

Estudo de Propriedades Mecânicas de Propelentes Base Simples Usando Analisador Termomecânico

Ana Paula da Silva¹, Maurício Ferrapontoff Lemos¹, Juan Peixoto Barroco Magalhães¹, Ricardo Vitor Costa Limoeiro^{2,3}, Priscila Simões Teixeira Amaral¹

¹Instituto de Pesquisas da Marinha (IPQM), Rio de Janeiro/RJ – Brasil, ²Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro/RJ – Brasil
³Fábrica Almirante Jurandyr da Costa Müller de Campos (FAJCMC)- Empresa Gerencial de Projetos Navais (EMGEPRON), Rio de Janeiro/RJ – Brasil

Resumo - O presente trabalho tem a finalidade de explorar as potencialidades de um analisador termomecânico para avaliar as propriedades mecânicas de propelentes Base Simples. Os estudos exploratórios foram realizados em corpos de prova de um mesmo lote, e são apresentadas metodologias empregadas para avaliação de módulo elástico e ensaio de relaxamento em compressão, bem como dilatação térmica. Os resultados mostraram que os propelentes base simples (BS), mesmo sendo do mesmo lote, apresentaram grande dispersão numérica. Ensaios de relaxamento e dilatação térmica apresentaram comportamento mais homogêneo. Esse trabalho apresenta o potencial que a técnica possui, sendo ainda necessários estudos mais extensos e detalhados, incluindo análises de amostras envelhecidas.

I. INTRODUÇÃO

Propelentes são misturas de componentes químicos cuja composição possui um alto valor energético. O primeiro propelente foi descoberto no século IX pelos Chineses [1].

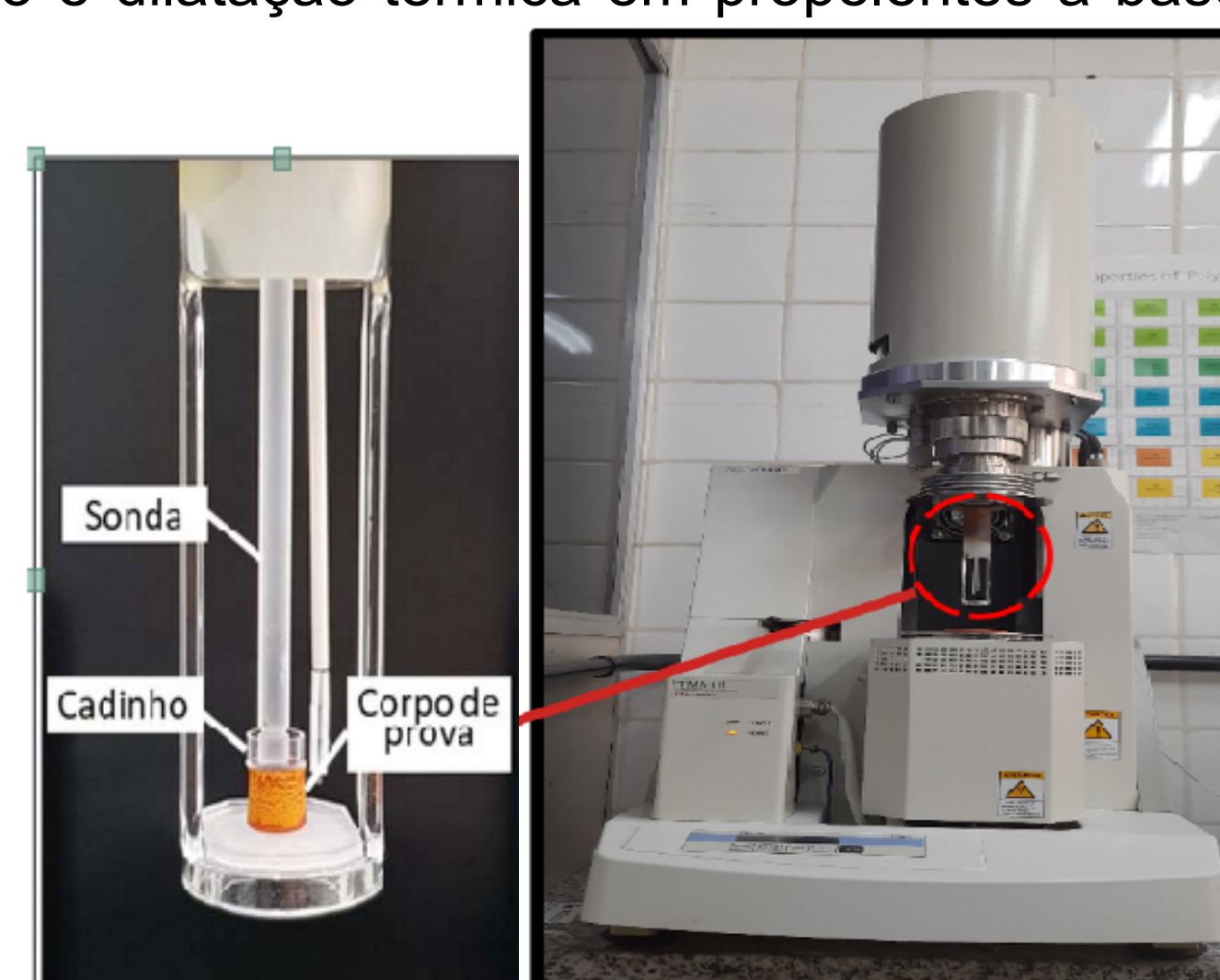
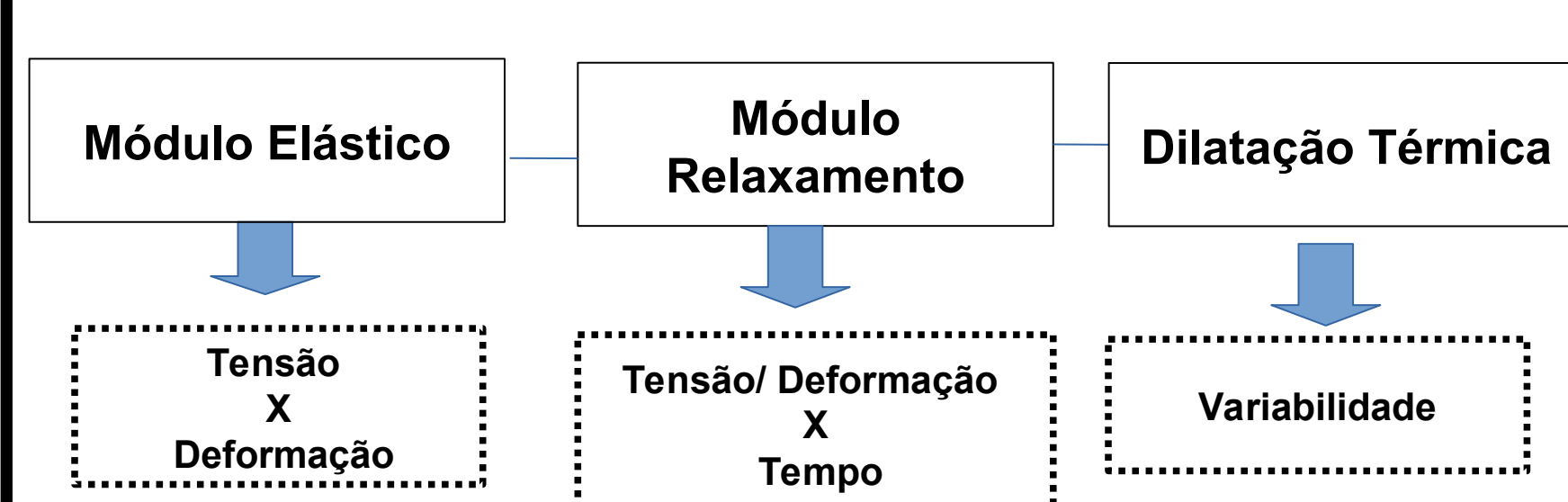


Os propelentes de base simples (BS) possuem em sua composição majoritariamente nitrocelulose como fonte energética [2]. Estes são largamente utilizados na indústria bélica na composição de cartuchos de munições.

As propriedades mecânicas são diretamente afetadas pelo envelhecimento dos propelentes sólidos, resultando em alteração na rigidez e resistência, o que pode alterar módulo elástico, relaxamento, entre outros [2] - [4].

II. OBJETIVO

A possibilidade de aplicação de analisadores termomecânicos (TMA) para potencial investigação dos efeitos termomecânicos como módulo elástico, relaxamento e dilatação térmica em propelentes à base de nitrocelulose.



Futuramente, os resultados poderão ser correlacionados com ensaios de calorimetria (HFC) e outras técnicas que avaliam condições de envelhecimento dos propelentes.

III. METODOLOGIA

Nesse estudo, foram utilizados propelentes BS de formulação conforme descrita na Tabela I e as condições adotadas para os ensaios podem ser analisadas na Tabela II.

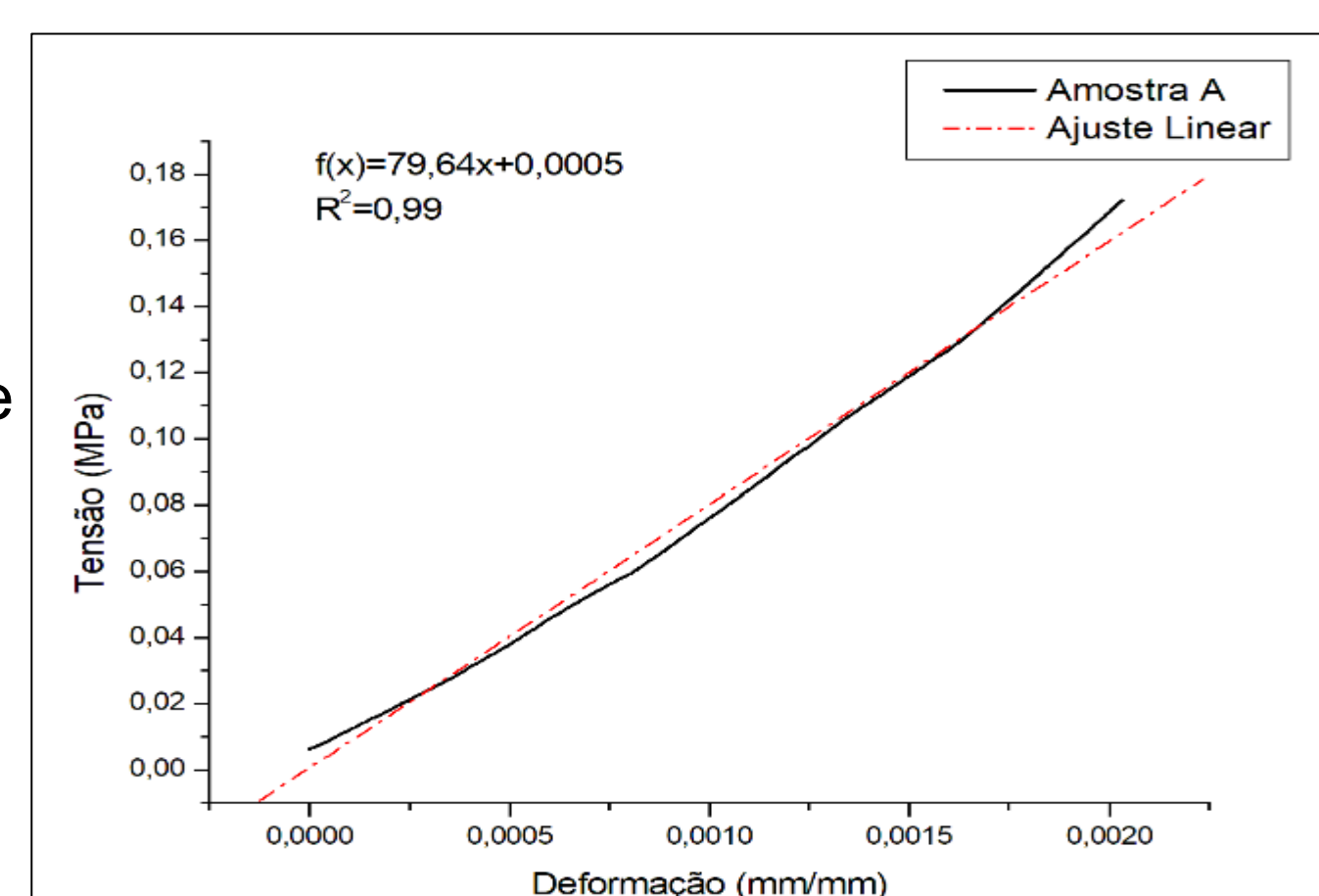
COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO PROPELENTE BS	
Componente	Percentual em Massa (%)
Nitrocelulose	84,80
Dinitrotolueno	9,50
Difenilamina	0,95
Dibutilftalato	4,75



Ensaio	Condições	
	Taxa de Deformação:	Pré-carga:
Módulo Elástico	0,5 mm/min	0,05 N, 0,075 N e 0,1 N
Módulo de Relaxamento	Taxa de Deformação: 0,5 mm/min	Deformação Total: Até 0,2 %
Dilatação Térmica	Taxa de aquecimento: 5 °C/min até 80 °C	Carga: 0,1 N

IV. RESULTADOS

Módulo elástico: Desenvolvimento de metodologia de pré carga

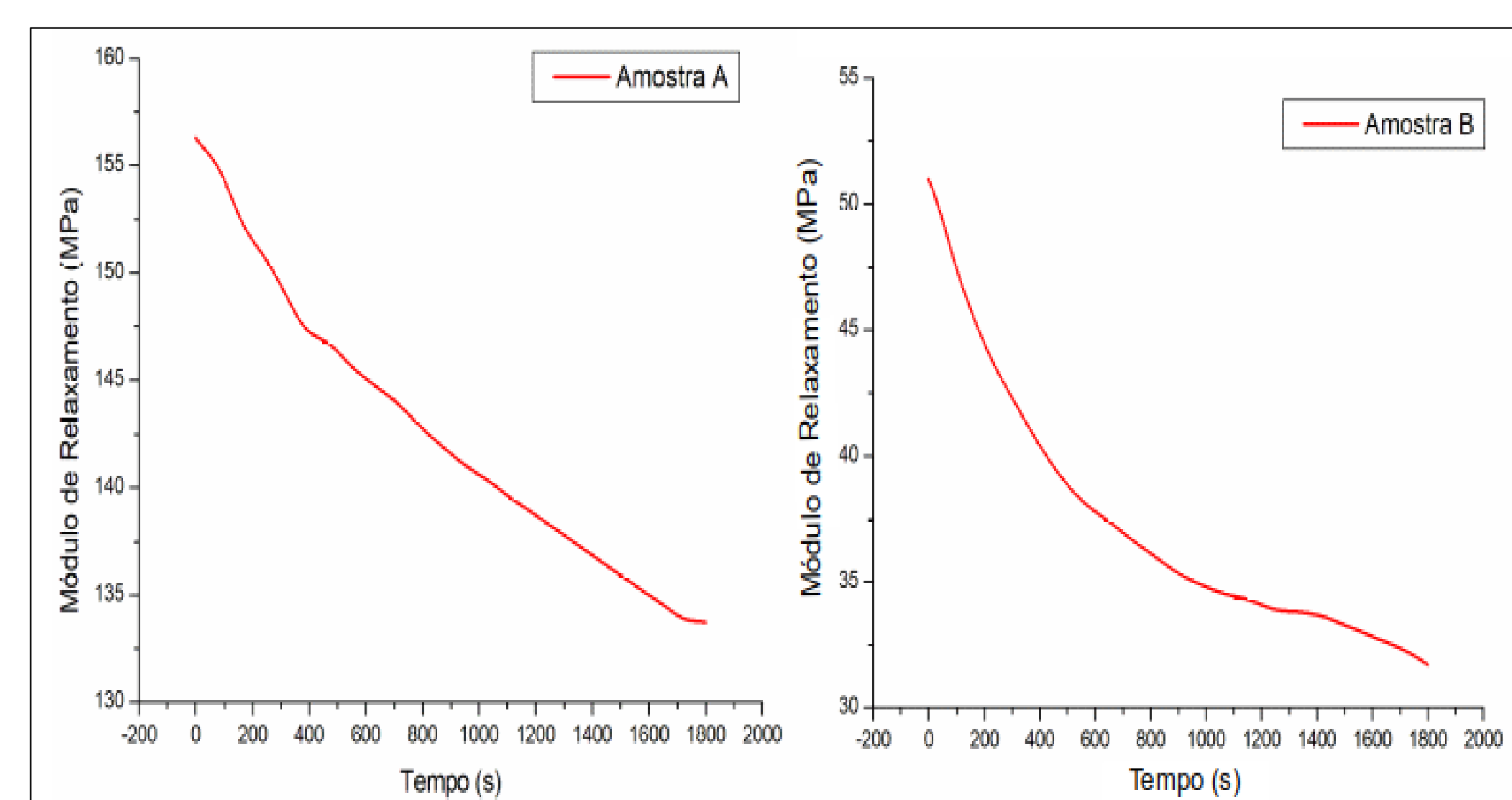


(E) de 0 a 0,002 MPA			
Pré-cargas	0,05 N	0,075 N	0,1 N
Módulo	114,6	79,54	38,82
	94,3	82,09	113,5
	77,5	79,64	56,37
	78,9	76,25	77,5
Média	91,32	73,34	71,55
Desvio padrão	17,28	2,39	32,13

Módulo de Relaxamento: Avaliação da velocidade de relaxamento frente tensão aplicada.

Quanto mais rígido o corpo, mais tempo necessita alcançar o relaxamento. Para as amostras analisadas temos que a amostra **A** possui um módulo de 32MPa enquanto **B** possui módulo de 67MPa.

Amostra	VELOCIDADE DE RELAXAMENTO	
	t_R 50%	t_R 70%
A	586 s	321 s
B	360 s	170 s



Dilatação Térmica: O parâmetro está relacionado a energia de ligação das moléculas, e que inferem a degradação e envelhecimento da cadeia, que será refletida na dilatação térmica. Os resultados se mostraram coerentes com o esperado.

Amostra	Coeficiente de dilatação térmica			Dilatação total
	Coef. Dilatação Térmica [$10^{-6}.k^{-1}$]	40-50	50-60	
A	29,16	28,87	34,77	31,75
B	30,73	29,66	34,85	31,75

V. CONCLUSÃO

O presente estudo teve como objetivo investigar o potencial de um analisador termomecânico para a medição das propriedades mecânicas em BS. Foram estudadas diferentes técnicas como módulo de relaxamento, módulo elástico e dilatação térmica utilizando analisador termomecânico e a influência destes em propelentes base simples utilizados na fabricação de munição calibre 40mmL/70. Apesar de apresentar uma variabilidade entre os resultados, o estudo mostra um grande potencial para investigação e melhor aplicação dessas técnicas, associadas principalmente ao envelhecimento destes propelentes, uma vez que estudos que envolvam técnicas de análises termomecânicas correlacionadas com análises calorimétricas (HFC) não são largamente exploradas na literatura. Os iniciais resultados obtidos foram importantes para adotarmos uma melhor metodologia nos ensaios futuros, onde pretende-se correlacionar os resultados de módulo ao envelhecimento do propelente

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Centro de Munições da Marinha pelas amostras cedidas. Agradecimento devido também ao CNPq e a FAPERJ pelo apoio no programa de bolsas ITI. O autor Lemos, M. F. agradece a FAPERJ pelo Programa JCNE (Proc. N.º 201.282/2022).

REFERÊNCIAS

- [1] Guanaes, D.; Bittencourt, E. Propelentes sólidos: uma história ligada à evolução dos polímeros. FORTE, MÃO AMIGA., p. 71, 2008. Acesso em 05 de jul.2022.
- [2] Ferreira, Priscila Richa Ribeiro Análise da Influência do Envelhecimento sobre as Propriedades Mecânicas de Propelentes de Base Dupla / Priscila Richa Ribeiro Ferreira. Rio de Janeiro, 2022.
- [3] KUBOTA, N. Propellants and Explosives: Thermochemical Aspects of Combustion. Weinheim: Wiley - VCH, 2002.
- [4] Defanti, Bianca Figueirôa de Souza Influência do envelhecimento no desempenho balístico de propelentes à base de nitrocelulose/ Bianca Figueirôa de Souza Defanti. Rio de Janeiro, 2019.