CENTRO ESTADUAL DE ENSINO PROFISSIONAL DE CURITIBA

CURSO TÉCNICO DE QUÍMICA INDUSTRIAL

PROCESSOS INDUSTRIAIS

RONY WYKROTA

Polímero

PROJETO DE UMA INDÚSTRIA DE FABRICAÇÃO DE FIBRA DE CARBONO

Trabalho de conclusão de curso apresentado à disciplina de Projetos Industriais do curso Técnico em Química Industrial, Centro Estadual de Ensino Profissional de Curitiba, orientado pelo professor Rony Wykrota.

CURITIBA

2015

REG.: TQ 363
DATA: 17/01/17

TQ 19.4

ANDRIOS ANDREI CAVICHIOLLO

PROJETO DE UMA INDÚSTRIA DE FABRICAÇÃO DE FIBRA DE CARBONO

CURITIBA

2015

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....1
1.1. JUSTIFICATIVA.....2
1.2. OBJETIVO.....2
1.3. LOCALIZAÇÃO.....2
1.4. INFRAESTRUTURA.....2
1.5. LOCALIZAÇÃO.....3
1.6. REGIME DE OPERAÇÃO.....3
2. PRODUTOS E MATERIAS PRIMAS.....3
2.1. POLIACRILONITRILA.....3
2.2. PIROLISE.....4
3. DESCRIÇÃO DO PROCESSO.....5
3.1. RECEBIMENTO DA MATERIA PRIMA.....5
3.2. ESTEIRA TRANSPORTADORA.....5
3.3. DOSADOR.....5
3.4. REATOR PIROLÍTICO.....5
3.5. FORNO DE CARBONIZAÇÃO.....6
3.6. SISTEMA DE RESFRIAMENTO.....6
3.7. EXAUSTOR.....7
3.8. TANQUE DE ARMAZENAGEM.....7
3.9. ARMAZENAMENTO DA FIBRA.....7
3.10. FLUXO DE PROCESSO.....8
4. BALANÇO DE MASSA.....9
5. BALANÇO DE ENERGIA.....10
5.1. AQUECIMENTO DA POLIACRILONITRILA.....10
5.2. PIROLÍSE.....11
5.3. CARBONIZAÇÃO.....12
5.4. RESFRIAMENTO.....12
6. DIMENSIONAMENTO.....13
6.1. ESTEIRA TRANSPORTADORA DE MATÉRIA PRIMA.....13
6.2. DOSADOR.....13
6.3. REATOR PIROLÍTICO.....14
6.4. FORNO DE CARBONIZAÇÃO.....15

6.5. SISTEMA DE RESFRIAMENTO.....16
6.6. CENTRIFUGA.....16
6.7. TANQUE DE ARMAZENAMENTO DE GASES.....17
7. CUSTOS E ÍNDICES ECONÔMICOS.....18
8. LAYOUT.....24
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....25

1. INTRODUÇÃO

Por muitos anos o aço vem sendo utilizado para construções de diversas estruturas que necessitam de uma elevada resistência e também para materiais que recebem certa quantidade de força e impacto. Apesar da grande resistência mecânica do aço, ele é um material muito pesado e com uma propriedade elástica considerável, desse modo, foi criado um material que atende essas características de força e resistência e que, por sua vez, possui uma massa menor que a massa do aço. Esse material é a Fibra de Carbono (FC).

Apesar da aplicação da FC ser voltada quase que exclusivamente para o setor de novas tecnologias e energias renováveis, a criação da mesma remonta meados do século XIX, quando Tomas Edison, carbonizou bambu e algodão e obteve a FC, da qual ele utilizou como filamento da lâmpada, que mais tarde foi substituído pelo filamento de tungstênio. O processo de produção da FC foi sendo aperfeiçoado ao longo do tempo, e adquirindo características cada vez mais distantes da fibra elementar manufaturada por Edison. A medida que as aplicações da FC se mostravam cada vez mais numerosas, o processo de produção foi sendo cada vez mais aperfeiçoado.

A fibra de carbono é caracterizada pela leveza, durabilidade e resistência, chega a ser três vezes mais resistente que o aço e oito vezes menos pesada, possui baixa elasticidade e alta resistência à tração e torção. Substituindo ligas metálicas que tem o inconveniente de serem pesadas e oxidáveis, a fibra de carbono não oxida, não conduz corrente elétrica, nem calor, portanto, supera as qualidades das ligas, eliminado a necessidade do uso dos metais.

Para a produção de fibras carbônicas o método utilizado é chamado pirólise, ou seja, a decomposição pelo calor, de algum material rico em carbono que retém a sua forma fibrosa através de tratamentos térmicos que resultam em carbonização com alto resíduo carbonáceo.

Para se produzir uma fibra carbônica de boa qualidade a partir de uma fibra precursora, é necessário um processo de tratamento térmico e condições controladas de pressão atmosférica, tempo e principalmente temperatura.

Existem inúmeras possibilidades de aplicações para a fibra de carbono. A indústria aeronáutica, automobilística, aeroespacial, de próteses de membros, são algumas das empresas que buscam esse tipo de material com alta qualidade, das

quais a fibra atende perfeitamente a essa demanda. A indústria de extração de petróleo também utiliza de fibra de carbono no processo.

1.1 Justificativa

Nos últimos anos, o consumo de fibra de carbono no Brasil foi de, aproximadamente, 2 mil toneladas em 2013 e espera-se que esse consumo atinja um valor entre 7 e 12 mil toneladas em 2020. Esses valores equivalem a um mercado de 165 a 290 milhões de dólares, representando uma participação de 5 a 9% do mercado mundial (BNDS, 2014).

Tendo em vista a perspectiva de crescimento desse mercado, fica clara a necessidade de implantação de uma indústria de produção de fibra de carbono no Brasil para suprir o futuro consumo interno, a fim de evitar recorrer à importação desse material.

1.2 Objetivo

Visto que atualmente as empresas visam produzir seus produtos de alta qualidade, atendendo as exigências de seus clientes, a fibra de carbono vem sendo muito utilizada para suprir essa necessidade de um material com alto padrão.

Tem-se o objetivo de produzir e fornecer as empresas que buscam um material de alta qualidade como: resistência mecânica, resistência térmica, durabilidade, rigidez e anti-aderência.

1.3 Localização

A empresa localiza-se na cidade de São José dos Pinhais, no Contorno Leste da BR 116 sentido Curitiba/São Paulo, devido à facilidade e agilidade para transportar os produtos. O terreno é próprio e a empresa possui autorização da Secretaria Municipal do Meio Ambiente para seu funcionamento, devido aos resíduos gerados na produção da fibra de carbono.

1.4 Infraestrutura

A *CarbonFiber* é uma empresa de pequeno porte que tem uma área total de 7000m² com aproximadamente 24 funcionários, situa-se próximo a zona urbana e possui um barracão de 4000m² para produção e recebimento de matéria prima. A empresa divide-se em: Área de recebimento da matéria prima, estoque da matéria prima, área de produção, laboratório de analises, setor administrativo e comercial,

vestiários, área de embalagem e setor de armazenamento e distribuição do produto acabado.

O abastecimento de água é feito pela Sanepar, o fornecimento de energia elétrica pela Copel e o de gás combustível pela Petrobras.

1.5 Volume de produção

O volume de produção é mensal e os valores são de acordo com estipulado no contrato de cada cliente. Em média a empresa produz cerca de 2 toneladas de fibra de carbono por dia, aproximadamente 486 toneladas ao ano.

O produto é enviado aos consumidores uma vez por mês podendo variar conforme a demanda de produção. Para clientes fixos, semanalmente são enviados por caminhões com volume de carga especifico.

Na linha de produção o produto final é dividido para cada tipo de cliente.

1.6 Regime de operação

O horário de atividade da empresa é de 8 horas, dividido em um único turno das 8:00 horas as 16:00 horas, de segunda a sexta-feira, com um total de 22 dias trabalhados por mês, podendo haver hora extra conforme a necessidade.

2. PRODUTOS E MATERIAS PRIMAS

2.1 Poliacrilonitrila

A principal matéria prima utilizada para fabricação da fibra de carbono é a Poliacrilonitrila, também chamada de PAN. O PAN é um polímero de adição, ou seja, é formado por adições sucessivas de monômeros iguais (figura 1), que no seu caso é a acrilonitrila, molécula também denominada de cianeto de vinila, cianeto de etelina ou de propenonitrila.

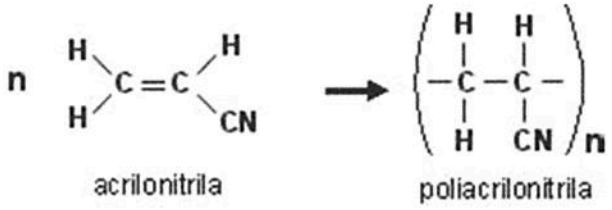


Figura 1 (polimerização da PAN)

A acrilonitrila foi descoberta em 1893, pelo químico francês C. Moreau, e foi obtida a partir da desidratação da etilenocianidrina ou metanolacetonitrila, com pentóxido de fosforo, porém só foi utilizada com conhecimento de suas propriedades

30 anos mais tarde. A partir do momento que as pesquisas em torno da acrilonitria se intensificaram, e as propriedades desse material foram sendo desvendados, diversos cientistas se interessaram em descobrir um solvente que a acrilonitrila fosse miscível, a fim de obter fibras acrílicas. A empresa Dupont chegou à frente na corrida da acrilonitrila e desvendou que o solvente Dimetilormamida, a qual era perfeitamente miscível na acrilonitrila. Logo depois, intensificavam-se as pesquisas no sentido de desenvolver um processo de fiação que produzisse fibras capazes de substituir tanto o algodão como a lã.

O polímero obtido através da reação de polimerização é um pó branco, que é tratado com solventes apropriados, do qual se obtém a poliacrilonitrila. A poliacrilonitrila não se funde, pois ao ser aquecida em temperaturas acima de sua temperatura de transição vítrea (entre 80 e 100°C), inicia-se processo de degradação antes de atingir seu ponto de fusão, que ocorre no intervalo de 317 a 350°C, seus agrupamentos nitrílicos (CN) sofrem ciclização, liberando energia e gases, transformando-se, assim, em um resíduo preto que é usado na produção de fibras de carbono.

Esse polímero é predominantemente amorfo, possui boa resistência a solventes químicos, resistência à luz actínia, pois é o polímero mais resistente entre todos à degradação pela luz solar, principalmente pelos raios ultravioleta além de ser anti-chama, por apresentar baixa combustibilidade, uma vez que ao entrar em contato com a chama, queima produzindo um produto rico em carbono que impede a propagação do fogo.

2.2 Pirólise

A palavra pirolise deriva do grego *piro*, que significa "fogo" e *lise*, que significa "quebra". Assim, a pirólise pode ser definida como "quebra pelo fogo". (*J.D. Rocha - UNICAMP*).

Pirólise é o processo onde a matéria orgânica é decomposta após ser submetida a condições de altas temperaturas e ambiente rico de oxigênio, através da pirólise a matéria orgânica pode ser convertida em diversos subprodutos. Um resíduo sólido, constituído, por carbono quase puro (char) e ainda, por vidros, metais e outros materiais inertes (escória). O que interessa para produção da fibra de carbono é esse resíduo carbônico.

Os processos pirolíticos são endotérmicos, pois é necessário fornecer externamente calor ao sistema para que a reação de pirólise aconteça. Esses processos acontecem nos reatores piroliticos.

No reator pirólitico, a matéria orgânica passa por uma série de etapas. A primeira é denominada de zona de secagem, onde a temperatura varia entre 100ºC e 150ºC. Logo após segue para a zona de pirólise, onde ocorrem a fusão, volatilização e oxidação. Nessa etapa a temperatura pode chegar a 300ºC e são retirados vários subprodutos, como álcoois e alcatrão. Em seguida o processo é finalizado na zona de resfriamento, onde são coletados produtos como o bio-óleo.

3. DESCRIÇÃO DO PROCESSO

3.1 Recebimento da matéria prima

A matéria prima (Poliacrilonitrila) é fornecida pela empresa chinesa China National Blue Star Corp. que situa-se no Reino Unido. A PAN chega à área de recebimento em sacos com 10kg cada, os sacos são retirados do caminhão e levados para o setor de armazenamento da matéria prima, próximo à linha de produção para agilizar o processo.

3.2 Esteira Transportadora

O processo inicia-se com a entrada da PAN na esteira transportadora, a qual leva a matéria prima até o dosador onde se inicia o pré-aquecimento.

3.3 Dosador

Na entrada do dosador existe um compartimento de pré-aquecimento, onde a temperatura é de aproximadamente 150ºC. Nesse compartimento é retirada toda umidade da PAN para então seguir ao dosador, uma rosca sem fim que direciona a PAN, já seca, para o reator pirolitico onde se inicia a oxidação da matéria prima. Esse processo de secagem e dosagem leva cerca de 10 minutos.

3.4 Reator Pirolitico

A poliacrilonitrila é adicionada em quantidades controladas na entrada do reator, anteriormente seca no dosador para seguir então a zona de pirolise, onde a PAN é oxidada, sendo aquecida a 300ºC (essa etapa é chamada de pirolise lenta) onde o material é empregado a baixas temperaturas por um longo tempo (duas a três horas) em uma atmosfera rica em oxigênio. Isso faz com que sofra um

esticamento preciso, que alinha suas moléculas rompendo as pontes de hidrogênio e oxigênio que se quebram liberando as impurezas da fibra como mostra na figura 2.

Figura 2 (ciclização da PAN)

Por fim a Poliacrilonitrila pirolisada vai para o forno de carbonização onde é carbonizada totalmente a fibra.

3.5 Forno de carbonização

Segundo Marcuzzo, a carbonização é o processo responsável pela transformação da fibra polimérica em fibra de carbono, no forno de carbonização ocorre a terceira etapa do processo, nele a poliacrilonitrila pirolisada é aquecida gradativamente para carbonização completa das fibras numa atmosfera inerte, normalmente com o gás Argônio, a temperatura nessa etapa pode chegar a 2500ºC e o tempo de carbonização é de 35 minutos, a temperatura deve ser aumentada aos poucos para não comprometer os filamentos da PAN. No final do forno as fibras de carbono acabadas são resfriadas por uns sistema de refrigeração acoplado ao equipamento na saída para as esteiras transportadoras.

A estrutura da PAN oxidada é formada basicamente por C, H, O e N logo, o processo de carbonização libera gases tóxicos que contém: nitrogênio, dióxido de carbono, cianeto de hidrogênio e amônia que são sugados pelo exaustor.

3.6 Sistema de resfriamento

Logo após a carbonização, na saída do forno, existe um sistema que injeta uma corrente de ar frio a fim de diminuir a temperatura das fibras que sai do forno. Esse sistema possui um motor que puxa o ar atmosférico e direciona-o a saída das fibras no final do processo diminuindo a temperatura para 45ºC.

3.7 Exaustor

Na etapa de carbonização, os gases tóxicos liberados devido, a queima da Poliacrilonitrila, são sugados pelo exaustor que fica na parte superior do forno. Os gases são transferidos para um tanque hermético sob pressão a ponto de liquefazer alguns desses gases. Eventualmente os gases são coletados pela empresa Essencis, a qual da o destino correto aos mesmos.

3.8 Tanque de armazenagem

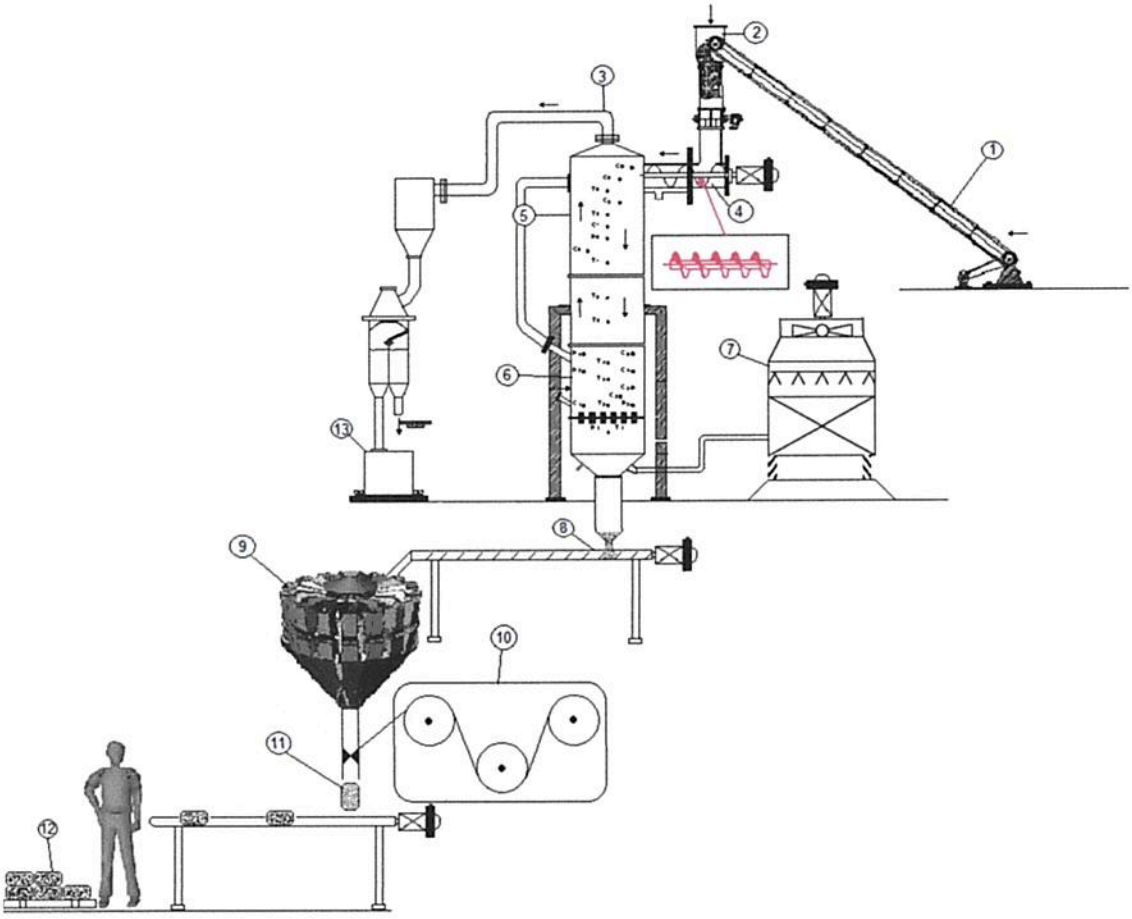
Os tanques de armazenagem dos gases são herméticos, ou seja, totalmente selados sem contato com oxigênio e sob pressão elevada para liquefazer o gás cianeto, por exemplo, diminuído seu volume. Com níveis interno para separar os gases por densidade, o tanque tem um controlador de nível, que assim que chega à sua capacidade limitante é acionada a empresa responsável para vir captar os gases produzidos.

3.9 Armazenamento da Fibra

Por fim, após a obtenção das fibras de carbono, o produto acabado (parcialmente frio) é levado por uma esteira transportadora à máquina de embalagem. A fibra cai numa espécie de centrifuga que homogeniza as fibras e as deixa soltas para passar pelo dosador que libera uma determinada quantidade de fibra que é armazenada em sacos plásticos que são selados mecanicamente.

Os sacos são transportados por uma esteira até o operador que os coloca em pellets com 45 sacos de 10kg num total de 450kg de fibra de carbono por pallet.

3.10 Fluxo do processo

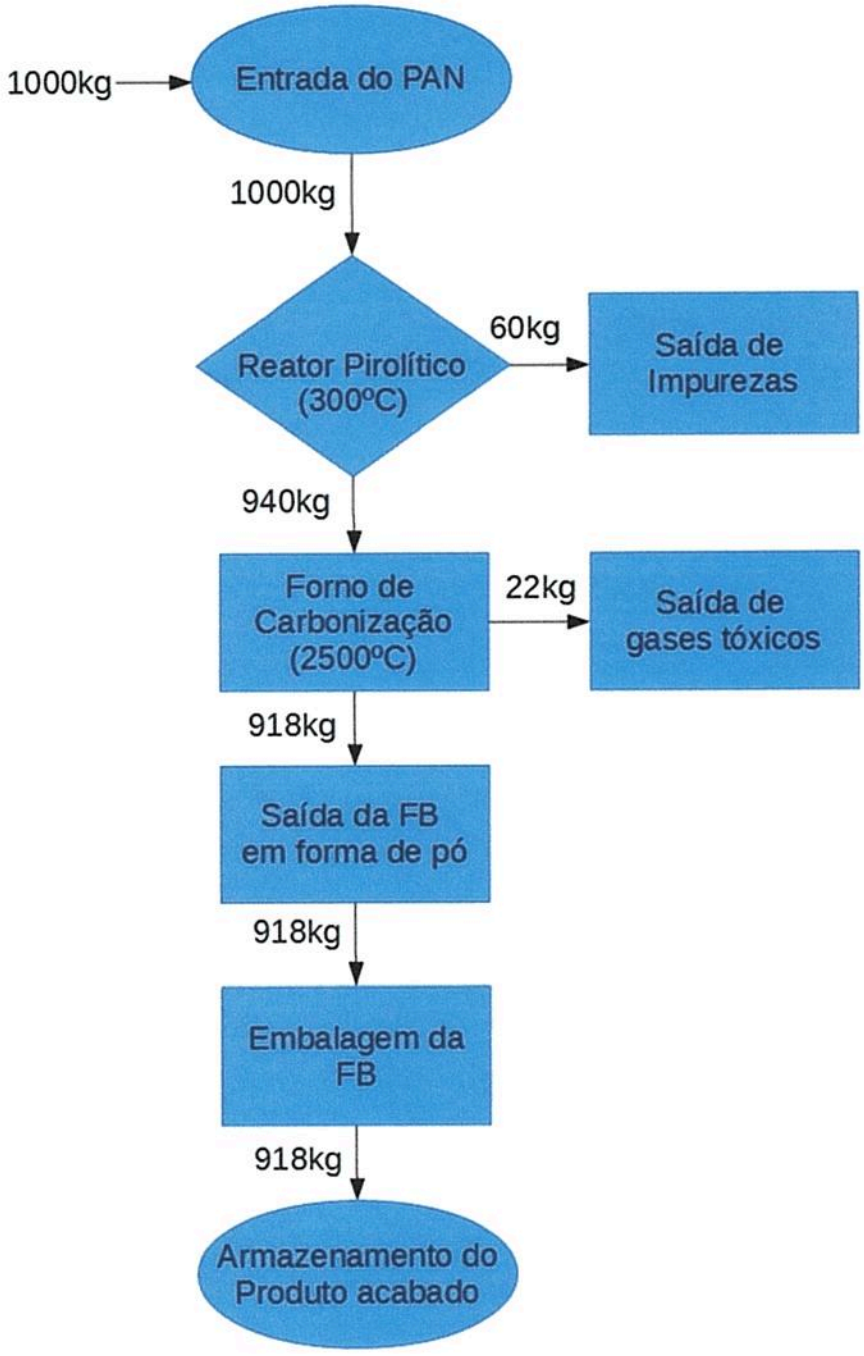


(Processo de fabricação da FC)

1. Esteira transportadora da PAN
2. Silo de secagem
3. Exaustor
4. Dosador
5. Reator Pirolitico
6. Forno de Carbonização
7. Equipamento de refrigeração
8. Esteira transportadora da FC
9. Centrifuga homegenizadora
10. Maquina de embalagem

11. Saco de FC
12. Pallet de FC
13. Tanque de armazenamento dos gases

4. BALANÇO DE MASSA



5. BALANÇO DE ENERGIA

5.1 Aquecimento da Poliacrilonitrila

Q=m · cp · ΔT

m=1000000g

cp=0,0493 kJ$K^{-1}\ mol^{-1}$ $\quad 0{,}0493\frac{\cancel{kJ}}{\cancel{Kmol}} \times \frac{10^3\cancel{J}}{1\cancel{kJ}} \times \frac{1cal}{4{,}18\cancel{kJ}} \times \frac{\cancel{274K}}{1ºC} \times \frac{\cancel{1mol}}{130.000g} = 0{,}0248\frac{cal}{gºC}$

ΔT= (150ºC - 20ºC)

Q=1000000g x $0{,}0248\frac{cal}{gºC}$ x 130ºC

Q=3.224.000cal

Fonte de energia – resistência elétrica

1cal	-	1,168x10^{-6}kWh
3.224.000cal	-	x

X= 3,76kWh

Potencia

Tempo: 0,16h (10minutos)

- $\frac{kWh}{h} = \frac{3760}{0{,}16}$ = 23.500 kW

5.2 Pirolise

Q=m · cp · ΔT

m=940000g

cp=0,0688 kJ$K^{-1}\ mol^{-1}$ $0{,}0688\frac{kJ}{Kmol}$ x $\frac{10^3 J}{1kJ}$ x $\frac{1cal}{4{,}18kJ}$ x $\frac{274K}{1ºC}$ x $\frac{1mol}{130.000g}$ = $0{,}0346\frac{cal}{gºC}$

ΔT=(300ºC – 150ºC)

Q=940000g x $0{,}0346\frac{cal}{gºC}$ x 150ºC

Q=4.878.600cal

Fonte de energia – resistência elétrica

1cal	-	1,168x10^{-6}kWh
4.878.600cal	-	x

X= 5,67kWh

Potencia

Tempo:3h

- $\frac{kWh}{h} = \frac{5670}{3}$ = 1.890 kW

5.3 Carbonização

Q=m · cp · ΔT

m=918000g

cp=0,0862 kJ$K^{-1}\ mol^{-1}$ $0{,}0862\frac{kJ}{Kmol}$ x $\frac{10^3 J}{1kJ}$ x $\frac{1cal}{4{,}18kJ}$ x $\frac{274K}{1ºC}$ x $\frac{1mol}{130.000g}$ = $0{,}0435\frac{cal}{gºC}$

ΔT=(2500ºC – 300ºC)

Q=918000 x $0{,}0435\frac{cal}{gºC}$ x 2200ºC

Q=87.852.600cal

Fonte de energia – resistência elétrica

1cal - 1,168x10^{-6}kWh

87.852.600cal - x

X= 102,61 kWh

Potencia

Tempo: 0,33h (20minutos)

- $\frac{kWh}{h} = \frac{102610}{0{,}333}$ = 308.138,138 kW

5.4 Resfriamento

Q=m · cp · ΔT

m=918000g

cp=0,0862 kJ$K^{-1}\ mol^{-1}$ $0{,}0862\frac{kJ}{Kmol}$ x $\frac{10^3 J}{1kJ}$ x $\frac{1cal}{4{,}18kJ}$ x $\frac{274K}{1ºC}$ x $\frac{1mol}{130.000g}$ = $0{,}0435\frac{cal}{gºC}$

ΔT=(45ºC - 2500ºC)

Q=918000 x $0{,}0435\frac{cal}{gºC}$ x (-2455ºC)

Q= -98.035.515cal

Fonte de energia – resistência elétrica

1cal - 1,168x10^{-6}kWh

-98.035.515cal - x

X= -114,50 kW

6. DIMENSIONAMENTO

6.1 Esteira transportadora da matéria prima

Tipo: Esteira transportadora rolante com abas de separação e inclinação de 45º em relação ao solo.

Capacidade: 1000kg

Dimensão: 6m de comprimento x 1m de largura x 30º de inclinação

Altura: 5,24m de altura em relação ao solo, pois o equipamento encontra-se a 1m de altura do solo.

6.2 Dosador

Tipo: Dosador de entrada de matéria prima no reator.

Figura 3 (Dosador)

Capacidade: 120kg;

Dimensão: 2,5m de comprimento x 60cm de diâmetro da rosca sem fim;

Potência: 7.500 W (rever a potencia de todos)

Resistências: Filamentos de Tungstênio

Temperatura máxima: 200ºC

Temperatura de trabalho: ~150ºC

Tempo de dosagem: ~10minutos

6.3 Reator Pirolítico

Tipo: NOME DO REATOR feito de aço inox com uma manga de óleo por dentro para manter a temperatura.

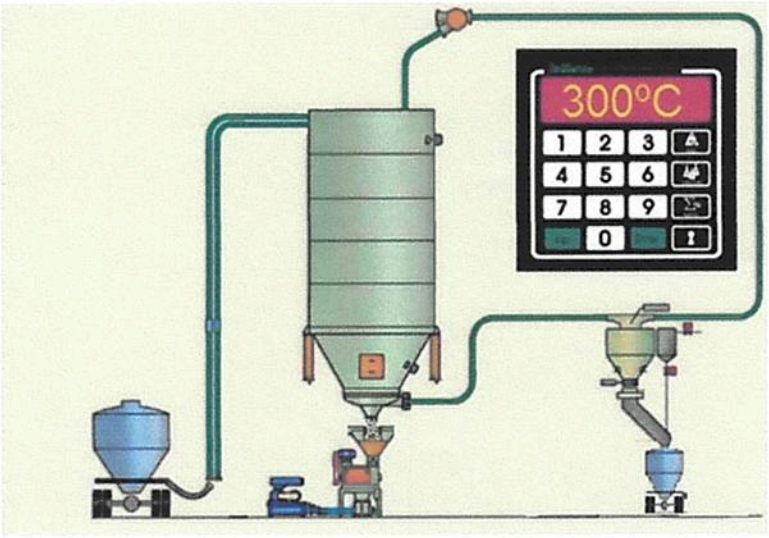


Figura 4 (Esquema do reator Pirolítico)

Capacidade: 1000kg

Dimensão: 2m de altura x 1,8m de diâmetro

Potência: 40.000 W

Temperatura Máxima: 500ºC

Temperatura de trabalho: 300ºC

Tempo de Pirólise: ~3 horas

6.4 Forno de Carbonização

Tipo: Forno de Carbonização AIX GG-5 é feito de material refratário para manter a temperatura interna.

Capacidade: 1500kg

Dimensão: 2,2m de altura x 1,8m de diâmetro

Potência: 75.000 W

Temperatura máxima: 2500ºC

Temperatura de trabalho: ~2500ºC

Tempo de carbonização: ~35 minutos

6.5 Sistema de resfriamento

Tipo: Soprador de Ar seco *NewJet*, injeta ar seco na saída do forno de carbonização para diminuir a temperatura do produto acabado.

Capacidade: 600l/s

Potência: 3800 W

Dimensão: 1,7m altura x 1m de comprimento x 90cm largura

Temperatura de entrada: 25ºC (calculo transferência de calor)

Temperatura de saída: 45ºC

6.6 Centrifuga homegenizadora e injetora

Tipo: Centrifuga injetora Masipack, pra soltar as fibras carbonizadas e homogeneizar o produto acabado para ser ensacado na embaladora. A rotação da fibra acaba resfriando a mesma diminuindo a temperatura para ~30ºC.

Capacidade: 300kg

Dimensão: 2m de altura x 3m de diâmetro

Potência: 2.300 W

Temperatura: 45ºC

Tempo de rotação: Continuo

6.7 Tanque de armazenamento de gases

Tanque hermético *Chengde* modelo CFL15/Vertical para armazenar e liquefazer gases liberados durante o processo de carbonização e pirólise.

Tipo: Aço carbono

Capacidade: 15m³/15.000L

Dimensão: 2,5 diâmetro x 6m de altura

Potencia: 3.100 W

Pressão de trabalho: 2,16Mpa

Temperatura: -5ºC

7. CUSTO E ÍNDICES ECONÔMICOS

1. Investimentos

Equipamentos:		Terreno	2.000.000,00
Esteira transportadora I	15.000,00	Edificações	450.000,00
Dosador	11.000,00	Equipamentos	3.286.000,00
Reator pirolitico	770.000,00	Veículos	140.000,00
Forno de Carbonização	540.000,00	Instalações Elétricas	35.000,00
Esteira transportadora II	8.000,00	Instalações Hidráulicas	35.000,00
Centrifuga e injetora	290.000,00	Eq. Laboratório	198.000,00
Embaladora	158.000,00	Eq. Escritório	25.000,00
Esteira transportadora III	8.000,00		
Tanque de armazenamento	210.000,00		
Injetora de ar	76.000,00		
Espectometro	200.000		
Outros Equipamentos	1.000.000		
Total de Equipamentos	3.286.000	**Total de Investimentos**	**6.169.000,00**

2. Receita

Produtos	Produção/mes	Preço Kg.	Total
Fibra de Carbono	40.392	56,75	2.292.246,00
		Receita Total	**2.292.246,00**

3. Impostos

2.1 ICMS (alíquota 18%)	412.604,28
2.2 PIS (alíquota 1,65%)	37.822,06
2.3 CONFINS (alíquota 3%)	68.767,38
Total de Impostos s/ Faturamento	**519.193,72**
2.5 CPMF (alíquota 0,38%)	**8.710,53**

4. Custos

4.1 Matéria Prima

Matéria Prima	Qtidade mês	Preço Unit.	Total
Poliacrilonitrila	44.000	24,00	1.056.000,00
		Total Matéria Prima	**1.056.000,00**

4.2 Combustíveis

Combustível	Qtidade mês	Preço Unit.	Total
Cilindro de Argônio	2	178	356,00
Comb. Caminhão	560	2,75	1.540,00
		Total de Combustíveis	**1.540,00**

4.3 Embalagens

Embalagens	Qtidade mês	Preço Unit.	Total
Embalagem 10kg	40.392	0,20	807,84
	Total Embalagem		**807,84**

4.4 Água/Tratamento de Esgoto

	Qtidade/m³ mês	Preço Unit.	Total
Água de Processo	238	4,00	952,00
Água para Limpeza	300	4,00	1.200,00
Água de Higiene	273	4,00	1.092,00
Tratamento de Esgoto	220	4,00	880,00
		Total	**4.124,00**

4.5 Tratamento de Efluentes Líquidos e Gasosos (lavador de gases)

	Qtidade/m³ mês	Preço Unit.	Total
Tratamento de Efluentes	650	2,04	1.326,00
		Total	**1.326,00**

4.6 Energia

Energia Elétrica p/ motores, iluminação e administrativo		(alíquota de 4% do receita)		91.689,84
Energia Elétrica p/ aquecimento em kcal/mês	R$ 238.000,00	conversão kwh	276,8	135,63
Sistema de Resfriamento - Schiller em kcal/mês	3.500	conversão kwh	4,1	1,99
(R$ 0,49/kWh)			**Total Energia**	**91.827,46**

4.7 Manutenção

Alíquota do faturamento	2%	**Total Manutenção**	**45.844,92**

4.6 Energia

Energia Elétrica p/ motores, iluminação e administrativo		(alíquota de 4% do receita)		91.689,84
Energia Elétrica p/ aquecimento em kcal/mês	R$ 238.000,00	conversão kw h	276,8	135,63
Sistema de Resfriamento - Schiller em kcal/mês	3.500	conversão kw h	4,1	1,99
(R$ 0,49/kWh)			**Total Energia**	**91.827,46**

4.7 Manutenção

Alíquota do faturamento 2% **Total Manutenção 45.844,92**

4.8 Mão de Obra Direta

Função	N.º Func.	Salário/Fun	Encargos 80%	Total
Téc. Químico	1	R$ 3.000,00	2400,00	5400,00
Estagiario	1	R$ 800,00	640,00	1440,00
Comprador	1	R$ 1.500,00	1200,00	2700,00
Contador	1	R$ 3.000,00	2400,00	5400,00
Auxiliar compras	1	R$ 1.200,00	960,00	2160,00
Gerente RH	1	R$ 3.000,00	2400,00	5400,00
Auxiliar RH	1	R$ 1.200,00	960,00	2160,00
Resp. pelo recebimento	1	R$ 1.200,00	960,00	2160,00
Aux. Produção	3	R$ 1.000,00	800,00	5400,00
Operador de Forno	2	R$ 1.500,00	1200,00	5400,00
Operador de Embalagem	1	R$ 1.500,00	1200,00	2700,00
Resp. pela logística	1	R$ 1.500,00	1200,00	2700,00
Aux. Logistica	1	R$ 1.000,00	800,00	1800,00
Responsável de fabrica	1	R$ 3.000,00	2400,00	5400,00
Téc. Eletronico	1	R$ 3.000,00	2400,00	5400,00
Responsável pelo Almox.	1	R$ 1.200,00	960,00	2160,00
Tia da limpeza	2	R$ 900,00	720,00	3240,00
Zelador	1	R$ 900,00	720,00	1620,00
Motorista	2	R$ 1.300,00	1040,00	4680,00
	Total de Mão de Obra Direta			**67320,00**

4.9 Mão de Obra Indireta

Serviço	nº	Custo	Encargos 80%	Total
Entrega da PAN	1	5800,00	4640,00	10440,00
Destino do residuo gasoso	1	500,00	400,00	900,00
	Total de Mão de Obra Indireta			**11340,00**

4.9.1 Pró Labore

Valor mensal 6.000,00 Encargos 20% 1.200,00 Total **7.200,00**

4.10 Despesas de Laboratorio

Gás Argonio	178,57
Total de Laboratorio	178,57

4.11 Depreciação

Investimento	Valor	Alíquota %aa	Custo mensal
Edificações	450.000,00	4	1.500,00
Equipamentos	3.286.000,00	10	27.383,33
Veículos	140.000,00	20	2.333,33
Instalações Elétricas	35.000,00	10	291,67
Instalações Hidráulicas	35.000,00	10	291,67
Equipamentos de Laboratório	198.000,00	10	1.650,00
Equipamentos de Escritório	25.000,00	10	208,33
		Total Depreciação	**33.658,33**

4.12 Seguro

Item	Valor	Alíquota %aa	Custo mensal
Edificações	450.000,00	0,5	**187,50**
Equipamentos	987.000,00	1,0	**822,50**
Veículos	3.000,00	2,0	**5,00**
Instalações Elétricas	35.000,00	1,0	**29,17**
Instalações Hidráulicas	35.000,00	1,0	**29,17**
Eq. Escritório e Laboratório	198.000,00	1,0	**165,00**
Equipamentos de Escritório	25.000,00	1,0	**20,83**
		Total Seguro	**1.259,17**

4.13 Juros sobre Capital Próprio %

Capital Próprio	Alíquota % aa	Custo Mensal
6.169.000,00	12	**61.690,00**

4.14 Juros sobre Financiamento %

Financiamento	Alíquota % aa	Custo Mensal
950.000,00	26	**9.500,00**

4.15 Despesas Bancarias - Capital de Giro

percentual - faturamento	30%
valor descontado	687.673,80
alíquota % a m	4,0
Total Bancarias	**27.506,95**

4.16 Despesas Administrativas

percentual do faturamento	2%
Total Administrativas	**45.844,92**

4.18 Despesas de Venda

percentual - faturamento	5%
Total Vendas	**114.612,30**

5. Análise de Custos

5.1 Custos Industriais

Matéria prima		1.056.000,00
Combustível		1.540,00
Embalagens		807,84
Água/Esgoto		4.124,00
Tratamento de Efluentes		1.326,00
Energia Elétrica		91.827,46
Manutenção		45.844,92
Mão de Obra Direta		67.320,00
Despesas de Laboratorio		178,57
	total	**1.268.968,79**

5.2 Custos Variáveis

Custos Industriais		1.268.968,79
Impostos s/ Faturamento		519.193,72
Imposto de Renda		32.462,94
CPMF		8.710,53
Despesas Bancarias		27.506,95
Despesas de Vendas		114.612,30
	total	**1.971.455,24**

5.3 Custos Fixos

Mão de Obra Indireta		11.340,00
Pró Labore		15.000,00
Depreciação		33.658,33
Seguros		1.259,17
Despesas Administrativa.		45.844,92
Aluguel e Taxas		0,00
Juros sobre capital		61.690,00
Juros s/ financiamento		9.500,00
Despesas de Marketing		0,00
	total	**178.292,42**

6. Exeqüibilidade Econômica

(+)	Receita	2.292.246,00
(-)	Custo Industrial	1.268.968,79
(-)	Impostos s/ Faturamento	519.193,72
(=)	Lucro Bruto	**504.083,49**
(-)	CPMF	8.710,53
(-)	Despesas Bancarias	27.506,95
(-)	Despesas de Venda	114.612,30
(-)	Mão de Obra Indireta	11.340,00
(-)	Pró Labore	7.200,00
(-)	Seguros	1.259,17
(-)	Despesas administrativa.	45.844,92
(-)	Aluguel e Taxas	0,00
(-)	Despesas de Marketing	0,00
(=)	Lucro Operacional	**287.609,61**
(-)	Juros sobre capital	61.690,00
(-)	Juros s/ financiamento	9.500,00
(=)	Lucro Tributável	**216.419,61**
(-)	Imposto de Renda	32.462,94
(=)	Lucro Liquido	**183.956,67**
(-)	Depreciação	33.658,33
(=)	Disponibilidade Liquida	**150.298,34**

7. Ponto de Equilíbrio

$$\frac{\text{Custos Fixos}}{\text{Receita - Custos Variáveis}} \times 100$$

PE = 55,58 %

8. Rentabilidade Líquida

$$\frac{\text{Lucro Líquido}}{\text{Investimentos}} \times 100$$

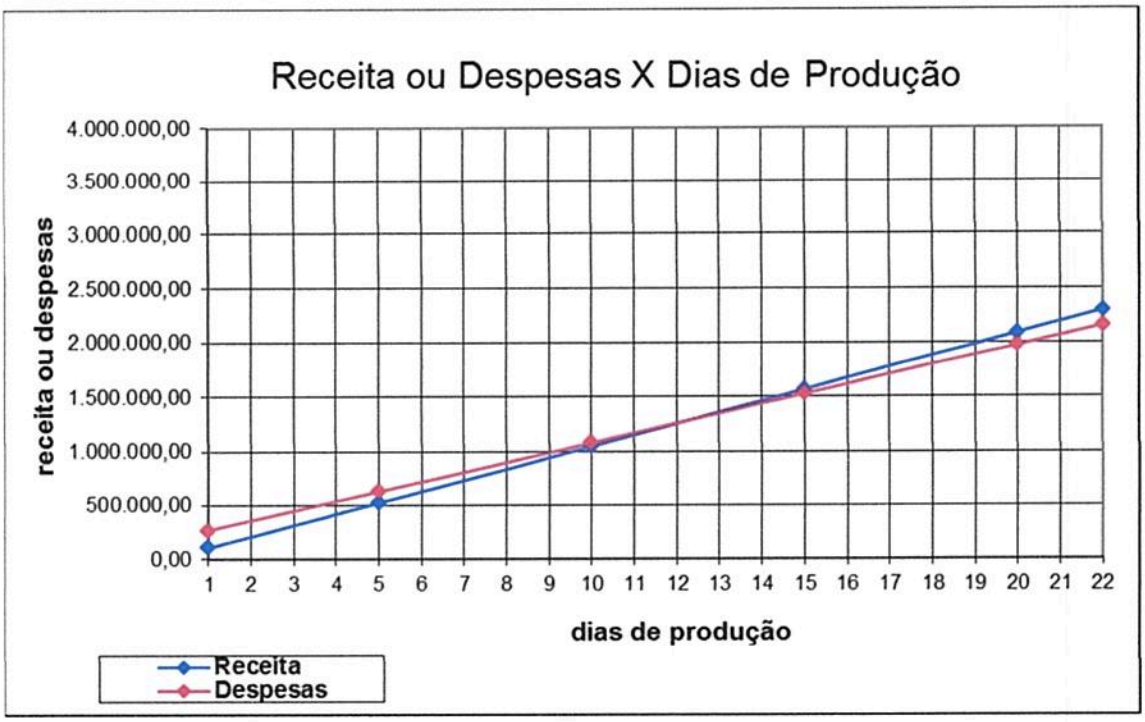
RL = 2,98 %

9. Tempo de Retorno do Investimento

$$\mathbf{Tr} = \frac{\text{Investimento}}{\text{Lucro Liquido}} /12 = \frac{6.169.000,00}{183.956,67} /12 = \mathbf{2,79} \text{ anos}$$

ou

$$\mathbf{Tr} = \frac{\text{Investimento}}{\text{Receita}} /12 = \frac{6.169.000,00}{2.292.246,00} /12 = \mathbf{0,22} \text{ anos}$$


Receita ou Despesas X Dias de Produção
4.000.000,00
3.500.000,00
3.000.000,00
2.500.000,00
2.000.000,00
1.500.000,00
1.000.000,00
500.000,00
0,00
receita ou despesas
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22
dias de produção
Receita
Despesas

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MARCUZZO, J.S. **Produção de fibra de carbono ativada a partir de fibra PAN têxtil.** 2012. Tese de Doutorado – ITA, São José dos Campos.

CARVALHO, W.S. **Otimização da interface de fibra de carbono/termoplástico.** Dissertação (mestrado). Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, 1998.

HULL. D. **An introduction to composite materials.** Cambridge University (1995).

MATTHEWS, F.L. RAWLINGS, R.D. **Composite materials: Engineering and science.** (1996). Londres.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7190 – **Projeto de estruturas industriais**. Rio de Janeiro, ABNT, 1997.

AMEERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Methods of static tests of timbers in Structural sizes. ASTM D198-84.** (1984) Philadelphia, PA.

Alibaba.com. **Fornos industriais a Resistência elétrica.** Disponível em: http://portuguese.alibaba.com/product-gs/electric-resistance-furnace-in-industrial-1541412142.html?s=p

AliExpress. **Reatores de pirolise e oxidação.** Disponível em: http://pt.aliexpress.com/item/Factory-direct-DHG1014A-oven-thermostat-blast-oven-industrial-oven-800-800-1000/32415101155.html?spm=2114.

SILVA, N.M. **Obtenção e comportamento mecanodinâmico de compósitos com matriz polimérica a base de fibras de carbono.** 2001, (mestrado) – Instituto de pesquisas energéticas e nucleares, São Paulo, Brasil.

Saint-Gobain Vetrotex, **Catálogo do fabricante**, sem data, Brasil.

CANEVAROLO, S.V. **Ciência dos polímeros.** Artliber Editora Ltda, São Paulo, Brasil, 2002.

AMEERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, **Standard test methods for tensile properties of polymers matrix composite materials**. ASTM, D3039/D3039. 2000.