo.....	19
2.4.1 Propriedades Físicas do quartzo.....	20
2.4.2 Propriedades Químicas.....	20
2.4.3 Propriedades Piezoelétricas.....	20
2.5 Uso do Quartzo na Área Aeronáutica.....	21
2.5.1 Dispositivos Eletrônicos e de Navegação.....	21
2.5.2 Materiais Compostos da fibra de quartzo.....	22
2.5.4 Os benefícios do uso de fibra de quartzo na indústria aeroespacial.....	22
2.5.5 Aplicação de quartzo de alta qualidade na indústria aeroespacial.....	23
3. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO.....	24
3.3. Método de pesquisa.....	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	28
4.1 Patentes encontradas.....	32
4.1.1 Composto de fibra de quartzo-quartzo-fosfato de alumínio.....	32
4.1.2 Material compósito reforçado com fibra de quartzo e método de preparação do mesmo.....	33
4.1.3 Conjunto de radome acessível.....	33
4.1.4 Material compósito de fibra de quartzo com revestimento resistente a altas temperaturas e método de preparação de material compósito de fibra de quartzo.....	35
4.1.5 Material compósito à base de quartzo reforçado com tecido misturado com fibra e método de preparação do mesmo.....	35
4.1.6 Painel composto.....	36
4.1.7 Material compósito à base de quartzo reforçado com fibra de quartzo e método de fabricação do mesmo.....	36

4.1.8 Método de preparação de cerâmica de quartzo reforçada com fibra de vidro.....	37
4.1.9 Método de processo de preparação de material compósito resistente a altas temperatura.	37
4.1.10 Processo de fabricação de peça aeronáutica absorvente de radar protegida contra descargas atmosféricas.....	38
4.1.11 Método de tratamento de interface de material composto de resina éster de cianato....	38
4.2 Resultados finais	39
5. CONCLUSÃO.....	40
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41

1. INTRODUÇÃO

Segundo dados, o primeiro compósito utilizado em uma aeronave foi a fibra de vidro, na fabricação do B-29 da Boeing na segunda guerra mundial, que compunha parte da fuselagem do avião. Atualmente, não são fabricados apenas componentes, aeronaves quase em sua totalidade são produzidas a partir dos compósitos, e cada vez mais vão surgindo novos materiais e tecnologias que contribuem para o desenvolvimento do mercado aeronáutico.

A indústria aeronáutica tem usado os compósitos para fabricação de componentes de aeronaves há muitos anos, principalmente os compósitos obtidos com reforços de fibra de vidro, carbono e com matriz de resina epóxi. O uso desses materiais se dá principalmente pela sua grande resistência, permitindo serem moldadas peças de alta complexidade, e por serem extremamente leves.

O conhecimento da evolução das tecnologias, bem como de suas aplicações, é de fundamental importância para o desenvolvimento de novas tecnologias. Isso se torna crítico no caso da aeronáutica, onde os materiais e sistemas são, geralmente, os mais avançados do momento. Além disso, a aplicação de novas tecnologias no setor aeronáutico é extremamente dinâmica, sendo necessário o monitoramento contínuo de bases de artigos e de patentes para acompanhar a evolução do uso de novos materiais pelos produtores mundiais de aeronaves.

Isso não é diferente para o caso dos materiais compósitos que têm sido cada vez mais utilizados em substituição aos metais nos aviões, gerando diminuição de peso, e conseqüentemente, redução de consumo de combustível nos voos. Os desenvolvimentos dos novos materiais são acompanhados pela criação de novos processos de manufatura e de tratamentos térmicos e químicos, que trazem o avanço contínuo do estado da arte.

Uma tecnologia de reforço de materiais compósitos que vem ganhando importância para diversas aplicações é a fibra de quartzo, inclusive para matrizes poliméricas.

Desse modo, com a rápida e constante evolução do mercado, é de suma importância realizar estes estudos para conhecer melhor os materiais compósitos produzidos a partir da fibra do quartzo, seus métodos de fabricação e sua aplicação na aeronáutica. O trabalho foi realizado baseado na pesquisa de patentes que envolvem o desenvolvimento de materiais compósitos criados a partir de quartzo para utilizações aeronáuticas, bem como de seus métodos de fabricação. (REZENDE, 2001)

1.1 Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo geral reunir e apresentar patentes de compósitos produzidos a partir de fibra de quartzo e métodos de fabricação envolvendo este tipo de material, com foco especial para aplicações aeronáuticas, além das novas tecnologias que surgem constantemente no mercado a partir da fibra de quartzo, um material interessante com baixo número de trabalhos e pesquisas realizadas, principalmente no Brasil.

1.2 Objetivos específicos

Os principais objetivos deste trabalho são divididos da seguinte maneira:

- Realizar o levantamento de tecnologias utilizando compósitos fabricados com fibra de quartzo;
- Realizar o levantamento de aplicação desses materiais na aeronáutica;
- Analisar patentes de invenções e métodos de fabricação relacionadas a materiais que utilizam fibras de quartzo.

1.3 Proposta metodológica

Para que se possa entender melhor os objetivos a proposta metodológica deste trabalho, ele foi estruturado com base em patentes disponíveis, utilizando também artigos científicos para fins complementares, reunindo informações ao redor do uso dos materiais compósitos, tendo como foco buscar novas tecnologias utilizando o quartzo que pode ser potencialmente utilizado no futuro, e novos métodos de fabricação que podem ser úteis para a produção de componentes aeronáuticos, além de realizar uma pesquisa sobre o uso desse material desde que foi introduzido na indústria aeronáutica até os dias de hoje.

1.4 Conteúdo do trabalho

Este trabalho foi estruturado da maneira como mostra a seguir:

- Capítulo 2: Neste capítulo é feita a fundamentação teórica, nesta são reunidas as informações das pesquisas realizadas e artigos no qual é apresentado um melhor aprofundamento da temática entorno dos materiais compósitos, além de uma pesquisa para melhor conhecimento das propriedades do quartzo.

- Capítulo 3: No capítulo 3 mostra-se o método de como foram feitas as pesquisas, as plataformas e palavras chaves utilizadas, e a seguir os principais resultados encontrados, ou seja, os que mais contribuíram para com o trabalho.
- Capítulo 4: No capítulo de número quatro serão apresentados os resultados e discussão, dos dados e patentes encontrados e que agregaram ao trabalho também as conclusões que a realização da pesquisa nos levou.
- Capítulo 5: Por fim, no último capítulo dessa pesquisa, serão tratadas as conclusões e aprendizados que a realização do trabalho pôde proporcionar.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.2 O que são patentes?

Uma patente é um tipo de concessão pública, reconhecida pelo estado que garante a propriedade exclusiva de uma nova invenção, desse modo, a utilização comercial dessa ideia é uma propriedade industrial do criador, ela garante por um tempo determinado, que terceiros não copiem uma ideia ou processo exclusivo, podendo prejudicar o criador.

As patentes no Brasil podem ser homologadas de três maneiras, de acordo com a lei federal de nº 9.279/1996, a primeira forma é a patente de invenção, que é um título de propriedade intelectual que concede ao inventor o direito exclusivo de explorar comercialmente sua invenção por um período determinado, geralmente 20 anos. Os requisitos legais para ser denominada uma patente de invenção são novidade, atividade inventiva e aplicação industrial, que significa, respectivamente, não estar divulgada no estado da técnica e não ser óbvia para um técnico da área e ser reproduzível e não óbvia, ou seja, deve apresentar uma solução inovadora e ter utilidade prática.

A segunda maneira é por meio da patente de modelo de utilidade, que é um título de propriedade intelectual que protege melhorias funcionais em produtos existentes, conferindo ao inventor o direito exclusivo de exploração comercial por um período de normalmente 15 anos. Já a terceira maneira é por meio da patente de Registro de Desenho Industrial, é um título de propriedade intelectual que protege a aparência estética de um produto, conferindo ao criador o direito exclusivo de exploração comercial do design de um produto por um período de 10 a 25 anos.

As primeiras patentes de que se tem registro são datadas do século XV na Itália, em Veneza, e o sistema patentário evoluiu até a atualidade servindo não só como proteção de um direito de propriedade intelectual, mas também são uma ótima fonte de informações para estudos e pesquisas.

Desse modo, o presente trabalho foi realizado com o foco principal nas patentes encontradas em algumas plataformas, ou bases de patentes, sendo elas o *Google Patents*, *Patent Scope* (WIPO) e o *Espacenet* (EPO).

No que diz respeito à utilização dos compósitos produzidos a partir da fibra de quartzo e seus métodos de fabricação na indústria aeronáutica, a complexidade do tema levou à realização de pesquisas realizadas em três plataformas diferentes, em busca de patentes e artigos

que possam contribuir de alguma maneira para a pesquisa de maneira geral. (QUONIAM, et.al 2014)

2.2 Palavras Chaves

Palavras-chave para pesquisa de patentes são termos específicos utilizados para localizar patentes relevantes em bases de dados de patentes. É fundamental utilizar termos técnicos relacionados à invenção ou tecnologia, como por exemplo “fibra de quartzo”, “compósito”, dentre outros exemplos.

Também é importante utilizar palavras de domínio relacionadas ao setor ou indústria, em que se aplica a patente, palavras como “aeronáutico” e “aeroespacial” auxiliam muito na filtragem das patentes que servirão como material de apoio.

Por fim, um detalhe que pode ser essencial na pesquisa e filtragem de patentes, é o idioma em que as palavras chaves serão utilizadas, esse fator pode modificar completamente os resultados das pesquisas, desse modo, é interessante a utilização principalmente do inglês, organizações como a Organização Mundial da Propriedade Intelectual (WIPO) e o Tratado de Cooperação em Patentes (PCT) adotam o inglês como língua oficial, ou seja, o inglês é a língua padrão para patentes internacionais, garantindo consistência e facilidade de compreensão.

2.3 Materiais Compósitos

Os materiais compósitos são a combinação de dois ou mais materiais para a constituição de um novo material, no qual apresenta propriedades superiores às dos materiais que as formam. Geralmente, os materiais são formados por apenas duas fases, sendo elas a matriz e a fase dispersa(reforço), formando uma unidade de alta resistência mecânica.

Segundo os dados e documentos, a primeira vez em que os seres humanos utilizaram o conceito de material compósito para fabricar algo, foi no Egito antigo, pois utilizavam barro como matriz e palha, sendo o reforço para fabricação de tijolos de adobe. Já na década de 1940, os compósitos como conhecemos hoje começaram a ser utilizados em veículos militares, estruturas de aeronaves e foguetes, dentre outros, e atualmente são utilizados em larga escala para a fabricação de materiais como varas de pesca, bicicletas, peças de carros e até mesmo aeronaves quase em sua totalidade.

Hoje em dia os materiais compósitos são largamente utilizados na fabricação de aeronaves, por apresentarem um baixo peso específico e uma grande resistência mecânica.

Foram introduzidos definitivamente na aeronáutica na década de 1960, apesar dos testes para pequenas peças serem utilizadas desde meados da década de 1940.

A substituição do alumínio e outros metais pelos compósitos permitem uma redução de 20 a 30% no peso das aeronaves, além de reduzir também o custo. Desse modo, aeronaves vêm sendo construídas quase em sua totalidade em material compósito, um exemplo é o F-117, construído a partir da fibra de carbono e utilizando como matriz o epóxi e a bismaleimida, além de ser leve, essa aeronave foi projetada para não ser detectada por radares, algo que só foi possível pela sua geometria e por ser feito em material compósito.

Outro exemplo é o F-22, que possui 24% do seu peso total em material compósito, esta aeronave é atualmente uma das mais avançadas no mercado aeronáutico, no mesmo segmento de aviões militares, a EMBRAER (principal fabricante brasileira de aeronaves) também utiliza os compósitos nos seus projetos, como por exemplo o BEM-314, que foi fabricado em fibras de carbono, kevlar (aramida) e vidro. (JÚNIOR, 2020)

2.3.1 Matriz

Matrizes de um material compósito são a fase contínua que envolve e une as fibras ou partículas reforçadoras de um compósito. Elas desempenham um papel crucial, pois são responsáveis por transferir as tensões para as fibras, proteger os reforços da degradação ambiental e proporcionar coesão ao material como um todo. Basicamente, a matriz dá forma ao compósito e garante a integridade estrutural do material.

As matrizes possuem as seguintes funções nos materiais compósitos:

- **Transferência de Carga:** A matriz ajuda a distribuir as cargas aplicadas de maneira eficiente para as fibras reforçadoras, otimizando as propriedades mecânicas do compósito.
- **Proteção:** A matriz protege as fibras reforçadoras de danos mecânicos e ambientais (como umidade e oxidação).
- **Formação e Moldagem:** A matriz dá ao compósito a forma desejada durante o processo de fabricação, como moldagem ou extrusão.
- **Redução de Custo e Peso:** Em muitos casos, a matriz tem um custo mais baixo e um peso inferior ao das fibras reforçadoras, o que ajuda a reduzir o custo total e a densidade do material.

(CALLISTER, et al. 2002)

2.3.1.1 Matriz Polimérica (termoplástica/termorrígida)

Matrizes poliméricas são as mais comuns em materiais compósitos, especialmente em aplicações como aeronáutica, automobilismo e indústria esportiva. Existem dois subtipos principais:

- Termoplásticas: São materiais que podem ser moldados várias vezes quando aquecidos. São mais fáceis de processar, podem ser recicladas e têm boa resistência à abrasão e ao impacto. Exemplos incluem o polipropileno e o polietileno.
- Termorrígidas: Uma vez curadas, não podem ser reprocessadas. São mais rígidas e resistentes a altas temperaturas. São usadas em aplicações que exigem maior resistência a temperaturas elevadas e boas propriedades mecânicas. Exemplos incluem a resina epóxi, poliéster e fenólico.

(CALLISTER, et al. 2002)

2.3.1.2 Matriz Metálica

As matrizes metálicas são utilizadas em compósitos de matriz metálica (MMC, do inglês *Metal Matrix Composites*). Esses compósitos combinam a resistência e rigidez dos metais com as vantagens dos reforços cerâmicos ou de fibra. Eles são frequentemente usados em indústrias que requerem materiais de alta performance, como a aeroespacial, automobilística e de engenharia de motores. Exemplos de matrizes metálicas incluem alumínio, titânio e magnésio.

(CALLISTER, et al. 2002)

2.3.1.3 Matriz Cerâmica

Em compósitos de matriz cerâmica (CMC, do inglês *Ceramic Matrix Composites*), a matriz é composta por materiais cerâmicos, que oferecem excelente resistência a altas temperaturas e propriedades de isolamento térmico e elétrico. São usadas principalmente em aplicações aeroespaciais, turbinas de motores e outras áreas que exigem resistência a condições extremas. O uso de fibras cerâmicas reforçadas torna esses materiais ainda mais robustos. Exemplos incluem o carbono, silício e óxidos metálicos. (CALLISTER, et al. 2002)

2.3.1.4 Matriz Carbono

Em compósitos de matriz carbono, a matriz é feita de carbono puro ou carbono graficamente organizado. Esses materiais são especialmente importantes em aplicações de alta performance, como a indústria aeroespacial, por sua leveza e resistência a altas temperaturas. Embora mais raros, são extremamente valiosos devido à sua capacidade de resistir a condições extremas. (CALLISTER, et al. 2002)

2.3.2 Reforços

Já o reforço de um material compósito é a fase dispersa ou de reforço que, geralmente, consiste em fibras ou partículas que são incorporadas à matriz para melhorar suas propriedades mecânicas e físicas. O principal objetivo do reforço é aumentar a resistência, rigidez, tenacidade e outras características do material, como sua resistência à fadiga, ao impacto e à temperatura. Os materiais de reforço são geralmente mais fortes e mais rígidos do que a matriz, e é essa combinação que confere ao compósito suas propriedades superiores em comparação com os materiais convencionais.

Em um compósito, as fibras ou partículas reforçadoras são geralmente mais fortes e rígidas, enquanto a matriz serve como um "agente de ligação", permitindo que o material reforçado seja manipulado, fabricado e utilizado de forma prática. As matrizes podem ser de diferentes tipos, dependendo do comportamento e das propriedades desejadas para o compósito.

Os reforços são essenciais para conferir ao compósito características específicas, como alta resistência à tração, compressão e flexão, bem como outras propriedades funcionais desejadas. Além disso, o tipo e a forma do reforço influenciam diretamente o comportamento do compósito em termos de desempenho mecânico, processamento e aplicação final.

As funções dos reforços nos materiais compósitos são:

- **Aumentar a Resistência e Rigidez:** O principal papel dos reforços é aumentar a resistência à tração, compressão, flexão e outras propriedades mecânicas do material.
- **Melhorar a Durabilidade e Resiliência:** Reforços podem melhorar a resistência ao desgaste, impacto, fadiga e outras condições adversas.
- **Reduzir o Peso:** Em compósitos, os reforços ajudam a aumentar a resistência e rigidez sem adicionar peso excessivo, o que é fundamental em muitas indústrias, como a aeroespacial.

- Melhorar Propriedades Funcionais: Além das propriedades mecânicas, os reforços podem ser escolhidos para melhorar qualidades específicas, como condutividade térmica ou elétrica, resistência à corrosão, ou isolamento.

(CALLISTER,et al. 2002)

2.3.2.1 Fibras

As fibras são os reforços mais comuns em compósitos, principalmente devido à sua alta resistência e rigidez em comparação com sua densidade, o que as torna ideais para melhorar as propriedades mecânicas do material. Existem vários tipos de fibras utilizadas, com base no material do qual são feitas, como por exemplo as fibras de carbono, fibra de vidro, fibra de aramidas, fibra de quartzo e fibras naturais. (CALLISTER,et al. 2002)

2.3.2.2 Partículas

O reforço em forma de partículas é comum em compósitos de matriz metálica e cerâmica, sendo utilizado para melhorar as propriedades de dureza, resistência ao desgaste e outras características específicas, como a condutividade térmica. As partículas podem ser microscópicas ou nanoscópicas, dependendo do tipo de compósito, dois dos principais exemplos são as partículas cerâmicas e as partículas de vidro ou silicato. (CALLISTER,et al. 2002)

2.3.2.3 Tecidos

Já os tecidos são formas de reforço compostas por fibras dispostas em camadas e entrelaçadas. Esses tecidos podem ser simples, como o "têxtil" básico, ou mais complexos, como tecidos com orientações específicas das fibras (unidimensionais, bidimensionais, tridimensionais). O uso de tecidos reforça a resistência mecânica do compósito em várias direções, além de otimizar o processo de fabricação, podemos ver a seguir os tipos de malhas:

- Malha Unidirecional: Fibras dispostas em uma única direção. Este tipo de tecido é útil quando se deseja resistência em uma direção específica.

- Tecido Bidirecional: Fibras dispostas em duas direções, geralmente a 90 graus umas das outras. Isso proporciona resistência em dois eixos e é bastante utilizado em muitos compósitos de matriz polimérica e metálica.
- Tecido Tridimensional: Fibras dispostas em três direções, oferecendo uma resistência muito maior e uma estrutura mais robusta. Usado em aplicações que exigem resistência mecânica multidirecional.

(CALLISTER,et al. 2002)

2.3.2.4 Filamentos Contínuos

Filamentos contínuos são fibras longas e contínuas que são estiradas durante o processo de fabricação. Elas podem ser utilizadas de forma unidirecional, ou entrelaçadas para criar um tecido com mais resistência e durabilidade. Os filamentos contínuos são muito utilizados em compósitos de alto desempenho, como nos compósitos de fibra de carbono. (CALLISTER,et al. 2002)

2.3.2.5 Nanomateriais

Por outro lado, essa sendo uma tecnologia mais recente, o uso d nanomateriais como reforços tem se expandido, especialmente para melhorar as propriedades mecânicas e funcionais de compósitos. Esses materiais podem ser nanopartículas, nanotubos de carbono ou nanofibras que são incorporados à matriz para conferir características excepcionais, como maior resistência, flexibilidade, condutividade térmica e elétrica. (CALLISTER,et al. 2002)

2.4 Propriedades do quartzo

Entre os materiais utilizados como reforço para materiais compósitos, o quartzo tem ganhado importância, devido às suas propriedades interessantes. Este é um mineral composto principalmente de dióxido de silício e é conhecido por suas diversas propriedades físicas e químicas que o tornam valioso em várias aplicações industriais, incluindo a área aeronáutica. (PROPRIEDADES[...], 2020)

2.4.1 Propriedades Físicas do quartzo

O quartzo possui propriedades físicas interessantes para o uso aeronáutico, dentre elas, se destacam as seguintes propriedades:

- Dureza: O quartzo tem uma dureza de 7 na escala de Mohs, o que o torna bastante resistente a riscos.
- Densidade: Sua densidade é aproximadamente $2,65 \text{ g/cm}^3$.
- Transparência: O quartzo pode ser transparente, translúcido ou opaco.
- Ponto de Fusão: O quartzo funde a cerca de $1.650 \text{ }^\circ\text{C}$.
- Estrutura Cristalina: Ele cristaliza no sistema trigonal e tem uma estrutura hexagonal.

(PROPRIEDADES[...], 2020)

2.4.2 Propriedades Químicas

Este material possui propriedades químicas interessantes para o uso na aeronáutica sendo composto de dióxido de silício, ele também é quimicamente estável, ou seja, é resistente à maioria dos ácidos e álcalis.

(PROPRIEDADES[...], 2020)

2.4.3 Propriedades Piezoelétricas

O quartzo possui propriedades piezoelétricas, o que significa que ele pode gerar uma carga elétrica em resposta a uma pressão mecânica. Isso é amplamente utilizado em sensores e dispositivos eletrônicos. (PROPRIEDADES[...], 2020)

A Tabela 1 disponibilizada a seguir destaca as constantes elásticas, piezoelétricas e dielétricas do quartzo:

Tabela 1. Constantes elásticas, piezelétricas e dielétricas do quartzo

Constantes Elásticas		Constantes Piezelétricas		Expansão
Rigidez	Flexibilidade	Deformação	Tensão	Térmica
($\times 10^9$ N/m ²)	($\times 10^{-12}$ m ² /N)	($\times 10^{-12}$ C/N)	(C/m ²)	($\times 10^6$ /°C)
$C_{11} = 86.74$	$s_{11} = 12.77$	$d_{11} = 2.31$	$e_{11} = 0.171$	$\alpha_{11} = 13.71$
$C_{33} = 107.20$	$s_{33} = 9.60$	$d_{14} = -0.727$	$e_{14} = 0.0403$	$\alpha_{33} = 7.48$
$C_{44} = 57.94$	$s_{44} = 20.04$	Permissividade Elétrica		Densidade
$C_{12} = 6.99$	$s_{12} = -1.79$	Deformação cte.	Tensão cte.	(x10 ³ kg/m ³) = 2.65
$C_{13} = 11.91$	$s_{13} = -1.22$	($\times 10^{-10}$ F/m)	($\times 10^{-10}$ F/m)	
$C_{14} = -17.90$	$s_{14} = 4.50$	$\epsilon_{11}^S = 0.3997$	$\epsilon_{11}^T = 0.4073$	
$C_{66} = 39.88$	$s_{66} = 29.12$	$\epsilon_{33}^S = 0.4103$	$\epsilon_{33}^T = 0.4103$	

Quartzo (2008)

2.5 Uso do Quartzo na Área Aeronáutica

O quartzo é um material que possui alguns usos específicos na indústria aeronáutica devido as suas propriedades, dentre eles, foram destacados os subitens a seguir:

2.5.1 Dispositivos Eletrônicos e de Navegação

- **Osciladores de Quartzo:** O quartzo é utilizado em osciladores para produzir sinais de tempo precisos e estáveis, que são essenciais para sistemas de navegação, comunicação e controle em aeronaves.
- **Sensores:** Os sensores piezoelétricos de quartzo são utilizados para medir pressões, vibrações e forças em diversas partes da aeronave, ajudando no monitoramento e na manutenção preventiva.

(HAY THINK, 2020)

2.5.2 Materiais Compostos da fibra de quartzo

- **Fibra de Quartzo:** As fibras de quartzo são utilizadas em compósitos de alta resistência que são empregados em partes estruturais de aeronaves devido à sua alta resistência e baixa densidade.
- **Cobertura de radomes:** O quartzo pode ser usado na fabricação de radomes, que são estruturas que protegem os sistemas de radar sem interferir nas ondas eletromagnéticas.
- **Sistemas de Aviônica:** O quartzo é utilizado em vários instrumentos de medição e controle em sistemas aviônica, como altímetros e giroscópios, devido à sua estabilidade e precisão.

O quartzo pode possibilitar as seguintes melhorias nos materiais:

- **Precisão e Estabilidade:** A estabilidade do quartzo em condições variáveis de temperatura e pressão é crucial para a confiabilidade dos sistemas de navegação e comunicação.
- **Durabilidade:** A resistência física e química do quartzo contribui para a durabilidade dos componentes aeronáuticos, reduzindo a necessidade de manutenção frequente.
- **Redução de Peso:** O uso de materiais compostos de quartzo contribui para a redução do peso das aeronaves, melhorando a eficiência de combustível e desempenho geral.

(HAY THINK, 2020)

2.5.4 Os benefícios do uso de fibra de quartzo na indústria aeroespacial

A fibra de quartzo é o reforço estrutural ideal para materiais compósitos de alto desempenho, especialmente em indústrias que demandam componentes com excepcionais relações resistência/peso e baixa interferência eletromagnética. Na indústria aeroespacial, por exemplo, a fibra de quartzo é utilizada na engenharia de radome, onde suas características eletromecânicas são indispensáveis para radomes avançados usados no controle ar-ar.

Este compósito é utilizado na aviação geral para criar radomes de compósito de alto desempenho, proporcionando resistência e proteção às aeronaves. Essa fibra é obtida a partir de vidro de sílica ultrapuro, transformado em finos filamentos amorfos de poucos micrômetros de diâmetro, que são coletados para formar fios contínuos usados na fabricação de radomes. Resinas epóxi e ésteres de cianato otimizam a compatibilidade entre as fibras e as resinas. Na aviação civil, os radomes são manualmente construídos, enquanto em aplicações aeroespaciais não civis e de segurança, as mechas de fibra de quartzo são usadas para infusão. Essa fibra

também é empregada na proteção de antenas e equipamentos de comunicação aeroespacial, bem como em cones de nariz para sistemas de direcionamento aéreo, veículos não tripulados e drones de combate.

O uso de fibra de quartzo na indústria aeroespacial é fundamental para proteger espaçonaves dos ciclos térmicos extremos. Essa fibra atua como um escudo térmico, garantindo a segurança de componentes críticos, como a tampa do motor de aeronaves e o hardware de naves espaciais, contra o calor intenso e os golpes dos ciclos térmicos no vácuo. Além disso, mantém as temperaturas operacionais ideais em tanques de propelente, linhas de propelente e motores de foguete sólido, usando mantas isolantes multicamadas com uma cobertura externa resistente ao calor, composta de tecido de fibra de vidro ou fibra de quartzo impregnado com PTFE Teflon, FEP Teflon e colado com adesivo de poliéster. Esses materiais desempenham um papel crucial no sistema geral de controle térmico em aplicações aeroespaciais, permitindo o sucesso de missões espaciais. (REZENDE; et al. 2000)

2.5.5 Aplicação de quartzo de alta qualidade na indústria aeroespacial

A fibra de quartzo é um material amplamente utilizado na indústria aeroespacial devido à sua resistência a altas temperaturas, transmissão de ondas e resistência. Ela desempenha um papel vital em várias aplicações aeroespaciais, incluindo radomes de aeronaves, proteção térmica de veículos espaciais e componentes de isolamento ambiental de alta temperatura. A produção de fibra de quartzo é complexa e possui poucos fabricantes globais, tornando-a um mercado com barreiras significativas à entrada e alta rentabilidade. O crescimento da indústria aeroespacial chinesa está impulsionando a demanda por esse material, especialmente em projetos de defesa e tecnologia espacial. Além disso, a pesquisa e desenvolvimento de tecnologia espacial e projetos nacionais estão impulsionando a demanda por componentes de isolamento térmico de quartzo, com perspectivas de crescimento contínuo no mercado global da indústria aeroespacial.

Desse modo, o quartzo desempenha um papel vital na indústria aeronáutica devido às suas propriedades únicas, como dureza, estabilidade química, e especialmente suas capacidades piezoelétricas. Sua aplicação em osciladores, sensores, materiais compostos e diversos instrumentos de medição torna-o indispensável para a precisão, eficiência e segurança das operações aeronáuticas. (HAY THINK, 2020)

3.0 DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

Para a realização do trabalho, a metodologia de pesquisa para busca das patentes se deu por meio das plataformas de pesquisa de patentes, na qual são descritas a seguir:

3.3. Método de pesquisa

Com relação a filtragem das patentes de compósitos fabricados com quartzo, não foram encontradas muitas delas que possuíam alguma utilização na indústria aeronáutica, ademais, as que foram selecionadas são promissoras e contribuiriam ou podem contribuir futuramente na fabricação de novos componentes aeronáuticos.

A princípio usou-se o *Google patents* com as seguintes palavras chaves: "*Aeronautical quartz composite*", e a partir dessa pesquisa foi possível encontrar a patente apresentada a seguir nos resultados e discussão, denominada como fibra de quartzo-fosfato de alumínio e criada em 1986, que provou como o quartzo vem sendo utilizado como objeto de pesquisa para fins aeronáuticos desde o século XX.

A principal plataforma utilizada para a realização do trabalho foi o *Google Patents*, uma plataforma gratuita em que se apresenta uma grande vasta quantidade de patentes e se mostrou a melhor para a realização da maior parte do trabalho, pois pelo grande número de patentes apresentou um melhor resultado de busca. No *Google patents*, utilizando as palavras chaves relacionadas e apresentadas abaixo no método de pesquisa, é possível encontrar patentes relacionadas diretamente com o que se busca, apesar de alguns resultados que nem sempre condizem com as buscas, por isso foi necessário realizar uma filtragem dos resultados.

Os artigos e patentes foram encontrados todos na internet utilizando das plataformas *Google Patents*, *Patent Scope* (WIPO) e o *Spacenet* (EPO).

Para que as pesquisas fossem realizadas, algumas posições foram estabelecidas, essencialmente para a filtragem e escolha das patentes que seriam tratadas ao longo do trabalho. A fim de que fossem canalizadas para o foco do trabalho, apenas patentes que pudessem envolver alguma utilização na indústria aeronáutica foram selecionadas, tanto para inovações que devem ser utilizadas nos próximos anos, quanto para patentes sobre compósitos e inovações desenvolvidos a partir do quartzo. A princípio usou-se o *Google patents* com as seguintes palavras chaves: "*Aeronautical quartz composite*", e a partir dessa pesquisa foi possível encontrar a patente apresentada a seguir nos resultados, a fibra de quartzo-fosfato de alumínio,

que provou como o quartzo vem sendo utilizado como objeto de pesquisa para fins aeronáuticos desde o século XX, principalmente na indústria aeroespacial.

Para que as pesquisas fossem realizadas a plataforma mais utilizada foi o *Google Patents*, a partir de palavras chaves como "*quartz composite*", "compósitos de quartzo na aeronáutica", "*aeronautical quartz composite*", "quartzo para fabricação de materiais compósitos", "*quartz composite innovation*", "nova tecnologia para compósitos" e "nova tecnologia para compósitos na aeronáutica", nas outras plataformas o método de pesquisa e as palavras chaves foram as mesmas, porém não apresentaram tantos resultados.

As pesquisas quando realizadas com as palavras chaves na língua inglesa apresentaram um resultado mais abrangente que as pesquisas feitas utilizando a língua portuguesa, além disso, grande maioria das pesquisas feitas em português não levaram a nenhum resultado, ou quando levavam, não eram patentes interessantes para integrar ao trabalho, pois não agregavam em material de pesquisa ou não condiziam com o tema.

Já as palavras chaves usadas na língua inglesa apresentaram muitos resultados, e vários deles promissores que puderam agregar ao trabalho. Como citado anteriormente, os resultados encontrados a partir da pesquisa "*aeronautical quartz composite*" na plataforma do google patentes apresentaram resultados satisfatórios, pois a partir desta pesquisa foi possível encontrar duas patentes pertinentes ao desenvolvimento do trabalho, sendo os mesmos "*Quartz Fiber Optic Sensing for Structural Health Monitoring of Aerospace Structures*" e "*Quartz Fiber Reinforced Polymer Composites for Aerospace Applications*", estas patentes foram encontradas logo nas primeiras páginas de pesquisa, agregando um conteúdo interessante para o desenvolvimento do presente trabalho.

Para uma melhor compreensão dos artigos e das patentes desenvolvidas na língua inglesa, utilizou-se o auxílio do Google tradutor, facilitando assim, o processo de entendimento e realização de uma síntese melhor construída.

Com relação a escolha das patentes, ao abrir a patente, um resumo do conteúdo geralmente é apresentado, descrevendo o método de fabricação ou a invenção em si, desse modo, é possível ter uma noção sobre a pertinência da patente, se de alguma maneira poderia agregar ao presente trabalho. Após a escolha da patente, era feito o download do conteúdo, e então era lido e estudado em sua íntegra, só após este processo, a patente era adicionada ao trabalho, de maneira que após a leitura da patente, era elaborado um resumo e adicionado ao trabalho.

Ademais, os artigos foram selecionados de maneira semelhante, ao realizar a filtragem dos artigos, os resumos dos artigos eram analisados e então selecionados ou descartados. Após

selecionados os artigos eram lidos por completo e após este processo era feito o resumo e colocado no trabalho.

Pela escassez de patentes disponíveis que pudessem agregar à pesquisa realizada no presente trabalho, viu-se a necessidade do desenvolvimento de um conteúdo complementar visando uma melhor abrangência e aprofundamento da atividade.

Este conteúdo complementar se deu através de artigos encontrados, estudados e adicionados ao trabalho, o que não era o intuito inicial, porém se fez necessário devido ao fator citado acima.

Inicialmente, pretendia-se utilizar também o site do INPI para pesquisa e busca de patentes que contribuíssem para o conteúdo do trabalho, porém se mostrou de difícil acesso, falhas na utilização das ferramentas e escassez de conteúdo, por este motivo, essa possibilidade foi descartada.

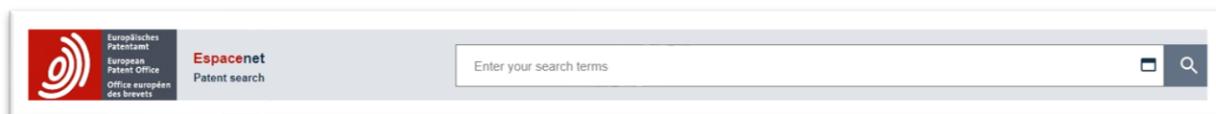
A plataforma LENS, foi utilizada com objetivos um pouco diferentes, pois é uma plataforma que permite plotar gráficos de diferentes informações sobre as patentes resultantes das palavras chaves, podendo ser possível analisar em quais países mais são emitidas as patentes, em quais anos mais foram emitidas patentes, dentre outras informações.

As Figuras 1, 2, 3 e 4 apresentam as páginas iniciais das plataformas Google Patents, Espacenet, Patentscope e Lens.org, respectivamente.

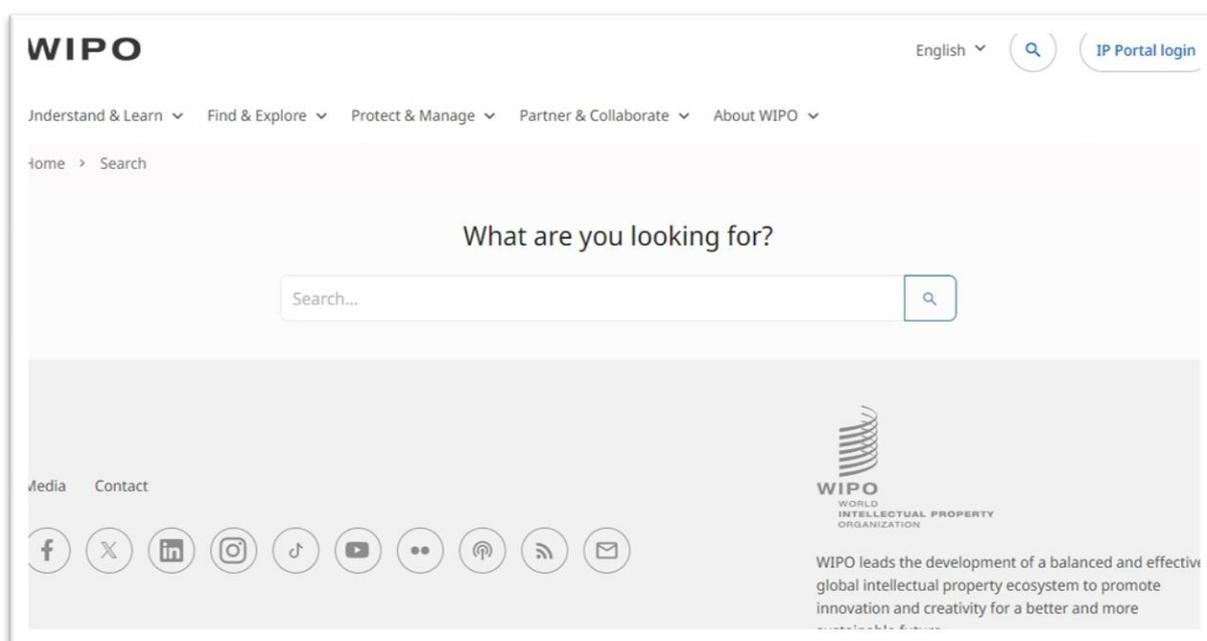
Figura 1. *Google patentes* (plataforma utilizada na pesquisa)



Google Patents (2024).

Figura 2. Espacenet-EPO (plataforma utilizada na pesquisa)

Spacenet (2024).

Figura 3. Patentscope-WIPO (plataforma utilizada na pesquisa)

Patentscope (2024).

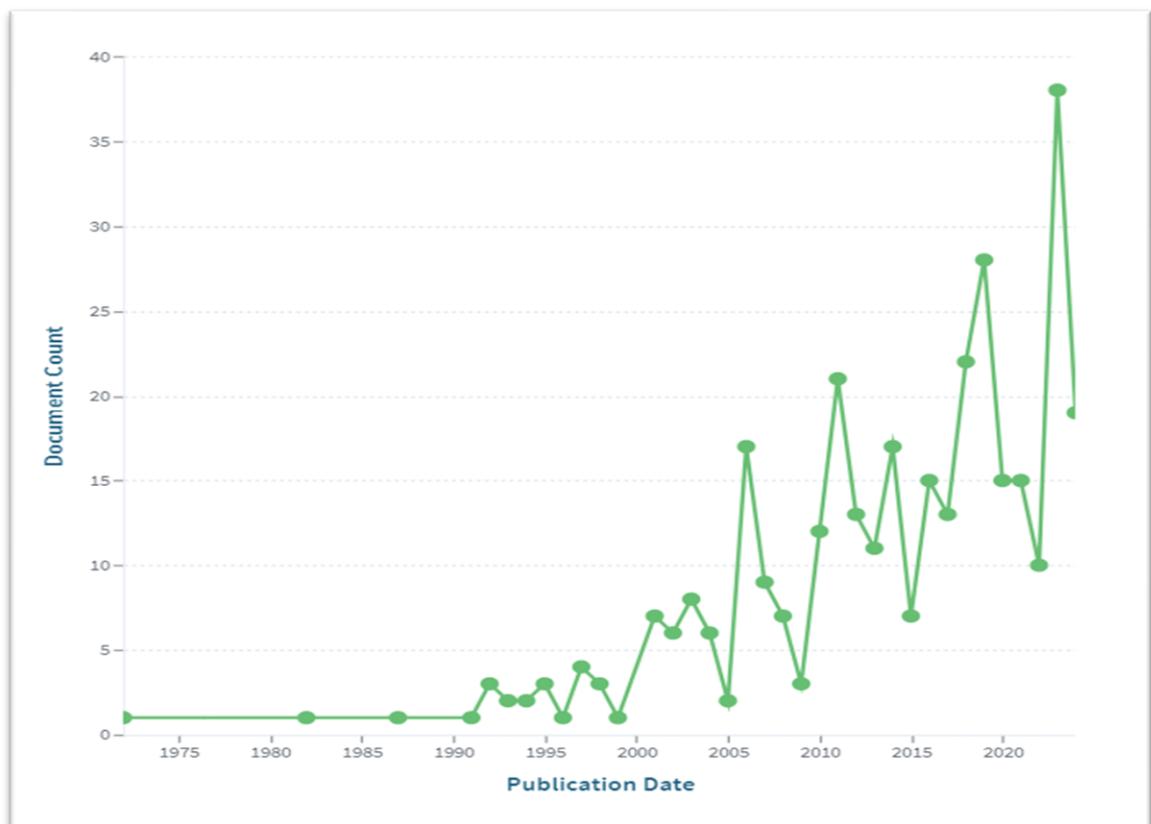
Figura 4. THE LENS (plataforma utilizada na pesquisa)

lens (2024).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

No decorrer das pesquisas, a plataforma LENS possibilitou obter maiores informações gráficas sobre os resultados encontrados, a partir das palavras chaves utilizadas foi possível verificar o número de patentes, o país de origem delas, os anos em que foram homologadas e os autores, como podemos ver a seguir, nessa plataforma em específico não foram encontrados resultados a partir das palavras chaves em português, porém foram encontrados mais resultados em inglês. A partir das palavras chaves “*quartz composite*”, apesar de que um grande número de patentes não pôde agregar as pesquisas por não possuírem utilidade na área aeronáutica, a seguir podemos ver os resultados obtidos a partir da pesquisa.

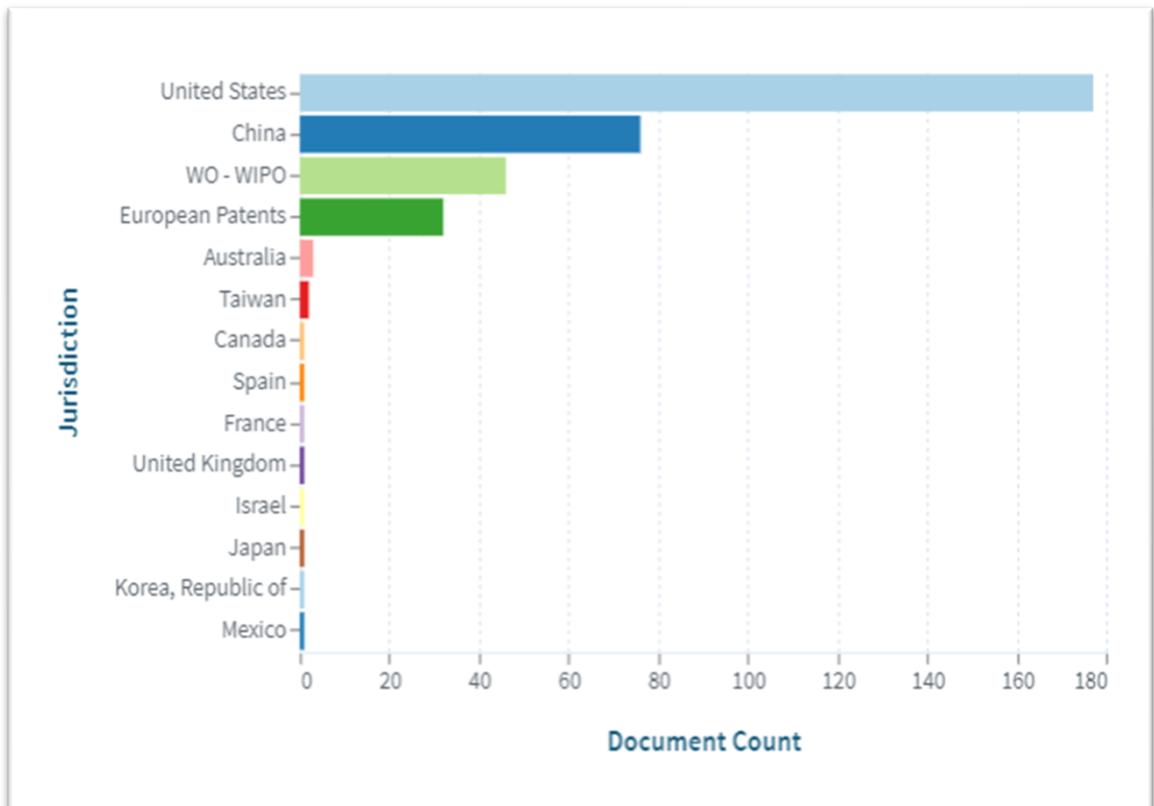
Gráfico 2. Número de publicações de patentes ao longo dos anos a partir das palavras chaves “*quartz composite*”



lens (2024)

Pode-se observar que com o passar dos anos, conforme os estudos e as tecnologias vão evoluindo, o número de patentes de materiais compósitos produzidos a partir do quartzo patenteados teve um aumento significativo.

Gráfico 3. Países que detém a maior quantidade de patentes a partir das palavras chaves “*quartz composite*”



lens (2024)

Conforme a imagem, o país que possui o maior número de patentes registradas são os Estados Unidos, e a China sendo o segundo país com mais patentes, porém detém menos da metade das registradas nos EUA.

Outra palavra chave que apresentou resultados interessantes foi “*Aeronautical quartz composite*”, e apesar de apresentar uma complicação semelhante a palavra chave “*quartz composite*”, pois a maior parte dos resultados não condiziam com o intuito do trabalho, apresentou um maior número de resultados, apresentados a seguir:

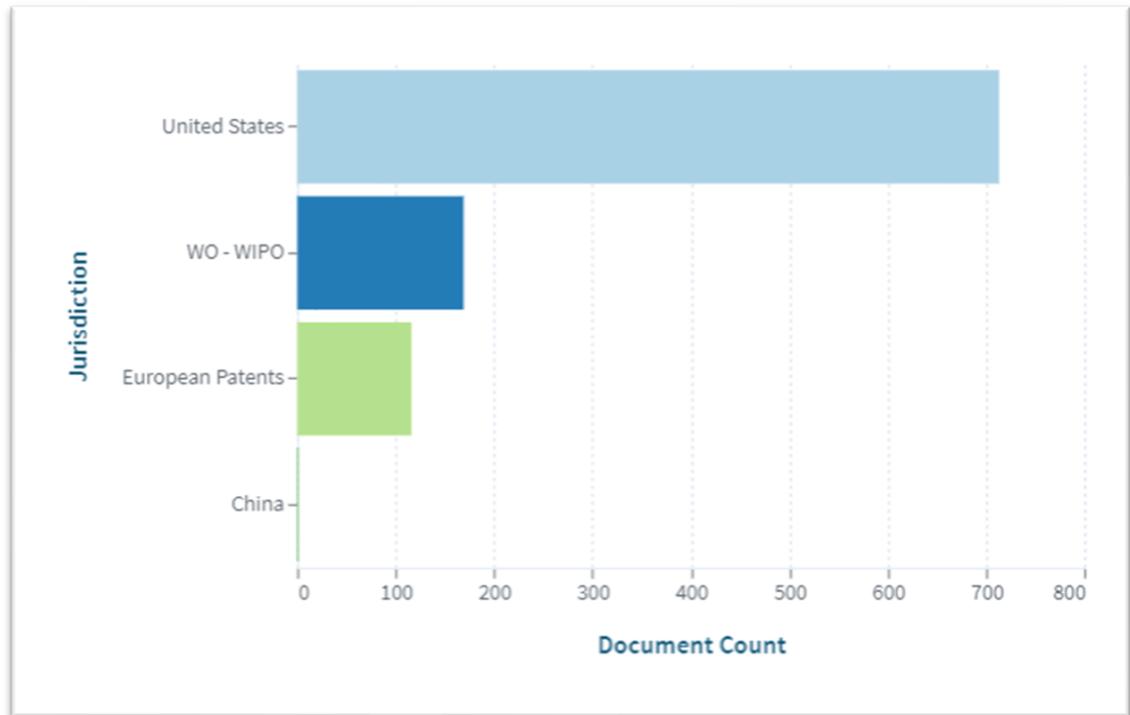
Gráfico 4. Número de publicações de patentes ao longo dos anos a partir das palavras chaves “aeronautical quartz composite”



lens (2024)

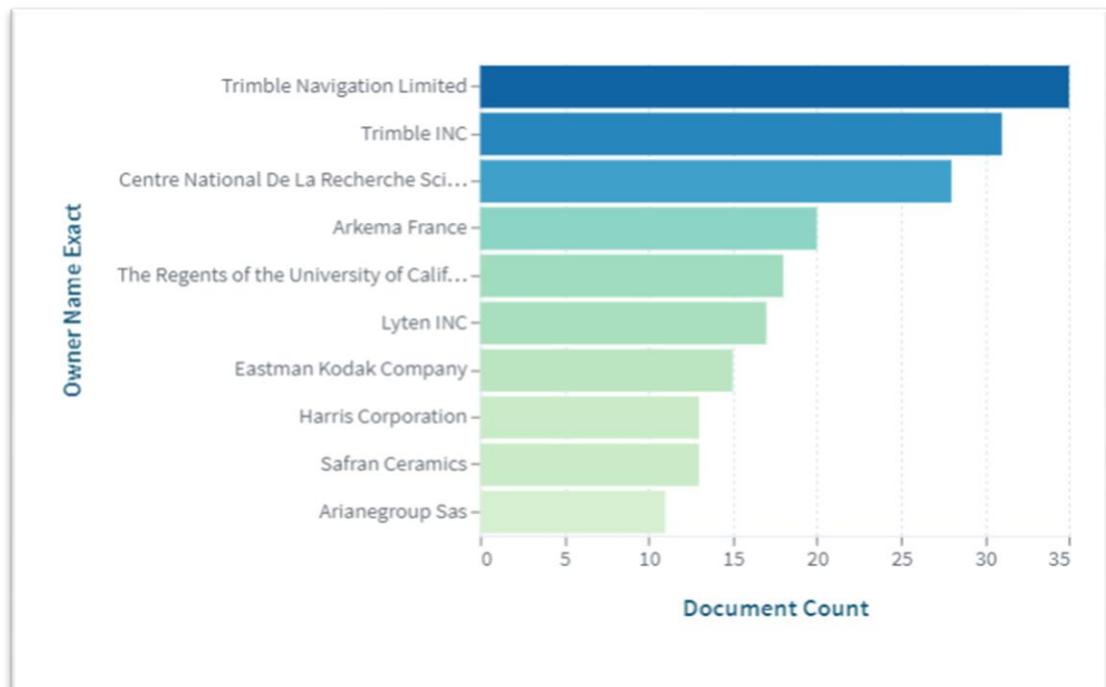
Como resultado das pesquisas e análise do gráfico, conclui-se que a quantidade de patentes vem aumentando nos últimos anos, assim como a emissão de patentes da palavra chave “*quartz composite*”, e outras palavras chaves utilizadas na pesquisa.

Gráfico 5. Países que detêm a maior quantidade de patentes a partir das palavras chaves “*aeronautical quartz composite*”



lens (2024)

Gráfico 6. Instituições que mais patentearam criações a partir da palavra chave “*aeronautical quartz composite*”



lens (2024)

As instituições que patenteiam as invenções normalmente são instituições de ensino, ou empresas grandes que querem possuir o direito de exclusividade de um novo e promissor material na indústria, como os resultados da palavra chave “*aeronautical quartz composite*” foram em sua maior parte dos Estados Unidos, as instituições que predominaram no gráfico foram as americanas, porém a China também realiza um trabalho muito forte nessa área.

4.1 Patentes encontradas

A partir das buscas realizadas em bases de patentes, foram selecionadas alguns documentos considerados de maior relevância e foram resumidas as tecnologias que apresentam a seguir.

4.1.1 Composto de fibra de quartzo-quartzo-fosfato de alumínio

Os estudos sobre a fabricação de compósitos a partir da fibra de quartzo na indústria aeroespacial não são recentes e já vem sendo usados no mercado aeroespacial há muitos anos, um dos destaques evidenciados pelo trabalho vem de uma patente dos anos 80. O compósito de fibra de quartzo-fosfato de alumínio foi criado com o objetivo principal de fabricar um material de isolamento térmico para determinados veículos espaciais, além da fabricação das denominadas ‘*antenna windows*’, que atuam na melhor precisão na identificação de objetos pela antena, pois essas ‘*antenna windows*’ tinham como materiais principais utilizados na sua fabricação as resinas e outros materiais

Além do aumento na precisão, a fibra de quartzo-fosfato de alumínio também permite que o componente seja exposto a altíssimas temperaturas sem sofrer danos, além de poder ser empregado em outros componentes aeronáuticos que precisem suportar altas temperaturas, ademais, várias amostras foram fabricadas e, segundo a patente, a que apresentou melhor resultado foi a que detinha a seguinte composição:

57% em fibra de quartzo;

37% em fibra de sílica;

6% em fosfato de alumínio.

(JINGKUN; et al. 1985)

4.1.2 Material compósito reforçado com fibra de quartzo e método de preparação do mesmo

Como tratado anteriormente, o quartzo apresenta propriedades extremamente interessantes para aplicações específicas na indústria aeroespacial, particularmente na produção de componentes aeronáuticos que precisam suportar temperaturas elevadas. Neste contexto, um dos focos deste estudo é uma patente registrada em 2010, que descreve um compósito de quartzo-cerâmica. Essa pesquisa teve como principal objetivo a criação de um material transparente às ondas eletromagnéticas, que não cause interferências e possua uma notável resistência mecânica e térmica.

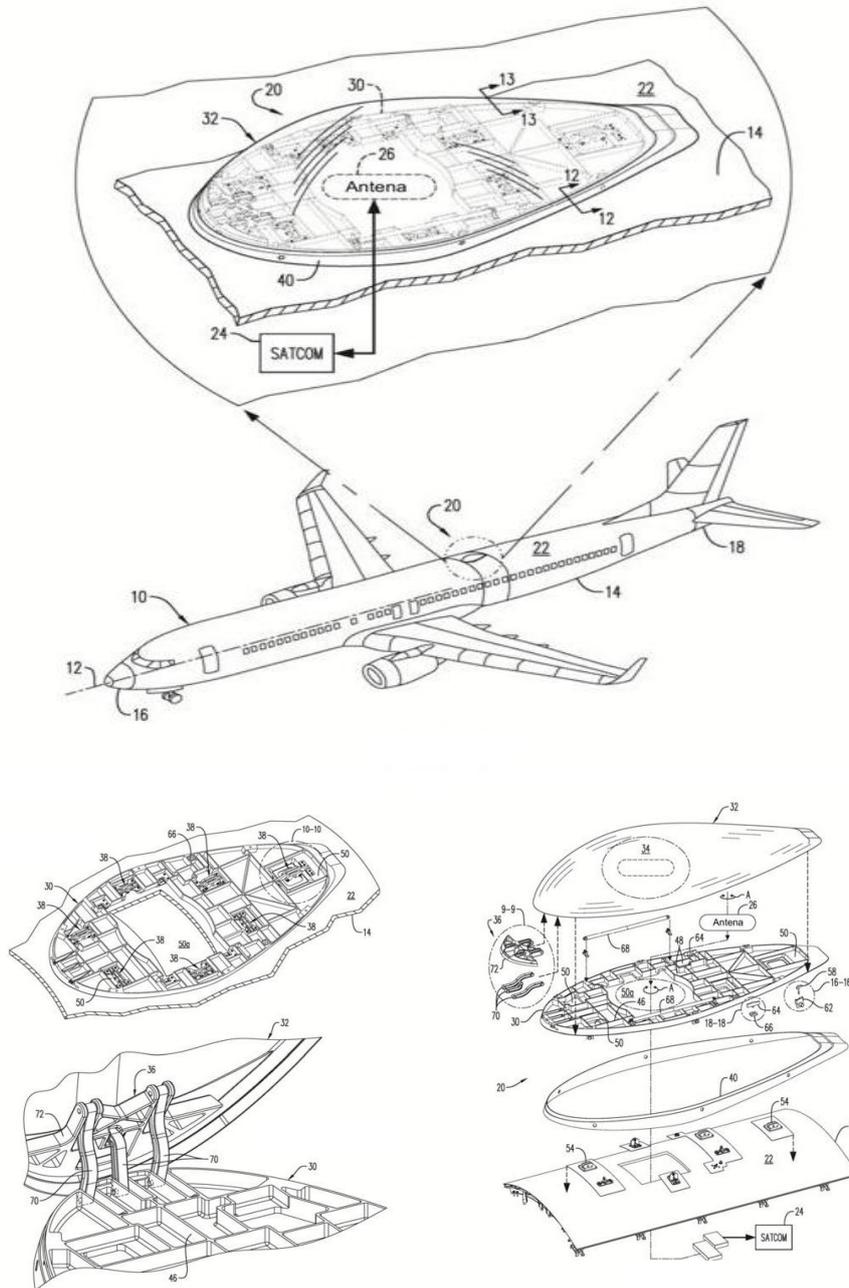
Atualmente, esses materiais são amplamente empregados na fabricação de radomes para aeronaves. Isso se deve, em grande parte, ao fato de que as antenas e sensores das aeronaves costumam ser localizados na parte frontal, protegidos por um radome confeccionado com fibras de quartzo. (HAI FENG, et al. 2010)

4.1.3 Conjunto de radome acessível

Já essa invenção patenteada em 2020, descreve uma invenção relacionada a um conjunto de radome para aeronaves. Esse conjunto consiste em uma armação que segue o contorno da fuselagem da aeronave e um radome aerodinamicamente simplificado que abriga uma antena e se estende para fora da parte superior da armação, criando uma janela de radiofrequência. O radome é montado de forma pivotante sobre a armação por meio de uma dobradiça oculta dentro da armação, permitindo que o radome seja armazenado fechado sobre a armação quando não estiver em uso, este conjunto, se fabricado a partir da fibra de quartzo, apresentaria uma alta resistência mecânica, probabilidade nula de apresentar interferência na transmissão e captação de sinal, resistência térmica, dentre outras características. (LEWIS, et al. 2020)

Por motivos da diferença no custo da fabricação, os autores recomendam a fabricação do radome com reforço de fibra de vidro, porém também podendo ser utilizada a fibra de quartzo na fabricação, o que tornaria o material com propriedades muito interessantes. A seguir, na Figura 5, são apresentados os desenhos disponibilizados no documento da patente:

Figura 5. Desenhos de projeto disponível no documento da patente brasileira “Conjunto de radome acessível”



LEWIS (2020)

4.1.4 Material compósito de fibra de quartzo com revestimento resistente a altas temperaturas e método de preparação de material compósito de fibra de quartzo

Com um potencial para fabricação de materiais semelhante a patente anterior, essa invenção apresenta um material compósito de fibra de quartzo com um revestimento que resiste a altas temperaturas, além de um método para sua preparação, situando-se no campo técnico dos compósitos. O método de preparação envolve várias etapas:

1^a - Mistura e envelhecimento do sol de alumina e do sol de sílica nas proporções de massa adequadas para formar mulita, resultando em um sol composto.

2^a - Imersão do material compósito de fibra de quartzo no sol composto usando um processo de imersão ultrassônico, seguida de secagem natural. Este processo é repetido várias vezes até obter um produto intermediário.

3^a - Aquecimento e sinterização do produto intermediário em uma mufla, formando um revestimento cerâmico de alta temperatura no material compósito de fibra de quartzo.

4^a - Após o resfriamento, aplicação contínua de um revestimento de fosfato sobre o revestimento cerâmico de alta temperatura, seguido de aquecimento e cura para obter o material compósito de fibra de quartzo com revestimento resistente a altas temperaturas.

O revestimento cerâmico de alta temperatura, juntamente ao revestimento de fosfato, é aplicado na superfície do material compósito de fibra de quartzo. Esse processo conjunto melhora a resistência do material a altas temperaturas, além de proporcionar vedação de furos e proteção contra umidade (JUANLI, et al. 2022).

4.1.5 Material compósito à base de quartzo reforçado com tecido misturado com fibra e método de preparação do mesmo

Esta patente apresenta um material compósito à base de quartzo reforçado com tecido misturado com fibras, além de um método para sua preparação. O material reforçado em questão é composto por um primeiro tecido de fibra na camada externa, um tecido de fibra na camada central e um segundo tecido de fibra na camada externa, todos empilhados e conectados de forma sequencial. Tanto o primeiro quanto o segundo tecido de fibra das camadas externas são feitos de fibras de quartzo, enquanto o tecido de fibra da camada central é uma mistura de fibras de carbono e quartzo, ou um tecido misto de fibras de quartzo e carbono.

Este compósito à base de quartzo, reforçado com tecido misto de fibras, exhibe excelente desempenho das fibras de quartzo e carbono. Ele previne a rápida degradação do desempenho devido à oxidação em altas temperaturas das fibras de carbono e, ao mesmo tempo, compensa a perda de desempenho das fibras de quartzo em altas temperaturas, resultando em um desempenho geral excelente. (QIKUN, et al. 2023)

4.1.6 Painel composto

A presente invenção se difere da patente anterior, por se tratar de um método de fabricação. O documento descreve uma metodologia da fabricação de painéis feitos de material compósito, que se propõe ser um material que não interfere na passagem de radiação eletromagnética, desse modo, os próprios autores da patente sugerem que esse material seja a fibra de quartzo, devido as propriedades que ela possui.

A patente descreve um painel compósito composto por dois laminados:

Primeiro laminado: feito de um material compósito opaco à radiação eletromagnética, com uma borda perimetral externa e uma borda perimetral interna;

Segundo laminado: feito de um material compósito transparente à radiação eletromagnética, que está inserido dentro do primeiro laminado e unido a ele ao longo da borda perimetral interna. (KUBE, et al. 2016)

4.1.7 Material compósito à base de quartzo reforçado com fibra de quartzo e método de fabricação do mesmo

Já essa patente divulga um material compósito à base de quartzo reforçado com fibra de quartzo e um método de fabricação que utiliza evaporação rotativa a pressão reduzida. O método inclui concentrar sílica sol ácida comercial para obter sílica sol concentrada com concentração de 30-47%, dividir a sílica sol concentrada em sol de alta e média concentração, e projetar um esquema de impregnação combinado para diferentes períodos de densificação usando sílica sol de diferentes concentrações. Em comparação com o método de concentração por aquecimento a pressão normal, a eficiência de concentração da evaporação rotativa a pressão reduzida é alta, a sílica sol concentrada obtida tem boa estabilidade e micelas menores, o que favorece a impregnação completa do membro pré-fabricado de fibra, e a eficiência de densificação é melhorada com o esquema de impregnação combinado, resultando na preparação eficiente do material compósito. (YUANQIN, et al. 2021)

4.1.8 Método de preparação de cerâmica de quartzo reforçada com fibra de vidro

A patente apresenta um método de preparação de uma cerâmica de quartzo reforçada com fibra de vidro. De acordo com o método de preparação, primeiramente, partículas de fibra de quartzo com diferentes diâmetros de partículas é misturado uniformemente com fibras de vidro em diferentes proporções para obter a mistura A. Uma quantidade apropriada de álcool polivinílico e água é adicionada à mistura A para a granulação. Fibras de vidro ou tecido de fibra são colocados em uma cavidade de um molde, e a lacuna é preenchida com as partículas após a granulação. Após essa etapa, são realizados a mistura e a prensagem para preparar um corpo cerâmico de quartzo. O corpo cerâmico de quartzo é então seco e sinterizado em alta temperatura para produzir a cerâmica de quartzo reforçada com fibra de vidro. A cerâmica de quartzo reforçada com fibra de vidro preparada apresenta uma constante dielétrica relativamente baixa e pode ser ajustada em uma pequena faixa. Além disso, o sol de silício é solidificado por sinterização após imersão, garantindo a resistência da cerâmica de quartzo reforçada com fibra de vidro. (JIANJIANG, et al. 2019)

4.1.9 Método de processo de preparação de material compósito resistente a altas temperaturas

No caso, essa invenção pertence ao campo da fabricação de materiais compósitos para aviação, relacionando-se especificamente a um método de preparação de um material compósito resistente a altas temperaturas. O método proposto utiliza fibras de quartzo tratadas com agentes solúveis como material de reforço. Antes da preparação do material compósito, o agente de tratamento superficial é removido através de fervura em água. Posteriormente, um agente de tratamento superficial resistente a altas temperaturas é aplicado na superfície das fibras de quartzo para preparar um prepeg de resina reforçada com fibras de quartzo, o que o torna resistente a altas temperaturas.

O prepeg é então espalhado na superfície de um molde, e a compactação é realizada usando um método de saco a vácuo. Durante o processo de preparação do material compósito pelo método de prensagem em molde, é realizada a evacuação do ar (vácuo). Esse método é simples, reduz a perda de resistência das fibras de quartzo durante a remoção do agente de tratamento superficial, diminui a porosidade do material compósito durante sua preparação e tem um alto valor de aplicação para a preparação de compósitos de resina reforçada com fibra de quartzo. (LIXIN, et al. 2019)

4.1.10 Processo de fabricação de peça aeronáutica absorvente de radar protegida contra descargas atmosféricas

O processo descrito envolve o uso de um corpo composto por células abertas, que são fechadas em suas extremidades abertas por uma camada condutora interna composta por um compósito com fibras condutoras eletricamente e por uma película externa isolante de fibras de aramida ou de quartzo, coberta por uma tinta ionizável. O corpo é formado por um favo de papel de fibra de aramida impregnado com uma resina dura, como a resina fenólica. Em um campo intenso, a tinta ioniza o ar para ampliar a área de impacto do raio. No entanto, o radar incidente penetra as camadas externas e reflete nas paredes das células, dissipando sua energia. (AVENET, et al. 1995)

4.1.11 Método de tratamento de interface de material composto de resina éster de cianato

Assim como a patente anterior, essa invenção apresenta uma metodologia que pertence ao campo da fabricação de materiais compósitos para aviação e, em particular, trata de um método de tratamento de interface para compósitos de resina de cianato de éster. No processo de preparação de um material compósito à base de resina de cianato de éster, a superfície da fibra de quartzo é revestida com um agente de tratamento orgânico de silicone. Um método de impregnação por solução é adotado para preparar um pré-impregnado, e o material compósito é então preparado. De acordo com o método, antes da preparação do material compósito, a superfície da fibra de quartzo é revestida com o agente de tratamento orgânico de silicone de baixo peso molecular, e o pré-impregnado de resina de cianato de éster reforçado com fibra de quartzo é preparado. Ligações químicas são formadas na interface através da reação química entre o agente de tratamento orgânico de silicone de baixo peso molecular e o cianato de éster, melhorando assim a resistência da interface do material compósito. Consequentemente, a propriedade mecânica e a propriedade dielétrica do material compósito de resina de cianato de éster são aprimoradas, conferindo ao método um valor de aplicação relativamente alto na preparação de materiais compósitos de resina de cianato de éster reforçados com fibra de quartzo. (ZHANG, et al. 2020)

4.2 Resultados finais

Como pôde ser observado, a partir do trabalho realizado, apesar de possuir aplicações mais específicas, o quartzo, quando empregado com outros materiais, determinados a partir dos estudos desenvolvidos pelos criadores de cada patente, se tornam materiais com propriedades excelentes para a área aeronáutica, principalmente para componentes que envolvem e protegem antenas, radares, transmissores, receptores da aeronave e outros componentes que exigem alta resistência térmica.

Por outro lado, pôde-se observar que as aplicações do quartzo não são muito abrangentes, limitando-se a componentes como por exemplo radomes de aeronaves, por apresentarem baixa interferência das ondas eletromagnéticas e alta resistência mecânica e térmica.

Apesar das pesquisas permitirem que fosse encontrado um grande número de patentes envolvendo o quartzo como componente de compósitos, poucas delas tem uma real utilização ou são promissoras na indústria aeronáutica. Já os artigos utilizados para conhecer melhor esse material e suas propriedades foram encontrados com maior facilidade.

Desse modo, notou-se uma certa limitação no número de resultados encontrados nas pesquisas de patentes e artigos nesse tema, e se deu por conta da quantidade de patentes que pudessem contribuir para o desenvolvimento do trabalho não se apresentarem em grande quantidade, sendo que a plataforma que apresentou um melhor resultado na procura por patentes foi o *Google Patents*,

Porém ainda sim nas outras plataformas foi possível encontrar algum material que pudesse servir de apoio à realização da pesquisa, o trabalho apresentado pode facilitar pesquisas futuras que possam ser realizadas no entorno deste assunto, devido à dificuldade para encontrar um material de pesquisa nas plataformas utilizadas durante a realização do trabalho, principalmente para a exploração de patentes.

Outro fator que pode dificultar pesquisas futuras é a questão da língua, o português brasileiro possui um número de patentes e material de pesquisa muito limitado, desse modo, é necessário realizar as buscas em inglês, para que se possam encontrar melhores resultados.

Desse modo, o presente trabalho pode contribuir com futuras pesquisas que serão realizadas no entorno da utilização do quartzo na indústria aeroespacial, tanto dos métodos de fabricação de materiais compósitos utilizando o quartzo, quanto dos materiais em si.

5. CONCLUSÃO

A realização do presente trabalho permitiu que fosse possível explorar, por meio principalmente das patentes, mas também pelos artigos e demais pesquisas na internet, de maneira mais aprofundada a utilização do quartzo na indústria aeroespacial.

A partir da pesquisa foi possível identificar uma grande dificuldade de encontrar material que pudesse contribuir com pesquisas semelhantes que fossem realizadas no entorno desse tema, fato já identificado anteriormente mesmo da realização do trabalho, e que foi um dos fatores motivadores da realização desta pesquisa.

As plataformas de pesquisa de patentes foram de essencial importância para a realização das pesquisas de patentes, apesar da plataforma WIPO ter sido a que apresentou resultados que pudessem contribuir com o trabalho de maneira mais condizente, a plataforma de pesquisa *Google Patents* apresentou um número maior de patentes, porém necessitando de uma filtragem mais detalhada do conteúdo das patentes.

Os artigos e demais pesquisas realizadas e documentadas no trabalho tiveram uma posição mais especificamente como material de apoio para quaisquer dúvidas que pudessem surgir e elaboração de um material complementar da pesquisa, como por exemplo, a definição e estruturação de um material compósito.

Por fim, o trabalho cumpriu o seu principal propósito, de agregar informação ao redor do tema da utilização da fibra do quartzo na indústria aeroespacial e métodos de fabricação para a produção de compósitos a partir deste material, isso por meio de patentes e artigos encontrados nos principais meios de pesquisas, possibilitando um material de pesquisa para futuros trabalhos que possam ser realizados ao redor do tema, podendo facilitar para a localização de patentes, artigos e um melhor aprofundamento sobre esse material e compósitos fabricados a partir do quartzo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CALLISTER, W. D., Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução. John Wiley & Sons, Inc., 2002.

COMPOSTO de fibra de quartzo-quartzo-fosfato de alumínio. Titular: Guo Jingkun; Li Baoshun; Wang Changhong. CN n. 851040853A. Depósito: 8 jul. 1981. Concessão: 24 maio 1985.

CONJUNTO de radome acessível. Titular: LEWIS, BROWN, HAMBRICK, RODERICK. BR n. 112019025646A2. Depósito: 4 jun. 2018. Concessão: 25 ago. 2020.

GOOGLE Patents. [S. l.], 14 dez 2006. <https://patents.google.com>. Acesso em: 15 fev. 2024.
LENS. [S. l.], 2013. Disponível em: <https://www.lens.org>. Acesso em: 11 out. 2024.

MATERIAIS JÚNIOR: Materiais Compósitos: origem e funcionalidades. [S. l.], 24 set. 2020. Disponível em: <https://materiaisjr.com.br/materiais-compositos-origem-e-funcionalidades>. Acesso em: 25 jan. 2024.

MATERIAL compósito à base de quartzo reforçado com fibra de quartzo e método de fabricação do mesmo. Titular: YuanQin; Zhou Yongjiang; Jia Bao Qi. CN n. 113511879B. Depósito: 9 set. 2021. Concessão: 30 nov. 2021.

MATERIAL compósito à base de quartzo reforçado com tecido misturado com fibra e método de preparação do mesmo. Titular: WANG QIKUN; QI TAO; MOU XIUJUAN; WEN PENG; YANG FAN; YAO LULU; GAO HONGCHENG. CN n. 116278208A. Depósito: 20 dez. 2022. Concessão: 23 jun. 2023.

MATERIAL compósito de fibra de quartzo com revestimento resistente a altas temperaturas e método de preparação de material compósito de fibra de quartzo. Titular: YU JUANLI; QIN GAOLEI; LI ZHENGRUI; YANG XU; YU CHANGQING; ZHANG JIAN. CN n. 117447240. Depósito: 6 set. 2023. Concessão: 26 jan. 2024.

MATERIAL compósito reforçado com fibra de quartzo e método de preparação do mesmo. Titular: YuanQin; Zhou Yongjiang; Jia Bao Qi. CN n. 101831178A. Depósito: 5 abr. 2010. Concessão: 21 nov. 2012.

MÉTODO de preparação de cerâmica de quartzo reforçada com fibra de vidro. Titular: TANG JIANJIANG; WANG PENGCHONG; YU FANGLI; ZHANG HAIHONG; LI TIANQI. CN n. 109336632. Depósito: 11 dez. 2018. Concessão: 15 fev. 2019.

MÉTODO de processo de preparação de material compósito resistente a altas temperaturas. Titular: XUAN LIXIN; JIA SHUNLI; FU QIANG; FU YA. CN n. 109608672A. Depósito: 7 dez. 2018. Concessão: 4 dez. 2019.

MÉTODO de tratamento de interface de material composto de resina éster de cianato. Titular: ZHANG MINGXI; XUAN LIXIN; WANG ZHIQIANG; ZHOU KAIYUN. CN n. 111171566A. Depósito: 17 jan. 2020. Concessão: 19 maio 2020.

O USO de compósitos estruturais na indústria aeroespacial. [S. l.]: REZENDE; BOTELHO, 4 abr. 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/po/a/Sp5xW8K4WctGhyppz5Fhbmb/#>. Acesso em: 25 abr. 2024.

PAINEL compósito. Titular: KUBE; MCCARTHY; LAVIN; TYRRELL. BR n. 102016007063A2. Depósito: 30 mar. 2016. Concessão: 24 jan. 2017.

PATENTSCOPE. [S. l.], 2001. <https://www.wipo.int/patentscope/en/>. Acesso em: 21 mai. 2024.

PROCESSO de fabricação de peça aeronáutica absorvente de radar protegida contra descargas atmosféricas. Titular: AVENET JEAN-PIERRE; GONDOT PASCAL. FR n. 2720194. Depósito: 24 nov. 1995. Concessão: 26 jul. 1996.

PROPRIEDADES do quartzo. [S. l.], 11 abr. 2020. Disponível em: <https://www.heliosquartz.com/prodotti/propriedades-do-quartzo/?lang=pt-br>. Acesso em: 9 maio 2024.

QUARTZ Fiber & Fabric And Quartz Fiber Woven Products Supplier. [S. l.], 15 jan. 2024. Disponível em: <http://www.haythink.com/news/detail.asp?ID=4078>. Acesso em: 25 ago. 2023.

QUARTZO: MINERALOGIA E GEOLOGIA. In: ROCHAS e Minerais Industriais. [S. l.: s. n.], 2008. cap. 31.

QUONIAM, L.; KNIES, C.; MAZIERI, M. Patente como objeto de pesquisa em Ciências da Informação e Comunicação. *Encontros Bibli: revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação*, v. 19, p. 243–268, abr. 2014.

SPACENET. [S. l.], 1998. Disponível em: <https://worldwide.espacenet.com>. Acesso em: 27 ago. 2024.