

CONCLUSÃO

A segunda rota de processamento foi mais eficiente do que a primeira, devido ao fato de possibilitar a incorporação de um maior teor de carga de forma homogênea. Os compósitos PP/Nb₂O₅ apresentaram módulo de elasticidade, tensão de escoamento e alongamento na ruptura, superiores ao do PP. As propriedades térmicas do polipropileno não foram significativamente alteradas com a adição do pentóxido de nióbio, que no entanto, promoveu o aumento da estabilidade térmica do polímero. Essas propriedades indicam que esse material tem um potencial de ser aplicado no mercado automotivo, de construção civil, de embalagens para a indústria microeletrônica, entre outras.

De forma a avaliar o potencial de aplicações desses materiais como biomateriais para a indústria odontológica, compósitos híbridos PP/Nb₂O₅/Ca₃(PO₄)₂, foram desenvolvidos. Os resultados obtidos demonstraram que a adição do fosfato de cálcio promove a redução da resistência ao impacto e do alongamento na ruptura, mas não altera outras propriedades mecânicas, como módulo elástico e tensão de escoamento. A estabilidade térmica dos compósitos híbridos foi superior a do PP, entretanto, a substituição de parte do pentóxido de nióbio pelo fosfato de cálcio não alterou de forma significativa as propriedades térmicas dos materiais produzidos. Os ensaios microbiológicos mostraram que apesar dos materiais não atuarem como agentes antibacterianos, não houve formação de biofilme na superfície das amostras. Esses resultados demonstram que à princípio, há possibilidade da utilização dos compósitos híbridos em aplicações odontológicas, e um agente antibacteriano pode ser também utilizado. Testes *in vivo*, entretanto, deverão ser efetuados para uma avaliação final do desempenho dos biomateriais produzidos.

REFERÊNCIAS

- 1 LOPES, Osmando F. Lopes et al. Óxidos de nióbio: uma visão sobre a síntese do Nb_2O_5 e sua aplicação em fotocatalise heterogênea. Química Nova, v. 38, n. 1, p. 106-117, 2015.
- 2 BNDES. Disponível em:
http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/polipr2a.pdf. Acesso em: 06 maio 2016.
- 3 LEITUNE, Vicente Castelo Branco. Pentóxido de nióbio como carga para materiais de base polimérica para uso odontológico. 2012. Tese (Doutorado em Odontologia) – Faculdade de Odontologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.
- 4 ARAÚJO, T. L. Estudo do Efeito da Radiação Gama em Compósitos de Poli(Cloreto de Vinila) e Pentóxido de Nióbio. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciência de Materiais) – Universidade Federal de Pernambuco, 2016.
- 5 YOUNESI, M.; BAHROLOLOOM, M. E. Effect of temperature and pressure of hot pressing on the mechanical properties of PP-HÁ bio-composites. Materials and Design, v. 30, n.9, p.3482-3488, oct. 2009.
- 6 BONNER, M. et al. Hydroxyapatite/Polypropylene composite: A Novel Bone Substitute Material. Journal of Material Science Letters, v. 20, p.2049-2051, 2001.
- 7 LIAO, C. Z. et. al. Novel Polypropylene Biocomposites Reinforced with Carbon Nanotubes and Hydroxyapatite Nanorods for Bone Replacements. Materials Science and Engineering, v. 33, n. 3, p. 1380-1388, apr. 2013.
- 8 LIU, Y.; WANG, M. Fabrication and Characteristics of Hydroxyapatite Reinforced Polypropylene as a Bone Analogue Biomaterial. Journal of Applied Polymer Science, v. 106, p. 2780-2790, 2007.
- 9 PIRES, A. L. R.; BIERHALZ, A. C. K.; MORAES, A. M. Biomateriais: tipos, aplicações e mercado. Química Nova, v. 38, n. 7, p. 957-971, 2015.
- 10 RABELLO, M. Aditivacão de Polímeros. São Paulo: Artliber, 2000.
- 11 LIMA, A. B. T. Aplicações de cargas minerais em polímeros. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.
- 12 SANTOS, K. S. Avaliação das Propriedades Finais dos Nanocompósitos de Polipropileno com Diferentes Argilas Organofílicas. Dissertação (Mestrado em Química) – Instituto de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007.

- 13 MIRANDA, L. F. et. al. Estudo Comparativo de Polipropileno Modificado pela Presença de Talco e de Sílica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS, 2002, Natal. Anais do 15º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, p.4725-4731 Natal: CBECIMAT, 2002.
- 14 DALPIAZ, G. Estudo do Efeito de Cargas Minerais em Compósitos Poliméricos Particulados em Matriz de Polipropileno. Tese (Doutorado em Engenharia Minas, Metalúrgica e de Materiais) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006.
- 15 SEGATELLI, M. G. et. al. Compósitos de Polipropileno e Fibras Curtas de Sílica. Seminário: Ciências Exatas e Tecnológicas, v. 33, n.1, p. 95-102, 2012.
- 16 COUTINHO, F. M. B. et. al. Análise do Comportamento Mecânico e Reológico de Misturas à Base de Polipropileno e Carbonato de Cálcio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE POLÍMEROS, 8., 2005. Anais do 8º Congresso Brasileiro de Polímeros, p.423-424 [s.l.]: CBPol, 2005.
- 17 TEIXEIRA, R. P. Influência da adição de alumina nas propriedades de compósitos de matriz polimérica para restaurações provisórias dentais. 2008. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Materiais) - Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2008.
- 18 FREIRE, E.; MONTEIRO, E. E. C.; CYRINO, J. C. R. Propriedades Mecânicas de Compósitos de Polipropileno com Fibra de Vidro. Polímeros: Ciência e Tecnologia, v. 4, n. 3, jul/set. 1994.
- 19 GRIZZO, L. H.; HAGE JUNIOR, Elias; LAURINI, Rafael V. Desenvolvimento de PVC Reforçado com Fibras de Vidro Longas para Fabricação de Produtos Moldados. Polímeros, v. 21, n. 5, p. 369-375, 2011.
- 20 WIKIPÉDIA. Nióbio. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Ni%C3%B3bio/>. Acesso em: 20 dez. 2017.
- 21 STUART, Harry et al. Usos e usuários finais de nióbio. Disponível em: <http://www.cbmm.com.br/pt/Paginas/Uses-EndUsers-Niobium.aspx>. Acesso em: 23 dez. 2017.
- 22 GIORDANI, E. J. et al. Propriedades Mecânicas e de Corrosão de Dois Aços Inoxidáveis Austeníticos Utilizados na Fabricação de Implantes Ortopédicos. Revista Escola de Minas, v. 20, 2007.
- 23 OLIVEIRA, Ramon Alves de. Um Estudo Sobre a Exploração e Aplicação do Nióbio. Montes Claros, MG: Faculdades Integradas Pitágoras, 2010. Relatório técnico.
- 24 TREVISANI, L. F. Estudo da Síntese, Caracterização e Desempenho de Fotocatalisadores de Nb2O5. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso

(Graduação em Química) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

- 25 SOUZA, D. Uso do Pentóxido de Nióbio para Aplicação como Substrato de Antenas de Microfita. 2015. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Comunicação e Automação) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Mossoró, RN, 2015.
- 26 STEFFENS, C. M. et.al. Efeito da Temperatura de Calcinação nas Propriedades Texturais de Óxido de Nióbio. In: JORNADA ACADÊMICA INTEGRADA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA, 27., 2012, Santa Maria, RS. 27ª Jornada Acadêmica Integrada Santa Maria: UFSM, 2012.
- 27 SILVA, M. A. et. al. Biomateriais e sua Biocompatibilidade numa Abordagem Multidisciplinar na Área de Saúde, Alimentos funcionais e Medicina Regenerativa. Revista Eletrônica da Univar, v.1, n. 8, p.87-90, 2012.
- 28 RODRIGUES, L. B. Aplicação de Biomateriais em Ortopedia. Estudos Tecnológicos em Engenharia, v. 9, n. 2, p.63-76, jul./dez. 2013.
- 29 BORGES, R. A. O. et. al. Teste de biocompatibilidade da liga TISIB: estudo da sensibilidade intracutânea, toxicidade sistêmica em pequenos animais. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 9., 2005. IX Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e V Encontro Latino Americano de Pós-graduação, p. 285-288. Universidade do Vale do Paraíba, 2005.
- 30 OTA, S. R. et. AL. Teste in vitro de citotoxicidade: estudo comparativo entre duas metodologias. Materials Research, v. 6, n. 3, 2003.
- 31 FULMER, M. T.; MARTIN, R. I.; BROWN, P. W. Formation of Calcium deficient Hydroxyapatite at near-physiological temperature. Journal of Materials Science: Materials in Medicine, v. 3, p. 299-305, 1992.
- 32 INPN. Disponível em: <http://www.inpn.com.br/InPerio/Materia/Index/132650>. Acesso em: 19 dez. 2017.
- 33 ABBAS, Abul K. Imunologia Celular e Molecular. 7. ed. São Paulo: Saunders, 2012.
- 34 ZHU, X. D. et. al. Effect of Surface Structures on Protein Adsorption to Biphasic Calcium-Phosphate Ceramics in Vitro and in Vivo. Acta Biomaterialia, v. 5, p.1311-1318, 2008.
- 35 SANTOS, A. L. et al. *Staphylococcus aureus*: visiting a strain of clinical importance. Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial, v.43, n.6, 2007.

- 36 BALDINI, R. L. Genes Envolvidos na Patogenicidade da Bactéria. Disponível em: <http://www2.iq.usp.br/docente/baldini/>. Acesso em: 19 dez. 2017.
- 37 TUA SAÚDE. Disponível em: <https://www.tuasaude.com/escherichia-coli/>. Acesso em: 19 dez. 2017.
- 38 MINUTO BIOMEDICINA. Disponível em: <http://www.minutobiomedicina.com.br/postagens/2014/04/24/streptococcus-mutans/>. Acesso em: 19 dez. 2017.
- 39 LIMA M.G. et. Al. Hidroxiapatita: Obtenção, Caracterização e Aplicações. Revista Eletrônica de Materiais e Processos- REMAP, v.4, n.3, p. 29-38, 2009.
- 40 YOUNESI, M. et. al. Producing Toughened PP/HA-LLDPE Ternary Bio-composite Using a Two-step Blending Method. Materials e Design, v. 30, p. 4253-4259, 2009.
- 41 ANDRADE, S. M. C. Desenvolvimento de Bionanocompósito Poli(álcool vinílico)- Poliuretano/Hidroxiapatita para Enxerto Maxilo Facial. 2012. Tese (Doutorado) – Unicamp, Campinas, 2012.
- 42 WANG, M. et. al. Chemically Coupled Hydroxyapatite-Polyethylene Composites: Processing and Characterisation. Materials Letters, v. 44, p. 119-124, 2000.
- 43 SOUZA, D. C. Biocompósitos Eletrofiados de PLLA com Alto Conteúdo de Partículas de Fosfatos de Cálcio Funcionalizados para Regeneração Óssea. 2017. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.
- 44 HA, W. S. et. al. Surface Activation of Polyetheretherketone(PEEK) and Formation of Calcium Phosphate Coatings by Precipitation. Journal of Materials Science: Materials in Medicine, v. 8, p. 683-690, 1997.
- 45 ALBBE, F. H. Studies in bone growth triple calcium phosphate as stimulus to osteogenesis. Annals of Surgery, v. 71, p. 32-36, 1920.
- 46 DAVIES, J. E. The bone-biomaterial interface. University of Toronto Press, 1991.
- 47 GOMES, L. C. et. al. Síntese e caracterização de fosfatos de cálcio a partir da casca de ovo de galinha. Cerâmica, v. 58, p. 448-452, 2012.
- 48 GUASLTALDI, A. C.; APARECIDA, A. H. Fosfatos de Cálcio de Interesse Biológico: Importância como Biomateriais, Propriedades e Métodos de Obtenção de Recobrimentos. Química Nova, v. 33, n. 6, p. 1352-1358, 2010.
- 49 AHAMAD A., et. al. Preparation and Characterization of Polypropylene Nanocomposites Filled with Nano Calcium Phosphate. Polymer-Plastics Technology and Engineering, v. 51, p. 786-790, 2012.

- 50 JUNIOR, J. V. A. Compósitos Polímero/Fosfato de Cálcio para Aplicações Biomédicas. 2005. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Aveiro, 2005.
- 51 RAMAY, H. R. R.; ZHANG, M. Biphasic Calcium Phosphate Nanocomposite Porous Scaffolds for Load-Bearing Bone Tissue Engineering. Biomaterials, v. 25, p. 5171-5180, 2004.
- 52 INZANA, J. A. et. al. 3D Printing of Composite Calcium Phosphate and Collagen Scaffolds for Bone Regeneration. Biomaterials, Vol. 35, p. 4026-4034, 2014.
- 53 KIM, H. M. et. al. Thin Film of Low-Crystalline Calcium Phosphate Apatite Formed at Low Temperature. Biomaterials, Vol. 21, 2000.
- 54 CLÈRIES, L. et. al. Mechanical Properties of Calcium Phosphate Coatings Deposited by Laser Ablation. Biomaterials, Vol. 21, p. 1129-1134, 2000.
- 55 MUYLAERT, C. S. Estudo de Propriedades de Compósitos de Polipropileno e Óxido de Nióbio. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) - Instituto Politécnico, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Nova Friburgo, 2015.
- 56 ASTM D-1238: Standard Test Method for Melt Flow Rates of Thermoplastics by Extrusion Plastometer.
- 57 ASTM D-638: Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics.
- 58 ASTM D-256: Standard Test Method for Determining the Izod Pendulum Impact Resistance of Plastics.
- 59 FU, A. Y. et. al. Effects of Particle Size, Particle/Matrix Interface Adhesion and Particle Loading on Mechanical Properties of Particulate- Polymer Composites. Composites Part B: Engineering, v. 39, p. 933-961, 2008.
- 60 JOSHI, M. S. et. al. Effect of inclusion size on mechanical properties of polymeric composites with micro and nanoparticles. Composites Science and Technology, v. 66, n. 13, p. 1941-1952, 2006.
- 61 INCONPLAST. Disponível em: <http://www.incomplast.com.br/polipropilenopp>. Acesso em: 12 jan. 2018.
- 62 MORELLI, F. C. et. al. Nanocompósitos de Polipropileno e Argila Organofílica: Difração de Raio X, Espectroscopia de Absorção na Região do Infravermelho e Permeação ao Vapor D'Água. Polímeros, v. 20, n. 2, p. 121-125, 2010.
- 63 EIRAS, D.; PESSAN, L. A. Influence of Calcium Carbonate Nanoparticles on the Crystallization of Polypropylene. Materials Research, v.12, n.4, 2009.

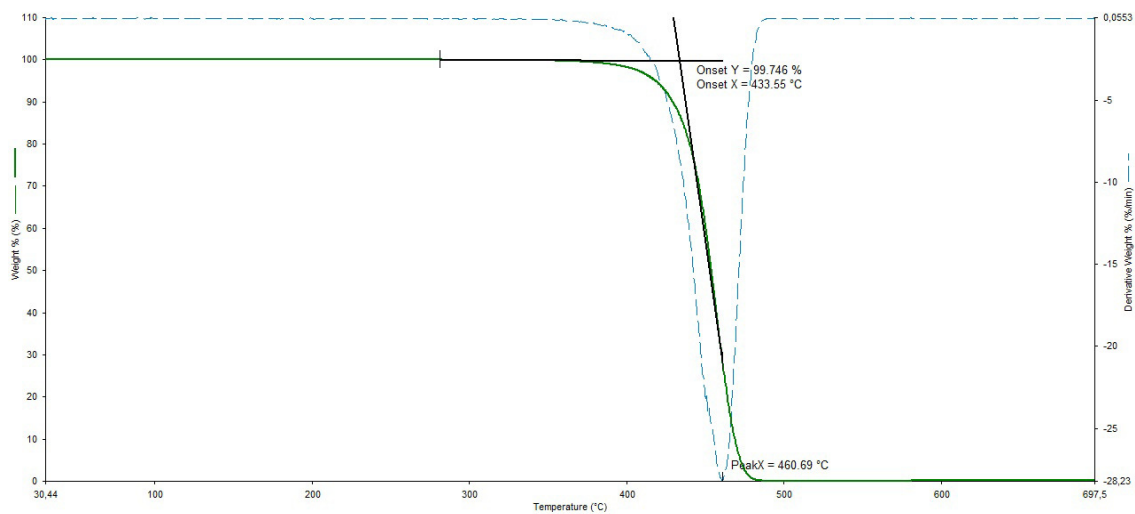
- 64 ALVES, A. M. et. al. Influência do Processamento e da Alumina Sintetizada em Laboratórios nas Propriedades do Polipropileno. Revista Eletrônica de Materiais e Processos, v.11, n.3, p. 155-163, 2016.
- 65 ROCHA, M. C. G. et. al. Desenvolvimento de Materiais à Base de Poliolefinas e Elastômeros Metalocênicos. Polímeros, v. 11, n. 3, p. 135-141, 2001.
- 66 KHANAM, N. P.; ALMAADEED, M. A. A. Processing and Characterization of Polyethylene Based Composites. Advanced Manufacturing: Polymer and Composites Science, v. 1, p. 63-79, 2015.
- 67 LEONG, W. Z. et. al. Mechanical and Thermal Properties of Talc and Calcium Carbonate Filled Polypropylene Hybrid Composites. Journal of Applied Polymer Science, v. 91, p. 3327-3336, 2004.
- 68 GAYMANS, R. J. et. al. Toughening of Polypropylene with Calcium Carbonate Particles. Polymer, v.44, p. 261-275, 2003.
- 69 YANG, Q. et. al. Mechanical Properties and Morphologies of Polypropylene With Different Sizes of Glass Bead Particles. Polymer Composites, v. 29, p. 992-997, 2008.
- 70 OTHMAN, N. et. al. Effect of Compatibilisers on Mechanical and Thermal Properties of Bentonite Filled Polypropylene Composites. Polymer Degradation and Stability, v. 91, p.1761-1774, 2006.
- 71 OTA, W. N. Análise de Compósitos de Polipropileno e Fibras de Vidro Utilizados pela Indústria Automotiva Nacional. 2004. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.
- 72 VILLOUTREIX, G. et. al. Estudo das Propriedades Reológicas, morfológicas e Mecânicas de Blendas Injetadas de Polipropileno com Poliamidas Reforçadas com Fibras de Vidro. Polímeros, v. 8, n. 4, p. 53-62, 1998.
- 73 SANTOS, B. B. et. al. Compósitos de Polipropileno Reciclado e Pó de Coco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE POLÍMEROS, 13., 2015. Anais do 13º Congresso Brasileiro de Polímeros, 2015.
- 74 BARBOZA, A. C. R. et. al. Polipropileno Carregado com Microesferas Ocas de Vidro (Glass Bubbles): Obtenção de Espuma Sintática. Polímeros: Ciência e Tecnologia, v. 12, n. 2, p. 130-137, 2002.
- 75 WASCHBURGER, M. R. Compósito de Polipropileno com Nanocarga. 2006. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.
- 76 PEREIRA, R. G. Análise do Processamento de Polímeros Utilizando Reômetro Capilar. Niterói: Universidade Federal Fluminense, 2005.

- 77 CAETANO, G. S. Estimação do Espectro de Relaxação de Polímeros através do Algoritmo Simulated Annealing. 2006. Dissertação (Mestrado) - Instituto Politécnico, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Nova Friburgo, 2006.
- 78 DUARTE, L. C. et. al. Aplicações de microscopia eletrônica de varredura (MEV) e sistemas de energia dispersiva (EDS) no estudo de gemas: exemplos brasileiros. Pesquisas em Geociências- UFRGS, v. 30, n. 2, p. 3-15, 2003.
- 79 BRETAS, R. E. S.; D'ÁVILA, M. A. Reologia de Polímeros Fundidos. São Carlos, SP: Edfscar.
- 80 CANEVAROLO Jr. Ciência dos Polímeros, 2. ed. São Carlos, SP: Artliber.

APÊNDICE – Gráficos e imagens complementares

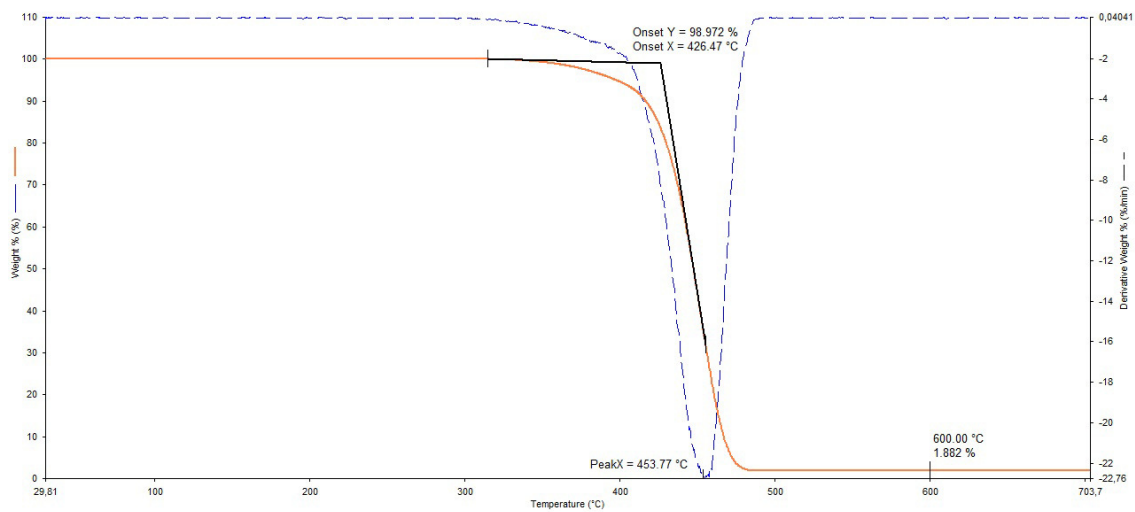
Serão aqui dispostos os gráficos referentes aos ensaios de análise termogravimétrica (TGA):

Figura 30- Análise de TGA- Amostra 1



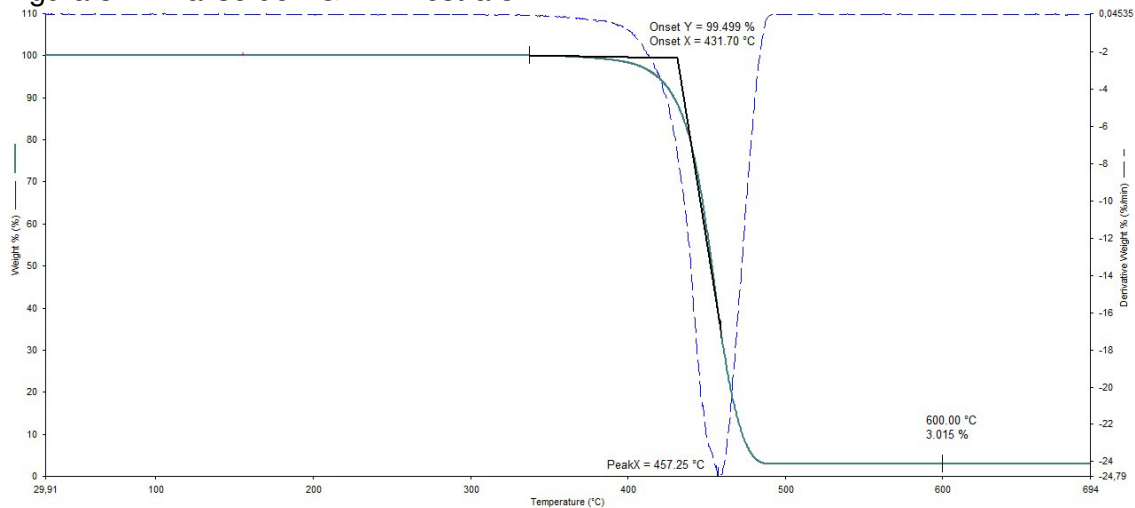
Fonte: O autor, 2017.

Figura 31- Análise de TGA- Amostra 2



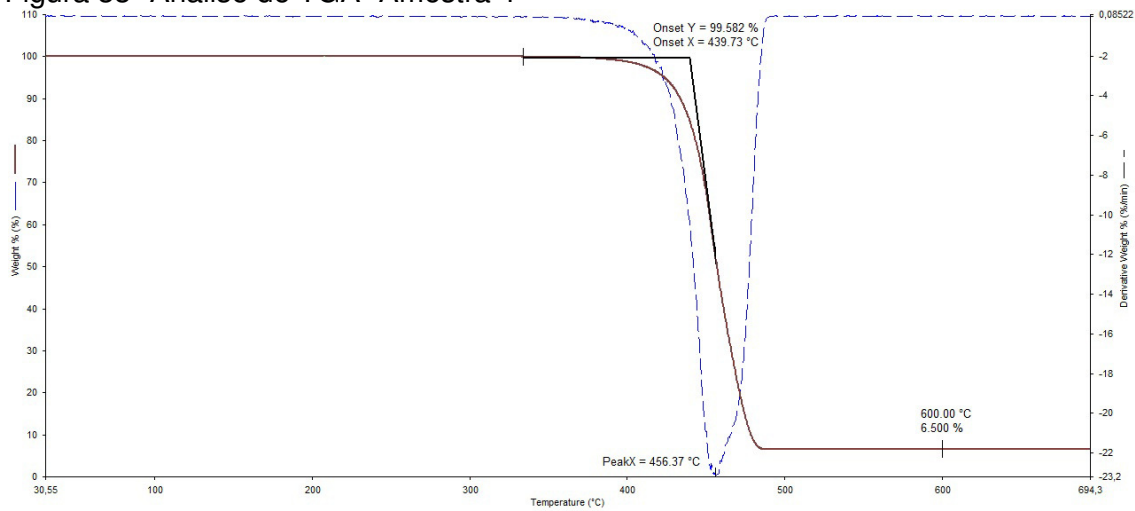
Fonte: O autor, 2017.

Figura 32- Análise de TGA- Amostra 3



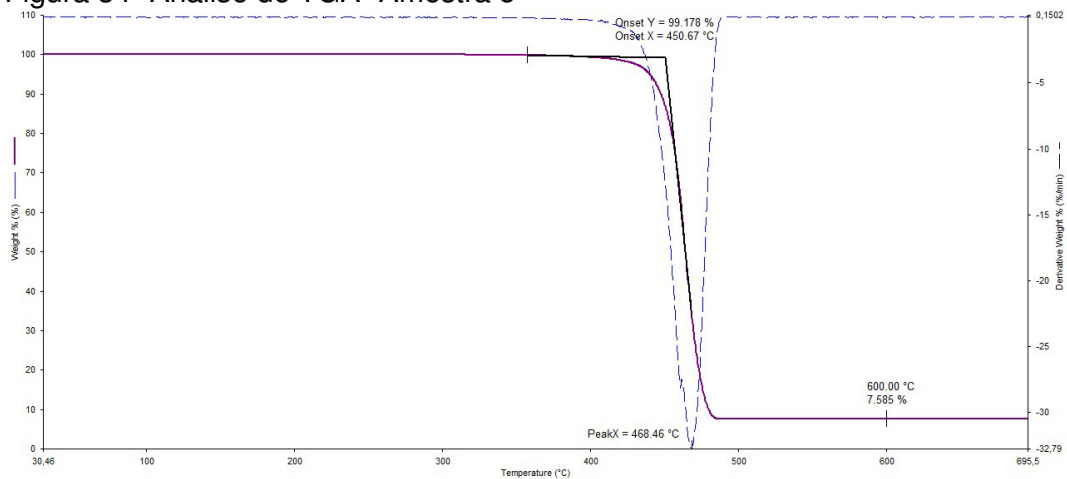
Fonte: O autor, 2017.

Figura 33- Análise de TGA- Amostra 4



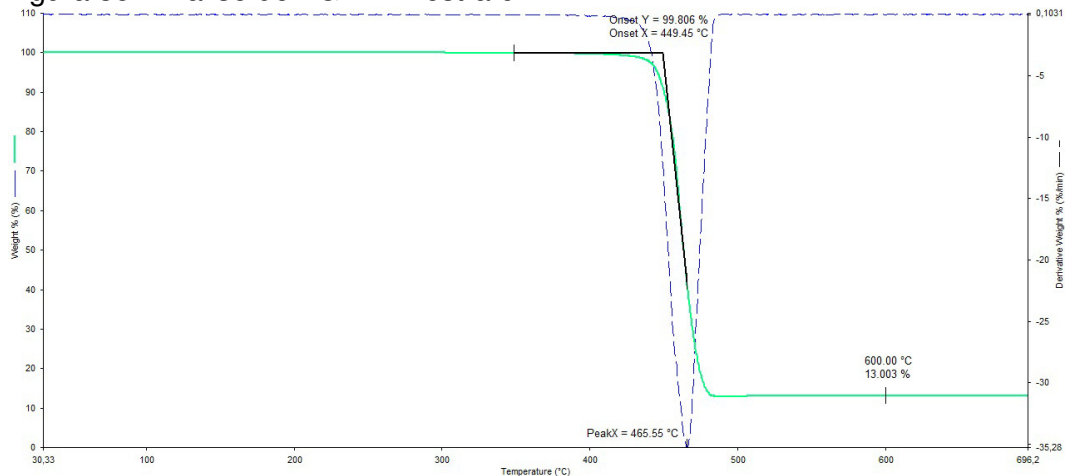
Fonte: O autor, 2017.

Figura 34- Análise de TGA- Amostra 5



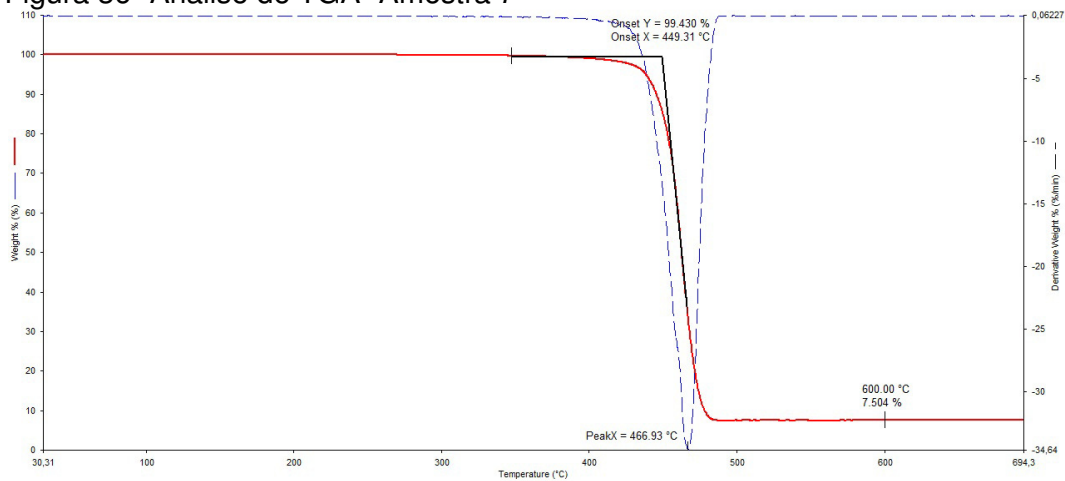
Fonte: O autor, 2017.

Figura 35- Análise de TGA- Amostra 6



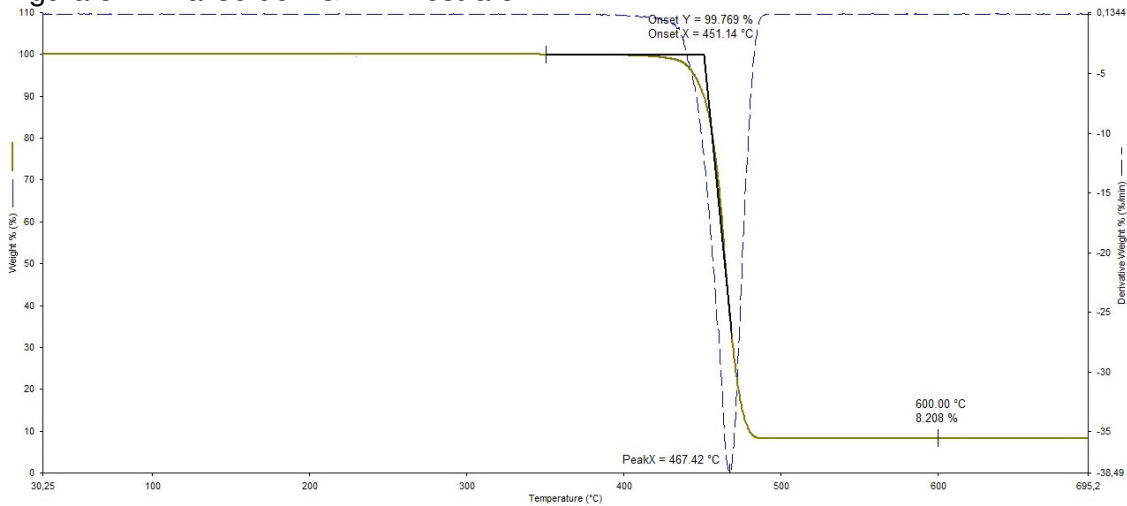
Fonte: O autor, 2017.

Figura 36- Análise de TGA- Amostra 7



Fonte: O autor, 2017.

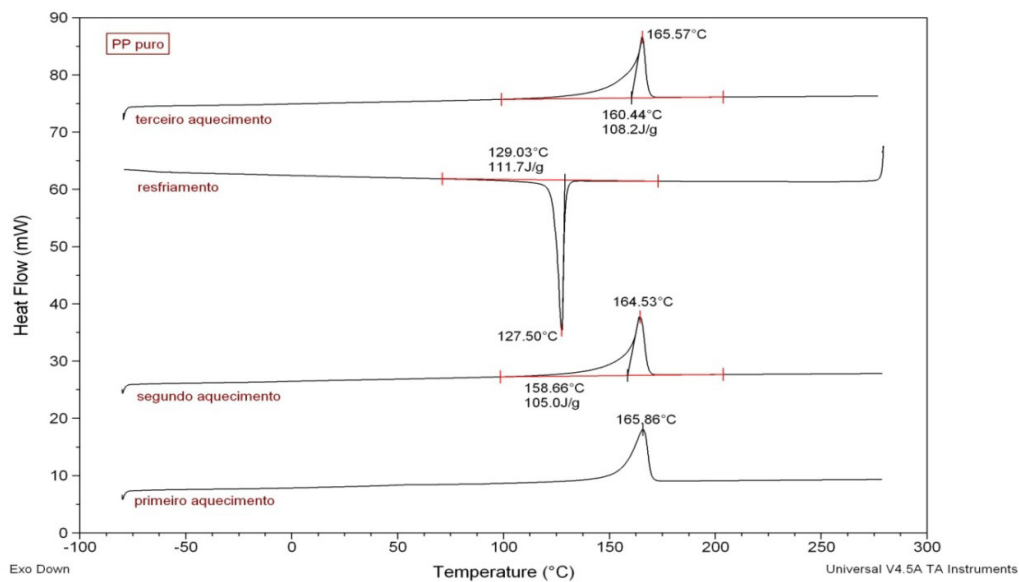
Figura 37- Análise de TGA- Amostra 8



Fonte: O autor, 2017.

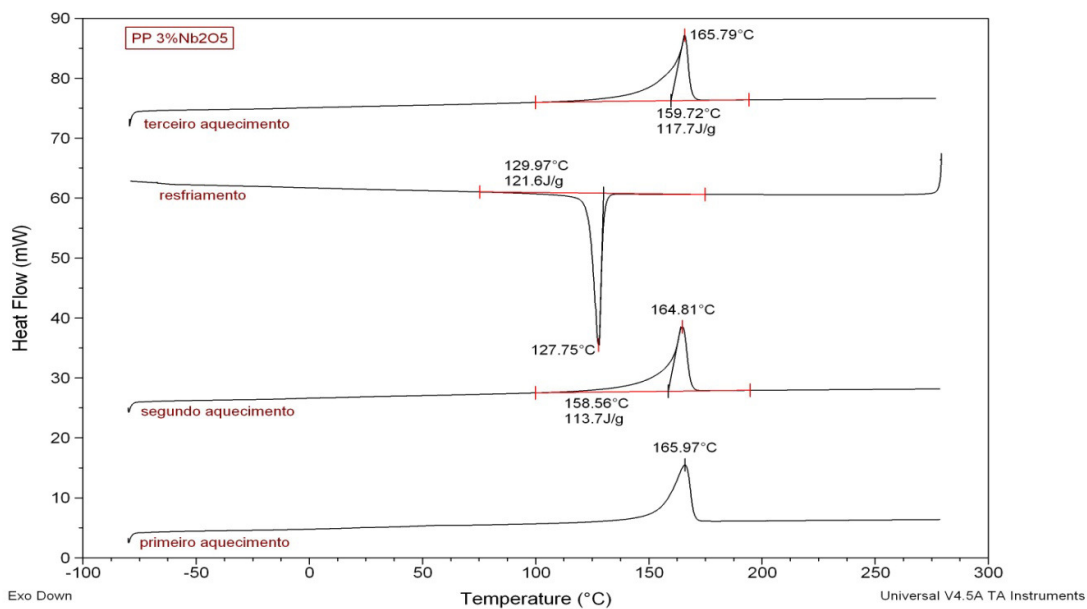
Serão apresentadas as curvas relativas aos ensaios de calorimetria exploratória de varredura (DSC):

Figura 38- Análise de DSC- Amostra 1



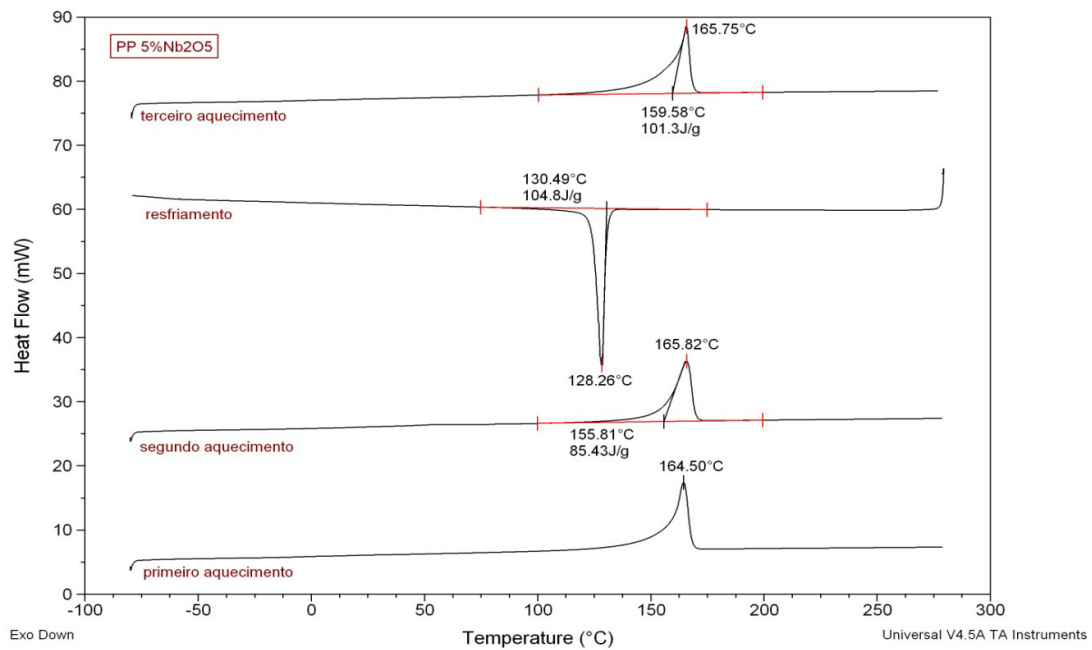
Fonte: O autor, 2017.

Figura 39- Análise de DSC- Amostra 2



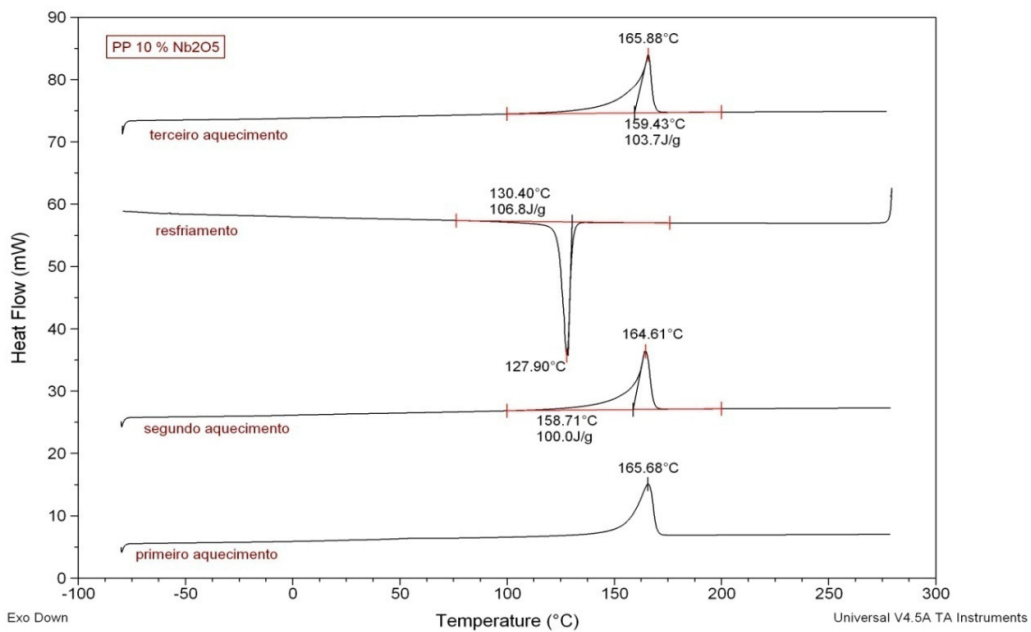
Fonte: O autor, 2017.

Figura 40- Análise de DSC- Amostra 3



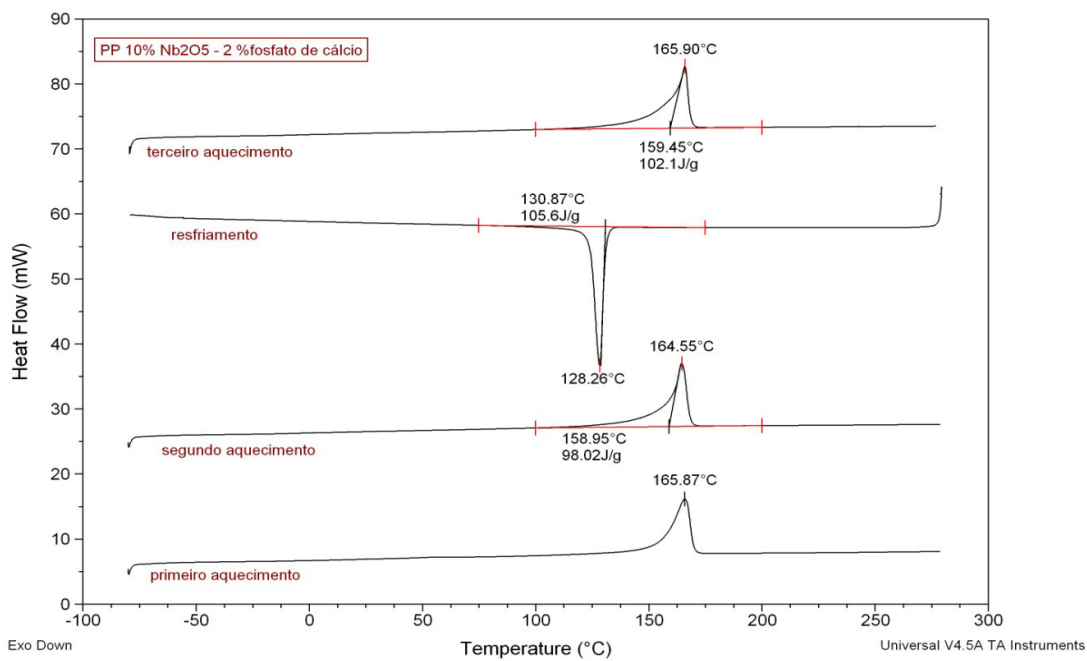
Fonte: O Autor.

Figura 41- Análise de DSC- Amostra 4



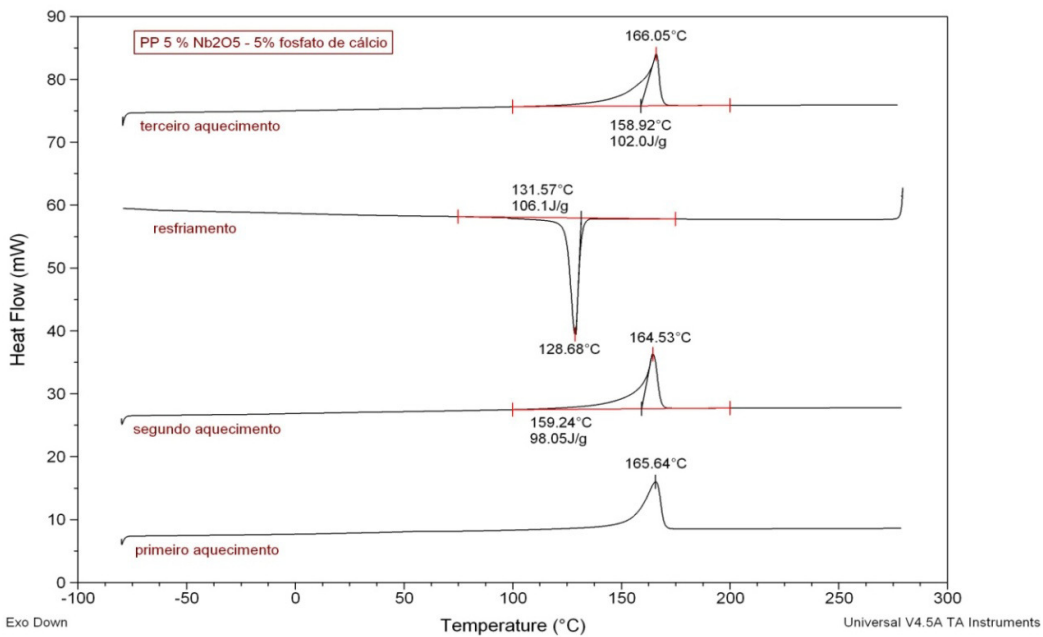
Fonte: O Autor.

Figura 42- Análise de DSC- Amostra 7



Fonte: O autor, 2017.

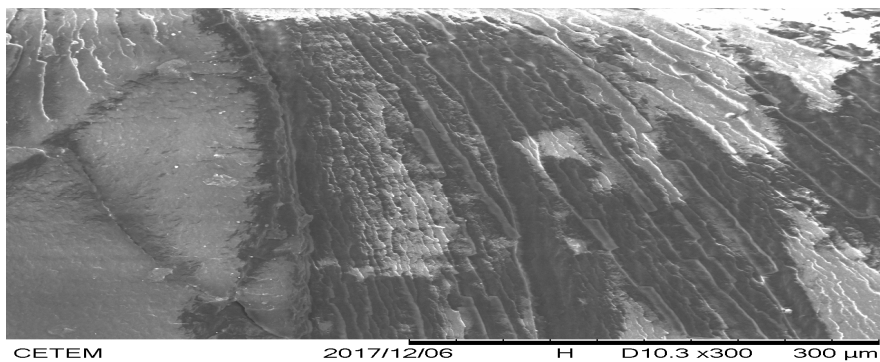
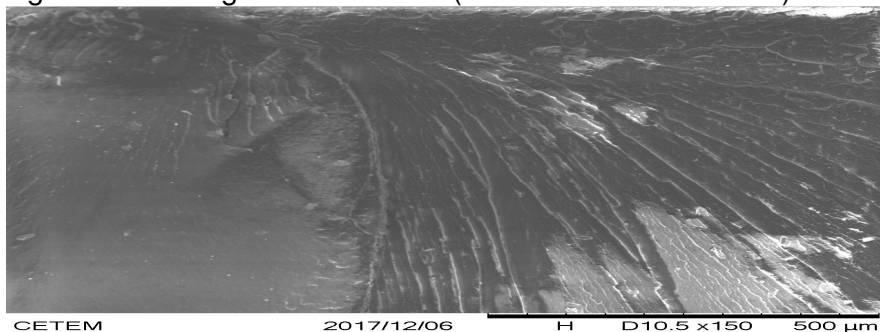
Figura 43-Análise de DSC- Amostra 8



Fonte: O autor, 2017.

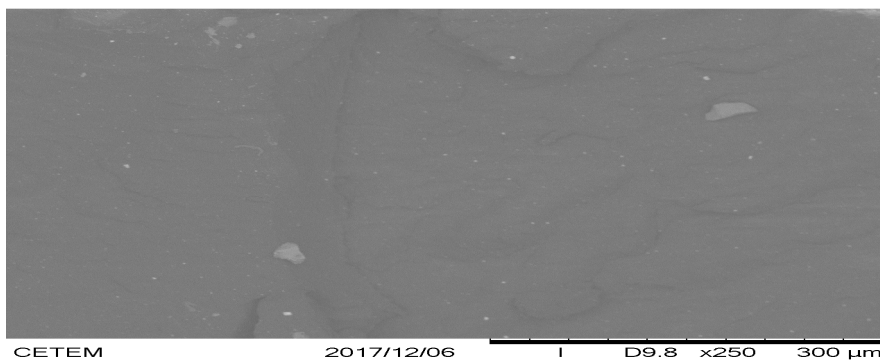
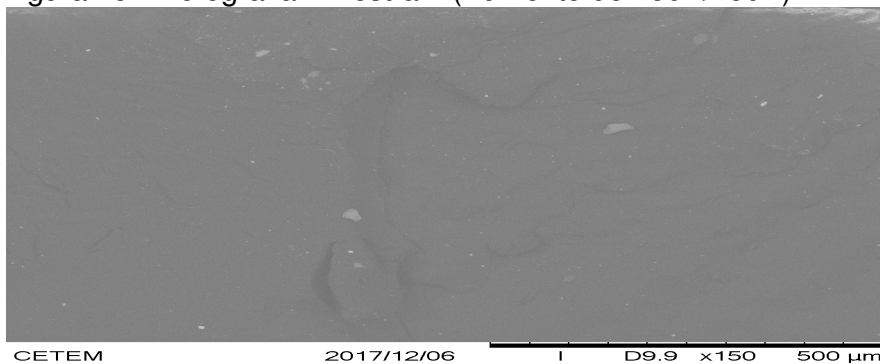
Serão mostradas algumas micrografias obtidas pelo microscópio eletrônico de varredura (MEV):

Figura 44- Micrografia-Amostra 1 (Aumento de 150X/300X)



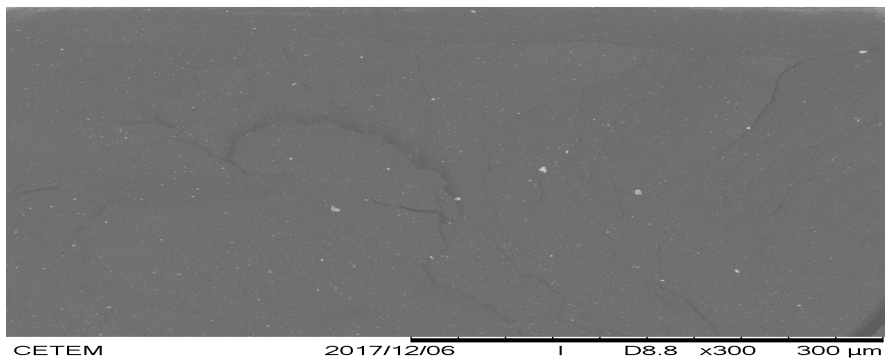
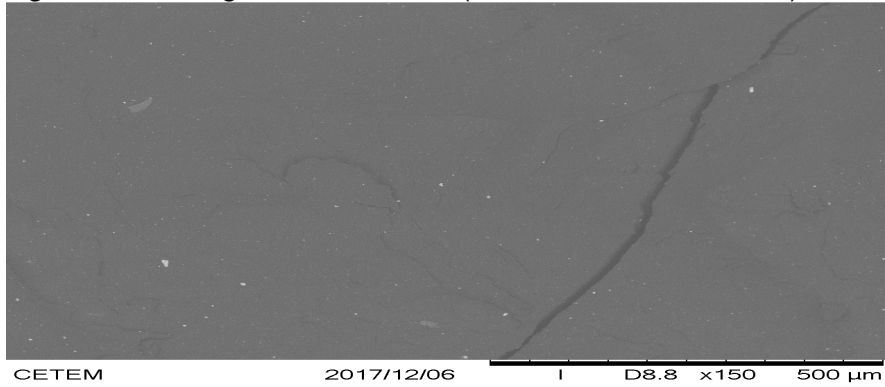
Fonte: O autor, 2017.

Figura 45- Micrografia-Amostra 2 (Aumento de 150X/250X)



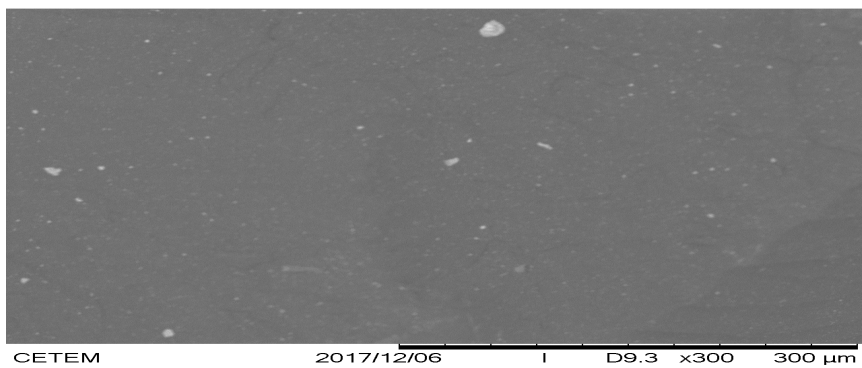
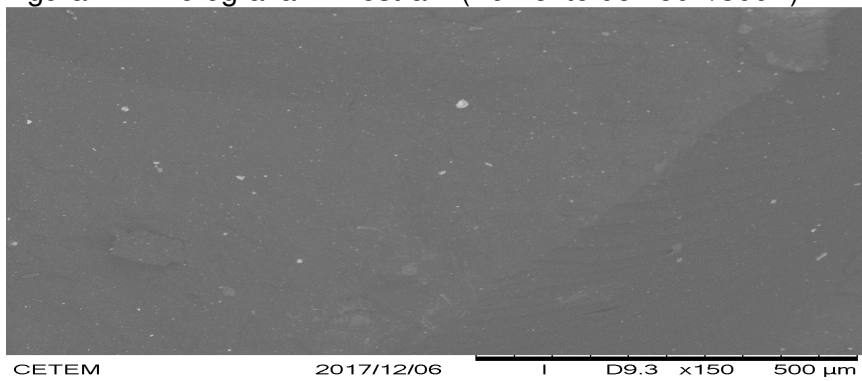
Fonte: O autor, 2017.

Figura 46- Micrografia- Amostra 3 (Aumento de 150X/300X)



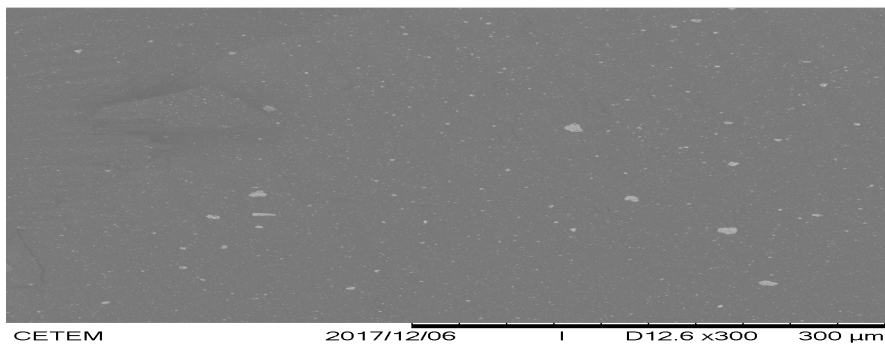
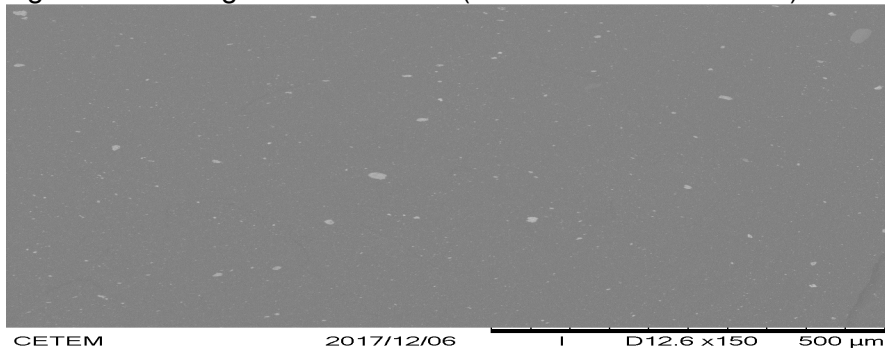
Fonte: O autor, 2017.

Figura 47- Micrografia- Amostra 4 (Aumento de 150X/300X)



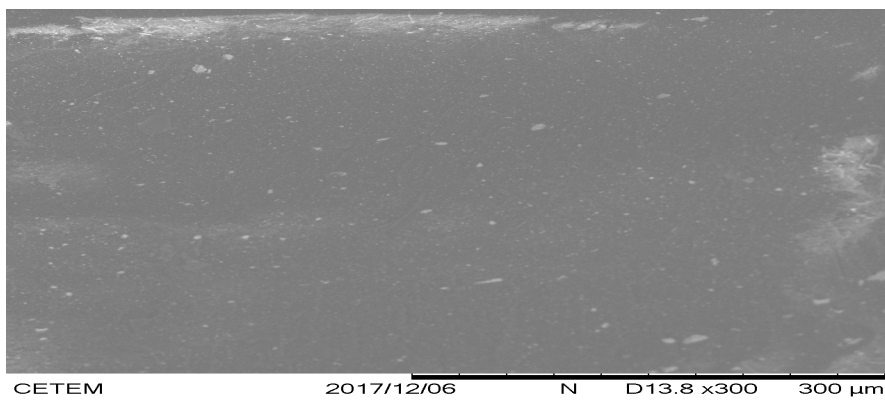
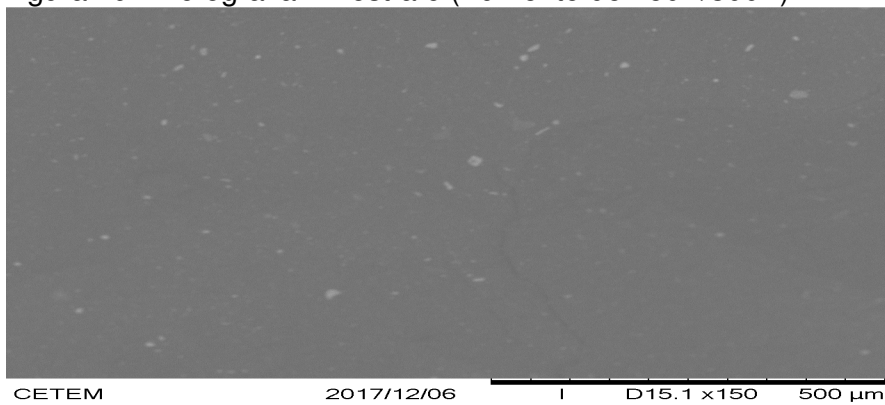
Fonte: O autor, 2017.

Figura 48- Micrografia- Amostra 5 (Aumento de 150X/300X)



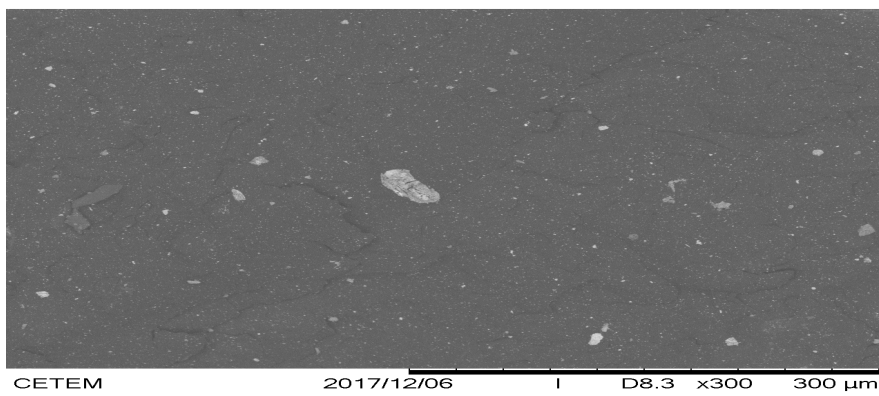
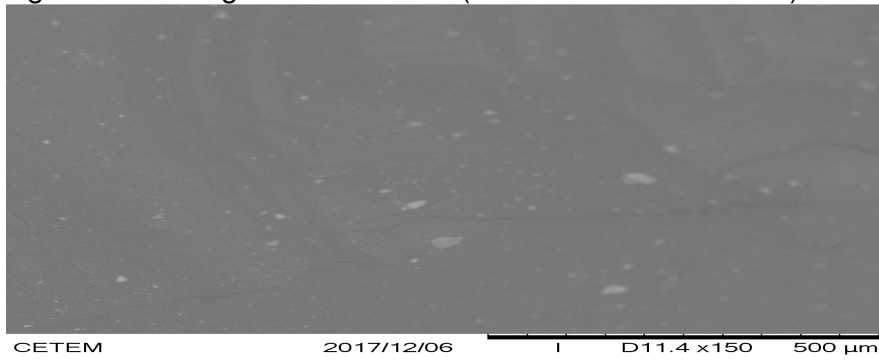
Fonte: O autor, 2017.

Figura 49- Micrografia Amostra 6 (Aumento de 150X/300X)



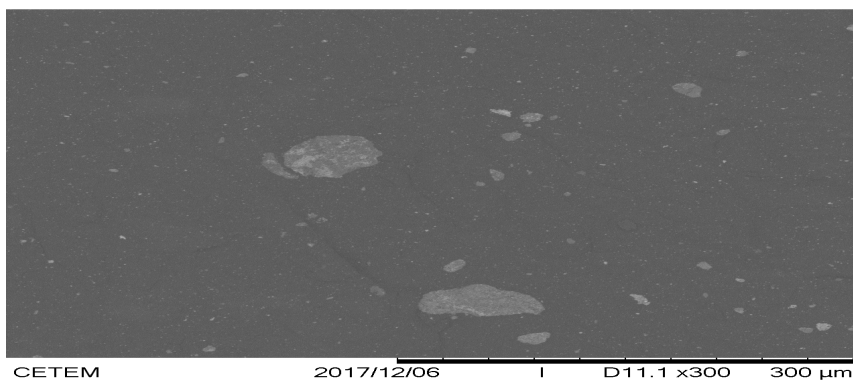
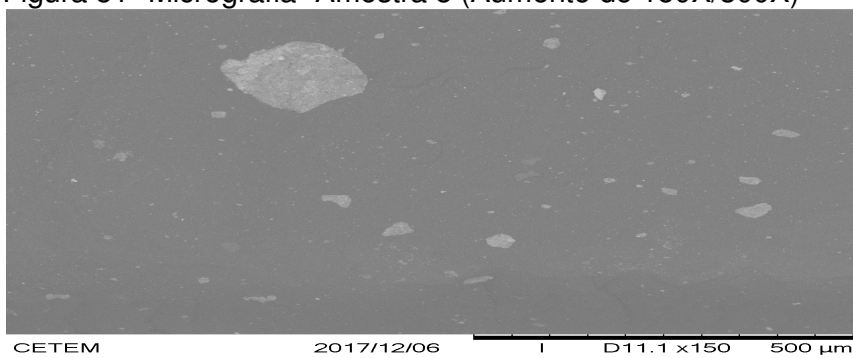
Fonte: O autor, 2017.

Figura 50- Micrografia- Amostra 7 (Aumento de 150X/300X)



Fonte: O autor, 2017.

Figura 51- Micrografia- Amostra 8 (Aumento de 150X/300X)



Fonte: O autor, 2017.