



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA  
ENG07053 - TRABALHO DE DIPLOMAÇÃO EM ENGENHARIA  
QUÍMICA



# Análise de eficiência de sistema de filtração em produção de Não-tecido

*Autor: Andersen Langendorf da Silva*

*Orientador: professor Pedro J. Melo*

Porto Alegre, janeiro de 2018

## Sumário

Sumário	ii
Agradecimentos	iii
Resumo	iv
Lista de Figuras	v
Lista de Tabelas	vii
Lista de Abreviaturas e Siglas	viii
1 Introdução	1
2 Revisão Bibliográfica	2
2.1 Não-tecido	2
2.2 Poliéster	6
2.3 Resina	7
2.3.1 Látex	7
2.3.2 Anti-espumante	8
2.4 Filtração	9
2.5 Controlador PID	10
3 Materiais e Métodos	13
3.1 Empresa escolhida para o projeto e serviços prestados	13
3.2 Requisitos do projeto	18
3.3 Aquisição dos equipamentos	20
4 Formulação do Problema ou Estudo de Caso	25
5 Resultados	27
5.1 Paradas de Máquina	27
5.2 Retorno Financeiro (Payback)	32
6 Conclusões e Trabalhos Futuros	33
7 Referências	36

## **Agradecimentos**

Agradeço a toda minha família por todo o apoio dado em todos estes anos de universidade, houve diversos momentos difíceis e todos estavam sempre disponíveis para me ajudar, dar suporte e consolo quando necessitava, bem como entenderam muito bem que passaria um ano fora para estudar no intercâmbio. Também sempre me deram muitas dicas e ensinamentos que foram cruciais para meu desenvolvimento e êxito e não importava o esforço necessário, nunca pensavam duas vezes em me ajudar para que eu atingisse meus objetivos, mesmo se surgissem momentos difíceis, sempre deixavam os problemas de lado por mim.

Agradeço ao professor Pedro Melo, que neste período me orientou de maneira brilhante e com muita paciência, a todos os outros professores do departamento de Engenharia Química e da universidade pelo excelente trabalho e dedicação contínua em distribuir e compartilhar o conhecimento. Aos Engenheiros Lucas Adamatti, Daniel Pires e Renato Pessini, responsáveis pelo projeto que permitiram o desenvolvimento deste trabalho, e que em momento algum pensaram duas vezes ao oferecer ajuda ou dados necessários, também ao Técnico em eletrônica Rodrigo Hoffmann que, junto com os dois engenheiros, me ensinaram sobre este projeto e puderam tornar este trabalho real.

Agradeço à Universidade Federal do Rio Grande do Sul por todos estes anos maravilhosos que me fizeram crescer pessoalmente e profissionalmente. Também me ofereceu ensinamentos, não só referentes à Engenharia Química, mas de tudo na vida, com palestras, aulas, eventos, feiras culturais etc.

Agradeço aos amigos que fiz durante estes anos, amigos de faculdade, amigos de intercâmbio, amigos vizinhos, colegas e amigos do trabalho, amigos que a vida me proporcionou, sendo da maneira mais inesperada ou não, por tudo que me ofereceram, por tornarem meus dias mais alegres e animados, por me oferecerem apoio quando precisava. Tenho certeza que, independente do que acontecer daqui pra frente ou de qualquer distância, nossa amizade se manterá sempre firme e forte.

Obrigado a Deus todos os dias por ter me guiado neste caminho que me fez tornar esta pessoa que sou hoje e por ter colocado todas estas pessoas maravilhosas na minha vida, sem elas eu não seria um diferencial que sou atualmente.

## Resumo

O Nãotecido é um material plástico com aplicações nos mais variados ramos da indústria, como materiais filtrantes, de decoração, matéria-prima para fralda, proteções agrícolas e descartáveis higiênicos. Esta grande diversificação das áreas de atuação garante o rápido crescimento da demanda por este material, o que permite a ampliação das indústrias produtoras pelo mundo, e permite o desenvolvimento de novas tecnologias com o intuito de tornar o processo mais rentável e com melhor qualidade para os clientes. O Nãotecido pode ser produzido através de inúmeros processos, como de extrusão ou cardagem, sendo os plásticos mais utilizados como matérias-primas o polipropileno e poliéster, com diferentes aditivos. Sua produção se caracteriza por possuir um processo com máquinas robustas e ritmo de produção ininterrupto, na qual se evitam ao máximo paradas da fábrica, uma vez que além da perda de produção, corre-se o risco de degradação das máquinas pela tendência da inércia e, uma vez que elas não trabalham conforme deveriam, isto afetar a qualidade do produto. O presente trabalho tem como objetivo avaliar a eficiência de um sistema de filtração projetado e instalado na linha de produção de Nãotecido ADL (acquisition distribution layer) usado para fabricação de fraldas, visando aumentar o tempo de operação das máquinas através da redução do número de paradas. Esta linha faz o processo de cardagem, que consiste em diversas etapas, onde inicialmente as fibras de poliéster vindas de um fornecedor da Tailândia sofrem um destrinçamento transformando-se em mantas, ou véu de Nãotecido. Para se obterem as características de resistência mecânicas exigidas pelo mercado, é realizada a introdução de uma resina líquida viscosa, composta por látex, água, antiespumante e pigmento (dependendo da cor do material), em uma máquina chamada Foulard. Depois o Nãotecido passa por uma sequência de fornos para secagem do líquido e consolidação da manta, quando passará a ter a resistência mecânica. Por fim o véu é enrolado em um rolo que pode atingir quatro metros de diâmetro, com cerca de 8.000 metros lineares de material, que será cortado em diversas bobinas de larguras pré-definidas pelo cliente, e então, enrolado com filme stretch e disponibilizado para a expedição. A resina introduzida no Nãotecido é reciclada diversas vezes durante a produção, mas de tempos em tempos esta acaba incorporando impurezas ou fibras residuais, o que pode causar saturação das tubulações da máquina, demandando parada de máquina para limpeza. Para evitar paradas frequentes, foi instalado o sistema de filtração, para filtrar estas impurezas e resíduos e permitir um tempo maior de operação. Os dados utilizados neste trabalho objetivaram avaliar a eficiência deste sistema quanto ao número de paradas de máquinas, e ao retorno do investimento (payback), descontando o período inicial de adaptação da operação e engenheiros frente ao novo dispositivo na linha de produção. Os dados foram coletados através de um software que registrou todas as paradas de máquina e as classifica como de limpeza, manutenção, falha operacional entre outros, mas para fins deste estudo, as paradas foram separadas entre de limpeza ou não limpeza, para avaliar o quanto estas impactam na produtividade do Nãotecido. Os resultados mostram que a inserção do sistema de filtração não somente apresentou melhora na produção, com expressiva redução da quantidade de horas paradas em 58%, como possibilitou realizar a projeção de retorno financeiro do projeto (cálculo de payback), sendo este de dois meses 24 dias.

## Lista de Figuras

Figura 1: Nãotecido (fonte: ABINT, Associação Brasileira das Indústrias de Nãotecidos e Tecidos Técnicos).....	1
Figura 2: Tecido convencional (fonte: ABINT, Associação Brasileira das Indústrias de Nãotecidos e Tecidos Técnicos).....	1
Figura 3: Desenho esquemático das partes que compõem uma fralda descartável (fonte: material interno) .....	2
Figura 4: Fralda descartável com destaque para o objeto de estudo ADL (Fonte: autor Andersen Langendorf) .....	4
Figura 5: Esquema de funcionamento do aplicador de resina (fonte: material interno) .....	4
Figura 6: Diagrama esquemático do sistema de filtração (fonte: material interno) .....	5
Figura 7: Reação de condensação entre dois monômeros na formação de poliéster (fonte: <a href="http://allchemy.iq.usp.br/agregando/ABQ/oqsp07red/index.html">http://allchemy.iq.usp.br/agregando/ABQ/oqsp07red/index.html</a> ).....	6
Figura 8: Reação de condensação com radical fenil para melhores propriedades fibrosas (fonte: <a href="http://allchemy.iq.usp.br/agregando/ABQ/oqsp07red/index.html">http://allchemy.iq.usp.br/agregando/ABQ/oqsp07red/index.html</a> ).....	6
Figura 9: Estrutura química da parte isoprênica da borracha natural ( <a href="https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/94503/agostini_dls_me_bauru.pdf?sequence=1">https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/94503/agostini_dls_me_bauru.pdf?sequence=1</a> ) .....	8
Figura 10: Esquema de um sistema de filtração industrial comum (fonte: GOMIDE, R. (1980). “Operações Unitárias”, vol. 3 – Ed do Autor, São Paulo).....	9
Figura 11: Diagrama de blocos de um controlador PID (Ref: Aström, K. J.; Hägglund, T. H. “PID Controllers”: theory, design and tuning. 2.ed. Research Triangle Park, Instrument Society of America, 1995.).....	11
Figura 12: Comportamento de cada ação PID conforme parametrização (Fonte: Adaptado de Bazanella (2005, 0. 54, 57, 61). .....	13
Figura 13: Antiga bandeja de armazenagem de resina .....	15
Figura 14: Esquema do sistema de filtração utilizado na empresa (fonte: material interno) .....	15
Figura 15: Vista superior de simulação do projeto na linha de produção (material interno) .....	16
Figura 16: Vista inferior de simulação do projeto na linha de produção (material interno) .....	17
Figura 17: Vista superior dois de simulação do projeto na linha de produção (material interno).....	17
Figura 18: Tanques prontos e instalados para uso. Tanque 2 da direita usado para material branco e tanque 1 da esquerda para colorido (autor: Andersen Langendorf) .....	19
Figura 19: Posição antiga do sensor de nível (autor: Andersen Langendorf) .....	19
Figura 20: Troca da posição da mangueira de transporte de resina (autor: Andersen Langendorf) .....	20
Figura 21: Peneira 25 mesh (Autor: Andersen Langendorf).....	21
Figura 22: Nova peneira utilizada (autor: Andersen Langendorf).....	22

Figura 23: Sensor óptico utilizado (material interno) .....	24
Figura 24: Desenho esquemático do sensor de nível e o tanque (material interno) .....	24
Figura 25: Primeira posição do sensor (autor: Andersen Langendorf) .....	24
Figura 26: Situação: situação atual do sensor (autor: Andersen Langendorf) .....	25
Figura 27: Sistema aplicador de resina (autor: Andersen Langendorf) .....	26
Figura 28: Projeto da bandeja atual com calha coletora (material interno).....	26
Figura 29: Relatório de parada de máquina do turno A (material interno).....	27
Figura 30: Motivos de horas paradas do turno A (material interno) .....	28
Figura 31: Resultados relativos de horas paradas.....	30
Figura 32: Resultados de horas paradas absoluto.....	31
Figura 33: Antiga posição do sensor de nível (autor: Andersen Langendorf).....	33
Figura 34: Prolongação do bocal de saída da resina da tubulação para o tanque .....	34

## Lista de Tabelas

Tabela 1: Composição média do látex recém coletado. ( <a href="https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/94503/agostini_dls_me_bauru.pdf?sequence=1">https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/94503/agostini_dls_me_bauru.pdf?sequence=1</a> ) .....	8
Tabela 2: Peso dos fatores considerados para escolha da empresa responsável pelo projeto (material interno) .....	13
Tabela 3: Valor de propostas de empresas fornecedoras do projeto.....	14
Tabela 4: Tabela de equivalência da abertura de malha e tamis.....	21
Tabela 5: Divisão de horas paradas (material interno) .....	30
Tabela 6: Média de horas paradas para limpeza antes e depois da instalação do sistema (autor: Andersen Langendorf) .....	31
Tabela 7: Tabela de despesas com o projeto .....	32

## Lista de Abreviaturas e Siglas

NBR - Norma Brasileira

TNT – Tecido Não-tecido

NT – Não-tecido

ABINT – Associação Brasileira das Indústrias de Não-tecidos e Tecidos Técnicos

PET - Politereftalato de etileno

EPI – Equipamento de Proteção Individual

ABIHPEC - Associação Brasileira da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos

PP – Polipropileno

ADL – Acquisition Distribution Layer

PIRFV – Poliéster Reforçado com Fibra de Vidro

Ref. – Referência

PID – Proporcional Integral Derivativo

R.P. – Regime Permanente

MV – Manipulated Variable (variável manipulada)

PV – Process Variable (variável de processo)

PDF – Portable Document Format (formato de documento portátil)

3D – Three Dimensional (três dimensões)

BSP – British Standard Pipe (padrão britânico de tubulações)

NPSH – Net Positive Suction Head (balanço no topo de sucção positiva)

OF – Ordem do Fornecedor

ASTM – American Society for Testing and Materials

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

Pol. – Polegada

in – inches

atm - atmosphere



## 1 Introdução

O segmento de Não tecidos e Tecidos Técnicos cresceu significativamente nas últimas décadas, tanto no cenário nacional quanto internacional. Durante milhares de anos, a única forma de obtenção de tecidos era a partir de malharia ou tecelagem, mas nos últimos anos, esta nova classe de estrutura têxtil, os Não tecidos, tem obtido cada vez mais destaque no mercado.

Conforme a norma NBR-13370, o Não tecido é uma estrutura porosa, flexível e plana, constituída de manta de fibras ou filamentos ou um véu, orientados direcionalmente ou ao acaso, consolidados por processos mecânicos (fricção), ou químicos (adesão) ou térmicos (coesão) ou a combinação destes. Estas são as principais diferenças para o tecido convencional, que é uma estrutura produzida através do entrelaçamento de um conjunto de fios de urdume e outro conjunto de fios de trama, formando ângulos próximos de 90°. O Não tecido também é conhecido, popularmente e erroneamente, como Tecido Não tecido (TNT).

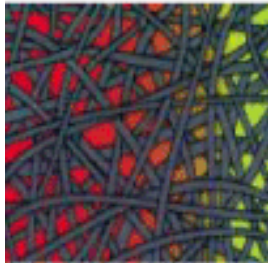


Figura 1: Não tecido (fonte: ABINT, Associação Brasileira das Indústrias de Não tecidos e Tecidos Técnicos)

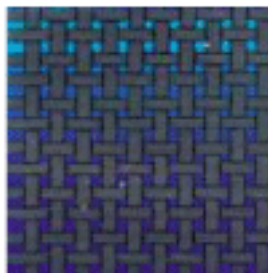


Figura 2: Tecido convencional (fonte: ABINT, Associação Brasileira das Indústrias de Não tecidos e Tecidos Técnicos)

## 2 Revisão Bibliográfica

Serão abordados fundamentos teóricos importantes para o entendimento deste trabalho, que vão desde a matéria-prima utilizada para a produção das fibras até o processo de produção do TNT.

### 2.1 Não tecido

Apesar de o Não tecido ter diferentes propriedades físicas, conforme seu processo de produção, todos possuem como matéria-prima fibras poliméricas (como PET, poliéster, polipropileno, polietileno, entre outros polímeros), para serem atingidas as características específicas para cada aplicação comercial. A indústria de plásticos tornou-se essencial para a vida das pessoas atualmente devido ao aumento da qualidade de vida que ela proporcionou com seus produtos. Os produtos de higiene pessoal, como fraldas e absorventes são exemplos imprescindíveis para a população, tornando o dia-a-dia mais prático devido à comodidade ante os panos de origem vegetal usados anteriormente, além da constante evolução tecnológica que estes materiais estão sofrendo. Além de fraldas e absorventes (maior mercado e maior volume de venda), o Não tecido é usado também como utensílios de decoração, lenços umedecidos, material para campo cirúrgico, proteção agrícola, forro de bens duráveis, roupas médicas, higiênicos descartáveis, decoração, materiais filtrantes, EPI's (equipamentos de proteção individual), etc. Segundo dados da Associação Brasileira da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos (ABIHPEC), o Brasil é o terceiro país que mais faz circular o setor das fraldas descartáveis, ficando atrás apenas dos Estados Unidos e China, movimentando cerca de 2,46 milhões de dólares.



Figura 3: Desenho esquemático das partes que compõem uma fralda descartável (fonte: material interno)

De acordo com a Associação Brasileira das Indústrias de Não tecidos (ABINT), os Não tecidos podem ser classificados quanto à gramatura, formação da manta, matérias-primas utilizadas e consolidação da manta. Quanto à gramatura, podem ser classificados da seguinte maneira:

- leve: menor que 25 g/m<sup>2</sup>;
- médio: entre 26 e 70 g/m<sup>2</sup>;
- pesado: entre 71 e 150 g/m<sup>2</sup>;
- muito pesado: acima de 151 g/m<sup>2</sup>;

Quanto à formação da manta, a classificação pode ser dada da seguinte forma:

- via seca: estão incluídos os processos via cardagem e via aérea/fluxo de ar. No processo via carda, as fibras são paralelizadas por cilindros recobertos de dentes (guarnições) que formam a manta. No segundo processo descrito, as fibras são suspensas em fluxo de ar e depois coletadas em uma tela formando a manta;
- via úmida: as fibras são suspensas em meio aquoso e depois coletadas através de filtração por um anteparo em forma de manta;
- via fundida: estão incluídos os Não tecidos produzidos por processo de extrusão, que são os de sopro (Meltblown) e de fiação contínua (web ou Spunbonded). Ambos os processos trabalham com a matéria-prima em forma de péletes (materiais plásticos). No segundo processo, o polímero termoplástico é fundido através de uma “fieira”, no qual é resfriado, estirado, e posteriormente depositado sobre uma esteira em forma de véu ou manta. No processo de Meltblown, o polímero fundido também passa através da “fieira” com orifícios muito pequenos e, imediatamente um fluxo de ar quente solidifica a massa em fibras muito finas, que são sopradas em alta velocidade para uma tela coletora formando a manta.

Quanto à consolidação da manta (Web Bonding). Após a formação do véu ou da manta é necessário realizar a consolidação (união), que em grande parte dos Não tecidos também dão o acabamento necessário para o produto final. Há três métodos básicos que podem ser isolados ou combinados entre si:

- mecânico (fricção): pode ser através da penetração alternada de muitas agulhas que possuem saliências, ou pela penetração na manta de jatos d’água a altas pressões;
- químico (adesão): os ligantes químicos realizam a união das fibras;
- térmico (coesão): as fibras ou filamentos são ligadas através da ação do calor, pela fusão das próprias fibras.

O Não tecido também pode ser caracterizado quanto à transformação, acabamento ou conversão; quanto às matérias-primas utilizadas; ou as propriedades das fibras ou filamentos.

A cada momento surgem novas tecnologias para sua produção, mas a produção majoritária é através do processo de extrusão de polipropileno (PP). O processo de fabricação do Não tecido abordado neste trabalho é chamado de cardagem, cuja fibra polimérica utilizada é de Poliéster, como matéria-prima também é usada uma resina com solução composta por látex, antiespumante, água, pigmento (para tingimento do produto), formando um Não tecido resinado, chamado ADL (acquisition distribution layer ou camada de aquisição e distribuição) com aplicação em fraldas e tem a função de distribuir os líquidos do seu usuário para outros Não tecidos absorventes em regiões afastadas da pele.



Figura 4: Fralda descartável com destaque para o objeto de estudo ADL (Fonte: autor Andersen Langendorf)

O processo de cardagem é conhecido há bastante tempo, sendo inclusive a primeira produção de Nãotecido em 1853, para utilização em indústrias de estofado e colchões de molas. Atualmente, a máquina usada para o processo de cardagem, a Carda, também é utilizada pelas indústrias de fiação e tecelagem, sendo um processo mecânico que desembaraça, limpa e mistura fibras de modo a produzir um véu ou manta de acordo com a definição do Nãotecido.

Após a cardagem, a manta é banhada pela resina numa máquina chamada Foulard, na qual há uma estrutura onde são mancalizados dois cilindros que giram em sentido contrário, por onde passa o véu cardado. O cilindro superior apresenta revestimento polimérico enquanto o inferior possui revestimento metálico recartilhado. O cilindro inferior trabalha parcialmente submerso em uma bandeja que contém a resina que é abastecida por um dosador automático. Este cilindro possui também um dispositivo chamado raspador, que serve para dosar e uniformizar a quantidade de resina captada pelo rolo, como mostrado na figura 5 a seguir.

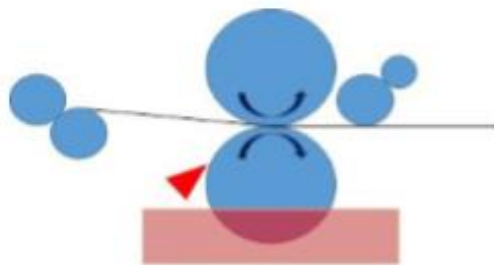


Figura 5: Esquema de funcionamento do aplicador de resina (fonte: material interno)

Neste processo, parte da resina que é reciclada para o reservatório pode conter pequenas porções de fibra e, após longos períodos de operação, fica saturada e com isso o processo não tem mais a eficiência desejada, a linha torna-se instável, o produto sai fora da especificação, sem as características exigidas. Neste caso, é necessário parar a linha para uma limpeza de forma preventiva, ou ela desarma automaticamente devido à sobrecarga em algum dos motores. Para evitar a saturação da resina da bandeja foi instalado um sistema de recirculação com filtração para filtrar os sólidos, como mostrado no diagrama da figura 6 a seguir.

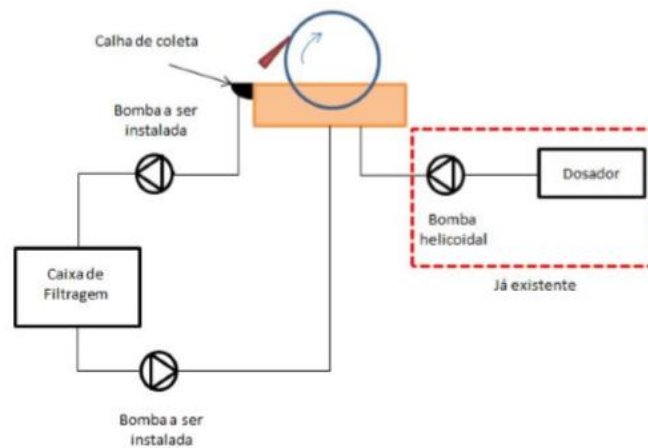


Figura 6: Diagrama esquemático do sistema de filtração (fonte: material interno)

O presente trabalho tem o objetivo de estudar os ganhos para a operação da máquina na empresa Fitesa Nãotecidos S.A., visando a redução as paradas de máquina, evitar variações nas propriedades do material produzido, aumentar eficiência energética, uma vez que a bomba gasta menos energia para transportar apenas líquidos, e não também sólidos suspensos, bem como otimizar o desempenho deste sistema com a escolha do filtro e sensor de nível mais adequado. A indústria de Nãotecidos é caracterizada por possuir em seu processo de produção máquinas complexas e robustas que funcionam 24 horas por dia, para isso evitam-se ao máximo as paradas não desejadas, como as paradas para limpeza. Após ser banhada pela resina, o Nãotecido passa por uma sequência de fornos onde boa parte da resina é evaporada e ocorre a secagem (cura) da solução e o Nãotecido sofre a consolidação e adquire as características mecânicas e propriedades exigidas comercialmente.

A empresa Fitesa faz parte da holding Évora S.A. que também controla as empresas Crown Embalagens, que produz latas de alumínio para bebidas, America Tampas, responsável por tampas plásticas, e Rio Novo Florestal, de reflorestamento.

A Fitesa foi fundada em 1973, em Eldorado do Sul – RS, pela Petropar (atual Évora), com o objetivo de produzir embalagens de polipropileno, fibras para aplicações têxteis e bases para carpetes. Com o passar dos anos a empresa foi migrando seu nicho até que em 1988 passou a produzir o Nãotecido Spunbonded, o que fez com que ela passasse a ter foco na produção de descartáveis higiênicos.

Atualmente a empresa trabalha com as mais variadas tecnologias de Nãotecidos, possuindo plantas em oito países (Brasil, Estados Unidos, México, Peru, China,

Alemanha, Itália e Suécia), e é uma das líderes da produção do ramo no mercado global.

## 2.2 Poliéster

É um tipo de polímero sintético cuja característica básica é a presença do radical éster -CO-O-, podendo gerar cadeias saturadas (termoplásticos, que a uma alta temperatura apresenta alta viscosidade e pode ser moldado e conformado) ou insaturadas (termofixos). É um polímero com carga reforçante dispersa, devido à exigência do ADL de ter alta resistência mecânica, este é normalmente fibroso, que satisfaz a condição geométrica L/D > 100, insaturado, e a orientação das cadeias e dos cristais feita de modo forçado durante a fiação. Quando são reforçados com fibra de vidro (PIRFV), podem ser utilizados para confecção de cascos de barco, pranchas de surf, estrutura externa de carros, caminhões etc. (Ref: <http://allchemistry.iq.usp.br/agregando/ABQ/oqsp07red/index.html>)

O poliéster também é um polímero de condensação, de acordo com a classificação de W. H. Carothers de 1929, na qual a equação molecular da unidade de repetição não possui um determinado átomo ou molécula do seu respectivo monômero, neste caso na reação de condensação ocorre a eliminação de uma molécula de água, geralmente entre um ácido diprótico e etilenoglicol. Esta reação possui cinética baixa em temperatura ambiente então os reagentes são aquecidos para aumento de velocidade, bem como catalisadores são adicionados.

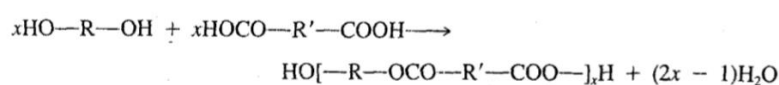


Figura 7: Reação de condensação entre dois monômeros na formação de poliéster (fonte: <http://allchemistry.iq.usp.br/agregando/ABQ/oqsp07red/index.html>)

O ponto de fusão do poliéster é relativamente baixo (em torno de 50° C), aumentando pouco conforme o tamanho da cadeia, principalmente em componentes de cadeias alifáticas lineares, então o mais comum é a adição de um radical fenil na cadeia polimérica para assim, aumentar o ponto de fusão do material e melhor performance para obtenção de propriedades fibrosas, dominando o mercado de fibras frente a outros polímeros, bem como possui ponto de fusão muito mais elevado (acima de 200° C), o que permite seu aquecimento nos fornos sem que ele se torne líquido. De milhares de poliésteres estudados desde o início do século passado até hoje, apenas três ganharam significado expressivo na produção de fibras sintéticas.

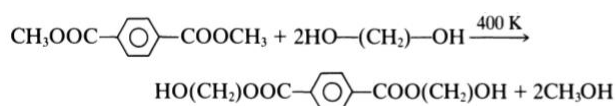


Figura 8: Reação de condensação com radical fenil para melhores propriedades fibrosas (fonte: <http://allchemistry.iq.usp.br/agregando/ABQ/oqsp07red/index.html>)

As seguintes propriedades físicas das fibras de poliéster são importantes na produção de Nãotecidos:

- comprimento de corte
- denier: peso em gramas de 9000 metros do fio
- finish, ou teor de óleo

### 2.3 Resina

A resina é responsável pela consolidação química do ADL, é uma solução de látex, água, anti-espumante e pigmento (se o material produzido for colorido, azul ou verde), geralmente na proporção de 33%, 66% e o resto dos dois últimos citados, respectivamente. Cada componente é armazenado em tanques separadamente e misturados em equipamento chamado Hansa Mixer (misturador).

#### 2.3.1 Látex

É um composto de consistência leitosa produzido pela árvore chamada *Hevea brasiliensis*, ele contém proteínas, lipídios, aminoácidos, nucleótidos entre outros. Durante o processo de fabricação, são adicionados produtos químicos para aumentar a velocidade de secagem (também chamada de vulcanização), da borracha e para proteger o oxigênio no ar. O látex está presente em muitos objetos, como luvas, cateteres, chupetas, mamadeiras, preservativos.

A seringueira é uma planta da família das Euforbiáceas, que abrange várias espécies com grande interesse comercial, como a mamona (*Ricinus communis L.*), o tungue (*Aleurites*), e a mandioca (*Manihot*). Uma série de espécies espalhadas pelo planeta produzem látex, mas a única que gera borracha de alta qualidade e em condições econômicas é a *Hevea Brasiliensis*. Originária da região setentrional da América do Sul, foi climatizada em 1890 no Sri Lanka e Malásia. Hoje em dia 90% da produção ocorre em países da Ásia (Malásia, Indonésia, Tailândia e Sri Lanka).

O Brasil já foi o maior produtor e exportador de borracha do mundo, mas desde os anos 50 até hoje, sua produção vem reduzindo drasticamente, até que atualmente corresponde a cerca de 1% da produção mundial. Esta quantidade é insuficiente para atender a demanda nacional, necessitando importação da borracha.

O látex é um sistema coloidal polifásico, sendo a parte dispersa constituída de micelas de borracha, proteína, lutóides e partículas Frey-Wyssling (constituídas de carotenoides e lipídios, conferem coloração amarelada à borracha).

A borracha oriunda do látex é um polímero natural e tem um peso molecular médio de aproximadamente um milhão. É composto de aproximadamente três unidades *trans* isoprênicas, responsáveis pela parte cristalina seguidas de cerca de 10.000 unidades *cis* isoprênicas, responsável pela parte amorfa, do tipo cabeça calda, combinadas por ligações 1,4 e um grupo alfa terminal, conforme mostrado na figura 9 a seguir:

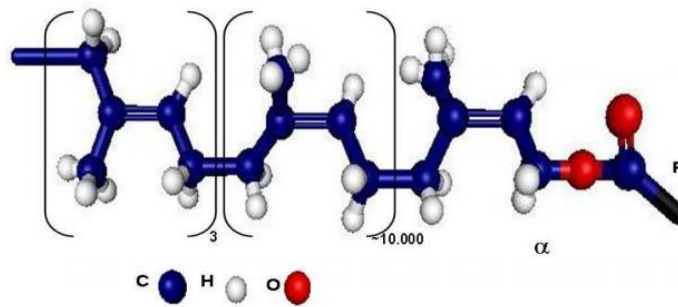


Figura 9: Estrutura química da parte isoprênica da borracha natural ([https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/94503/agostini\\_dls\\_me\\_bauru.pdf?sequence=1](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/94503/agostini_dls_me_bauru.pdf?sequence=1))

O látex é uma mistura complexa de diversos componentes incluindo macromoléculas. Um dos componentes majoritários é o *cis* ou *trans* poli-isopreno. Outros constituintes presentes relatados em estudos são polissacarídeos, lipídeos, proteínas, flavanoides, fosfolipídeos, mas também há alcanos, cetonas, açúcares e ácidos graxos. O látex apresenta pH entre 6,0 e 7,0, densidade de aproximadamente 0,980 /cm<sup>3</sup> e viscosidade variável, conforme a diluição. A tabela 1 a seguir mostra a composição média do látex natural recém coletado:

Constituinte	% em massa no látex
Borracha	25-45
Proteína	1-1,8
Carboidratos	1-2
Lipídios neutros	0,4-1,1
Lipídeos polares	0,5-0,6
Inorgânicos	0,4-0,6
Aminoácidos, aminas, etc.	0,4-0,6
Água	49-71

Tabela 1: Composição média do látex recém coletado. ([https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/94503/agostini\\_dls\\_me\\_bauru.pdf?sequence=1](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/94503/agostini_dls_me_bauru.pdf?sequence=1))

### 2.3.2 Anti-espumante

Espumas causam redução na eficiência de processos e problemas ambientais na hora de descartar os resíduos. Os anti-espumantes são produtos de baixa viscosidade, desenvolvidos para controle de espuma, como seu nome já diz, em determinadas faixas de pH e em diversos setores da indústria, como papéis, alimentícia, processos de separação, entre outros. Eles enfraquecem as bolhas de espuma fazendo coalescer as bolhas pequenas, que se tornam grandes a ponto de se romper com facilidade na superfície do líquido.



## 2.4 Filtração

A filtração é uma das aplicações mais comuns do escoamento de fluidos através de leitos poroso. A operação industrial é análoga às filtrações realizadas em laboratório, que utilizam papel filtro ou funil de filtração.

A operação unitária de filtração consiste na separação mecânica da fase sólida da fase líquida através de uma barreira porosa. Basicamente, a fase líquida, também chamada de filtrado, passa por um meio poroso, denominado meio filtrante, enquanto a fase sólida retida na superfície, chamada de torta forma um depósito cuja espessura aumenta no decorrer da operação. A figura 10 a seguir mostra o desenho esquemático de um sistema de filtração.

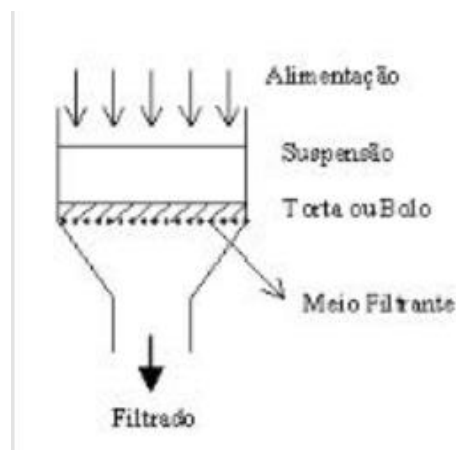


Figura 10: Esquema de um sistema de filtração industrial comum (fonte: GOMIDE, R. (1980). “Operações Unitárias”, vol. 3 – Ed do Autor, São Paulo)

Em filtrações industriais o conteúdo de sólidos pode variar de traços a um percentual elevado. O fluido circula através do meio filtrante em virtude de uma diferença de pressão no meio. Este aspecto classifica os filtros como aqueles que operam com alta pressão sobre o meio, os que operam em pressão atmosférica e os que operam a baixas pressões (vácuo). Pressões acima da atmosférica podem ser conseguidas por ação da força da gravidade atuando sobre uma coluna de líquido, por meio de bombas e compressores, bem como pela ação da força centrífuga. Em um filtro de gravidade, o meio filtrante pode não ser mais fino que uma peneira ou um leito de partículas grossas, tal como a areia. As aplicações industriais de filtros de gravidade se restringem à separação de águas-mães de cristais grossos, à clarificação da água potável e ao tratamento de águas residuais. (Ref: FOUST, A. S. et.al. (1982). “Princípios das Operações Unitárias” – Ed LTC, Rio de Janeiro – RJ, 2ª edição)

A escolha do filtro depende em grande parte da economia do processo, porém as vantagens econômicas são variáveis de acordo com o seguinte:

- dimensões da partícula sólida, tendência à floculação e deformabilidade;
- concentração da suspensão de alimentação;
- quantidade do material que deve ser operado;
- valores absolutos e relativos dos produtos líquido e sólido;

- grau de separação que se deseja realizar;
- custos relativos da mão de obra, do capital e da energia.
- viscosidade, densidade e reatividade química do fluido;

Os principais fatores que influenciam na filtração são lavagem, espessura e tamanho das partículas, meio filtrante, concentração de sólidos, viscosidade e temperatura.

A viscosidade da polpa a ser filtrada deve ser inversamente proporcional à razão da filtração. Pode-se reduzir a viscosidade diluindo-a com solvente não viscoso, melhorando a velocidade de filtração. O que não é o caso do projeto ou do sistema em questão, uma vez que o processo ou a máquina em si não permitem a diluição da resina, pois ela volta ao processo e é reaproveitada

Uma vez que a viscosidade diminui com o aumento de temperatura, a filtração terá maior eficiência com este parâmetro. A resina filtrada possui temperatura em torno de 30 °C, o que facilita o processo de filtração.

É de extrema importância o controle do tamanho da partícula na polpa de alimentação do filtro, pois o efeito do tamanho da partícula é significativo sobre as resistências da torta e do tecido do filtro; já que a redução do tamanho da partícula faz com que a velocidade de filtração diminua e aumente a retenção de umidade na torta. Porém, em alguns casos, leva a melhor eficiência de lavagem. Para se evitar a redução de tamanho das partículas deve-se evitar o acato violento da bomba e sua agitação. Em determinadas situações, nas quais a presença de partículas finas compromete sensivelmente a velocidade de filtração, utiliza-se pré-condicionamento da suspensão, através de tratamento químico, causando a vinculação de partículas finas e formação de aglomerados, conseqüentemente, viabilizando e facilitando a filtração.

Ao escolher o meio filtrante deve-se manter o compromisso entre a abertura do tecido e o tamanho da partícula, de modo que possa encontrar um tecido com abertura suficiente para evitar entupimentos e, concomitantemente, vazamentos excessivos de partículas finas. Fazendo uma relação com a velocidade de filtração, o efeito do entupimento sobre esta é bastante considerável, e se torna usualmente justificativa para substituição do tecido, além de justificar a utilização de um fator de segurança no cálculo da capacidade do filtro.

## 2.5 Controlador PID

O controlador PID (proporcional-integral-derivativo) junta as ações proporcional, integral e derivativa para gerar apenas um sinal de controle, na qual cada ação é importante para auxiliar no controle da saída do sistema. A segunda citada, torna o controlador capaz de eliminar os erros em R.P. para entrada do tipo salto ou degrau, a última ação prevê o comportamento do processo, e a ação proporcional faz com que o sistema reaja ao erro imediatamente frente a perturbações ou variações dos valores de referência. O sinal de controle gerado pelo controlador PID pode ser visto como a soma de três sinais individuais obtidos a partir do sinal de erro ( $p(s)$ ,  $i(s)$ ,  $d(s)$ ), conforme figura 11 a seguir. O ganho proporcional  $K_p$  corresponde à ação proporcional, o tempo integral  $T_i$  à ação integral, e o tempo derivativo  $T_d$  à ação derivativa. (Ref: Aström, K. J.; Hägglund, T.

H. "PID Controllers": theory, design and tuning. 2.ed. Research Triangle Park, Instrument Society of America, 1995.)

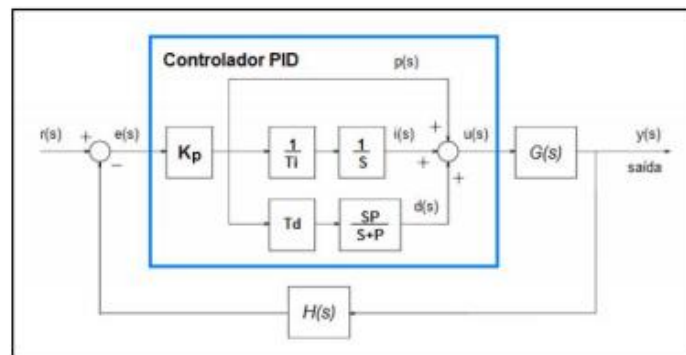


Figura 11: Diagrama de blocos de um controlador PID (Ref: Aström, K. J.; Hägglund, T. H. "PID Controllers": theory, design and tuning. 2.ed. Research Triangle Park, Instrument Society of America, 1995.)

É impossível aplicar sinais de amplitudes infinitas para a variável de controle por motivos de restrição de ordem física ou de segurança. É estipulado um limite máximo e mínimo para a variável de controle MV, e a largura da faixa de operação destes limites é chamada de banda proporcional. Se o sinal de controle opera fora dos limites determinados diz-se que está em comportamento de saturação de controle, neste caso opera com comportamento não-linear. Quanto maior a banda proporcional, mais dificilmente ocorrerá saturação de controle, pois maior é a região de comportamento linear para o controlador PID.

Quanto maior o valor do ganho proporcional  $K_p$ , menor será a banda proporcional e maior o esforço de controle (energia de controle). Isto faz com que o sistema reaja mais rapidamente, mas se  $K_p$  for muito elevado pode fazer com que o valor de saída ultrapasse o valor de referência, o que se chama de sobrepasso. Isto pode gerar valores altos do sinal de saída na resposta, ou seja, antes de entrar em R.P. (Ref: Aström, K. J.; Hägglund, T. H. "PID Controllers": theory, design and tuning. 2.ed. Research Triangle Park, Instrument Society of America, 1995.)

- comportamento em R.P.: em sistemas sem pólos ( $s=0$ ) quanto maior o valor de  $s$ , menor será o valor de erro, porém o erro nunca será completamente anulado; o comportamento da ação proporcional somente é nulo junto com a ação integral, assim o erro tende à zero.

A característica principalmente da ação Integral ( $T_i$ ) é fazer com que o processo tenha erro zero em R.P., um sinal de referência constante, mas quando é aplicada sem as outras, a estabilidade relativa do sistema tende a piorar. Para resolver esta questão, costuma-se utilizar a ação integral junto da ação proporcional. Quanto

maior o tempo integral  $T_i$ , menor será o sobrepasso e mais devagar o sistema chega no valor de referência em regime permanente.

- comportamento em R.P.: a ação integral será constante quando o sistema em malha fechada for estável. Se o erro em R.P. for nulo, o integrador para de integrar e sua saída assume o valor armazenado até o momento. O valor de saída dependerá do ganho estático do processo e do valor de referência constante.

Geralmente o processo apresenta uma demora para responder as mudanças na variável de entrada, isto é, o tempo que uma alteração na variável de controle MV causa uma mudança na saída do processo PV. Isto provoca transitórios com grande amplitude e período de oscilação. A ação derivativa antecipa a ação de controle para que o processo reaja de maneira mais rápida do que usual e que se evitem transitórios com característica excessivamente oscilatória. Esta ação preditiva aumenta a estabilidade do sistema e faz com que a resposta transitória seja mais rápida e menos oscilatória conforme maior for o tempo derivativo (Ref: Aström, K. J.; Hägglund, T. H. "PID Controllers": theory, design and tuning. 2.ed. Research Triangle Park, Instrument Society of America, 1995.)

- comportamento em R.P.: em sistemas estáveis em malha fechada operando com referência constante, a ação derivativa será nula em R.P., pois o sinal de erro será constante em R.P.

O controlador PID (ação Proporcional-Integral-Derivativa) é uma combinação das três ações citadas acima, na qual cada uma compensa as características indesejadas das outras. Citando Bazanella (2005), a ação integral se relaciona com a precisão do sistema, responsável pelo erro nulo em R.P. O efeito desestabilizador do controlador integral é compensado pela ação derivativa, pois o efeito antecipatório faz com que a resposta fique mais rápida e aumente a estabilidade relativa do sistema. Cada sinal individualmente possui um parâmetro de sintonia correspondente à sua ação de controle. Assim, o sinal de controle gerado pelo controlador PID pode ser genericamente expresso como a equação (1). (Ref: Aström, K. J.; Hägglund, T. H. "PID Controllers": theory, design and tuning. 2.ed. Research Triangle Park, Instrument Society of America, 1995.)

$$u(t) = Kp(e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(\tau)d(\tau) + Td \frac{de(t)}{dt}) \quad (1)$$

A figura 12 a seguir ajuda a entender melhor as características de cada ação individualmente do controlador PID.

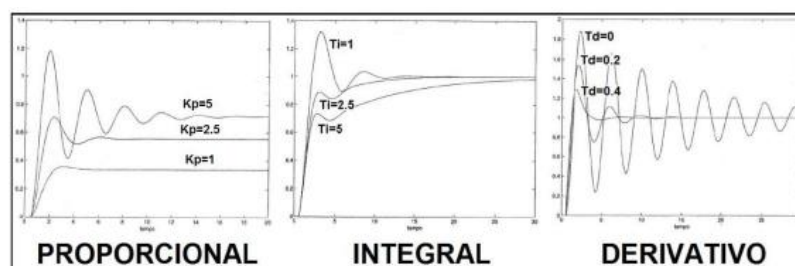


Figura 12: Comportamento de cada ação PID conforme parametrização (Fonte: Adaptado de Bazanella (2005, 0. 54, 57, 61).

### 3 Materiais e Métodos

#### 3.1 Empresa escolhida para o projeto e serviços prestados

Para o desenvolvimento do projeto foram cotados valores com três empresas, sendo considerados cinco fatores de acordo com as propostas de cada uma, são eles prazo de entrega da proposta, valor, prazo de entrega do serviço ou produto, qualidade da proposta e garantia, com peso considerado de 1, 5, 4, 3, 2, respectivamente. Ou seja, o fator mais importante a ser levado em conta foi o valor e o menos relevante o prazo de entrega da proposta, conforme tabela 2 a seguir.

Fator	Peso	X1	X2	X3
Prazo de entrega da proposta	1	3	2	1
Valor	5	3	2	1
Prazo de entrega do serviço / produto	4	2	1	3
Qualidade da proposta	3	3	2	1
Garantia	2	3	3	3
	Total	41	28	27

Tabela 2: Peso dos fatores considerados para escolha da empresa responsável pelo projeto (material interno)

A empresa selecionada para o projeto foi a de nome fictício “X1”, uma vez que ela foi a mais bem avaliada em quase todos os quesitos, menos de prazo de entrega do serviço ou produto. Obteve-se 41 pontos multiplicando-se o peso pela pontuação. O valor da proposta da empresa contratada foi de R\$ 42.100,00, conforme a tabela a seguir, após negociações este valor reduziu para R\$ 38.500,00. A Fitesa forneceu os seguintes materiais: válvulas, mangueiras para transporte de resina, bombas, sensores de nível, cabos elétricos e mangueiras pneumáticas. Cada empresa ofereceu os seguintes orçamentos e os materiais ou serviços a seguir, bem como imagens do projeto.

	X3	X2	X1
Projeto	R\$ 8.620,00	NÃO INFORMADO	R\$ 6.400,00
Materiais	R\$ 61.760,00	NÃO INFORMADO	R\$ 28.700,00
Mão de Obra	R\$ 12.200,00	NÃO INFORMADO	R\$ 7.000,00
Valor	R\$ 82.580,00	R\$ 70.502,48	R\$ 42.100,00
Proposta	18094	Nº 2016-0206A <sup>a</sup>	P2016-00807 — Rev.A

Tabela 3: Valor de propostas de empresas fornecedoras do projeto

Itens que fazem parte do projeto:

- elaboração de projeto mecânico e elétrico para sistema de recirculação e filtração de resina conforme Memorial Descritivo;
- o fornecimento do projeto contempla a execução e fornecimento dos projetos em Inventor e em PDF.
- fornecimento dos arquivos em 3D e detalhamentos de peças e conjuntos;
- será fornecido diagrama hidráulico de ligação;
- fornecimento 01 (uma) Calha em inox 304 esp. 2.00 mm medindo 200 x 200 x 4200 com uma chapa calandrada na parte interna, 02 tampas e 01 conexão ½" BSP soldada com uma espiga para mangueira ½". Acompanha 02 suportes.
- fornecimento 01 (uma) Bandeja em inox 304 de espessura 2.00 mm medindo 1000 x 200 x 4300 com abas dobradas, reforços no fundo da bandeja, 04 cantoneira na lateral para fixação na máquina e 01 conexão ½" BSP soldada com uma espiga para mangueira;
- fornecimento de 02 tanques cilíndricos com uma entrada próxima ao topo para a resina vinda da bandeja e uma saída no fundo para a resina filtrada. Estão previstos suportes / encaixes para filtros tela comerciais. O tanque deverá prever a instalação de sensores de nível para controle da bomba de drenagem de resina filtrada e para controle do dosador de resina já existente.
- fornecimento 01 (uma) Caixa fechada em inox 304 esp. 2.00 mm medindo 200 x 200 x 400 com 02 conexões ½" BSP soldada na caixa para bomba de entrada no filtro;



Figura 13: Antiga bandeja de armazenagem de resina

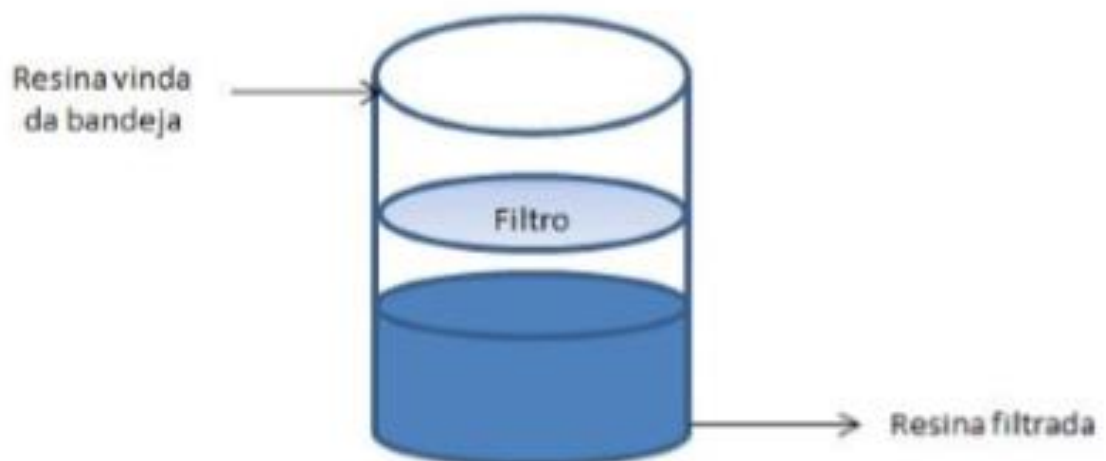


Figura 14: Esquema do sistema de filtração utilizado na empresa (fonte: material interno)

Fornecimento do projeto de automação e controle e operação de duas bombas em modo automático e manual. Em modo automático a bomba de drenagem de resina da calha deverá possuir uma lógica de controle ON/OFF, velocidade fixa, e ser controlada por um sensor de nível da calha a ser dimensionado pela NR Project; a bomba de drenagem da caixa de filtração deverá possuir uma lógica de controle ON/OFF, regulagem de velocidade, e ser controlada por um sensor de nível da caixa de filtração a ser dimensionado pela proponente. Em modo manual as bombas deverão poder ser acionadas individualmente.

- painel elétrico com componentes de acionamento.
- parametrização geral dos componentes.
- teste de energia e potência.
- fornecimento de controlador N1200 da Novus para controle de acionamento de bombas através do sensor ultrassônico existente.
- projeto Elétrico
- documentação técnica Data Book.
- instalação e startup
- serviço de instalação do sistema de filtração de resina;

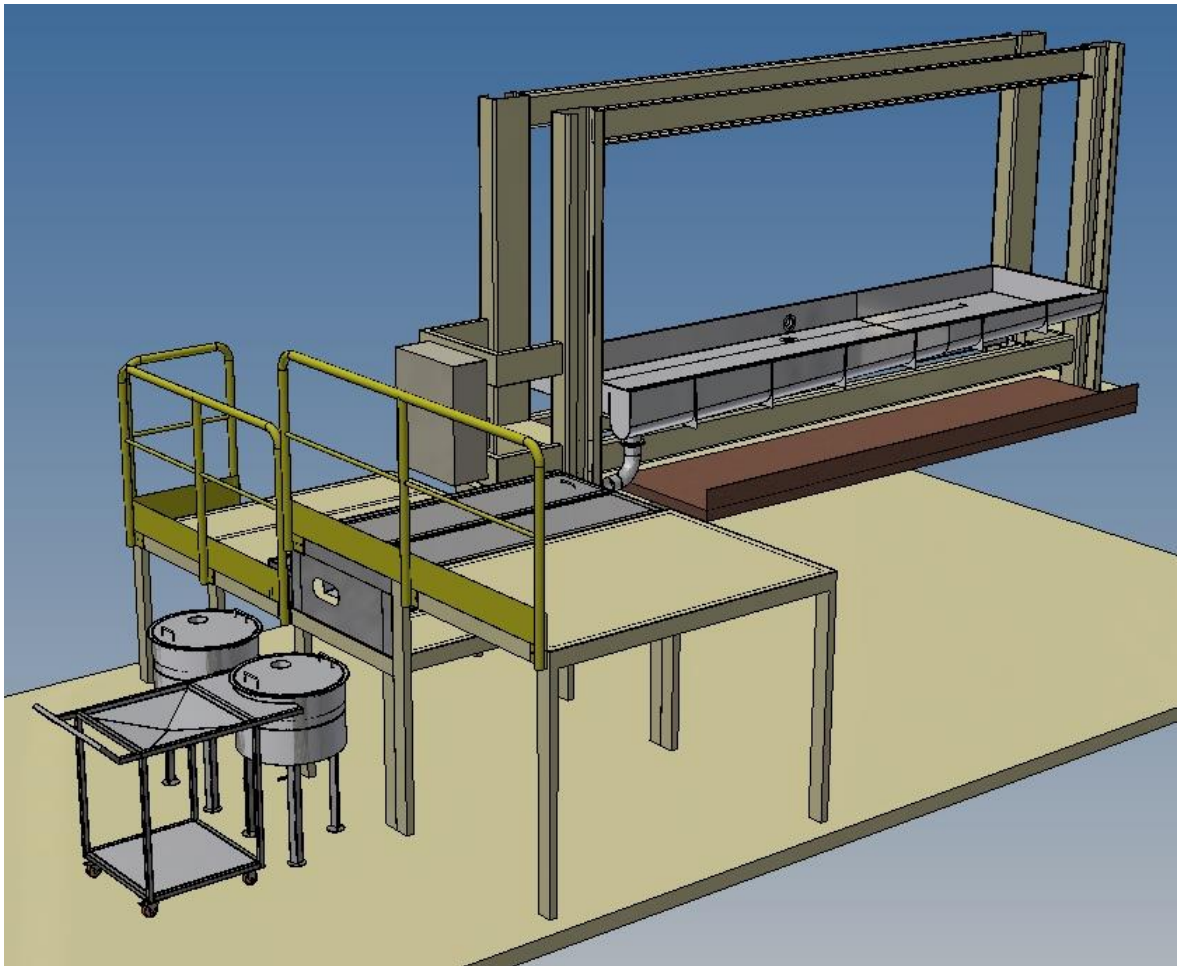


Figura 15: Vista superior de simulação do projeto na linha de produção (material interno)



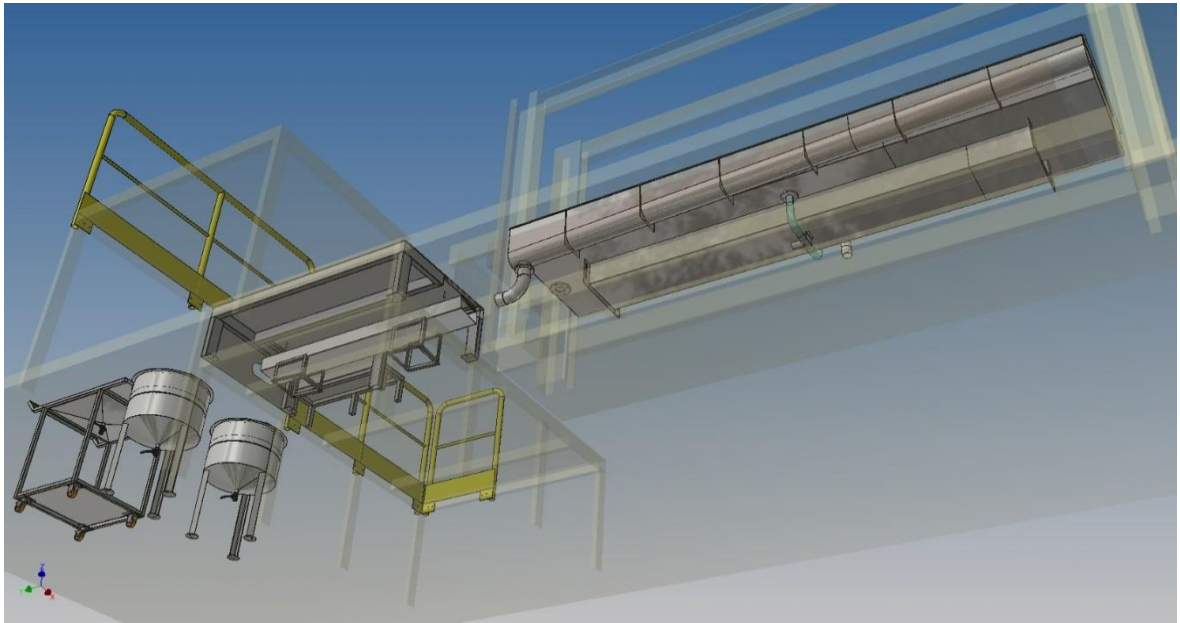


Figura 16: Vista inferior de simulação do projeto na linha de produção (material interno)

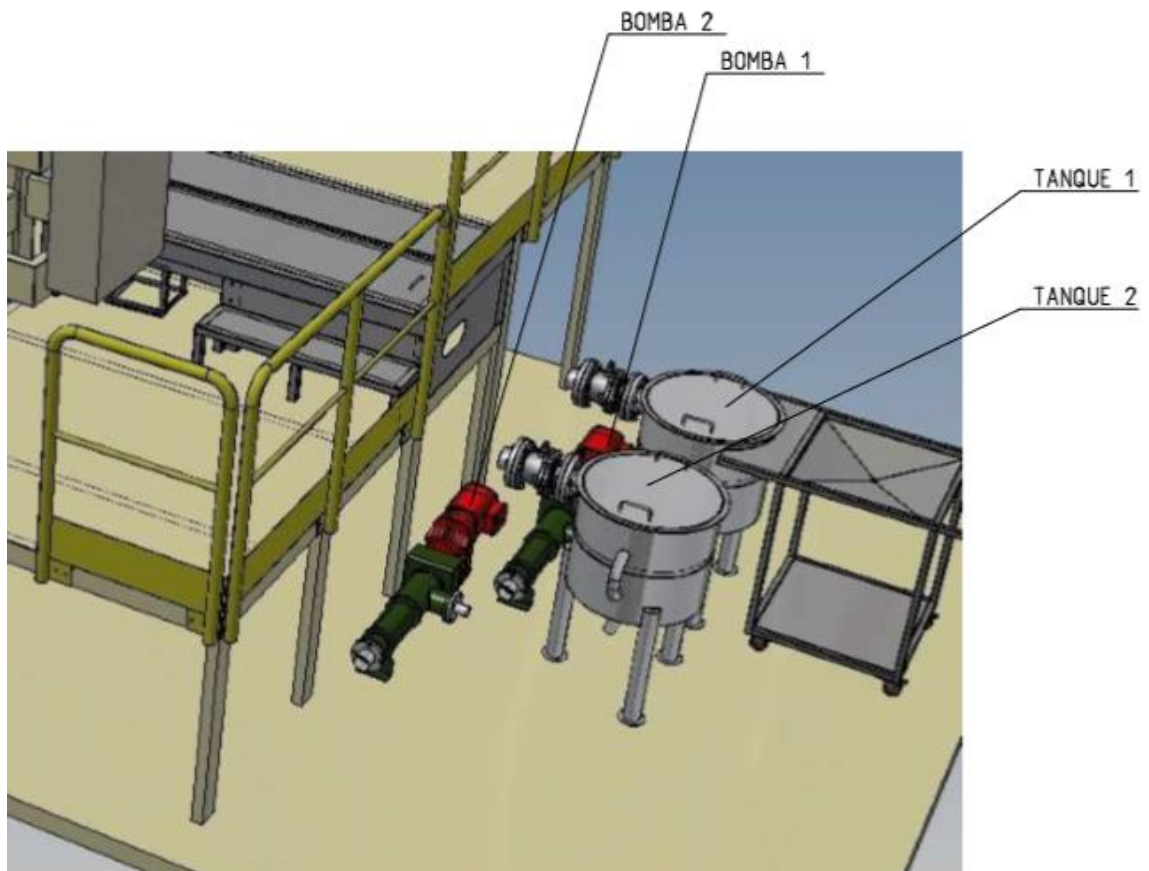


Figura 17: Vista superior dois de simulação do projeto na linha de produção (material interno)

### 3.2 Requisitos do projeto

Requisitos do sistema:

- alimentação elétrica: trifásica – 380V
- pressão de ar comprimido: 6 bar
- vazão de filtração nominal: 1500 L/h
- atender à NR10, à NR12 e possuir ART de projeto.

Requisitos da bandeja:

- material: aço inox
- montagem: chapas dobradas e/ou soldadas. Não utilizar juntas aparafusadas

Requisitos de bombas, mangueiras e válvulas:

- as bombas deverão ser aptas a trabalharem com a resina do processo em questão. A resina utilizada no processo é consideravelmente viscosa e levemente abrasível, então optou-se por utilizarem bombas helicoidais, uma vez que permite condições melhores de operação, melhor controle de vazão e pressão de trabalho, baixo NPSH requerido, menor risco de cavitação
- as mangueiras deverão ser atóxicas, possuir superfície interna lisa e serem transparentes
- diâmetro mínimo da mangueira de saída da calha: 4”
- tipo de válvula: esfera tripartida de inox

Requisitos da caixa de filtração:

- peso máximo da caixa vazia: 10 kg
- material da caixa: alumínio
- montagem: chapas dobradas e/ou soldadas. Não utilizar juntas aparafusadas
- mesh do filtro tela: 25
- a caixa deverá possuir puxadores para facilitar sua remoção

Como foi dito anteriormente, um dos componentes da resina é o pigmento (azul ou verde), quando o material que roda na linha não é colorido, não há pigmento. A troca de material colorido para branco e vice-versa demanda um setup específico da máquina, e com o sistema de filtração não será diferente, um dos tanques será para material branco e o outro para o colorido, conforme a figura 18 a seguir:



Figura 18: Tanques prontos e instalados para uso. Tanque 2 da direita usado para material branco e tanque 1 da esquerda para colorido (autor: Andersen Langendorf)

Durante a troca de material (com a máquina parada) deve-se esvaziar o tanque, limpá-lo com água imediatamente, pois se o látex secar ele irá solidificar-se e encrustar nas paredes e desligar a bomba. Depois deve-se mudar o sensor de nível de posição.

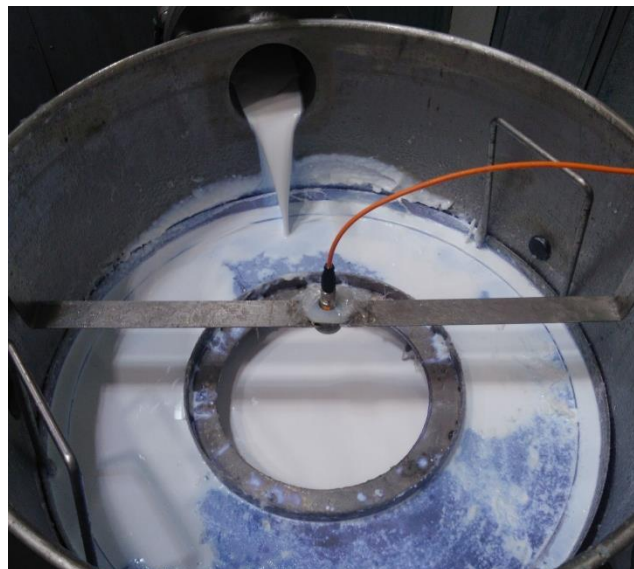


Figura 19: Posição antiga do sensor de nível (autor: Andersen Langendorf)

A mangueira deve ser reposicionada e conectada no tanque específico para o material (ambas as válvulas de 4 polegadas devem estar fechadas durante a operação).



Figura 20: Troca da posição da mangueira de transporte de resina (autor: Andersen Langendorf)

### 3.3 Aquisição dos equipamentos

#### Peneira

Um fato muito discutido durante o desenvolvimento do projeto foi a abertura da malha, ou o mesh a ser escolhido para a peneira. Pode ser escolhida uma peneira, para separar apenas duas frações que são ditas não classificadas, ou várias peneiras, sendo possível, assim, obter frações classificadas, cada uma das quais satisfazendo as especificações de tamanho máximo e mínimo das partículas. No caso do projeto não era de interesse classificar os materiais, nem fazer uma análise granulométrica destes, pois o que não retornar ao processo será resíduo de fibra sólida, então optou-se por uma peneira apenas. As peneiras são padronizadas conforme as séries:

- B.S. – British Standard
- I.M.M. – Institute of Mining and Metallurgy (USA)
- Série Tyler – Americana

Os diâmetros de abertura das malhas e dos fios são tabelados e encontram-se nos livros de operações unitárias. Segue a seguir a seguinte tabela de acordo com a ANVISA:

	ASTM ABNT	TYLER MESH	ABERTURA EM MILÍMETRO	ABERTURA EM POLEGADAS	
S É R I E	4 Pol.	-	101.4	4.00	
	3 ½ Pol.	-	88.9	3.50	
	3 Pol.	-	76.2	3.00	
	2 1/2 Pol.	-	63.5	2.50	
	2 Pol.	-	50.8	2.00	
	1 ¾ Pol.	-	44.4	1.75	
	1 ½ Pol.	-	38.1	1.50	
	1 ¼ Pol.	-	31.7	1.25	
	1 Pol.	-	25.4	1.00	
	¾ Pol.	-	19.1	0.75	
O S S A	5/8 Pol.	-	15.9	0.625	
	½ Pol.	-	12.7	0.500	
	3/8 Pol.	-	9.52	0.375	
	3/16 Pol.	-	7.93	0.312	
	¼ Pol.	-	6.35	0.250	
		3.5	3.5	5.66	0.223
		4	4	4.76	0.187
		5	5	4.00	0.157
		6	6	3.36	0.132
		7	7	2.83	0.111
S É R I E		8	2.38	0.0937	
		10	2.00	0.0787	
		12	1.65	0.0661	
		14	1.41	0.0555	
		16	1.19	0.0469	
		18	1.00	0.0394	
		20	0.84	0.0331	
		25	0.71	0.0280	
	F I N A		30	0.59	0.0232
			35	0.50	0.0197
		40	0.42	0.0165	
		45	0.35	0.0135	
		50	0.297	0.0117	

A peneira foi padronizada conforme a série Tyler, mais comumente utilizada no Brasil, com 25 mesh, abertura 0,71 cm, do tipo tela, constituída por fios metálicos trançados em duas direções ortogonais, de forma a deixarem entre si “malhas” ou “aberturas” quadradas, depois de feito um estudo com a viscosidade da resina.

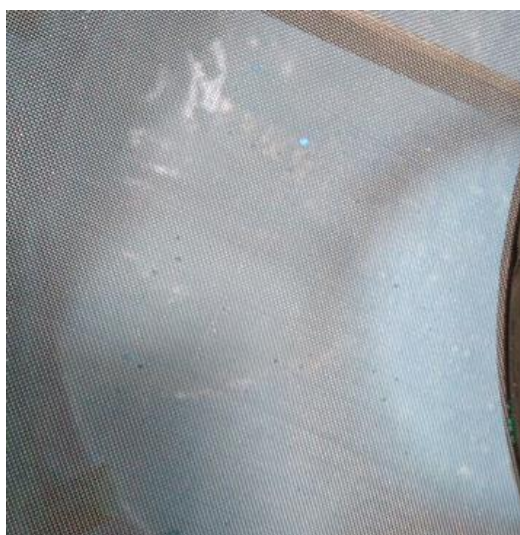


Figura 21: Peneira 25 mesh (Autor: Andersen Langendorf)

Mas após certo tempo de funcionamento do sistema, a operação reparou que o filtro saturava muito rápido, às vezes em menos de uma hora, demandando remoção dos resíduos com frequência muito alta, e isto é ineficiente, uma vez que a mão-de-obra deixa de realizar outras atividades mais importantes para fazer a limpeza. A estratégia encontrada foi desenvolver uma peneira com mesh menor (maior abertura), e após análise do resíduo com medições de diâmetro e comprimento das fibras que ficavam na peneira, optou-se por abertura de 15,9 mm de diâmetro, mesh de 5/8, de acordo com a ASTM ABNT, de formato crivo, uma chapa metálica curva perfurada por um sistema de furos.



Figura 22: Nova peneira utilizada (autor: Andersen Langendorf)

Com esta peneira atingiram-se resultados melhores de tempo de saturação (vários dias até a primeira limpeza necessária), além de que a peneira do tipo crivo apresenta maior resistência e durabilidade que a tela.

### **Sensor de Nível**

Tanques são encontrados em diversas partes de um processo e, quase sempre, próximo a bombas. Bombas são usadas para carregar material de um ponto a outro nos processos, e para desempenharem esta tarefa com sucesso, é necessário que haja material suficiente para ser transportado. Para garantir esta operação, usam-se tanques logo previamente à bomba, e para garantir que os tanques sempre contenham material, eles contêm instrumentos de medição de nível.

Existem diversos medidores de nível, cada um com específica característica e qualidades e defeitos, como por exemplo:

- visores de nível: os instrumentos de medida mais simples, sua medida deve ser realizada necessariamente no campo. São feitos de vidro e por isso frágeis,

suportando no máximo uma pressão de 2 atm. O visor de nível tem o princípio de funcionamento baseado nos Vasos Comunicantes, pois junto ao tanque é colocado um bypass com escala, de forma a ver a altura de preenchimento do líquido

- tipo flutuadores (boia alavanca): pode ser encontrada tanto junto ao líquido, quanto a um bypass. Não se recomenda uso junto ao líquido para casos em que a alimentação ocorre na superfície superior, pois a perturbação e agitação podem causar erros de medida da boia. Normalmente são esféricas com diâmetro variável (geralmente entre 3 e 7 in). Os menores diâmetros são usados para líquidos de alta densidade, enquanto os maiores diâmetros são usados para líquidos de baixa densidade, ou interfaces líquido-líquido. Os medidores tipo boia são geralmente utilizados em medidas locais, para se ter a medida na central de controle, é possível transformar a leitura do nível em sinal elétrico.
- medidor capacitivo: a capacitância é dada de acordo com a equação  $C = K \cdot A/d$ . O princípio deste medidor é que quanto mais líquido dentro do tubo, maior será o valor de K e, portanto, maior a capacitância.
- medidor ultrassônico: normalmente colocado no topo do tanque em que se deseja medir o nível. Ele emite som com velocidade conhecida, quando este atinge a superfície do líquido é refletido, voltando para o instrumento de medida. O tempo que se leva para realizar este caminho determina a altura de tanque no líquido. A grande vantagem deste medidor é a ausência de contato com o fluido, mas não deve ser usado em líquidos que formem espuma, pois nestes casos irá surgir considerável erro de medida.
- sensor óptico: também chamado de fotoelétrico, tem como princípio de funcionamento a propagação da luz, que podem ser das cores vermelha, laser vermelho ou infravermelho, cada uma para determinada aplicação. Estes sensores não devem ser usados para detecção de objetos de cor escura pela sua alta absorção de luminosidade, afetando diretamente a distância de detecção. A tabela 8 a seguir mostra o tipo de luz e sua detecção aconselhada:

Tipo de Luz	Deteção	Visível ao Olho Humano
LED vermelho	Objetos médios e grandes	SIM
Laser	Objetos pequenos	SIM
Infravermelha	Objetos transparentes	NÃO

Tabela 8: Tipos de luzes dos sensores ópticos

O sensor escolhido para o projeto é o último citado, sensor óptico do tipo O1D300, pois sua tecnologia de ponta permite maior acuracidade quanto à medição do nível do tanque, ideal para detecção da resina, um líquido turvo, não sendo um óleo, e também por compatibilidades elétricas com a fábrica.



Figura 23: Sensor óptico utilizado (material interno)

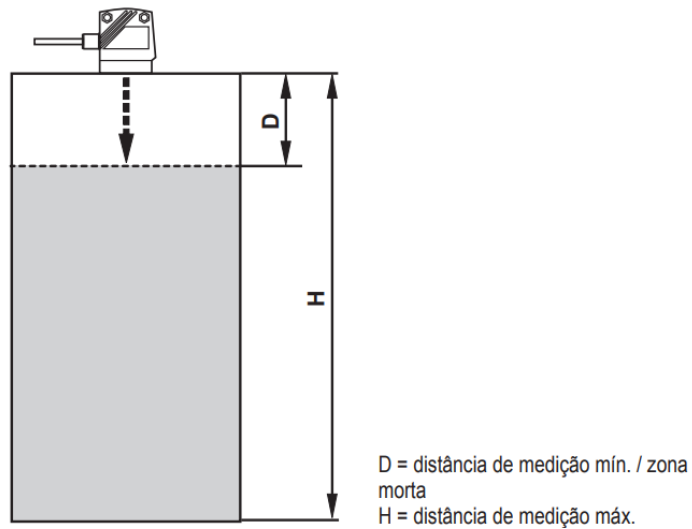


Figura 24: Desenho esquemático do sensor de nível e o tanque (material interno)

Primeiramente, o sensor foi instalado acima do tanque, acoplado a uma tábua metálica, e a peneira era vazada no meio para ocorrer a medição. A figura 25 a seguir demonstra a posição prévia do sensor.

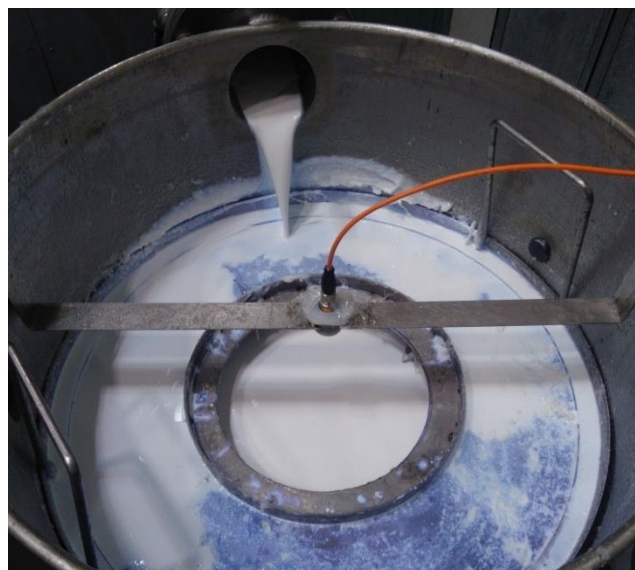


Figura 25: Primeira posição do sensor (autor: Andersen Langendorf)



Esta posição apresentou desvantagens como a perturbação da resina no tanque causada pela alimentação na parte superior, questões estéticas e o projeto prevê o tanque fechado durante a operação, além de tornar a remoção da peneira para limpeza mais complicada e não operacional. A solução encontrada foi pensada no sensor tipo visor de nível, então criou-se um bypass através do tanque, mas ao invés de utilizar a escala visual, o sensor óptico consegue medir com mais precisão a altura do líquido, uma vez que a alimentação através dos vasos comunicantes ocorre na parte inferior, corrigindo os problemas de estética e operação decorrentes da posição anterior do sensor. A figura 26 a seguir mostra a posição atual e definitiva do sensor:



Figura 26: Situação: situação atual do sensor (autor: Andersen Langendorf)

#### 4 Formulação do Problema ou Estudo de Caso

Como dito anteriormente, o processo de aplicação de resina na manta de Não-tecido se dá na máquina chamada Foulard. A resina tem seus componentes misturados no Hansa Mixer e depois é transportada para a bandeja de acúmulo, que possui dimensões de 4,5 x 1,0 x 0,2 m, onde um rolo gravado metálico é parcialmente banhado e com isso transfere a solução para o material, ao mesmo tempo em que um rolo de borracha junto com uma ferramenta raspadora dosam a resina aplicada. A antiga bandeja não possuía a calha de captação do overflow da resina, que possui perfil circular com inclinação em uma das laterais onde há um bocal de coleta para enviar o material para a caixa de filtração.



Figura 27: Sistema aplicador de resina (autor: Andersen Langendorf)

Com isto, a fibra da manta era transportada para o Foulard, acumulando material na máquina, saturando o sistema e ocasionando instabilidade no processo, alterando as propriedades do Não-tecido ou até mesmo parada de máquina para limpeza, ou por sobrecarga. Para evitar que a resina da bandeja fique saturada, foi necessária a instalação de um sistema de filtração e recirculação. Desde o startup, o período possível para rodar a linha sem parada para limpeza (sem problemas de manutenção) era em média 18 horas. Considerando o tempo médio de parada para limpeza sendo de 45 minutos, que o material resinado roda durante 75% do tempo no mês, isto gera 32 limpezas durante o mês, num total de 24 horas de máquina parada apenas para limpeza. Com a instalação do sistema de filtração calcula-se um ganho de 16 horas de produção a cada mês.

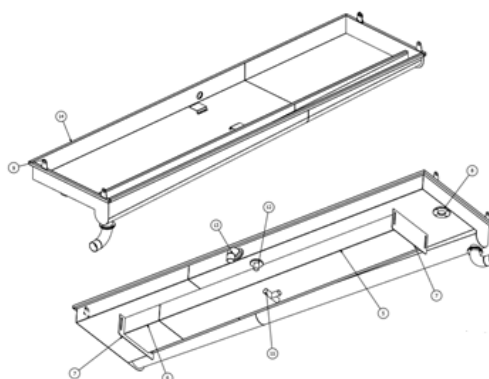


Figura 28: Projeto da bandeja atual com calha coletora (material interno)

Há um sistema dosador responsável por controlar a quantidade de resina abastecida na bandeja, onde um sensor analógico de nível comanda o PID do dosador e a rotação da bomba helicoidal (indicada para bombear líquidos de alta viscosidade, com baixo risco de cavitação e maior controle da vazão e pressão de trabalho), de forma a manter o nível da bandeja constante, variando de acordo com o consumo de material no Foulard. Após a instalação do sistema de filtração, o nível da bandeja passou a ser constante, pois a calha de coleta instalada nas costas da bandeja coleta a resina por overflow. Desta forma, o sensor de nível foi instalado na caixa de filtração.

## 5 Resultados

### 5.1 Paradas de Máquina

Cada parada de máquina é computada num banco de dados de software de gestão da planta, chamado de Protheus TOTVS. Existem várias categorias (ou motivos) que causam estas paradas, separadas primeiramente entre paradas de manutenção e de produção. As paradas de manutenção podem ser classificadas como manutenção preventiva, corretiva mecânica, corretiva elétrica, queda de energia, falta de energia elétrica, etc. Enquanto as paradas de produção podem ser troca de OF (troca de produto), embuchamento (quando algum material com densidade grande tranca em alguma tubulação ou algum ponto de contato e acaba impedindo a passagem de ar ou de outro material), desenvolvimento de produto ou processo (testes do setor da engenharia de processo para desenvolvimento de novos materiais ou produtos).

A figura 29 a seguir mostra um exemplo de relatório mensal gerado pelo software de gestão, este separa as paradas por turno durante o mês, no caso do turno A no mês de janeiro de 2017.

1 - Janeiro - Notepad  
File Edit Format View Help

```

*****
*Fitesa / GravataiLGR1031.BMP                               Folha..:
*SIGA / FITEST54/v.11                                     Mapa de Producao do Turno A do recurso RS8      DT.Ref.: 18/10/2017*
*Hora...: 14:33:44 - Empresa: Fitesa / Filial: Gravatai    Emissao: 18/10/2017*
*****

```

DATA	HORAS DISPONIVEIS	HORAS PARADAS	% DOWN TIME	PRODUCAO EM KG	RESIDUO BRUTO KG	% RES BRUTO	RESIDUO RECICLADO	% RES RECIC
01/01/2017	12:00	0:00	0,00	12.263	545	4,26	0	0,00
02/01/2017	12:00	0:00	0,00	12.067	851	6,59	0	0,00
03/01/2017	0:00	0:00	0,00	0	0	0,00	0	0,00
04/01/2017	0:00	0:00	0,00	0	0	0,00	0	0,00
05/01/2017	0:00	0:00	0,00	0	0	0,00	0	0,00
06/01/2017	12:00	4:20	36,11	8.704	316	3,50	0	0,00
07/01/2017	12:00	0:00	0,00	12.193	652	5,08	0	0,00
08/01/2017	12:00	0:00	0,00	11.635	505	4,16	0	0,00
09/01/2017	0:00	0:00	0,00	0	0	0,00	0	0,00
10/01/2017	0:00	0:00	0,00	0	0	0,00	0	0,00
11/01/2017	0:00	0:00	0,00	0	0	0,00	0	0,00
12/01/2017	12:00	3:30	29,17	8.248	646	7,26	0	0,00
13/01/2017	12:00	0:00	0,00	11.828	943	7,38	0	0,00
14/01/2017	12:00	0:35	4,86	10.797	728	6,32	0	0,00
15/01/2017	0:00	0:00	0,00	0	0	0,00	0	0,00
16/01/2017	0:00	0:00	0,00	0	0	0,00	0	0,00
17/01/2017	0:00	0:00	0,00	0	0	0,00	0	0,00
18/01/2017	12:00	0:45	6,25	10.784	674	5,88	0	0,00
19/01/2017	12:00	0:00	0,00	12.146	1.065	8,06	0	0,00
20/01/2017	12:00	2:55	24,31	9.235	384	3,99	0	0,00
21/01/2017	0:00	0:00	0,00	0	0	0,00	0	0,00
22/01/2017	0:00	0:00	0,00	0	0	0,00	0	0,00
23/01/2017	0:00	0:00	0,00	0	0	0,00	0	0,00
24/01/2017	12:00	7:10	59,72	4.549	537	10,56	0	0,00
25/01/2017	12:00	1:55	15,97	8.462	983	10,41	0	0,00
26/01/2017	12:00	2:15	18,75	10.170	929	8,37	0	0,00
27/01/2017	0:00	0:00	0,00	0	0	0,00	0	0,00
28/01/2017	0:00	0:00	0,00	0	0	0,00	0	0,00

Figura 29: Relatório de parada de máquina do turno A (material interno)

Também gera os motivos de parada de máquina, conforme a figura 30 a seguir.

1 - Janeiro - Notepad

File Edit Format View Help

```

31/01/2017      12:00      0:00      0,00      11.867      774      6,12      0      0,00
-----
                192:00      23:25      12,20      166.630      11.796      6,61      0      0,00

```

MOTIVOS DE DOWN-TIME NO PERIODO PARA O TURNO A - MANUTENCAO

```

-----
COD  MOTIVO                                QTDE      % DT
-----
31   MANUTENCAO CORRETIVA MECANICA        16:00      68,33
-----
                                16:00      68,33

```

MOTIVOS DE DOWN-TIME NO PERIODO PARA O TURNO A - PRODUCAO

```

-----
COD  MOTIVO                                QTDE      % DT
-----
28   LIMPEZA DE MAQUINA                    1:15       5,34
60   EMBUCHAMENTO                          2:40      11,39
65   DESENVOLV DE PRODUTO OU PROCESSO      3:30      14,95
-----
                                7:25      31,67

```

( continua na proxima página... )

\*\*\*\*\*

\*Fitesa / Gravata1LGRL1031.BMP Folha..:

\*SIGA / FITEST54/v.11 Mapa de Producao do Turno A do recurso RS8 (continuacao...) DT.Ref.: 18/10/2017\*

\*Hora...: 14:33:44 - Empresa: Fitesa / Filial: Gravatai Emissao: 18/10/2017\*

\*\*\*\*\*

DATA	HORAS DISPONIVEIS	HORAS PARADAS	% DOWN TIME	PRODUCAO EM KG	RESIDUO BRUTO KG	% RES BRUTO	RESIDUO RECICLADO	% RES RECIC
*****								

MOTIVOS DE RESIDUO BRUTO NO PERIODO PARA O TURNO A

```

-----
COD  MOTIVO                                QTDE      % RB
-----

```

Figura 30: Motivos de horas paradas do turno A (material interno)

Como pode ser observado na tabela 5 a seguir, a partir dos relatórios verificou-se os seguintes dados, considerando o número de horas paradas, classificadas neste estudo como de limpeza e não limpeza, para cada mês.

Janeiro	Horas Paradas	
	Absolutas	%
Total	74:45:00	100,0
Limpeza	6:56:00	9,3
Não Limpeza	67:49:00	90,7

Fevereiro	Horas Paradas	
	Absolutas	%
Total	54:06:00	100,0
Limpeza	16:30:00	30,5
Não Limpeza	37:36:00	69,5

Março	Horas Paradas	
	Absolutas	%
Total	44:14:00	100,0
Limpeza	10:46:00	24,3
Não Limpeza	33:28:00	75,7

Abril	Horas Paradas	
	Absolutas	%
Total	48:10:00	100,0
Limpeza	5:22:00	11,1
Não Limpeza	42:48:00	88,9

Maio	Horas Paradas	
	Absolutas	%
Total	70:51:00	100,0
Limpeza	6:00:00	8,5
Não Limpeza	64:51:00	91,5

Junho	Horas Paradas	
	Absolutas	%
Total	66:35:00	100,0
Limpeza	4:43:00	7,1
Não Limpeza	61:52:00	92,9

Julho	Horas Paradas	
	Absolutas	%
Total	69:20:00	100,0
Limpeza	5:50:00	8,4
Não Limpeza	63:30:00	91,6

Agosto (antes instalação)	Horas Paradas	
	Absolutas	%
Total	44:18:00	100,0
Limpeza	7:39:00	17,3
Não Limpeza	36:39:00	82,7

Agosto (depois instalação)	Horas Paradas	
	Absolutas	%
Total	28:21:00	100,0
Limpeza	2:35:00	9,1
Não Limpeza	25:46:00	90,9

Setembro	Horas Paradas	
	Absolutas	%
Total	98:25:00	100,0
Limpeza	9:59:00	10,1
Não Limpeza	88:26:00	89,9

Outubro	Horas Paradas	
	Absoluta	%
Total	110:30:00	100,0%
Limpeza	8:56:00	8,1
Não Limpeza	101:34:00	91,9

Novembro	Horas Paradas	
	Absolutas	%
Total	68:49:00	100,0
Limpeza	2:40:00	3,9
Não Limpeza	66:09:00	96,1

Dezembro (dia 19)	Horas Paradas	
	Absolutas	%
Total	109:06:00	100,0
Limpeza	2:49:00	2,6
Não Limpeza	106:17:00	97,4

Tabela 5: Divisão de horas paradas (material interno)

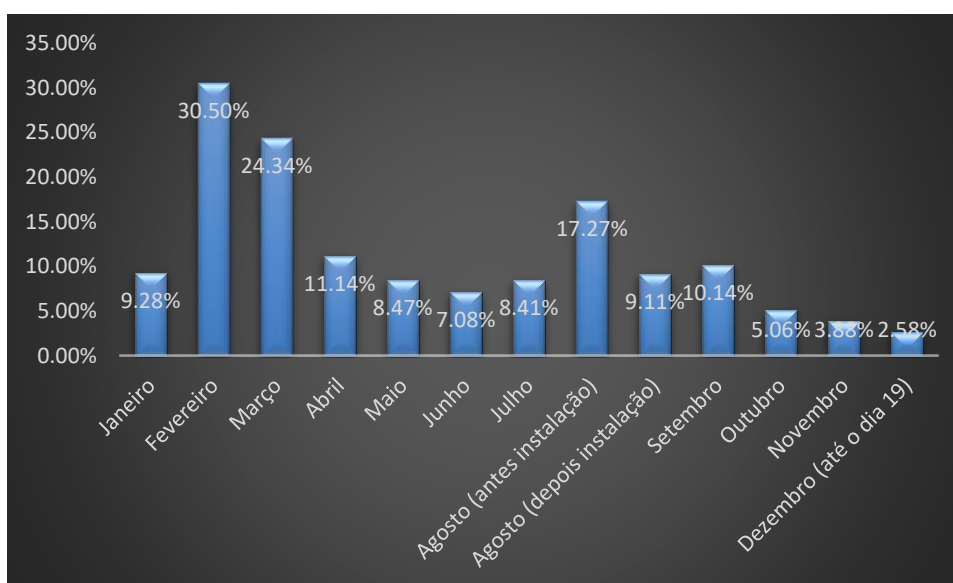


Figura 31: Resultados relativos de horas paradas

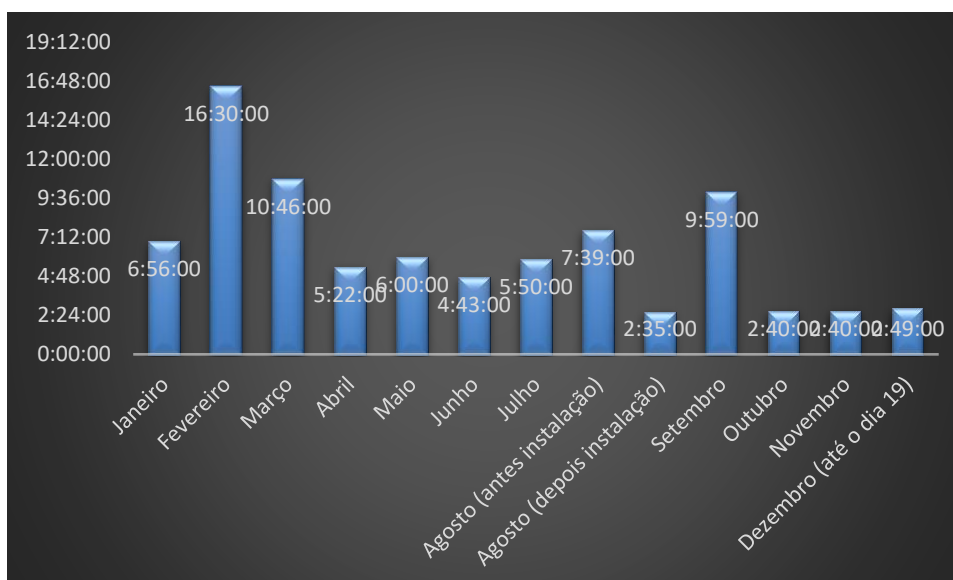


Figura 32: Resultados de horas paradas absoluto

Apesar de as paradas para não limpezas serem amplamente maiores do que as paradas para limpeza, é muito difícil atuar para reduzi-las, pois estas envolvem problemas de manutenção e a troca de toda a máquina da linha de produção, então optou-se por reduzir as paradas para limpeza com o sistema de filtração, muito mais barato e viável. Percebe-se que durante o ano houve diversas variações na quantidade percentual de horas paradas para limpeza, grande parte devido à instabilidade no processo e às paradas decorrentes de manutenção. Nos meses de janeiro, abril, maio, junho e julho, os resultados já foram considerados satisfatórios para a porcentagem de horas paradas por limpeza, mas em fevereiro, março e agosto (antes da instalação do sistema), estas paradas dominaram as causas e foram determinantes para a aceleração do projeto. O alto valor da quantidade de horas paradas para limpeza no mês de fevereiro reflete um problema crônico desta época na empresa, com reduzida mão-de-obra devido às férias dos colaboradores, bem como a alta temperatura (geralmente acima dos 45 °C) que atinge a cidade de Gravataí e se reflete mais ainda na linha de produção com os fornos responsáveis pela cura do material.

Média Relativa	
Antes	14,6%
Depois	6,2%
Redução	57,5%

Tabela 6: Média de horas paradas para limpeza antes e depois da instalação do sistema (autor: Andersen Langendorf)

Logo após a instalação do sistema de filtração, verificou-se uma redução significativa na quantidade de horas paradas para limpeza. A média de horas paradas percentuais antes da instalação foi de aproximadamente 14,6%, enquanto após foi de 6,2%, sendo esta redução muito satisfatória, com mais de 50%, mesmo com o início turbulento após a

instalação do sistema no mês de setembro, onde ocorreu o processo de adaptação dos colaboradores, tanto engenheiros como operadores, com treinamentos, falhas operacionais, setup de máquina, etc.

## 5.2 Retorno Financeiro (Payback)

Payback é período de tempo (meses, anos, décadas etc), que o projeto levaria para recuperar todas as despesas envolvidas (retorno financeiro), desconsiderando os impostos e inflações, além de depreciações. Para o cálculo de retorno do projeto do sistema de filtração, foram consideradas as seguintes despesas:

Cálculo de Payback	
Valor da proposta	R\$ 38.500,00
Sensor de nível 1	R\$ 900,00
Sensor de nível 2	R\$ 900,00
2 telas filtro novas	R\$ 400,00
2 Novo bocal	R\$ 100,00
Startup	R\$ 5.775,00
Total	R\$ 46.575,00

Tabela 7: Tabela de despesas com o projeto

Como dito anteriormente, o valor da proposta foi renegociado para R\$ 38.500,00, foram comprados novos sensores nível não previstos no projeto, duas novas telas e dois novos bocais para saída da resina. Para cálculo do custo de startup, considera-se uma média de 15% em relação ao valor da proposta, segundo a bibliografia de Willia Baseel, em Chemical Engineering Plant Design, com treinamentos, material, compra de novos materiais, mão-de-obra interna, horas extras etc, sendo então de R\$ 5.775,00, totalizando R\$ 46.575,00 para este projeto. Com a redução de média de horas paradas gradual, é possível calcular o payback considerando o período estudado, da seguinte maneira:

O período de estudo se deu a partir do primeiro dia do ano (primeiro de janeiro de 2017), até o dia de instalação do sistema, que se deu em 18 de agosto, e depois entre a instalação e o dia 31 de dezembro. O número de dias antes da instalação é de 227 dias, com um total de 63 horas e 46 minutos de paradas por limpeza, enquanto após é de 121 dias, com 20:43 horas de limpeza. Fazendo a divisão de horas de parada pela quantidade de dias, obteve-se média de 16 minutos e 51 segundos de horas paradas por dia antes da instalação, enquanto depois obteve-se 10 minutos e 16 segundos, sendo a diferença entre os dois igual a 6 minutos e 35 segundos por dia de redução de horas paradas. Considerando que cada hora parada para limpeza gera R\$ 5.000,00 de prejuízo mais o que a linha deixa de ganhar, essa diferença é de R\$ 548,50 por dia de gasto que a empresa deixou de ter com a implantação do projeto, realizando o cálculo de payback, de acordo com a equação (3) a seguir:

$$Payback = \frac{\text{Investimento Inicial}}{\text{Ganho no Período}} \quad (3)$$

Com os seguintes valores:

$$Payback = \frac{46575,00}{548,50}$$



De acordo com a equação, chega-se ao resultado de, aproximadamente, 85 dias, ou 2 meses e 24 dias, considerando as projeções para os próximos meses de mesma quantidade de horas paradas que o período pós instalação do sistema.

## 6 Conclusões e Trabalhos Futuros

O momento da partida de um novo projeto é quando todo o desenvolvimento e estudo são colocados em prática. Pode ser considerado um teste de competência, tanto da parte da empresa contratada quanto do pessoal envolvido por parte da empresa interessada, além disso, também pode gerar estresse e dúvidas quanto à viabilidade do projeto, caso este não entregue os resultados desejados imediatamente.

E foi exatamente isto que se notou após a partida (startup) do sistema de filtração da linha de cardado da Fitesa. No primeiro momento houve várias constatações de melhorias necessárias, tanto por parte da operação quanto dos engenheiros envolvidos. Como dito anteriormente, foi necessário mudar a posição do sensor de nível, uma vez que a turbulência da resina causada pela alimentação na parte superior do tanque gerava imprecisão na medida, além de se tornar não operacional, pois havia a necessidade de limpeza da tela de tempos em tempos, o que exigia sua remoção e substituição por outra limpa, e com o sensor de nível na posição exatamente acima, dificultava esta tarefa, e num processo que exige cada vez mais simplicidade e eficiência operacional, não cumpre com um dos objetivos do projeto.

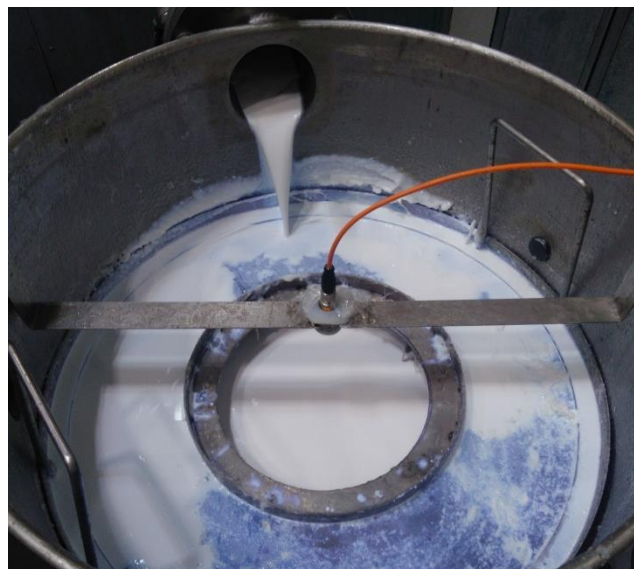


Figura 33: Antiga posição do sensor de nível (autor: Andersen Langendorf)



Figura 34: Prolongação do bocal de saída da resina da tubulação para o tanque

A figura 33 mostra que seria necessário segurar os dois suportes, girá-los até encontrar uma posição onde fosse possível remover a tela sem chocar com o suporte do sensor, ou até mesmo o sensor em si, pois qualquer choque mecânico poderia danificá-lo. Além disso, conforme observado na figura 34, foi adicionada uma prolongação do bocal de saída da resina da tubulação para o tanque. Antes, sem esta prolongação, a resina escorria através da parede, diminuindo a vazão, mesmo que de forma mínima, e ao mesmo tempo quando o látex secava, formava uma incrustação e ficava impregnado na parede do tanque, tornando difícil sua remoção após certo tempo, isso é possível ver na figura 31. Estes acessórios tornavam difícil e não prática a remoção da tela, então com a mudança do sensor de nível da posição acima do tanque, para a medição de um by-pass na sua lateral, esta tarefa ficou mais viável e mais operacional, servindo de exemplo para projetos futuros.

A outra mudança importante do projeto inicial, não apenas para a operação, como para trabalhos futuros, se deu com o mesh Tyler da tela, antes de 25 para 5/8, pois a elevada viscosidade da resina líquida saturava rapidamente o antigo filtro, e sendo este de material simples, era mais frágil. Então com a mudança do aumento do diâmetro dos furos e o material usado sendo aço inoxidável, aumentou o tempo de vida útil do filtro, além de tornar o sistema mais resistente.

Quanto ao objetivo principal do projeto, de reduzir o tempo de horas paradas devido à limpeza do Foulard, é possível observar, conforme os resultados gerados pelo sistema da empresa e os gráficos gerados acima, que a quantidade de horas paradas aumentou levemente em relação ao período imediatamente anterior, provavelmente à adaptação da operação e engenheiros envolvidos. Mesmo com treinamentos constantes, desenvolvimento de manuais de operação, predição de problemas e seus devidos planos de ações ou troubleshooting, leva-se determinado tempo para todos os envolvidos estarem totalmente ambientados ao novo componente da linha de produção. Também deve-se levar em conta que cada pessoa possui seu tempo de adaptação, desde profissionais com ampla bagagem no currículo, como MBA, especialização, etc, até outros com apenas ensino médio, o que podem gerar impasses ou desvios de comunicação. A bibliografia determina o tempo usual de treinamento prévio da operação entre quatro e oito semanas, antes da partida do projeto (Chemical Engineering Plant Design, Baseel,

Willia), o que não foi realizado pela empresa e pode ter uma das causas da adaptação demorada.

Após o primeiro mês de relativa turbulência, repara-se a leve melhora dos resultados de quantidades de limpeza, que não somente tornaram-se mais rápida, como menos frequentes, mostrando que o projeto atingiu seus objetivos e que é possível fazer projeção de retorno financeiro, que de acordo com os cálculos mostrados anteriormente, são de dois meses e 24 dias. Isto mostra os benefícios que a operação unitária da filtração pode trazer para uma linha de produção, não somente de Nãotecidos mas para qualquer segmento do mercado.

A ideia inicial da empresa era avaliar os resultados destes projetos para instalar este sistema de filtração em linhas de produção de outras plantas, com o desempenho satisfatório pretende-se usar os aprendizados adquiridos em Gravataí para futuros projetos ou trabalhos, com as mudanças realizadas, treinamento do pessoal, palestras, etc.

## 7 Referências

- ABINT – Associação Brasileira das Indústrias de Não tecidos – Classificação, Identificação e Aplicações de Não tecidos
- A PIERRE R., JEAN-LUC, C. Vulcanizable rubber composition for the manufacture of a tire, and a tire, the tread of which comprises such a composition. MICHELIN RECH. TECH. 2003. US6667362. b GRIFFITH, W.B., BUNN, A.G., UHL, I.E., HO K.S. Adhesive tape, comprises polymer film, primer coat on the polymer film, and adhesive layer on the primer coat ROHM & HAAS CO. 2002 EP1223206-A2. c AKINORI, O., DAISUKE, N. Rubber composition. BRIDGESTONE CORP. 2003. US6667356. d MEYER, J., SCHOLZ, M., KERNER, D. A method for improving the thermal stability of polymers, e.g. silicone rubber, silicone oil and natural or synthetic rubber, involves adding hydrophobic, pyrogenic, iron oxide-containing titanium oxide before or during processing. DEGUSSA. 2002, DE10059003-A1. e GENNARO, C.F., VICTOR, T.G.M. Rubber stock for bead wire components. GOODYEAR TIRE & RUBBER CO. 2003.US6662840.
- Aström, K. J.; Hägglund, T. H. “PID Controllers”: theory, design and tuning. 2.ed. Research Triangle Park, Instrument Society of America, 1995.
- Baasel, D. Willia. (1974). “Preliminary Chemical Engineering Plant Design”. Ohio University Bazanella, A. S.; Silva Júnior, J. M. G. Da. “Sistemas de Controle”: princípios e métodos de projeto. 1.ed. Editora UFRGS, 2005.
- Billmeyer Jr. , Fred W.:Textbook of Polymer Science 1984
- BIKALES, N. M.; MARK, H. F.; GAYLORD, N. G. Encyclopedia of Polymer Science and Technology. New York: American Chemical Society, 1973.
- Bittencourt, Ana Paula Peixoto: O efeito dos processos de laminação sobre as propriedades físicas e mecânicas de compósitos de resina de poliéster com fibras de vidro.
- Chaves, Arthur Pinto: Teoria e Prática do Tratamento de Minérios 3. Britagem, Peneiramento e Moagem: Volume 3
- Canevarolo Jr., Sebastião V: Ciência dos polímeros
- FOUST, A. S. et.al. (1982). “Princípios das Operações Unitárias” – Ed LTC, Rio de Janeiro – RJ, 2ª ediçãoWorld’s largest Science, Technology & Medicine Open Access Book publisher – Publicado por Intech, open Science, open minds
- Gorninski, Jane Proszek: Avaliação das propriedades mecânicas e da inflamabilidade de concretos poliméricos produzidos com resina PET e retardante de chamas reciclados.

- <http://tecnologiademateriais.com.br/portaltm/2017/04/05/perspectivas-do-mercado-novas-tecnologias-e-aplicacoes-dos-naotecidos-e-tecidos-tecnicos-serao-temas-na-fintt-2017/>
- <http://www.abint.org.br/naotecidos.html>
- [http://www.abint.org.br/pdf/Manual\\_ntecidos.pdf](http://www.abint.org.br/pdf/Manual_ntecidos.pdf)
- [http://www.anvisa.gov.br/hotsite/farmacopeiabrasileira/arquivos/cp38\\_2010\\_anexos/tabela\\_equivalencia\\_abertura\\_malha\\_tamis.pdf](http://www.anvisa.gov.br/hotsite/farmacopeiabrasileira/arquivos/cp38_2010_anexos/tabela_equivalencia_abertura_malha_tamis.pdf)
- <http://www.balluff.com/local/br/productfinder/#data=selection%5Bca%5D%3DA0001%26selection%5Bcg%5D%3DG0103%26selection%5Bproduct%5D%3D%26selection%5B>
- <http://www.dereckduck.com/page/90>
- <http://www.docsdrive.com/pdfs/ansinet/jas/2005/1122-1129.pdf>
- <http://www.manutencaoesuprimentos.com.br/conteudo/4822-aditivo-anti-espuma-na-industria/>
- <http://www.rieter.com/de/rikipedia/articles/technology-ofshort-staple-spinning/opening/carding/the-purpose-of-carding/>
- <http://www.tecelagemmanual.com.br/cardacao.htm>
- <https://www.valge.com.br/bomba-helicoidal/>
- Lipták, "Process Measurement and Analysis Handbook ", 3rd edition.
- Portal da vulcanização, <http://www.vulcanizar.com.br>, consultado em 21/11/17
- RIPPEL, M.M. "Caracterização microestrutural de filmes e partículas de látex de borracha natural", Tese (Doutorado em Ciências na área de Físico-Química) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Química UNICAMP – Campinas, SP (2005).
- Rudin, Alfred (Auth.): Solutions Manual for the Elements of Polymer Science and Engineering 1982
- Rudin, Alfred (Auth): The Elements of Polymer Science and Engineering. An Introductory Text for Engineers and Chemists 1982
- Schmidt, Tiago de Medeiros: Soquetagem de Cabos de Fibra Poliéster com Resina Epóxi
- Young, Robert J. (Auth.): Introduction to Polymers 1981