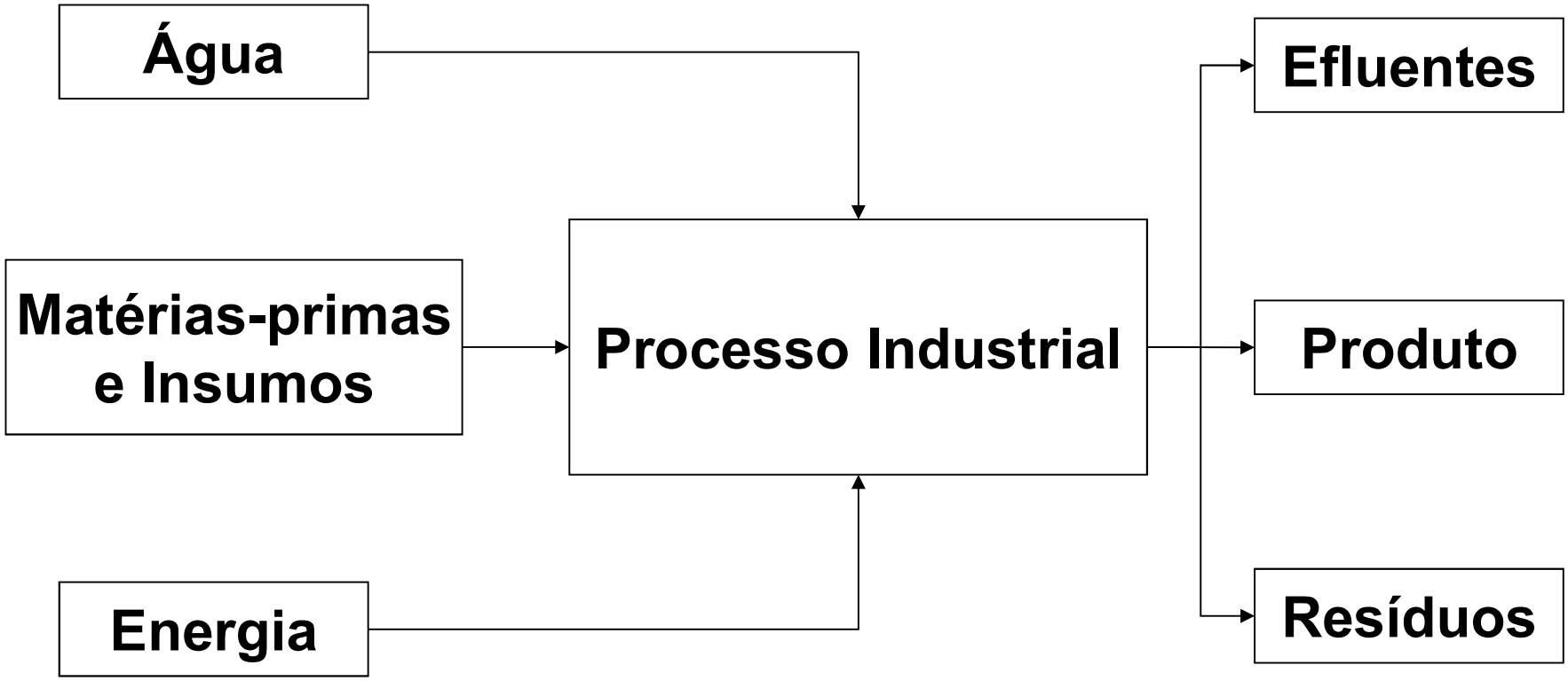
PHA 3525 – Uso Racional e Reúso de Água

Aulas 4 a 6 – Otimização do uso da água.

Introdução

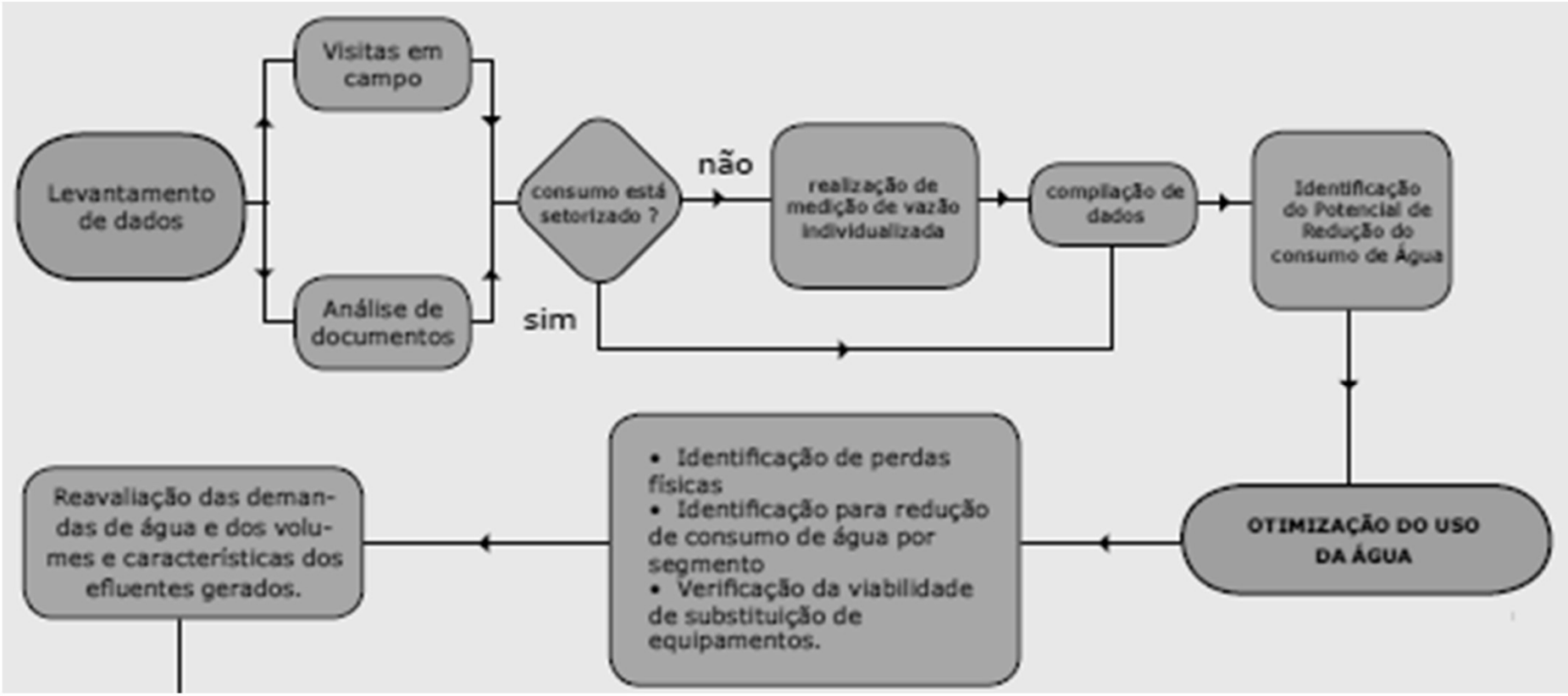
- Aumento do consumo implica na necessidade de modificação dos processos produtivos;
- Deve-se priorizar a eficiência do uso dos recursos naturais;
- A água também é um insumo de grande importância;
- Para que seja possível desenvolver estratégias que busquem otimizar o uso da água é necessário conhecer os processos na qual a mesma é utilizada.

Representação Simplificada de um Sistema Produtivo



Como atuar no sistema?

- É importante obter dados relacionados sobre:
  - Atividades desenvolvidas;
  - Tecnologias de produção empregadas;
  - Características operacionais dos sistemas produtivos;
  - Principais atividades na qual a água e utilizada;



Fluxograma de atividades para otimização do uso da água (Fonte: Manual FIRJAN)

Avaliação de Processos Industriais

- Informações obtidas em literatura especializada;
- Análise de documentos disponíveis na própria indústria que será avaliada;
- Realização de visitas de campo para consolidação dos dados.

Dados disponíveis em literatura

- Vários profissionais e pesquisadores se dedicam à disseminação de informações sobre processos industriais;
- Neste tipo de material são obtidas informações gerais sobre os processos industriais;
- Em muitos casos, estas informações não retratam a realidade atual.

Análise de documentos disponíveis na indústria

- As informações que podem ser obtidas nestes documentos, quando disponíveis, são mais precisas;
- Os principais documentos que podem ser utilizados são:
  - Descrições dos sistemas produtivos;
  - Fluxogramas ou diagramas de processos;
  - Catálogos de equipamentos;
  - Rotinas operacionais.

Análise de documentos disponíveis na indústria

- Embora a qualidade dos documentos seja importante, a experiência profissional;
  - Informações apresentadas não são detalhadas;
  - Operações secundarias geralmente não são contempladas;
  - Atividades relacionadas às operações de partida, parada e manutenção não são detalhadas.
- É possível identificar oportunidades para a otimização do uso da água e redução da geração de efluentes.

Visitas de campo

- Têm por objetivo confrontar as informações obtidas preliminarmente;
- Também visa a obtenção de informações adicionais:
  - Alterações de procedimento operacional;
  - Existência de sistemas adicionais;
- Estas visitas devem ser acompanhadas pelos responsáveis por cada área.

Visitas de campo

- Informações relevantes para atividades de otimização do uso da água:
  - Operações de limpeza e lavagem;
  - Procedimentos de manutenção;
  - Condições dos equipamentos, tubulações e componentes associados aos processos;
  - Captação, tratamento, armazenamento e distribuição de água;
  - Coleta, transferência e tratamento dos efluentes gerados;
  - Procedimentos adotados para o descarte dos efluentes tratados.

Compilação das informações obtidas

- Terminada a etapa de avaliação as informações obtidas devem ser compiladas;
- O uso de relatórios técnicos, planilhas e diagramas é bastante útil;
- Agrupar as informações relacionadas ao consumo de água por categoria de uso e por setor.

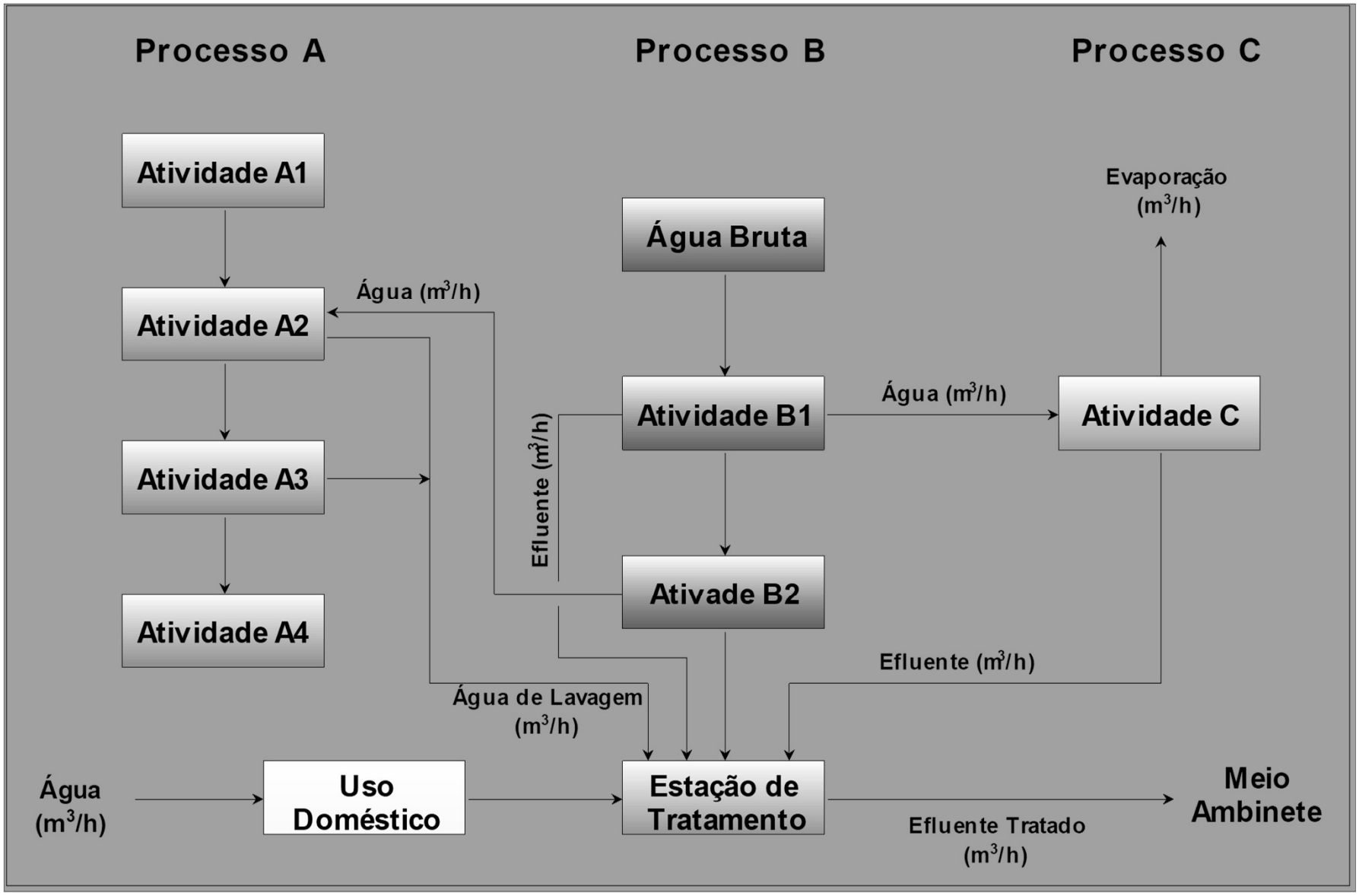
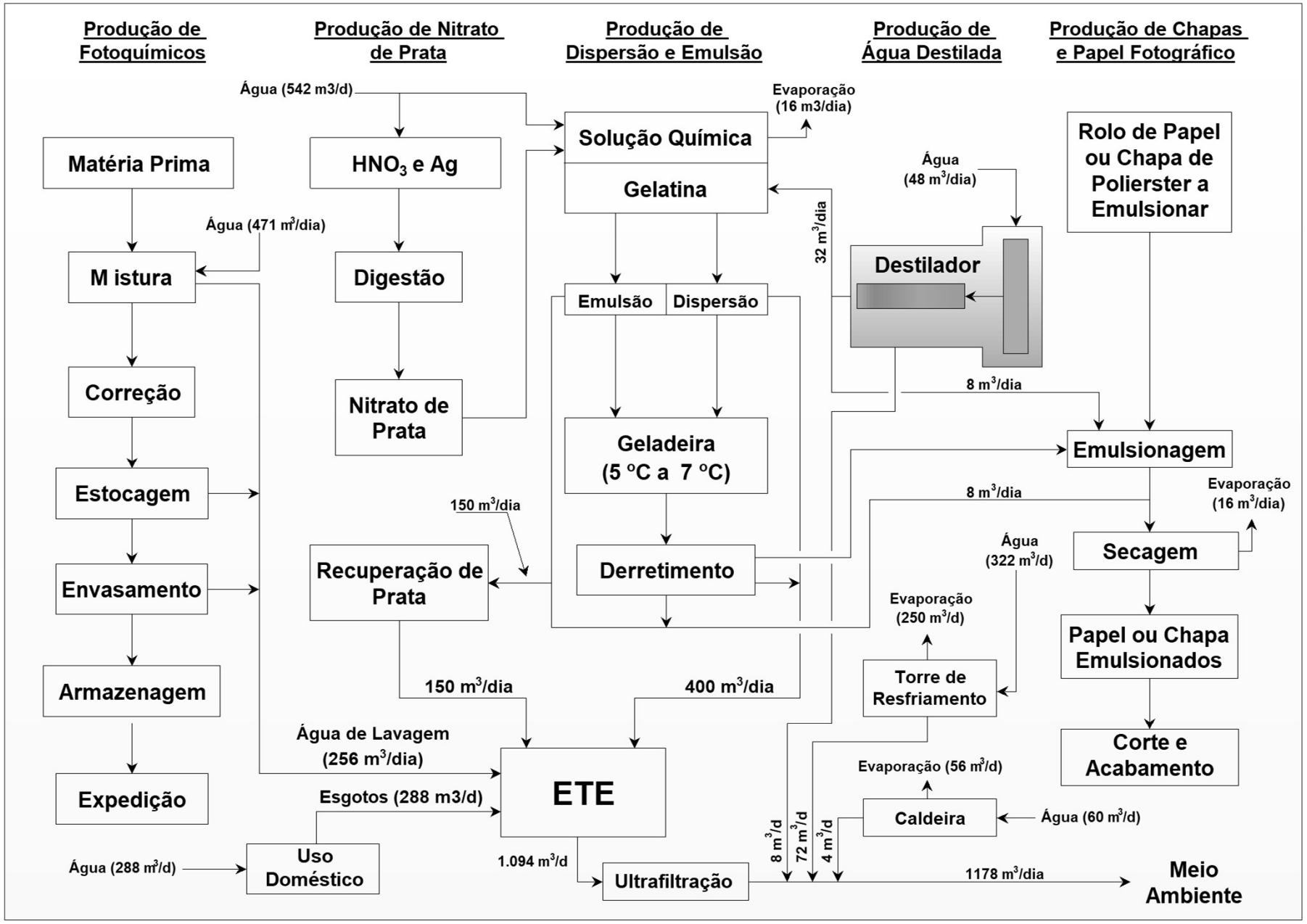


Diagrama de blocos para indicação dos fluxos de água e efluentes em uma unidade industrial.

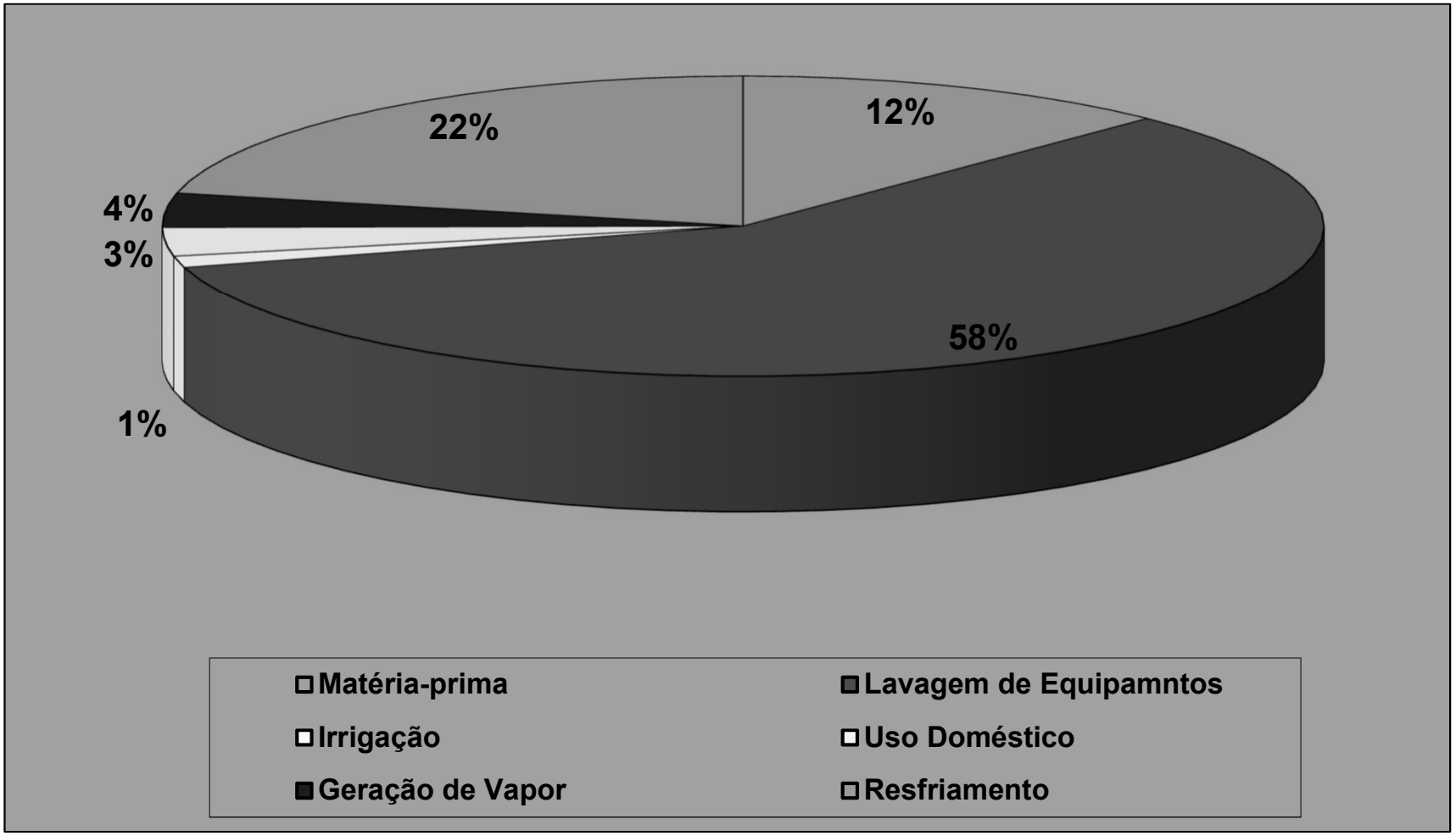

Produção de Fotoquímicos
Produção de Nitrato de Prata
Produção de Dispersão e Emulsão
Produção de Água Destilada
Produção de Chapas e Papel Fotográfico
Água (542 m3/d)
Evaporação (16 m3/dia)
Solução Química
Gelatina
Rolo de Papel ou Chapa de Polierster a Emulsionar
Matéria Prima
HNO3 e Ag
Água (48 m3/dia)
Água (471 m3/dia)
32 m3/dia
Destilador
M istura
Digestão
Emulsão
Dispersão
Correção
Nitrato de Prata
8 m3/dia
Geladeira (5 °C a 7 °C)
Emulsionagem
Estocagem
150 m3/dia
8 m3/dia
Evaporação (16 m3/dia)
Água (322 m3/d)
Secagem
Envasamento
Recuperação de Prata
Derretimento
Evaporação (250 m3/d)
Papel ou Chapa Emulsionados
Armazenagem
150 m3/dia
400 m3/dia
Torre de Resfriamento
Água de Lavagem (256 m3/dia)
Corte e Acabamento
Expedição
ETE
Evaporação (56 m3/d)
Esgotos (288 m3/d)
Caldeira
Água (60 m3/d)
8 m3/d
72 m3/d
4 m3/d
Água (288 m3/d)
Uso Doméstico
1.094 m3/d
Ultrafiltração
1178 m3/dia
Meio Ambiente

Exemplo da distribuição do consumo de água por categoria de uso

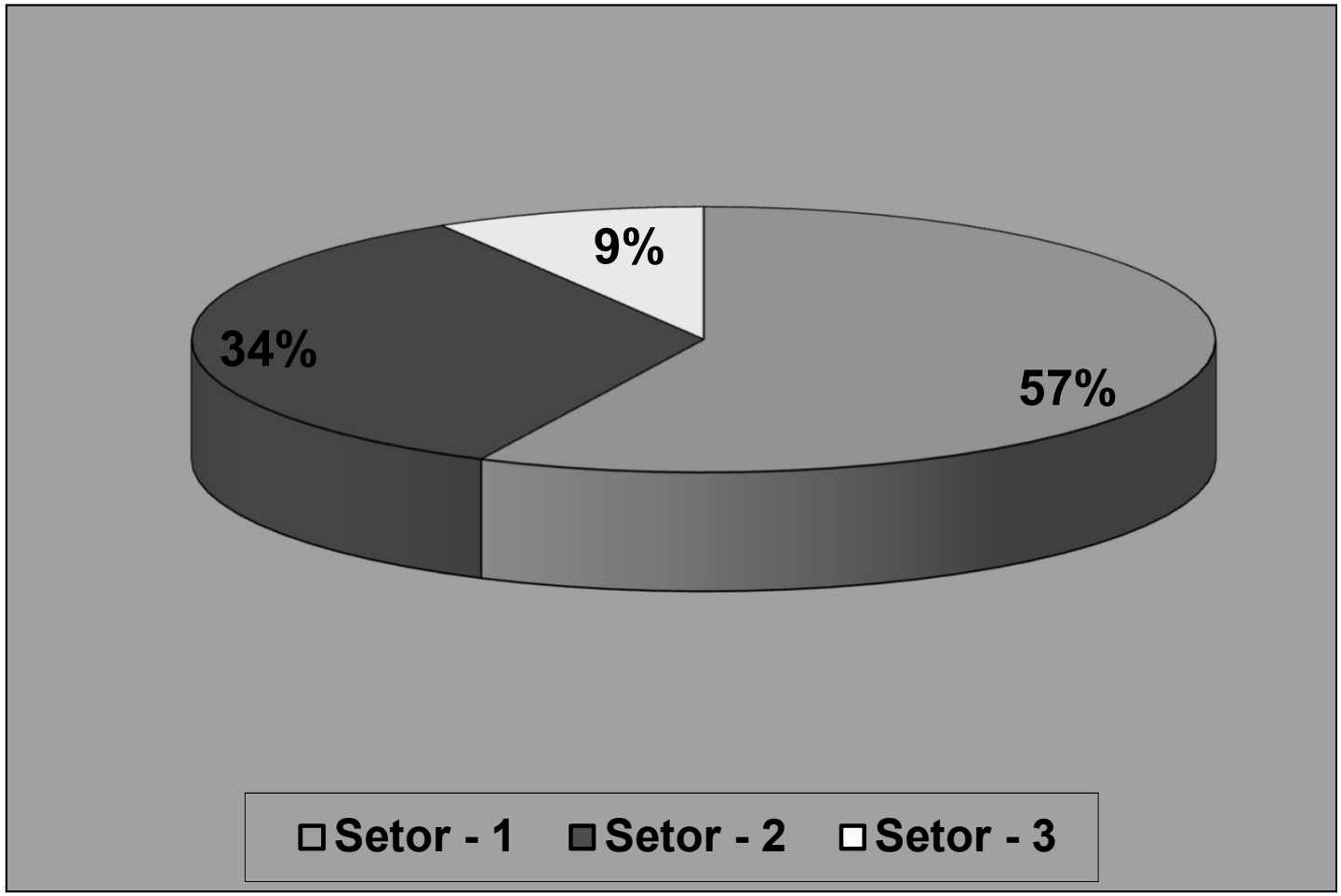
Categoria de Uso	**Demanda (volume/tempo)**
Matéria-prima	Demanda 1
Uso doméstico	Demanda 2
Lavagem de equipamentos	Demanda 3
Irrigação de áreas verdes	Demanda 4
Geração de vapor	Demanda 5
Sistemas de resfriamento	Demanda 6
Produção de água desmineralizada	Demanda 7
Total	**Demanda**

Exemplo da distribuição do consumo de água nas categorias de uso por setor

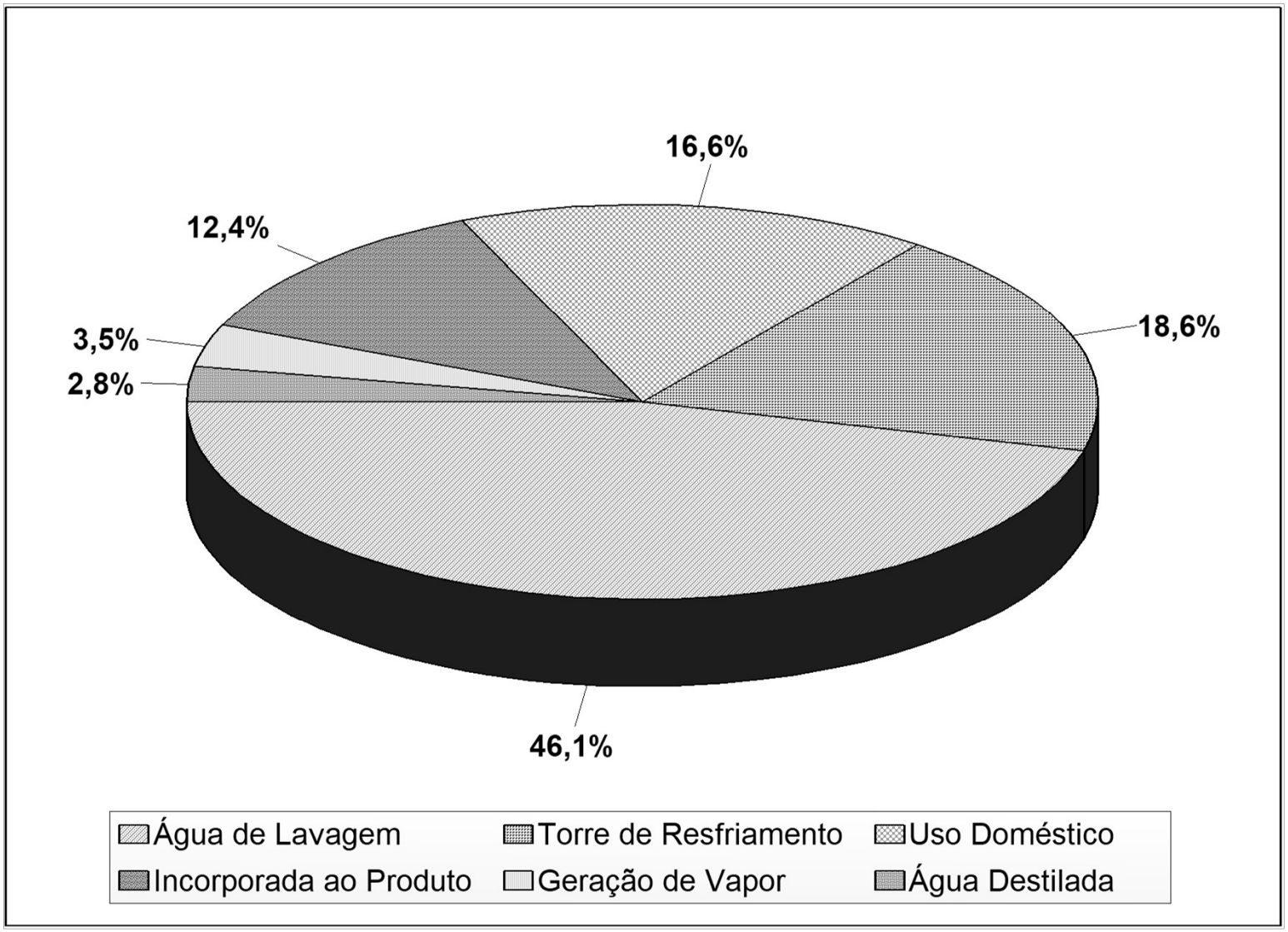
Categoria de Uso	Setor	Demanda (volume/tempo)
Lavagem de equipamentos	Setor 1	Demanda CLS-1
	Setor 2	Demanda CLS-2
	Setor 3	Demanda CLS-3
Resfriamento	Setor 2	Demanda CRS-2
	Setor 3	Demanda CRS-3
Geração de vapor	Setor 1	Demanda CGS-1



Exemplo de um gráfico de distribuição de consumo de água por categoria de uso.



Exemplo de um gráfico de distribuição de consumo de água de resfriamento por setor industrial



Distribuição do Consumo de Água por Categoria de Uso

Identificação de opções para otimização do uso da água

- As áreas ou atividades com maior potencial para redução de consumo são as que apresentam maior demanda;
- O estudo relacionado ao levantamento de dados sobre uso da água e geração de efluentes é conhecido como balanço hídrico;
- Os dados apresentados no balanço hídrico são fundamentais no processo de identificação de opções;

Identificação de opções para otimização do uso da água

- Este processo deve ser realizado de uma forma sistematizada;
- Pode-se lançar mão de ferramentas desenvolvidas para a melhoria do desempenho ambiental;
- Uma abordagem baseada nos programas de prevenção à poluição pode ser bastante eficiente.

Principais Ferramentas

- Eliminar desperdícios;
- Mudança de procedimentos operacionais;
- Treinamento de operadores;
- Substituir dispositivos e equipamentos;
- Alterar o método de produção;

Priorização de opções

- Apresentem um elevado potencial para redução do consumo de água;
- Sejam facilmente implantadas, sem a necessidade de grandes alterações nos sistemas;
- Tenham baixo custo.

Medidas para o combate ao desperdício

- Manutenção periódica dos sistemas de armazenagem e distribuição;
- Conscientização e treinamento de pessoal;
- Utilização de dispositivos que reduzam o gasto de água:
  - Arejadores;
  - Restritores de vazão

Mudança de procedimentos operacionais

- Os procedimentos operacionais sempre devem ser avaliados;
- Após um longo período de avaliação e alterações passam a ser considerados como o estado da arte;

Mudança de procedimentos operacionais

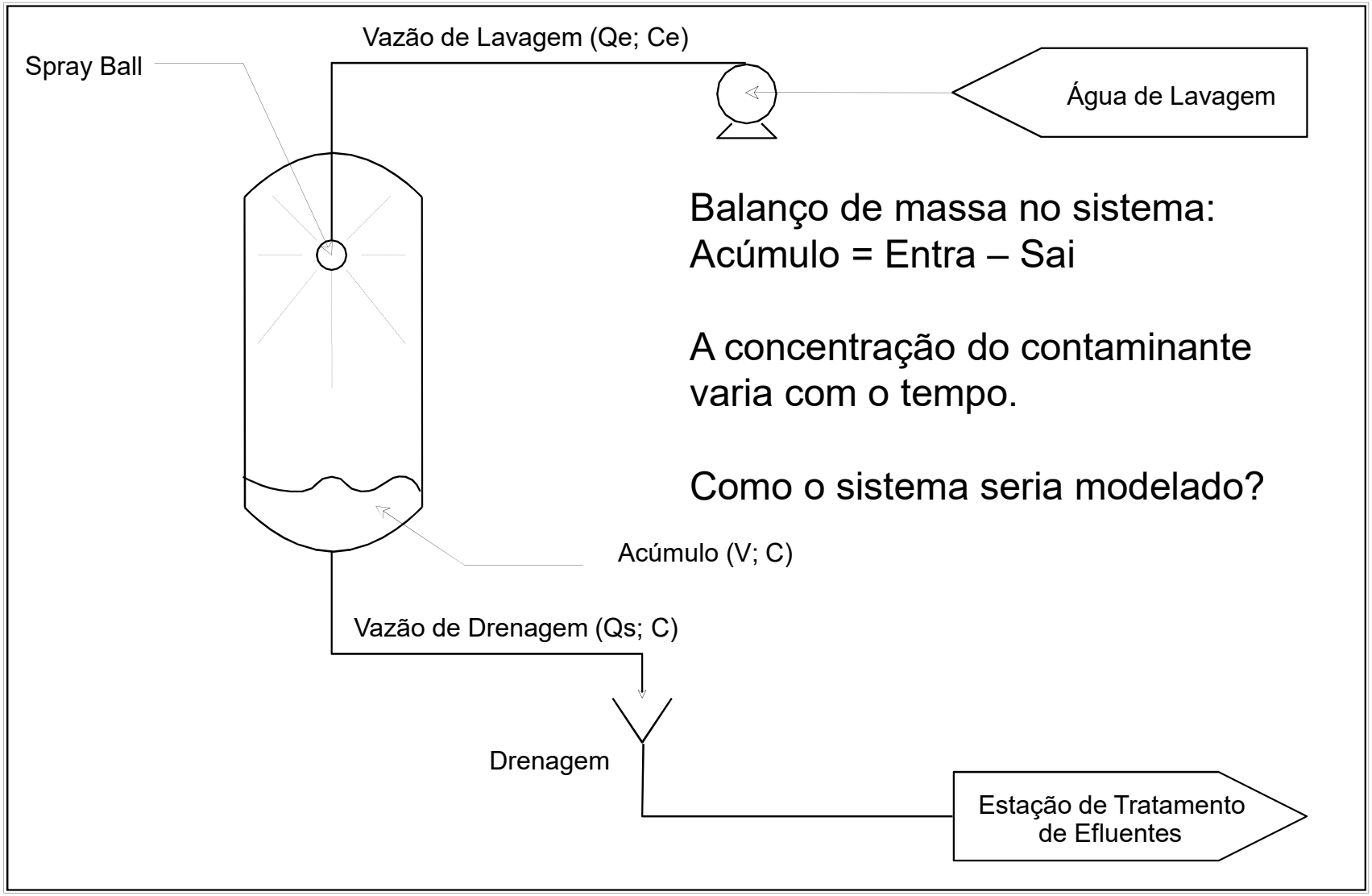
- Ao longo dos anos estes procedimentos podem se tornar obsoletos:
  - Não há um acompanhamento da evolução tecnológica;
  - Comodidade;
  - Os resultados obtidos ainda satisfazem as exigências de processo.
- Resistências para aceitar mudanças.

Mudança de procedimentos operacionais

- Razões para avaliar os procedimentos operacionais:
  - Avanços tecnológicos;
  - Inovações relacionadas aos métodos produtivos;
  - Escassez de recursos naturais;
  - Melhoria da competitividade.

Mudança de procedimentos operacionais

- Implantação de sistemas automatizados para o controle de operações auxiliares;
- Adoção de sistemas planejados de produção;
- Aproveitamento da capacidade máxima dos sistemas e processos;
- Requer uma avaliação para demonstrar a sua viabilidade.



Sistema de lavagem utilizando controle manual

Substituição de dispositivos e equipamentos

- Muitas indústrias são antigas;
- Utilização de dispositivos e equipamentos que apresentam elevado consumo de água;
- Necessidade de elaboração de um levantamento e planejamento para a substituição dos mesmos;

Considerações finais

- O primeiro passo para a implantação de iniciativas para reduzir o consumo de água é o conhecimento de todo o processo;
- Isto exige o desenvolvimento de um estudo específico que contemple:
  - Avaliação do processo ou processos desenvolvidos;
  - Identificação dos pontos de consumo de água e geração de efluentes;
  - Quantificação das demandas de água e da geração de efluentes;

Considerações finais

- Identificação dos requisitos de qualidade da água para cada aplicação;
- Caracterização dos efluentes;
- Identificação das opções para a redução do consumo de água;
- Avaliação das opções identificadas;
- Implantação das alternativas mais adequadas.

⊙ Não existe um modelo genérico que pode ser aplicado para qualquer situação.

Atividade (Slides 33 a 40)

- Indústria do setor de autopeças, produção de componentes mecânicos;
- Principais operações:
  - Corte e usinagem de peças;
  - Operações de tratamento térmico;
  - Operações de acabamento:
    - Polimento;
    - Tratamento de superfície por eletrodeposição.

Detalhamento das atividades

- Corte e usinagem:
  - Seccionamento da matéria-prima em máquinas automáticas;
  - Conformação das peças;
  - Operação de remoção de excessos por desbaste em tambores rotativos;
  - Lavagem das peças e controle de qualidade.

Detalhamento das atividades

- Tratamento térmico:
  - Aquecimento das peças em forno elétrico,
  - Resfriamento das peças aquecidas em óleo para têmpera;
- Polimento:
  - Polimento das peças temperadas em tambores rotativos;
  - Lavagem das peças;
  - Secagem e envio para a expedição.

Detalhamento das atividades

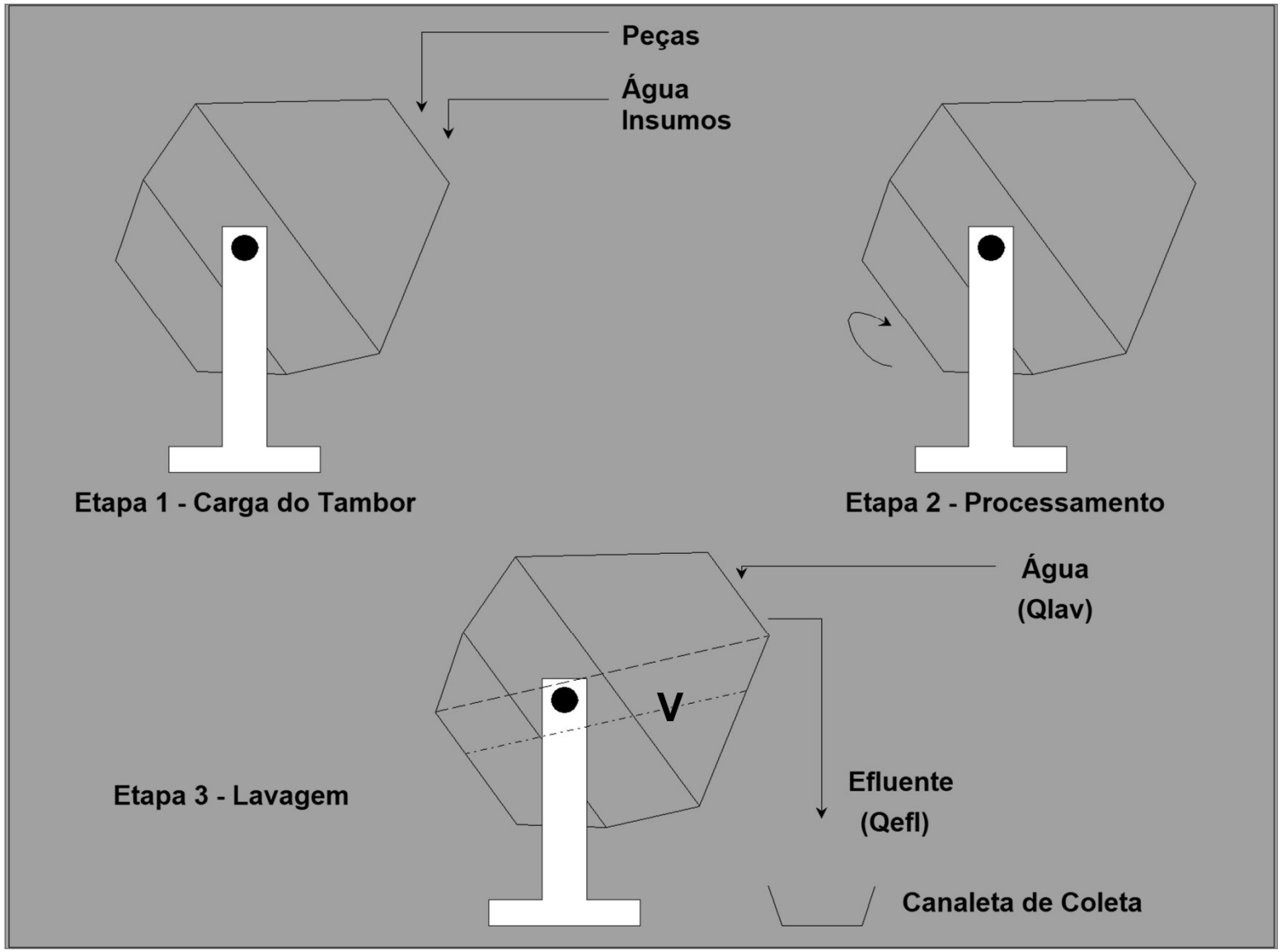
- Tratamento de superfície por eletrodeposição:
  - Peças especiais são submetidas a esta operação:
    - Desengraxe;
    - Lavagem;
    - Decapagem;
    - Lavagem;
    - Eletrodeposição;
    - Lavagem;
    - Secagem e imersão em óleo protetivo.

Dados sobre a demanda de água

Atividade	**Demanda (m^3/dia)**
Torres de resfriamento	364,4
Tratamento de Superfície	26,5
Desbaste (lavagem)	185,5
Polimento (lavagem)	151,9
Máquinas de lavar	45,0
Limpeza	128,9
Sanitários	250,0
Potável	112,7
Refeitório	146,1
Total	**1.411,0**

Dados sobre geração de efluentes

Atividade	**Geração (m^3/dia)**
Torres de resfriamento	45,8
Tratamento de Superfície	26,5
Desbaste	182,1
Polimento	146,5
Máquinas de lavar	40,0
Limpeza	125,0
Esgotos	421,0
Total	**986,9**



Representação do Processamento de Peças no Desbaste e Lavagem

- Demonstrar, matematicamente, que o consumo de água na lavagem do sistema é função do volume de água acumulado no equipamento;
- Propor medidas para a redução do consumo de água no processo, considerando-se apenas medidas para otimização do uso da água.

Estudo de caso de uma Indústria de Aditivos Alimentícios, Farmacêuticos e Domissanitários.

Atividades Principais

- Preparação de aditivos alimentícios;
- Processo de produção:
  - Intermitente;
  - Mistura de matérias primas;
  - Secagem térmica;
  - Embalagem.
- Atividades secundárias:
  - Operações de limpeza química;
  - Geração de vapor;
  - Tratamento de efluentes gasosos.

Atividades com maior demanda de Água

- Lavagem de equipamentos:
  - Equipamentos fixos → Tanques de preparo e armazenagem, secadores térmicos, separadores tipo ciclone e linhas.
  - Equipamentos móveis → tanques e canecas.
- Sistema de lavagem de gases;
- Uso em vestiários e banheiros;
- Uso para irrigação.

Estimativas das vazões de água consumida nos setores considerados

Setores consumidores	Demanda de água (m^3/dia)
PROCESSOS	
Secagem de emulsões - lavagem dos tanques sprays	76,00
Lavagem dos tanques móveis	11,68
Lavadores de gases	1,50
Laboratório - lavadoras de roupas	0,20
USOS GERAIS	
Irrigação	1,92
Vasos sanitários	7,83
Lavagem de pisos	0,21
TOTAL	**99,34**

Dados sobre Consumo de Água, Geração de Efluentes e Custos

Mês	Consumo Total (m^3)	Custo com Água (R$)	Custo com Esgoto (R$)	Custo Total (R$)	Custo do m^3 (água+efluente) R$/$m^3$
Jan	3.029,12	13.494,67	17.711,84	31.206,51	10,30
Fev	3.638,70	13.860,51	18.535,00	32.395,51	8,90
Mar	2.510,58	10.612,75	15.309,90	25.922,65	10,33
Abr	4.159,23	18.093,97	23.031,36	41.125,33	9,89
Mai	2.909,96	15.245,31	20.872,77	36.118,08	12,41
Jun	4.329,75	20.257,07	26.853,70	47.110,77	10,88
Jul	3.727,42	14.827,69	21.606,52	36.434,21	9,77
Ago	3.886,67	15.062,73	20.540,02	35.602,75	9,16
Set	4.064,27	16.474,48	24.938,66	41.413,14	10,19
Out	4.934,53	23.503,00	34.997,90	58.500,90	11,86
Nov	4.430,40	20.733,01	31.069,12	51.802,13	11,69
Dez	3.880,14	16.966,75	26.642,50	43.609,25	11,24
Total	45.500,77	199.131,94	282.109,29	481.241,23	10,58
Média/Mês	3.791,73	16.594,33	23.509,11	40.103,44	10,58

Vazões associadas às otimizações propostas

Local	Equipamento a ser substituído ou implantado	Reduções (%)	Volume diário (m^3)
Sanitários	Vasos sanitários com cx acoplada	50	3,92
Áreas irrigáveis	Aspersores ou esguichos	60	1,15
Sistema de secagem de emulsões	*Redução do tempo de enxágüe*	31	21,68
Reservatório de Emulsão	*Spray ball*	70	7,00
Tanques de mistura de matérias primas	*Spray ball*	70	7,00
Tanques móveis (fragrâncias)	Conjunto esguicho bomba	30	6,60
Tanques móveis (aromas)	Conjunto esguicho bomba		1,58
Redução em relação à demanda total		**39**	**48,93**

Custos das opções de otimização do uso da água

Local	Equipamento a ser substituído ou implantado	Custo unitário (R$)	Quant	Custo Total
Sanitários	Vasos sanitários com caixa acoplada	300	51	15.300,00
Áreas Irrigáveis	Aspersores ou esguichos	25	5	125,00
Reservatório de Emulsão	*Spray ball*	900	2	1.800,00
Tanques de mistura de matérias primas	*Spray ball*	900	2	1.800,00
CIP da Secagem de Emulsões				
Tanques móveis (fragrâncias)	Conjunto esguicho bomba	3250	1	3.250,00
Tanques móveis (aromas)	Conjunto esguicho bomba	3250	1	3.250,00
TOTAL				**24.625,00**

Período de retorno do investimento em conservação

- Custo médio do m^3 de água ➔ R$ 4,38;
- Custo médio do m^3 de efluente ➔ R$ 6,20;
- Redução na demanda de água ➔ 48,93 m^3/dia;
- Redução no volume de esgoto ➔ 47,78 m^3/dia,
- Redução de gastos com água e esgotos ➔ R$ 510,55/dia
- Tempo para recuperar o investimento ➔ 48 dias;
- Não foi considerada a redução no consumo de energia.

Conservação do uso de água em edificações

Características do empreendimento

- Prédio de apartamento com 145 unidades habitacionais;
- Área dos apartamentos:
  - 60 m^2 → 96 unidades;
  - 50 m^2 → 48 unidades;
  - Apartamento para o zelador.
- Número de habitantes → 582.

Perspectiva do consumo de água sem a utilização de dispositivos economizadores

Atividade	Consumo (L/dia)	Consumo Específico (L/d.usuário)
Lavatórios	10.999,80	18,9
Chuveiros	34.920,00	60,0
Torneiras de cozinha	38.325,00	66,1
Vasos sanitários	9.036,00	15,5
Outros usos	15.148,00	26,1
Total	**108.428,8**	**186,3**

Perspectiva do consumo de água com a utilização de dispositivos economizadores

Atividade	Consumo (L/dia)	Consumo Específico (L/d.usuário)
Lavatórios	***7.333,8***	***12,6***
Chuveiros	***34.920,00***	***60,2***
Torneiras de cozinha	22.013,00	37,95
Vasos sanitários	9.036,00	15,5
Outros usos (potáveis)	3.776,00	6,5
Outros usos (não potáveis)	***11.328,00***	***19,5***
Total	**88.406,80[a]**	**151,9**

Uma avaliação mais detalhada resultou no potencial de redução de 20.022 L/dia;

Considerando-se o tarifa da companhia de abastecimento, isto resulta em uma economia de aproximadamente R$ 5.346,00/mês (água e esgoto)