

DESENVOLVIMENTO DE EXTRUSORA EXPERIMENTAL E SOFTWARE PARA CONTROLE E SUPERVISÃO DAS VARIÁVEIS DE EXTRUSÃO DO ABS

Paulo Estevão Quimas Quelho

**VOLTA REDONDA
MARÇO/2018**



Sumário

- Introdução
- Objetivo
- Revisão Bibliográfica
- Materiais e Métodos
- Resultados
- Conclusão
- Propostas futuras
- Bibliografia
- Agradecimentos



INTRODUÇÃO

Desde o início do século XX, a busca pelo desenvolvimento tecnológico, tem sido algo constante, seja no âmbito da eletrônica com os diodos, circuitos integrados, entre outros elementos ou outras áreas como a bélica, a espacial e a de materiais.

Com os crescentes desenvolvimentos tecnológicos e os seus impactos no meio ambiente, tornou-se necessário começar a desenvolver técnicas que favorecessem os eco sistemas, minimizando ao máximo os seus impactos na natureza.



INTRODUÇÃO

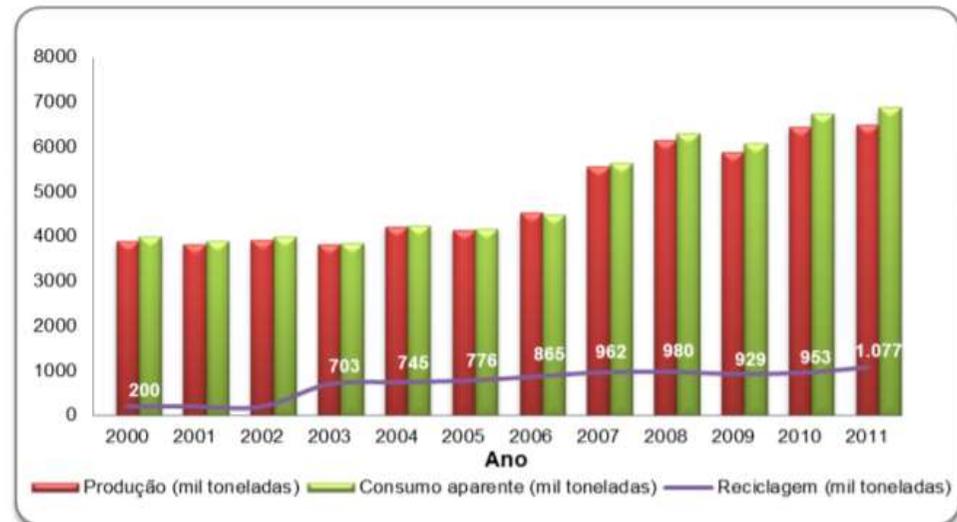
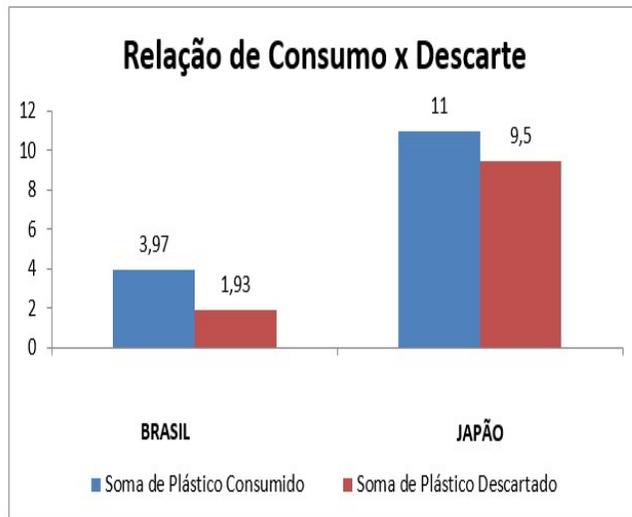
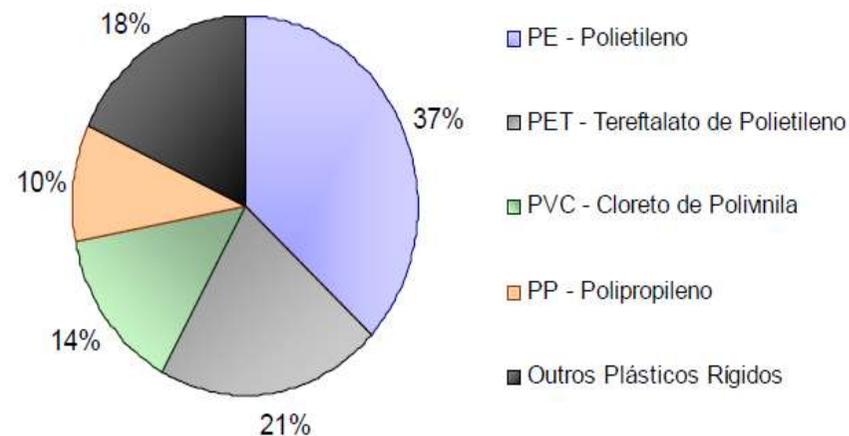


Gráfico de Relação de consumo versus descarte de material plástico em milhões de toneladas. Fonte: GORNI, 2006 apud CANDIAN, 2007



INTRODUÇÃO

Em função da responsabilidade ambiental, nos grande e médios centros urbanos, foram criados os centros de reciclagens de plásticos provenientes de resíduos urbanos. Estes materiais são basicamente originários de termoplásticos, entretanto a gama de produtos proveniente de fabricação plástica é bastante extensa, e para tal ela é dividida em quatro categorias: Termoplásticos, termofixos, elastômeros e polímeros naturais. (CRAWFORD, 1987; PRINGLE e BARKER, 2000 *apud* PARENTE, 2006).



Distribuição dos plásticos nos resíduos descartados. Fonte: PIVA & WIEBECK, 2004 *apud* PARENTE, 2006.



OBJETIVOS

- Desenvolvimento de uma extrusora para fins didáticos



Extrusora. Fonte: O Autor.

- Desenvolvimento de um software de supervisão para uma planta de extrusão de materiais termoplásticos



Telas do Supervisório. Fonte: O Autor.



REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

▪ Polímeros

Segundo Akcelrud (2007), os polímeros são definidos como compostos de origem natural ou sintética. São formados pela repetição de um grande número de unidades químicas.

Segundo Parente (2006), a abordagem do universo dos plásticos, deve ser orientada, baseando-se em dois grandes grupos: os termoplásticos e os termofixos. Esta divisão é aplicada baseando-se na distinção do comportamento destes materiais, quando expostos a processos térmicos e sua capacidade de repetir o processo de mudança de estado físico mais de uma vez, podendo ser remoldados ou não, e por este motivo sendo necessário classifica-los



REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

▪ Polímeros

Segundo Canevarolo(2006), os polímeros, podem ser classificados como:

➤ Termofixos:

Os polímeros termofixos, são definidos como plásticos que quando expostos a uma temperatura constante, sofrem uma transformação química irreversível. Esta transformação é ocasionada pelo desencadeamento das ligações cruzadas, que propiciam ao enrijecimento do material. E o termo termofixo, se da pelo fato que após este aquecimento, se o material sofrer novos processos de aquecimento, o material não irá alterar mais seu estado físico.

➤ Termoplásticos:

Os polímeros termoplásticos, são definidos como plásticos, que possuem a capacidade de mudar seus estado físico, diversas vezes, quando submetido a um aumento de temperatura e pressão.



REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

- O ABS é um terpolímero de acrilonitro-butadieno-estireno, termoplástico. Sua morfologia apresenta uma composição rica em particulado de polibutadieno dispersas em uma matriz rica em SAN (copolímero de estireno-acrilonitrila), que, por sua vez, pode estar enxertada na borracha. Dependendo do modo de fabricação, estas partículas borrachosas, podem ou não ter oclusões de SAN em seu interior. Por isso, muitas características do ABS são definidas durante sua fabricação (PORCEL, 2004).



REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

▪ Processamento de Materiais

Para o processamento de materiais termoplásticos, o processo de extrusão é considerado um dos mais importantes.

Segundo Parente (2006), o processo de extrusão é comumente utilizado no processamento de elementos estruturais de plástico reciclado. Neste processo os grãos, péletes plásticos, são submetidos a zonas de calor, afim de fluidifica-los e posteriormente molda-los.



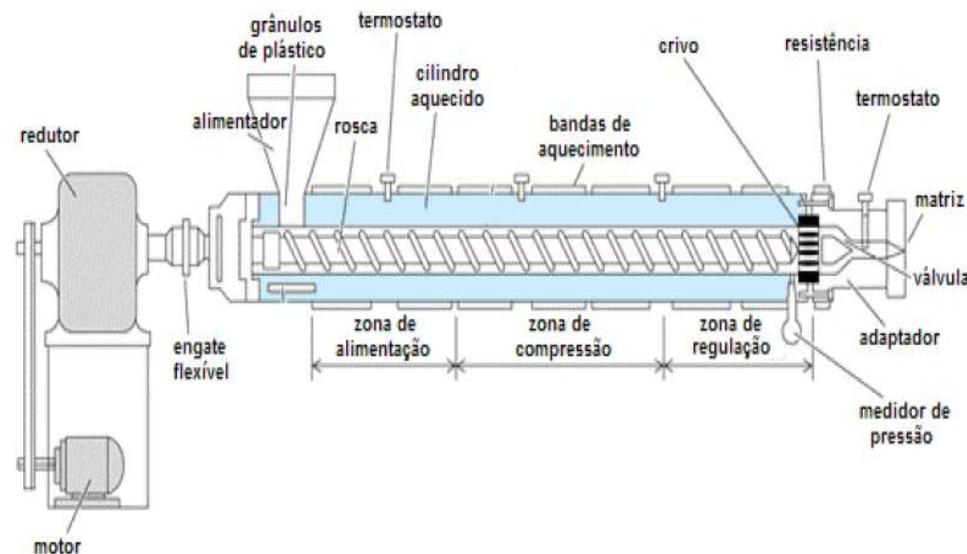
Etapas de um processo de Extrusão. Fonte: GALDÁMEZ, 2002.



REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

▪ Processo de Extrusão

De acordo com o estudo de Crawford *apud* Parente (2006), a extrusora de rosca ainda, é dividida em três diferentes zonas: zona de alimentação, zona de compressão e zona de regulação.



Moldagem por Extrusão. Fonte: GOODMAN (*apud* PARENTE, 2006).

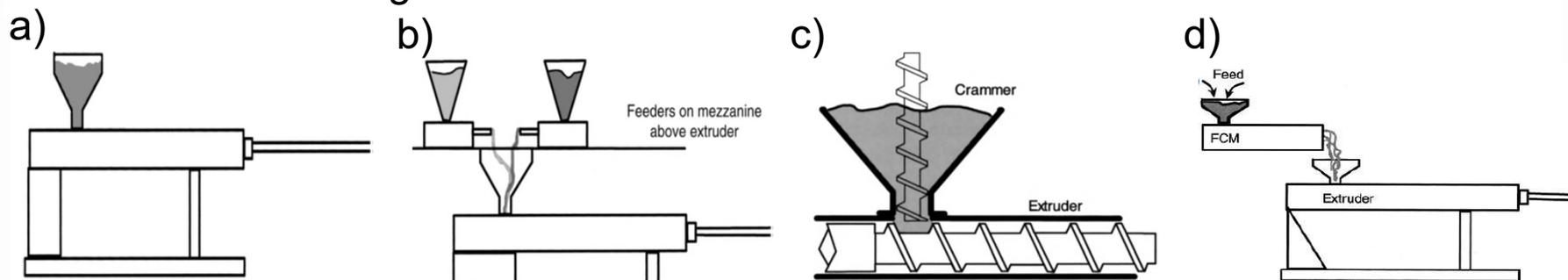


REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

▪ Processo de Extrusão

Conforme enunciado por John (2014) existem 4 maneiras de se alimentar uma extrusora:

- Processo de alimentação por inundação (Flood-fed extruder), conforme figura a.
- Processo de alimentação por fome (Starve feed), conforme figura b.
- Processo de Extrusora alimentada por extrusora (Crammer-fed extruder), conforme figura c.
- Processo de Extrusão alimentado por fusão (melt-fed extruder), conforme figura d.



Tipos de processos de extrusão . Fonte: JOHN, WAGNER, ELDRIDGE, MOUNT, HAROLD, & GILES, 2014

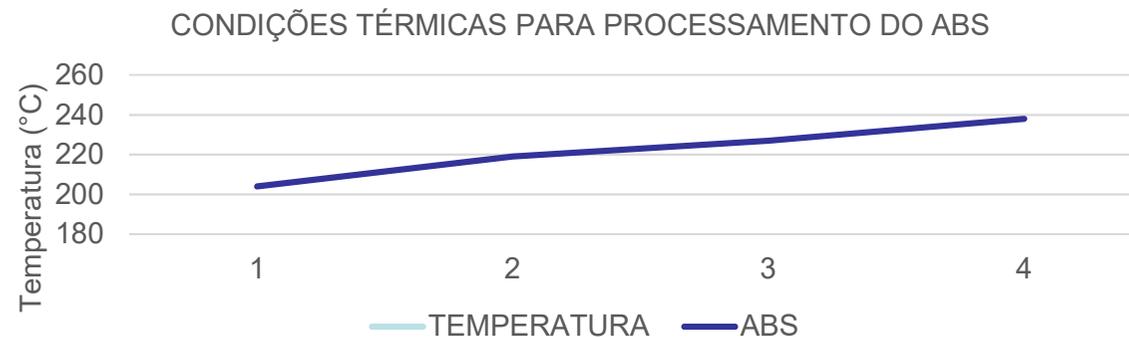


REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

▪ Processo de Extrusão

Conforme o estudo realizado por John (2014), para se desenvolver processos de extrusão, são necessários controlar algumas variáveis do processo como:

- Perfil de temperatura de processamento
- Melhor design da rosca de processamento.
- Condições adequadas de secagem do material
- Comprimento adequado da ultima seção de extrusão



Condições Térmicas para Processamento do ABS. Fonte: JOHN, WAGNER, ELDRIDGE, MOUNT, HAROLD, & GILES. 2014



REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

▪ Controladores Lógicos Programáveis

Segundo Maitelli (2003), o CLP é um equipamento digital que usa memória programável para armazenar instruções que implementam funções como: lógica, sequenciamento, temporização, contagem e operações aritméticas, para controlar através de módulos de entrada e saída (digital e analógica) diversos tipos de sistemas e processos

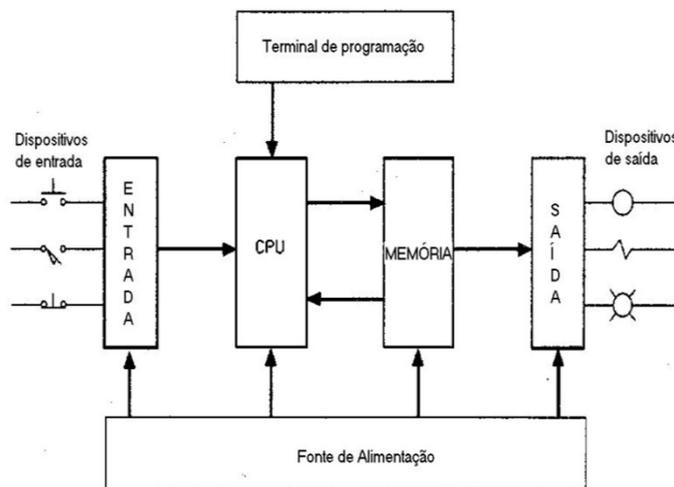


Diagrama de Blocos de um PLC. Fonte: SILVEIRA, 1998.



CLP Compacto Zelio Logic da e o CLP Modular Modicon Quantum ambos da Schneider Electric. Fonte: M FRANCHI, C. M.; CAMARGO, V.



REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

▪ Interface Homem x Máquina (IHM)

Segundo Filho (2002), as Interfaces Homem-Máquina geralmente são utilizadas quando a instalação dos Controladores lógicos programáveis em processos, necessitam de um equipamento capaz de interpretar os dados coletados dos diferentes CLPs instalados no processo e fornecer de forma visível e prática as informações que seus supervisores necessitam, através de um display alfanumérico de cristal líquido e um teclado configurável.



IHM. Fonte: FILHO, 2002.



Tela da Planta. Fonte: O Autor.



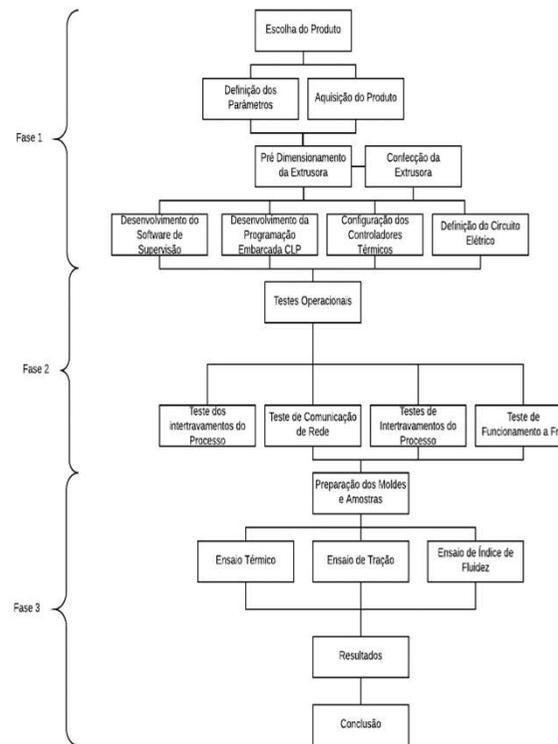
MATERIAIS E MÉTODOS

Fase 1: Escolha do Produto

Fase 2: Testes operacionais

Fase 3: Ensaios do material

Conclusão



Sequência Cronológica das etapas do trabalho. Fonte: O Autor



MATERIAIS E MÉTODOS

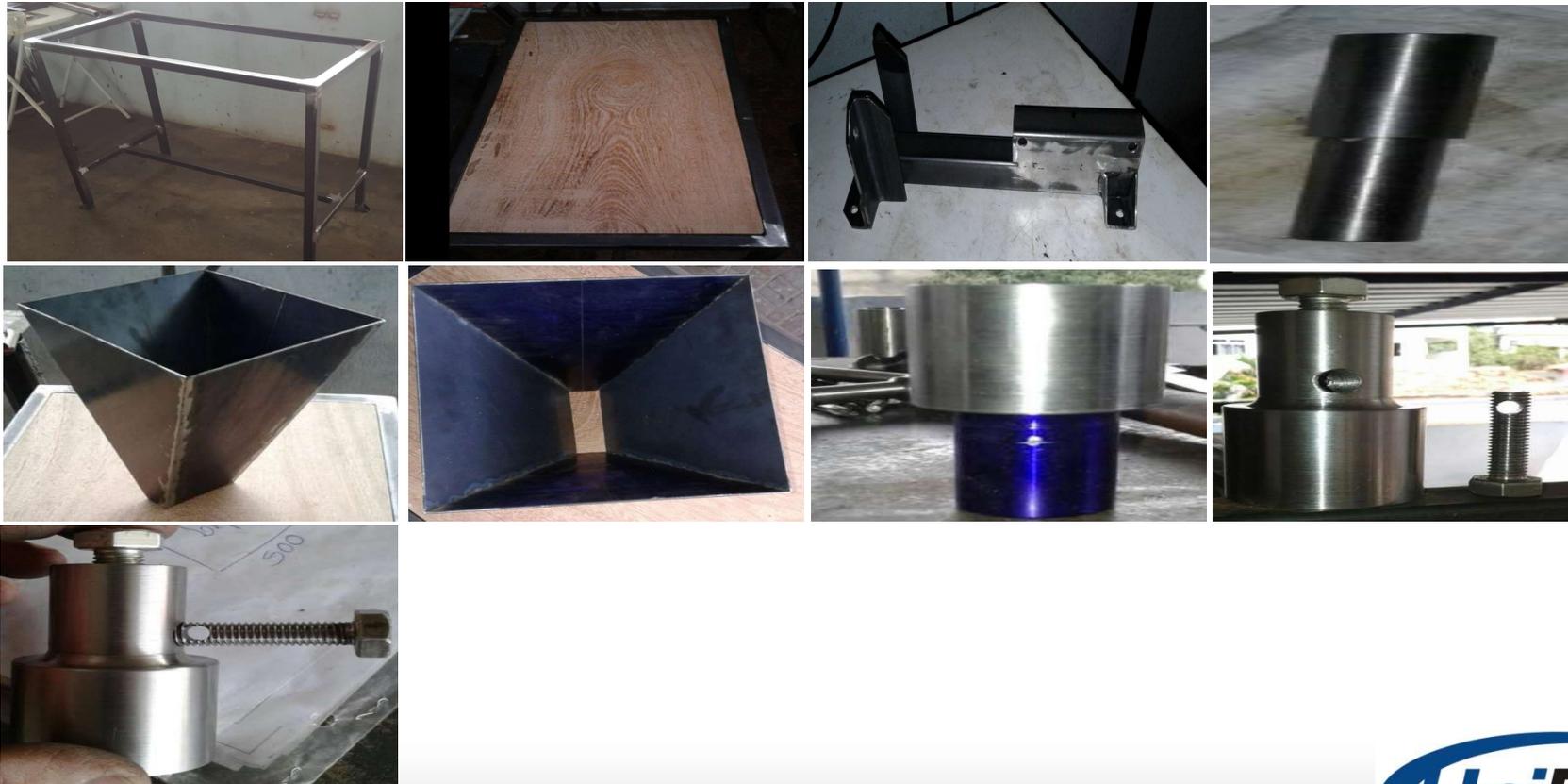
Neste trabalho, conforme mencionado anteriormente, foram adquiridos e processados 3 tipos de ABS:

- AG1000. Fabricante Videolar-Innova, é considerado um material de altíssima resistência a impacto;
- AE8000. Fabricante Videolar-Innova, é um tipo de ABS de alto impacto e de elevada rigidez;
- MG94. Fabricante Cicolac™, é uma resina de ABS de bom impacto.



MATERIAIS E MÉTODOS

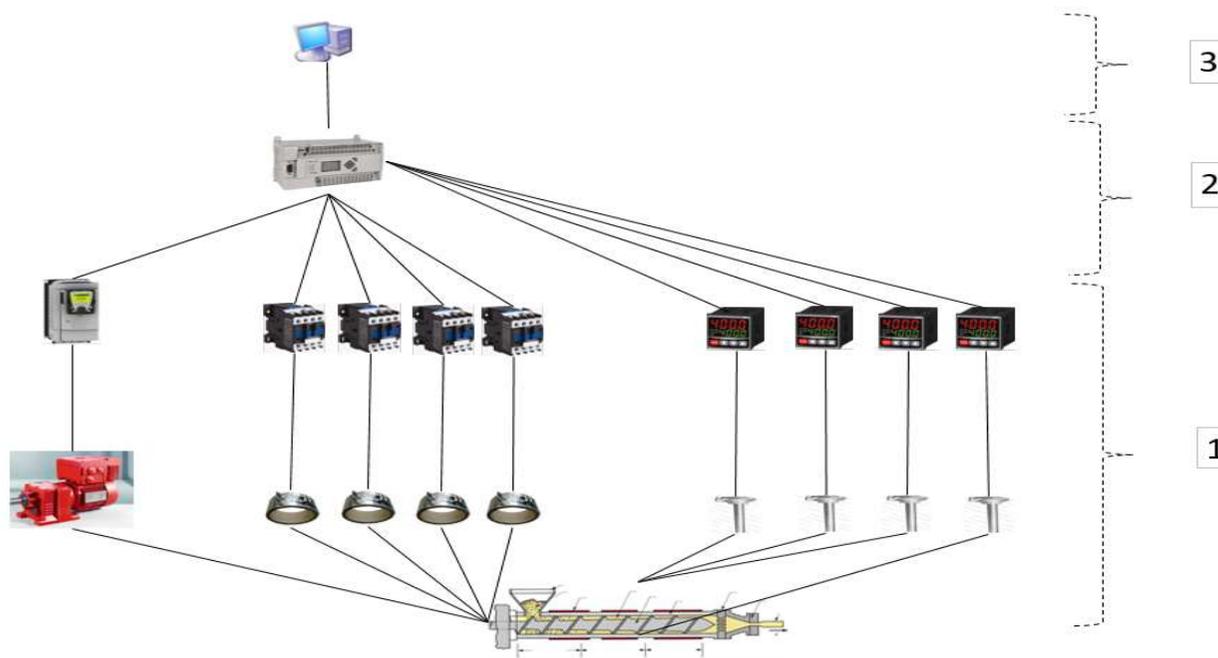
Após a escolha do material, foi realizado o pré-dimensionamento da extrusora e posteriormente a sua confecção.





MATERIAIS E MÉTODOS

Após a confecção do equipamento, foram definidas as variáveis de controle e a arquitetura do processo.



Arquitetura do Processo. Fonte: O Autor.



MATERIAIS E MÉTODOS

Endereçamento das variáveis e correlação dos níveis da arquitetura com o software de controle.

NOME DA TAG	ITEM	SCAN
Sistema_energizado	[TESTE_UBM]B3:0/0	Sempre
botao_nivel_100	[TESTE_UBM]B3:0/3	Sempre
botao_nivel_50	[TESTE_UBM]B3:0/5	Sempre
Botao_nivel_25	[TESTE_UBM]B3:0/7	Sempre
Condições_Temperatura_alimentação	[TESTE_UBM]B3:2/0	Sempre
Condições_Temperatura_Transição_Vitrea	[TESTE_UBM]B3:2/1	Sempre
Condições_Temperatura_Fusão_Cristalina	[TESTE_UBM]B3:2/2	Sempre
Condições_Temperatura_Cristalização	[TESTE_UBM]B3:2/3	Sempre
Condições_de_nivel_ok	[TESTE_UBM]B3:0/9	Sempre
Liga_Broca_manutenção	[TESTE_UBM]B3:0/11	Sempre
Liga_Broca_teste	[TESTE_UBM]B3:3/0	Sempre
motor_broca_ligado	[TESTE_UBM]B3:1/1	Sempre
Liga_Broca_Sentido	[TESTE_UBM]O:0.0/4	Sempre
MODO_AUTOMATICO	[TESTE_UBM]B3:1/2	Sempre
VELOCIDADE	[TESTE_UBM]N7:0	Sempre
MOTOR_LIGADO_EM_FUNCIONAMENTO	[TESTE_UBM]B3:3/1	Sempre
ACIONA_RESISTENCIA_1	[TESTE_UBM]I:0.6	Sempre
ACIONA_RESISTENCIA_2	[TESTE_UBM]I:0.7	Sempre
ACIONA_RESISTENCIA_3	[TESTE_UBM]I:0.8	Sempre
ACIONA_RESISTENCIA_4	[TESTE_UBM]I:0.9	Sempre
VELOC_1	[TESTE_UBM]N7:1	Sempre
VELOC_2	[TESTE_UBM]N7:2	Sempre
VELOC_3	[TESTE_UBM]N7:3	Sempre
VELOC_4	[TESTE_UBM]N7:4	Sempre
Silo_Vazio	[TESTE_UBM]B3:6/0	Sempre

Endereçamento das tags no supervisor/CLP. Fonte: O Autor.



MATERIAIS E MÉTODOS

Telas do ambiente de supervisão

- Tela de Login



Tela de Login. Fonte: O Autor.



MATERIAIS E MÉTODOS

Telas do ambiente de supervisão

- Tela Principal da Planta



Tela Planta de Extrusão. Fonte: O Autor.



MATERIAIS E MÉTODOS

Telas do ambiente de supervisão

- Tela de alarmes



Tela de Alarmes. Fonte: O Autor.



MATERIAIS E MÉTODOS

Telas do ambiente de supervisão

- Tela de Tendência



Tela de tendência. Fonte: O Autor.



MATERIAIS E MÉTODOS

Telas do ambiente de supervisão

- Tela de Ajuda

TELA DE AJUDA 08/31/2017
7:46:33 PM
Thursday

MODO AUTOMÁTICO
O MODO AUTOMÁTICO, É O MODO DE FUNCIONAMENTO EM QUE TODO O SISTEMA, IRÁ FUNCIONAR EM FUNÇÃO DAS VARIÁVEIS DE CONTROLE. NESTE PROGRAMA AS VARIÁVEIS DE CONTROLE SÃO BASEADAS NOS 4 CONTROLADORES DE TEMPERATURA. LOGO A LÓGICA DO SISTEMA AUTÔNOMO, SOMENTE SERÁ VERDADEIRA, SE TODAS AS CONDIÇÕES DE TEMPERATURA FOREM ATENDIDAS.

MODO LOCAL
O MODO LOCAL É O MODO DE OPERAÇÃO NO QUAL O USUÁRIO TERÁ ACESSO A TODOS OS RECURSOS DISPONÍVEIS DO SISTEMA SEM DEPENDER DAS VARIÁVEIS DE CONTROLE

MODO DE FUNCIONAMENTO DO MOTOR
O SISTEMA DE CONTROLE DO SENTIDO DO MOTOR, NÃO PODERÁ SER MODIFICADO QUANDO O MOTOR ESTIVER EM FUNCIONAMENTO PARA MODIFICAR O SENTIDO DO MOTOR, SEJA NO MODO AUTOMÁTICO/MANUAL O USUÁRIO DEVERÁ, DESLIGAR O MOTOR. CASO CONTRÁRIO O SISTEMA, IRÁ INIBIR O COMANDO DE SENTIDO, POR MOTIVO DE SEGURANÇA DO SISTEMA

MODO AUTO

MODO MANUAL

VOLTA AVANÇA

Tela de Ajuda. Fonte: O Autor.



RESULTADOS

Testes realizados para validação do equipamento

- Teste dos intertravamentos do processo;
- Teste de Comunicação;
- Teste de Funcionamento a frio;
- Teste de funcionamento à quente;



RESULTADOS

Testes realizados para validação do equipamento

- Teste dos intertravamentos do processo;
- Teste de Comunicação;



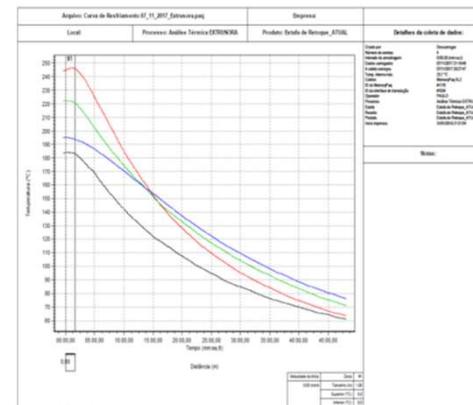
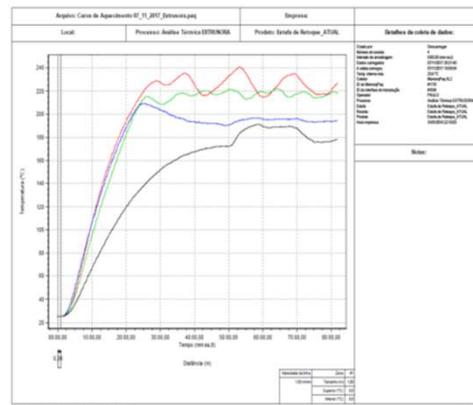
Teste de comunicação e intertravamento do processo. Fonte : O autor, 2017.



RESULTADOS

- Equipamento

Com base nos ensaios de funcionamento da arquitetura do supervisor, foi possível validar a proposta uma vez que o sistema de segurança não apresentou inconsistências. Na mesma linha com o teste de aquecimento e resfriamento, foi possível acompanhar o tempo necessário para aquecer (*turn on*), o equipamento a uma temperatura pré ajustada e definir o tempo necessário para (*turn off*) desligamento da planta.

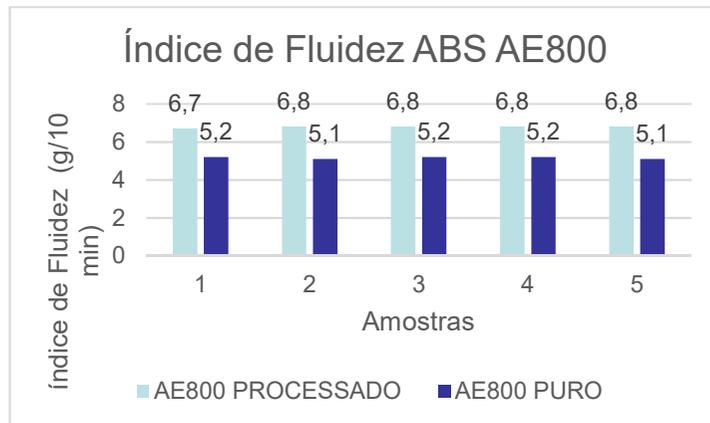


Curva de Aquecimento e Resfriamento. Fonte: O autor, 2017.



RESULTADOS

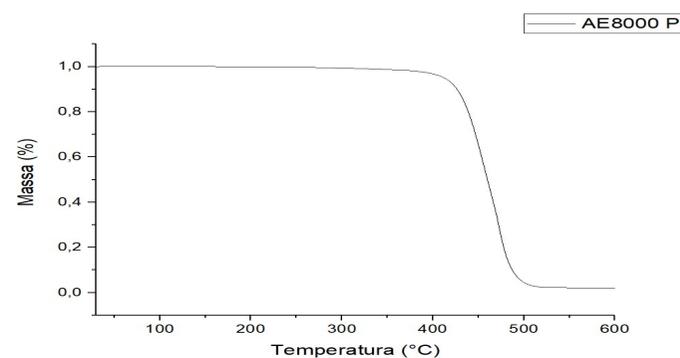
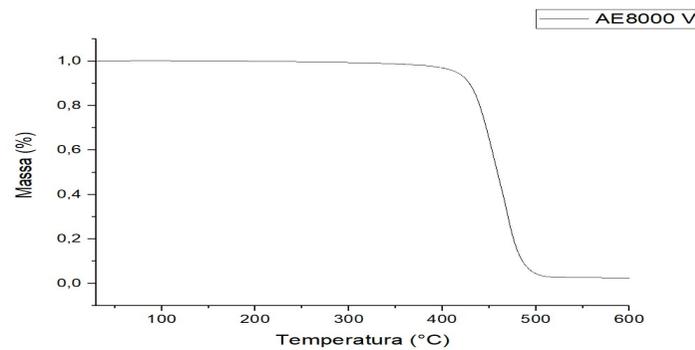
- ABS AE8000
- Análise reológica/Análise térmica



Resultado Índice Fluidéz AE800. Fonte: O autor, 2018.

	Material	
	ABS AE8000 P	ABS AE8000 V
Ti (°C)	340,7800	310,5400
Onset (°C)	411,7400	411,5400
Endset (°C)	466,9100	465,1500
Perda de Massa (30/550) (%)	97,8600	97,4256
Resíduo (%)	1,9883	2,4067
Nº de Picos	2	2

Resultado análise térmica AE800. Fonte: O autor, 2018.

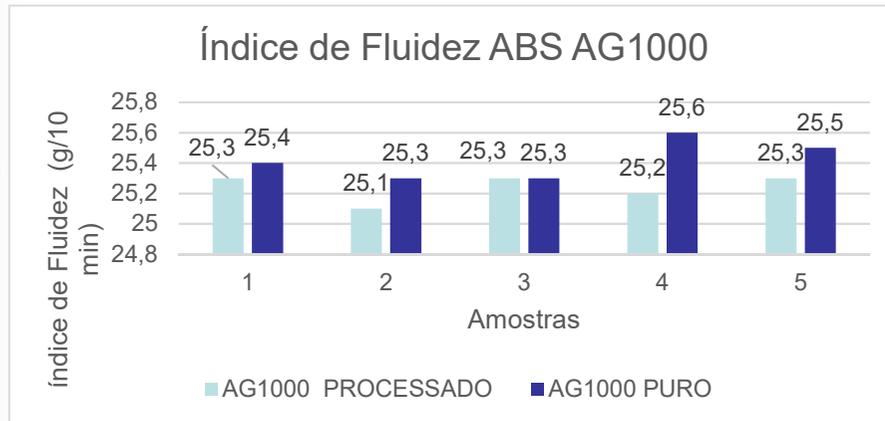


Resultado curva do TGA do material virgem e do material processado AE800. Fonte: O autor, 2018.



RESULTADOS

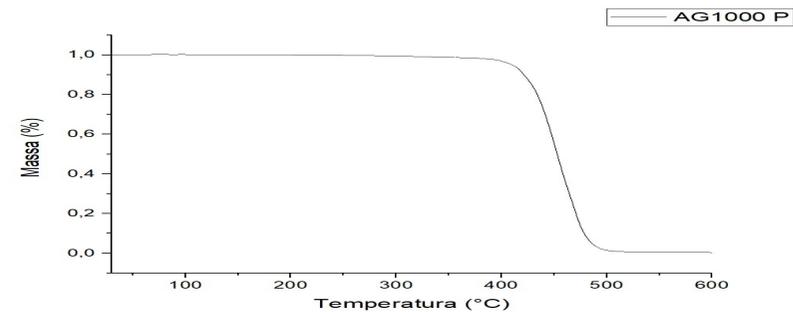
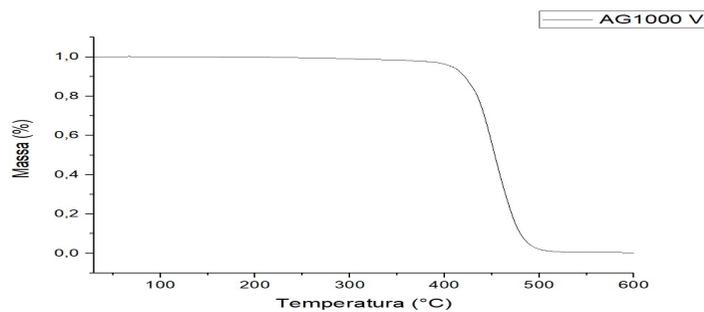
- ABS AG1000
- Análise reológica/Análise térmica



Resultado Índice Fluidez AG1000. Fonte: O autor, 2018.

	MATERIAL	
	ABS AG1000 P	ABS AG1000 V
Ti (°C)	333,2900	320,4700
Onset (°C)	409,0200	407,7800
Endset (°C)	465,2900	465,5200
Perda de Massa (30/550) (%)	99,3482	99,5381
Residuo (%)	0,4024	0,3391
Nº de Picos	2	2

Resultado análise térmica AG1000. Fonte: O autor, 2018.

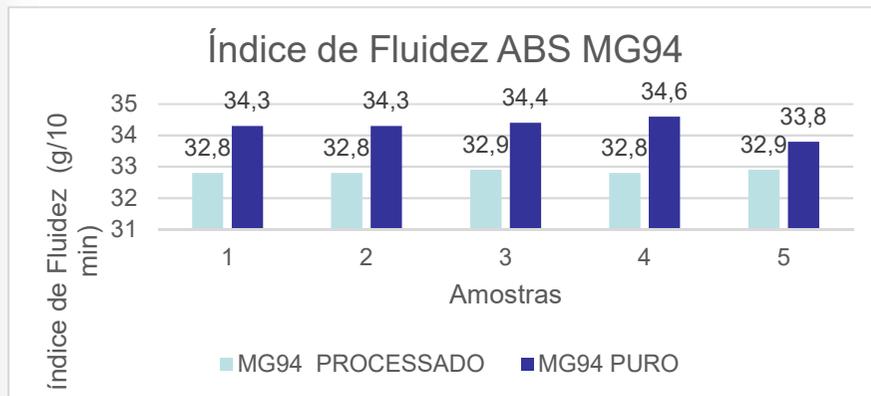


Resultado curva do TGA do material virgem e do material processado AG1000. Fonte: O autor, 2018.



RESULTADOS

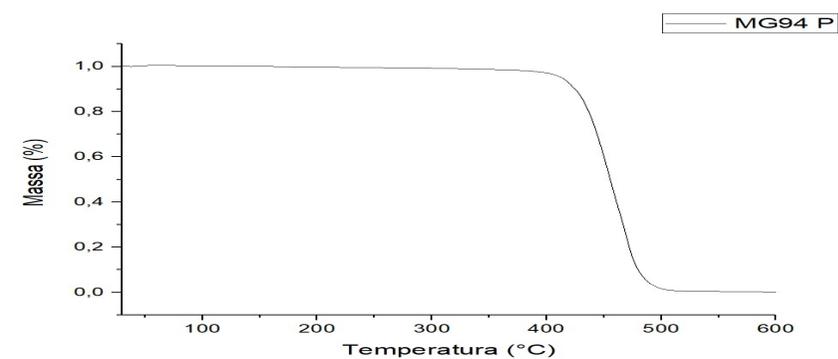
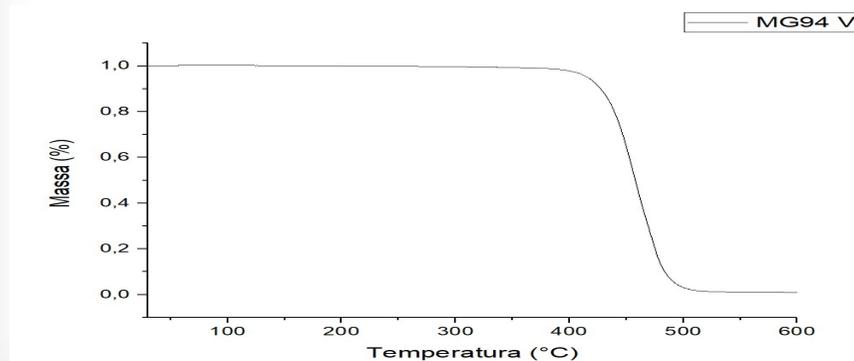
- ABS MG94
- Análise reológica/Análise térmica



Resultado Índice Fluidez MG94. Fonte: O autor, 2018.

	MATERIAL	
	ABS MG94 P	ABS MG94 V
Ti (°C)	310,1900	325,1900
Onset (°C)	410,2300	412,3500
Endset (°C)	466,3400	468,2200
Perda de Massa (30/550) (%)	99,8510	99,0001
Residuo (%)	0,1391	0,9381
Nº de Picos	2	2

Resultado análise térmica MG94. Fonte: O autor, 2018.



Resultado curva do TGA do material virgem e do material processado MG94. Fonte: O autor, 2018.

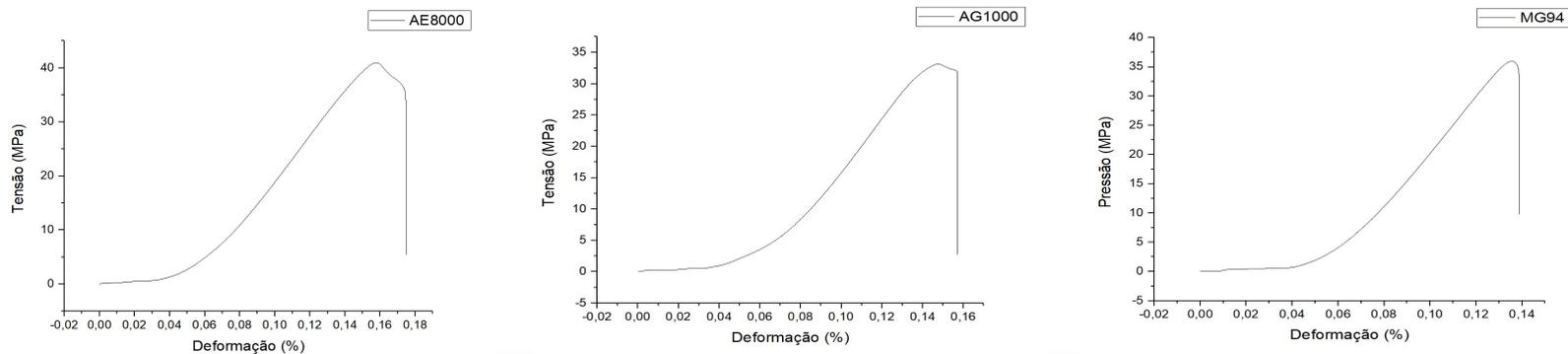


RESULTADOS

- ABS AE8000/AG1000/MG94
- Análise Mecânica

MATERIAL	AE8000	AE8000 F	AG1000	AG1000F	MG94	MG94F
Tensão Máxima (MPa)	39,4	43	34	38	35	35
Módulo de Young	431 ± 14	-	427 ± 43	-	442 ± 25	-
Taxa de Deformação na Tensão Máxima (%)	0,15 ± 0,01	-	0,15 ± 0,01	-	0,13±0,01	-

Resultado análise mecânica. Fonte: O autor, 2018.



Resultado curvas de tração dos materiais analisados. Fonte: O autor, 2018.



CONCLUSÃO

- Com a análise dos resultados obtidos neste trabalho, foi possível avaliar o comportamento do material, quando sujeito a parametrizações definidas no processo e o comportamento das solicitações do sistema, quando presente o comando de um utilizador, seja no modo manual e no modo automático. A interação do material com o meio em função das características visuais foram satisfatórias.
- A partir das análises para determinação do índice de fluidez, observou dois comportamentos similares o do material AE8000 e o do AG1000, entretanto o comportamento do MG94 sofreu uma variação na sua viscosidade, conseqüentemente, reduzindo o índice de fluidez, uma vez que a rosca com LD pequeno, agiu apenas como transporte deste material. Nessa análise, pode-se comprovar que a parametrização aplicada no software, não alterou as propriedades reológicas significativamente para os materiais estudados.



CONCLUSÃO

- Com o estudo do comportamento térmico, foi evidenciado que os materiais não perderam suas características térmicas de processamento, termicamente os três geraram resultados satisfatórios.
- Com a análise mecânica, foi possível evidenciar uma baixa dispersão entre as amostras de cada material, e observar o comportamento característico de materiais de origem do ABS com elevada rigidez e alta resistência a impacto.



PROPOSTAS FUTURAS

- Em função dos resultados obtidos neste trabalho, para melhor entender o comportamento de algumas variáveis do sistema, sugere-se a aplicação de sistemas de controle de pressão, afim de avaliar o comportamento do material, quando em aumento de pressão ou em queda de pressão.
- Desenvolvimento de um sistema para criação de filamentos, para aplicações como impressoras 3D.
- Desenvolvimento de um sistema de resfriamento e um sistema de controle de malha fechada para o processo térmico do canhão de extrusão x temperatura de resfriamento do material.
- Desenvolver um modelo de forma a otimizar a extrusora e prever melhor seus resultados, compreendendo como efetivamente o material está escoando no interior da mesma, desde sua alimentação, seu encaminhamento em todo fuso e por fim sua saída no bico extursor.



Agradecimentos

Obrigado!!





REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CANDIAN, L. M. **Estudo do Polietileno de Alta Densidade Reciclado Para Uso Em Elementos Estruturais**. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. [S.I.]. 2007.
- GALDÁMEZ, E. V. C. **Aplicação das Técnicas de Planejamento e Análise de Experimentos na Melhoria da Qualidade de um Processo de Fabricação de Produtos Plásticos**. USP. São Carlos. 2002.
- JOHN, R. et al. **Extrusion: the definitive processing guide and handbook**. Massachusetts: Elsevier Inc, 2014.
- LAWRENCE, H.; VLACK, V. **Princípios de Ciência dos Materiais**. 1ª. ed. São Paulo: Edgard Blücher LTDA, v. I, 2000.
- PARENTE, R. A. **Elementos Estruturais de Plásticos Reciclados**. Universidade de São Paulo. São Carlos. 2006.
- SEBIO, L. **Desenvolvimento de Plástico Biodegradável a Base de Amido de Milho e Gelatina pelo Processo de Extrusão: Avaliação das Propriedades Mecânicas, Térmicas e de Barreira**. Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 2003.
- SMITH, W. F. **Fundamentos de La Ciencia e Ingeniería de Materiales**. Mexico: McGRAW-HILL, 2006.
- SOUZA, M. D. V. et al. Influência de Diferentes Rotações no Processo de Extrusão de ABS Em Suas Propriedades Mecânicas. **Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia**, Fortaleza - CE, Setembro 2015.
- AKCELRUD, L. **Fundamentos da Ciência dos Polímeros**. Barueri, SP: Manole, 2007.
- CANEVAROLO JR, S. V. **Ciência Dos Polímeros**. 2ªEdição. ed. São Paulo: Artliber Editora, 2006.
- M FRANCHI, C. M.; CAMARGO, V. L. A. **Controladores lógicos programáveis - sistemas discretos**. 2ªed. ed. São Paulo: Érica, 2009. ISBN 978-85365-0199-4.
- MAITELLI, A. L. **Controladores lógicos programáveis**. Apostila de Controlado res Lógicos Programáveis. 2003.





REPRESENTAÇÃO DOS PROCESSOS

- Funcionamento do Equipamento a Frio
- Funcionamento do Equipamento a Quente
- Extrusão de ABS tipo 1