

ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO JOGO DE TELAS ADEQUADO E DO PERFIL DE TEMPERATURA NA QUALIDADE DE PRODUÇÃO EM UMA EXTRUSORA MONOCAMADA PARA FABRICAÇÃO DE FILMES DE POLIETILENO

Paulo Victor Campos Sousa, pvcamps97@gmail.com¹

Daniel Corrêa da Costa, dancosta@live.com²

Arthur Marinho Silva da Silva¹

Edinaldo José de Sousa Cunha, cunha.edinaldo@gmail.com¹

¹Universidade Federal do Pará – UFPA, Rua Augusto Corrêa, 1 - Guamá, Belém - PA

²Universidade da Amazônia – UNAMA, Av. Alcindo Cacela, 287, Umarizal, Belém - PA

Resumo: O processamento do polietileno para a fabricação de produtos plásticos se dá principalmente através da extrusão. O processo requer a influência de diferentes parâmetros, notando-se assim, que há certa deficiência no cumprimento de alguns, como por exemplo, a temperatura da rosca, que deve obedecer a uma escala pré-definida de maneira que o polímero seja aquecido próximo ao seu ponto de fusão e transportado da zona de alimentação para a zona de compressão, tendo-se assim, um maior cisalhamento do material nas paredes do cilindro, ocasionando um aumento da plasticidade do polímero em função da sua conformação final. Um segundo problema no processo está expresso no jogo de telas na saída do canhão da rosca, que possui basicamente a função de regular a pressão ou esforço do motor da máquina e aumentar o tempo de residência do material para a melhor mistura dos componentes, garantindo um produto livre de imperfeições. Deste modo, o presente trabalho visa identificar a influência direta do jogo de telas e do perfil de temperatura nas zonas de aquecimento em uma máquina extrusora monocamada de uma fábrica de produção de sacos plásticos no estado do Pará, que estava apresentando produtos com acabamento externo irregular (aparecimento de grãos não extrudados). Sendo assim, investigaram-se os termopares de uma extrusora de filme MG 75 – Minematsu, verificando a variação do perfil de temperatura requerida e os jogos de tela para que se obtivesse um material completamente homogeneizado. Tornou-se possível perceber que com o aumento relativo do perfil de temperatura e da alteração da sequência de malhas 20/30/30 para 40/60 houve a correção nos defeitos do produto, acarretando a diminuição e até mesmo a ausência de rugosidade e de grãos no material produzido.

Palavras-chave: Extrusão, Perfil de Temperatura, imperfeições

1. INTRODUÇÃO

A extrusão é um processo contínuo que envolve o transporte, plastificação e mistura de um ou mais materiais poliméricos. Segundo Araujo (2009), a extrusão é o tipo de processamento mais empregado nas indústrias de transformação de polímeros por ser um processo contínuo e de larga escala, além de ser um método de baixo impacto ambiental, uma vez que não usa solvente e nem gera resíduos. O processamento por extrusão permite que se faça a incorporação de aditivos, cargas e pigmentos em polímeros assim como a reciclagem dos mesmos.

Vignol (2005), afirma que a extrusora é um equipamento que tem a função de plastificar uma mistura de resinas e de aditivos e entregar à matriz um fluxo constante de material com propriedades homogêneas em termos de composição (sem degradação ou reticulação), de temperatura, de viscosidade, de pressão, etc. Se a extrusora não entregar um material uniforme à matriz, pode ocorrer um fluxo desigual ao longo da mesma, resultando em variação nas dimensões do produto.

De acordo com Piatti et al (2005), o polietileno é um dos plásticos mais conhecidos e utilizados. É obtido através da polimerização do etileno, e dependendo das condições em que o processo é realizado, podem-se obter macromoléculas muito grandes, que formam um sólido compacto com alta resistência chamado PEAD, polietileno de alta densidade, muito usado na fabricação de canetas, brinquedos, móveis de jardim etc., ou o PEBD, polietileno de baixa densidade, formado por macromoléculas menores produzindo um material mais flexível, muito usado na fabricação de sacolas e sacos.

Segundo Soares (2012), o processo de extrusão de filme tubular representa o maior volume de filmes de polietileno no mundo. A supremacia deste processo sobre o de filme plano se deve principalmente ao menor custo de uma linha de produção de filme soprado, à maior flexibilidade do equipamento em relação a mudanças na largura dos filmes produzidos e às propriedades mecânicas superiores devido à distribuição homogênea da orientação molecular, comparativamente ao processo de filme plano.

Durante o processo de extrusão, um dos fatores mais importantes e que influencia diretamente na qualidade do produto, é o monitoramento do perfil de temperatura adequado para o processamento do polímero. De acordo com Machado et al (2009), o perfil adequado de temperatura deve ser obtido por meio do balanceamento correto das duas fontes de calor disponível, o Condutivo, gerado pelas resistências elétricas, e o calor de cisalhamento gerado pelo atrito do material. Deste modo, quando ocorre um desvio da faixa de temperatura adequada para cada polímero nos termopares da extrusora, podem ser ocasionados diversos problemas de processamento, como o cisalhamento incoerente nas zonas seguintes da extrusora, e também um maior esforço nas máquinas gerando um exorbitante gasto de energia.

Vários trabalhos (Soares,2012; Otterbach, 2011), remontam que um dos componentes essenciais de uma extrusora é a tela para extrusora. Feitas de aço inoxidável, possuem a função de propiciar uma contrapressão adequada ao escoamento de material, permitindo maior grau de homogeneização do fundido, além de reter impurezas que possam causar furos no balão. De acordo com Otterbach (2011), alguns cuidados são essenciais no que se trata de tela para extrusora que, assim como qualquer filtro, tem sua funcionalidade comprometida sem manutenção adequada. Assim, o jogo de telas dentro da extrusora, corresponde a uma série de telas com malhas diferentes, ou seja, as malhas possuem aberturas variadas de diâmetros, para que o material não cisalhado volte para a rosca de dupla função, afim de produzir um material de melhor qualidade, sem rugosidades.

Sendo assim, o principal objetivo do trabalho consiste em interligar a variação do perfil de temperatura e alteração do jogo de telas com a melhoria da qualidade de filmes plásticos em uma máquina extrusora monocamada que vinha apresentando produtos com irregularidades e imperfeições, verificando-se a influência direta destes fatores no processamento do polietileno, observando-se as normas requeridas e analisando a real melhoria no produto final, afim de contribuir para melhores perspectivas para uma fábrica de produção de sacos plásticos no estado do Pará.

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

2.1. Materiais

Utilizou-se uma extrusora de filme MG 75 – Minematsu, que consiste no objeto do estudo; Composição polimérica com 50% de polietileno de baixa densidade e 50% de material recuperado; Jogo de telas em série de malhas 40/60.

2.2. Troca do Jogo de Telas

Ao se observar que a extrusora estava apresentando produtos com imperfeições como o aparecimento de grãos não extrusados, analisou-se um fator interno da máquina, que consiste na abertura das malhas das telas utilizadas. Sendo assim, o jogo de telas 20/30/30 foi substituído por um jogo de telas com mash 40/60. As especificações das telas são descritas na Tab. (1).

Tabela 1: Especificações das telas de acordo com as malhas

Malha	Diâmetro/fio (mm)	Largura (m)
20	0,40	1,00
30	0,30	1,00
40	0,20	1,00
60	0,16	1,00

2.3. Variação do Perfil de Temperatura

Foram analisadas as zonas de aquecimento da extrusora, visto que os filmes estavam apresentando polímeros não plastificados no processo de extrusão. Deste modo desenvolveram-se testes de verificação no perfil de temperatura. Assim, investigou-se os termopares das sete zonas de aquecimento da extrusora em procedimentos antes e depois da variação da temperatura. Vale ressaltar que antes da variação do perfil de temperatura, houve a troca dos jogos de telas, que em conjunto possibilitou uma melhor análise.

2.4. Caracterização Morfológica

A análise morfológica do material extrusado foi feita através de um microscópio ótico da marca Nikon ECLIPSE LV150 com o auxílio do programa computacional MOTIC. Deste modo, foram verificados os filmes antes e depois das variações das telas e da temperatura, onde caracterizou-se o material com a magnificação de cinco vezes afim de se observarem os defeitos no material.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao se analisar visualmente a qualidade dos filmes gerados pela extrusora, um levantamento estatístico foi proporcionado, onde verificou-se a frequência do aparecimento de grãos no produto final, levando em consideração a rotação da rosca da extrusora e a amperagem envolvida no processo.

Sendo assim, analisou-se o procedimento de produção na extrusora com variabilidade de dias, durante quatro meses consecutivos no ano de 2016. A Tabela 1 demonstra os respectivos valores dos dados analisados no primeiro momento do estudo. Vale ressaltar que nestas análises o jogo de telas era 20/30/30 e ainda não havia ocorrido a variação do perfil de temperatura.

A partir dos dados obtidos e explicitados na tabela 1, verificou-se um determinado aumento na frequência de aparecimento de grãos nos produtos gerados pela extrusora, observando-se também o aumento das rotações por minuto na rosca e o aumento do consumo de energia no processo. Deste modo, pôde-se iniciar a investigação dos parâmetros da extrusão, onde tornou-se possível verificar a influência da temperatura nas zonas da extrusora e também a abertura dos jogos de telas

Tabela 1: Frequência de aparecimento de grãos nos produtos em cada mês

Mês	Produções	Grãos	Frequência	RPMm*	AMPm**
Janeiro	4	1	25%	309	N/D***
Fevereiro	12	9	75%	333,5	N/D***
Março	18	14	77,80%	363	42
Abril	18	16	88,90%	358	48,5

*Rotações por minuto média/ **Amperagem média(A)/***Não definido

3.1. Variação do Perfil de Temperatura e do Jogo de Telas.

Após o processo de extrusão, antes e depois das variações na temperatura e no jogo de telas, obtiveram-se os filmes de polietileno com características claramente diferentes no que diz respeito a qualidade do produto. Assim, foram colhidos dados de processo que priorizam a análise nos dois fatores do estudo de uma forma interligada. As Tabelas abaixo remontam dados dos dois testes averiguados.

Tabela 3: Teste 01 de variação de temperatura e jogo de telas.

ANTES		DEPOIS	
Zonas	Temperatura (°C)	Zonas	Temperatura (°C)
Z1	165	Z1	172
Z2	168	Z2	170
Z3	172	Z3	177
Z4	196	Z4	183
Z5	179	Z5	189
Z6	182	Z6	184
ZM	170	ZM	183
RPM	640	RPM	630
TELA	20/30/30	TELA	40/60/40
AMP	59 A	AMP	55 A

Tabela 4: Teste 02 de variação de temperatura e jogo de telas.

ANTES		DEPOIS	
Zonas	Temperatura (°C)	Zonas	Temperatura (°C)
Z1	172	Z1	170
Z2	178	Z2	180
Z3	196	Z3	190
Z4	186	Z4	180
Z5	192	Z5	185
Z6	201	Z6	195
ZM	181/178	ZM	175/175
RPM	280	RPM	309
TELA	20/30/30	TELA	40/60/40
AMP	22,7	AMP	25

A Tabela 3 especifica o primeiro teste de troca do jogo de telas e da variação do perfil de temperatura em sete zonas de aquecimento da extrusora, onde através de termopares pôde-se obter o sensoriamento das temperaturas em um painel de controle. De acordo com Foster (2012), o polietileno, devido a sua alta estabilidade térmica, pode ser processado por extrusão em uma faixa de temperaturas bastante larga, sem degradação térmica, inclusive com extrusoras de rosca dupla. Sendo assim, nota-se a elevação da temperatura em todas as zonas de aquecimento exceto na zona 4, onde se verifica uma redução. A Fig. (3) mostra graficamente os perfis de temperatura analisados de maneira comparativa.

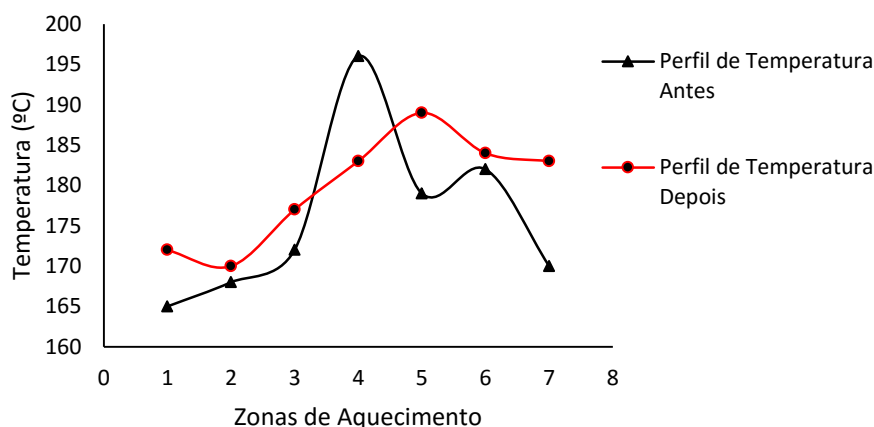


Figura 3. Análise comparativa dos perfis de temperatura antes e depois da variação para o teste 01.

A Fig. (3) expressa de forma simplificada os dois perfis de temperatura do teste 01, possibilitando observar a diferença na variação da temperatura em cada zona de aquecimento, e também afirmar que o perfil de temperatura após o processo de variação segue um fluxo crescente, o que proporciona uma melhoria no cisalhamento do material desde as regiões iniciais, o que pôde ser observado também no trabalho de Foster (2012). A Tabela 3 também especifica que com o aumento da temperatura relativa e da modificação nas telas houve a diminuição das rotações por minuto da rosca (RPM) e da amperagem necessária no processamento (AMP) afirmando, segundo Bushuk (1994), que certas características do produto final e do processamento podem ser melhor controladas por uma escolha adequada dos parâmetros de extrusão.

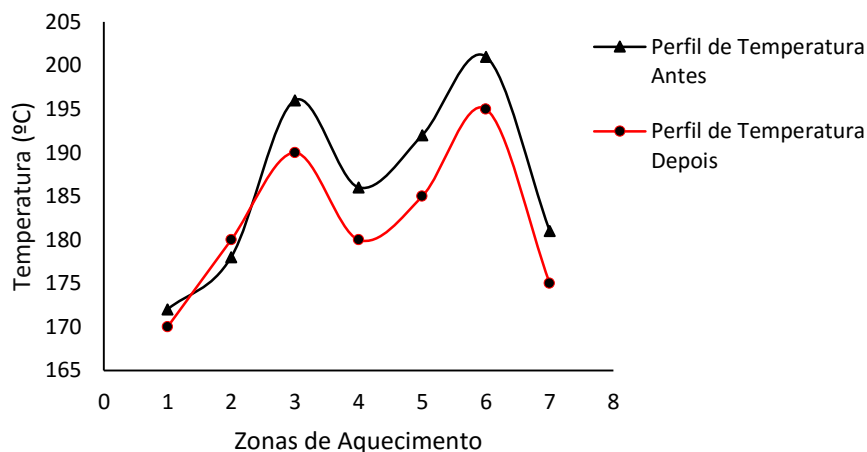
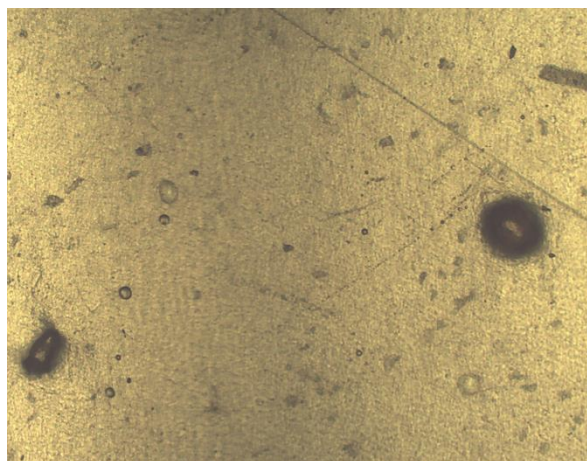


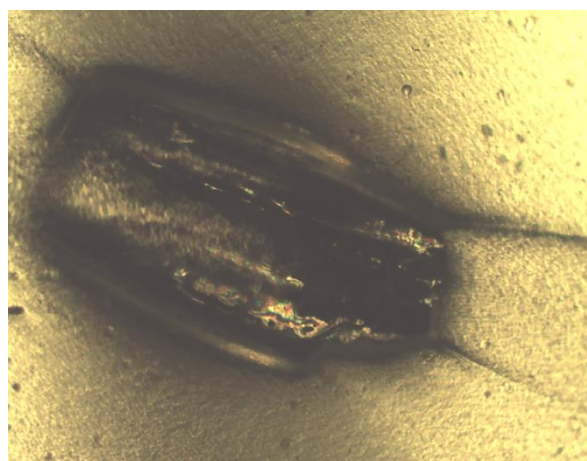
Figura 4. Análise comparativa dos perfis de temperatura antes e depois da variação para o teste 02

O teste 02 está representado na Tabela 4, onde aconteceu a troca no jogo de telas porém ao invés de se ter o aumento da temperatura nas zonas de aquecimento, houve uma diminuição como mostrado na Fig. (4), verificando que com estes fatores houve um aumento significativo no RPM e na amperagem.

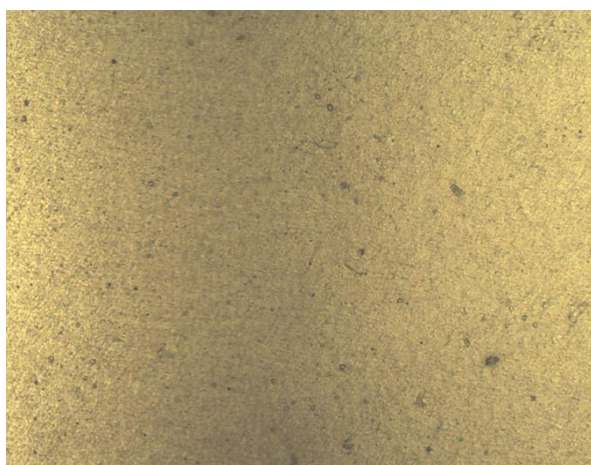
3.2. Caracterização Morfológica



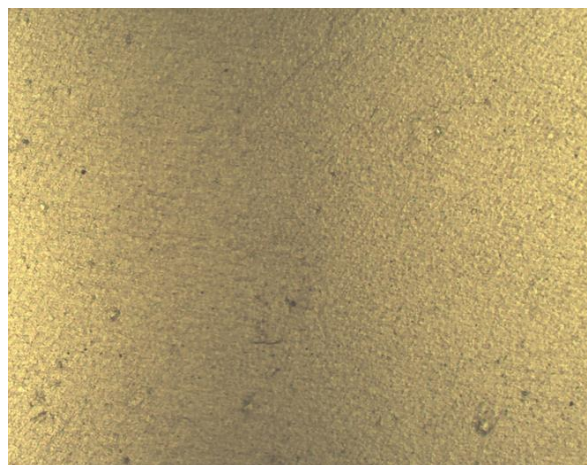
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 5. Imagens de microscopia ótica dos filmes de polietileno com magnificação de 5X. As imagens (a) e (b) representam os filmes produzidos com o jogo de telas 20/30/30 sem a variação no perfil de temperatura. As imagens (c) e (d) são dos filmes produzidos após a troca do jogo de telas para 40/60 e também após a variação do perfil de temperatura.

A Fig. (5) representa a análise microestrutural dos filmes de polietileno, onde as amostras especificadas nas imagens (a) e (b) retratam a análise antes da troca do jogo de telas e da variação na temperatura, denotando o aparecimento de grãos de diferentes tamanhos. Já nas imagens (c) e (d) observa-se um filme mais límpido, sem grãos não extrusados esclarecendo uma melhor fluidez do material na extrusora, devido ao aumento do perfil de temperatura e o ajuste das telas na extrusora. Segundo Rocha (2013), a qualidade e homogeneidade visual do filme e suas características de superfície são pontos importantes a serem observados para a boa comparação de propriedades de

filme. Além disso, Gerrini et al (2004) destaca que a transmissão de luz e a opacidade geralmente são afetadas por irregularidades presentes na superfície do material, como por exemplo, aditivos não completamente dissolvidos, impurezas, pequenas bolhas, rugosidade da superfície, além da presença de cristalitos que provocam mudança no índice de refração. Rocha (2013) ainda afirma que presença de defeitos na superfície também pioram as propriedades mecânicas, já que esses acabam fragilizando o filme.

4. CONCLUSÃO

Os filmes de polietileno após modificações nos dois parâmetros de processamento estudados, perfil de temperatura e jogo de telas, obtiveram uma melhoria considerável em seu padrão estético podendo envolver também uma correlação destas melhorias com a questão de análises futuras de resistência mecânica nestes produtos. Deste modo, tornou-se possível perceber a ligação direta destes fatores de extrusão na qualidade do produto, possibilitando que a empresa otimizasse seu processo a fim de se obterem melhores materiais.

Vale ressaltar que juntamente com as melhorias no produto, houve uma redução no gasto de energia elétrica no processo, o que possibilitou uma diminuição dos gastos com a produção dos filmes.

Os resultados da caracterização morfológica puderam mostrar o aparecimento de grãos não extrusados que passaram através do jogo de telas 20/30/30, verificando que devido ao aquecimento incorreto nas zonas iniciais da extrusora não houve um cisalhamento coerente no polímero, gerando assim produtos com acabamentos irregulares, que puderam ser comparados com filmes produzidos com parâmetros diferentes e que apresentaram produtos com uma quantidade inferior de grãos.

5. AGRADECIMENTOS

À empresa Maroni S.A. por fornecer o objeto de estudo e os materiais estudados e ao laboratório de resistência dos materiais do Instituto Federal do Pará.

6. REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, J. R. De. Compósitos de polietileno de alta densidade reforçados com fibra de curauá obtidos por extrusão e injeção. 2009. 153f. Dissertação (Mestrado em Química) – Departamento de Química Inorgânica, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2009.
- BUSHUK, W.; RASPER, V. F. (Ed.). Wheat: production, properties, quality. London: Chapman & Hall, 1994. Chap. 13, p. 179-204.
- FOSTER, R. S. Correlação das propriedades físicas e óticas de filmes planos de PEBDL sob diferentes condições de processamento. 2012. 51f. Trabalho de diplomação (Bacharelado em Engenharia de Materiais) – Escola de Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2012.
- GERRINI, L. M.; PAULIN, P. I.; BRETAS, R. E. S. BERNARDI, A. Correlação entre as propriedades reológicas, óticas e a morfologia de filmes soprados LLDPE/LDPE. Polímeros: Ciência e Tecnologia, Vol. 14 p. 38 – 45. 2004.
- MACHADO, A. R; ABRÃO, A. M.; COELHO, R. T.; SILVA, M. B. Da. Teoria da usinagem dos materiais. 1º ed. Editora Blucher. São Paulo, 2009.
- OTTERBACH, J. C. H. Processo de transformação de plásticos por extrusão de filmes tubulares. Dossiê Técnico. Escola de Educação Profissional SENAI Nilo Bettanin. Rio Grande do Sul, 2011.
- PIATTI, T. M.; RODRIGUES, R. A. F. Plásticos: características, usos, produção e impactos ambientais. EDUFAL (Conversando sobre ciências em Alagoas) - Maceió, 2005.
- ROCHA, P. M. F. Estudo das propriedades do filme stretch produzido com polietileno linear de baixa densidade. 2013. 125f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2013.

SOARES, L. L. F. Estudo da Permeabilidade em Filmes de Polietileno Verde. 2012. 33f. Trabalho de Diplomação (Bacharelado em Engenharia Química) – Departamento de Engenharia Química. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2012.

VIGNOL, L. A. Desenvolvimento de modelos simplificados para o estudo da extrusão de polímeros. 2005. 152f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2005.

7. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

STUDY OF THE INFLUENCE OF THE ADEQUATE SET OF SCREENS AND TEMPERATURE PROFILE ON THE PRODUCTION QUALITY IN A MONOCAMPED EXTRUDER FOR THE MANUFACTURE OF POLYETHYLENE FILMS

Paulo Victor Campos Sousa, pvcamps97@gmail.com¹

Daniel Corrêa da Costa, dancosta@live.com²

Arthur Marinho Silva da Silva¹

Edinaldo José de Sousa Cunha, cunha.edinaldo@gmail.com¹

¹Universidade Federal do Pará – UFPA, Rua Augusto Corrêa, 1 - Guamá, Belém - PA

²Universidade da Amazônia – UNAMA, Av. Alcindo Cacela, 287, Umarizal, Belém - PA

Abstract: The processing of polyethylene for the manufacture of plastic products mainly takes place through extrusion. The process requires the influence of different parameters and it's notable that there is some deficiency in the fulfillment of some them, such as the temperature of the thread - which must obey a predefined scale so that the polymer is heated next to its melting point and is conveyed from the feed zone to the compression zone, causing a greater shear of the material in the cylinder walls and increasing the plasticity of the polymer as a result of its final shape. A second problem in the process is related to the set of screens at the outlet of the screw cannon, which basically has the function of regulating the pressure or stress of the machine motor and increasing the residence time of the material for the better mixing of the components, ensuring a product free of imperfections. Considering this, the present work aims to identify the direct influence of the set of screens and the temperature profile in the heating zones in a monolayer extruder machine of a plastic bag production plant in the state of Pará, which was making products with irregular external finishing (appearance of non-extruded grains). Thus, we investigated the thermocouples of an MG 75 -Minematsu film extruder, verifying the variation of the required temperature profile and the screen sets in order to obtain a completely homogenized material. It was possible to perceive that with the relative increase of the temperature profile and the change of the sequence of meshes from 20/30/40 to 40/60 there was correction in defects of the product, carrying the decrease and even the default of roughness and grains in material produced.

Keywords: Extrusion, Temperature Profile, Imperfections.