



República Federativa do Brasil

Ministério do Desenvolvimento, Indústria,
Comércio e Serviços

Instituto Nacional da Propriedade Industrial



(21) BR 102022015289-6 A2

(22) Data do Depósito: 02/08/2022

(43) Data da Publicação Nacional:
07/05/2024

(54) Título: RETARDANTES DE CHAMAS A BASE DE BIOGEL

(51) Int. Cl.: A62D 1/00.

(52) CPC: A62D 1/0064.

(71) Depositante(es): UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO; ARQUEATEC PESQUISA E DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO LTDA.

(72) Inventor(es): JOSÉ YAGO RODRIGUES SILVA; SEVERINO ALVES JÚNIOR.

(57) Resumo: RETARDANTES DE CHAMAS À BASE DE BIOGEL. Os incêndios são ocasionados por eventos inesperados e provoca grandes prejuízos a imagem, a economia e as vidas envolvidas na empresa. Por esses motivos, existe uma busca continua por tecnologias preventivas que responda o mais rápido possível a esses eventos. Protegendo as vidas e reduzindo os prejuízos ocasionados por esses eventos, contudo, normalmente essas tecnologias não são acessíveis (alto custo e mão de obra especializada) e poluentes. Neste cenário, é divulgado nesta patente o biogel com propriedades únicas, desde sua produção a aplicações do biogel para controle, contenção e extinção de chamas através de uma metodologia simples, baixo custo e escalonável; além do seu uso no revestimento de paredes, tecidos, inibição e extinção de chamas em locais como plataforma petrolíferas, corpo de bombeiros, canaviais, queimadas/desmatamento entre outros.

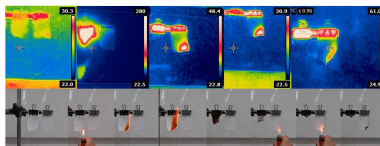


Figura 8

RETARDANTES DE CHAMAS À BASE DE BIOGEL

→ Campo da invenção

1. A presente patente de invenção na área de proteção e prevenção de acidentes com o biogel para a contenção e extinção de chamas, através de uma metodologia simples, baixo custo e escalonável; além do seu uso no revestimento de paredes, tecidos, inibição e extinção de chamas em locais como plataforma petrolíferas, corpo de bombeiros, canaviais, queimadas/desmatamento entre outros.

→ Fundamentos da invenção

2. Todos os anos milhares de pessoas morrem por causa de grandes queimaduras, apenas no Brasil, ocorre mais de um milhão de queimaduras e o número de mortes ultrapassa 2.500 pessoas. Entre esses incidentes, cerca de 72% das queimaduras ocorrem em casa. (Associação nacional de hospitais privados ANAHP, 2017) Também existe um risco significativo de ferimentos fatais, quando os incêndios ocorrem em espaços apertados, como apartamentos, aviões, barcos ou plataformas. (Lazar et al., 2020) A disponibilidade de equipamentos de proteção resistente ao fogo possui um alto valor agregado, dificultando a acessibilidade de cobertores antichamas, espumas e recobrimento de regiões com estes materiais para uma maior segurança em ambientes diversos. (Lazar et al., 2018, 2020)

3. Nas últimas décadas, avanços significativos foram feitos no desenvolvimento de materiais retardantes de fogo. (Wong et al., 2021) Os materiais resistentes ao fogo são frequentemente fabricados com materiais intrinsecamente à prova de fogo que dependem de uma série de diferentes mecanismos de retardamento das chamas, incluindo

alta temperatura de decomposição, baixa condutividade térmica e formação de carvão.(Ziminska et al., 2016)

4. Normalmente locais em que apresenta grandes riscos de incêndio são equipados com materiais especiais: Roupas de combate a incêndio, revestimentos antichamas, isolamentos de salas e setores. São tipos de equipamentos e medidas de proteção térmica especial para os operadores, civis e principalmente bombeiros na realização de operações de resgate em incêndios. (Yu et al., 2020 ; Yu et al., 2021) Assim, materiais antichamas e isolantes térmicos de alto desempenho apresenta um papel crucial para garantir a segurança do local. Atualmente, o polímero de para-aramida é usado principalmente em roupas de proteção térmica devido ao seu excelente desempenho de isolamento térmico (Liu et al., 2019 ; Kim, & Kim, 2018). No entanto, essas fibras poliméricas à base de petróleo não são biodegradáveis, não-renováveis, o que causa muita poluição ambiental e possui aplicação limitada. Portanto, é urgente procurar materiais de isolamento térmico ecológicos para uso na contenção, controle e extinção de incêndios.

5. A proteção emergencial contra o descontrole térmico em ambientes extremos e a prevenção da dissipação excessiva de calor, estão desempenhando um papel vital na segurança de vidas humanas e nos processos industriais.(Lazar et al., 2018, 2020; Wong et al., 2021) Com base nisso, vários materiais térmicos, incluindo isolantes poliméricos, biogéis poliméricos e cerâmicos têm sido usados nas áreas de barreira térmica em diferentes níveis de temperatura. Entre eles, os biogéis ganharam enorme foco, devido às suas propriedades únicas de compatibilidade com o ambiente, sustentabilidade e excelente desempenho contra as chamas (Jeong et al., 2021; Kim et al., 2014; Wang et al., 2019).

6. Os biogéis retardante de chamas derivados de biomateriais baratos estão atraindo intensa atenção de pesquisa devido à sua

sustentabilidade, compatibilidade ambiental e propriedades de isolamento térmico (Liu et al., 2011). O alginato de sódio (SA), um polissacarídeo, é um polímero natural com biomassa renovável e um dos mais abundantes. Não inflamável e de base biológica natural e biodegradável, pode fornecer uma matéria-prima sustentável para a produção de uma variedade de biomassas aplicados na área de contenção, controle e extinção do fogo. (Jeong et al., 2021) O mecanismo retardante de chama do alginato é atribuído ao seu conteúdo de numerosos grupos hidroxila e carboxila, que formam uma camada de carbonização e evitam uma maior participação interna na combustão e pirólise (Yuan et al., 2010). Portanto, o alginato é considerado a matéria prima ideal para melhorar o desempenho retardador de chama de aerogéis à base de polissacarídeo. (Lazar et al., 2018, 2020; Ziminska et al., 2016) Contudo, possuem propriedades frágeis que é superada pela reticulação das cadeias que atingem o desempenho de compressão necessária. No entanto, as metodologias desenvolvias até o momento inviabiliza a sua produção em escala industrial.

→ **Breve descrição dos desenhos**

7. A Figura 1 apresenta o esquema de funcionamento do biogel.
8. A Figura 2 mostra o tecido com a aplicação do biogel.
9. A Figura 3 o espectro de infravermelho por transformada do Fourier.
10. A Figura 4 Análise termogravimétrica dos tecidos com e sem o biogel.
11. A Figura 5 imagem de Microscopia Eletrônica de Varredura do tecido com o biogel.

12. A Figura 6 imagem de Microscopia Eletrônica de Varredura do tecido com a queima do biogel.

13. A Figura 7 exemplo de concretização do biogel antichamas no papel.

14. A Figura 8 exemplo de concretização do biogel antichamas no tecido.

15. A Figura 9 exemplo de concretização do biogel antichamas e anti queimadura em pele humana.

→ Descrição da invenção

16. Aqui, descrevemos uma classe e manejo de um novo material resistente ao fogo: A produção e aplicações de um nanobiogel formado com polímero natural para controle, contenção e extinção de chamas através de uma metodologia simples e escalonável; além do seu uso no revestimento de paredes, tecidos, inibição e extinção de chamas em locais diversificados (plataforma petrolíferas, corpo de bombeiros, entre outros.

17. Enquanto um material retardador de fogo tradicional funciona resistindo ao calor, O nosso aditivo funciona removendo o calor. A solução ou o filme formado (a partir do nanobiogel) separa a chama e o ar (Figura 1). O aditivo é constituído principalmente de água. A água tem grande calor específico e é uma substância de transformação de fase com grande calor de evaporação. Quando o laminado é exposto à chama, uma grande quantidade de energia é absorvida à medida que a água é aquecida e é levada embora quando a água evapora. O aditivo desenvolve uma estrutura de duas camadas: uma camada de polímero seco que começa a carbonizar e formar um filme isotérmico e isolante de oxigênio; e uma camada de hidrogel hidratado. Essas camadas são separadas por uma fronteira móvel na temperatura da água fervente, ou

seja, a uma temperatura fixa de 100 °C. Assim, o restante do hidrogel reduz o calor e retém o espalhamento do fogo por outras regiões.

18. A obtenção da esponja de Biogel formado a partir de uma blenda entre o alginato de sódio e o carboximetilcelulose ocorrerá em duas etapas.

19. A primeira etapa foi obtenção de um fluido de alginato, a qual seguiu metodologia semelhante à descrita por (Rassu et al., 2016) com as seguintes modificações. (Kumar et al., 2016) O fluido de alginato foi produzido a partir da hidratação do pó de alginato em um béquer na proporção de 2% m/v e adição do carboximetilcelulose na proporção 1:1 mol/mol com o alginato, em seguida, foi adicionada a água ultrapura estéril, sob agitação vigorosa, com o auxílio de um agitador mecânico (Fisatom 752A) a temperatura ambiente (24 °C).

20. A segunda etapa consisti na preparação do reticulador da blenda alg/cmc, a qual seguiu a metodologia descrita por (Kumar et al., 2016) com as seguintes modificações. Foi borrifado a solução de cloreto de cálcio 1mol.L⁻¹ no local de aplicação do nanobiogel e deixado em repouso até a secagem.

21. A terceira etapa consiste na obtenção do filme protetor após a secagem da junção entre a etapa 1 e 2. As membranas do biogel são translúcida com um leve tom amarelado, como mostrado na FIGURA 2. Onde o tecido A não tem o biogel e o tecido B possui o recobrimento com o biogel antichamas.

22. Através dos resultados de Infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) figura 3, exibe o perfil padrão do alginato de sódio. Apesar do Biogel formado ser de uma mistura entre Alg e CMC, as bandas são nas mesmas regiões, por isso a pouca mudança, no entanto é possível observar a banda centrada em 3320 cm⁻¹ atribuída as vibrações de alongamento (O-H) possivelmente de água de hidratação na rede. As bandas centradas em 1600 e 1425 cm⁻¹, são correspondentes aos

alongamentos assimétrico e simétrico dos grupos carboxilatos (COO^-) respectivamente. E as bandas na região de 1000 a 1150 cm^{-1} são vibrações simétricas e assimétricas das ligações COC típicas dos anéis.

23. A figura 4, mostra a análise termográfica dos tecidos de algodão sem biogel (Linha preta) e com o biogel (linha azul). Para o tecido sem o biogel (linha azul) revela uma decomposição expressiva a uma temperatura de 370°C, restando apenas uma massa de 22% em relação a inicial; para o tecido com o biogel, é mantido aproximadamente 38% da sua massa inicial, reduzindo sua decomposição em mais de 57% em relação ao material sem o biogel. Para a análise de DTA, é observado que para o tecido com o biogel, o pico de maior energia do evento exotérmico é deslocado em mais de 100°C indicando a efetividade do material como antichamas, convergindo os dados de TGA e DTA.

24. A microscopia eletrônica de varredura (MEV) do tecido recoberto com o biogel na figura 5, mostra que o biogel forma uma camada protetora fibra a fibra, e que quando exposto as chamas (Figura 6), o biogel é carbonizado e impede a combustão total do tecido, não permitindo o espalhamento das chamas. Ao observar a figura 6 com maior magnificação, identificamos a destruição do filme de biogel, mas as fibras permanecem conservadas.

→ Exemplos de concretizações da invenção

25. A fim de avaliar visualmente a segurança contra incêndio do biogel, um experimento foi realizado com folhas de papel. Na figura 7, o papel do lado (a) ausente de biogel e o (B) possui um filme protetor de biogel. É usado uma câmera com infravermelho para monitorar a temperatura e sua distribuição no objeto. Ambos os papeis secos são expostos ao queimador, o que indica uma alta inflamabilidade do papel

A e uma supressão de chamas do papel B. Após a ignição, o papel A aumenta rapidamente a temperatura, ultrapassando 280 °C em menos de 5s e se transforma em cinzas. Enquanto o papel B com o recobrimento, possui uma leve carbonização no contato com o queimador, mas inibiu a propagação do fogo rapidamente. O resultado demonstra claramente o bom efeito de proteção contrafogo do revestimento desenvolvido.

26. O mesmo ensaio realizado com o papel, foi feito para tecidos de algodão (figura 8), no qual mostrou que mesmo expondo uma fonte de calor ao tecido por 6s, o biogel atuou na extinção de chamas, em que, não permitiu a queima do tecido.

27. Para avaliar a camada de proteção do biogel, optamos por exposição da pele humana as chamas. após embeber a mão de um integrante do grupo no biogel, observou um recobrimento, que é observado pela diferença de temperatura superficial entre a mão e o braço no momento t1 e t2 da figura 9. A mão foi exposta a chama direta (t3) sem nenhum dano. Em seguida, colocou fogo em uma bola de papel na mão, e ela não sofreu queimaduras, mesmo as chamas na sua mão atingir temperaturas maiores que 450°C, a câmera com infravermelho mostrou que a temperatura máxima do biofilme formado na mão foi de até 50°C, protegendo a mão do voluntario. Este experimento potencializa o seu uso em sprinklers de forma estratégica, pois o material irá combater as chamas e produzir camadas de proteção para os materiais e pessoas nos locais. Minimizando desta forma os danos materiais e as vidas envolvidas nos incêndios.

→ Referências

28. Jeong, S. H., Heo, J. H., Lee, J. W., Kim, M. J., Park, C. H., & Lee, J. H. (2021). Bioinspired Adenosine Triphosphate as an “all-In-One”

Green Flame Retardant via Extremely Intumescent Char Formation. *ACS Applied Materials and Interfaces*, 13(19), 22935-22945.

29. Kim, Y. S., Li, Y. C., Pitts, W. M., Werrel, M., & Davis, R. D. (2014). Rapid growing clay coatings to reduce the fire threat of furniture. *ACS Applied Materials and Interfaces*, 6(3), 2146-2152.

30. Kumar, S., Haq, I., Yadav, A., Prakash, J., & Raj, A. (2016). *Journal of Clinical Microbiology and Biochemical Technology Immobilization and Biochemical Properties of Purified Xylanase from Bacillus amyloliquefaciens SK-3 and Its Application in Kraft Pulp Biobleaching*. 2, 26-34.

31. Lazar, S., Carosio, F., Davesne, A. L., Jimenez, M., Bourbigot, S., & Grunlan, J. (2018). Extreme Heat Shielding of Clay/Chitosan Nanobrick Wall on Flexible Foam [Research-article]. *ACS Applied Materials and Interfaces*, 10(37), 31686-31696.

32. Lazar, S., Eberle, B., Bellevergue, E., & Grunlan, J. (2020). Amine Salt Thickening of Intumescent Multilayer Flame Retardant Treatment. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 59(7), 2689-2695.

33. Liu, S., Xiang, Z., Hu, Z., Zheng, X., & Cao, D. (2011). Zeolitic imidazolate framework-8 as a luminescent material for the sensing of metal ions and small molecules. *Journal of Materials Chemistry*, 21(18), 6649-6653.

34. Rassu, G., Salis, A., Porcu, E. P., Giunchedi, P., Roldo, M., & Gavini, E. (2016). Composite chitosan/alginate hydrogel for controlled release of deferoxamine: A system to potentially treat iron dysregulation diseases. *Carbohydrate Polymers*, 136, 1338-1347.

35. Wang, N., Wang, H., Wang, Y., Wei, Y., Si, J., Chun, A., Yuen, Y., Xie, J., Yu, B., Zhu, S., Lu, H., Yang, W., Chan, Q. N., & Yeoh, G. (2019). Robust , Lightweight , Hydrophobic , and Fire-Retarded Polyimide / MXene Aerogels for Effective Oil / Water Separation

[Research-article]. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 11, 40512-40523.

36. Wong, E. H. H., Fan, K. W., Lei, L., Wang, C., Baena, J. C., Okoye, H., Fam, W., Zhou, D., Oliver, S., Khalid, A., Yeoh, G. H., Wang, C. H., & Boyer, C. (2021). Fire-Resistant Flexible Polyurethane Foams via Nature-Inspired Chitosan-Expandable Graphite Coatings. *ACS Applied Polymer Materials*, 3(8), 4079-4087.

37. Yuan, W., Fu, J., Su, K., & Ji, J. (2010). Self-assembled chitosan/heparin multilayer film as a novel template for in situ synthesis of silver nanoparticles. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 76(2), 549-555.

38. Ziminska, M., Dunne, N., & Hamilton, A. R. (2016). Porous Materials with Tunable Structure and Mechanical Properties via Templated Layer-by-Layer Assembly. *ACS Applied Materials and Interfaces*, 8(34), 21968-21973.

REIVINDICAÇÕES

- 1) Biogel formado com alginato e carboximetilcelulose, **caracterizado por** possuir a capacidade antichamas, ignifugante ou que atue no controle, contenção e extinção das chamas.
- 2) Filme formado com alginato e carboximetilcelulose, **caracterizado por** possuir a capacidade antichamas, ignifugante ou que atue no controle, contenção e extinção das chamas.
- 3) Gel com alginato e carboximetilcelulose, **caracterizado por** possuir a capacidade antichamas, ignifugante e atue no controle, contenção e extinção das chamas.
- 4) Biogel de alginato **caracterizado pela** suplementação de alginato ser realizado a partir de 0,001 a 1000 Kg do pó de alginato em 1000ml de água ultrapura (ou água mineral) com adição de uma solução de um sal metálico de concentração variável.
- 5) Aerogel de alginato com carboximetilcelulose e sais minerais, **caracterizado por** possuir a capacidade antichamas, ignifugante ou que atue no controle, contenção e extinção das chamas, de acordo com a Reivindicação 1.
- 6) Biogel, gel, filme, biofilme, aerogel ou bioaerogel de blenda com alginato, **caracterizado por** ser utilizado como antichamas, ignifugante ou que atue no controle, contenção e extinção das chamas, de acordo com a Reivindicação 1, sendo formado por materiais biocompatíveis.
- 7) Biogel, gel, filme, biofilme, aerogel ou bioaerogel de blenda com alginato e carboximetilcelulose, **caracterizado por** ser utilizado como antichamas, ignifugante ou que atue no controle, contenção e extinção das chamas, de acordo com a Reivindicação 1, permitindo o combate de queimadas em canaviais.

8) Biogel, gel, filme, biofilme, aerogel ou bioaerogel de blenda com alginato, **caracterizado por** ser utilizado no revestimento de materiais inflamáveis do tipo (madeira, tecido, polímeros, isopor, papel e derivados) para ser antichamas, ignifugante ou que atue no controle, contenção e extinção das chamas, de acordo com a Reivindicação 1.

9) Biogel, gel, filme, biofilme, aerogel ou bioaerogel de blenda com alginato **caracterizado por** ser utilizado em sprinkler para ser antichamas, ignifugante ou que atue no controle, contenção e extinção das chamas, de acordo com a Reivindicação 1.

10) Biogel, gel, filme, biofilme, aerogel ou bioaerogel de blenda com alginato **caracterizado por** ser utilizado como aditivo em água para ser antichamas, ignifugante ou que atue no controle, contenção e extinção das chamas, de acordo com a Reivindicação 1.

DESENHOS

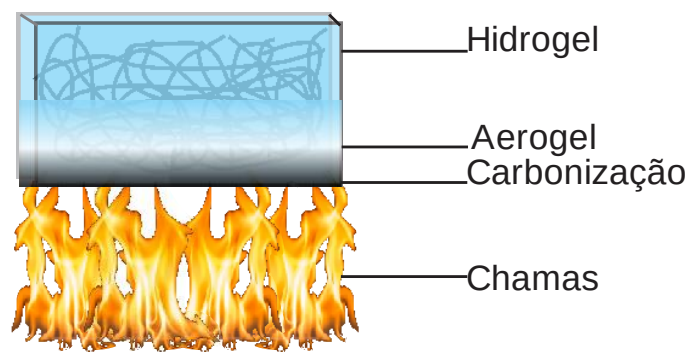


Figura 1



Figura 2

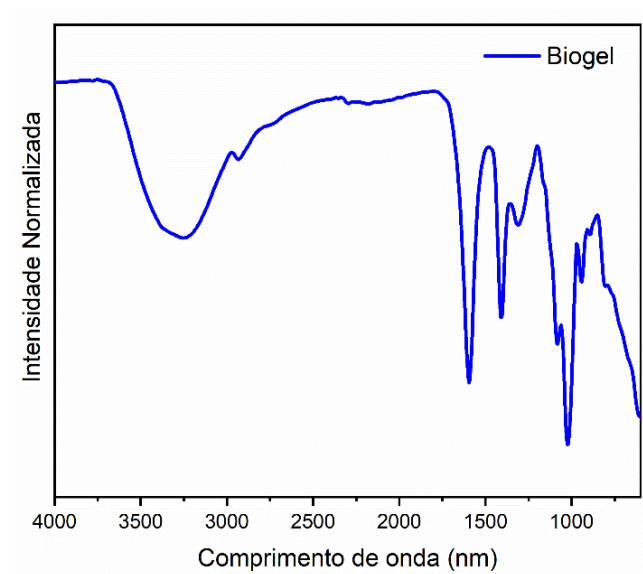


Figura 3

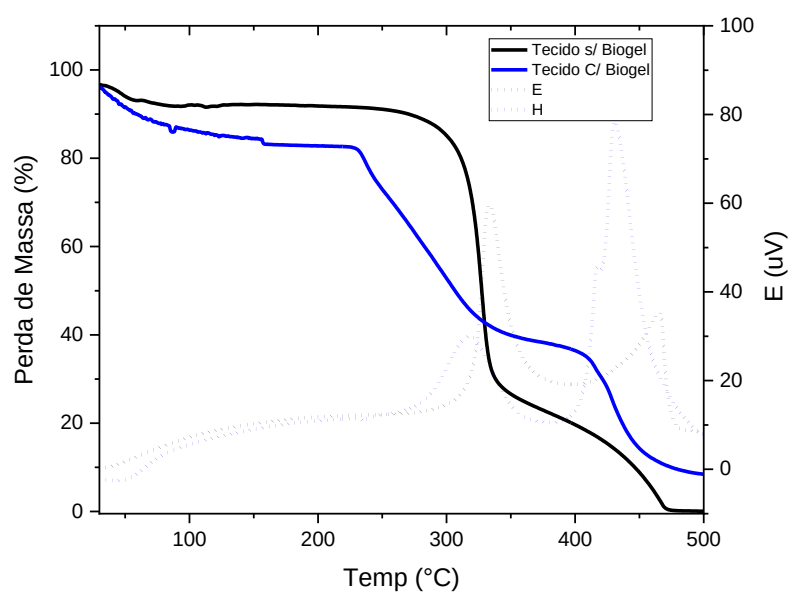


Figura 4

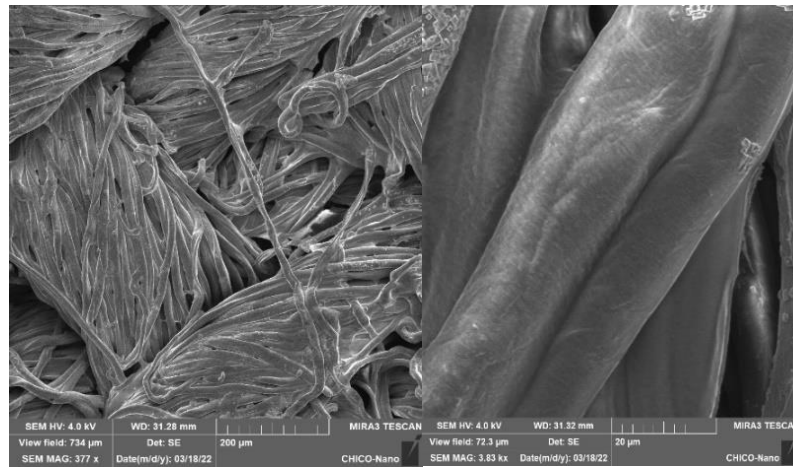


Figura 5

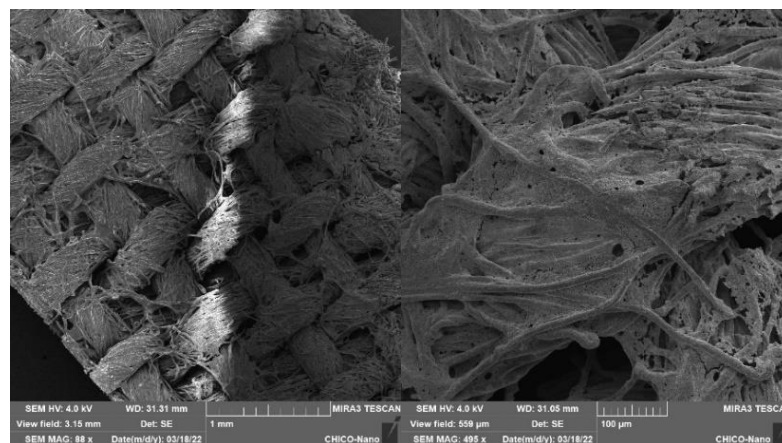


Figura 6

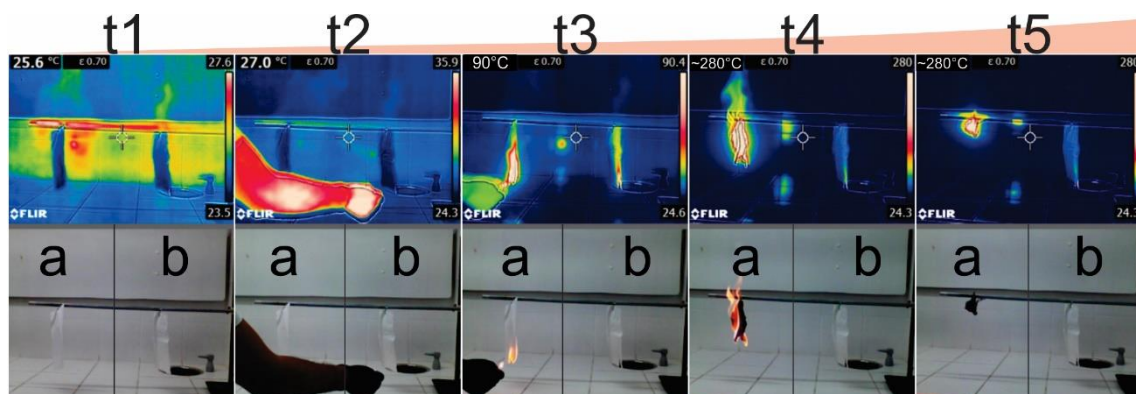


Figura 7

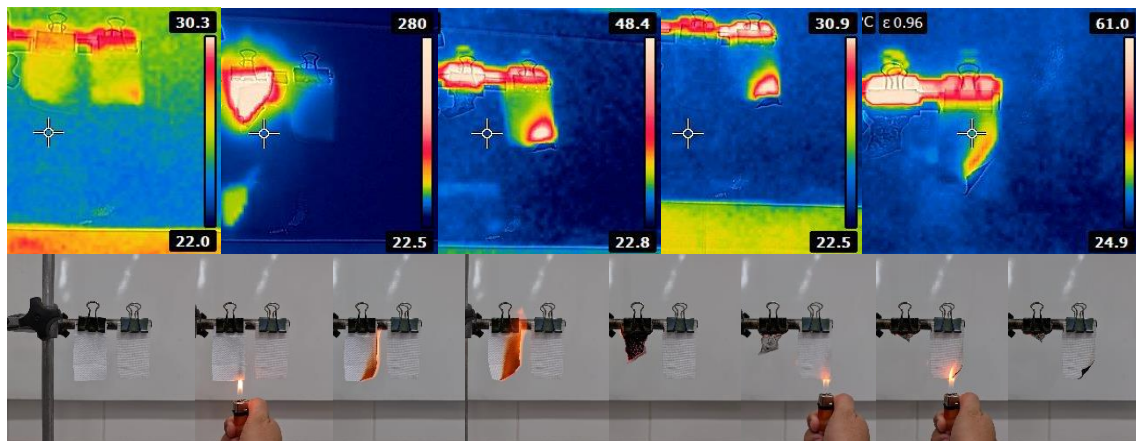


Figura 8

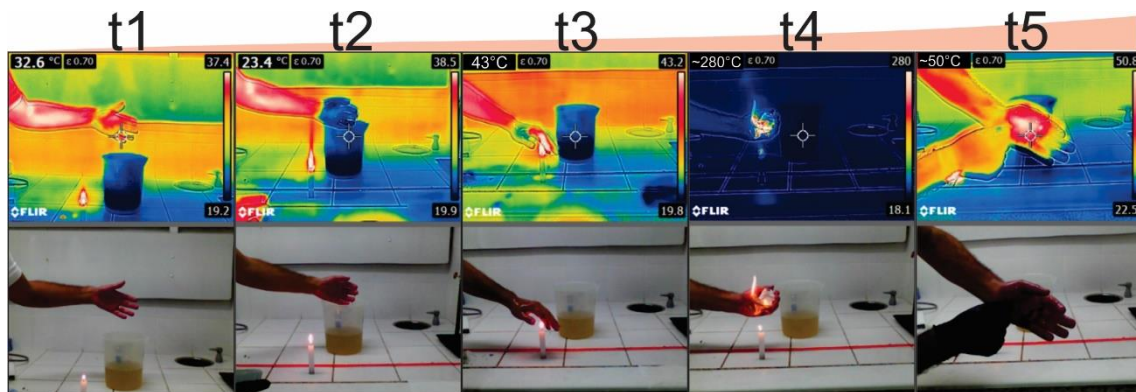


Figura 9

RESUMO

RETARDANTES DE CHAMAS A BASE DE BIOGEL

Os incêndios são ocasionados por eventos inesperados e provoca grandes prejuízos a imagem, a economia e as vidas envolvidas na empresa. Por esses motivos, existe uma busca continua por tecnologias preventivas que responda o mais rápido possível a esses eventos. Protegendo as vidas e reduzindo os prejuízos ocasionados por esses eventos, contudo, normalmente essas tecnologias não são acessíveis (alto custo e mão de obra especializada) e poluentes. Neste cenário, é divulgado nesta patente o biogel com propriedades únicas, desde sua produção a aplicações do biogel para controle, contenção e extinção de chamas através de uma metodologia simples, baixo custo e escalonável; além do seu uso no revestimento de paredes, tecidos, inibição e extinção de chamas em locais como plataforma petrolíferas, corpo de bombeiros, canaviais, queimadas/desmatamento entre outros.