

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE MECÂNICA/ENGENHARIA QUÍMICA
BACHARELADO EM ENGENHARIA MECÂNICA/QUÍMICA**

**HERISSON MOTA RIBEIRO
NICOLLE RENATA BAIL**

**ANÁLISE TEÓRICA DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE
EFLUENTES GASOSOS DE UMA EMPRESA DE FERTILIZANTES
NO MUNICÍPIO DE PONTA GROSSA - PR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**PONTA GROSSA
2019**

**HERISSON MOTA RIBEIRO
NICOLLE RENATA BAIL**

**ANÁLISE TEÓRICA DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE
EFLUENTES GASOSOS DE UMA EMPRESA DE FERTILIZANTES
NO MUNICÍPIO DE PONTA GROSSA - PR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel/Bacharela em Engenharia Mecânica/Química, do Departamento Acadêmico de Mecânica/Engenharia Química, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Regina Parise
Coorientador: Prof. Dr. Luiz Eduardo Melo Lima

**PONTA GROSSA
2019**



TERMO DE APROVAÇÃO

**ANÁLISE TEÓRICA DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES GASOSOS
DE UMA EMPRESA DE FERTILIZANTES NO MUNICÍPIO DE PONTA GROSSA - PR**

por

HERISSON MOTA RIBEIRO

e

NICOLLE RENATA BAIL

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 8 de maio de 2019 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel/Bacharela em Engenharia Mecânica/Química. Os candidatos foram arguidos pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Profa. Dra. Maria Regina Parise
Orientadora

Prof. Dr. Everton Moraes Matos
Membro Titular

Eng. Luis Vitório Gulineli Fachini
Membro Titular

Prof. Dr. Marcos Eduardo Soares
Responsável pelos TCC

Prof. Dr. Marcelo Vasconcelos de Carvalho
Coordenador do Curso

A Deus, que nos deu a oportunidade de
usar o dom do conhecimento para
construir, aprender, superar e, finalmente,
concluir esta jornada.

AGRADECIMENTOS

Seria impossível citar a todos que possibilitaram a escrita deste trabalho, todos que nos ajudaram, tiraram nossas dúvidas, nos deram ideias, nos suportaram emocionalmente por vezes apenas estando ao nosso lado.

Agradecemos a esta universidade, que nos fez passar por momentos bons e por momentos difíceis, que entretanto nos fizeram criar a fibra necessária para enfrentar as responsabilidades que a engenharia exige.

A nossas famílias, que nos chamaram a atenção quando relaxamos e deram palavras de alento nos momentos de dificuldade, principalmente nesta reta final. Em especial a nossas mães, que muito oraram por nós e sempre estiveram conosco, mesmo que as vezes só em pensamento.

A nossos amigos, com quem passamos pelos mais diferentes momentos, nos divertimos e batalhamos, estudamos juntos, e agora juntos comemoraremos esta conquista.

Enfim, a todos os que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

RIBEIRO, Herisson Mota; BAIL, Nicolle Renata. **Análise teórica do sistema de tratamento de efluentes gasosos de uma empresa de fertilizantes no município de Ponta Grossa - PR.** 2019. 107 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica/Química) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2019.

O crescimento do setor de agricultura em conjunto com a necessidade de uma quantidade maior de alimentos têm levado a um aumento significativo no uso de fertilizantes. Independente deste crescimento, para que o setor de fertilizantes permaneça em acordo com a legislação ambiental vigente, evitando ou reduzindo o descarte de resíduos poluentes no ambiente, são necessários sistemas de tratamento de efluentes, que minimizem, ou preferencialmente extingam os impactos ambientais oriundos do processo. Este trabalho tem como objetivo apresentar uma revisão teórica do projeto do sistema de lavagem de gases de uma empresa de fertilizantes no município de Ponta Grossa - PR, realizada por meio da análise de perda de carga, da cavitação e das alterações nas características do fluido utilizando o programa computacional Pipe Flow. O levantamento das alterações nas características de operação do sistema revelaram discrepâncias entre as temperaturas de projeto do fluido de lavagem. Os cálculos levaram à conclusão que as bombas utilizadas no sistema estão subdimensionadas, o que leva a redução no desempenho do sistema e a perdas financeiras devido às paradas para manutenção, bem como a redução da vida útil de componentes do sistema.

Palavras-chave: Sistema de lavagem. Efluentes gasosos. Sistema de bombeamento. Perda de carga. Cavitação.

ABSTRACT

RIBEIRO, Herisson Mota; BAIL, Nicolle Renata. **Theoretical analysis of the gaseous effluent treatment system of a fertilizer company in Ponta Grossa city.** 2019. 107 p. Final Coursework (Bachelor's Degree in Mechanical/Chemical Engineering) – Federal University of Technology — Paraná. Ponta Grossa, 2019.

The agriculture sector growth in addition a biggest food requirement are taking a substantial increase of fertilizer use. Regardless of this increase, aiming environment current laws compliance, avoiding or reducing polluting waste disposal at environment, makes necessary effluent treatment systems which minimize or bring to end environmental impacts arrive by process. This final paper aim present a abstract review about gaseous effluent treatment system project of a fertilizer company in Ponta Grossa city, executed by head loss, cavitation and fluid aspect analysis draws on Pipe Flow computing program. The aspect changes on treatment system operation surved show divergence between project temperature and washing system fluid temperature. Through calculations it was concluded that actual system pump are underdimensioned, making for system performance reduce and finance losses caused by unscheduled maintenace turn overs, just as element useful life reduces.

Keywords: Washing system. Gaseous effluents. Pumping system. Head loss. Cavitation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Fluxograma do sistema de lavagem de gases	16
Figura 2 – Processo de obtenção de fertilizantes granulados	20
Figura 3 – Esquema de um lavador Venturi	24
Figura 4 – Fluxograma do processo de lavagem de gases	32
Figura 5 – Tubulação do sistema de lavagem de gases do secador representada no Pipe Flow	39
Figura 6 – Tela de seleção de materiais para tubulação	40
Figura 7 – Tela de seleção de componentes	41
Figura 8 – Tela de seleção de propriedades do fluido	42
Fotografia 1 – Rotor da bomba centrífuga	15
Gráfico 1 – Curva de desempenho de uma bomba	29
Gráfico 2 – Curva de NPSH de uma bomba	31
Gráfico 3 – Perda de carga por vazão do sistema	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados de projeto do sistema de lavagem	33
Tabela 2 – Características do fluido de acordo com medições realizadas por amostragem	34
Tabela 3 – Características do fluido de acordo com o Pipe Flow	34
Tabela 4 – Dados de operação do sistema	36
Tabela 5 – Dados de desempenho da bomba	36
Tabela 6 – Dados para tubulações RPVC - Classes 20 e 32	37
Tabela 7 – Pressões máximas de serviço	37
Tabela 8 – Resultados das simulações sobre o sistema de lavagem do granulador	44
Tabela 9 – Resultados das simulações sobre o sistema de lavagem do secador	45

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

SIGLAS

AMT	Altura manométrica total
BEP	<i>Best Efficiency Point</i> (ponto de melhor eficiência)
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DAP	Diammonium phosphate (Diamônio fosfato)
MAP	Monoammonium phosphate (Monoamônio fosfato)
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MTBF	<i>Mean Time Between Failures</i> (tempo médio entre falhas)
MTTR	<i>Mean Time To Repair</i> (tempo médio para reparo)
NPK	Fertilizante nitrogênio-fósforo-potássio
NPSH	<i>Net Positive Suction Head</i> (altura de sucção positiva líquida)
PIB	Produto Interno Bruto
PVC	Policloreto de vinila
rpm	Rotações por minuto
RPVC	Policloreto de vinila revestido
SAM	Sulfato de amônio
SSP	Single Superphosphate (Superfosfato simples)
TSP	Triple Superphosphate (Superfosfato triplo)

LISTA DE SÍMBOLOS

LETRAS LATINAS

A	Área	[m ²]
D	Diâmetro	[m]
f	Fator de atrito de Darcy-Weisbach	
g	Aceleração gravitacional	[m/s ²]
H	Altura de carga	[m.c.l.]
h_{LD}	Perda de carga distribuída	[m]
h_{LK}	Perda de carga localizada	[m]
K_L	Coefficiente de perda	
L	Comprimento	[m]
P	Pressão	[kg/m ²]
Re	Número de Reynolds	
T	Temperatura	[°C]
V	Velocidade	[m/s]
\dot{V}	Vazão volumétrica	[m ³ /s]
\dot{W}	Trabalho líquido	[J]
z	Altura de líquido ou posição vertical	[m]

LETRAS GREGAS

η	Eficiência	[%]
μ	Viscosidade dinâmica	[cP]
ρ	Massa específica	[kg/m ³]

SUBSCRITOS

in	Entrada do volume de controle
out	Saída do volume de controle
u	Valor útil
v	Vapor

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	MOTIVAÇÃO	14
1.2	OBJETIVOS	15
1.2.1	Objetivo Geral	16
1.2.2	Objetivos Específicos	16
2	REVISÃO DA LITERATURA	18
2.1	FERTILIZANTES	18
2.1.1	Processo de Obtenção de Fertilizantes Granulados	19
2.1.2	Subprodutos	21
2.1.3	Emissões Gasosas e Efluentes	22
2.2	SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES	23
2.2.1	Lavadores Venturi	23
2.3	SISTEMAS DE BOMBEAMENTO	25
2.3.1	Bombas Centrífugas	25
2.3.2	Queda de Pressão e Perda de Carga	26
2.3.3	Componentes do Sistema de Bombeamento	27
2.3.3.1	Tubulações	28
2.3.3.2	Válvulas	28
2.3.4	Eficiência de Bombas	29
2.3.5	Cavitação	30
3	MATERIAL E MÉTODOS	32
3.1	CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO	32
3.1.1	Considerações Gerais	33
3.1.2	Caracterização do Fluido	33
3.2	ARRANJO FÍSICO	35
3.2.1	Tipos de Bombas e Modo de Operação	35
3.2.2	Tubulações e Componentes	35
3.3	CÁLCULOS E SIMULAÇÕES	38
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
5	CONCLUSÕES	47
	REFERÊNCIAS	50
	APÊNDICES	55
	APÊNDICE A – RELATÓRIOS DE SIMULAÇÃO DO PIPE FLOW	56
A.1	CENÁRIO 1 - RELATÓRIO DE SIMULAÇÃO ADOTANDO VALORES DE PROJETO DAS BOMBAS INSTALADAS NO SISTEMA DE LAVAGEM DO GRANULADOR	56
A.2	CENÁRIO 2 - RELATÓRIO DE SIMULAÇÃO ADOTANDO VALORES ATUAIS DE MEDIÇÃO DO SISTEMA DE LAVAGEM DO GRANULADOR	63
A.3	CENÁRIO 3 - RELATÓRIO DE SIMULAÇÃO DO SISTEMA DE LAVAGEM DO GRANULADOR ADOTANDO VALORES FORNECIDOS PELO SETOR DE PROJETOS DA EMPRESA	70

A.4	CENÁRIO 4 - RELATÓRIO DE SIMULAÇÃO ADOTANDO VALORES DE PROJETO DAS BOMBAS INSTALADAS NO SISTEMA DE LAVAGEM DO SECADOR	77
A.5	CENÁRIO 5 - RELATÓRIO DE SIMULAÇÃO ADOTANDO VALORES ATUAIS DE MEDIÇÃO DO SISTEMA DE LAVAGEM DO SECADOR	84
A.6	CENÁRIO 6 - RELATÓRIO DE SIMULAÇÃO DO SISTEMA DE LAVAGEM DO SECADOR ADOTANDO VALORES FORNECIDOS PELO SETOR DE PROJETOS DA EMPRESA	91
	ANEXOS	98
	ANEXO A – VISTAS ISOMÉTRICAS DO ARRANJO FÍSICO	99
	ANEXO B – LISTA DE COMPONENTES DO SISTEMA	103
	ANEXO C – CURVA DE PERFORMANCE DA BOMBA INSTALADA	106
	ANEXO D – DESENHO TÉCNICO DO FILTRO DE CESTOS	107

1 INTRODUÇÃO

Com o crescimento da população mundial, a busca pelo aumento da produção de alimentos tem se tornado constante. Assim, se faz necessário o uso de insumos que aumentem a produtividade na agricultura. Pensando nisso, juntamente com os avanços científicos, têm sido desenvolvidos produtos que aumentam a produtividade no plantio, evitando perdas ao longo do período de crescimento da planta. Exemplos destes produtos são os defensivos agrícolas, as sementes selecionadas e os fertilizantes.

Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), o Brasil possui 5,7% do Produto Interno Bruto (PIB) proveniente da agricultura (MAPA, 2018a). Segundo MAPA (2018b), o setor da agricultura foi responsável por 45,6% das exportações nacionais no mês de junho de 2018, o que torna o país um grande mercado consumidor para fertilizantes de maneira geral. No primeiro trimestre de 2018, a participação da agropecuária no Produto Interno Bruto (PIB) cresceu 1,4%, enquanto os setores de Indústria e Serviços cresceram apenas 0,1% cada. Segundo MAPA (2016), há uma projeção de crescimento de 7,3% da participação da agricultura no PIB entre os anos de 2018 e 2019.

Fertilizantes são substâncias que fornecem nutrientes necessários para o crescimento e formação estrutural das plantas, tornando-as mais produtivas e com frutos de maior qualidade. Podem ser minerais ou não minerais, sendo classificados em macronutrientes primários e secundários e micronutrientes. Podem ser apresentados de diversas formas para o uso no campo: em pó, em grânulos, em misturas ou até líquidos. Em sua maioria são utilizadas as misturas de componentes e os grânulos individuais (CRUZ; PEREIRA; FIGUEIREDO, 2017).

O processo de obtenção dos fertilizantes inorgânicos sólidos granulados entretanto, assim como outros processos industriais, gera como subproduto algumas substâncias poluentes que necessitam de tratamento antes de serem lançadas ao ambiente.

A Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981 define como poluição a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; criem condições adversas

às atividades sociais e econômicas; afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; ou lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos. A partir disto, tem-se que nenhuma atividade industrial deve causar tais alterações. Para tanto, é necessário que resíduos oriundos do processo sejam tratados antes de entrarem em contato com o ambiente (ANTUNES, 2005).

A indústria de fertilizantes analisada neste trabalho gera apenas efluentes gasosos a serem lançados na atmosfera, visto que os resíduos sólidos são reutilizados em outras formulações, e que os efluentes líquidos gerados no próprio tratamento de gases são tratados e retornam para o processo de lavagem. Esses gases contêm particulados provenientes dos processos de granulação e de secagem.

O processo de tratamento dos efluentes gasosos se dá em sistema composto por duas partes interligadas, que tratam separadamente efluentes provenientes de diferentes operações do processo produtivo. Cada uma destas partes é composta por um exaustor, responsável por captar os gases que passam por um lavador do tipo Venturi, no qual um líquido é atomizado sobre o gás, que ascende no sentido contrário aos das gotículas, gera o carreamento das partículas sólidas para um tanque localizado na parte inferior do mesmo. O gás então é passado por um separador, que busca retirar o líquido restante no gás, e é direcionado para o mesmo tanque ligado ao lavador. O gás então é direcionado à atmosfera, e o líquido é direcionado para tratamento numa estação de tratamento de resíduos líquidos onde os particulados são floculados e o líquido é decantado e posteriormente filtrado.

Entretanto, o processo de lavagem de gases em questão tem apresentado diversas dificuldades de funcionamento, como o baixo tempo de vida útil das bombas, exaustores, juntas, válvulas e tubulações, o que gera gastos maiores que o esperado para a indústria. Necessitando então uma melhor análise do sistema.

1.1 MOTIVAÇÃO

Este trabalho baseia-se em um sistema de lavagem de gases efluentes do processo de produção de fertilizante inorgânico granulado. O sistema em questão encontra-se instalado em uma empresa de fertilizantes localizada no município de Ponta Grossa, no Estado do Paraná. Em Julho de 2018, durante uma parada para manutenção em uma das bombas centrífugas que alimentam o sistema de lavagem de

gases da unidade, constatou-se que o rotor do equipamento estava condenado, apresentando grandes sinais de corrosão, possivelmente relacionados à cavitação (Fotografia 1).

Fotografia 1 – Rotor da bomba centrífuga



Fonte: Autoria própria

Ao investigar possíveis causas da falha, descobriu-se que as características do fluido que opera neste sistema sofreram grandes alterações ao longo do tempo em que os equipamentos que lá se encontram instalados foram dimensionados. Esta diferença entre características do fluido de trabalho atual em contraste com as especificações utilizadas para dimensionamento dos equipamentos foi o ponto de partida para a proposta de desenvolvimento deste trabalho.

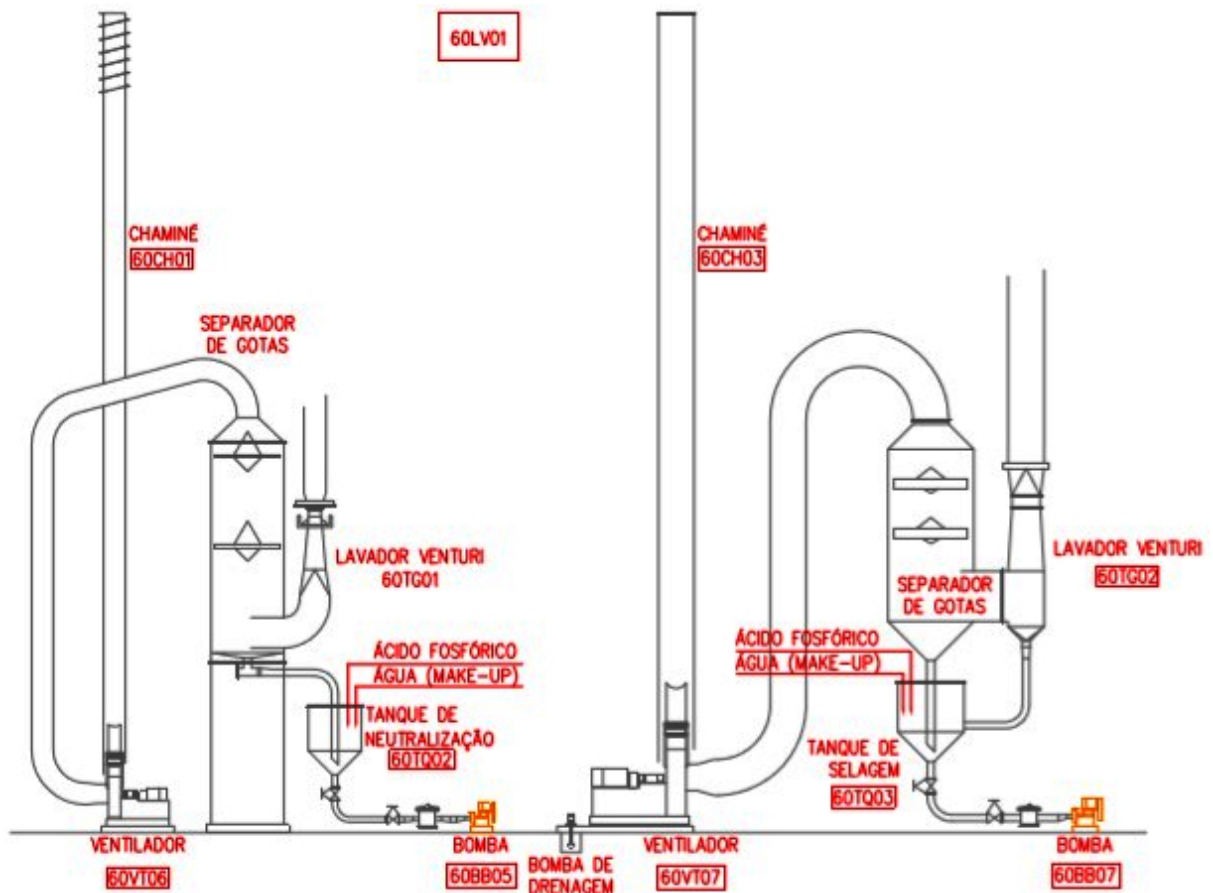
1.2 OBJETIVOS

Os objetivos deste trabalho foram divididos de maneira a facilitar a compreensão de todos os assuntos relacionados.

1.2.1 Objetivo Geral

Realizar uma revisão teórica do projeto do sistema de tratamento de efluentes gasosos, buscando a proposição de melhorias, reestruturando pontos importantes do sistema ilustrado na Figura 1, a fim de permitir a minimização de perdas de carga, perdas financeiras oriundas de paradas para manutenção de componentes subdimensionados, além de impactos ambientais e ocupacionais em decorrência de vazamentos da rede.

Figura 1 – Fluxograma do sistema de lavagem de gases



Fonte: Fornecida pela empresa de fertilizantes

1.2.2 Objetivos Específicos

A fim de alcançar o objetivo geral proposto, é necessário levar em consideração os seguintes objetivos específicos:

- Caracterizar o fluido a ser bombeado por todo o sistema de lavagem de gases;

- Analisar as condições de operação atual, para verificar as perdas de carga do sistema;
- Revisar os cálculos de dimensionamento do sistema de bombeamento;
- Analisar de forma teórica a eficiência do sistema.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo apresentam-se três principais seções: fertilizantes, sistema de tratamento de efluentes e sistema de bombeamento. Na seção de fertilizantes descreve-se o mercado do produto, as definições e variedades de fertilizantes, os processos de fabricação, os subprodutos gerados e as possíveis emissões do processo de fabricação dos fertilizantes. A segunda seção apresenta os sistemas de tratamento de efluentes, em específico o lavador do tipo Venturi. Na última seção descreve-se os sistemas de bombeamento, seus componentes, definições e eficiência.

2.1 FERTILIZANTES

A fertilização surgiu há milhares de anos como maneira alternativa de manejo de plantações em geral, tanto para fontes de alimentos como vegetais, grãos, pastagens, como para produções de fibras, etc. Segundo Shreve e Brink (1980), o uso de fertilizantes teve início quando a humanidade percebeu que os excrementos animais eram importantes para o crescimento vegetal, assim o uso de dejetos animais como fontes nitrogenadas para o crescimento de plantas se manteve nos Estados Unidos até por volta de 1900, onde 90% da adubação era originária de excrementos animais. O uso das cinzas de madeira também possui séculos de utilização pela humanidade, com alto teor de carbonato de potássio enriquecia o solo preparando-o para o plantio. Com os avanços da ciência, passaram a ser utilizados alguns minerais naturais, subprodutos de outras indústrias ou importados. Antes de 1930, nos Estados Unidos, os únicos produtos manufaturados do ramo de fertilizantes eram os chamados superfosfatos e os fertilizantes mistos.

Fertilizantes são substâncias que fornecem nutrientes necessários para o crescimento e formação estrutural das plantas, podendo ter origens minerais ou não minerais. Segundo Costa e Silva (2012), os nutrientes essenciais para o desenvolvimento vegetal são ao todo 16, sendo eles: carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, ferro, manganês, zinco, cobre, boro, cloro e molibdênio. Segundo Dimkpa e Bindraban (2016), os nutrientes são classificados de acordo com a quantidade de consumo necessária das plantas:

- **Macronutrientes:** são assim classificados por serem absorvidos em quantidades maiores pelas plantas. Esses nutrientes essenciais são cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), juntamente com o NPK (nitrogênio, fósforo e potássio), que é o tipo de fertilizante mineral mais comumente utilizado no mundo.
- **Micronutrientes:** são exigidos pela planta em quantidades menores, também considerados essenciais, sendo eles o cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo), níquel (Ni), zinco (Zn), boro (B) e cloro (Cl).

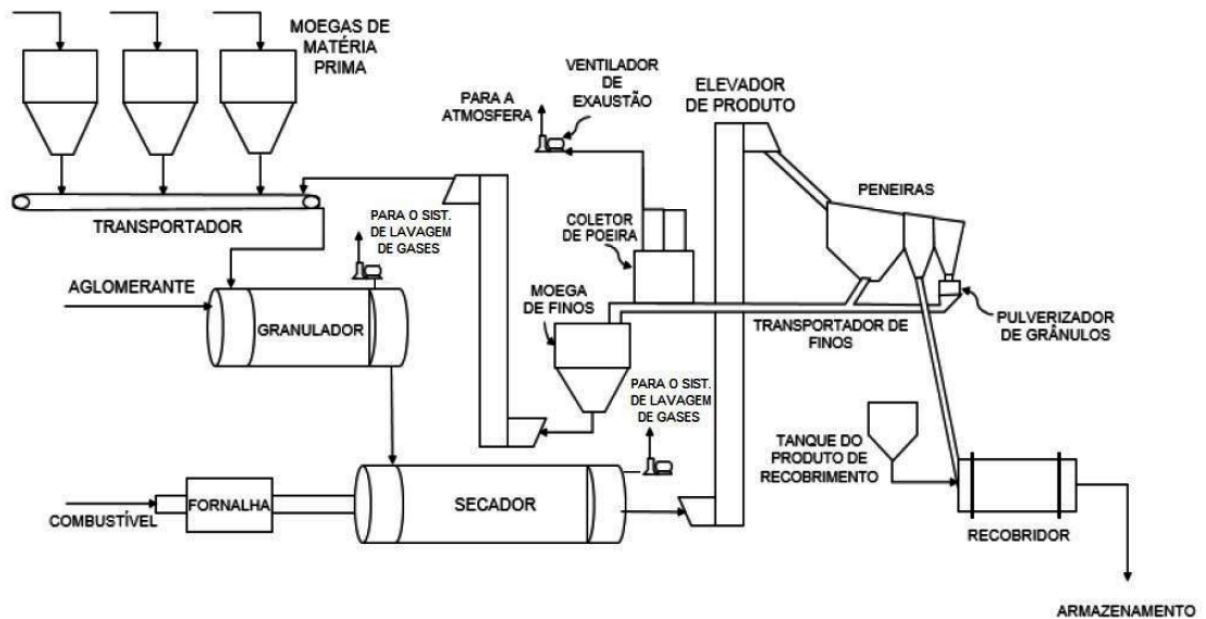
Os outros elementos, como o selênio (Se), o silício (Si) e o sódio (Na) são considerados por Dimkpa e Bindraban (2016) como não essenciais apesar de aumentarem o crescimento e conferirem outros benefícios às plantas. Os fertilizantes inorgânicos sólidos em geral podem ser apresentados de diversas formas para o uso no campo: em pó, em grânulos, em misturas, entre outros. Em sua grande maioria são utilizadas as misturas de componentes e os grânulos individuais. Nas misturas, quantidades determinadas dos nutrientes são mescladas para que se obtenha a carga nutricional ideal para o solo e para o tipo de cultura. Estes componentes são, de maneira geral, misturados em processos mecânicos não complexos. Já nos produtos granulados, os nutrientes são unidos em um grânulo, neste processo a matéria prima é agregada por forças mecânicas e intramoleculares entre os sais que compõe a matéria prima (DIAS; FERNANDES, 2006; COUTO; ORTEGA; PETROVICK, 2000).

2.1.1 Processo de Obtenção de Fertilizantes Granulados

Os denominados fertilizantes granulados NPK (nitrogênio-fósforo-potássio), também conhecidos como fertilizantes complexos, são obtidos, em sua maioria, por meio da granulação úmida de sais e minerais. Segundo Iveson et al. (2001), o que rege o processo de obtenção deste produto é a formulação (variando de acordo com a matéria prima e o líquido utilizado) e as características de processo (pela escolha do tipo de granulação e os parâmetros de operação). Isto pode ser visualizado na Figura 2, que apresenta um esquema geral do processo de granulação de fertilizantes.

Na Figura 2, a entrada de matéria prima através das moegas é definida a partir da formulação que se deseja obter. Costa e Silva (2012) apresentam algumas das principais matérias primas utilizadas neste processo, sendo elas superfosfato simples

Figura 2 – Processo de obtenção de fertilizantes granulados



Fonte: Adaptada de Shreve e Brink (1980)

(SSP); superfosfato triplo (TSP); fosfatos de amônio (MAP e DAP); nitrato de amônio; sulfato de amônio (SAM); ureia e cloreto de potássio. Estas matérias primas são transportadas ao granulador, onde a mistura recebe o aglomerante. De maneira geral, em linhas de produção nas quais não ocorre reação ao longo do processo de granulação, segundo Walker et al. (2000), os líquidos aglomerantes incluem água, soluções à base de água e substâncias fundidas, também conhecidas como *melts*. O vapor de água é de grande utilização nessa etapa do processo, e segundo Shanmugam (2015), o vapor proporciona uma maior taxa de difusão no pó e um balanço térmico mais favorável durante o processo de secagem. Segundo o autor, após a condensação do vapor, a água forma um filme fino e quente sobre as partículas de pó, exigindo apenas uma pequena quantidade de energia extra para sua eliminação e evapora facilmente. Isto gera grânulos esféricos com maior área superficial e o tempo de processamento mais curto.

Após a granulação, o fertilizante passa por um processo de secagem em secadores rotativos, nos quais, em virtude da rotação o conteúdo é lançado através dos gases quentes de secagem, que, conforme a Figura 2, provém de uma fornalha (SHREVE; BRINK, 1980). O produto então é encaminhado para o peneiramento, processo necessário para a adequação de tamanho do produto. Os grânulos de fertilizante que apresentam granulometria maior que o tamanho padrão desejado são encaminhados

para o pulverizador de grânulos (Figura 2) e então, tanto os grânulos pulverizados, quanto os grânulos inferiores à granulometria padrão separados pelo peneiramento, são encaminhados para a moega de finos.

As partículas com granulometria inferior a 2 mm retornam à alimentação, formando então uma corrente de reciclo. Segundo Iveson et al. (2001), algumas plantas industriais, com processos contínuos de granulação úmida, frequentemente operam com taxas de reciclo altas como 5:1. Rodrigues (2012) citam plantas do processo de granulação úmida de SSP com taxas de reciclo variando de 2:1 até 6:1, que segundo o autor, geram um aumento de carga significativa dentro do granulador, resultando em má distribuição dos líquidos, e comprometimento de outras etapas do processo como a secagem, o resfriamento e o peneiramento dos grânulos.

A etapa final do processo é o recobrimento dos grânulos, que ocorre com a aplicação de aditivos de recobrimento atomizados sobre o produto no interior de um tambor rotativo. Essa etapa tem como principais objetivos a liberação controlada dos nutrientes no solo e a redução de perdas por lixiviação de componentes pela absorção de água (DONIDA, 2004).

2.1.2 Subprodutos

Geralmente, os processos de produção apresentam saídas paralelas de produtos, podendo estes ser chamados de coprodutos, subprodutos, ou resíduos. Segundo Martins e Rocha (2010) coprodutos são as saídas de um processo de produção conjunta, cujo faturamento é considerado significativo para a empresa, enquanto subprodutos são os produtos de um processo de produção conjunta com menos importância em relação ao faturamento. Diferentemente, os resíduos são elementos, também oriundos da fabricação, que não apresentam mercado ou valor comercial significativo para a empresa.

Da mesma maneira, na indústria de fertilizantes, tem-se a saída de coprodutos, como resíduos do próprio processo de produção, matéria prima provinda de vazamentos em correias transportadoras, vazamentos do próprio produto em processamento nos equipamentos, ou a deposição do pó presente no ambiente da fábrica, oriundo das etapas de secagem, resfriamento ou do próprio transporte de matéria. Na indústria em questão todo esse material, quando depositado no piso, ou sobre equipa-

mentos, é recolhido, e retorna ao processamento, por ter sua composição conhecida e semelhante à formulação de produção. A chamada "varredura", termo de utilização da empresa em questão, é outro subproduto, proveniente de descartes e vazamentos das linhas de mistura e envase da planta. A partir desta, é feita uma nova formulação granulada, ajustando os nutrientes de composição com a inserção de matéria prima fresca.

O vapor proveniente da etapa de granulação carrega partículas de matéria prima. De semelhante modo, os gases provindos da etapa de secagem contém, além das partículas de matéria prima, particulados da queima de combustível na fornalha, para o fornecimento de calor ao secador. Ambos podem ser classificados como resíduos, pois, além de conterem partículas que não podem ser descartadas diretamente no ambiente, têm temperatura elevada, necessitando de tratamento e não apresentando mercado nem valor comercial para a empresa.

2.1.3 Emissões Gasosas e Efluentes

Diante do forte crescimento industrial e o alto nível de poluição atmosférica já atingido, tanto em regiões metropolitanas como em regiões industriais, faz-se necessária a análise de meios para a redução de emissões gasosas na atmosfera. Deste modo, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) define diretrizes para a redução de emissões. A Resolução 382 de 26 de dezembro de 2006 (CONAMA, 2006) define os seguintes termos:

- Emissões: lançamento na atmosfera de qualquer forma de matéria sólida, líquida ou gasosa;
- Material particulado: todo e qualquer material sólido ou líquido, em mistura gasosa, que se mantém neste estado na temperatura do meio filtrante, estabelecida pelo método adotado;
- Controle de emissões: todos os procedimentos destinados à redução ou à prevenção da liberação de poluentes para a atmosfera.

A resolução também descreve o uso dos chamados equipamentos de controle da poluição do ar, sendo sua atuação necessária quando não se pode prevenir

a geração desse poluente. O uso destes dispositivos visam reduzir as emissões atmosféricas, quando não é possível tratá-las e evitá-las durante o processo. Este tipo de tratamento é denominado controle de "fim de tubo", visto que os resíduos gerados passam por intervenção apenas após já serem gerados (CONAMA, 2006).

2.2 SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES

O CONAMA é a instituição nacional responsável por estabelecer a prevenção, controle e minimização dos impactos ambientais oriundos de fontes de poluição. Por exemplo, Resolução 430 de 13 de maio de 2011 do CONAMA estabelece condições e parâmetros para o lançamento de efluentes no ambiente, definindo limites e tolerâncias (CONAMA, 2011).

Como implicação desta e de outras resoluções as empresas necessitam adequar seus equipamentos para a legislação em vigor. Para isto, utilizam-se de sistemas de filtragem, para efluentes sólidos, líquidos e gasosos. Dentre os dispositivos para tratamento de efluentes, Ribeiro (2005) cita o lavador de gases como um equipamento de grande aplicabilidade industrial, podendo ser utilizados para remoção de contaminantes sólidos ou gasosos em caldeiras, fornalhas, incineradores, entre outros.

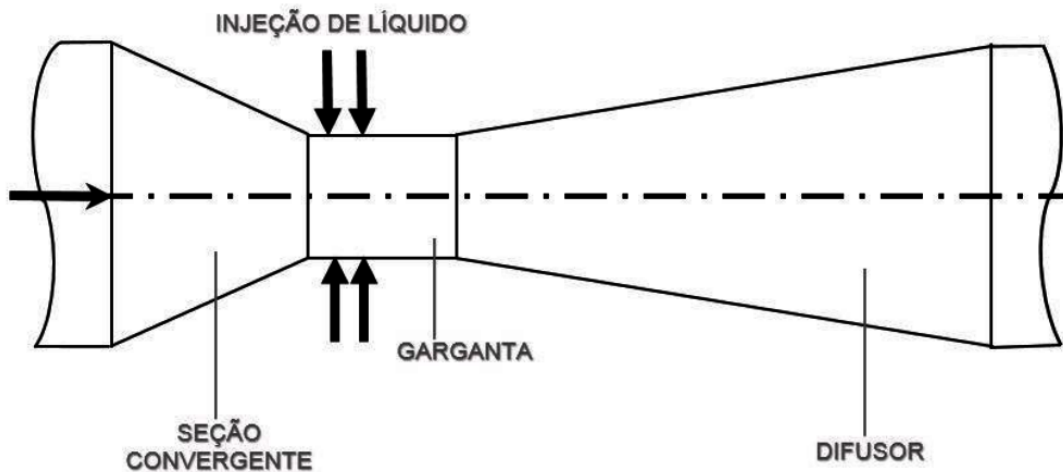
2.2.1 Lavadores Venturi

Para a remoção em grande escala de partículas dos gases efluentes, recomenda-se a utilização de lavadores Venturi. Gama (2008) descreve este tipo de lavador como atomizadores de líquido. O funcionamento se dá através do choque entre as partículas do gás e o líquido disperso em gotículas que através de forças de difusão, interceptação e inércia, carregam consigo os componentes do gás efluente (RIBEIRO, 2005).

A Figura 3 apresenta esquematicamente um lavador Venturi, podendo ser dividido em 3 componentes distintos: seção convergente, garganta e difusor.

O gás oriundo do processo e com partículas contaminantes é acelerado ao entrar na seção convergente devido à constrição do equipamento, atingindo altas velocidades na região da garganta e em seguida é submetido à desaceleração na região do difusor (MEILI, 2006).

Figura 3 – Esquema de um lavador Venturi



Fonte: Adaptada de Ribeiro (2005)

O líquido é adicionado ao processo, geralmente injetado por pequenos orifícios na região da garganta assumindo a forma de jatos. Gonçalves (2000) descreve que a atomização do fluido ocorre devido à alta energia cinética acumulada nas partículas de gases, o que produz uma reação de arraste ao se misturar com as gotículas de fluido que apresentam uma velocidade de escoamento inferior ao gás. Durante este movimento, parte das gotas deposita-se na parede do equipamento em forma de filme, porém, a ação do gás sobre essas superfícies formadas provoca a atomização destas partículas, formando um fluxo em direção ao centro do escoamento.

Meili (2006) cita que a coleta de partículas nos lavadores de Venturi ocorre pela combinação dos seguintes mecanismos: impactação inercial; difusão Browniana; interceptação; atração eletrostática; condensação; força centrífuga; deposição gravitacional.

O principal mecanismo de coleta dos lavadores é o de impactação inercial. Através deste mecanismo, uma partícula de gás movendo-se a uma velocidade elevada pode atingir gotículas do fluido que estão estacionárias ou movendo-se lentamente pela trajetória. As linhas de corrente do gás sofrem uma deflexão em torno do corpo de menor velocidade, porém a partícula permanece na sua trajetória, se chocando com o corpo. As gotas formadas, além de apresentarem velocidades inferiores em comparação ao gás, possuem um diâmetro médio muito superior ao das partículas dispersas no gás. Apesar desta diferença de diâmetro, as partículas dispersas no gás ainda apresentam uma inércia elevada, o que faz com que a mesma não consiga alterar sua trajetória e acabe se chocando com as gotículas de fluido (MEILI, 2006).

2.3 SISTEMAS DE BOMBEAMENTO

A alimentação de fluido responsável pela lavagem dos gases do lavador Venturi é realizada através de sistemas de bombeamento hidráulico. Zimmermann (2003) define um sistema hidráulico como um sistema que, ao receber energia mecânica oriunda da conversão de energia elétrica ou térmica, converte-a em potência hidráulica. A energia transferida ao fluido é transportada através de uma unidade de limitação e controle até que ocorra uma nova conversão em energia mecânica, seja em termos de deslocamento, velocidade, torque ou rotação. Um sistema de bombeamento é composto por: motores, bombas, tubulações e acessórios.

2.3.1 Bombas Centrífugas

São classificadas como bombas, as máquinas capazes de adicionar energia a uma corrente de fluido, quando o escoamento é líquido ou pastoso, podendo existir aumentos de pressão (FOX; MCDONALD; PRITCHARD, 2006). O equipamento é composto de um elemento rotativo, chamado de rotor ou impulsor, unido ao eixo que transfere ao rotor a energia mecânica gerada por fontes externas, como um motor. O rotor fica alojado na carcaça da bomba e o eixo gira apoiado num sistema de mancais e selos de vedação.

Para seleção destes equipamentos deve-se conhecer alguns parâmetros utilizados para análise do desempenho. Para escoamentos incompressíveis, geralmente utiliza-se a vazão volumétrica, também conhecida como capacidade, que pode ser expressa pela Equação (1) (CENGEL; CIMBALA, 2015).

$$\dot{V} = VA \quad (1)$$

sendo \dot{V} a vazão volumétrica, V a velocidade média do escoamento e A a área da seção transversal da tubulação.

A carga líquida, ou altura de coluna de água equivalente, é a dimensão expressa em comprimento, que representa a energia fornecida pela bomba ao fluido de modo a vencer a altura manométrica necessária e pode ser expresso pela Equação (2).

$$H = \left(\frac{P}{\rho g} + \frac{V^2}{2g} + z \right)_{\text{out}} - \left(\frac{P}{\rho g} + \frac{V^2}{2g} + z \right)_{\text{in}} \quad (2)$$

sendo P_{out} a pressão do sistema, ρ_{out} é a massa específica do fluido, g é a aceleração gravitacional e z_{out} a altura de fluido. Os subíndices *in* e *out* correspondem, respectivamente, à saída e entrada do volume de controle.

2.3.2 Queda de Pressão e Perda de Carga

Uma variável de grande influência e interesse em processos de escoamento de fluidos e processos que envolvam bombeamento, tubulações, exaustores e ventiladores é a queda de pressão. Representada por ΔP , a queda de pressão por ser resultante dos efeitos viscosos do fluido em atrito com as paredes da tubulação, conforme definido na Equação (3) (CENGEL; CIMBALA, 2015).

$$\Delta P = f \frac{L}{D} \frac{\rho V^2}{2} \quad (3)$$

De acordo com a Equação (3), as variáveis de influência sobre a queda de pressão são: o fator de atrito de Darcy-Weisbach, representado por f , um parâmetro adimensional que relaciona a perda de energia oriunda do atrito do fluido com a superfície interna do tubo e a turbulência do escoamento; pressão dinâmica do escoamento, ou seja, o produto entre a massa específica do fluido e o quadrado da velocidade média do escoamento. As variáveis L e D representam o comprimento e o diâmetro da tubulação, respectivamente (CENGEL; CIMBALA, 2015).

Entretanto, em sistemas de bombeamento e tubulações, a queda de pressão por atrito é expressa em termos da perda de carga distribuída (h_{LD}), definida pela Equação (4).

$$h_{LD} = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} \quad (4)$$

A perda de carga distribuída é causada pela viscosidade do fluido e, segundo Cengel e Cimbala (2015), representa a altura adicional que a bomba necessita elevar o fluido para superar as perdas por atrito. Estas perdas, apresentadas na Equação (4), representam a maior parte das perdas no sistema.

A perda de carga está relacionada com o comprimento do tubo e a rugosidade de sua parede, sendo estas características, em grande parte dos casos, responsáveis pelas maiores parcelas de perda de carga do fluido. Entretanto, o fluido também passa por flanges, curvas, válvulas, entradas, saídas, reduções e extensões, que são consideradas perdas localizadas, devem ser consideradas. Segundo Cengel e Cimbala

(2015), de maneira geral, estas perdas são expressas pelo coeficiente de perda (K_L), apresentado na Equação (5).

$$K_L = \frac{h_{LK}}{\frac{V^2}{2g}} \quad (5)$$

O coeficiente de perda de um componente consiste de uma grandeza adimensional, determinada experimentalmente para cada situação e seu valor é proporcional à energia dissipada nas regiões de conexão dos componentes, apresentada na Equação (3). De acordo com Cengel e Cimbala (2015), os valores de K_L são determinados pelos fabricantes, de acordo com o projeto, variando de acordo com o tipo de acessório, material de fabricação, etc. Assim, as perdas de carga localizadas (h_{LK}) ficam representadas de acordo com a Equação (6).

$$h_{LK} = K_L \frac{V^2}{2g} \quad (6)$$

O coeficiente de perda, de maneira geral, depende da geometria do acessório, do fator de atrito e do número de Reynolds (Re) – constante adimensional que determina o tipo de escoamento (laminar, em transição ou turbulento) de acordo com as características do fluido, a velocidade de escoamento e o diâmetro da tubulação.

Assim sendo, Cengel e Cimbala (2015) determinam que pode-se resumir a perda de carga total como sendo a perda de carga do fluido ao longo do escoamento pela tubulação (h_{LD}) somada à perda de carga causada pelos acessórios (h_{LK}):

$$h_{L_{total}} = h_{LD} + h_{LK} \quad (7)$$

Num sistema de bombeamento, a carga líquida total H , pode ser considerada como sendo a diferença entre a carga fornecida pela bomba subtraída da perda de carga total, tal que a Equação (2) pode ser reescrita como (CENGEL; CIMBALA, 2015):

$$\left(\frac{P}{\rho g} + \frac{V^2}{2g} + z \right)_{in} + h_{bomba} = \left(\frac{P}{\rho g} + \frac{V^2}{2g} + z \right)_{out} + h_{L_{total}} \quad (8)$$

2.3.3 Componentes do Sistema de Bombeamento

É chamado de tubulação o conjunto de tubos e seus diversos acessórios que conduzem todos os tipos de fluidos, como gases e líquidos, ao longo do processo, assim como substâncias pastosas e sólidos em suspensão. Dentro da indústria, as

tubulações tem uma importância singular, visto que é por meio delas que são transportados os produtos de transformação, as matérias-primas e os produtos de saída do processo (TELLES, 1986).

2.3.3.1 Tubulações

Segundo Telles (1986), os tubos de materiais plásticos sintéticos são amplamente utilizados, sendo de grande importância entre os materiais não-metálicos. Apesar de apresentarem algumas desvantagens, como a baixa resistência mecânica e térmica, a fácil dilatação e sua fácil combustão, suas vantagens superam tornando o uso destes muito comum. Algumas destas vantagens são: a alta resistência a corrosão; a baixa densidade; o baixo custo; a facilidade de manuseio; o baixo coeficiente de atrito, gerando menores valores de perda de carga.

O PVC é um dos plásticos de maior uso industrial, com ampla faixa de resistência de temperatura (-40 a 65 °C), e seus mais variados formatos de fabricação são muito utilizados em tubulações de água, esgoto, ácidos e álcalis. Também são fabricados tubos com revestimento externo de resina de poliéster ou fibras de vidro enroladas (RPVC), para serviços com fluidos altamente corrosivos (TELLES, 1986).

2.3.3.2 Válvulas

As válvulas são dispositivos de alta importância na indústria, pois são responsáveis pelo controle e interrupção do fluxo em tubulações. Sua instalação deve ser minuciosamente estudada, visto que são elementos caros, que introduzem perda de carga ao sistema e são pontos de possíveis vazamentos. Existem vários tipos de válvulas, classificadas de acordo com suas respectivas funções, sendo elas: válvulas de retenção, válvulas de regulagem, válvulas unidimensionais (que permitem a passagem por um sentido somente), válvulas que controlam às pressões a montante e a jusante (TELLES, 1986).

Segundo Telles (1986), válvulas de controle são válvulas destinadas a controle de fluxo, podendo trabalhar com o fechamento parcial, em especial as válvulas de borboleta e diafragma, apesar de serem válvulas de regulagem, podem trabalhar como válvulas de bloqueio. As válvulas de borboleta são leves, com custo

inferior, de vida útil mais longa e manutenção e troca de peças mais fácil.

2.3.4 Eficiência de Bombas

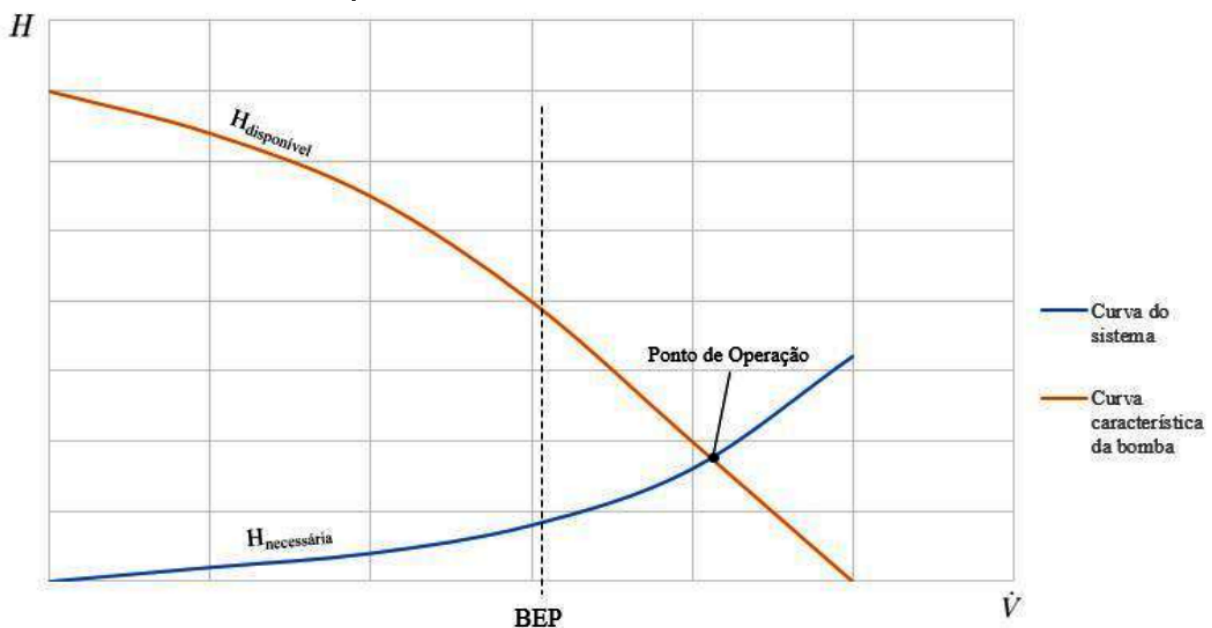
De acordo com Shankar et al. (2016), a eficiência média de bombas varia entre 85% e 90%, o que representa de 10% a 15% das perdas em um sistema de bombeamento, especialmente a respeito de bombas centrífugas. Isso ocorre porque, de maneira prática, não é possível transformar energia de uma forma útil para outra sem que haja perdas. Segundo Cengel e Cimbala (2015), essas perdas ocorrem devido ao atrito dos componentes da bomba, e das próprias características do fluido.

Desta maneira, Cengel e Cimbala (2015) definem a eficiência como a relação entre a energia fornecida à bomba e a energia que realmente foi convertida em trabalho de eixo, ou seja:

$$\eta_{\text{bomba}} = \frac{\dot{W}_{\text{bomba, u}}}{\dot{W}_{\text{elétrica, in}}} \quad (9)$$

Para que a bomba tenha seu melhor estado de operação, existem um ponto de operação de máxima eficiência, que Cengel e Cimbala (2015) definem como melhor ponto de eficiência (BEP - *best efficiency point*) representado na chamada curva de desempenho da bomba. Esta curva, relaciona a altura de carga (H) com a vazão de trabalho da bomba (\dot{V}), conforme apresentado no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Curva de desempenho de uma bomba



Fonte: Adaptado de Cengel e Cimbala (2015)

No Gráfico 1, pode-se ver os termos $H_{necessária}$ e $H_{disponível}$ que representam a altura de carga necessária para o bombeamento, assim como a altura de carga disponível, ambos em função da vazão. Quando estas duas curvas se encontram tem-se o chamado ponto de operação, que é quando as alturas de carga necessária e disponível são iguais, para uma dada vazão, ou seja, esse é o ponto ideal de funcionamento da bomba. A curva de altura de carga disponível é fornecida pelo fabricante da bomba, visto que cada bomba tem seu modo de funcionamento.

2.3.5 Cavitação

A cavitação é um fenômeno que, segundo Fox, McDonald e Pritchard (2006), ocorre devido à redução de pressão local em pás e hélices, em rotores de bombas ou turbinas. Essa redução de pressão, para valores inferiores à pressão de vapor do fluido em questão, leva à formação de bolhas de vapor que causam sérios danos por erosão na superfície da estrutura. Segundo Cengel e Cimbala (2015), estes danos ocorrem devido ao colapso das bolhas formadas, visto que, após formadas estas bolhas de cavitação, elas são transportadas até regiões do equipamento em que a pressão é maior. O colapso destas bolhas gera, além dos danos estruturais, ruídos, vibrações e redução na eficiência das bombas.

Para evitar a cavitação é necessário manter os valores de pressão, em todas as partes internas da bomba, acima da pressão de vapor do fluido (CENGEL; CIMBALA, 2015). Para que isso seja possível é tomado como base o valor de altura de sucção positiva líquida, ou NPSH (*Net Positive Suction Head*), que, segundo Fox, McDonald e Pritchard (2006), é a diferença entre a máxima pressão possível em um dado escoamento e a pressão na qual o líquido começará a se vaporizar por ebulição *flash*.

Segundo Cengel e Cimbala (2015), os valores de NPSH são determinados pelos fabricantes, a partir de diversos testes alterando a pressão e a vazão de entrada da bomba, de maneira controlada. Em determinadas faixas de temperatura, a pressão é reduzida até o ponto em que a cavitação começa a ocorrer e, a partir destes dados, é criada a curva de $NPSH_{necessário}$ da bomba, semelhante à apresentada no Gráfico 2. A Equação (10) determina o cálculo de $NPSH_{real}$ com base nas características de

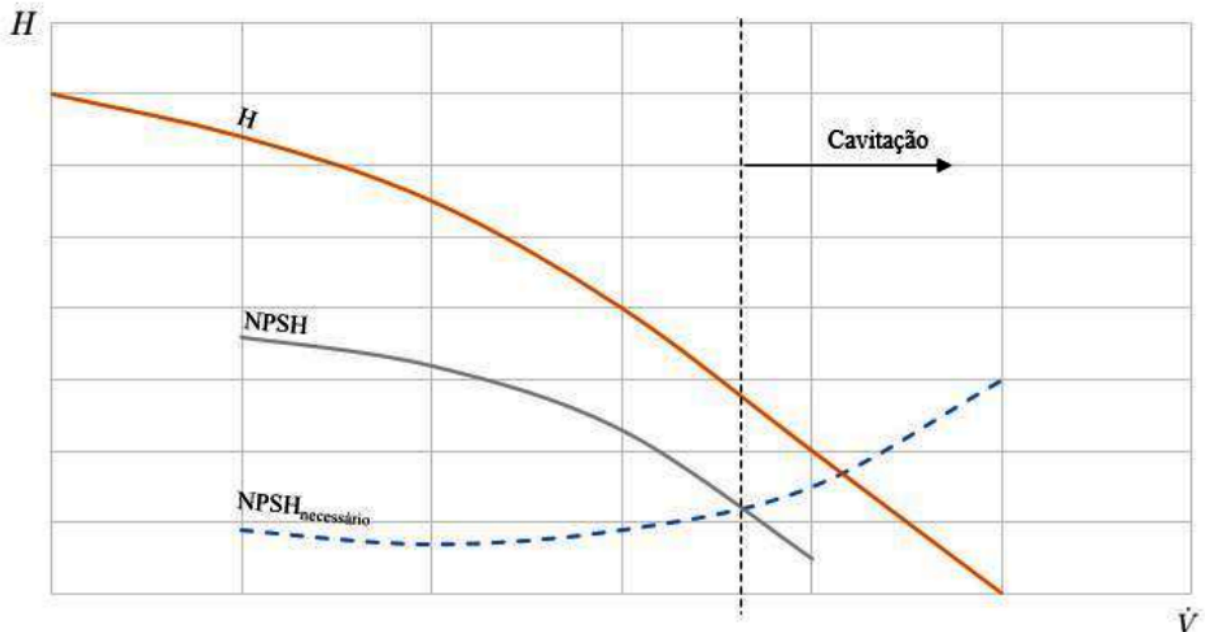
comportamento do fluido à pressão de operação.

$$\text{NPSH}_{\text{real}} = \left(\frac{P}{\rho g} + \frac{V^2}{2g} \right)_{\text{in}} - \frac{P_v}{\rho g} \quad (10)$$

sendo P_v a pressão de vapor do fluido.

Os valores de $\text{NPSH}_{\text{real}}$ e $\text{NPSH}_{\text{necessário}}$ são então plotados, juntamente com a curva de altura de carga da bomba (H). A partir do ponto de encontro das curvas de NPSH, a cavitação começa a ocorrer no sistema, como apresentado no Gráfico 2, logo, tal área gráfica do desempenho deve ser evitada para o bom funcionamento.

Gráfico 2 – Curva de NPSH de uma bomba



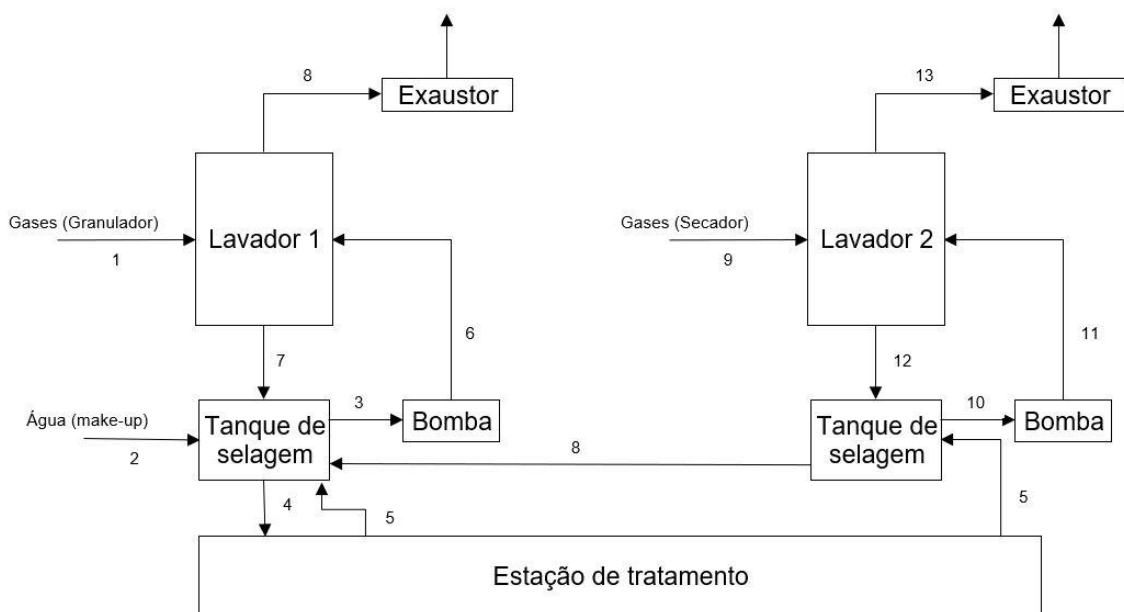
Fonte: Adaptado de Cengel e Cimbala (2015)

É possível visualizar no Gráfico 2 que na região à direita da linha vertical pontilhada ocorre a cavitação, a qual se deseja evitar, operando preferencialmente em vazões inferiores ao valor definido pela linha vertical pontilhada.

3 MATERIAL E MÉTODOS

A Figura 4 apresenta os dois sistemas que foram avaliados no presente trabalho, sendo: o arranjo do "Lavador 1", responsável pela lavagem de gases oriundos do tambor granulador, e o arranjo "Lavador 2", designado para a lavagem de gases do processo de secagem do produto. Nota-se que ambos sistemas apresentam um funcionamento semelhante, com variação apenas de alguns dados de projeto.

Figura 4 – Fluxograma do processo de lavagem de gases



Fonte: Fornecida pela empresa de fertilizantes e adaptada pelos autores

3.1 CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO

Nesta seção apresentam-se as características específicas do fluido do sistema de lavagem de gases e os métodos utilizados para a obtenção destas informações. Também abordam-se algumas características mais gerais da operação do sistema.

3.1.1 Considerações Gerais

Para definição do volume de controle, considerou-se que o projeto opera em modo contínuo, conforme o ritmo de produção da fábrica. Dessa forma, foi definido que o volume de controle a ser analisado encontra-se em um regime de escoamento permanente e totalmente desenvolvido. Tal colocação é válida para ambos casos, visto que os dois sistemas de lavagem de gases operam de maneira idêntica.

Para o dimensionamento, foi considerado o sistema fechado, envolvendo lavador, tanque de selagem e bomba. Este circuito é o mais importante para a lavagem adequada dos gases, pois é o responsável por alimentar o Venturi com a água que será utilizada no processo de lavagem.

Desta forma, considerou-se um sistema fechado em regime permanente e completamente desenvolvido, com uma bomba operando em nível inferior ao tanque de sucção aberto ao ambiente, elevando o fluido até o lavador, que se encontra operando com uma carga de pressão.

3.1.2 Caracterização do Fluido

Os dados de vazão volumétrica do sistema e pressão requerida nos pontos de sucção e descarga utilizados para o projeto de ambos lavadores foram fornecidos pelo departamento de projetos da empresa de fertilizantes. A Tabela 1 apresenta estas informações para as linhas dos sistemas de lavagem de gases, tanto do granulador, quanto do secador.

Tabela 1 – Dados de projeto do sistema de lavagem

Linha	P (kgf/cm ²)	\dot{V} (m ³ /h)	ρ (kg/m ³)	T (°C)
3	0,2	55	1078	55
6	3,2	55	1078	55
10	0,2	125	1078	62
11	3,2	125	1078	62

Fonte: Dados fornecidos pela empresa de fertilizantes

Entretanto, com as alterações sofridas pelo sistema ao longo dos anos, houveram algumas modificações das condições de operações do projeto. Dados pertinentes ao tipo dos equipamentos utilizados, como vazão e pressão requerida permaneceram constantes. Houve também alterações significativas nas características físico químicas

cas do fluido de operação. A Tabela 2 apresenta as características médias do fluido que circula pelo sistema segundo dados coletados nos meses de janeiro a junho de 2018.

Tabela 2 – Características do fluido de acordo com medições realizadas por amostragem

Característica	Valor
Sólidos suspensos (mL/L)	75,01
Temperatura média no Lavador 1 (°C)	38,52
Temperatura média no Lavador 2 (°C)	54,70
pH	3,40
Massa específica (kg/m ³)	1092

Fonte: Dados fornecidos pela empresa de fertilizantes

Para a determinação da quantidade de sólidos suspensos do líquido, foram coletadas amostras em cone Imhoff, as quais são deixadas em repouso por 10 minutos para que os sólidos decantem por ação da força gravitacional. Após o tempo de decantação, é observado o nível de sólidos de acordo com a escala de graduação contida no medidor.

As determinações de pH foram realizadas em pHmetro de bancada no laboratório de análises físico-químicas da própria empresa. Para a determinação da massa específica do fluido, o mesmo foi pesado em balança analítica em um balão volumétrico, para a determinação do volume e do peso.

A partir dos dados apresentados na Tabela 2, foram obtidos os valores de pressão de vapor e viscosidade dinâmica (conforme Tabela 3) por interpolação dos dados de referência fornecidos pelo programa computacional Pipe Flow, apresentado na seção 3.3.

Tabela 3 – Características do fluido de acordo com o Pipe Flow

Linha	T (°C)	P_v (kPa)	μ (cP)
3	38,52	6,86	0,67
6	38,52	6,86	0,67
10	54,70	15,56	0,51
11	54,70	15,56	0,51

Fonte: Elaborada pelos autores a partir dos dados fornecidos pelo Pipe Flow

A determinação das temperaturas foi realizada através da medição em 5 pontos diferentes dos tanques de selagem com termômetro infravermelho digital modelo 62 MAX fabricado pela Fluke, tanto do sistema de lavagem 1, quanto do sistema 2. Com estes dados coletados foram realizadas as médias de temperatura.

Para determinar a viscosidade dinâmica do fluido, característica muito importante para o cálculo da perda de carga do sistema, foram coletadas amostras e para efeitos de cálculo, foi considerado o valor de viscosidade dinâmica de água industrial.

3.2 ARRANJO FÍSICO

Nesta seção apresentam-se características específicas do sistema de bombeamento estudado, como as especificações das bombas e seus modos de operação, informações sobre a tubulação e os componentes do sistema.

3.2.1 Tipos de Bombas e Modo de Operação

A água que alimenta cada Venturi chega ao equipamento através da utilização de bombas hidrodinâmicas, do tipo centrífuga, com sucção simples e operando em regime de sucção negativa. Cada lavador conta com duas bombas de características semelhantes, instaladas de forma paralela. Contudo, uma bomba funciona apenas como substituta da outra em caso de quebras. Por isso, para a realização dos cálculos e simulações do dimensionamento do sistema, considerou-se um conjunto composto de apenas uma bomba centrífuga alimentando cada um dos lavadores.

Atualmente, estão instaladas no local quatro bombas centrífugas modelos RCEKU 125/320 B, fabricado pela empresa alemã Rheinhütte Pumpen e distribuída no Brasil pela Friatec do Brasil. O modelo é de construção horizontal, tendo como material base o polímero Polietileno, rotor em polipropileno de diâmetro projeto de 275 mm de diâmetro. A Tabela 4, apresenta os dados que foram fornecidos ao fabricante para dimensionamento das bombas. Além disso, a Tabela 5 apresenta os dados do equipamento dimensionado. As curvas de performance da bomba encontram-se disponíveis no Anexo C. Os dados apresentados, disponíveis tanto nas tabelas na sequência quanto em anexos, foram obtidos através do catálogo das bombas fornecido pela empresa.

3.2.2 Tubulações e Componentes

O fluido escoar, tanto no sistema do lavador 1 quanto no lavador 2, através de tubos e conexões de RPVC. Este tipo de material é composto de uma combinação

Tabela 4 – Dados de operação do sistema

Parâmetro	Valor
Descrição do fluido	Água industrial filtrada com pH 5-7
Temperatura de operação (°C)	50
Vazão volumétrica (m ³ /h)	160
Altura manométrica (m.c.l.)	30
Massa específica (kg/dm ³)	1,15
Pressão diferencial (kgf/cm ²)	3,45
Viscosidade cinemática (S)	1
Tipo de sucção	Positiva

Fonte: Dados fornecidos pela empresa de fertilizantes

Tabela 5 – Dados de desempenho da bomba

Parâmetro	Valor
Rotação (rpm)	1750
Potência de operação (proj) (cv)	35,9
Potência máxima (cv)	43,5
Rendimento (%)	57
Vazão mínima contínua (m ³ /h)	30
AMT <i>shut off</i> (m.c.l.)	34

Fonte: Dados fornecidos pela empresa de fertilizantes

de dois componentes: a tubulação de PVC (policloreto de vinila), revestido de fibra de vidro. As principais vantagens da seleção deste tipo de tubulação estão na alta resistência à corrosão e abrasão, alinhados ao baixo custo de instalação, manutenção e operação. Além disto, peças deste material são leves, o que torna prático o manuseio e instalação dos mesmos.

As dimensões dos circuitos, além da altura manométrica requerida pelo sistema e a lista de componentes presentes na tubulação foram fornecidas para os autores pelo setor de projetos da empresa de fertilizantes e encontram-se disponíveis nos Anexos A e B.

Para as dimensões de diâmetro externo e espessura das tubulações do sistema, foram adotadas medidas de referência do produto comercializado pela marca Tigre (TIGRE S/A, 2016). Adotou-se como referência o tubo RPVC para faixas de pressão Classe 20 e Classe 32, conforme recomenda Telles e Barros (1998). As Tabelas 6 e 7 apresentam os valores de diâmetro, espessura e pressão máxima de trabalho para tubulações de RPVC.

No arranjo físico da tubulação constam diversos componentes como: conexões do tipo "T", válvulas, curvas 90°, reduções e filtros. O Anexo B fornece a lista de componentes presentes em cada trecho da tubulação. Vale apenas destacar que

Tabela 6 – Dados para tubulações RPVC - Classes 20 e 32

Diâm. Nominal		Diâm. Interno (Di) min	Compr. (L) m	Espess. do PVC (e) mm	Profund. da bolsa (B) mm	Classe 20			Classe 32	
pol	mm					Espess. revest. er. mm	Diâm. externo (De) mm	Peso kg/m	Espess. revest. er. mm	Diâm. externo (De) mm
3/4	25	22,4	3	1,3	19				1,9	28,8
1	32	29	3	1,5	22				1,9	35,8
1 1/4	40	36,2	3	1,9	24				1,9	43,8
1 1/2	50	46,8	3	1,6	28				1,9	53,8
2	63	59,2	6	1,9	36				1,9	66,8
2 1/2	75	70,4	6	2,3	43				1,9	78,8
3	90	84,8	6	2,6	49				1,9	93,8
4	110	103,2	6	3,4	61				1,9	113,8
5	140	131,4	6	4,3	76				1,9	143,8
6	160	150	6	5	86	1,9	163,8	5,56	2,7	163,4
8	200	187,4	6	6,2	106	1,9	203,8	8,12	2,7	205,4
10	250	234,4	6	7,8	131	2,7	255,5	12,825	3,5	257,2
12	315	296,4	6	9,3	156	2,7	320,4	16,975	4,5	
14	355	332,8	6	11,1	181	3,6	362,2	25,835	5,4	
16	400	375	6	12,5	206	3,6	407,2	33,35	5,4	

Fonte: Alterada de Telles e Barros (1998)

Tabela 7 – Pressões máximas de serviço

Classe 20			Classe 32		
20 °C	10 kg/cm ²	981 kPa	20 °C	16 kg/cm ²	1569 kPa
60 °C	8 kg/cm ²	784 kPa	60 °C	12 kg/cm ²	1777 kPa
80 °C	6 kg/cm ²	588 kPa	80 °C	10 kg/cm ²	981 kPa

Fonte: Alterada de Telles e Barros (1998)

o *layout* inicial, disponível no Anexo A, utilizava válvulas do tipo pneumática ao longo da tubulação, as quais foram substituídas por válvulas tipo borboleta. Dessa forma, os pontos dos desenhos isométricos onde há a indicação de válvula pneumática, foi realizada a substituição para válvula do tipo borboleta, respeitando as mesmas dimensões do projeto. Para obtenção dos dados de coeficiente de perda dos componentes, utilizou-se os dados disponíveis no banco de dados do aplicativo de simulação de redes hidráulicas Pipe Flow.

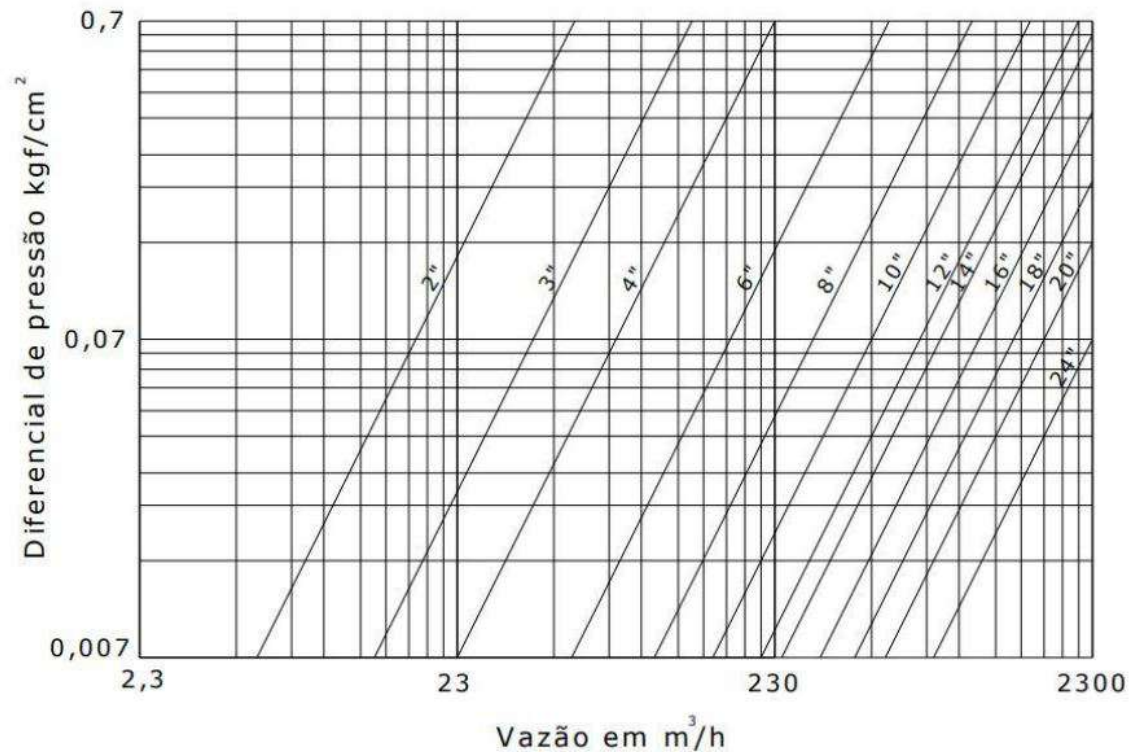
Ambos sistemas contam com filtros do tipo cesto instalados na região de sucção das bombas. Os filtros de cesto são componentes utilizados para separar os sólidos do escoamento, fabricado de maneira simples e com elemento filtrante de diversas configurações. Os filtros instalados no local são fabricados dentro da oficina de manutenção da própria empresa.

O Anexo D apresenta o desenho do filtro utilizado. Para estimar a perda de carga localizada para o filtro utilizado, estipulou-se que seria considerada a perda de carga aproximada por um modelo comercial cuja furação do elemento filtrante se aproximava do equipamento instalado em área.

Dessa forma, selecionou-se como padrão para estimativa da perda de carga

localizada do filtro de cesto, o modelo "Simplex" série 150 PSI, fabricado pela Purifil Filtros (PURIFIL, 2014). O Gráfico 3 apresenta os valores de diferencial de pressão por vazão do sistema. O valor pode ser estimado para diferentes tamanhos de conexões. Desta forma, os valores foram estipulados conforme os diâmetros nominais dos trechos onde foi instalado o filtro.

Gráfico 3 – Perda de carga por vazão do sistema



Fonte: Purifil (2014)

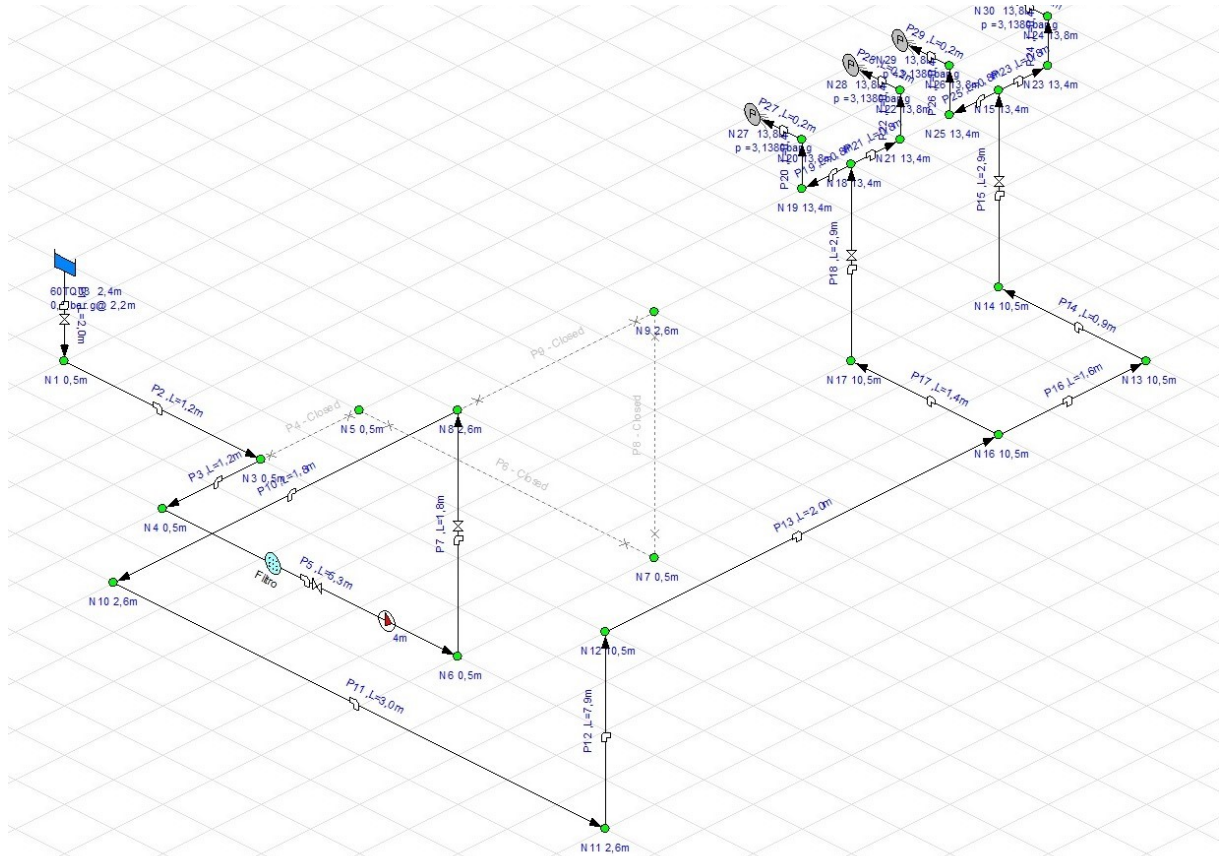
3.3 CÁLCULOS E SIMULAÇÕES

Utilizou-se então, os dados levantados pelo fabricante das bombas instaladas em campo, juntamente com as informações fornecidas pelo setor de projetos da empresa de fertilizantes e as medições realizadas em campo para realização de simulações utilizando o aplicativo Pipe Flow.

O Pipe Flow é um aplicativo focado na modelagem de redes de tubulação, cálculos de perdas de carga de sistemas, pontos de pressão, vazões e velocidades de escoamento. Nele é possível fazer a simulação de sistemas simples até grandes redes de transporte de fluidos. É possível, também, realizar estudos tanto de redes bidimensionais, quanto de sistemas tridimensionais.

Por meio das vistas isométricas disponibilizadas pelo setor de projetos da empresa de fertilizantes, desenhou-se o arranjo de ambos sistemas de lavagens. Na tela de edição do aplicativo foi desenhada a tubulação, definindo diâmetros de tubulação, quantidade de componentes do sistema e altura total do arranjo. A Figura 5 ilustra o sistema de lavagem do secador representado no aplicativo Pipe Flow.

Figura 5 – Tubulação do sistema de lavagem de gases do secador representada no Pipe Flow



Fonte: Autoria própria

Após desenhada a tubulação, foram especificadas as dimensões de cada trecho, definindo o diâmetro interno, a espessura e a rugosidade para cada parte do arranjo, conforme ilustrado na Figura 6.

Nesta tela é possível detalhar qual material é utilizado para fabricar o tubo, além de outros dados relevantes para projeto como: diâmetro, classe de pressão, espessura e rugosidade. Além disso, o próprio aplicativo conta com uma base de dados pré definidos. É possível realizar esta edição para cada trecho desenhado da tubulação, o que possibilita utilizar a ferramenta para trechos onde há redução e aumento

Figura 6 – Tela de seleção de materiais para tubulação

Pipe diameter data X

Pipe data: Default Pipe (Pipe Id: 0)

Material	Schedule / Class	Internal roughness (mm)
RPVC	DN 250	0,0150

Nominal Size	Internal Diam. mm	Wall Thick. mm	Outside Diam. mm	Weight kgs/m	Internal Vol. m ³ / 100 m	Surface Area m ² / 100 m
250	262,940	5,530	274,000	8,460	5,4300	86,0796

Save Data to Pipe
Cancel

Choose new pipe material: Double click on the material list to select a new pipe material.

Material	Schedule / Class	Internal roughness	Pipe size range
Cast Iron (Asphalt Dipped)	Class A	0,004800 (inch)	3" I/D - 54" I/D
Cast Iron	Class A	0,015748 (inch)	3" - 84"
Cast Iron	Class B	0,015748 (inch)	3" - 84"
Cast Iron	Class C	0,015748 (inch)	3" - 72"
Copper (Drains, Waste, Vents)	DWV	0,000059 (inch)	1-1/4" - 6"
Copper (Refrig. service)	Refrig. Service	0,000059 (inch)	1/8" O/D - 1-5/8" O/D
Copper Tube (Table X)	Table X	0,000059 (inch)	12 mm O/D - 54 mm O/D
Copper Tube (Table Y)	Table Y	0,000059 (inch)	12 mm O/D - 54 mm O/D
Copper Tube (Type K)	Type K	0,000059 (inch)	0.250" - 8"
Copper Tube (Type L)	Type L	0,000059 (inch)	0.250" - 8"
Copper Tube (Type M)	Type M	0,000059 (inch)	0.250" - 8"
HDPE	SDR 7.3 (255 psi)	0,000060 (inch)	1-1/4" (32mm) - 24" (600mm)
HDPE	SDR 9 (200 psi)	0,000060 (inch)	1-1/4" (32mm) - 30" (750mm)
HDPE	SDR 11 (160 psi)	0,000060 (inch)	1-1/4" (32mm) - 36" (900mm)
HDPE	SDR 13.5 (130 psi)	0,000060 (inch)	1-1/4" (32mm) - 36" (900mm)
HDPE	SDR 17 (100 psi)	0,000060 (inch)	2" (50mm) - 42" (1050mm)
HDPE	SDR 21 (80 psi)	0,000060 (inch)	3" (80mm) - 54" (1400mm)

Select
Cancel
Add new material
Remove material data

Fonte: Pipe Flow

da tubulação, ou até sistemas compostos de tubulações de diferentes materiais.

Após definido as propriedades dos tubos, foi inserido os componentes de cada trecho. O Pipe Flow possui uma biblioteca de curvas, reduções, válvulas e diversos outros componentes para uma grande variedade de diâmetros. Ainda é possível inserir, manualmente, reduções e expansões.

Ao finalizar a seleção dos itens, pode-se notar que a ferramenta apresenta o somatório de todos os coeficientes de perda, conforme a Figura 7, necessários para o cálculo das perdas de carga localizadas.



A última etapa no processo de definição dos parâmetros para a simulação do sistema é a seleção do fluido. a ferramenta permite selecionar entre uma biblioteca de fluidos e gases, para uma variada faixa de temperaturas, ou é possível preencher manualmente as informações necessárias para a caracterização do fluido.

A Figura 8 apresenta a tela de seleção das propriedades do fluido, Nela pode-

Figura 7 – Tela de seleção de componentes

Pipe fitting friction coefficients X


















Fittings on: P1, RPVC, 250 262,940 mm (Pipe Id: 1)

Symbol	Type	Metric	Imperial	Description	K value	Qty
	Bfly	250 mm	10"	Butterfly Valve	0,6300	1
	LB	250 mm	10"	Long bend	0,2200	1

Total K = 0,85

Save
 Clear
 Cancel


Fitting Database: Double click on a fitting below to add the item to the pipe fittings. ▲ ▼


Symbol	Type	Metric	Imperial	Description	K
	SB	25 mm	1"	Standard Bend	0,6900
	LB	25 mm	1"	Long bend	0,3700
	PB	25 mm	1"	Pipe bend	0,2800
	E45	25 mm	1"	Elbow 45°	0,3700
	RB	25 mm	1"	Return bend	1,1500
	MB45	25 mm	1"	Mitre bend 45°	0,3500
	MB90	25 mm	1"	Mitre bend 90°	1,3800
	Gate	25 mm	1"	Gate Valve	0,1800
	Globe	25 mm	1"	Globe Valve	7,8000
	Angle	25 mm	1"	Globe Valve Angled	3,4500
	Plug	25 mm	1"	Plug Valve Straightway	0,4100
	Bfly	25 mm	1"	Butterfly Valve	1,1000
	BallFB	25 mm	1"	Ball Valve Full Bore	0,0700
	BallRB	25 mm	1"	Ball Valve Reduced Bore	2,4000
	LiftCh	25 mm	1"	Lift Check Valve	13,8000
	AngCh	25 mm	1"	Lift Check Angled	1,3000
	ChSw	25 mm	1"	Check Swing Valve	4,1000


▲ Add selection to pipe


Move to fitting size
 25 mm | 1"


Calculate K value


 entrance rounded


 gradual enlargement


 gradual contraction

 sudden enlargement

 sudden contraction

 long pipe bend

 Create new fitting

 Remove entry

Fonte: Pipe Flow

se definir a temperatura de operação, pressão, densidade, viscosidade e pressão de vaporação.

Após a definição dos parâmetros para simulação dos sistemas, foram realizadas as simulações para cada conjunto lavador de gases, analisando cada um dos cenários propostos. Para a realização deste trabalho foram propostos três cenários para cada lavador: um cenário utilizando os dados de operação disponibilizados pelo fabricante das bombas centrífugas instaladas em campo, um cenário avaliando os dados de operação fornecidos pelo setor de projetos da empresa e o último cenário avaliando as condições de operação levantadas experimentalmente.

Cada um dos cenários simulados apresenta um relatório com dados do sistema como: velocidade de escoamento, perda de carga por trecho, NSPH disponível e altura manométrica total requerida. Estes dados gerados foram confrontados com a capacidade de operação das bombas atualmente instaladas e, com base nessas

Figura 8 – Tela de seleção de propriedades do fluido

Fluid data

Fluid properties:

Name	Formula	Temperature °C	Pressure bar g	Density kg/m ³	Viscosity Centipoise	Vapour Press. kPa (abs)	State
Fluido operação	H2O	65,0	0,0000	1078,000	0,4330	25,041	Gas <input type="checkbox"/>

Save Cancel

Fluid Properties Database: 1 mPa . s = 1 Centipoise

Name	Formula	Temperature °C	Pressure bar g	Density kg/m ³	Viscosity Centipoise	Vapour Press. kPa (abs)	State
Acetic acid	C2 H4 O2	20,0	0,000	1049,000	1,1270	1,584	Liquid
Acetone	C3 H6 O	20,0	0,000	780,000	0,3250	24,220	Liquid
Ammonia	N H3	0,0	5,000	638,690	0,1703	425,000	Liquid
Ammonia	N H3	0,0	10,000	639,040	0,1707	425,000	Liquid
Ammonia	N H3	10,0	10,000	625,020	0,1535	600,000	Liquid
Ammonia	N H3	20,0	10,000	610,420	0,1385	840,000	Liquid
Aniline	C6 H7 N	20,0	0,000	1022,000	4,5650	0,400	Liquid
Benzene	C6 H6	20,0	0,000	879,000	0,6540	10,100	Liquid
Benzyl alcohol	C7 H8 O	20,0	0,000	1043,956	6,5290	0,008	Liquid
Bromine	Br	20,0	0,000	3100,000	0,9970	23,330	Liquid
Butane	C4 H10	0,0	5,000	601,380	0,2037	105,000	Liquid
Butane	C4 H10	0,0	10,000	602,030	0,2049	105,000	Liquid
Butane	C4 H10	10,0	5,000	590,490	0,1842	150,000	Liquid
Butane	C4 H10	10,0	10,000	591,210	0,1854	150,000	Liquid
Butane	C4 H10	20,0	5,000	579,230	0,1670	200,000	Liquid
Butane	C4 H10	20,0	10,000	580,040	0,1682	200,000	Liquid
Butane	C4 H10	30,0	5,000	567,560	0,1518	265,000	Liquid
Butane	C4 H10	30,0	10,000	568,480	0,1529	265,000	Liquid

Use selected fluid

Metric Imperial

All Fluids
 Liquids
 Gases

Fonte: Pipe Flow

informações, serão analisados os cenários e propostas melhorias com base nas conclusões.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos procedimentos de cálculos e simulação descritos na seção 3.3, foram gerados pelo aplicativo Pipe Flow relatórios, apresentados de maneira completa no Apêndice A, nas seções A.1 a A.6.

Para o sistema responsável pela lavagem de gases do granulador, as simulações realizadas apresentaram resultados semelhantes quando avaliados os cenários 2 e 3, onde avaliou-se as condições definidas pelo setor de projeto da empresa e as condições determinadas experimentalmente. Os valores calculados de altura manométrica dos cenários 2 e 3 foram, respectivamente, 40,336 e 40,696 m.c.l.. Da mesma maneira, os valores de NPSH sofreram pequenas variações: 11,936 e 11,208 m.c.l. Diferente destes resultados encontrados, o cenário 1 apresentou resultados mais elevados. Começando pela grande diferença dos valores de vazão entre os cenários: 0,0444 m³/s para o cenário 1 e 0,0153 m³/s para os cenários 2 e 3; o que gerou um grande impacto nos resultados de H , NPSH e pressão manométrica de descarga. Os valores de altura manométrica, NPSH e P calculados para o cenário 1 foram, respectivamente: 55,775 m.c.l., 10,497 m.c.l. e 6,854 bar; ratificando a hipótese de que o método de seleção dos equipamentos de bombeamento utilizados na unidade foram inadequados. Vale destacar que, independente do cenário avaliado, a pressão manométrica de descarga em todos casos avaliados se enquadram na faixa de limite de operação da tubulação selecionada para o projeto, conforme apresentado na Tabela 7.

Os cálculos realizados para o sistema de lavagem de gases do secador apresentaram um comportamento diferente: neste caso, todos cenários avaliados apresentam pequenas variações de resultados, porém nada tão impactante quanto as diferenças observadas no outro sistema estudado. Essa menor variação ocorre pelo fato da aquisição das bombas para a unidade ter sido realizada levando em conta este sistema. Dessa forma, os cálculos resultaram nos seguintes valores de carga líquida: 44,701 m.c.l. para o cenário 4, 41,882 m.c.l. para o cenário 5 e 42,258 m.c.l. para o cenário 6. De forma semelhante, houve pouca variação nos resultados encontrados de NPSH para os três cenários avaliados, que apresentaram respectivamente os valores: 11,425 m.c.l., 11,936 m.c.l. e 11,432 m.c.l..

A Tabela 8 apresenta, resumidamente, os principais resultados obtidos sobre o sistema de lavagem de gases do granulador. De maneira semelhante, a Tabela 9 apresenta os principais resultados oriundos das simulações realizadas no sistema de lavagem do secador.

Tabela 8 – Resultados das simulações sobre o sistema de lavagem do granulador

Cenário	$\dot{V}_{in/out}$ (m ³ /s)	V (m/s)	$P_{sucção}$ (bar)	$P_{descarga}$ (bar)	H (m.c.l.)	NPSH (m.c.l.)
1	0,044	1,608	0,294	6,854	55,775	10,497
2	0,015	0,553	0,334	4,653	40,336	11,936
3	0,015	0,553	0,330	4,631	40,696	11,208

Fonte: Autoria própria

O primeiro ponto a ser observado na Tabela 8, está na diferença da velocidade e vazão do sistema, se comparado o Cenário 1 com os demais. Isso se dá devido à uma tentativa do departamento de projetos de padronizar as bombas utilizadas em ambos sistemas, sem levar em consideração a demanda dos outros equipamentos do sistema. Como consequência, há a possibilidade de acontecer um aumento da pressão de saída dos pulverizadores do Venturi, danificando os mesmos ou a tubulação da vizinhança. Em casos que a tubulação encontra-se projetada para resistir a este aumento de pressão desnecessário devido ao mau dimensionamento, pontos de união das tubulações como flanges e outras conexões, podem sofrer com o desgaste prematuro das vedações, aumentando pontos de vazamento da linha. Em contrapartida, Ribeiro (2005) afirma a relação entre a lavagem de gases e o aumento da pressão de aplicação do fluido de lavagem é positiva, aumentando a eficiência de limpeza do efluente. Vale então avaliar até que ponto essa lavagem superior ao esperado compensa o desgaste dos componentes do sistema.

Outro ponto a ser considerado está na altura manométrica mínima requerida pelo sistema. Nos três casos avaliados, nota-se que a altura total requerida para vencer a distância vertical entre bomba e lavador, além de suprir a perda de carga da tubulação e componentes, é menor que a máxima altura da bomba instalada, conforme a Tabela 5. Tal discrepância pode ter sido consequência de uma decisão de comprar o equipamento sem fazer uma correta análise do circuito.

Koor, Vassiljev e Koppel (2016) afirmam que cerca de 75% dos sistemas de bombeamento ao redor do mundo são subdimensionados. Esta prática, além de gerar desperdícios e retrabalho, pode impactar diretamente na produção da fábrica, gerando

paradas para manutenção não programada devido a entupimentos do sistema, ou impactos ambientais oriundos da limpeza ineficiente dos gases do processo.

É interessante observar que, ao simular um cenário onde utilizou-se os dados de operação fornecidos pelo fabricante da bomba, disponíveis na Tabela 4, houve um aumento considerável na altura requerida pelo sistema em comparação aos outros dois cenários, porém o valor encontrado ainda difere da capacidade nominal do equipamento. Isto reforça o argumento de que, ao fazer a aquisição da bomba, não foi realizado um levantamento adequado da demanda real que o sistema exigia e, por consequência, a bomba deveria suprir.

Tabela 9 – Resultados das simulações sobre o sistema de lavagem do secador

Cenário	$\dot{V}_{in/out}$ (m ³ /s)	V (m/s)	$P_{sucção}$ (bar)	$P_{descarga}$ (bar)	H (m.c.l.)	NPSH (m.c.l.)
4	0,0444	1,030	0,4328	5,4740	44,701	11,425
5	0,0347	0,805	0,4206	4,9056	41,882	11,936
6	0,0347	0,805	0,4151	4,8824	42,258	11,432

Fonte: Autoria própria

De maneira semelhante à Tabela 8, a Tabela 9 apresenta resultados que se comportam de maneira similar aos analisados na anterior. Porém, nota-se que a diferença entre os cenários é menor, consequência do fato da vazão informada pelo fabricante da bomba ser um valor mais próximo ao valor demandado pelo sistema.

Os dados calculados de NPSH não puderam ser comparados com os do projeto, visto que não foram encontrados no manual técnico das bombas, nem no site do fabricante, as curvas de NPSH disponível. Esse é um fator de alta criticidade, já que são visíveis as consequências da cavitação no rotor utilizado, conforme a Fotografia 1, e provavelmente não têm sido levado em consideração.

Um ponto interessante a ser observado, é o fato da diferença entre as características do fluido fornecidos pelo setor de projetos da empresa e os valores medidos experimentalmente impactarem pouco nos valores de altura manométrica e NSPH disponível. Isso se deve ao fato da variação entre os dados ser consideravelmente pequena e mostra que, apesar das mudanças no processo de fabricação desenvolvidas ao longo dos anos, resultaram em um impacto reduzido em se tratando das condições de operação destes equipamentos.

Apesar do líquido ter adquirido características ácidas ao longo das alterações do processo, conforme descrito no início do Capítulo 3, tem-se que a composição do

corpo e do rotor da bomba é de polímeros que, de acordo com Braskem S. A. (2010), apresentam alta resistência a meios ácidos, são eles o polipropileno e o poliestileno.

5 CONCLUSÕES

Na revisão teórica dos projetos de ambos lavadores, em todos os cenários analisados, houve discussão de pontos extremamente relevantes para a empresa de fertilizantes: seja do ponto de vista de confiabilidade da planta, com conclusões que podem impactar em indicadores como tempo médio entre falhas (MTBF) e tempo médio para reparo (MTTR); do ponto de vista ambiental, com resultados que influenciam diretamente a eficácia do tratamento de efluentes da fábrica; ou do ponto de vista econômico, com a possibilidade de redução de gastos com manutenção e troca de componentes antes do correto encerramento do ciclo de vida útil do equipamento.

A primeira conclusão que é possível obter-se através das análises dos resultados obtidos no Capítulo 4, reforçado através dos relatórios disponíveis no Apêndice A, é que ambos sistemas encontram-se subdimensionados. Deve-se ressaltar, porém, que apesar do equipamento instalado estar subdimensionado, a limpeza dos gases ainda é realizada.

Este cenário acontece por causa de um detalhe importante: o lavador Venturi é projetado para operar com a tubulação de água que o alimenta pressurizada. A título de ilustração, foi realizada uma nova simulação considerando o lavador operando em pressão ambiente e os valores de altura de coluna de líquido encontrados eram da ordem de 12 m . Ou seja, o sistema é capaz de funcionar subdimensionado, porém a pressão em que o fluido chega aos pulverizadores do lavador encontram-se inferiores aos valores ideais para operação do equipamento.

Entretanto, não foi possível a total confirmação desta conclusão pela falta de instrumentos de monitoramento na tubulação. Por se tratar de um sistema antigo, há uma deficiência de instrumentos de medição como: sensores de vazão, medidores de pressão ou termômetros. Isto torna o monitoramento do sistema pobre, dificultando pontos onde há possibilidade de automação, como aberturas e fechamentos de válvulas para controle de fluxo, ou tomada de medidas para controle interno.

Como primeira melhoria proposta, sugere-se um investimento em instrumentação e medição em pontos chave do sistema, como na região de entrada dos Venturi, na saída do tanque de selagem e em pontos onde há a necessidade de deslocamento de um operador para aferição de dados ou abertura e fechamento de tubulações.

Outro ponto importante de uma melhor malha de controle do processo está na capacidade de se realizar modificações no sistema de maneira mais eficiente. Através de dados mais confiáveis, há um menor risco de novos projetos do sistema sofrerem com um dimensionamento adequado, o que gera economia, reduzindo investimentos indevidos ou mal administrados.

Nota-se, pelo Anexo C que é possível utilizar os equipamentos que se encontram instalados, diminuindo o custo de investimentos para adequar o sistema ao necessário. As bombas adquiridas pela empresa foram projetadas para funcionar com diâmetros de rotor num intervalo de 260 mm à 330 mm. O equipamento instalado em campo conta com um diâmetro projetado de 270 mm. Desta forma há a possibilidade de substituir o rotor dos equipamentos por um modelo adequado à real necessidade da tubulação. Avaliando o gráfico do Anexo C, concluí-se que para as condições de operação do sistema, o rotor adequado da bomba deve ser fabricado com aproximadamente 315 mm de diâmetro.

Também é importante ressaltar a falta de priorização da empresa à cavitação das bombas, que fica muito claro com a ausência das curvas de NPSH nos manuais técnicos. Considerando as perdas significativas já enfrentadas pela empresa com a cavitação, é de recomendação dos autores que a empresa entre em contato com os fornecedores e fabricantes em busca de tais documentações e deem a devida atenção a este fenômeno.

É importante ressaltar que o fato de a bomba estar subdimensionada impacta diretamente no danos que o equipamento vem sofrendo devido à cavitação, dessa forma é recomendado que a adequação do rotor da bomba seja feita e, ao realizar esta modificação do equipamento, seja verificado junto ao fabricante as condições de NPSH definidas para a bomba a fim de minimizar futuras quebras oriundas da cavitação do equipamento.

Até o momento deste estudo a empresa não enfrentou problemas com ineficiência na lavagem dos gases, apresentando as medições de chaminé nos conformes, sem excesso de particulados. Entretanto, não se pode deixar esta hipótese de lado, dada a diferença na necessidade de bombeamento e dos equipamento utilizados. Contudo, até a presente data houveram sete horas de parada não programada da unidade devido à quebra das bombas e suas substitutas. Considerando-se que o sistema funciona com substitutas para evitar quebras no ritmo de produção, este tempo

de parada emergencial torna-se mais relevante. Estas paradas acarretaram em um impacto financeiro de R\$ 50.803,00 na empresa de fertilizantes.

REFERÊNCIAS

ANTUNES, Paulo de Bessa. **Política Nacional do Meio Ambiente — PNMA: Comentários à Lei No. 6.938, de 31 de Agosto de 1981**. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2005. ISBN 8573876190. Citado na página 14.

BRASKEM S. A. **Resistência Química do Polipropileno**. Alagoas, 2010. Documento PDF. Disponível em: <http://www.braskem.com.br/Portal/Principal/Arquivos/html/boletm_tecnico/Resistencia_quimica%20_PP.pdf>. Citado na página 46.

CENGEL, Yunus A.; CIMBALA, John M. **Mecânica dos Fluidos**. 3. ed. Porto Alegre: AMGH Editora, 2015. ISBN 9788580554915. Citado 6 vezes nas páginas 25, 26, 27, 29, 30 e 31.

CONAMA. **Resolução n. 382, de 26 de dezembro de 2006 — limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas**. 2006. Publicação DOU n. 1, de 02/01/2007, pág. 131. Status: Complementada pela Resolução n. 436, de 2011. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=520>>. Citado 2 vezes nas páginas 22 e 23.

_____. **Resolução n. 430, de 13 de maio de 2011 — condições e padrões de lançamento de efluentes**. 2011. Publicação DOU n. 92, de 16/05/2011, pág. 89. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Citado na página 23.

COSTA, Letícia Magalhães da; SILVA, Martim Francisco de Oliveira e. BNDES 60 Anos: Perspectivas Setoriais. In: _____. Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), 2012. cap. A indústria química e o setor de fertilizantes, p. 12–60. Disponível em: <<http://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/2025>>. Citado 2 vezes nas páginas 18 e 19.

COUTO, Angélica Garcia; ORTEGA, George Gonzalez; PETROVICK, Pedro Ros. Granulação. **Caderno de Farmácia**, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), v. 16, n. 1, p. 13–20, 2000. ISSN 0102-6593. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/19356>>. Citado na página 19.

CRUZ, André Camargo; PEREIRA, Felipe dos Santos; FIGUEIREDO, Vinicius Samu. Fertilizantes organominerais de resíduos do agronegócio: avaliação do potencial econômico brasileiro. **BNDES Setorial**, Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), v. 1, n. 45, p. 137–187, 2017. ISSN 1414-9230. Indústria Química. Disponível em: <<http://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/11734>>. Citado na página 13.

DIAS, Victor Pina; FERNANDES, Eduardo. Fertilizantes: uma visão global sintética. **BNDES Setorial**, Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), v. 1, n. 24, p. 97–138, 2006. ISSN 1414-9230. Disponível em: <<http://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/1304>>. Citado na página 19.

DIMKPA, Christian O.; BINDRABAN, Prem S. Fortification of micronutrients for efficient agronomic production: a review. **Agronomy for Sustainable Development**, Springer, v. 36, n. 7, p. 1–27, 2016. ISSN 1773-0155. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs13593-015-0346-6>>. Citado 2 vezes nas páginas 18 e 19.

DONIDA, Marta Wilk. **Análise das influências das características do sólido e da suspensão no processo de recobrimento em leito de jorro**. dez. 2004. 167 p. Tese (Doutorado) — Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, dez. 2004. Disponível em: <<http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/267695>>. Citado na página 21.

FOX, Robert W.; MCDONALD, Alan T.; PRITCHARD, Philip J. **Introdução à Mecânica dos Fluidos**. 6. ed. São Paulo: Grupo Gen-LTC, 2006. ISBN 9788521614685. Citado 2 vezes nas páginas 25 e 30.

GAMA, Marcella Santos de Carvalho. **Estudo de um sistema de limpeza de gases usando um lavador venturi de seção circular**. fev. 2008. Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, fev. 2008. Disponível em: <<http://repositorio.ufu.br/handle/123456789/15103>>. Citado na página 23.

GONÇALVES, José Antônio Silveira. **Aspectos da modelagem matemática de lavadores Venturi**. 2000. Tese (Doutorado) — Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, 2000. Citado na página 24.

IVESON, Simon M. et al. Nucleation, growth and breakage phenomena in agitated wet granulation processes: a review. **Powder Technology**, Elsevier, v. 117, n. 1-2, p.

3–39, 2001. ISSN 0032-5910. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032591001003138>>. Citado 2 vezes nas páginas 19 e 21.

KOOR, Margus; VASSILJEV, Anatoli; KOPPEL, Tiit. Optimization of pump efficiencies with different pumps characteristics working in parallel mode. **Advances in Engineering Software**, Elsevier, v. 101, p. 69–76, 2016. ISSN 0965-9978. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0965997815001556>>. Citado na página 44.

MAPA. **Projeção do agronegócio — Brasil 2015/2016 a 2025/2026**. 2016. Relatório no site do MAPA. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA). Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do-agronegocio/proj_agronegocio2016.pdf/view>. Citado na página 13.

_____. **Agropecuária cresceu 1,4% no primeiro trimestre do ano**. 2018. Notícia no site do MAPA. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA). Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/noticias/agropecuaria-cresceu-1-4-no-primeiro-trimestre-do-ano>>. Citado na página 13.

_____. **Saldo da balança do agro em junho é de US\$ 8,17 bilhões**. 2018. Notícia no site do MAPA. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA). Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/noticias/saldo-da-balanca-do-agro-em-junho-e-de-us-8-17-bilhoes>>. Citado na página 13.

MARTINS, Eliseu; ROCHA, Welington. **Métodos de Custeio Comparados: Custos e Margens Analisadas sob Diferentes Perspectivas**. São Paulo: Atlas, 2010. ISBN 9788522459667. Citado na página 21.

MEILI, Lucas. **Estudo do desempenho de lavadores de gases do tipo Venturi com seção circular**. fev. 2006. Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, fev. 2006. Disponível em: <<http://repositorio.ufu.br/handle/123456789/15211>>. Citado 2 vezes nas páginas 23 e 24.

PURIFIL. **Filtro Cesto Simplex Série 150 PSI**. Sorocaba, 2014. Documento PDF. Disponível em: <http://www.purifil.com.br/catalogos/Filtros_Cesto_Simplex.pdf>. Citado na página 38.

RIBEIRO, Ana Paula Rodrigues Alves. **Estudo da eficiência de coleta em lavador Venturi com injeção de líquido por multi-orifícios**. 2005. Tese (Doutorado) — Programa de Pós-graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2005. Disponível em: <<https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/3941>>. Citado 3 vezes nas páginas 23, 24 e 44.

RODRIGUES, Rafaella da Fonseca. **Influência das condições de processo na granulação de super simples em tambor rotativo**. abr. 2012. Tese (Doutorado) — Programa de Pós-graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, abr. 2012. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/15092>>. Citado na página 21.

SHANKAR, Vishnu Kalaiselvan Arun et al. A comprehensive review on energy efficiency enhancement initiatives in centrifugal pumping system. **Applied Energy**, Elsevier, v. 181, p. 495–513, 2016. ISSN 0306-2619. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261916311576>>. Citado na página 29.

SHANMUGAM, Srinivasan. Granulation techniques and technologies: recent progresses. **BioImpacts**, Tabriz University of Medical Sciences, v. 5, n. 1, p. 55–63, 2015. ISSN 2228-5660. Disponível em: <http://bi.tbzmed.ac.ir/Abstract/BI_2365_20141208084816>. Citado na página 20.

SHREVE, Randolph Norris; BRINK, J. A. **Indústrias de Processos Químicos**. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1980. ISBN 9788527714198. Citado 2 vezes nas páginas 18 e 20.

TELLES, Pedro Carlos da Silva. **Tubulações Industriais: Materiais, Projeto e Desenho**. 6. ed. São Paulo: Grupo Gen-LTC, 1986. ISBN 9788521601791. Citado na página 28.

TELLES, Pedro Carlos da Silva; BARROS, Darcy G. de Paula. **Tabelas e Gráficos para Projetos de Tubulações**. 6. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. Citado 2 vezes nas páginas 36 e 37.

TIGRE S/A. **RPVC Tigre - Catálogo Técnico**. Joinville, 2016. Documento PDF. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/amaral192/catlogo-tnico-infra-rpvc>>. Citado na página 36.

WALKER, G. M. et al. Drum granulation of NPK fertilizers. **Powder Technology**, Elsevier, v. 107, n. 3, p. 282–288, 2000. ISSN 0032-5910. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032591099002533>>. Citado na página 20.

ZIMMERMANN, Marco Aurélio. **Sistema especialista protótipo para auxílio na seleção de bombas hidrostáticas**. 2003. Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003. Disponível em: <<http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/86222>>. Citado na página 25.

APÊNDICES

APÊNDICE A – RELATÓRIOS DE SIMULAÇÃO DO PIPE FLOW

A.1 CENÁRIO 1 - RELATÓRIO DE SIMULAÇÃO ADOTANDO VALORES DE PROJETO DAS BOMBAS INSTALADAS NO SISTEMA DE LAVAGEM DO GRANULADOR

Lavador Granulador - Cenário 1
Dados das Bombas

Fluid Data

Zone	Fluid Name	Chemical Formula	Temperature °C	Pressure bar.g	Density kg/m ³	Centistokes	Centipoise	Vapour Pressure bar.a	State
1	Fluido de operação	H2O + suj	50,000	0,0000	1150,000	0,870	1,000	0,123510	Liquid

Pump Data

Pipe Id	Pipe Name	Pump Name	Speed rpm	Pref. Op From m ³ /sec	Pref. Op To m ³ /sec	Flow In/Out m ³ /sec	Velocity m/sec	Suction Pressure bar.g	Discharge Pressure bar.g	Pump Head (+) m.hd Fluid	Pump NPSHr m.hd (absolute)	Pump NPSHa m.hd (absolute)	Pump Efficiency Percentage	Pump Power Kilowatts
2	P2	Pump	Set Flow Rate			0,0444	1,608	0,2941	6,5842	55,775	Not known	10,497	Not known	Not Known

Pipe Data

Pipe Id	Pipe Name and Notes	Material	Inner Diameter mm	Roughness mm	Length m	Total K	Mass Flow kg/sec	Flow m ³ /sec	Velocity m/sec	Entry Pressure bar.g	Exit Pressure bar.g
1	P1	8" RPVC CL150	187,600	0,015	1,521	0,8500	51,1111	0,0444	1,608	0,1974	0,3521
2	P2	8" RPVC CL150	187,600	0,015	3,745	1,9100	51,1111	0,0444	1,608	0,3330	6,5517
3	P3	8" RPVC CL150	187,600	0,015	1,495	0,2200	51,1111	0,0444	1,608	0,3381	0,3330
4	P4	8" RPVC CL150	187,600	0,015	1,300	0,8400	51,1111	0,0444	1,608	0,3521	0,3381
7	P7	4" RPVC CL150	103,200	0,015	2,555	0,5100	51,1111	0,0444	* 5,313 (Flow Velocity is high)	5,9724	5,8310
9	P9	4" RPVC CL150	103,200	0,015	1,494	2,3200	51,1111	0,0444	* 5,313 (Flow Velocity is high)	6,5517	5,9724
10	P10	4" RPVC CL150	103,200	0,015	2,220	0,5100	51,1111	0,0444	* 5,313 (Flow Velocity is high)	5,8310	5,6973
11	P11	4" RPVC CL150	103,200	0,015	8,830	1,1900	51,1111	0,0444	* 5,313 (Flow Velocity is high)	5,6973	4,3063
12	P12	4" RPVC CL150	103,200	0,015	2,495	0,5100	51,1111	0,0444	* 5,313 (Flow Velocity is high)	4,3063	4,1664
13	P13	4" RPVC CL150	103,200	0,015	2,600	1,7900	51,1111	0,0444	* 5,313 (Flow Velocity is high)	4,1664	3,5230
14	P14	3" RPVC CL150	84,800	0,015	2,555	1,2200	25,5556	0,0222	3,935	3,5230	3,3724
15	P15	3" RPVC CL150	84,800	0,015	2,555	0,5300	25,5556	0,0222	3,935	3,3724	3,2833
16	P16	3" RPVC CL150	84,800	0,015	1,120	0,0000	25,5556	0,0222	3,935	3,2833	3,3800
17	P17	3" RPVC CL150	84,800	0,015	2,555	1,2200	25,5556	0,0222	3,935	3,5230	3,3724
18	P18	3" RPVC CL150	84,800	0,015	2,555	0,5300	25,5556	0,0222	3,935	3,3724	3,2833
19	P19	3" RPVC CL150	84,800	0,015	1,120	0,0000	25,5556	0,0222	3,935	3,2833	3,3800
5	Closed. P5	200 RPVC CL150	213,340	0,015	3,745						
6	Closed. P6	100 RPVC CL150	111,920	0,015	1,494						
8	Closed. P8	100 RPVC CL150	111,920	0,015	1,494						

Node Data

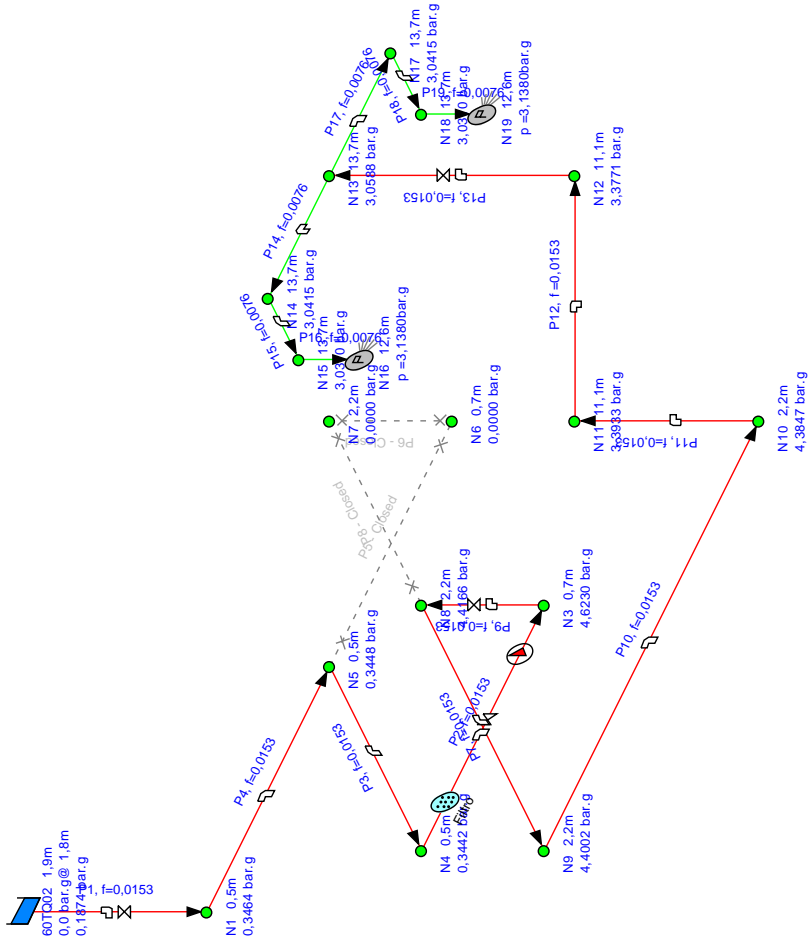
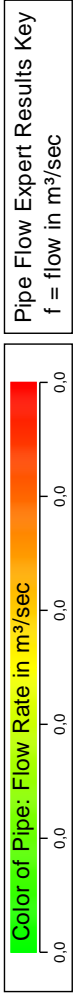
Node Id	Node Type	Node	Elevation m	Liquid Level m	Surface Press. bar.g	Press. at Node bar.g	HGL at Node m.hd Fluid	Demand In m ³ /sec	Demand Out m ³ /sec	Total Flow In m ³ /sec	Total Flow Out m ³ /sec
1	Join Point	N1	0,450	N/A	N/A	0,3521	3,572	0,0000	0,0000	0,0444	0,0444
2	Tank	60TQ02	1,950	1,750	0,0000	0,1974	3,700	N/A	N/A	0,0000	0,0444
3	Join Point	N3	0,730	N/A	N/A	6,5517	58,825	0,0000	0,0000	0,0444	0,0444
4	Join Point	N4	0,450	N/A	N/A	0,3330	3,403	0,0000	0,0000	0,0444	0,0444
5	Join Point	N5	0,450	N/A	N/A	0,3381	3,448	0,0000	0,0000	0,0444	0,0444
6	Join Point	N6	0,730	N/A	N/A	0,0000	0,730	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
7	Join Point	N7	2,224	N/A	N/A	0,0000	2,224	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
8	Join Point	N8	2,224	N/A	N/A	5,9724	55,182	0,0000	0,0000	0,0444	0,0444
9	Join Point	N9	2,224	N/A	N/A	5,8310	53,928	0,0000	0,0000	0,0444	0,0444
10	Join Point	N10	2,224	N/A	N/A	5,6973	52,743	0,0000	0,0000	0,0444	0,0444
11	Join Point	N11	11,050	N/A	N/A	4,3063	49,235	0,0000	0,0000	0,0444	0,0444
12	Join Point	N12	11,050	N/A	N/A	4,1664	47,993	0,0000	0,0000	0,0444	0,0444
13	Join Point	N13	13,650	N/A	N/A	3,5230	44,888	0,0000	0,0000	0,0444	0,0444
14	Join Point	N14	13,650	N/A	N/A	3,3724	43,554	0,0000	0,0000	0,0222	0,0222
15	Join Point	N15	13,650	N/A	N/A	3,2833	42,764	0,0000	0,0000	0,0222	0,0222
16	Demand Pressure	N16	12,630	N/A	3,3800	3,3800	42,601	N/A	N/A	0,0222	0,0000
17	Join Point	N17	13,650	N/A	N/A	3,3724	43,554	0,0000	0,0000	0,0222	0,0222
18	Join Point	N18	13,650	N/A	N/A	3,2833	42,764	0,0000	0,0000	0,0222	0,0222
19	Demand Pressure	N19	12,630	N/A	3,3800	3,3800	42,601	N/A	N/A	0,0222	0,0000

Energy Data

Pipe Id	Pipe Name	Energy Loss To Pipe Friction Kilowatts	Energy Loss To Pipe Fittings Kilowatts	Energy Loss To Pipe Components Kilowatts	Energy Loss To Pipe Control Valves Kilowatts	Energy Loss To Pump Inefficiency Kilowatts	SUBTOTAL Loss Pipe Items + Pump Kilowatts	Energy Loss To Discharge Pressure Kilowatts	Energy Loss To Change in Elevation Kilowatts	TOTAL USED Sum of All Items Kilowatts
1	P1	0,007998	0,056160	0,000000	0,000000	N/A	0,064158	0,000000	-0,751843	-0,687685
2	P2	0,019692	0,126195	0,031111	0,000000	Efficiency Not Specified	0,176998	0,000000	0,140344	0,317342
3	P3	0,007861	0,014536	0,000000	0,000000	N/A	0,022397	0,000000	0,000000	0,022397
4	P4	0,006836	0,055499	0,000000	0,000000	N/A	0,062335	0,000000	0,000000	0,062335
7	P7	0,260338	0,367953	0,000000	0,000000	N/A	0,628290	0,000000	0,000000	0,628290
9	P9	0,152229	1,673824	0,000000	0,000000	N/A	1,826052	0,000000	0,748836	2,574888
10	P10	0,226203	0,367953	0,000000	0,000000	N/A	0,594156	0,000000	0,000000	0,594156
11	P11	0,899719	0,858556	0,000000	0,000000	N/A	1,758275	0,000000	4,423845	6,182120
12	P12	0,254224	0,367953	0,000000	0,000000	N/A	0,622177	0,000000	0,000000	0,622177
13	P13	0,264923	1,291442	0,000000	0,000000	N/A	1,556364	0,000000	1,303195	2,859559
14	P14	0,093143	0,241339	0,000000	0,000000	N/A	0,334482	0,000000	0,000000	0,334482
15	P15	0,093143	0,104844	0,000000	0,000000	N/A	0,197987	0,000000	0,000000	0,197987
16	P16	0,040830	0,000000	0,000000	0,000000	N/A	0,040830	7,511111	-0,255627	7,296314
17	P17	0,093143	0,241339	0,000000	0,000000	N/A	0,334482	0,000000	0,000000	0,334482
18	P18	0,093143	0,104844	0,000000	0,000000	N/A	0,197987	0,000000	0,000000	0,197987
19	P19	0,040830	0,000000	0,000000	0,000000	N/A	0,040830	7,511111	-0,255627	7,296314
5	Closed. P5									
6	Closed. P6									
8	Closed. P8									

A.2 CENÁRIO 2 - RELATÓRIO DE SIMULAÇÃO ADOTANDO VALORES ATUAIS DE MEDIÇÃO DO SISTEMA DE LAVAGEM DO GRANULADOR

Lavador Granulador - Cenário 2
Dados das medições



Fluid Data

Zone	Fluid Name	Chemical Formula	Temperature °C	Pressure bar.g	Density kg/m ³	Centistokes	Centipoise	Vapour Pressure bar.a	State
1	Fluido de operação	H2O + suj	38,500	0,0000	1092,000	0,615	0,672	0,068640	Liquid

Pump Data

Pipe Id	Pipe Name	Pump Name	Speed rpm	Pref. Op From m ³ /sec	Pref. Op To m ³ /sec	Flow In/Out m ³ /sec	Velocity m/sec	Suction Pressure bar.g	Discharge Pressure bar.g	Pump Head (+) m.hd Fluid	Pump NPSHr m.hd (absolute)	Pump NPSHa m.hd (absolute)	Pump Efficiency Percentage	Pump Power Kilowatts
2	P2	Pump	Set Flow Rate			0,0153	0,553	0,3336	4,6531	40,336	Not known	11,936	Not known	Not Known

Pipe Data

Pipe Id	Pipe Name and Notes	Material	Inner Diameter mm	Roughness mm	Length m	Total K	Mass Flow kg/sec	Flow m ³ /sec	Velocity m/sec	Entry Pressure bar.g	Exit Pressure bar.g
1	P1	8" RPVC CL150	187,600	0,015	1,521	0,8500	16,6833	0,0153	0,553	0,1874	0,3464
2	P2	8" RPVC CL150	187,600	0,015	3,745	1,9100	16,6833	0,0153	0,553	0,3442	4,6230
3	P3	8" RPVC CL150	187,600	0,015	1,495	0,2200	16,6833	0,0153	0,553	0,3448	0,3442
4	P4	8" RPVC CL150	187,600	0,015	1,300	0,8400	16,6833	0,0153	0,553	0,3464	0,3448
7	P7	4" RPVC CL150	103,200	0,015	2,555	0,5100	16,6833	0,0153	1,826	4,4166	4,4002
9	P9	4" RPVC CL150	103,200	0,015	1,494	2,3200	16,6833	0,0153	1,826	4,6230	4,4166
10	P10	4" RPVC CL150	103,200	0,015	2,220	0,5100	16,6833	0,0153	1,826	4,4002	4,3847
11	P11	4" RPVC CL150	103,200	0,015	8,830	1,1900	16,6833	0,0153	1,826	4,3847	3,3933
12	P12	4" RPVC CL150	103,200	0,015	2,495	0,5100	16,6833	0,0153	1,826	3,3933	3,3771
13	P13	4" RPVC CL150	103,200	0,015	2,600	1,7900	16,6833	0,0153	1,826	3,3771	3,0588
14	P14	3" RPVC CL150	84,800	0,015	2,555	1,2200	8,3417	0,0076	1,353	3,0588	3,0415
15	P15	3" RPVC CL150	84,800	0,015	2,555	0,5300	8,3417	0,0076	1,353	3,0415	3,0310
16	P16	3" RPVC CL150	84,800	0,015	1,120	0,0000	8,3417	0,0076	1,353	3,0310	3,1380
17	P17	3" RPVC CL150	84,800	0,015	2,555	1,2200	8,3417	0,0076	1,353	3,0588	3,0415
18	P18	3" RPVC CL150	84,800	0,015	2,555	0,5300	8,3417	0,0076	1,353	3,0415	3,0310
19	P19	3" RPVC CL150	84,800	0,015	1,120	0,0000	8,3417	0,0076	1,353	3,0310	3,1380
5	Closed. P5	200 RPVC CL150	213,340	0,015	3,745						
6	Closed. P6	100 RPVC CL150	111,920	0,015	1,494						
8	Closed. P8	100 RPVC CL150	111,920	0,015	1,494						

Node Data

Node Id	Node Type	Node	Elevation m	Liquid Level m	Surface Press. bar.g	Press. at Node bar.g	HGL at Node m.hd Fluid	Demand In m ³ /sec	Demand Out m ³ /sec	Total Flow In m ³ /sec	Total Flow Out m ³ /sec
1	Join Point	N1	0,450	N/A	N/A	0,3464	3,685	0,0000	0,0000	0,0153	0,0153
2	Tank	60TQ02	1,950	1,750	0,0000	0,1874	3,700	N/A	N/A	0,0000	0,0153
3	Join Point	N3	0,730	N/A	N/A	4,6230	43,900	0,0000	0,0000	0,0153	0,0153
4	Join Point	N4	0,450	N/A	N/A	0,3442	3,664	0,0000	0,0000	0,0153	0,0153
5	Join Point	N5	0,450	N/A	N/A	0,3448	3,670	0,0000	0,0000	0,0153	0,0153
6	Join Point	N6	0,730	N/A	N/A	0,0000	0,730	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
7	Join Point	N7	2,224	N/A	N/A	0,0000	2,224	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
8	Join Point	N8	2,224	N/A	N/A	4,4166	43,467	0,0000	0,0000	0,0153	0,0153
9	Join Point	N9	2,224	N/A	N/A	4,4002	43,314	0,0000	0,0000	0,0153	0,0153
10	Join Point	N10	2,224	N/A	N/A	4,3847	43,169	0,0000	0,0000	0,0153	0,0153
11	Join Point	N11	11,050	N/A	N/A	3,3933	42,737	0,0000	0,0000	0,0153	0,0153
12	Join Point	N12	11,050	N/A	N/A	3,3771	42,585	0,0000	0,0000	0,0153	0,0153
13	Join Point	N13	13,650	N/A	N/A	3,0588	42,213	0,0000	0,0000	0,0153	0,0153
14	Join Point	N14	13,650	N/A	N/A	3,0415	42,051	0,0000	0,0000	0,0076	0,0076
15	Join Point	N15	13,650	N/A	N/A	3,0310	41,954	0,0000	0,0000	0,0076	0,0076
16	Demand Pressure	N16	12,630	N/A	3,1380	3,1380	41,933	N/A	N/A	0,0076	0,0000
17	Join Point	N17	13,650	N/A	N/A	3,0415	42,051	0,0000	0,0000	0,0076	0,0076
18	Join Point	N18	13,650	N/A	N/A	3,0310	41,954	0,0000	0,0000	0,0076	0,0076
19	Demand Pressure	N19	12,630	N/A	3,1380	3,1380	41,933	N/A	N/A	0,0076	0,0000

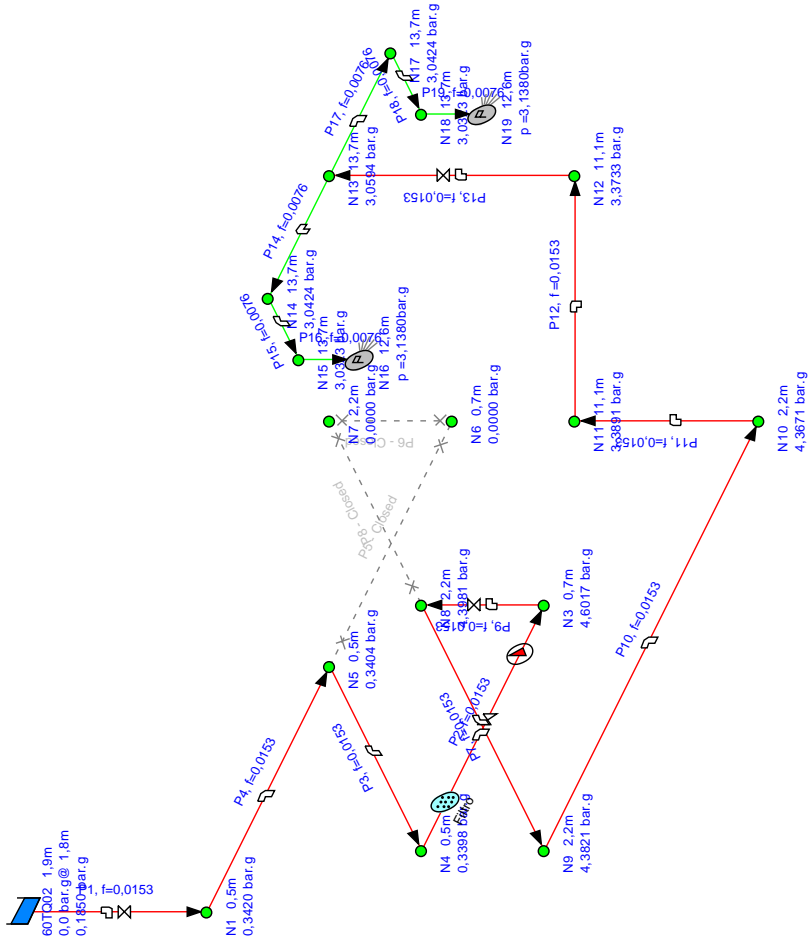
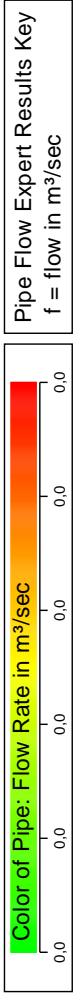
Energy Data

Pipe Id	Pipe Name	Energy Loss To Pipe Friction Kilowatts	Energy Loss To Pipe Fittings Kilowatts	Energy Loss To Pipe Components Kilowatts	Energy Loss To Pipe Control Valves Kilowatts	Energy Loss To Pump Inefficiency Kilowatts	SUBTOTAL Loss Pipe Items + Pump Kilowatts	Energy Loss To Discharge Pressure Kilowatts	Energy Loss To Change in Elevation Kilowatts	TOTAL USED Sum of All Items Kilowatts
1	P1	0,000346	0,002166	0,000000	0,000000	N/A	0,002512	0,000000	-0,245411	-0,242899
2	P2	0,000852	0,004867	0,010694	0,000000	Efficiency Not Specified	0,016414	0,000000	0,045810	0,062224
3	P3	0,000340	0,000561	0,000000	0,000000	N/A	0,000901	0,000000	0,000000	0,000901
4	P4	0,000296	0,002141	0,000000	0,000000	N/A	0,002436	0,000000	0,000000	0,002436
7	P7	0,010869	0,014192	0,000000	0,000000	N/A	0,025061	0,000000	0,000000	0,025061
9	P9	0,006356	0,064560	0,000000	0,000000	N/A	0,070915	0,000000	0,244430	0,315345
10	P10	0,009444	0,014192	0,000000	0,000000	N/A	0,023636	0,000000	0,000000	0,023636
11	P11	0,037563	0,033115	0,000000	0,000000	N/A	0,070678	0,000000	1,444001	1,514679
12	P12	0,010614	0,014192	0,000000	0,000000	N/A	0,024806	0,000000	0,000000	0,024806
13	P13	0,011061	0,049811	0,000000	0,000000	N/A	0,060872	0,000000	0,425380	0,486252
14	P14	0,003935	0,009309	0,000000	0,000000	N/A	0,013244	0,000000	0,000000	0,013244
15	P15	0,003935	0,004044	0,000000	0,000000	N/A	0,007979	0,000000	0,000000	0,007979
16	P16	0,001725	0,000000	0,000000	0,000000	N/A	0,001725	2,397083	-0,083440	2,315368
17	P17	0,003935	0,009309	0,000000	0,000000	N/A	0,013244	0,000000	0,000000	0,013244
18	P18	0,003935	0,004044	0,000000	0,000000	N/A	0,007979	0,000000	0,000000	0,007979
19	P19	0,001725	0,000000	0,000000	0,000000	N/A	0,001725	2,397083	-0,083440	2,315368
5	Closed. P5									
6	Closed. P6									
8	Closed. P8									

A.3 CENÁRIO 3 - RELATÓRIO DE SIMULAÇÃO DO SISTEMA DE LAVAGEM DO GRANULADOR ADOTANDO VALORES FORNECIDOS PELO SETOR DE PROJETOS DA EMPRESA

Lavador Granulador - Cenário 3

Dados de projeto do sistema



Fluid Data

Zone	Fluid Name	Chemical Formula	Temperature °C	Pressure bar.g	Density kg/m ³	Centistokes	Centipoise	Vapour Pressure bar.a	State
1	Fluido de operação	H2O + suj	55,000	0,0000	1078,000	0,468	0,504	0,157610	Liquid

Pump Data

Pipe Id	Pipe Name	Pump Name	Speed rpm	Pref. Op From m ³ /sec	Pref. Op To m ³ /sec	Flow In/Out m ³ /sec	Velocity m/sec	Suction Pressure bar.g	Discharge Pressure bar.g	Pump Head (+) m.hd Fluid	Pump NPSHr m.hd (absolute)	Pump NPSHa m.hd (absolute)	Pump Efficiency Percentage	Pump Power Kilowatts
2	P2	Pump	Set Flow Rate			0,0153	0,553	0,3293	4,6314	40,696	Not known	11,208	Not known	Not Known

Pipe Data

Pipe Id	Pipe Name and Notes	Material	Inner Diameter mm	Roughness mm	Length m	Total K	Mass Flow kg/sec	Flow m ³ /sec	Velocity m/sec	Entry Pressure bar.g	Exit Pressure bar.g
1	P1	8" RPVC CL150	187,600	0,015	1,521	0,8500	16,4694	0,0153	0,553	0,1850	0,3420
2	P2	8" RPVC CL150	187,600	0,015	3,745	1,9100	16,4694	0,0153	0,553	0,3398	4,6017
3	P3	8" RPVC CL150	187,600	0,015	1,495	0,2200	16,4694	0,0153	0,553	0,3404	0,3398
4	P4	8" RPVC CL150	187,600	0,015	1,300	0,8400	16,4694	0,0153	0,553	0,3420	0,3404
7	P7	4" RPVC CL150	103,200	0,015	2,555	0,5100	16,4694	0,0153	1,826	4,3981	4,3821
9	P9	4" RPVC CL150	103,200	0,015	1,494	2,3200	16,4694	0,0153	1,826	4,6017	4,3981
10	P10	4" RPVC CL150	103,200	0,015	2,220	0,5100	16,4694	0,0153	1,826	4,3821	4,3671
11	P11	4" RPVC CL150	103,200	0,015	8,830	1,1900	16,4694	0,0153	1,826	4,3671	3,3891
12	P12	4" RPVC CL150	103,200	0,015	2,495	0,5100	16,4694	0,0153	1,826	3,3891	3,3733
13	P13	4" RPVC CL150	103,200	0,015	2,600	1,7900	16,4694	0,0153	1,826	3,3733	3,0594
14	P14	3" RPVC CL150	84,800	0,015	2,555	1,2200	8,2347	0,0076	1,353	3,0594	3,0424
15	P15	3" RPVC CL150	84,800	0,015	2,555	0,5300	8,2347	0,0076	1,353	3,0424	3,0323
16	P16	3" RPVC CL150	84,800	0,015	1,120	0,0000	8,2347	0,0076	1,353	3,0323	3,1380
17	P17	3" RPVC CL150	84,800	0,015	2,555	1,2200	8,2347	0,0076	1,353	3,0594	3,0424
18	P18	3" RPVC CL150	84,800	0,015	2,555	0,5300	8,2347	0,0076	1,353	3,0424	3,0323
19	P19	3" RPVC CL150	84,800	0,015	1,120	0,0000	8,2347	0,0076	1,353	3,0323	3,1380
5	Closed. P5	200 RPVC CL150	213,340	0,015	3,745						
6	Closed. P6	100 RPVC CL150	111,920	0,015	1,494						
8	Closed. P8	100 RPVC CL150	111,920	0,015	1,494						

Node Data

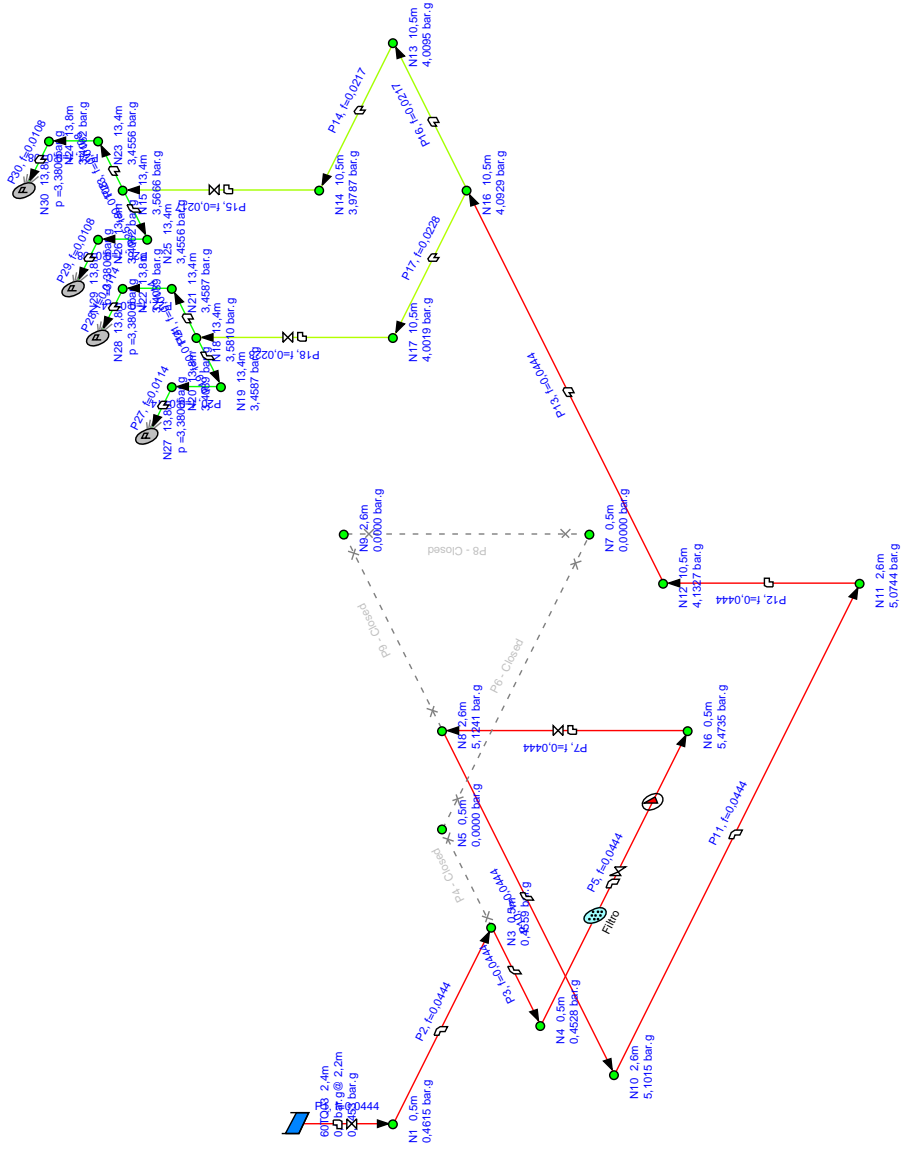
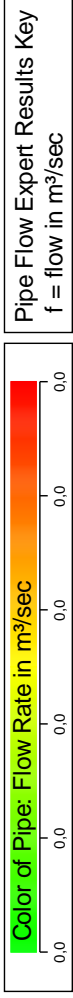
Node Id	Node Type	Node	Elevation m	Liquid Level m	Surface Press. bar.g	Press. at Node bar.g	HGL at Node m.hd Fluid	Demand In m ³ /sec	Demand Out m ³ /sec	Total Flow In m ³ /sec	Total Flow Out m ³ /sec
1	Join Point	N1	0,450	N/A	N/A	0,3420	3,685	0,0000	0,0000	0,0153	0,0153
2	Tank	60TQ02	1,950	1,750	0,0000	0,1850	3,700	N/A	N/A	0,0000	0,0153
3	Join Point	N3	0,730	N/A	N/A	4,6017	44,259	0,0000	0,0000	0,0153	0,0153
4	Join Point	N4	0,450	N/A	N/A	0,3398	3,665	0,0000	0,0000	0,0153	0,0153
5	Join Point	N5	0,450	N/A	N/A	0,3404	3,670	0,0000	0,0000	0,0153	0,0153
6	Join Point	N6	0,730	N/A	N/A	0,0000	0,730	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
7	Join Point	N7	2,224	N/A	N/A	0,0000	2,224	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
8	Join Point	N8	2,224	N/A	N/A	4,3981	43,827	0,0000	0,0000	0,0153	0,0153
9	Join Point	N9	2,224	N/A	N/A	4,3821	43,676	0,0000	0,0000	0,0153	0,0153
10	Join Point	N10	2,224	N/A	N/A	4,3671	43,533	0,0000	0,0000	0,0153	0,0153
11	Join Point	N11	11,050	N/A	N/A	3,3891	43,109	0,0000	0,0000	0,0153	0,0153
12	Join Point	N12	11,050	N/A	N/A	3,3733	42,959	0,0000	0,0000	0,0153	0,0153
13	Join Point	N13	13,650	N/A	N/A	3,0594	42,590	0,0000	0,0000	0,0153	0,0153
14	Join Point	N14	13,650	N/A	N/A	3,0424	42,429	0,0000	0,0000	0,0076	0,0076
15	Join Point	N15	13,650	N/A	N/A	3,0323	42,334	0,0000	0,0000	0,0076	0,0076
16	Demand Pressure	N16	12,630	N/A	3,1380	3,1380	42,313	N/A	N/A	0,0076	0,0000
17	Join Point	N17	13,650	N/A	N/A	3,0424	42,429	0,0000	0,0000	0,0076	0,0076
18	Join Point	N18	13,650	N/A	N/A	3,0323	42,334	0,0000	0,0000	0,0076	0,0076
19	Demand Pressure	N19	12,630	N/A	3,1380	3,1380	42,313	N/A	N/A	0,0076	0,0000

Energy Data

Pipe Id	Pipe Name	Energy Loss To Pipe Friction Kilowatts	Energy Loss To Pipe Fittings Kilowatts	Energy Loss To Pipe Components Kilowatts	Energy Loss To Pipe Control Valves Kilowatts	Energy Loss To Pump Inefficiency Kilowatts	SUBTOTAL Loss Rpe Items + Pump Kilowatts	Energy Loss To Discharge Pressure Kilowatts	Energy Loss To Change in Elevation Kilowatts	TOTAL USED Sum of All Items Kilowatts
1	P1	0,000326	0,002138	0,000000	0,000000	N/A	0,002465	0,000000	-0,242265	-0,239801
2	P2	0,000803	0,004805	0,010694	0,000000	Efficiency Not Specified	0,016303	0,000000	0,045223	0,061525
3	P3	0,000321	0,000553	0,000000	0,000000	N/A	0,000874	0,000000	0,000000	0,000874
4	P4	0,000279	0,002113	0,000000	0,000000	N/A	0,002392	0,000000	0,000000	0,002392
7	P7	0,010379	0,014010	0,000000	0,000000	N/A	0,024389	0,000000	0,000000	0,024389
9	P9	0,006069	0,063732	0,000000	0,000000	N/A	0,069801	0,000000	0,241296	0,311097
10	P10	0,009018	0,014010	0,000000	0,000000	N/A	0,023028	0,000000	0,000000	0,023028
11	P11	0,035870	0,032690	0,000000	0,000000	N/A	0,068560	0,000000	1,425488	1,494048
12	P12	0,010135	0,014010	0,000000	0,000000	N/A	0,024145	0,000000	0,000000	0,024145
13	P13	0,010562	0,049173	0,000000	0,000000	N/A	0,059735	0,000000	0,419926	0,479661
14	P14	0,003741	0,009189	0,000000	0,000000	N/A	0,012930	0,000000	0,000000	0,012930
15	P15	0,003741	0,003992	0,000000	0,000000	N/A	0,007733	0,000000	0,000000	0,007733
16	P16	0,001640	0,000000	0,000000	0,000000	N/A	0,001640	2,397083	-0,082370	2,316353
17	P17	0,003741	0,009189	0,000000	0,000000	N/A	0,012930	0,000000	0,000000	0,012930
18	P18	0,003741	0,003992	0,000000	0,000000	N/A	0,007733	0,000000	0,000000	0,007733
19	P19	0,001640	0,000000	0,000000	0,000000	N/A	0,001640	2,397083	-0,082370	2,316353
5	Closed. P5									
6	Closed. P6									
8	Closed. P8									

A.4 CENÁRIO 4 - RELATÓRIO DE SIMULAÇÃO ADOTANDO VALORES DE PROJETO DAS BOMBAS INSTALADAS NO SISTEMA DE LAVAGEM DO SECADOR

Lavador Secador - Cenário 4
Dados das bombas



Fluid Data

Zone	Fluid Name	Chemical Formula	Temperature °C	Pressure bar.g	Density kg/m ³	Centistokes	Centipoise	Vapour Pressure bar.a	State
1	Fluido operação	H2O+ Suj	50,000	0,0000	1150,000	0,870	1,000	0,157610	Liquid

Pump Data

Pipe Id	Pipe Name	Pump Name	Speed rpm	Pref. Op From m ³ /sec	Pref. Op To m ³ /sec	Flow In/Out m ³ /sec	Velocity m/sec	Suction Pressure bar.g	Discharge Pressure bar.g	Pump Head (+) m.hd Fluid	Pump NPSHr m.hd (absolute)	Pump NPSHa m.hd (absolute)	Pump Efficiency Percentage	Pump Power Kilowatts
5	P5	Pump	Set Flow Rate			0,0444	1,030	0,4328	5,4740	44,701	Not known	11,425	Not known	Not Known

Pipe Data

Pipe Id	Pipe Name and Notes	Material	Inner Diameter mm	Roughness mm	Length m	Total K	Mass Flow kg/sec	Flow m ³ /sec	Velocity m/sec	Entry Pressure bar.g	Exit Pressure bar.g
1	P1	250 RPVC DN 250	234,400	0,015	1,975	0,8500	51,1111	0,0444	1,030	0,2453	0,4615
2	P2	250 RPVC DN 250	234,400	0,015	1,206	0,8400	51,1111	0,0444	1,030	0,4615	0,4559
3	P3	250 RPVC DN 250	234,400	0,015	1,210	0,4200	51,1111	0,0444	1,030	0,4559	0,4528
5	P5	250 RPVC DN 250	234,400	0,015	5,270	1,7100	51,1111	0,0444	1,030	0,4528	5,4735
7	P7	6" RPVC DN 250	150,000	0,015	1,820	2,6400	51,1111	0,0444	2,515	5,4735	5,1241
10	P10	6" RPVC DN 250	150,000	0,015	1,750	0,4500	51,1111	0,0444	2,515	5,1241	5,1015
11	P11	6" RPVC DN 250	150,000	0,015	3,010	0,4500	51,1111	0,0444	2,515	5,1015	5,0744
12	P12	6" RPVC DN 250	150,000	0,015	7,860	0,7500	51,1111	0,0444	2,515	5,0744	4,1327
13	P13	6" RPVC DN 250	150,000	0,015	1,971	0,9000	51,1111	0,0444	2,515	4,1327	4,0929
14	P14	4" RPVC DN 250	103,200	0,015	0,896	0,6600	24,9315	0,0217	2,592	4,0095	3,9787
15	P15	4" RPVC DN 250	103,200	0,015	2,890	1,7900	24,9315	0,0217	2,592	3,9787	3,5666
16	P16	4" RPVC DN 250	103,200	0,015	1,568	1,9200	24,9315	0,0217	2,592	4,0929	4,0095
17	P17	4" RPVC DN 250	103,200	0,015	1,434	1,9200	26,1796	0,0228	2,722	4,0929	4,0019
18	P18	4" RPVC DN 250	103,200	0,015	2,890	1,7900	26,1796	0,0228	2,722	4,0019	3,5810
19	P19	2-1/2" RPVC DN 250	70,400	0,015	0,830	2,2900	13,0898	0,0114	2,924	3,5810	3,4587
20	P20	2-1/2" RPVC DN 250	70,400	0,015	0,400	0,0000	13,0898	0,0114	2,924	3,4587	3,4089
21	P21	2-1/2" RPVC DN 250	70,400	0,015	0,830	2,2900	13,0898	0,0114	2,924	3,5810	3,4587
22	P22	2-1/2" RPVC DN 250	70,400	0,015	0,400	0,0000	13,0898	0,0114	2,924	3,4587	3,4089
23	P23	2-1/2" RPVC DN 250	70,400	0,015	0,830	2,2900	12,4658	0,0108	2,785	3,5666	3,4556
24	P24	2-1/2" RPVC DN 250	70,400	0,015	0,400	0,0000	12,4658	0,0108	2,785	3,4556	3,4062
25	P25	2-1/2" RPVC DN 250	70,400	0,015	0,830	2,2900	12,4658	0,0108	2,785	3,5666	3,4556
26	P26	2-1/2" RPVC DN 250	70,400	0,015	0,400	0,0000	12,4658	0,0108	2,785	3,4556	3,4062
27	P27	2-1/2" RPVC DN 250	70,400	0,015	0,200	0,5400	13,0898	0,0114	2,924	3,4089	3,3800

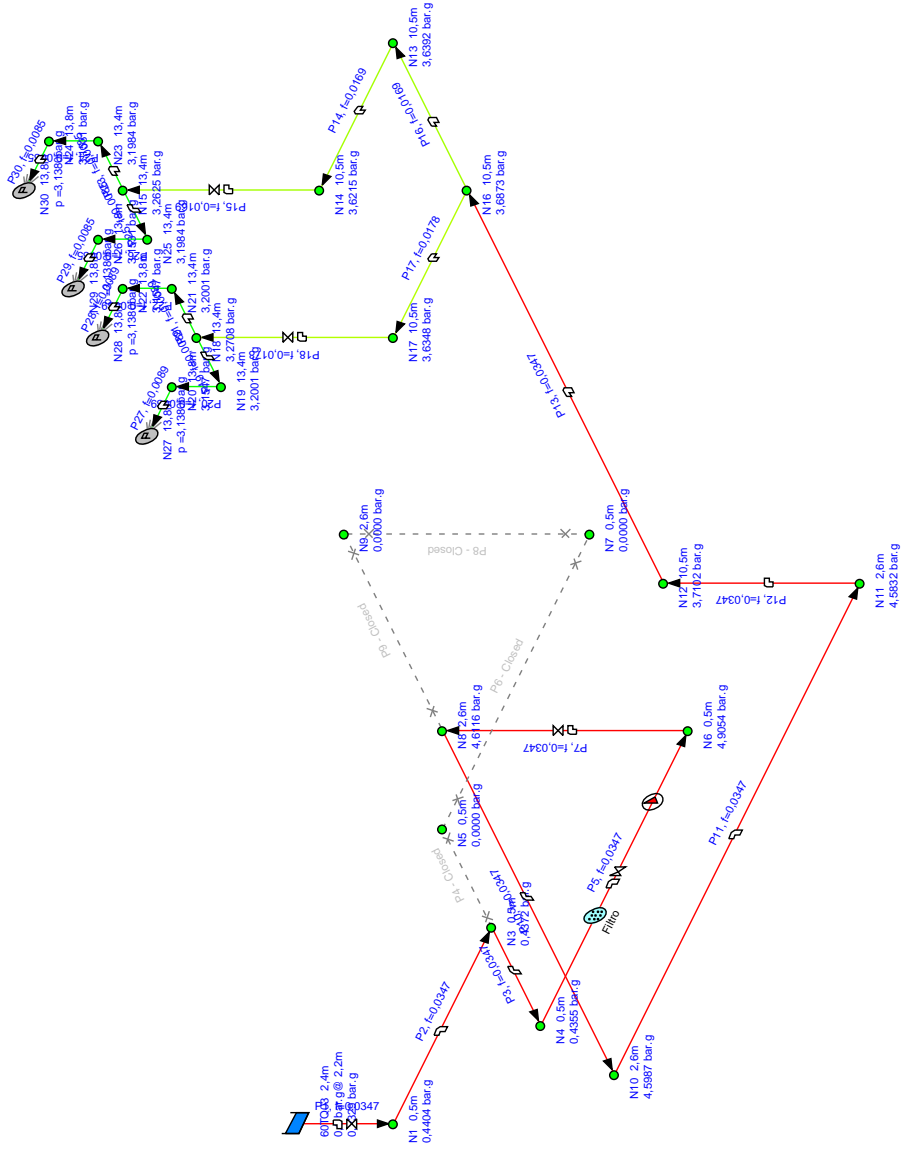
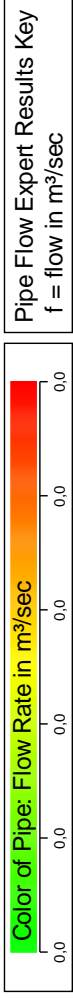
Pipe Id	Pipe Name and Notes	Material	Inner Diameter mm	Roughness mm	Length m	Total K	Mass Flow kg/sec	Flow m ³ /sec	Velocity m/sec	Entry Pressure bar.g	Exit Pressure bar.g
28	P28	2-1/2" RPVC DN 250	70,400	0,015	0,200	0,5400	13,0898	0,0114	2,924	3,4089	3,3800
29	P29	2-1/2" RPVC DN 250	70,400	0,015	0,200	0,5400	12,4658	0,0108	2,785	3,4062	3,3800
30	P30	2-1/2" RPVC DN 250	70,400	0,015	0,200	0,5400	12,4658	0,0108	2,785	3,4062	3,3800
4	Closed. P4	250 RPVC DN 250	262,940	0,015	1,210						
6	Closed. P6	250 RPVC DN 250	262,940	0,015	5,270						
8	Closed. P8	250 RPVC DN 250	262,940	0,015	1,975						
9	Closed. P9	250 RPVC DN 250	262,940	0,015	1,975						

Node Data

Node Id	Node Type	Node	Elevation m	Liquid Level m	Surface Press. bar.g	Press. at Node bar.g	HGL at Node m.hd Fluid	Demand In m ³ /sec	Demand Out m ³ /sec	Total Flow In m ³ /sec	Total Flow Out m ³ /sec
1	Join Point	N1	0,450	N/A	N/A	0,4615	4,542	0,0000	0,0000	0,0444	0,0444
2	Tank	60TQ03	2,420	2,175	0,0000	0,2453	4,595	N/A	N/A	0,0000	0,0444
3	Join Point	N3	0,450	N/A	N/A	0,4559	4,492	0,0000	0,0000	0,0444	0,0444
4	Join Point	N4	0,450	N/A	N/A	0,4528	4,465	0,0000	0,0000	0,0444	0,0444
5	Join Point	N5	0,450	N/A	N/A	0,0000	0,450	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6	Join Point	N6	0,450	N/A	N/A	5,4735	48,984	0,0000	0,0000	0,0444	0,0444
7	Join Point	N7	0,450	N/A	N/A	0,0000	0,450	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
8	Join Point	N8	2,640	N/A	N/A	5,1241	48,076	0,0000	0,0000	0,0444	0,0444
9	Join Point	N9	2,640	N/A	N/A	0,0000	2,640	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
10	Join Point	N10	2,640	N/A	N/A	5,1015	47,875	0,0000	0,0000	0,0444	0,0444
11	Join Point	N11	2,640	N/A	N/A	5,0744	47,635	0,0000	0,0000	0,0444	0,0444
12	Join Point	N12	10,500	N/A	N/A	4,1327	47,145	0,0000	0,0000	0,0444	0,0444
13	Join Point	N13	10,500	N/A	N/A	4,0095	46,053	0,0000	0,0000	0,0217	0,0217
14	Join Point	N14	10,500	N/A	N/A	3,9787	45,780	0,0000	0,0000	0,0217	0,0217
15	Join Point	N15	13,390	N/A	N/A	3,5666	45,016	0,0000	0,0000	0,0217	0,0217
16	Join Point	N16	10,500	N/A	N/A	4,0929	46,792	0,0000	0,0000	0,0444	0,0444
17	Join Point	N17	10,500	N/A	N/A	4,0019	45,985	0,0000	0,0000	0,0228	0,0228
18	Join Point	N18	13,390	N/A	N/A	3,5810	45,143	0,0000	0,0000	0,0228	0,0228
19	Join Point	N19	13,390	N/A	N/A	3,4587	44,059	0,0000	0,0000	0,0114	0,0114
20	Join Point	N20	13,790	N/A	N/A	3,4089	44,017	0,0000	0,0000	0,0114	0,0114
21	Join Point	N21	13,390	N/A	N/A	3,4587	44,059	0,0000	0,0000	0,0114	0,0114
22	Join Point	N22	13,790	N/A	N/A	3,4089	44,017	0,0000	0,0000	0,0114	0,0114
23	Join Point	N23	13,390	N/A	N/A	3,4556	44,031	0,0000	0,0000	0,0108	0,0108
24	Join Point	N24	13,790	N/A	N/A	3,4062	43,993	0,0000	0,0000	0,0108	0,0108
25	Join Point	N25	13,390	N/A	N/A	3,4556	44,031	0,0000	0,0000	0,0108	0,0108
26	Join Point	N26	13,790	N/A	N/A	3,4062	43,993	0,0000	0,0000	0,0108	0,0108
27	Demand Pressure	N27	13,790	N/A	3,3800	3,3800	43,761	N/A	N/A	0,0114	0,0000
28	Demand Pressure	N28	13,790	N/A	3,3800	3,3800	43,761	N/A	N/A	0,0114	0,0000
29	Demand Pressure	N29	13,790	N/A	3,3800	3,3800	43,761	N/A	N/A	0,0108	0,0000
30	Demand Pressure	N30	13,790	N/A	3,3800	3,3800	43,761	N/A	N/A	0,0108	0,0000

A.5 CENÁRIO 5 - RELATÓRIO DE SIMULAÇÃO ADOTANDO VALORES ATUAIS DE MEDIÇÃO DO SISTEMA DE LAVAGEM DO SECADOR

Lavador Secador - Cenário 5
Dados das medições



Fluid Data

Zone	Fluid Name	Chemical Formula	Temperature °C	Pressure bar.g	Density kg/m ³	Centistokes	Centipoise	Vapour Pressure bar.a	State
1	Fluido operação	H2O+ Suj	54,700	0,0000	1092,000	0,464	0,507	0,155600	Liquid

Pump Data

Pipe Id	Pipe Name	Pump Name	Speed rpm	Pref. Op From m ³ /sec	Pref. Op To m ³ /sec	Flow In/Out m ³ /sec	Velocity m/sec	Suction Pressure bar.g	Discharge Pressure bar.g	Pump Head (+) m.hd Fluid	Pump NPSHr m.hd (absolute)	Pump NPSHa m.hd (absolute)	Pump Efficiency Percentage	Pump Power Kilowatts
5	P5	Pump	Set Flow Rate			0,0347	0,805	0,4206	4,9056	41,882	Not known	11,936	Not known	Not Known

Pipe Data

Pipe Id	Pipe Name and Notes	Material	Inner Diameter mm	Roughness mm	Length m	Total K	Mass Flow kg/sec	Flow m ³ /sec	Velocity m/sec	Entry Pressure bar.g	Exit Pressure bar.g
1	P1	250 RPVC DN 250	234,400	0,015	1,975	0,8500	37,9167	0,0347	0,805	0,2329	0,4404
2	P2	250 RPVC DN 250	234,400	0,015	1,206	0,8400	37,9167	0,0347	0,805	0,4404	0,4372
3	P3	250 RPVC DN 250	234,400	0,015	1,210	0,4200	37,9167	0,0347	0,805	0,4372	0,4355
5	P5	250 RPVC DN 250	234,400	0,015	5,270	1,7100	37,9167	0,0347	0,805	0,4355	4,9054
7	P7	6" RPVC DN 250	150,000	0,015	1,820	2,6400	37,9167	0,0347	1,965	4,9054	4,6116
10	P10	6" RPVC DN 250	150,000	0,015	1,750	0,4500	37,9167	0,0347	1,965	4,6116	4,5987
11	P11	6" RPVC DN 250	150,000	0,015	3,010	0,4500	37,9167	0,0347	1,965	4,5987	4,5832
12	P12	6" RPVC DN 250	150,000	0,015	7,860	0,7500	37,9167	0,0347	1,965	4,5832	3,7102
13	P13	6" RPVC DN 250	150,000	0,015	1,971	0,9000	37,9167	0,0347	1,965	3,7102	3,6873
14	P14	4" RPVC DN 250	103,200	0,015	0,896	0,6600	18,4972	0,0169	2,025	3,6392	3,6215
15	P15	4" RPVC DN 250	103,200	0,015	2,890	1,7900	18,4972	0,0169	2,025	3,6215	3,2625
16	P16	4" RPVC DN 250	103,200	0,015	1,568	1,9200	18,4972	0,0178	2,126	3,6873	3,6392
17	P17	4" RPVC DN 250	103,200	0,015	1,434	1,9200	19,4195	0,0178	2,126	3,6873	3,6348
18	P18	4" RPVC DN 250	103,200	0,015	2,890	1,7900	19,4195	0,0178	2,126	3,6348	3,2708
19	P19	2-1/2" RPVC DN 250	70,400	0,015	0,830	2,2900	9,7097	0,0089	2,284	3,2708	3,2001
20	P20	2-1/2" RPVC DN 250	70,400	0,015	0,400	0,0000	9,7097	0,0089	2,284	3,2001	3,1547
21	P21	2-1/2" RPVC DN 250	70,400	0,015	0,830	2,2900	9,7097	0,0089	2,284	3,2708	3,2001
22	P22	2-1/2" RPVC DN 250	70,400	0,015	0,400	0,0000	9,7097	0,0089	2,284	3,2001	3,1547
23	P23	2-1/2" RPVC DN 250	70,400	0,015	0,830	2,2900	9,2486	0,0085	2,176	3,2625	3,1984
24	P24	2-1/2" RPVC DN 250	70,400	0,015	0,400	0,0000	9,2486	0,0085	2,176	3,1984	3,1531
25	P25	2-1/2" RPVC DN 250	70,400	0,015	0,830	2,2900	9,2486	0,0085	2,176	3,2625	3,1984
26	P26	2-1/2" RPVC DN 250	70,400	0,015	0,400	0,0000	9,2486	0,0085	2,176	3,1984	3,1531
27	P27	2-1/2" RPVC DN 250	70,400	0,015	0,200	0,5400	9,7097	0,0089	2,284	3,1547	3,1380

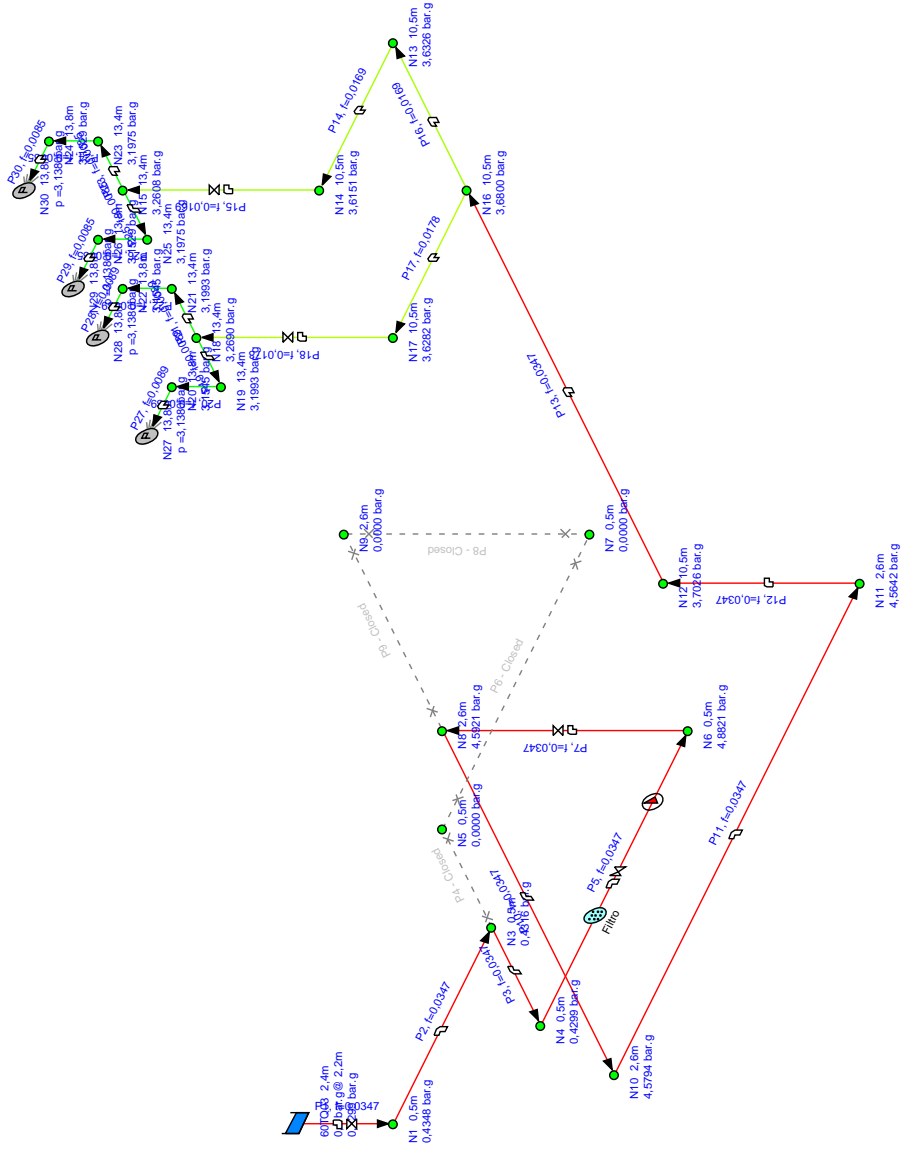
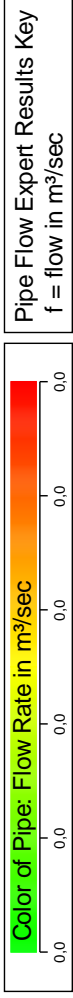
Pipe Id	Pipe Name and Notes	Material	Inner Diameter mm	Roughness mm	Length m	Total K	Mass Flow kg/sec	Flow m ³ /sec	Velocity m/sec	Entry Pressure bar.g	Exit Pressure bar.g
28	P28	2-1/2" RPVC DN 250	70,400	0,015	0,200	0,5400	9,7097	0,0089	2,284	3,1547	3,1380
29	P29	2-1/2" RPVC DN 250	70,400	0,015	0,200	0,5400	9,2486	0,0085	2,176	3,1531	3,1380
30	P30	2-1/2" RPVC DN 250	70,400	0,015	0,200	0,5400	9,2486	0,0085	2,176	3,1531	3,1380
4	Closed. P4	250 RPVC DN 250	262,940	0,015	1,210						
6	Closed. P6	250 RPVC DN 250	262,940	0,015	5,270						
8	Closed. P8	250 RPVC DN 250	262,940	0,015	1,975						
9	Closed. P9	250 RPVC DN 250	262,940	0,015	1,975						

Node Data

Node Id	Node Type	Node	Elevation m	Liquid Level m	Surface Press. bar.g	Press. at Node bar.g	HGL at Node m.hd Fluid	Demand In m ³ /sec	Demand Out m ³ /sec	Total Flow In m ³ /sec	Total Flow Out m ³ /sec
1	Join Point	N1	0,450	N/A	N/A	0,4404	4,563	0,0000	0,0000	0,0347	0,0347
2	Tank	60TQ03	2,420	2,175	0,0000	0,2329	4,595	N/A	N/A	0,0000	0,0347
3	Join Point	N3	0,450	N/A	N/A	0,4372	4,533	0,0000	0,0000	0,0347	0,0347
4	Join Point	N4	0,450	N/A	N/A	0,4355	4,516	0,0000	0,0000	0,0347	0,0347
5	Join Point	N5	0,450	N/A	N/A	0,0000	0,450	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6	Join Point	N6	0,450	N/A	N/A	4,9054	46,257	0,0000	0,0000	0,0347	0,0347
7	Join Point	N7	0,450	N/A	N/A	0,0000	0,450	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
8	Join Point	N8	2,640	N/A	N/A	4,6116	45,703	0,0000	0,0000	0,0347	0,0347
9	Join Point	N9	2,640	N/A	N/A	0,0000	2,640	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
10	Join Point	N10	2,640	N/A	N/A	4,5987	45,583	0,0000	0,0000	0,0347	0,0347
11	Join Point	N11	2,640	N/A	N/A	4,5832	45,438	0,0000	0,0000	0,0347	0,0347
12	Join Point	N12	10,500	N/A	N/A	3,7102	45,146	0,0000	0,0000	0,0347	0,0347
13	Join Point	N13	10,500	N/A	N/A	3,6392	44,483	0,0000	0,0000	0,0169	0,0169
14	Join Point	N14	10,500	N/A	N/A	3,6215	44,318	0,0000	0,0000	0,0169	0,0169
15	Join Point	N15	13,390	N/A	N/A	3,2625	43,855	0,0000	0,0000	0,0169	0,0169
16	Join Point	N16	10,500	N/A	N/A	3,6873	44,932	0,0000	0,0000	0,0347	0,0347
17	Join Point	N17	10,500	N/A	N/A	3,6348	44,442	0,0000	0,0000	0,0178	0,0178
18	Join Point	N18	13,390	N/A	N/A	3,2708	43,933	0,0000	0,0000	0,0178	0,0178
19	Join Point	N19	13,390	N/A	N/A	3,2001	43,273	0,0000	0,0000	0,0089	0,0089
20	Join Point	N20	13,790	N/A	N/A	3,1547	43,249	0,0000	0,0000	0,0089	0,0089
21	Join Point	N21	13,390	N/A	N/A	3,2001	43,273	0,0000	0,0000	0,0089	0,0089
22	Join Point	N22	13,790	N/A	N/A	3,1547	43,249	0,0000	0,0000	0,0089	0,0089
23	Join Point	N23	13,390	N/A	N/A	3,1984	43,256	0,0000	0,0000	0,0085	0,0085
24	Join Point	N24	13,790	N/A	N/A	3,1531	43,234	0,0000	0,0000	0,0085	0,0085
25	Join Point	N25	13,390	N/A	N/A	3,1984	43,256	0,0000	0,0000	0,0085	0,0085
26	Join Point	N26	13,790	N/A	N/A	3,1531	43,234	0,0000	0,0000	0,0085	0,0085
27	Demand Pressure	N27	13,790	N/A	3,1380	3,1380	43,093	N/A	N/A	0,0089	0,0000
28	Demand Pressure	N28	13,790	N/A	3,1380	3,1380	43,093	N/A	N/A	0,0089	0,0000
29	Demand Pressure	N29	13,790	N/A	3,1380	3,1380	43,093	N/A	N/A	0,0085	0,0000
30	Demand Pressure	N30	13,790	N/A	3,1380	3,1380	43,093	N/A	N/A	0,0085	0,0000

A.6 CENÁRIO 6 - RELATÓRIO DE SIMULAÇÃO DO SISTEMA DE LAVAGEM DO SECADOR ADOTANDO VALORES FORNECIDOS PELO SETOR DE PROJETOS DA EMPRESA

Lavador Secador - Cenário 6
Dados das de projeto do sistema



Fluid Data

Zone	Fluid Name	Chemical Formula	Temperature °C	Pressure bar.g	Density kg/m ³	Centistokes	Centipoise	Vapour Pressure bar.a	State
1	Fluido operação	H2O+ Suj	62.000	0.0000	1078.000	0.420	0.453	0.219840	Liquid

Pump Data

Pipe Id	Pipe Name	Pump Name	Speed rpm	Pref. Op From m ³ /sec	Pref. Op To m ³ /sec	Flow In/Out m ³ /sec	Velocity m/sec	Suction Pressure bar.g	Discharge Pressure bar.g	Pump Head (+) m.hd Fluid	Pump NPSHr m.hd (absolute)	Pump NPSHa m.hd (absolute)	Pump Efficiency Percentage	Pump Power Kilowatts
5	P5	Pump	Set Flow Rate			0,0347	0,805	0,4151	4,8824	42,258	Not known	11,432	Not known	Not Known

Pipe Data

Pipe Id	Pipe Name and Notes	Material	Inner Diameter mm	Roughness mm	Length m	Total K	Mass Flow kg/sec	Flow m ³ /sec	Velocity m/sec	Entry Pressure bar.g	Exit Pressure bar.g
1	P1	250 RPVC DN 250	234,400	0,015	1,975	0,8500	37,4306	0,0347	0,805	0,2299	0,4348
2	P2	250 RPVC DN 250	234,400	0,015	1,206	0,8400	37,4306	0,0347	0,805	0,4348	0,4316
3	P3	250 RPVC DN 250	234,400	0,015	1,210	0,4200	37,4306	0,0347	0,805	0,4316	0,4299
5	P5	250 RPVC DN 250	234,400	0,015	5,270	1,7100	37,4306	0,0347	0,805	0,4299	4,8821
7	P7	6" RPVC DN 250	150,000	0,015	1,820	2,6400	37,4306	0,0347	1,965	4,8821	4,5921
10	P10	6" RPVC DN 250	150,000	0,015	1,750	0,4500	37,4306	0,0347	1,965	4,5921	4,5794
11	P11	6" RPVC DN 250	150,000	0,015	3,010	0,4500	37,4306	0,0347	1,965	4,5794	4,5642
12	P12	6" RPVC DN 250	150,000	0,015	7,860	0,7500	37,4306	0,0347	1,965	4,5642	3,7026
13	P13	6" RPVC DN 250	150,000	0,015	1,971	0,9000	37,4306	0,0347	1,965	3,7026	3,6800
14	P14	4" RPVC DN 250	103,200	0,015	0,896	0,6600	18,2605	0,0169	2,025	3,6326	3,6151
15	P15	4" RPVC DN 250	103,200	0,015	2,890	1,7900	18,2605	0,0169	2,025	3,6151	3,2608
16	P16	4" RPVC DN 250	103,200	0,015	1,568	1,9200	18,2605	0,0169	2,025	3,6800	3,6326
17	P17	4" RPVC DN 250	103,200	0,015	1,434	1,9200	19,1701	0,0178	2,126	3,6800	3,6282
18	P18	4" RPVC DN 250	103,200	0,015	2,890	1,7900	19,1701	0,0178	2,126	3,6282	3,2690
19	P19	2-1/2" RPVC DN 250	70,400	0,015	0,830	2,2900	9,5850	0,0089	2,284	3,2690	3,1993
20	P20	2-1/2" RPVC DN 250	70,400	0,015	0,400	0,0000	9,5850	0,0089	2,284	3,1993	3,1545
21	P21	2-1/2" RPVC DN 250	70,400	0,015	0,830	2,2900	9,5850	0,0089	2,284	3,2690	3,1993
22	P22	2-1/2" RPVC DN 250	70,400	0,015	0,400	0,0000	9,5850	0,0089	2,284	3,1993	3,1545
23	P23	2-1/2" RPVC DN 250	70,400	0,015	0,830	2,2900	9,1302	0,0085	2,176	3,2608	3,1975
24	P24	2-1/2" RPVC DN 250	70,400	0,015	0,400	0,0000	9,1302	0,0085	2,176	3,1975	3,1529
25	P25	2-1/2" RPVC DN 250	70,400	0,015	0,830	2,2900	9,1302	0,0085	2,176	3,2608	3,1975
26	P26	2-1/2" RPVC DN 250	70,400	0,015	0,400	0,0000	9,1302	0,0085	2,176	3,1975	3,1529
27	P27	2-1/2" RPVC DN 250	70,400	0,015	0,200	0,5400	9,5850	0,0089	2,284	3,1545	3,1380

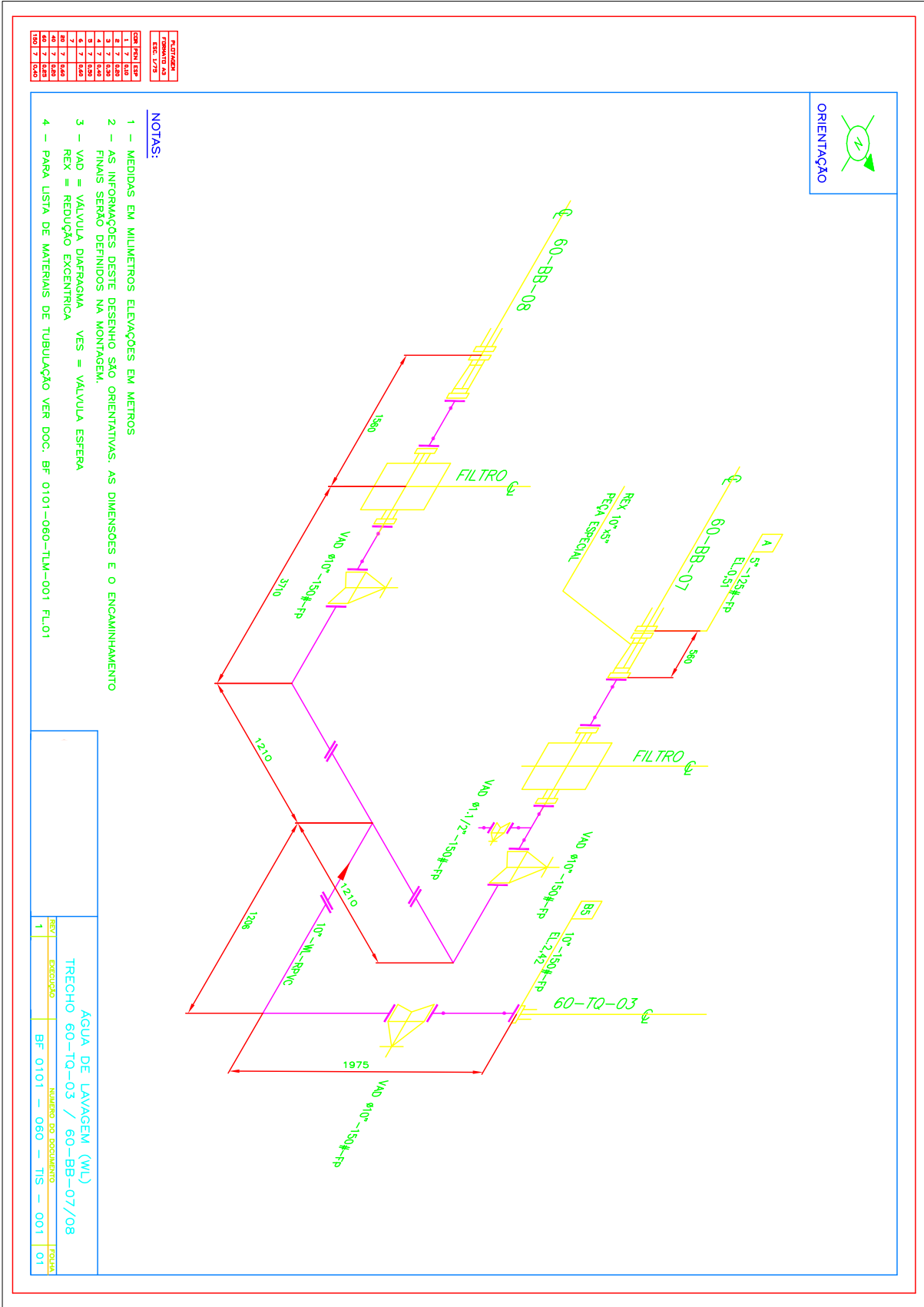
Pipe Id	Pipe Name and Notes	Material	Inner Diameter mm	Roughness mm	Length m	Total K	Mass Flow kg/sec	Flow m ³ /sec	Velocity m/sec	Entry Pressure bar.g	Exit Pressure bar.g
28	P28	2-1/2" RPVC DN 250	70,400	0,015	0,200	0,5400	9,5850	0,0089	2,284	3,1545	3,1380
29	P29	2-1/2" RPVC DN 250	70,400	0,015	0,200	0,5400	9,1302	0,0085	2,176	3,1529	3,1380
30	P30	2-1/2" RPVC DN 250	70,400	0,015	0,200	0,5400	9,1302	0,0085	2,176	3,1529	3,1380
4	Closed. P4	250 RPVC DN 250	262,940	0,015	1,210						
6	Closed. P6	250 RPVC DN 250	262,940	0,015	5,270						
8	Closed. P8	250 RPVC DN 250	262,940	0,015	1,975						
9	Closed. P9	250 RPVC DN 250	262,940	0,015	1,975						

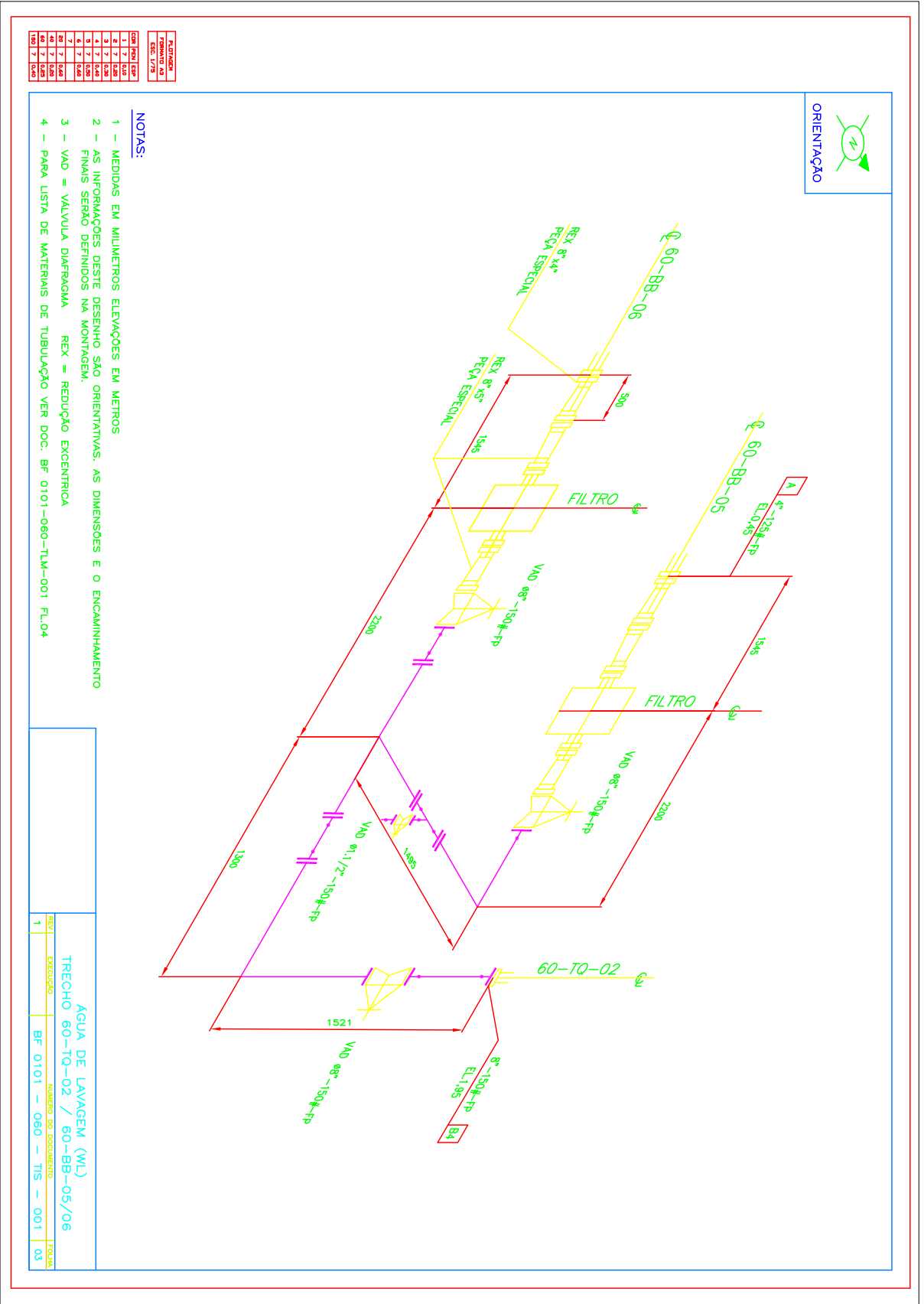
Node Data

Node Id	Node Type	Node	Elevation m	Liquid Level m	Surface Press. bar.g	Press. at Node bar.g	HGL at Node m.hd Fluid	Demand In m ³ /sec	Demand Out m ³ /sec	Total Flow In m ³ /sec	Total Flow Out m ³ /sec
1	Join Point	N1	0,450	N/A	N/A	0,4348	4,563	0,0000	0,0000	0,0347	0,0347
2	Tank	60TQ03	2,420	2,175	0,0000	0,2299	4,595	N/A	N/A	0,0000	0,0347
3	Join Point	N3	0,450	N/A	N/A	0,4316	4,533	0,0000	0,0000	0,0347	0,0347
4	Join Point	N4	0,450	N/A	N/A	0,4299	4,517	0,0000	0,0000	0,0347	0,0347
5	Join Point	N5	0,450	N/A	N/A	0,0000	0,450	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6	Join Point	N6	0,450	N/A	N/A	4,8821	46,631	0,0000	0,0000	0,0347	0,0347
7	Join Point	N7	0,450	N/A	N/A	0,0000	0,450	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
8	Join Point	N8	2,640	N/A	N/A	4,5921	46,079	0,0000	0,0000	0,0347	0,0347
9	Join Point	N9	2,640	N/A	N/A	0,0000	2,640	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
10	Join Point	N10	2,640	N/A	N/A	4,5794	45,958	0,0000	0,0000	0,0347	0,0347
11	Join Point	N11	2,640	N/A	N/A	4,5642	45,815	0,0000	0,0000	0,0347	0,0347
12	Join Point	N12	10,500	N/A	N/A	3,7026	45,524	0,0000	0,0000	0,0347	0,0347
13	Join Point	N13	10,500	N/A	N/A	3,6326	44,862	0,0000	0,0000	0,0169	0,0169
14	Join Point	N14	10,500	N/A	N/A	3,6151	44,697	0,0000	0,0000	0,0169	0,0169
15	Join Point	N15	13,390	N/A	N/A	3,2608	44,235	0,0000	0,0000	0,0169	0,0169
16	Join Point	N16	10,500	N/A	N/A	3,6800	45,311	0,0000	0,0000	0,0347	0,0347
17	Join Point	N17	10,500	N/A	N/A	3,6282	44,821	0,0000	0,0000	0,0178	0,0178
18	Join Point	N18	13,390	N/A	N/A	3,2690	44,312	0,0000	0,0000	0,0178	0,0178
19	Join Point	N19	13,390	N/A	N/A	3,1993	43,653	0,0000	0,0000	0,0089	0,0089
20	Join Point	N20	13,790	N/A	N/A	3,1545	43,629	0,0000	0,0000	0,0089	0,0089
21	Join Point	N21	13,390	N/A	N/A	3,1993	43,653	0,0000	0,0000	0,0089	0,0089
22	Join Point	N22	13,790	N/A	N/A	3,1545	43,629	0,0000	0,0000	0,0089	0,0089
23	Join Point	N23	13,390	N/A	N/A	3,1975	43,637	0,0000	0,0000	0,0085	0,0085
24	Join Point	N24	13,790	N/A	N/A	3,1529	43,615	0,0000	0,0000	0,0085	0,0085
25	Join Point	N25	13,390	N/A	N/A	3,1975	43,637	0,0000	0,0000	0,0085	0,0085
26	Join Point	N26	13,790	N/A	N/A	3,1529	43,615	0,0000	0,0000	0,0085	0,0085
27	Demand Pressure	N27	13,790	N/A	3,1380	3,1380	43,473	N/A	N/A	0,0089	0,0000
28	Demand Pressure	N28	13,790	N/A	3,1380	3,1380	43,473	N/A	N/A	0,0089	0,0000
29	Demand Pressure	N29	13,790	N/A	3,1380	3,1380	43,473	N/A	N/A	0,0085	0,0000
30	Demand Pressure	N30	13,790	N/A	3,1380	3,1380	43,473	N/A	N/A	0,0085	0,0000

ANEXOS

ANEXO A – VISTAS ISOMÉTRICAS DO ARRANJO FÍSICO





REVISÃO	
1	7/04/06
2	7/05/06
3	7/06/06
4	7/06/06
5	7/06/06
6	7/06/06
7	06/06
8	7/06/06
9	7/06/06
10	7/06/06

- NOTAS:**
- 1 - MEDIDAS EM MILÍMETROS. ELEVAÇÕES EM METROS
 - 2 - AS INFORMAÇÕES DESTA DESENHO SÃO ORIENTATIVAS. AS DIMENSÕES E O ENCAMINHAMENTO FINAIS SERÃO DEFINIDOS NA MONTAGEM.
 - 3 - VAD = VALVULA DIAFRAGMA REX = REDUÇÃO EXCÊNTRICA
 - 4 - PARA LISTA DE MATERIAIS DE TUBULAÇÃO VER DOC. BF 0101-060-TLM-001 FL.04

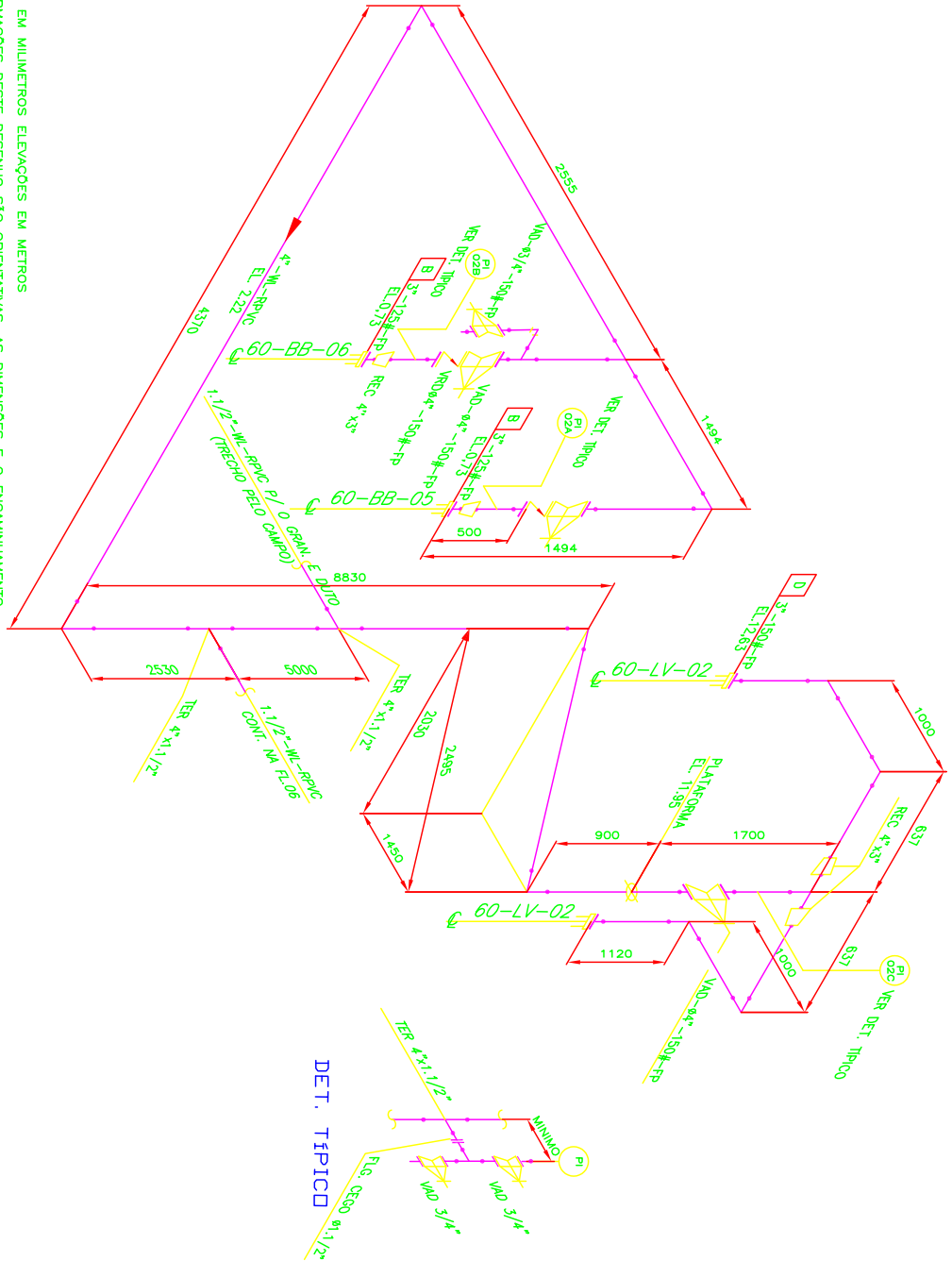
ÁGUA DE LAVAGEM (WL)	
TRECHO 60-TQ-02 / 60-BB-05/06	
REV	EXERCÍCIO
1	BF 0101 - 060 - TIS - 001
FOLHA	
03	



ALTIMETRIA	
FORMATO A3	
ESCALA 1/2"	
DATA 07/06/06	
PROJETO 0101-060-TIS-001	
REV. 05	

NOTAS:

- 1 - MEDIDAS EM MILIMETROS ELEVACOES EM METROS
- 2 - AS INFORMACOES DESTA DESENHO SAO ORIENTATIVAS. AS DIMENSÕES E O ENCAMINHAMENTO FINAIS SERÃO DEFINIDOS NA MONTAGEM.
- 3 - VAD = VALVULA DIAPHRAGMA REC = REDUÇÃO CONCENTRICA
- 4 - PARA LISTA DE MATERIAS DE TUBULAO VER DOC. BF 0101-060-TLM-001 FL.06



DET. TÍPICO

AGUA DE LAVAGEM (WL)	
TRECHO 60-BB-05/06-60-LV-02	
NÚMERO DO DOCUMENTO	
1	BF 0101 - 060 - TIS - 001
REV	PROJETA
1	05

ANEXO B – LISTA DE COMPONENTES DO SISTEMA

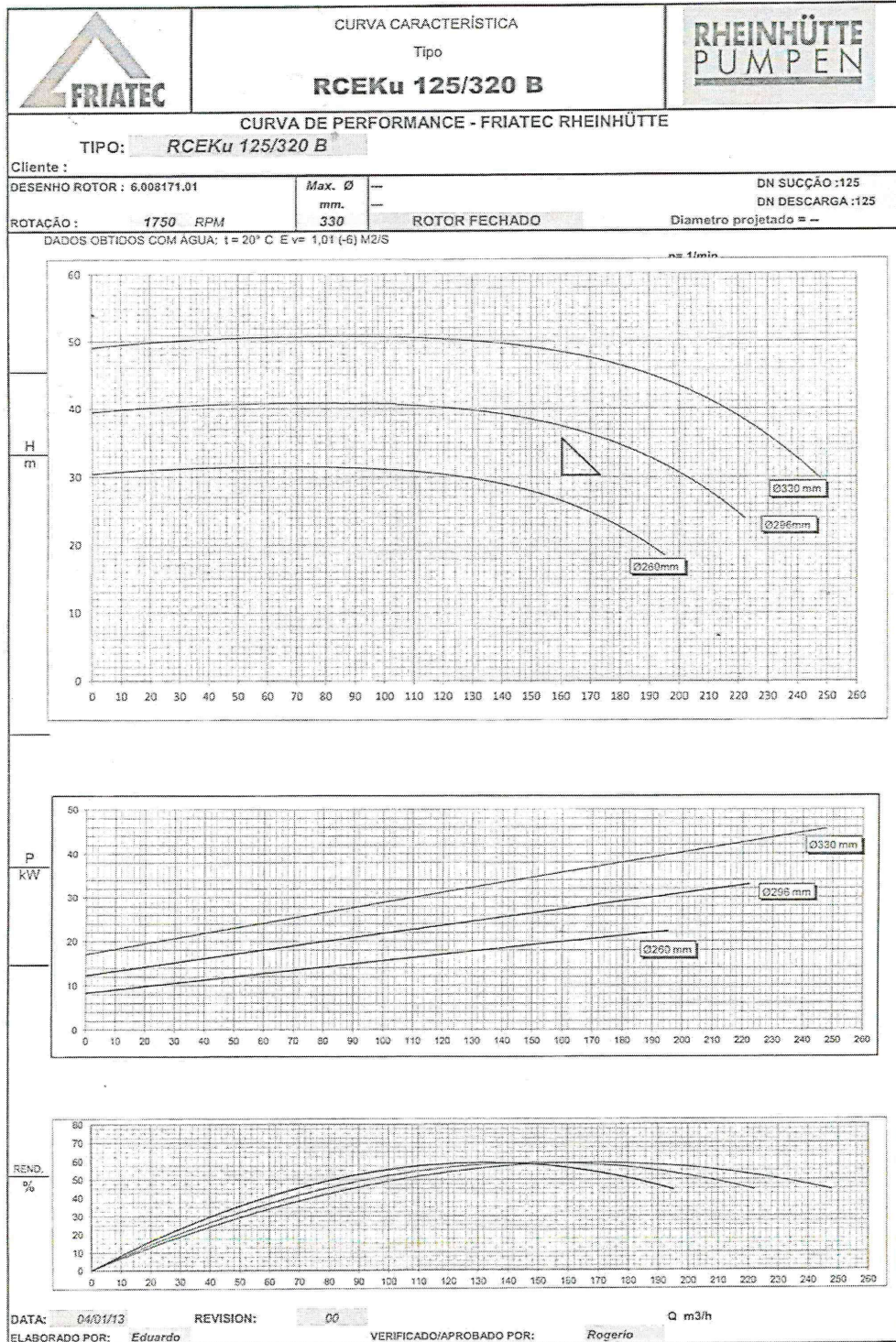
Trecho 60TQ03 - 60BB07/08					
Item	Descrição	Diâmetro	Classe	Quantidade	Unidade
1	Tubo RPVC	10"	20	6	m
2	Tubo RPVC	1.1/2"	20	0,5	m
3	Curva 90° RPVC flangeada -150#-FP	10"	20	3	pç
4	Flange pesc. RPVC	10"	150#	21	pç
5	Flange pesc. RPVC	1.1/2"	150#	2	pç
6	Te RPVC flangeado	10"	20	1	pç
7	Peça especial RPVC	10" x 5"	20	2	pç
8	Válvula de diafragma - passagem reta	10"	150#	3	pç
9	Válvula de diafragma - passagem reta	1.1/2"	150#	1	pç
10	Junta de neoprene - Espessura 3 mm	10"	150#	16	pç
11	Junta de neoprene - Espessura 3 mm	5"	150#	2	pç
12	Junta de neoprene - Espessura 3 mm	1.1/2"	150#	2	pç
13	Parafuso WØ7/8" x 4.1/2" com porca e arruelas			16	pç
14	Parafuso WØ1/2" x 2.1/2" com porca e arruelas			8	pç
15	Parafuso WØ3/4" x 3.3/4" com porca e arruelas			16	pç
16	Flange pesc. RPVC	5"	150#	2	pç

Trecho 60BB07/08 - 60LV03					
Item	Descrição	Diâmetro	Classe	Quantidade	Unidade
1	Tubo RPVC	6"	20	20,6	m
2	Tubo RPVC	4"	20	10	m
3	Tubo RPVC	2.1/2"	20	4	m
4	Tubo RPVC	3/4"	20	2	m
5	Curva 90° RPVC	6"	20	4	pç
6	Curva 90° RPVC	4"	20	3	pç
7	Curva 90° RPVC	2.1/2"	20	8	pç
8	Curva 90° RPVC	3/4"	20	1	pç
9	Flange RPVC	6"	150#	4	pç
10	Flange RPVC	4"	150#	6	pç
11	Flange RPVC	2.1/2"	150#	4	pç
12	Flange RPVC	1.1/2"	150#	5	pç
13	Flange cego RPVC	1.1/2"	150#	5	pç
14	Flange RPVC	3/4"	150#	18	pç
15	Te RPVC	6"	20	1	pç
16	Te RPVC	4"	20	2	pç
17	Te com redução	6" x 4"	20	1	pç
18	Te com redução	6" x 2"	20	1	pç
19	Te com redução	6" x 1.1/2"	20	3	pç
20	Te com redução	4" x 1.1/2"	20	2	pç
21	Válvula de diafragma - passagem reta	6"	150#	2	pç
22	Válvula de diafragma - passagem reta	4"	150#	2	pç
23	Válvula de diafragma - passagem reta	3/4"	150#	9	pç
24	Válvula retenção de diafragma	6"	150#	2	pç
25	Junta de neoprene - Espessura 3mm	6"	150#	6	pç
26	Junta de neoprene - Espessura 3mm	4"	150#	6	pç
27	Junta de neoprene - Espessura 3mm	2.1/2"	150#	4	pç
28	Junta de neoprene - Espessura 3mm	1.1/2"	150#	5	pç
29	Junta de neoprene - Espessura 3mm	3/4"	150#	18	pç
30	Redução concêntrica	6" x 4"	20	3	pç
31	Redução concêntrica	4" x 2.1/2"	20	4	pç

Trecho 60TQ02 - 60BB05/06					
Item	Descrição	Diâmetro	Classe	Quantidade	Unidade
1	Tubo RPVC	8"	20	2	m
2	Tubo RPVC	1.1/2"	20	0,5	m
3	Curva 90° RPVC flangeada - 150# -FP	8"	20	2	pç
4	Te RPVC flangeado	8"	20	1	pç
5	Flange pesc. RPVC	8"	150#	21	
6	Flange pesc. RPVC	1.1/2"	150#	2	pç
7	Peça especial RPVC redução excêntrica	8" x 5"	20	4	pç
8	Peça especial RPVC redução excêntrica	8" x 4"	20	2	pç
9	Válvula de diafragma passagem reta	8"	150#	3	pç
10	Válvula de diafragma passagem reta	1.1/2"	150#	1	pç
11	Junta neoprene - Espessura 3 mm	8"	150#	14	pç
12	Junta neoprene - Espessura 3 mm	5"	150#	4	pç
13	Junta neoprene - Espessura 3 mm	4"	150#	2	pç
14	Junta neoprene - Espessura 3 mm	1.1/2"	150#	2	pç
15	Parafuso WØ3/4" x 4" com porca e arruelas			112	pç
16	Parafuso WØ5/8" x 3.3/4" com porca e arruelas			8	pç
17	Parafuso WØ1/2" x 3" com porca e arruelas			8	pç
18	Parafuso WØ3/4" x 3.3/4" com porca e arruelas			32	pç

Trecho 60BB05/06 - 60 LV02					
Item	Descrição	Diâmetro	Classe	Quantidade	Unidade
1	Tubo RPVC	4"	20	25	m
2	Tubo RPVC	3"	20	6	m
3	Tubo RPVC	3/4"	20	2	m
4	Curva 90° RPVC	4"	20	5	pç
5	Curva 90° RPVC	3"	20	4	pç
6	Curva 90° RPVC	3/4"	20	1	pç
7	Flange pesc. RPVC	4"	150#	6	pç
8	Flange pesc. RPVC	3"	150#	4	pç
9	Flange pesc. RPVC	1.1/2"	150#	4	pç
10	Flange cego RPVC	1.1/2"	150#	4	pç
11	Flange RPVC	3/4"	150#	14	pç
12	Te RPVC	4"	20	2	pç
13	Te com redução RPVC	4" x 1.1/2"	20	6	pç
14	Redução concêntrica	4" x 3"	20	4	pç
15	Válvula de diafragma - passagem reta	4"	150#	3	pç
16	Válvula de diafragma - passagem reta	3/4"	150#	7	pç
17	Válvula de retenção	4"	150#	2	pç
18	Junta de neoprene - Espessura 3 mm	4"	150#		pç
19	Junta de neoprene - Espessura 3 mm	3"	150#	4	pç
20	Junta de neoprene - Espessura 3 mm	3/4"	150#	14	pç
21	Junta de neoprene - Espessura 3 mm	1.1/2"	150#	4	pç
22	Parafuso WØ5/8" x 3.3/4" com porca e arruelas			80	pç
23	Parafuso WØ1/2" x 3" com porca e arruelas			15	pç
24	Parafuso WØ1/2" x 2.1/2" com porca e arruelas			56	pç

ANEXO C – CURVA DE PERFORMANCE DA BOMBA INSTALADA



ANEXO D – DESENHO TÉCNICO DO FILTRO DE CESTOS

