



# **PHD 3525 – USO RACIONAL E REÚSO DE ÁGUA**

AULAS 12 A 13 – REÚSO DE ÁGUA

Prof. Mierzwa



# INTRODUÇÃO

- A PRÁTICA DE REÚSO É MIAS UMA OPÇÃO PARA A REDUÇÃO DA PRESSÃO SOBRE OS RECURSOS HÍDRICOS;
- CONTUDO, ELA APRESENTA LIMITAÇÕES;
- É NECESSÁRIO UM PLANEJAMENTO ADEQUADO PARA A IMPLANTAÇÃO DO REÚSO;
- NEGLIGENCIAR OS FATORES QUE LIMITAM O REÚSO PODE CONDUZIR A DIVERSOS PROBLEMAS.

## CONCEITOS SOBRE REÚSO

- O CONCEITO DE REÚSO DA ÁGUA NÃO É NOVO;
- VÁRIOS TRABALHOS ABORDAM ESTA QUESTÃO E APRESENTAM AS OPÇÕES RELACIONADAS A ESTA PRÁTICA;
- PESQUISADORES QUE A MUITO SE DEDICAM À PESQUISA SOBRE REÚSO:
  - TAKASHI ASANO, IVANILDO HESPANHOL; PEDRO MANCUSO; MENAHEM REBHUN, ENTRE OUTROS.

# FATORES QUE MOTIVAM A RECUPERAÇÃO E REÚSO DA ÁGUA

- REDUÇÃO DA POLUIÇÃO DOS CURSOS D'ÁGUA;
- DISPONIBILIDADE DE EFLUENTES TRATADOS COM ELEVADO GRAU DE QUALIDADE;
- PROMOVER, À LONGO PRAZO, UMA FONTE CONFIÁVEL DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA;
- GERENCIAMENTO DA DEMANDA DE ÁGUA EM PERÍODOS DE SECA, NO PLANEJAMENTO GLOBAL DOS RECURSOS HÍDRICOS;
- ENCORAJAR A POPULAÇÃO PARA CONSERVAR A ÁGUA E ADOTAR PRÁTICAS DE REÚSO

# DEFINIÇÃO DO CONCEITO DE REÚSO DE ÁGUA

- CLASSIFICAÇÃO DO REÚSO:
  - QUANTO À FORMA:
    - REÚSO PLANEJADO;
    - REÚSO NÃO-PLANEJADO (INCONSCIENTE);
    - REÚSO DIRETO;
    - REÚSO INDIRETO.
  - QUANTO À APLICAÇÃO (USOS):
    - URBANOS;
    - INDUSTRIAIS;
    - AGRÍCOLA.

# DEFINIÇÃO DO CONCEITO DE REÚSO DE ÁGUA

- RECICLAGEM:
  - USO DOS EFLUENTES DE UMA INSTALAÇÃO, NOS PROCESSOS DESENVOLVIDOS NA PRÓPRIA INSTALAÇÃO.
- DEFINIÇÃO AMPLA PARA REÚSO:
  - USO DE EFLUENTES TRATADOS OU NÃO PARA FINS BENÉFICOS, TAIS COMO IRRIGAÇÃO, USO INDUSTRIAL E FINS URBANOS NÃO POTÁVEIS.

# REÚSO

- UTILIZAÇÃO DE EFLUENTES TRATADOS, OU NÃO, EM SUBSTITUIÇÃO À FONTE DE ÁGUA NORMALMENTE UTILIZADA;
- CONTRIBUI PARA A REDUÇÃO DO VOLUME DE ÁGUA CAPTADO E DE EFLUENTES LANÇADOS PARA O MEIO AMBIENTE;
- EMBORA O VOLUME DE EFLUENTE SEJA REDUZIDO, A CARGA DE CONTAMINANTES NÃO É ALTERADA, A MENOS QUE NO TRATAMENTO OCORRA A REDUÇÃO DA MESMA.

# FATORES FAVORÁVEIS AO REÚSO NAS INDÚSTRIAS

- HÁ UMA EXIGÊNCIA PARA O TRATAMENTO DOS EFLUENTES;
- EM ALGUNS CASOS A QUALIDADE DO EFLUENTE TRATADO APRESENTA CARACTERÍSTICAS EQUIVALENTES ÀQUELAS DA ÁGUA BRUTA UTILIZADA;
- PODEM SER GERADOS EFLUENTES COM CARACTERÍSTICAS ADEQUADAS PARA UTILIZAÇÃO DIRETA;
- POSSIBILITA A REDUÇÃO DOS CUSTOS ASSOCIADOS À CAPTAÇÃO DE ÁGUA E TRATAMENTO DO EFLUENTES.



# COMO VIABILIZAR O REÚSO

- AVALIAÇÃO DAS ATIVIDADES INDUSTRIAIS;
- VERIFICAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DISPONÍVEL, DOS REQUISITOS DE QUALIDADE PARA USO E DAS CARACTERÍSTICAS DOS EFLUENTES GERADOS;
- IDENTIFICAÇÃO DAS ATIVIDADES COM MAIOR POTENCIAL PARA A APLICAÇÃO DA PRÁTICA DE REÚSO;
- ELABORAÇÃO DE UM BALANÇO MATERIAL EM TODO O SISTEMA.

# IMPLANTAÇÃO DA PRÁTICA DE REÚSO

- QUE TIPO DE REÚSO SE PRETENDE IMPLANTAR:
  - REÚSO DIRETO DE EFLUENTES → USO DE EFLUENTES ORIGINADOS EM UM PROCESSO, DIRETAMENTE EM OUTRO (REÚSO EM CASCATA);
  - REÚSO DE EFLUENTES TRATADOS → UTILIZAÇÃO DE EFLUENTES QUE FORAM SUBMETIDOS A UM PROCESSO DE TRATAMENTO.
- NO CASO DO REÚSO DE EFLUENTES TRATADOS EXISTE AINDA A OPÇÃO DO REÚSO COM TRATAMENTO COMPLEMENTAR.

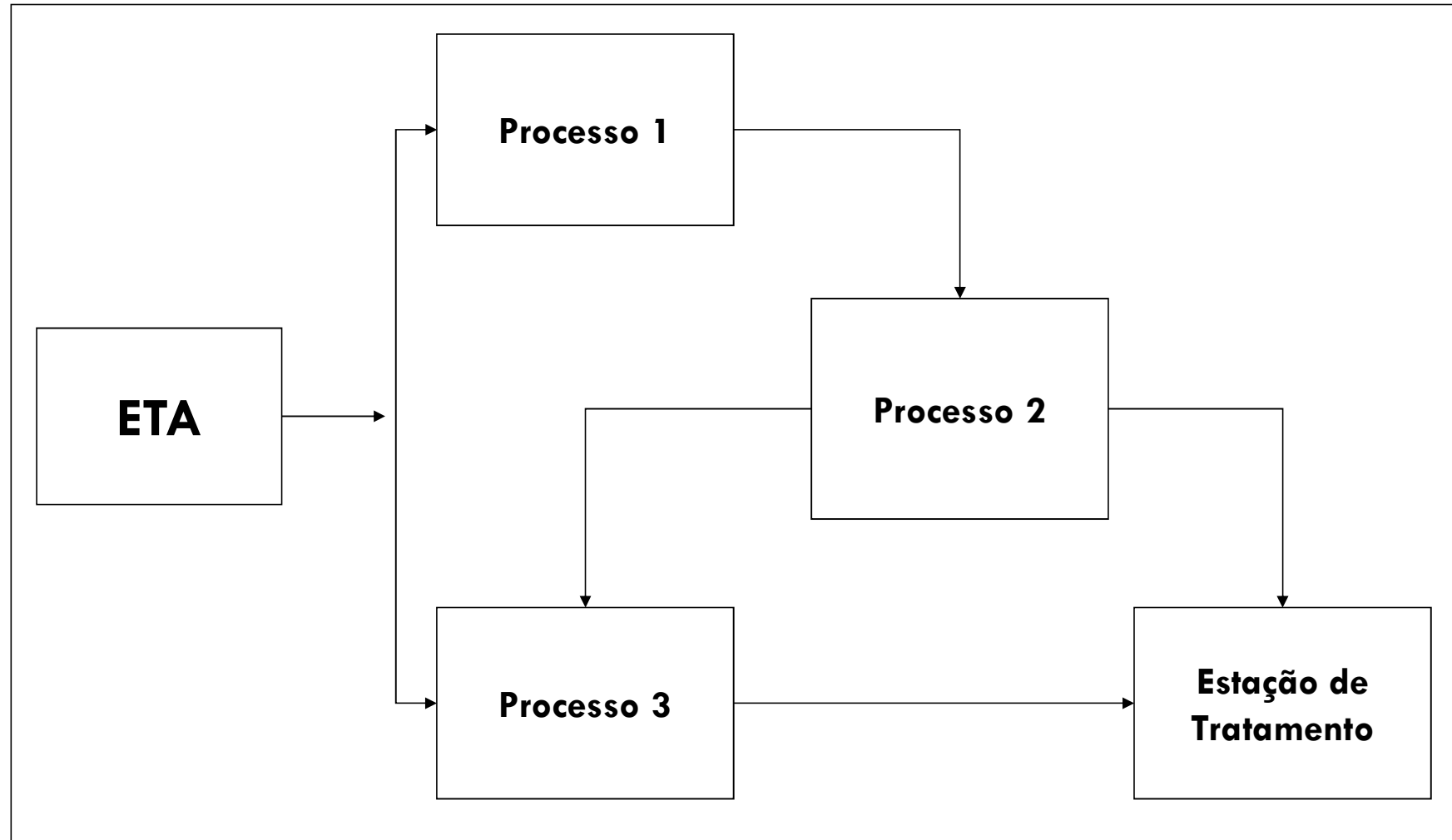
# IMPLANTAÇÃO DA PRÁTICA DE REÚSO

- DEPENDE DA COMPLEXIDADE DO PROCESSO OU ATIVIDADE NA QUAL SE PRETENDE FAZER O REÚSO;
- PODEM SER NECESSÁRIAS ALTERAÇÕES NOS PROCEDIMENTOS DE COLETA, ARMAZENAGEM E TRANSPORTE DE EFLUENTES;
- A ELEVAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE CERTOS CONTAMINANTES REDUZ O POTENCIAL DE REÚSO;

# IMPLANTAÇÃO DA PRÁTICA DE REÚSO

- A ADOÇÃO DA PRÁTICA DE REÚSO EM CASCATA DEVE SER PRIORIZADA;
- OS ESTUDOS SOBRE O POTENCIAL DE REÚSO DE EFLUENTES TRATADOS DEVE SER FEITA APÓS A AVALIAÇÃO E IMPLANTAÇÃO DAS MEDIDAS DE :
  - OTIMIZAÇÃO DO USO DA ÁGUA; E
  - REÚSO EM CASCATA.

# REÚSO EM CASCATA



## REÚSO EM CASCATA

- A CARACTERÍSTICA DO EFLUENTE GERADO EM UM PROCESSO QUALQUER É COMPATÍVEL COM O REQUISITO DE QUALIDADE A ÁGUA UTILIZADA EM OUTRO PROCESSO;
- EXIGE QUE OS PROCEDIMENTOS DE COLETA, ARMAZENAGEM E TRANSPORTE DO EFLUENTE SEJAM REAVALIADOS;
- DEVE SER DADA ÊNFASE AOS PROCESSOS QUE APRESENTEM ELEVADA GERAÇÃO DE EFLUENTES;

## REÚSO EM CASCATA

- QUALQUER QUE SEJA A FORMA DE REÚSO A SER IMPLANTADA DEVEM SER REALIZADOS ENSAIOS;
- NOS CASOS ONDE A CONCENTRAÇÃO DO EFLUENTE SOFRE VARIAÇÕES, RECOMENDA-SE UM CONTROLE AUTOMATIZADO;
- TAMBÉM DEVE SER MANTIDA A OPÇÃO PELA UTILIZAÇÃO DA ÁGUA PROVENIENTE DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO.

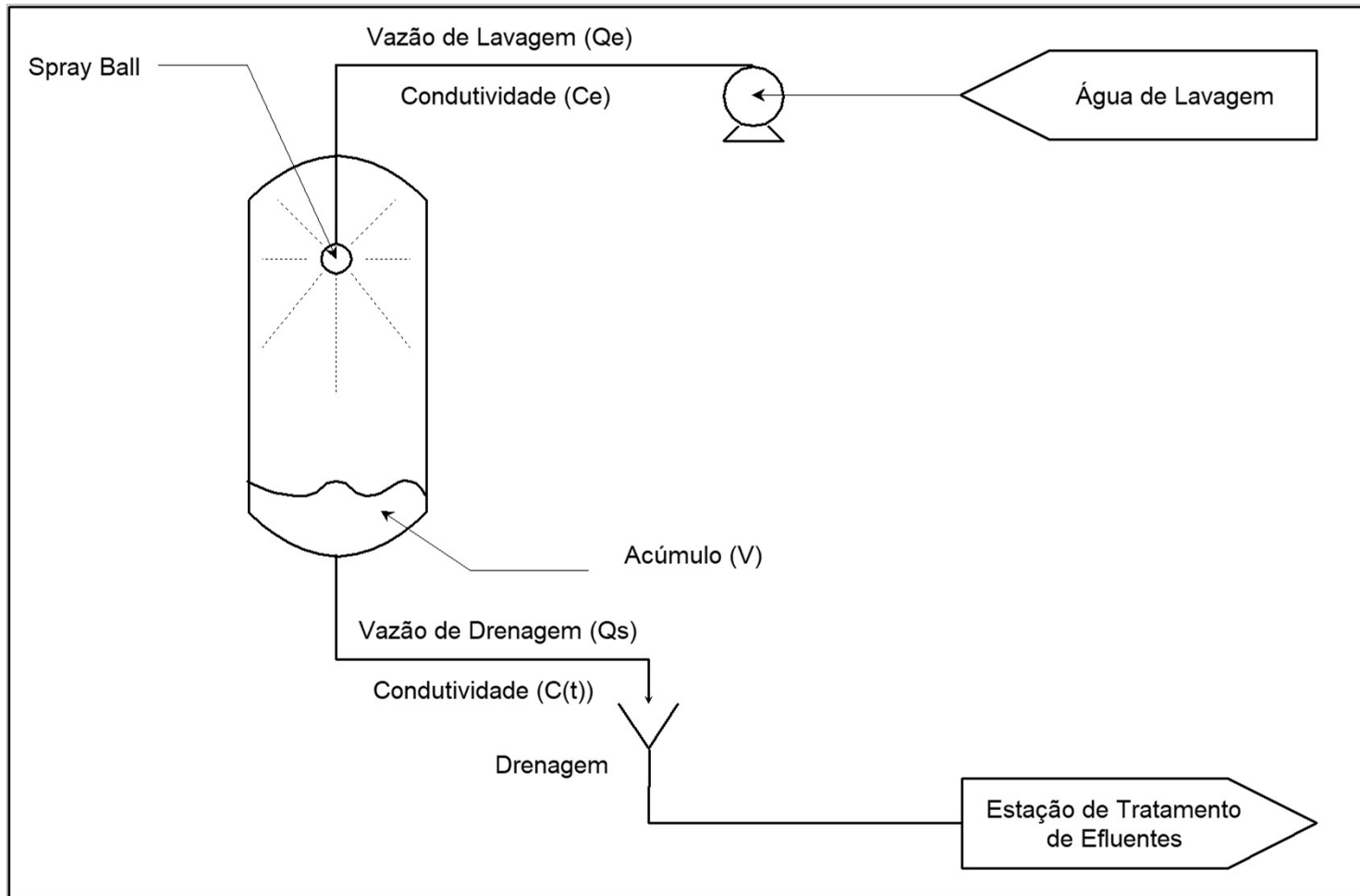
# REÚSO PARCIAL DE EFLUENTES

- SISTEMA DE LAVAGEM DE EQUIPAMENTOS E DISPOSITIVOS DE GRANDE PORTE APRESENTAM GRANDE POTENCIAL PARA ESTA PRÁTICA;
- DURANTE A OPERAÇÃO DE LAVAGEM, A CONCENTRAÇÃO DO CONTAMINANTE VAI DIMINUINDO;
  - NO INÍCIO DA OPERAÇÃO A CONCENTRAÇÃO É ELEVADA;
  - AO TÉRMINO, A CONCENTRAÇÃO DO EFLUENTE FICA PRÓXIMA A DA ÁGUA DE LAVAGEM.

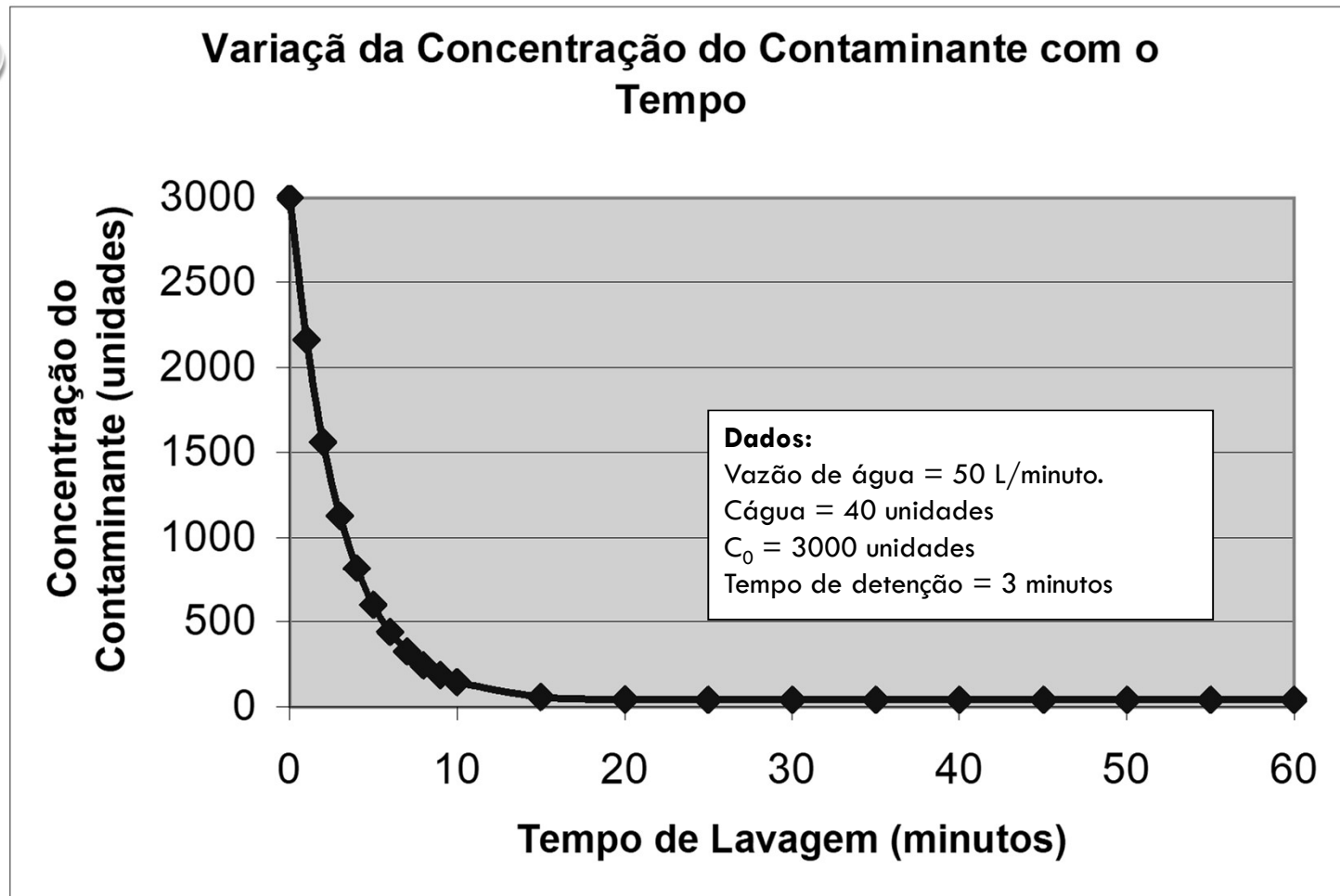


# REÚSO PARCIAL DE EFLUENTES

- DEMONSTRAÇÃO POR BALANÇO DE MASSA;
- DESENVOLVIMENTO DE UMA EXPRESSÃO QUE RELACIONA A VARIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DO CONTAMINANTE NO EFLUENTE COM O TEMPO.



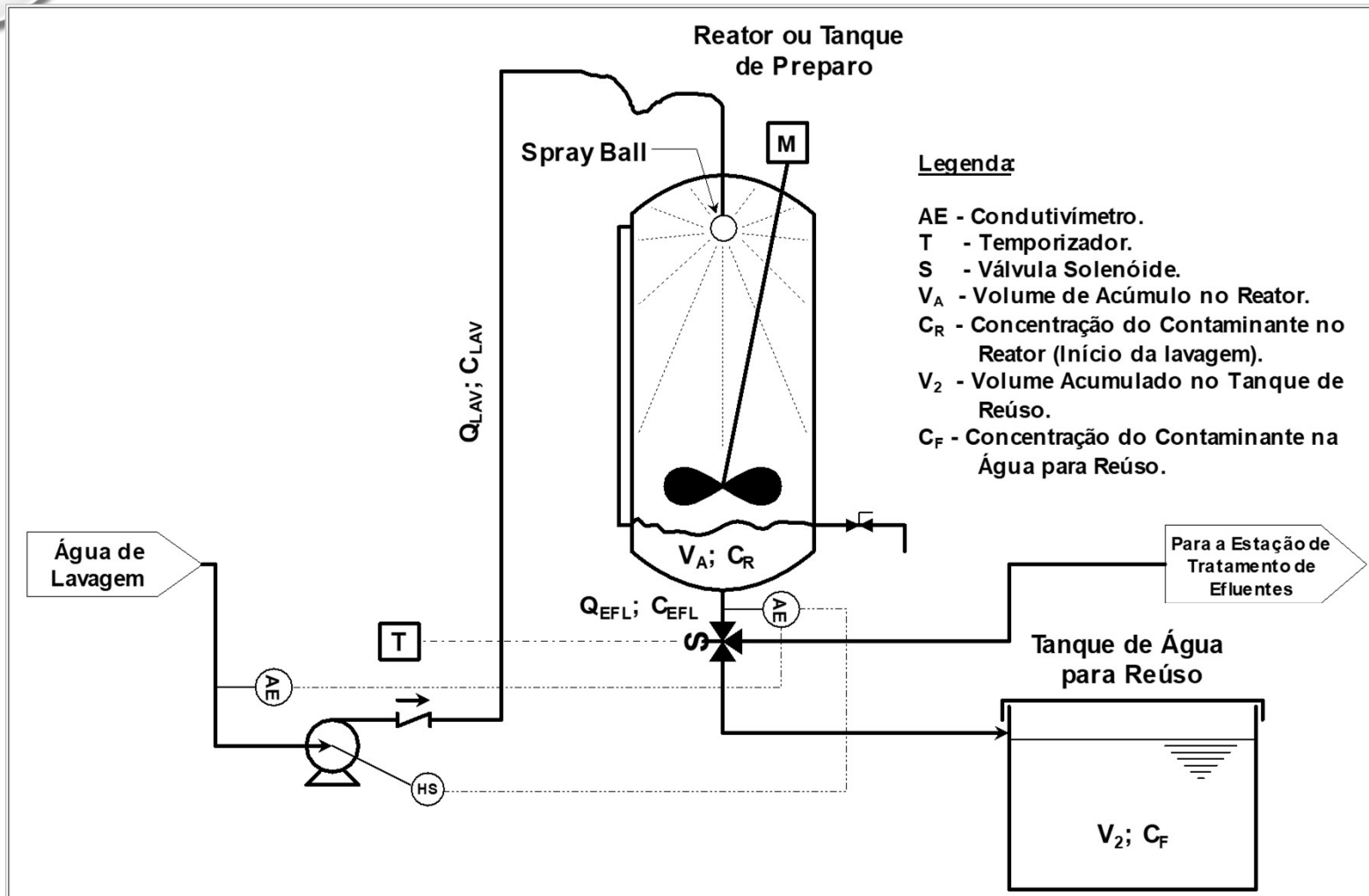
**Representação do processo de lavagem de reatores e tanques**



**Representação da variação da concentração de contaminante no efluente em uma operação de lavagem**

# HIPÓTESES PARA A AVALIAÇÃO

- LAVAGEM DO EQUIPAMENTO = 30 MINUTOS;
- CONCENTRAÇÃO MÁXIMA DO CONTAMINANTE PARA VIABILIZAR O REÚSO = 100 UNIDADES;
- **DADOS:**
- VAZÃO DE ÁGUA = 50 L/MINUTO.
- $C_{\text{ÁGUA}} = 40$  UNIDADES
- $C_0 = 3000$  UNIDADES
- TEMPO DE DETENÇÃO = 3 MINUTOS



## Processo de Lavagem Modificado

## MODELAGEM DO SISTEMA

- NO REATOR:

- $V_A = \text{CONSTANTE}$

- $Q_{LAV} = Q_{EFL}$

$$\frac{dC_R}{dt} = -\frac{1}{\theta} \cdot (C_R - C_{LAV})$$

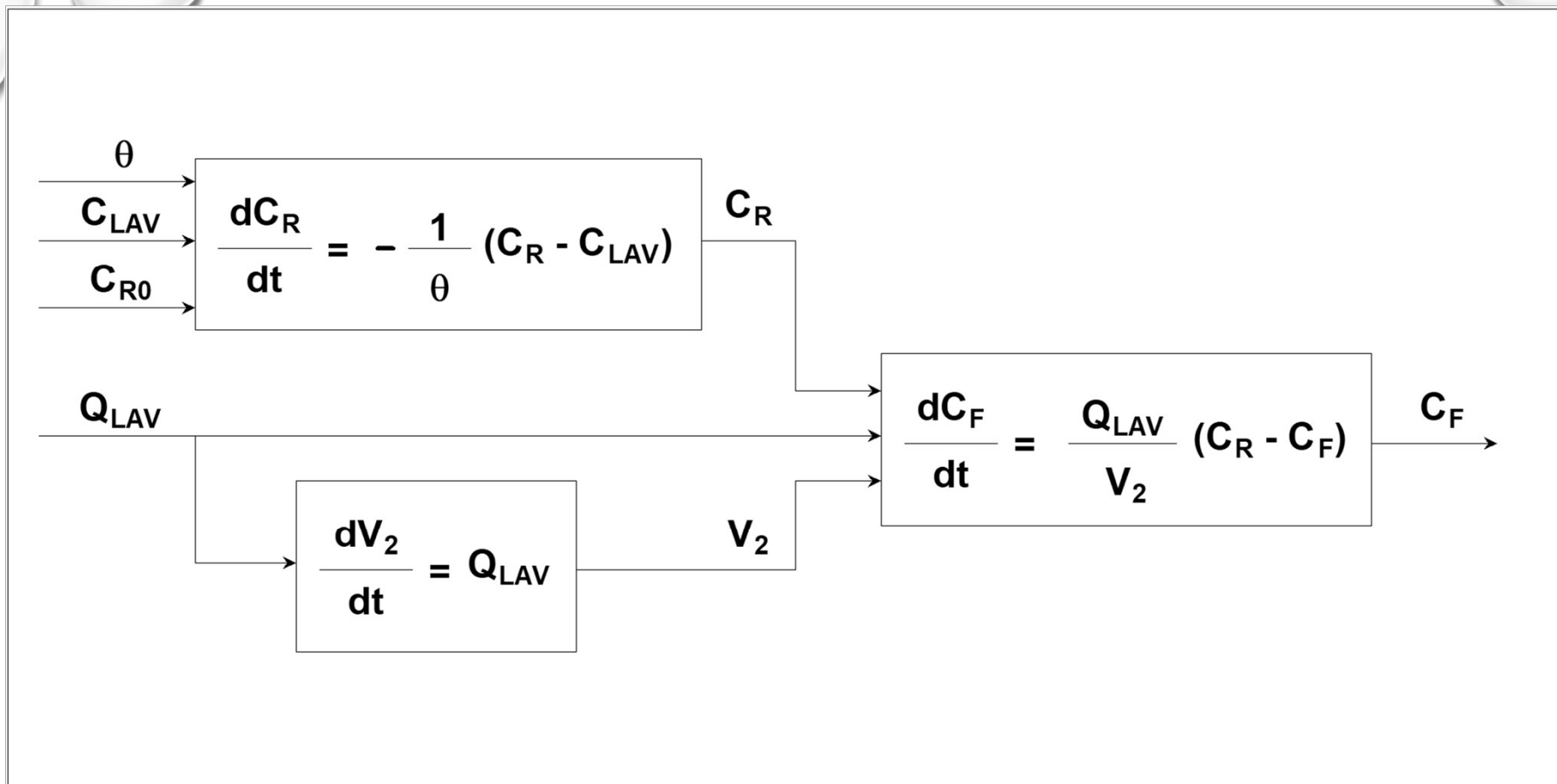
## MODELAGEM DO SISTEMA

- NO TANQUE DE REÚSO:

$$\frac{dV_2}{dt} = Q_{LAV}$$

$$\frac{d(V_2 \cdot C_F)}{dt} = Q_{LAV} \cdot C_R$$

$$\frac{dC_F}{dt} = \frac{Q_{LAV}}{V_2} \cdot (C_R - C_F)$$



**Modelo para determinação da variação da concentração de contaminantes no reator e no tanque de água para reúso**



## RESULTADOS DA SIMULAÇÃO

<b>Tempo de Lavagem (minutos)</b>	<b>Concentração do Contaminante no Efluente do Reator (unidades)</b>	<b>Volume de Efluente Acumulado no Tanque de Reúso (litros)</b>	<b>Concentração do Contaminante e no Tanque de Reúso (unidades)</b>
0	3000,00	0	3000,0
5	599,12	250	1480,6
10	145,51	500	896,1
15	59,91	750	627,8
20	43,76	1000	483,3
25	40,71	1250	395,0
30	40,13	1500	335,9

Dados para simulação:  
Tempo total de lavagem = 30 minutos  
Tempo de detenção hidráulico = 3 minutos  
Vazão de água de lavagem = 50 L/minuto  
Concentração do contaminante na água de lavagem do reator = 40 unidades  
Concentração do contaminante no início da operação de lavagem = 3000 unidades

## Resultados da Simulação com Descarte parcial de Efluente

<b>Tempo de Lavagem (minutos)</b>	<b>Concentração do Contaminante no Efluente do Reator (unidades)</b>	<b>Volume de Efluente Acumulado no Tanque de Reúso (litros)</b>	<b>Concentração do Contaminante no Tanque de Reúso (unidades)</b>
5	599,03	0	599,03
10	145,50	250	311,98
15	59,91	500	201,64
20	43,76	750	150,99
25	40,71	1000	123,70
30	40,13	1250	107,04

Dados para simulação:

Mesmos que os utilizados na simulação anterior.

Tempo em que o efluente é descartado após o início da lavagem = 5 minutos

# REÚSO DE EFLUENTES TRATADOS

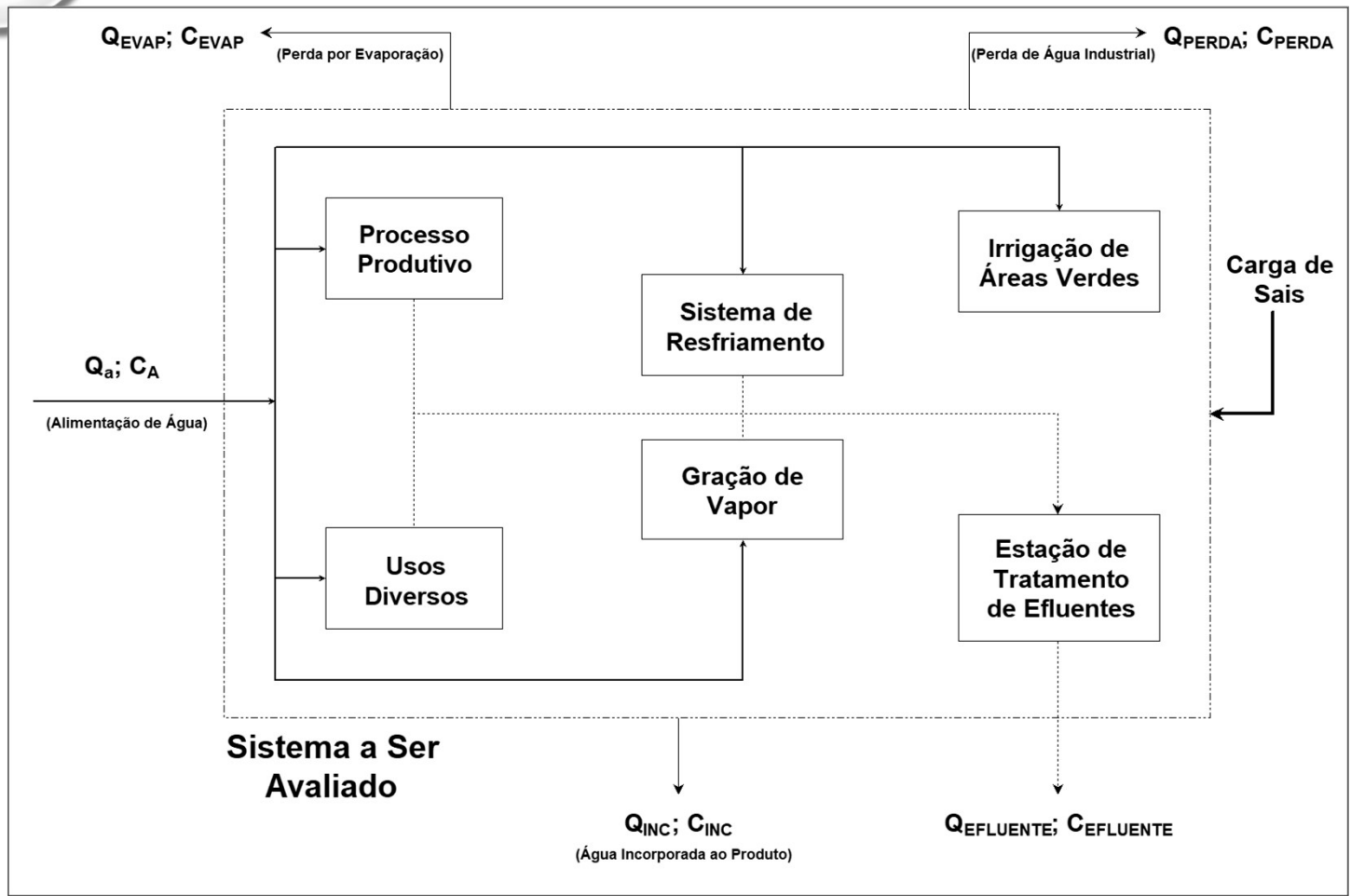
- PODE SER VIABILIZADA POR MEIO DE DUAS FORMAS:
  - REÚSO DIRETO DO EFLUENTE TRATADO:
    - ENCAMINHAMENTO DO EFLUENTE NAS CONDIÇÕES QUE SE ENCONTRA, PARA O RESERVATÓRIO DE DISTRIBUIÇÃO;
  - REÚSO COM TRATAMENTO ADICIONAL:
    - TRATAMENTO ADICIONAL DO EFLUENTE TRATADO, VISANDO A REMOÇÃO DE ALGUM CONTAMINANTE ESPECÍFICO;
    - O REÚSO COM TRATAMENTO ADICIONAL PODE EVOLUIR PARA O CONCEITO DE DESCARGA ZERO DE EFLUENTES.

# REÚSO DE EFLUENTES TRATADOS

- QUALQUER QUE SEJA A OPÇÃO SELECIONADA, DEVE HAVER UMA PREOCUPAÇÃO COM O SEU PLANEJAMENTO;
- ESTE PLANEJAMENTO VISA GARANTIR A OBTENÇÃO DO MÁXIMO BENEFÍCIO, A UM CUSTO EXEQUÍVEL;
- É IMPORTANTE QUE A PRÁTICA DE REÚSO TAMBÉM SEJA SUSTENTÁVEL.

# ELEMENTOS NECESSÁRIOS PARA A AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE REÚSO

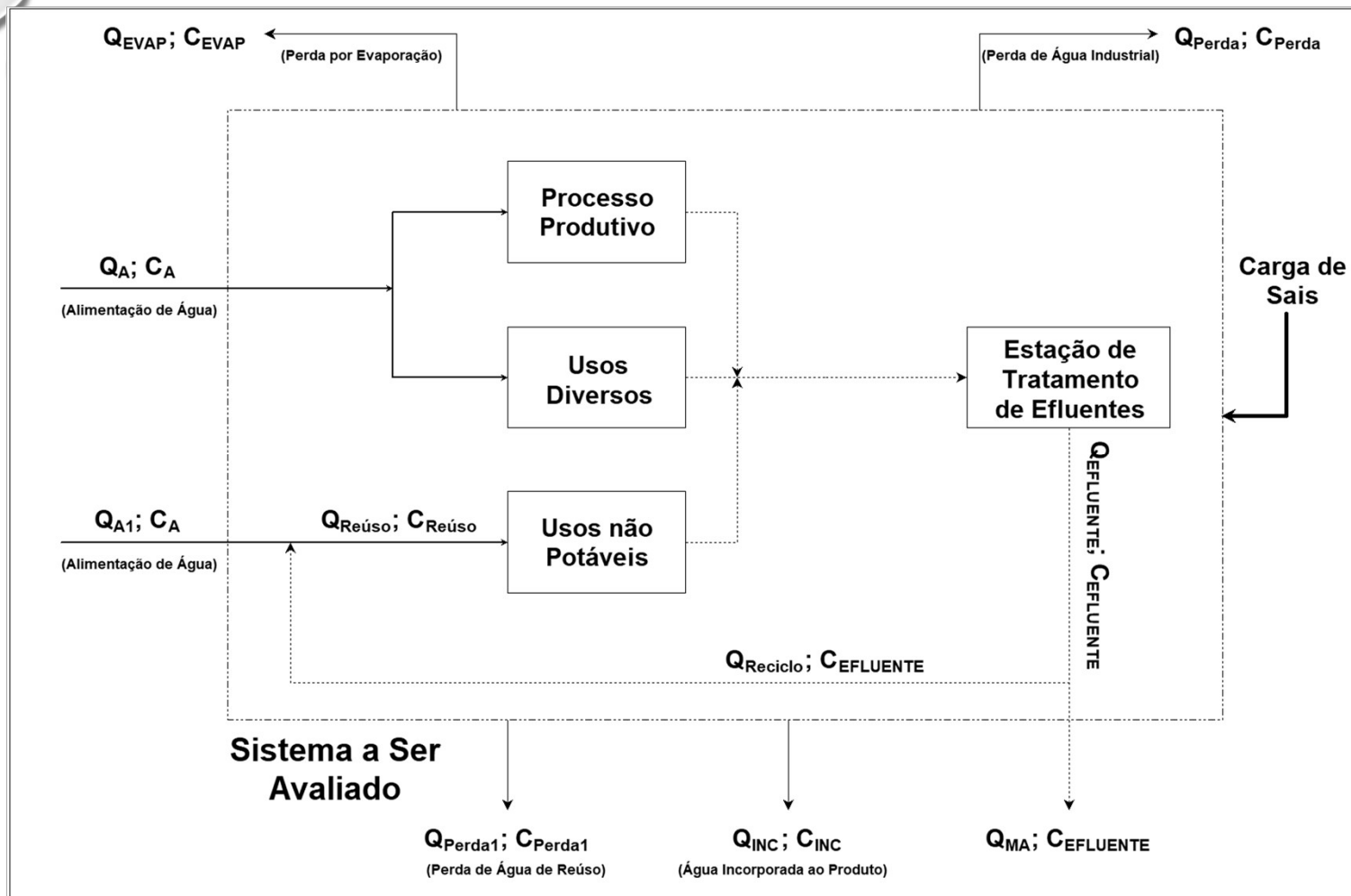
- CONHECIMENTO DAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS;
- CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA UTILIZADA NO PROCESSO E DOS EFLUENTES TRATADOS;
- IDENTIFICAÇÃO DOS REQUISITOS MÍNIMOS DE QUALIDADE PARA A ÁGUA A SER UTILIZADA EM CADA ATIVIDADE;
- DETERMINAÇÃO DA CARGA DE CONTAMINANTES INCORPORADA NOS PROCESSOS.



**Representação do Esquema Utilizado para a Obtenção da Carga de Contaminantes Incorporada no Efluente**

# ELEMENTOS NECESSÁRIOS PARA A AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE REÚSO

- REORGANIZAÇÃO DO SISTEMA EM ANÁLISE, VISANDO:
  - DISTINÇÃO DAS ATIVIDADES QUE EXIGEM O USO DE ÁGUA POTÁVEL DAS DE MAIS;
  - IMPLEMENTAÇÃO DAS LINHAS DE RECIRCULAÇÃO DE EFLUENTES PARA AS ATIVIDADES COM POTENCIAL DE REÚSO;
- ELABORAÇÃO DO BALANÇO DE MASSA E VAZÕES PARA DETERMINAR A TAXA DE REÚSO DE EFLUENTES.



**Diagrama esquemático para a obtenção da variação da concentração de SDT no efluente e na água de reúso, com o reúso de efluentes**

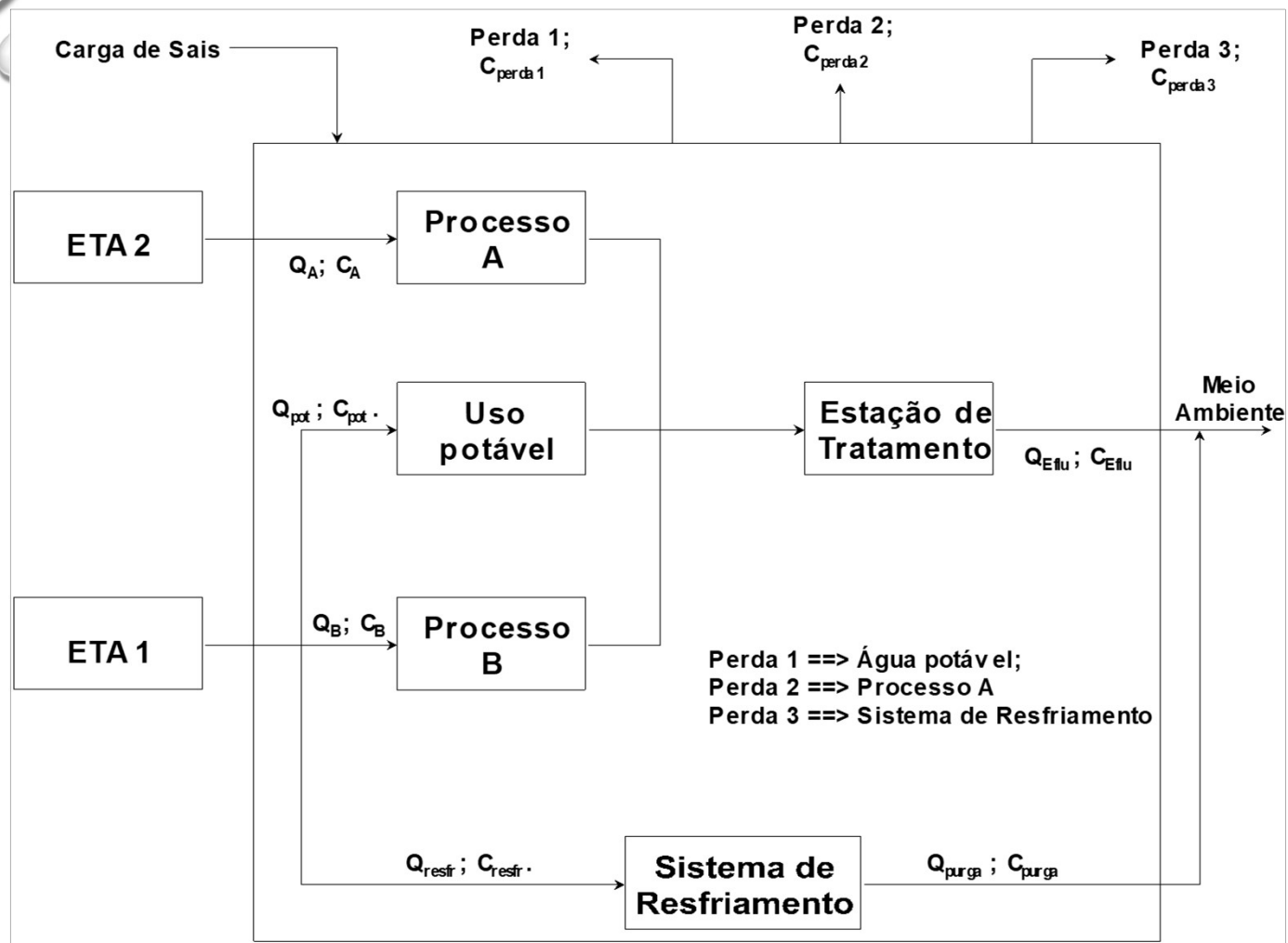


## EXEMPLO PARA DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL DE REÚSO DIRETO DE EFLUENTES TRATADOS

<b>Atividade ou Aplicação</b>	<b>Água</b>		<b>Efluentes</b>	
	<i>Demanda (m<sup>3</sup>/dia)</i>	<i>SDT (mg/L)</i>	<i>Geração (m<sup>3</sup>/dia)</i>	<i>SDT (mg/L)</i>
Uso Potável	300	60	240	250
Sistema de Resfriamento	600	60	100	360
Processo A	250	20	240	200
Processo B	300	60	300	550

## INFORMAÇÕES RELEVANTES

- TODOS OS EFLUENTES GERADOS, COM EXCEÇÃO DA PURGA DO SISTEMA DE RESFRIAMENTO, SÃO CONDUZIDOS A UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO POR SISTEMA BIOLÓGICO;
- NÃO HÁ REDUÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE SAIS DISSOLVIDOS;
- OS LIMITES DE QUALIDADE PARA A ÁGUA PARA O PROCESSO B E SISTEMA DE RESFRIAMENTO SÃO 250 E 200 MG/L;
- A CONCENTRAÇÃO DE SAIS NA PURGA PODE SER ELEVADA ATÉ 1000 MG/L.



**Indicação dos fluxos de água e efluentes na indústria avaliada**

# DADOS COMPLEMENTARES

- PERDAS NO SISTEMA:
  - VAZÃO DE ÁGUA ALIMENTADA AO PROCESSO MENOS A PARCELA DO EFLUENTE GERADO;
  - CONCENTRAÇÕES DE SAIS DISSOLVIDOS NAS PERDAS:
    - ÁGUA POTÁVEL → 60 MG/L
    - PROCESSO A → 20 MG/L
    - SISTEMA DE RESFRIAMENTO → 0,0 MG/L

# DETERMINAÇÃO DA CARGA DE SAIS INCORPORADA NO SISTEMA

- **EQUAÇÕES PARA O BALANÇO:**

- CARGA DE SAIS = QUANTIDADE DE SAIS QUE SAI - QUANTIDADE DE SAIS QUE ENTRA

- QUANTIDADE DE SAIS QUE SAI =  $(Q_{EFL} * C_{EFL} + Q_{PURGA} * C_{PURGA} + Q_{PERDA\ 1} * C_{PERDA\ 1} + Q_{PERDA\ 2} * C_{PERDA\ 2})$

- QUANTIDADE DE SAIS QUE ENTRA =  $(Q_{POT} * C_{POT} + Q_A * C_A + Q_B * C_B + Q_{RESFR} * C_{RESFR})$

- QUANTIDADE DE SAIS QUE SAI = 312.800 G/DIA

- QUANTIDADE DE SAIS QUE ENTRA = 77.000 G/DIA

- **CARGA DE SAIS = 235.800 G/DIA**

# DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL DE REÚSO

- REORGANIZAR O DIAGRAMA, VISANDO A IMPLANTAÇÃO DA PRÁTICA DE REÚSO;
- DETERMINAÇÃO DAS NOVAS CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO DO SISTEMA DE RESFRIAMENTO;
- ELABORAÇÃO DO BALANÇO DE MASSA NO SISTEMA RESULTANTE;
- OBTENÇÃO DA VARIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE SAIS DISSOLVIDOS NO EFLUENTE DO SISTEMA E ÁGUA DE REÚSO, PARA DEFINIR A TAXA MÁXIMA DE REÚSO.

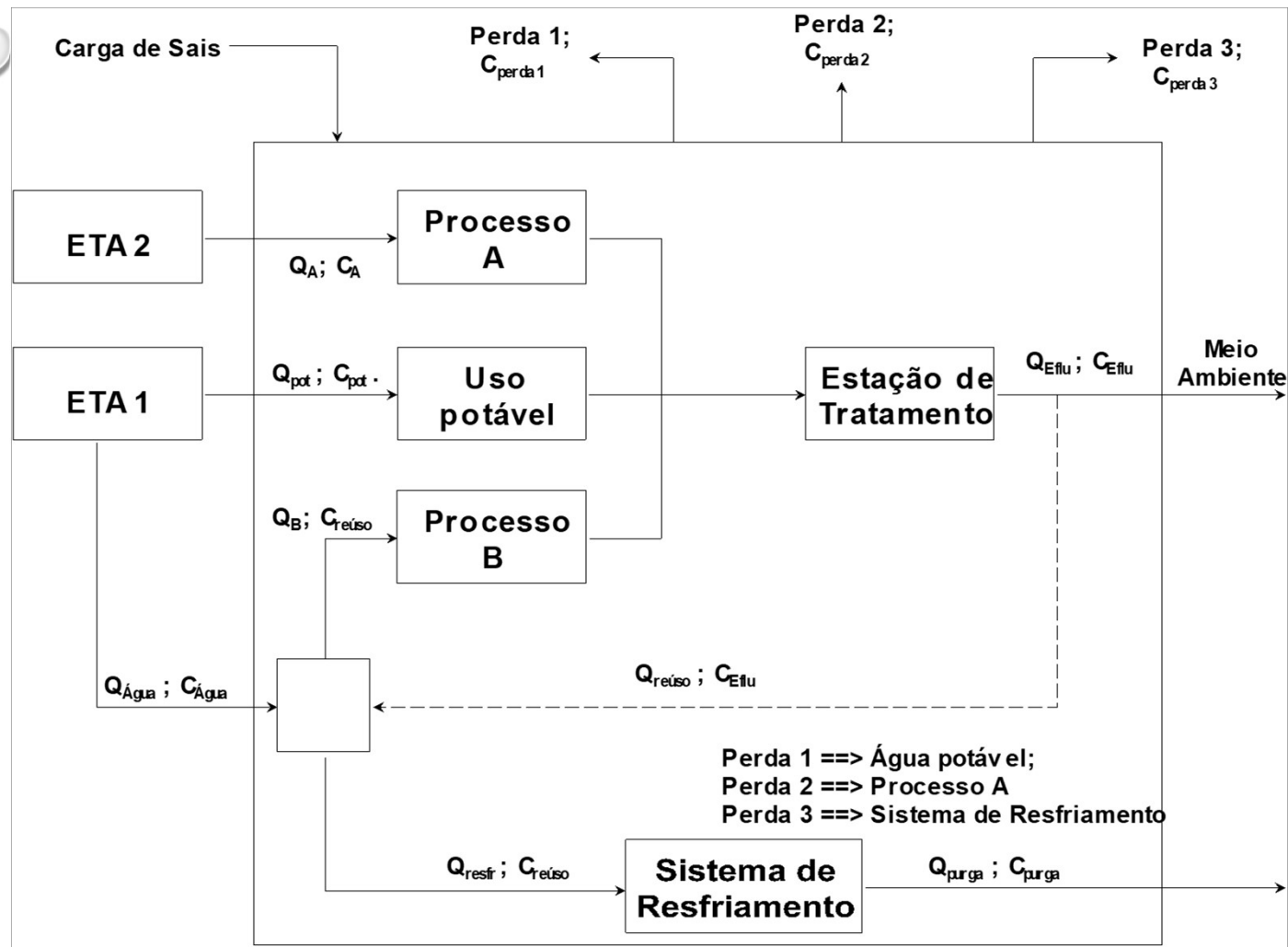
## CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO DO SISTEMA DE RESFRIAMENTO

- VAZÃO DE ÁGUA EVAPORADA = VAZÃO DE ALIMENTAÇÃO – PURGA;
- VAZÃO EVAPORADA = 600 – 100 = 500 M<sup>3</sup>/DIA;
- CARGA DE SAIS NA PURGA = VAZÃO DE REPOSIÇÃO \* CONCENTRAÇÃO DE SAIS NA REPOSIÇÃO;
- CARGA DE SAIS NA PURGA = VAZÃO DA PURGA \* CONCENTRAÇÃO DE SAIS NA PURGA;
- VAZÃO DE REPOSIÇÃO = VAZÃO DE EVAPORAÇÃO + VAZÃO DA PURGA;

## CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO DO SISTEMA DE RESFRIAMENTO

- $VAZÃO\ DA\ PURGA = (VAZÃO\ DE\ EVAPORAÇÃO * CONCENTRAÇÃO\ NA\ REPOSIÇÃO) / (CONCENTRAÇÃO\ DA\ PURGA - CONCENTRAÇÃO\ DA\ REPOSIÇÃO)$
- $VAZÃO\ DA\ PURGA = (500 * 200) / (1000 - 200)$
- **$VAZÃO\ DA\ PURGA = 125\ M^3/DIA$**
- **$VAZÃO\ DE\ REPOSIÇÃO = 625\ M^3/DIA$**





**Arranjo para a determinação do potencial de reúso de efluentes**

# BALANÇO DE MASSA

- A VAZÃO DE REÚSO É UMA PARCELA DO EFLUENTE TRATADO NA ESTAÇÃO;

$$C_{efl} = \frac{(Carga\ de\ Sais + Q_A \cdot C_A + Q_{pot} \cdot C_{pot} + (Q_B + Q_{Resfr}) \cdot (1 - Reciclo) \cdot C_{H_2O}) - (Q_{purga} \cdot C_{purga} + Perda1 \cdot C_{perda1} + Perda2 \cdot C_{perda2})}{(Q_B + Q_{pot} + Q_A - (Q_B + Q_{Resfr})) \cdot Reciclo}$$

$$C_{Re\acute{u}so} = C_{H_2O} + Reciclo \cdot (C_{efl} - C_{H_2O})$$

## RESULTADOS DA VARIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DO CONTAMINANTE NO EFLUENTE E ÁGUA DE REÚSO

% Reciclo em Relação à Demanda para Resfriamento e Processo B	$Q_{\text{Água}}$ (m <sup>3</sup> /d)	$Q_{\text{Reúso}}$ (m <sup>3</sup> /d)	$C_{\text{efl}}$ (mg/L)	$C_{\text{reúso}}$ (mg/L)	$Q_{\text{MA}}$ (m <sup>3</sup> /d)	$Q_{\text{final}}$	$C_{\text{final}}$	% de Reciclo do Efluente
0%	925,00	0,00	209,29	60,00	850,00	975,00	310,67	0%
5%	878,75	46,25	217,88	67,89	803,75	928,75	323,15	5%
10%	832,50	92,50	227,52	76,75	757,50	882,50	336,94	11%
15%	786,25	138,75	238,42	86,76	711,25	836,25	352,26	16%
20%	740,00	185,00	250,83	98,17	665,00	790,00	369,37	22%
25%	693,75	231,25	265,09	111,27	618,75	743,75	388,61	27%
30%	647,50	277,50	281,66	126,50	572,50	697,50	410,39	33%
35%	601,25	323,75	301,14	144,40	526,25	651,25	435,28	38%
40%	555,00	370,00	324,38	165,75	480,00	605,00	463,97	44%
<b>45%</b>	<b>508,75</b>	<b>416,25</b>	<b>352,56</b>	<b>191,65</b>	<b>433,75</b>	<b>558,75</b>	<b>497,40</b>	<b>49%</b>
50%	462,50	462,50	387,48	223,74	387,50	512,50	536,88	54%
60%	370,00	555,00	490,17	318,10	295,00	420,00	641,90	65%
70%	277,50	647,50	686,67	498,67	202,50	327,50	806,26	76%
80%	185,00	740,00	1213,64	982,91	110,00	235,00	1100,00	87%
90%	92,50	832,50	7311,43	6586,29	17,50	142,50	1775,09	98%

## ANÁLISE DOS RESULTADOS

- POTENCIAL DE REÚSO DE EFLUENTES NO SISTEMA → 49 % DO EFLUENTE TRATADO NA ESTAÇÃO;
- REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA EM RELAÇÃO À DEMANDA PARA OS PROCESSOS → 45 %;
- REDUÇÃO GLOBAL NA DEMANDA DE ÁGUA → 29 %

# REÚSO COM A UTILIZAÇÃO DE TRATAMENTO COMPLEMENTAR

- É UMA ALTERNATIVA À PRÁTICA DE REÚSO DIRETO DE EFLUENTES;
- UTILIZAR UMA TÉCNICA ADICIONAL DE TRATAMENTO, PARA REMOÇÃO DE CONTAMINANTES ESPECÍFICOS;
- DEPENDENDO DA EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DO CONTAMINANTE O POTENCIAL DE REÚSO É AMPLIADO.

# REÚSO COM A UTILIZAÇÃO DE TRATAMENTO COMPLEMENTAR

- A AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE REÚSO SEGUE O MESMO ROTEIRO QUE O DESENVOLVIDO PARA REÚSO DIRETO;
- BASTA ACRESCENTAR AO DIAGRAMA DE FLUXOS O PROCESSO DE TRATAMENTO SELECIONADO;
- CASO OCORRA A DESTRUIÇÃO DO CONTAMINANTE, DEVE ACRESCENTAR UM FLUXO FICTÍCIO SAINDO DO SISTEMA;
- NO ATUAL ESTÁGIO DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO PODE SER OBTIDO UM EFLUENTE COM CARACTERÍSTICAS EQUIVALENTES À ÁGUA DE ALIMENTAÇÃO DO SISTEMA.

# CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE REÚSO

- QUALQUER PRÁTICA DE REÚSO DE ÁGUA, OU EFLUENTE, DEVE CONSIDERAR AS LIMITAÇÕES DE ORDEM TÉCNICA, OPERACIONAL E ECONÔMICA;
- DEVE HAVER COMPATIBILIDADE ENTRE A QUALIDADE DA ÁGUA OU EFLUENTE DE REÚSO, COM OS REQUISITOS DE PROCESSO;
- A AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE TÉCNICA PODE SER FEITA, INICIALMENTE, POR ANÁLISES SIMPLES E BALANÇOS DE MASSA.

# CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE REÚSO

- EM UM ESQUEMA DE REÚSO, OCORRE A ELEVAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DOS CONTAMINANTES;
- O REÚSO DE EFLUENTES TRATADOS REQUER O DESCARTE DE UMA PARCELA DO EFLUENTE, PARA MANTER A SUA COMPOSIÇÃO ADEQUADA;
- O USO DE TÉCNICAS AVANÇADAS DE TRATAMENTO POSSIBILITA UM MELHOR APROVEITAMENTO DO EFLUENTE.



**ATIVIDADE – DETERMINAR A EVOLUÇÃO DA CONCENTRAÇÃO  
DE SDT EM FUNÇÃO DA TAXA DE REÚSO.**

**Dados sobre demanda de água e geração  
de efluentes**

<b>Atividade</b>	<b>Demanda (m<sup>3</sup>/dia)</b>	<b>Geração (m<sup>3</sup>/dia)</b>	<b>Concentração de Sais (mg/L)</b>
Torres de resfriamento	550	50,0	336,0
Processo 1	190	182,1	640,0
Processo 2	160	146,5	710,0
Uso doméstico	500	421,0	460,0
<b>Total</b>	<b>1400</b>	<b>799,6</b>	<b>--X--</b>

- DADOS ADICIONAIS:

- CONCENTRAÇÃO DE SAIS NA ÁGUA DISPONÍVEL → 46,0 MG/L
- ADOPTAR A PRÁTICA DE REÚSO APENAS PARA OS PROCESSOS 1 E 2;
- UTILIZAR O EFLUENTE TRATADO EM UMA ESTAÇÃO DE CLARIFICAÇÃO CONVENCIONAL, QUE TRATA:
  - PURGA DA TORRE;
  - EFLUENTE DO PROCESSO 1;
  - EFLUENTE DO PROCESSO 2;
  - ESGOTO DOMÉSTICO APÓS TRATAMENTO BIOLÓGICO.
- NO SISTEMA DE TRATAMENTO NÃO HÁ REDUÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE SAIS DISSOLVIDOS.

# ESTUDOS DE CASO



# AEROPORTO DE GUARULHOS

- AMPLIAÇÃO DA CAPACIDADE DO AEROPORTO;
- CONSTRUÇÃO DO TPS N° 3;

## **Demandas previstas para fins não potáveis**

<b>Área</b>	<b>Consumo Previsto (L/d)</b>
Sistema de Ar Condicionado (Torres de Resfriamento)	480.000
Lavagem de Pisos	14.700
Lavagem de Aeronaves	50.000
Irrigação de Áreas Verdes	10.000
Descargas em Vasos Sanitários e Mictórios	2.037.315
<b>Total</b>	<b>2.592.015</b>

## AEROPORTO DE GUARULHOS

- GERAÇÃO DE ESGOTOS TPS'S 1, 2 E 3:
  - VOLUME DIÁRIO: 6.437,21 M<sup>3</sup>;
  - CONCENTRAÇÃO DE SDT: 270 MG/L.
- SISTEMA COMPLEMENTAR DE TRATAMENTO:
  - FÍSICO-QUÍMICO.

## Resultados do Balanço de Massa

Reciclo (% Uso Não Potável)	V <sub>reuso</sub> (L/d)	V <sub>poço</sub> (L/d)	V <sub>descarte</sub> (L/d)	C <sub>reúso</sub> (mg/L)	C <sub>esgoto</sub> (mg/L)	C <sub>esgoto</sub> Calculada (mg/L)	Redução do Volume de Água Captada para o TPS-3 (%)
0%	0	2.614.607	6.437.210	46	270	270	0,0%
10%	261.461	2.353.146	6.175.749	69	279	279	7,0%
20%	522.921	2.091.686	5.914.289	94	290	290	14,0%
30%	784.382	1.830.225	5.652.828	122	301	301	21,1%
40%	1.045.843	1.568.764	5.391.367	153	313	313	28,1%
50%	1.307.304	1.307.304	5.129.907	186	327	327	35,1%
60%	1.568.764	1.045.843	4.868.446	223	341	341	42,1%
70%	1.830.225	784.382	4.606.985	264	358	358	49,2%
80%	2.091.686	522.921	4.345.524	310	377	377	56,2%
90%	2.353.146	261.461	4.084.064	362	397	397	63,2%
100%	2.614.607	0	3.822.603	421	421	421	70,2%

Foi considerado como uso limitante a reposição na torre de resfriamento

## OBSERVAÇÕES

- NO PROGRAMA DE REÚSO PROPOSTO O USO LIMITANTE FOI A REPOSIÇÃO EM SISTEMA DE RESFRIAMENTO (SDT < 300 MG/L);
- SE FOSSE ADMITIDA UMA CONCENTRAÇÃO DE SDT DE ATÉ 500 MG/L, O POTENCIAL DE REÚSO SERIA MUITO SUPERIOR;
- PARA O AUMENTO DO LIMITE DE SDT NA TORRE SERIA NECESSÁRIO RECALCULAR A PURGA DO SISTEMA.

# REÚSO NO CONDOMÍNIO CETENCO PLAZA

- 25 ANDARES;
- 3 SUBSOLOS;
- 2 PAVIMENTOS DE CASA DE MÁQUINAS;
- 1 HELIPONTO.

## Estimativa do consumo de água

Uso	Demanda (m <sup>3</sup> /mês)
Torre de Resfriamento	1105,50
Bacia sanitária	1093,10
Lavatórios	228,40
Copas	195,80
Usos diversos	114,20

- Áreas potenciais para reúso:
  - Descarga em sanitários;
  - Torre de resfriamento.



## Reúso no Condomínio CETENCO Plaza

%R2	Volumes (m <sup>3</sup> )							Concentração (mg/L)			
	QRP	QR1	QR2	QA1	QA2	Qpoço	QP	QD	Cesgoto	CRP	Csanit
0,00%	1277,47	1277,47	0,00	0,00	1093,10	1631,50	178,57	354,03	200,00	200,00	40,00
5,00%	1277,47	1277,47	17,70	0,00	1075,40	1613,80	178,57	336,33	201,76	201,76	42,62
10,00%	1277,47	1277,47	35,40	0,00	1057,70	1596,10	178,57	318,63	203,55	203,55	45,30
20,00%	1277,47	1277,47	70,81	0,00	1022,29	1560,69	178,57	283,23	207,26	207,26	50,83
30,00%	1277,47	1277,47	106,21	0,00	986,89	1525,29	178,57	247,82	211,14	211,14	56,63
40,00%	1277,47	1277,47	141,61	0,00	951,49	1489,89	178,57	212,42	215,21	215,21	62,70
50,00%	1277,47	1277,47	177,02	0,00	916,08	1454,48	178,57	177,02	219,47	219,47	69,06
60,00%	1277,47	1277,47	212,42	0,00	880,68	1419,08	178,57	141,61	223,95	223,95	75,75
65,00%	1277,47	1277,47	230,12	0,00	862,98	1401,38	178,57	123,91	226,27	226,27	79,21
70,00%	1277,47	1277,47	247,82	0,00	845,28	1383,68	178,57	106,21	228,66	228,66	82,77
80,00%	1277,47	1277,47	283,23	0,00	809,87	1348,27	178,57	70,81	233,61	233,61	90,17
90,00%	1277,47	1277,47	318,63	0,00	774,47	1312,87	178,57	35,40	238,83	238,83	97,96
100,00%	1277,47	1277,47	354,03	0,00	739,07	1277,47	178,57	0,00	244,34	244,34	106,18

QRP = Volume de reposição nas torres de resfriamento

QR1 = Volume de esgoto tratado para reúso nas torres de resfriamento

QR2 = Volume de esgoto tratado para descarga em sanitários

QA1 = Volume de água de poço para reposição nas torres de resfriamento

QA2 = Volume de água de poço para descarga em sanitários

Qpoço = Volume total de água extraída do poço

QP = Volume de purga das torres de resfriamento

QD = Volume de esgoto a ser lançado na rede da SABESP

Cesgoto = Concentração de sais dissolvidos no esgoto

CRP = Concentração de sais dissolvidos na água de reposição nas torres.

Qesgoto = Volume de esgoto gerado no condomínio

Qsanit = Volume de água necessário para descargas em sanitários

QE = Volume de água evaporado nas torres de resfriamento

Qpot = Volume de água para fins potáveis

QA = Volume de água perdida por arraste nas torres de resfriamento

Msais = Carga de sais incorporada ao esgoto

Cesginiacial = Concentração de sais no esgoto sem a aplicação da prática de reúso

Csanit = Concentração de sais dissolvidos na água para descarga em sanitários

N = Número de ciclos de concentração nas torres de resfriamento

%R1 = QR1/QRP

%R2 = QR2/(Qesgoto - QR1)

## Estimativa de investimentos, redução de custo e tempo de amortização

Condição	Sistema de Tratamento									
	<i>RTK-AcquaBrasilis</i>					<i>Lodos Ativados</i>				
	Investimento (R\$)	O & M (R\$/mês) <sup>(1)</sup>	Energia (R\$/mês)	Redução de custo (R\$/mês)	Amortização (meses)	Investimento (R\$)	O & M (R\$/mês) <sup>(1)</sup>	Energia (R\$/mês)	Redução de custo (R\$/mês)	Amortização (meses)
1º Caso	350.000,00	2.916,70	386,93	12.044,45	40	280.000,00	2.333,30	662,3	12.044,45	31
2º Caso				9.289,12	59				9.289,12	45

(1) – Foi considerado um custo anual equivalente a 10% o valor do investimento, para despesas com operação e manutenção do sistema, excluindo-se o consumo de energia elétrica.