



I Seminário Nacional

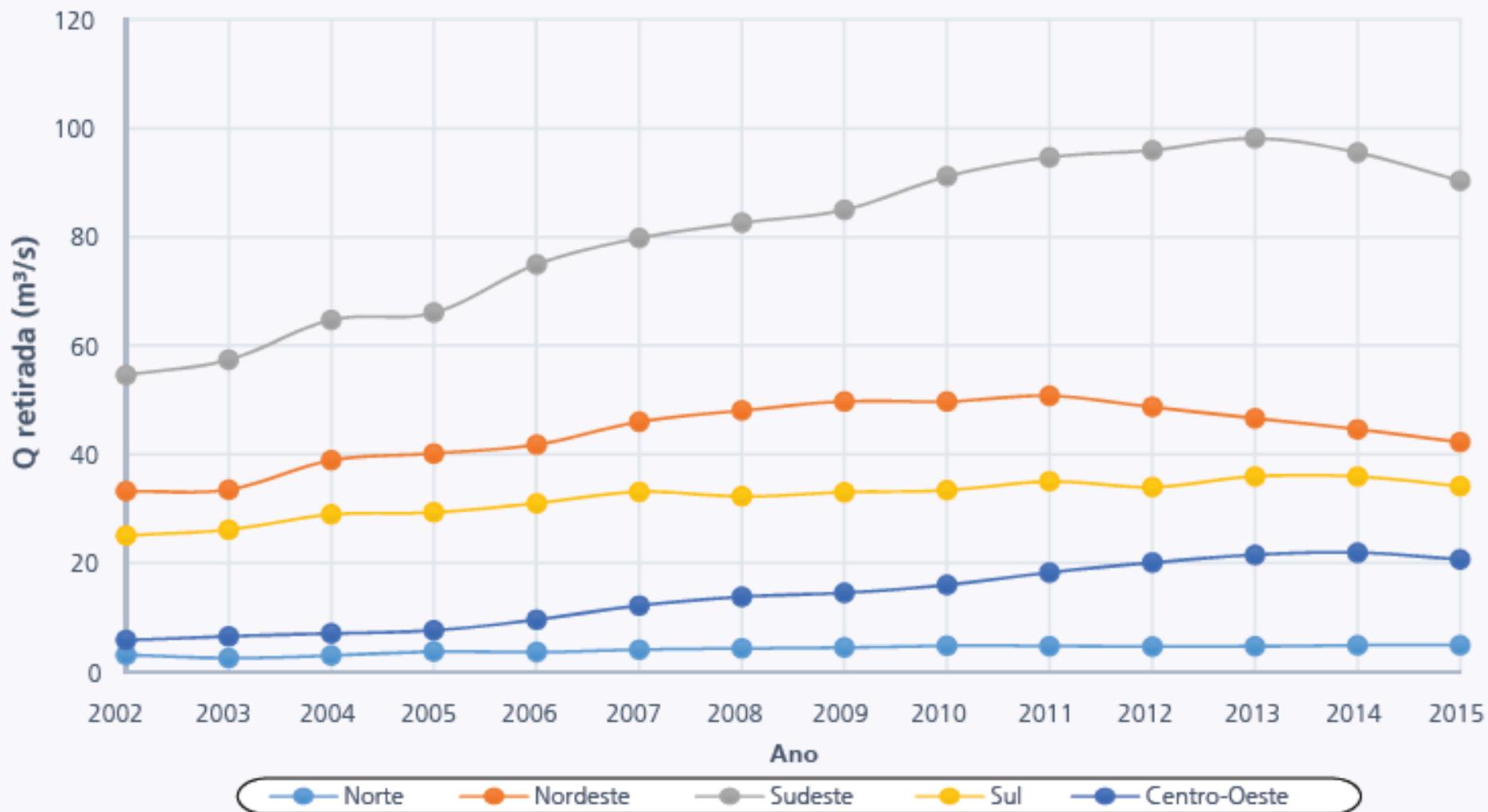
Sustentabilidade em Recursos Hídricos

Tratamento e Reúso de Efluentes Industriais

Ann H. Munteer
Departamento de Engenharia Civil
Universidade Federal de Viçosa



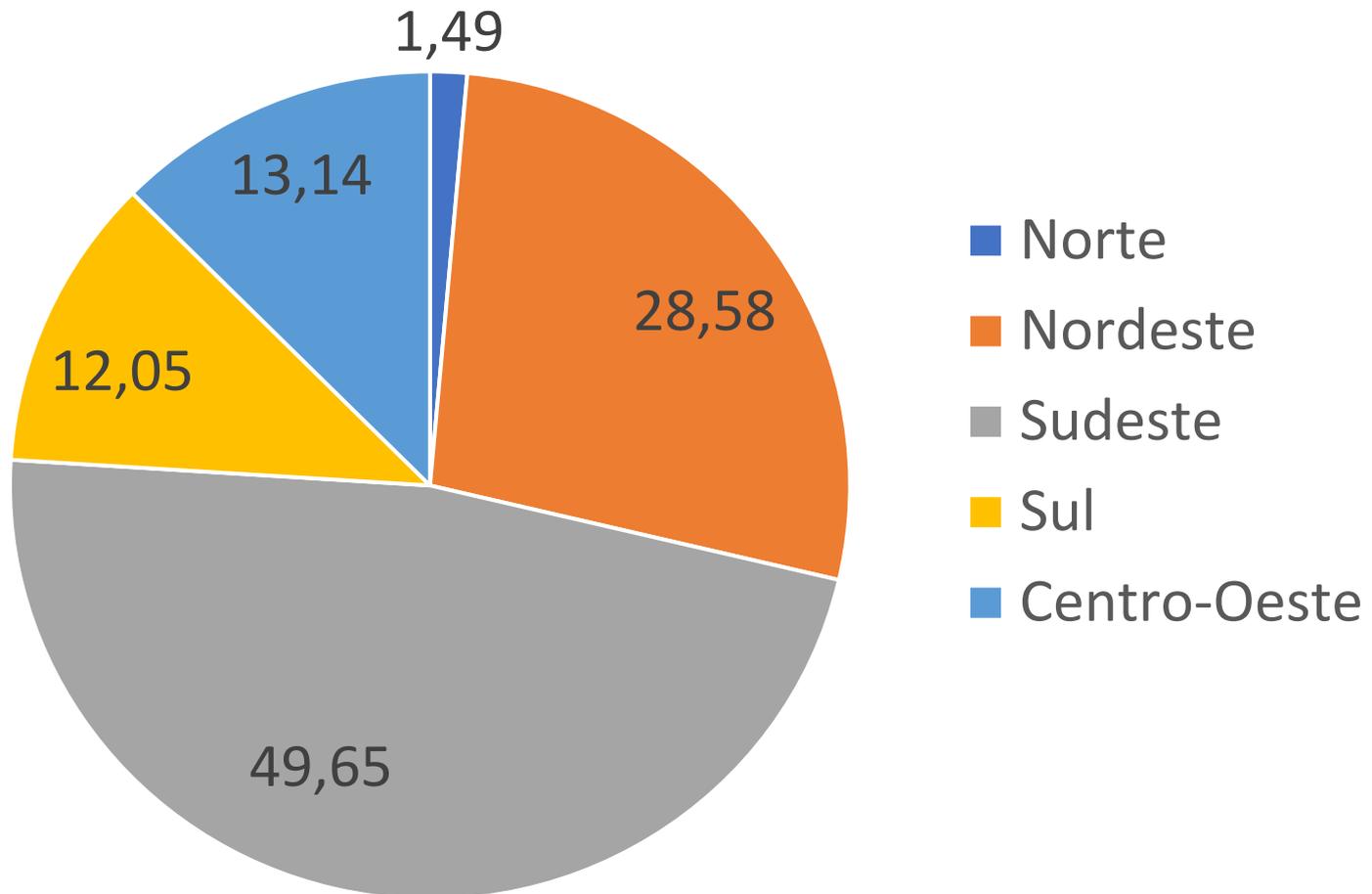
Retirada de água pela indústria



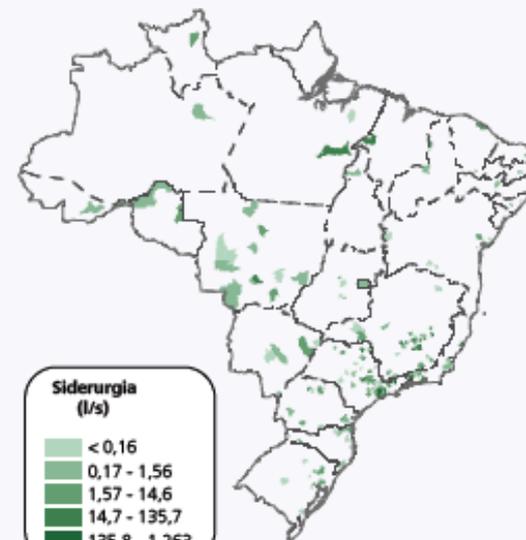
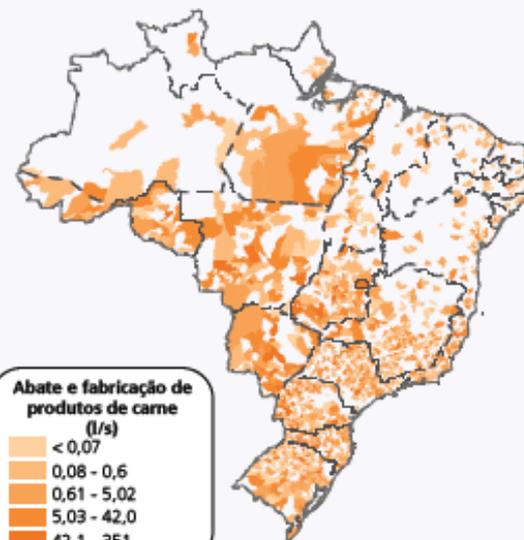
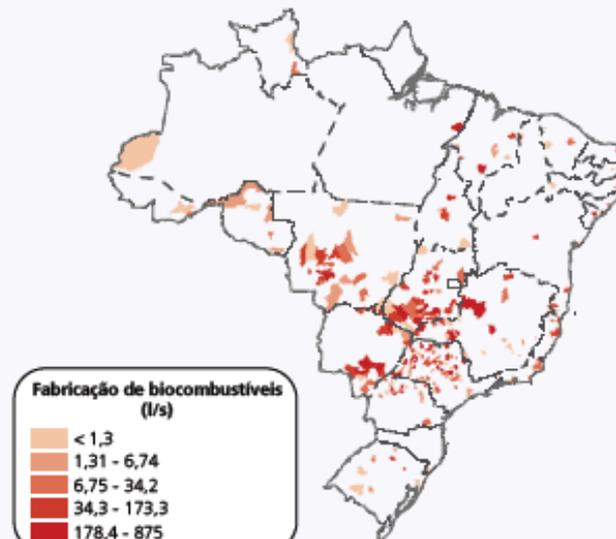
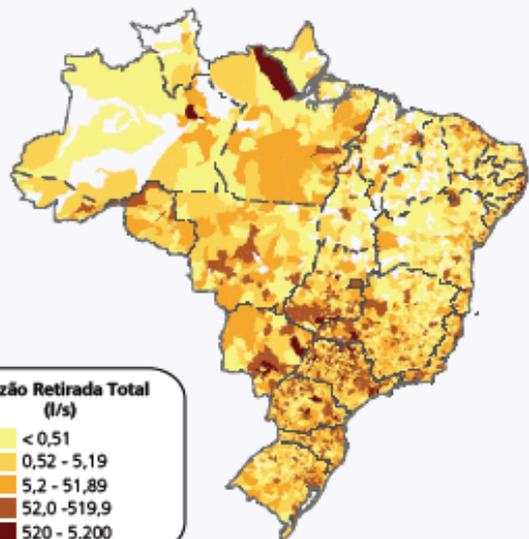
Fonte: ANA, 2017

Consumo de água na indústria (m³/s)

- Consumo industrial $\approx 15\%$ da água captada no Brasil

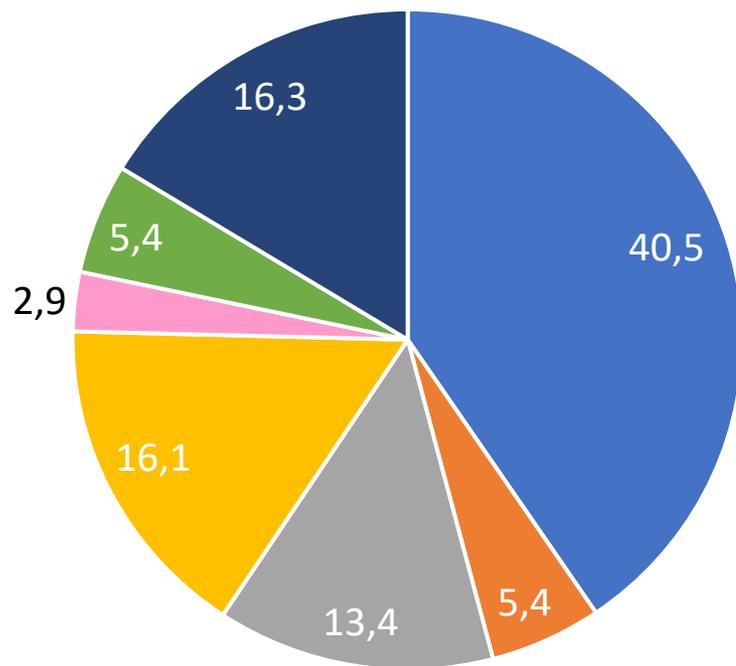


Consumo por tipologia industrial



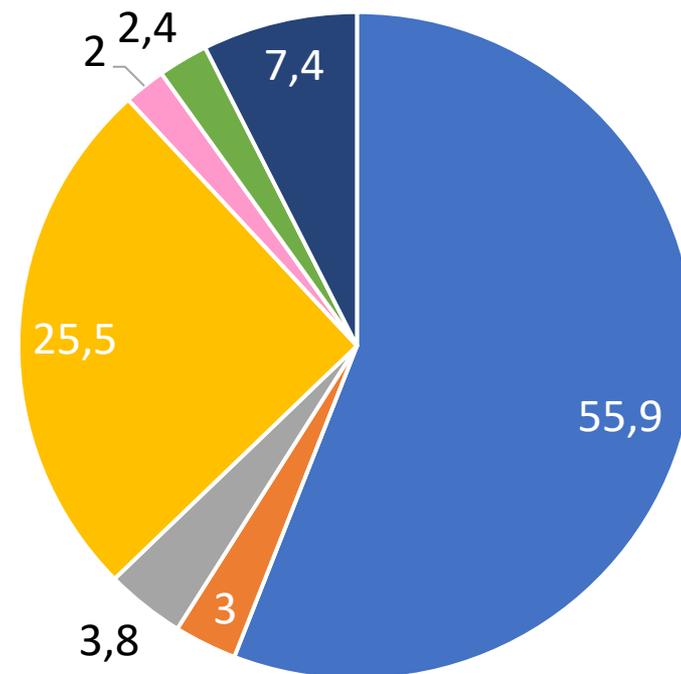
Vazões (Q) industriais

Q retirada, %



- Alimentos
- Celulose e papel
- Produtos químicos
- Outros

Q consumida, %



- Bebidas
- Petróleo e biocombustíveis
- Metalurgia

Vazões de retirada x consumo

Tipologia	Q retirada, m ³ /s	Q consumo, m ³ /s
Açúcar	54,55	54,55
Biocombustíveis	25,71	25,71
Celulose e papel	19,81	2,51
Abate e produtos de carne	13,48	1,68
Siderurgia	7,73	2,00

Água industrial

- Requisitos de qualidade dependem do uso previsto e determinam possibilidades de reúso

Principais Usos	Requisitos	Exemplos
Uso geral	Água potável	Refeitório Banheiros
Incorporada ao produto	Isenta de organismos e substâncias prejudiciais à saúde; Esteticamente agradável	Bebidas Farmacêutica
Entra em contato com o produto (reações de transformação, lavagem, transporte)	Variável com o produto	Têxtil Celulose Metalurgia
Não entra em contato com o produto	Baixa dureza; Baixa agressividade	Resfriamento Alimentação de caldeiras

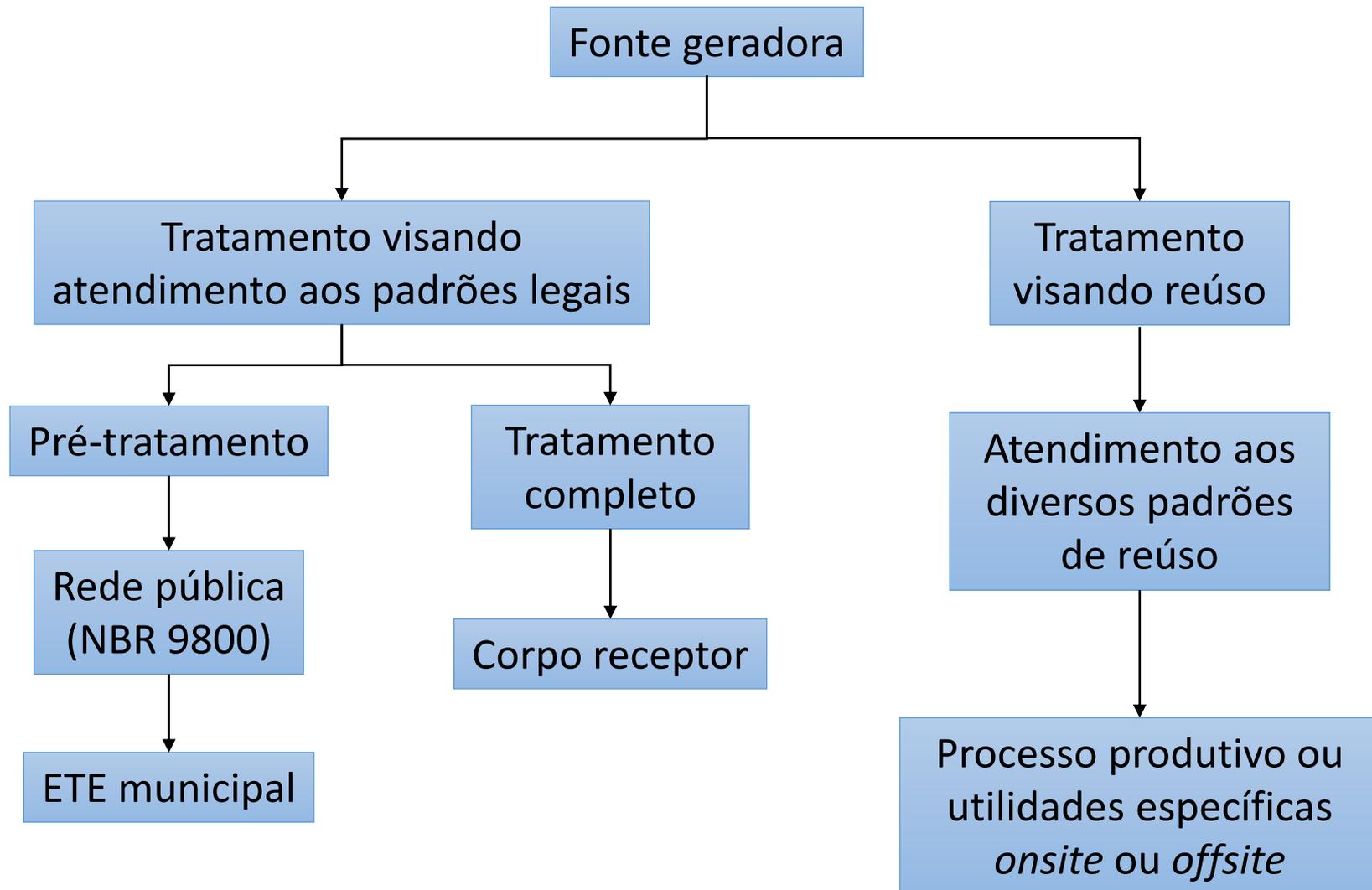
Controle preventivo da poluição (P + L)

- Rever condições operacionais - *housekeeping*
 - Alterar tecnologias de processo
 - Reciclar/Recuperar/Reutilizar – “efluente zero”
 - Substituir matérias primas e insumos
 - Reformular produtos
 - Pré-tratamento
- ↓ consumo água,
↓ vazão efluentes
- ↓ cargas poluidoras

Qualidade de efluentes industriais

Tipologia	Poluentes
Açúcar	pH, temperatura, DBO, SST,
Celulose e papel	pH, DBO, DQO, cor, AOX, dioxinas, SST
Processamento de frutas, vegetais, grãos	pH, DBO, O&G, SST
Processamento de carne	DBO, O&G, SST, patógenos, N _{total}
Refino de petróleo	pH, DBO, DQO, O&G, fenóis, SST, Cr, NH ₃ , sulfetos
Siderurgia	pH, O&G, fenóis, TCE, TCDF, CN ⁻ , metais, SST
Têxtil	pH, DBO, DQO, O&G, fenóis, cor, metais, sulfeto, SST

Tratamento e reúso de efluentes



Padrões de lançamento efluentes industriais DN Copam/CERH 01/2008

Parâmetro	Valor
pH	6-9
Temperatura	$\leq 40^{\circ}\text{C}$; $\Delta \leq 3^{\circ}\text{C}$
DBO _{5,20}	≤ 60 mg/L ou $\geq 85\%$ remoção
DQO	≤ 180 mg/L ou $\geq 75\%$ remoção
O & G	≤ 20 mg/L (mineral); ≤ 50 mg/L (animal/vegetal)
Surfactantes	≤ 2 mg/L LAS
SST	≤ 100 mg/L
Toxicidade	sem efeito agudo (classe 3) sem efeito crônico (classes 1 e 2)

Processos físico-químicos

Processo	Cor	DQO	Metais	Nutrientes	Patógenos	O&G	SDT	SST
Coagulação/Floculação/ Filtração ou Flotação						✓	✓	✓
Precipitação		✓	✓	✓			✓	
Membranas	✓	✓	✓		✓		✓	✓
Troca iônica		✓	✓	✓			✓	
Adsorção		✓	(✓)				(✓)	
Oxidação avançada	✓	✓			✓			

Processos biológicos

- Lodos ativados
- Lagoas de estabilização
- Reatores UASB
- Digestores anaeróbios

Remoção de DBO, DQO,
(nutrientes)

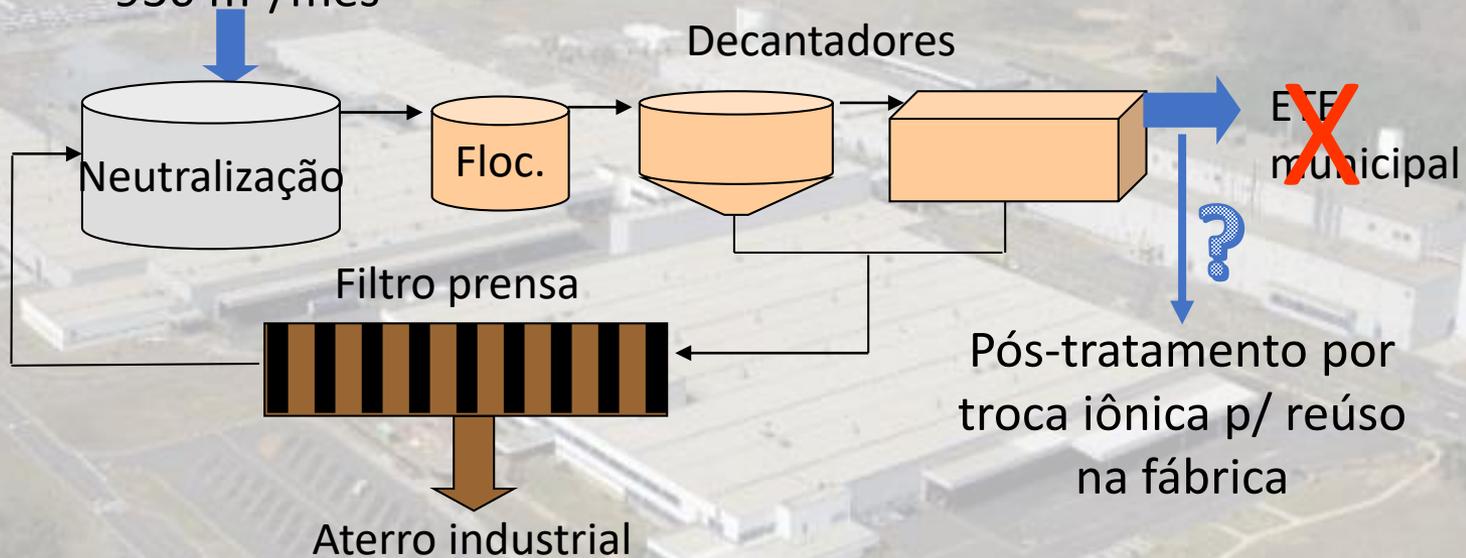
- Desafios
 - DBO/DQO desfavorável
 - DQO “dura” (recalcitrante)
 - Relação DBO/N/P desfavorável
 - Condutividade elétrica elevada
 - Substâncias inibidoras, tóxicas

Estudos piloto/ensaios de tratabilidade

- Efluentes de mesma tipologia industrial têm características distintas
- Ensaios prévios são necessários para dimensionamento de unidades de ETEs industriais
 - Coagulação / Floculação
 - Flotação a ar dissolvido
 - Tratabilidade com O_3
 - Tratabilidade por POAs
 - Sedimentação
 - Desidratação de lodo
 - *Silt density index* (potencial de incrustação de membranas)
 - Taxa de consumo de O_2 (*SOUR*)
 - Atividade metanogênica específica (AME)
 - Tratabilidade pelo processo de lodo ativado
 - Testes de toxicidade

Estudo da viabilidade do reúso de água em uma indústria automobilística

efluentes setor de pintura,
930 m³/mês



Estudo da viabilidade do reúso de água em uma indústria automobilística – troca iônica

Parâmetro	Unidade	Entrada	Saída	Remoção, %
Condutividade	$\mu\text{S/cm}$	14900	100,7	99,4
Dureza	$\text{mg CaCO}_3/\text{l}$	128	ND	100
Alcalinidade	$\text{mg CaCO}_3/\text{l}$	50,0	30,0	40,0
Cloretos	mg/l	2.768	3,5	99,8
Turbidez	UNT	2,0	ND	100
DQO	$\text{mg O}_2/\text{l}$	238	42	90,1
Níquel	mg/l	0,23	0,03	87,0
Zinco	mg/l	0,01	0,02	-
Manganês	mg/l	0,19	0,05	79,0



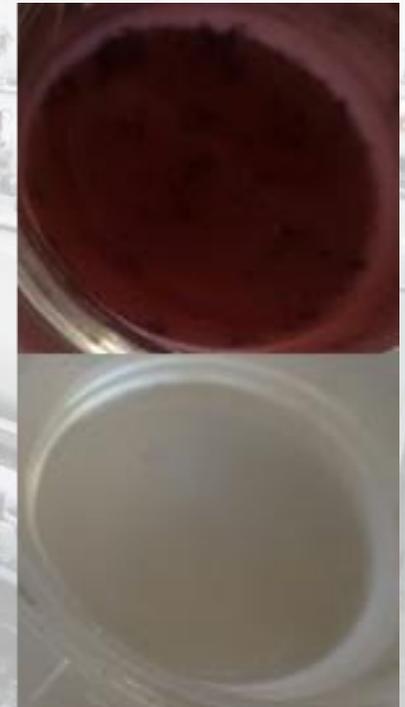
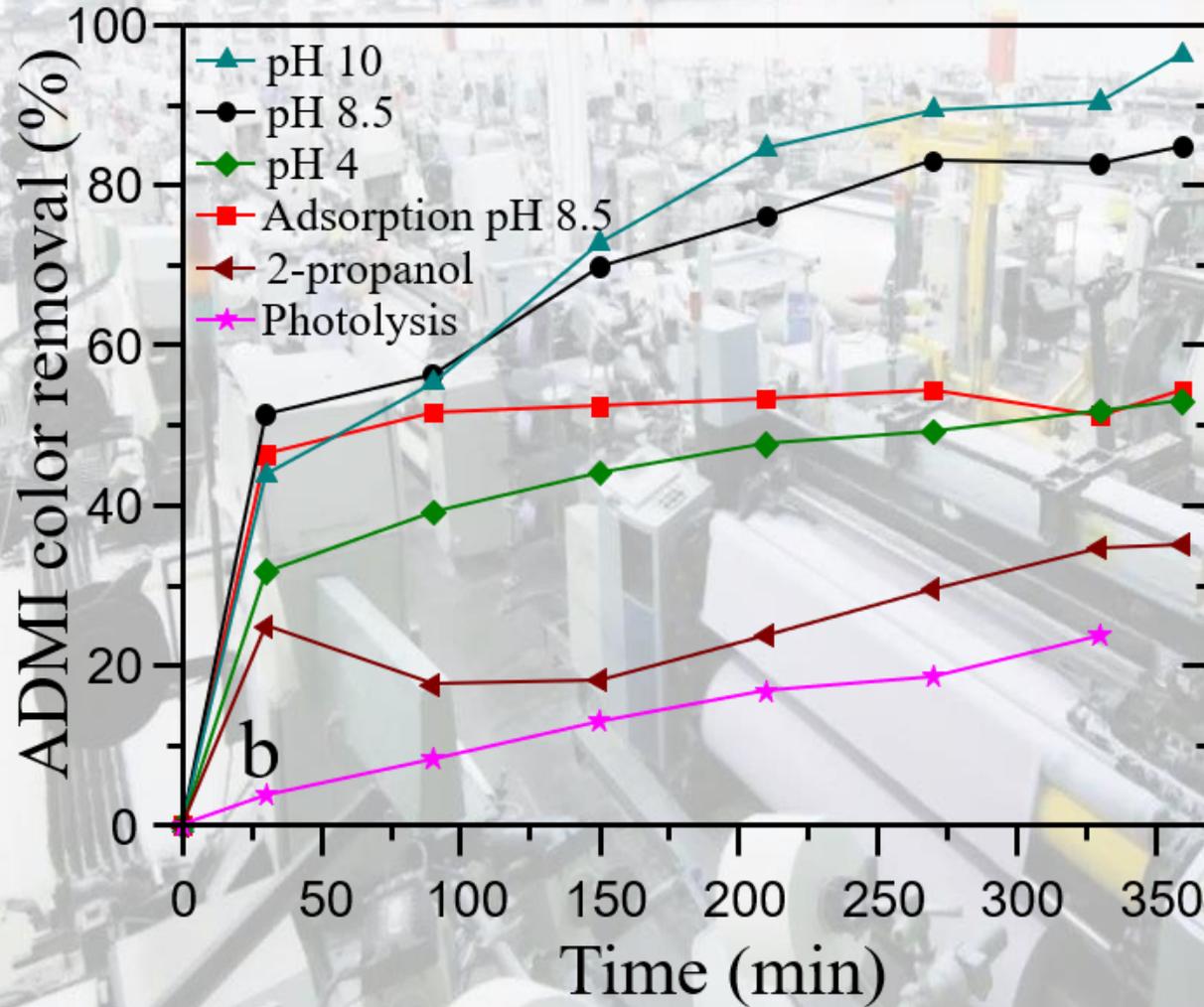
Remoção de toxicidade de efluente de fábrica de celulose kraft branqueada – O₃

Parâmetro	Primário	Secundário	Remoção, %	Pós-O ₃	Remoção, %
DQO, mg/L	960	265	72 X	180	81 ✓
DBO, mg/L	480	45	91	47	90
Dafnídeo, UTc	na	2,3 X	-	1,1	52
Alga, UTc	na	3,4 X	-	ND	100 ✓
Eq. E2, µg/L	na	7,6 X	-	ND	100 ✓

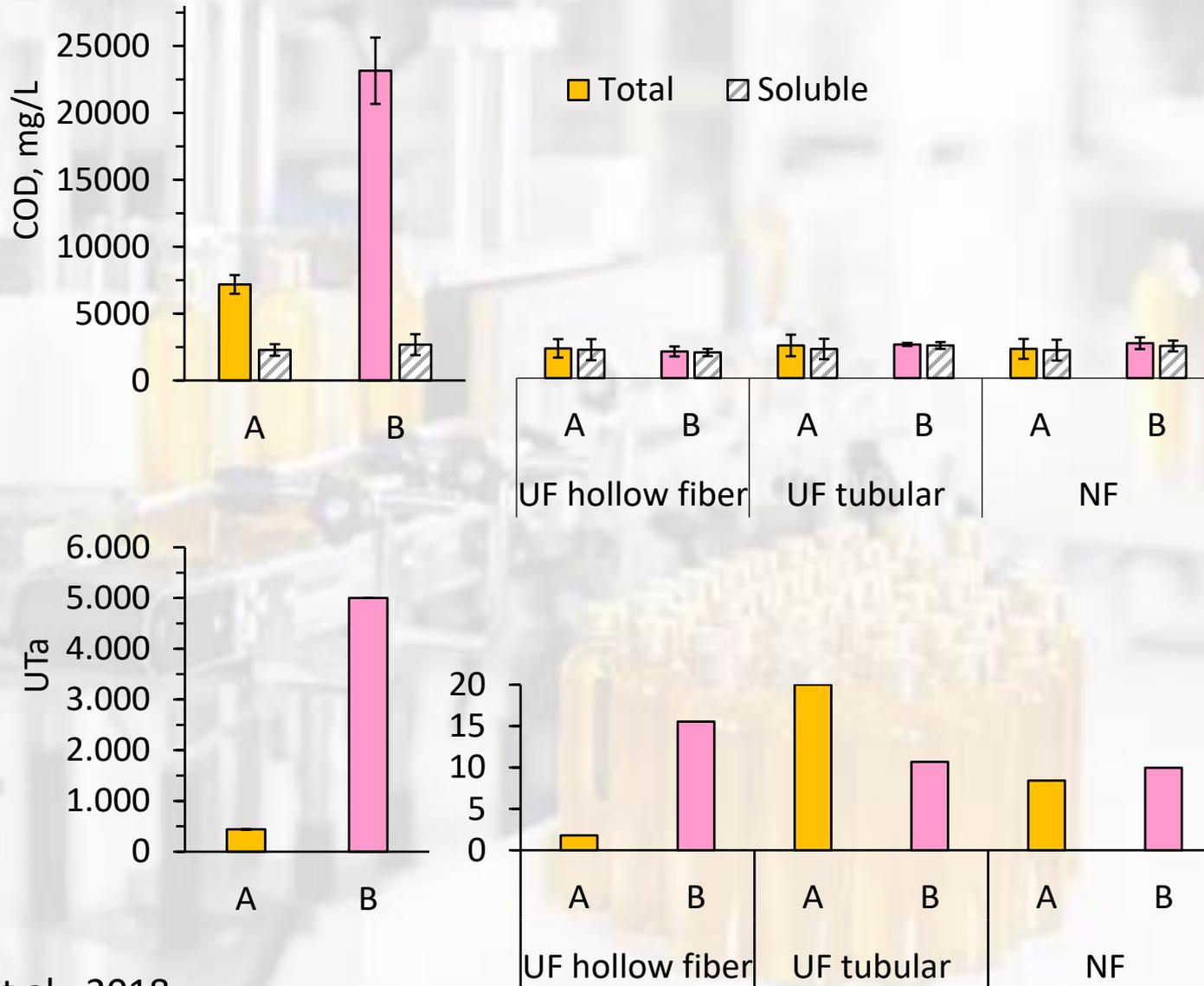
na = não analisado

ND = não detectado

Remoção de cor de efluente têxtil – oxidação avançada com UV/TiO₂ modificado



Remoção de toxicidade efluente de fábricas de produtos capilares – separação por membranas





Obrigada

ann@ufv.br