

SANEAMENTO RURAL – ZEB1083

Reúso de Efluentes

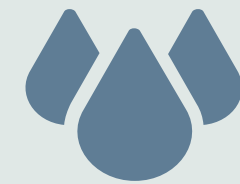
Profa. Tamara Maria Gomes



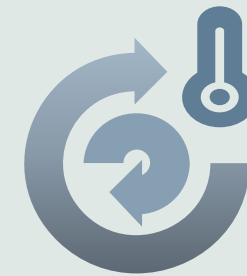
Desafios para a alimentação mundial



Terra Cultivável



Água



Mudanças Climáticas



Poluição



Desnutrição

“

Reúso da Água

a não ser que exista grande disponibilidade, nenhuma água de boa qualidade deve ser utilizada para usos que tolerem águas de qualidade inferior.

ECOSOC, 1958

FORMAS DE REÚSO DA ÁGUA



Urbano

- Lavagem de piso, logradouros e veículos
- Uso em sanitários
- Sistema de incêndio
- Construção civil
- Paisagismo
- Desobstrução de galerias



Industrial

- Refrigeração
- Caldeira
- Lavagem
- Sistema de incêndio
- Processos industriais



Agricultura

- Irrigação de culturas e Hidropônia

Reúso

O vale do Mezquital no México recebe $45\text{m}^3/\text{s}$ de esgotos domésticos da Cidade do México para irrigação.



MUNDO

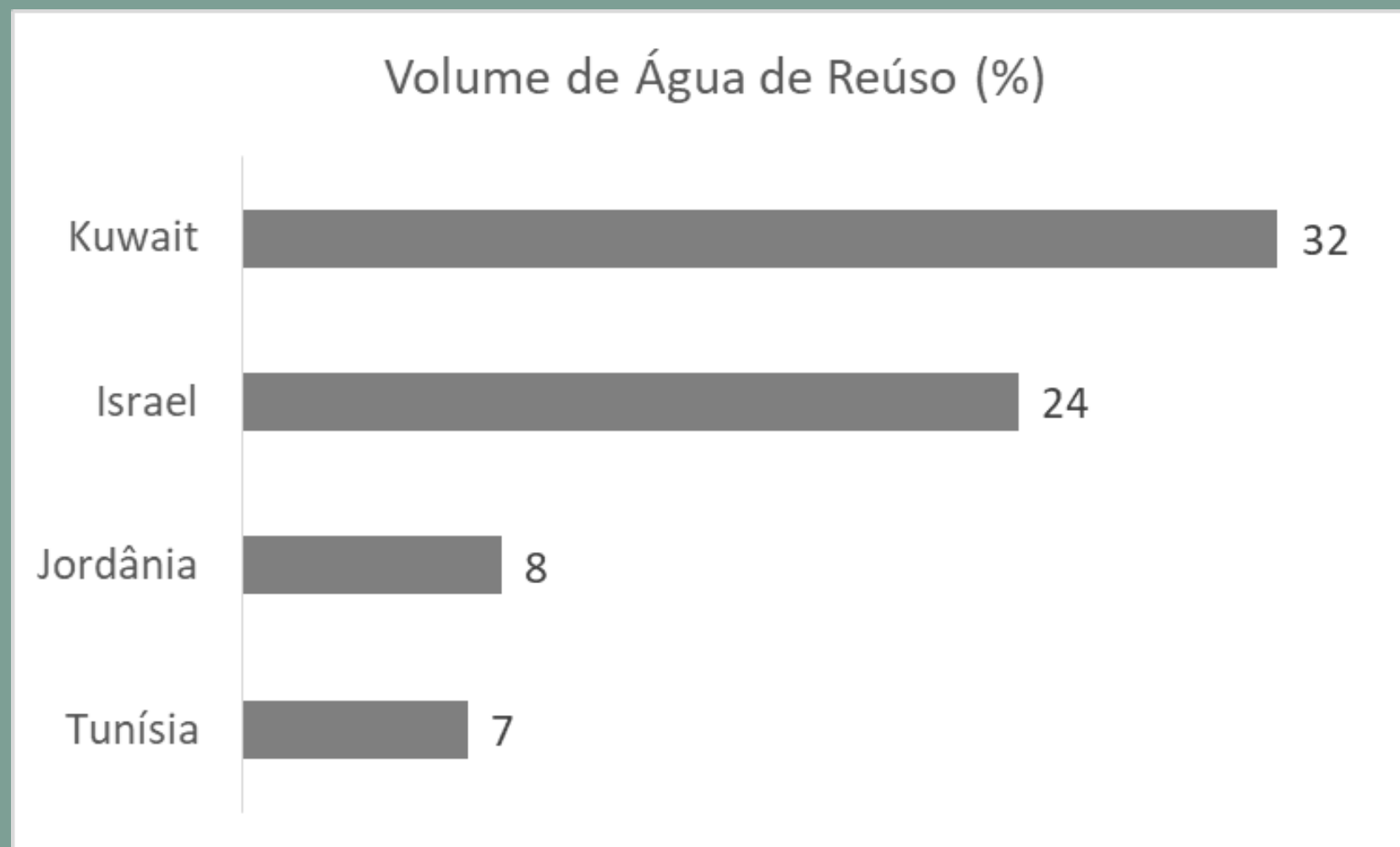
" 6 milhões de hectares já foram irrigados usando águas residuais tratadas e, cerca de 30 milhões de hectares foram irrigados com efluentes diluídos ou não tratadas. Isso representa aproximadamente 10% da área de superfície de irrigação mundial "

AIT-MOUHEB, et al., 2018



SETOR DA IRRIGAÇÃO

Contexto



No ano de 2012 a Espanha utilizou 400 M/m³ de efluentes, com expectativa de aumento de 2 a 3% ao ano.

Regiões de Escassez de Água

Israel utiliza mais de 550 M/m³/ano de efluentes.

Fonte: Adaptado de SALGOT et al. 2016

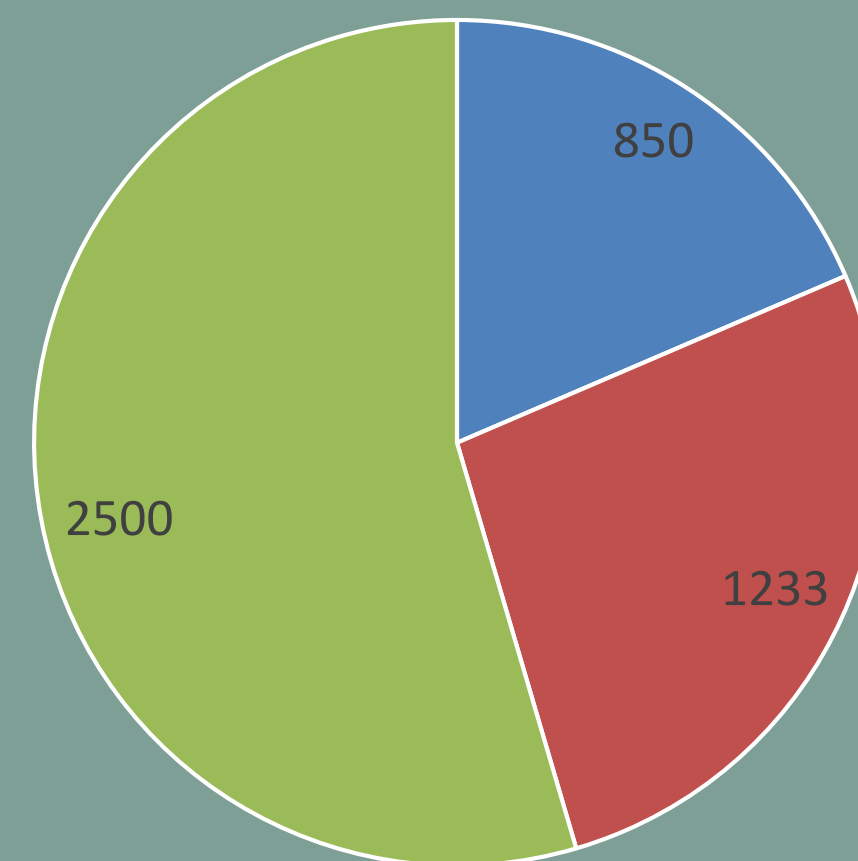
EUA

Em 2010 nos EUA foi estimado que 2% da água doce utilizada foi proveniente de efluentes de esgoto doméstico (cerca de 7% dos esgotos domésticos tratados).

Os maiores projetos estão na Califórnia, Texas, Arizona e Florida.



Volume Utilizado (M/m³/Ano)



■ 2010 ■ 2020 ■ 2030

Reúso

Indústria de Cosméticos Natura, irrigação das áreas verdes, com efluentes industriais, desde 2006.

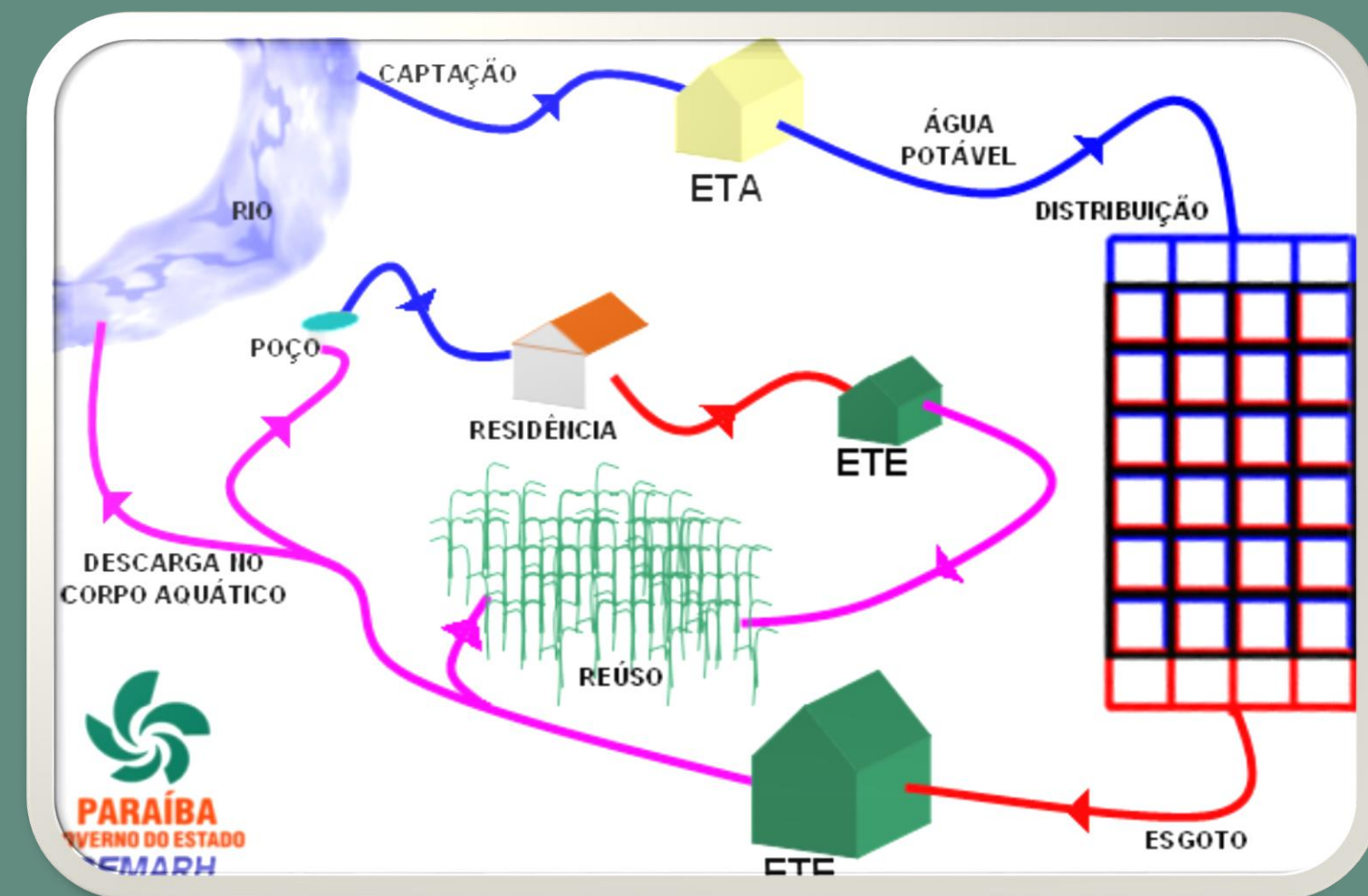
BRASIL



BRASIL

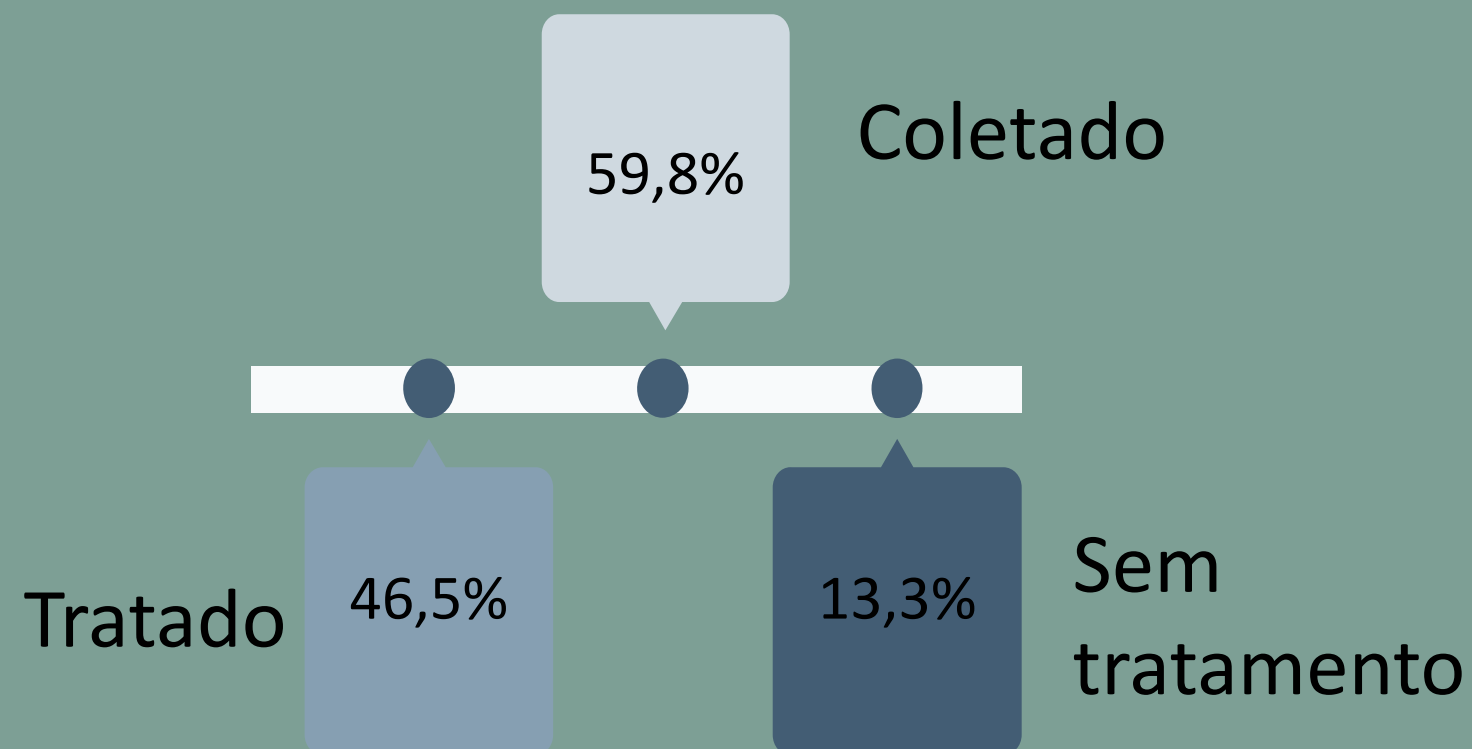


Reúso
Necessidade ou
Realidade?

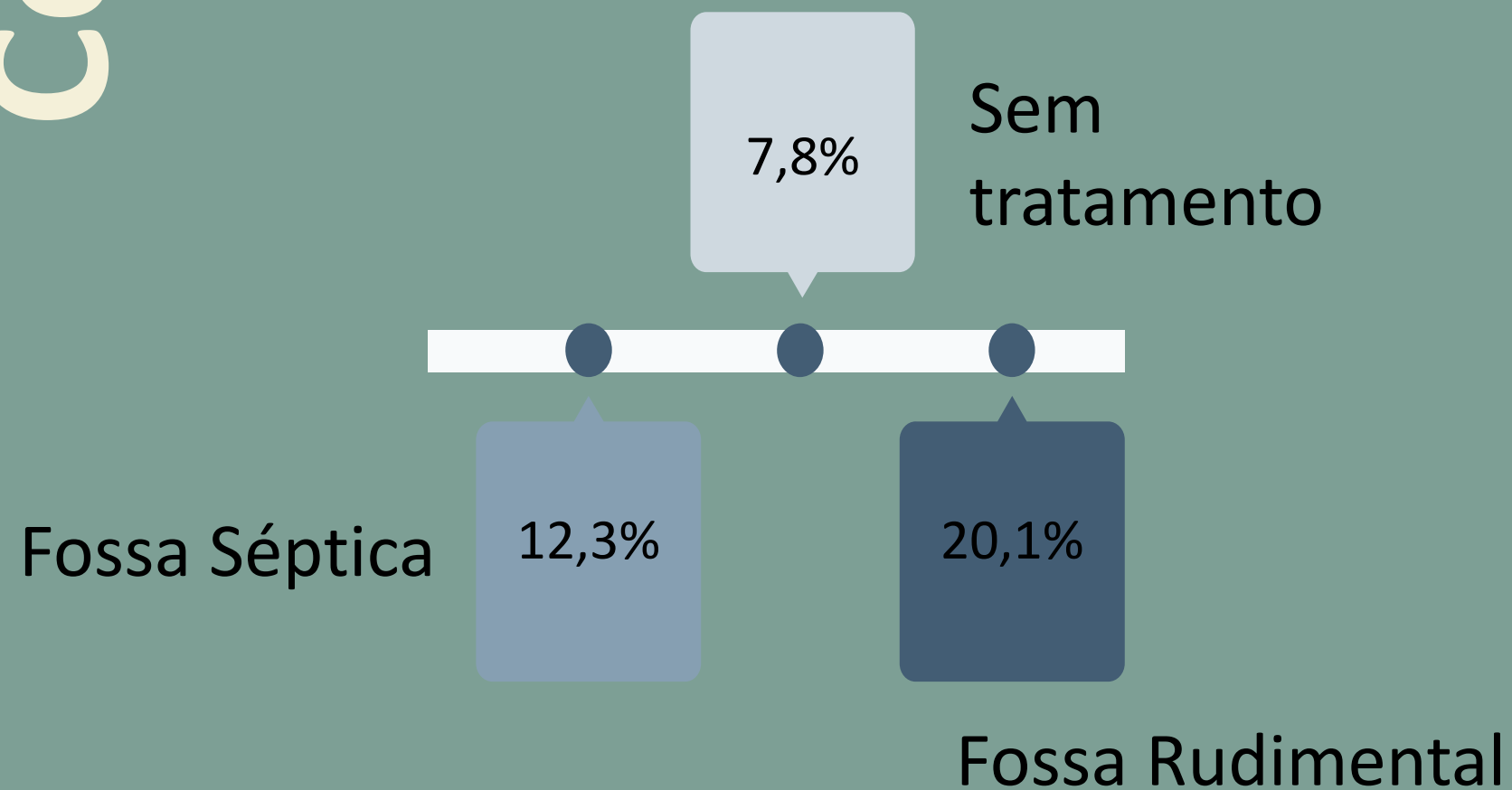


Contexto

SISTEMA COLETIVO



SISTEMA INDIVIDUAL



Índice de Esgotamento Sanitário Urbano

BRASIL

Saneamento

No total de 5.570 municípios, 1893 abrigam 3.419 ETE ativas. (ANA, 2020).



Contexto



TIPOLOGIA DA ETEs

46,5% de atendimento da população urbana com sistemas coletivos de coleta e tratamento de esgotos



Contexto



Índice de Esgotamento Sanitário

População urbana: sistemas coletivos e individuais

Irrigação

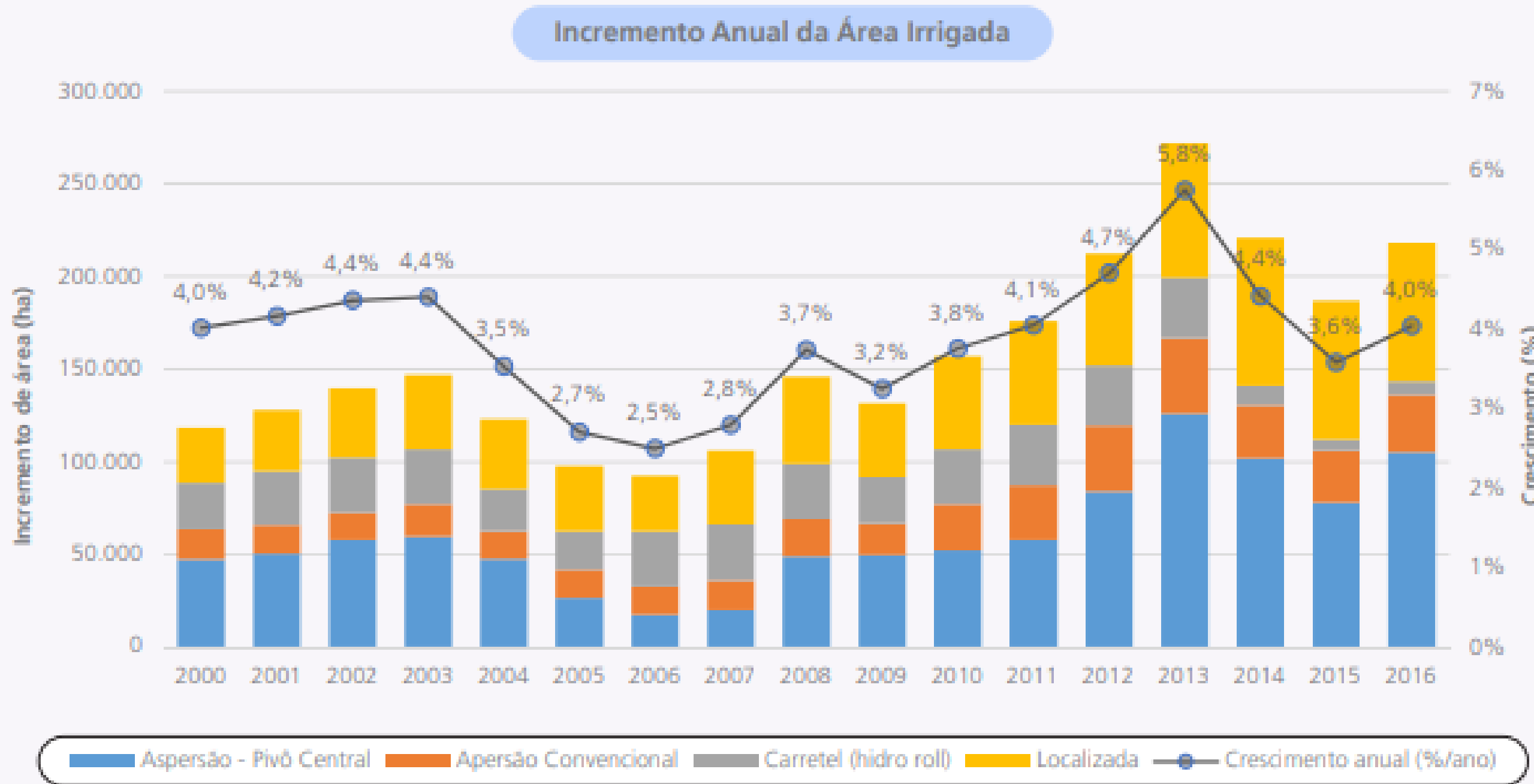
A área irrigada tem crescido a taxas médias superiores a 4% ao ano, desde a década de 1960 (ANA, 2017).



BRASIL

Foto: Irrigabras.

Contexto



Uso da água pela irrigação

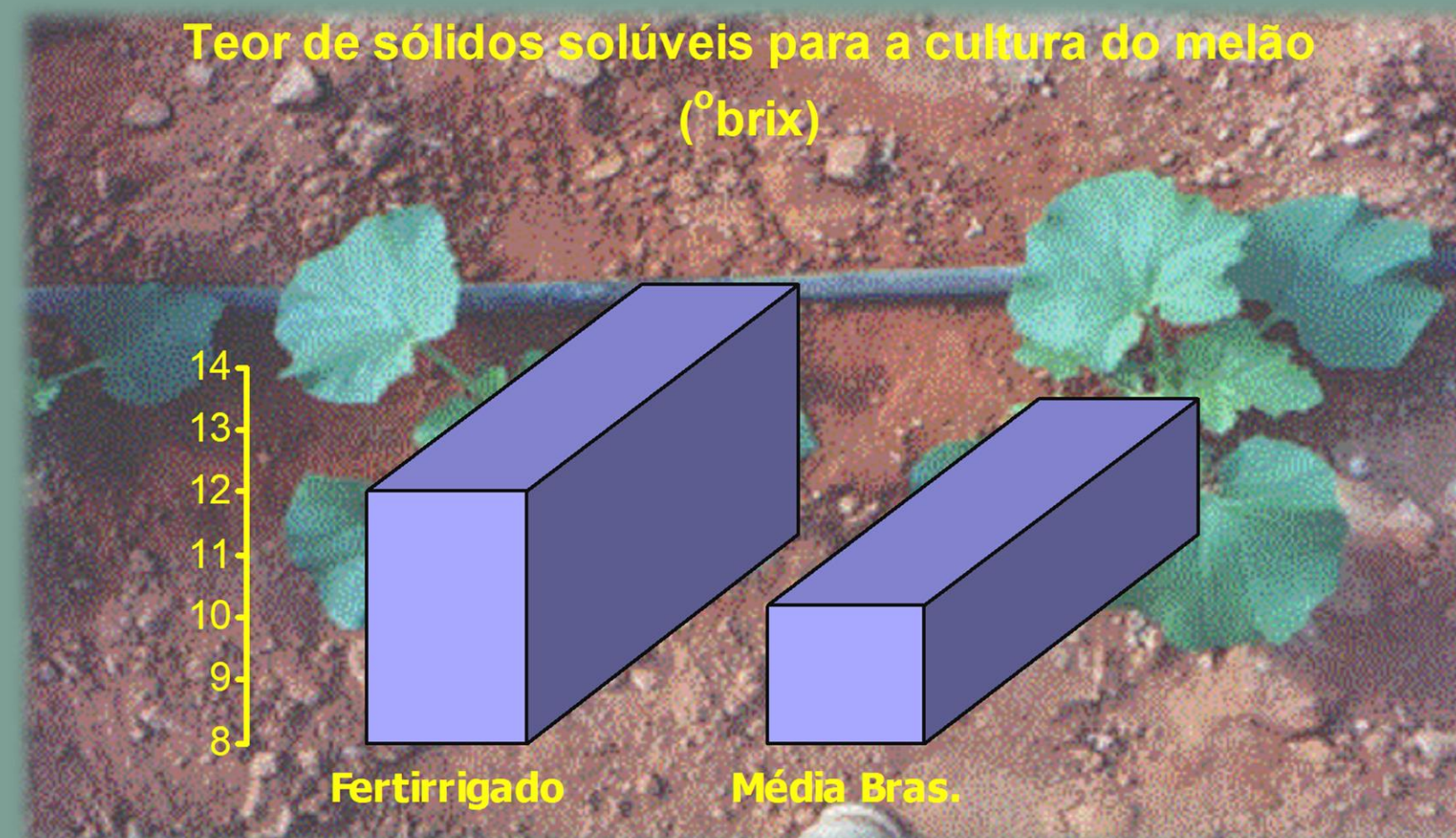
A irrigação é responsável 46% da água retirada (2.105 m³/s) e 67% da vazão de consumo (1.110 m³/s).

Fonte: ANA (2017).

Contexto



Fonte: ANA (2020).



Fonte: Ministério da Agricultura.

Produção pela agricultura irrigada

A agricultura irrigada está presente em 2,5% da área total, representa 20% da terra cultivada e gera cerca de 40% da produção agrícola global (UNESCO, 2020)

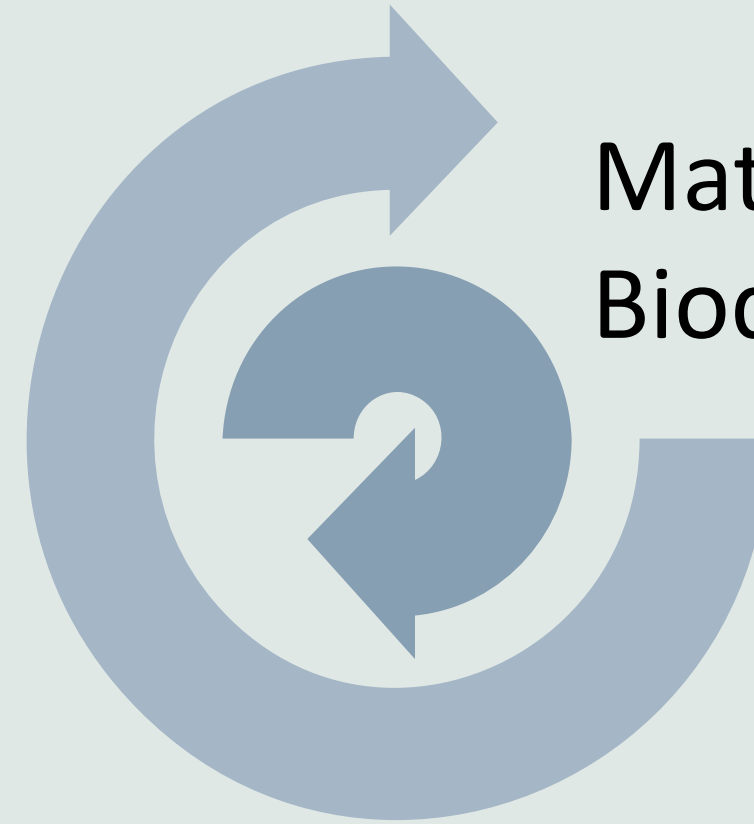


Irrigação de Culturas

A irrigação de culturas com efluente tratado pode ser parte ativa do sistema de tratamento, onde o solo e as plantas atuam como “filtro vivo”.

Efluentes

Para Irrigação

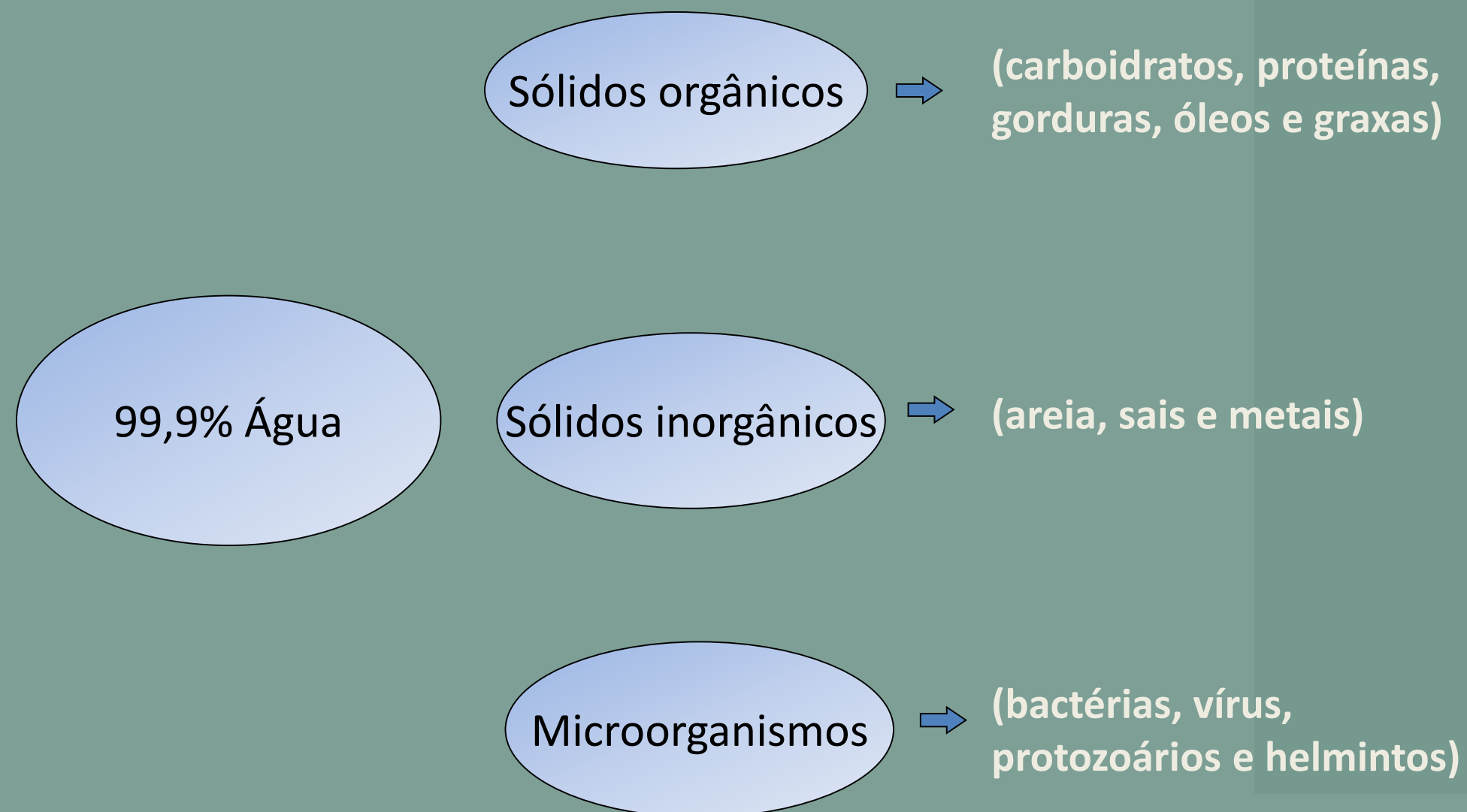


Matéria Orgânica
Biodegradável



Isento de Metais
Pesados

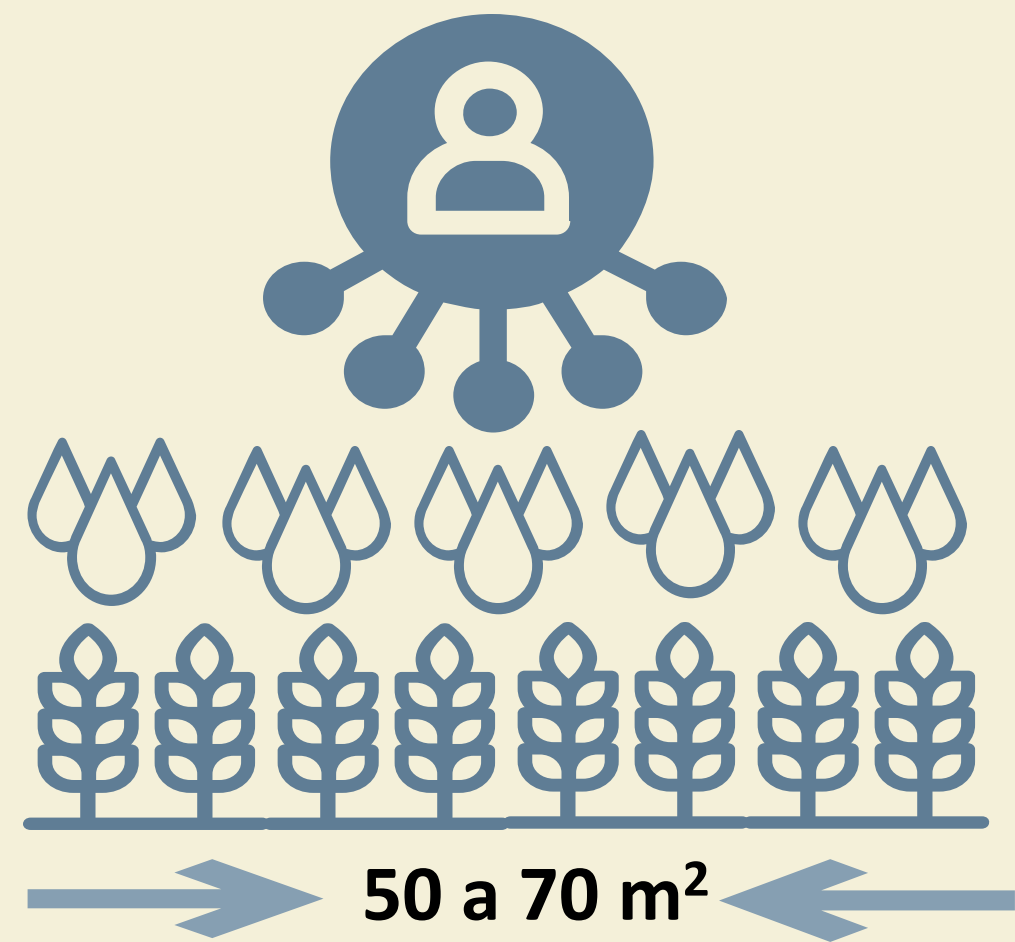
Conceito



Fonte: Von Sperling et al. 2003.

Constituintes dos efluentes domésticos

O uso domiciliar da água pode acrescentar elevados teores de sais e de sólidos dissolvidos inorgânicos, resultante da própria dieta humana e da utilização de produtos de limpeza.



Efluentes Domésticos

Geração média de 100 a 200 L/hab./dia.
(Von Sperling et al., 2003).

Contexto

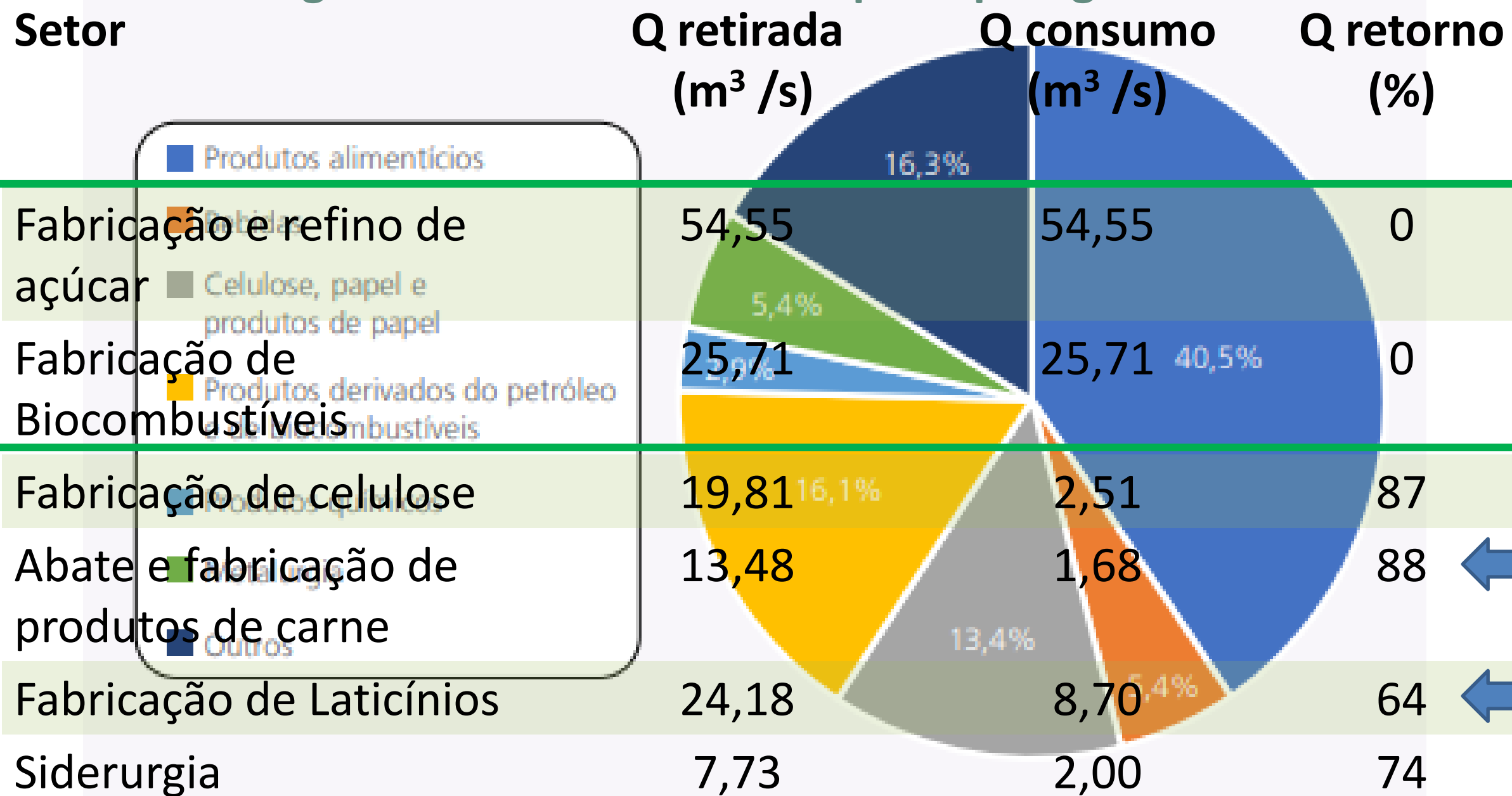
Parâmetro	Unidade	Faixa de resultados
DQO	mg/L	500-800
DBO ₅	mg/L	200-350
SST	mg/L	300-400
NT	mgN/L	35-50
P-total	mgP/L	6-10
Sólidos Sedimentáveis	mL/L	10-20
Cloreto	mg/L	30-100
Sulfato	mg/L	20-50
Sódio	mg/L	50-250
pH	-	7-8
Coliformes fecais	CF/100mL	10 ⁷ -10 ⁹
Ovos de Helmintos	N°/L	10-200



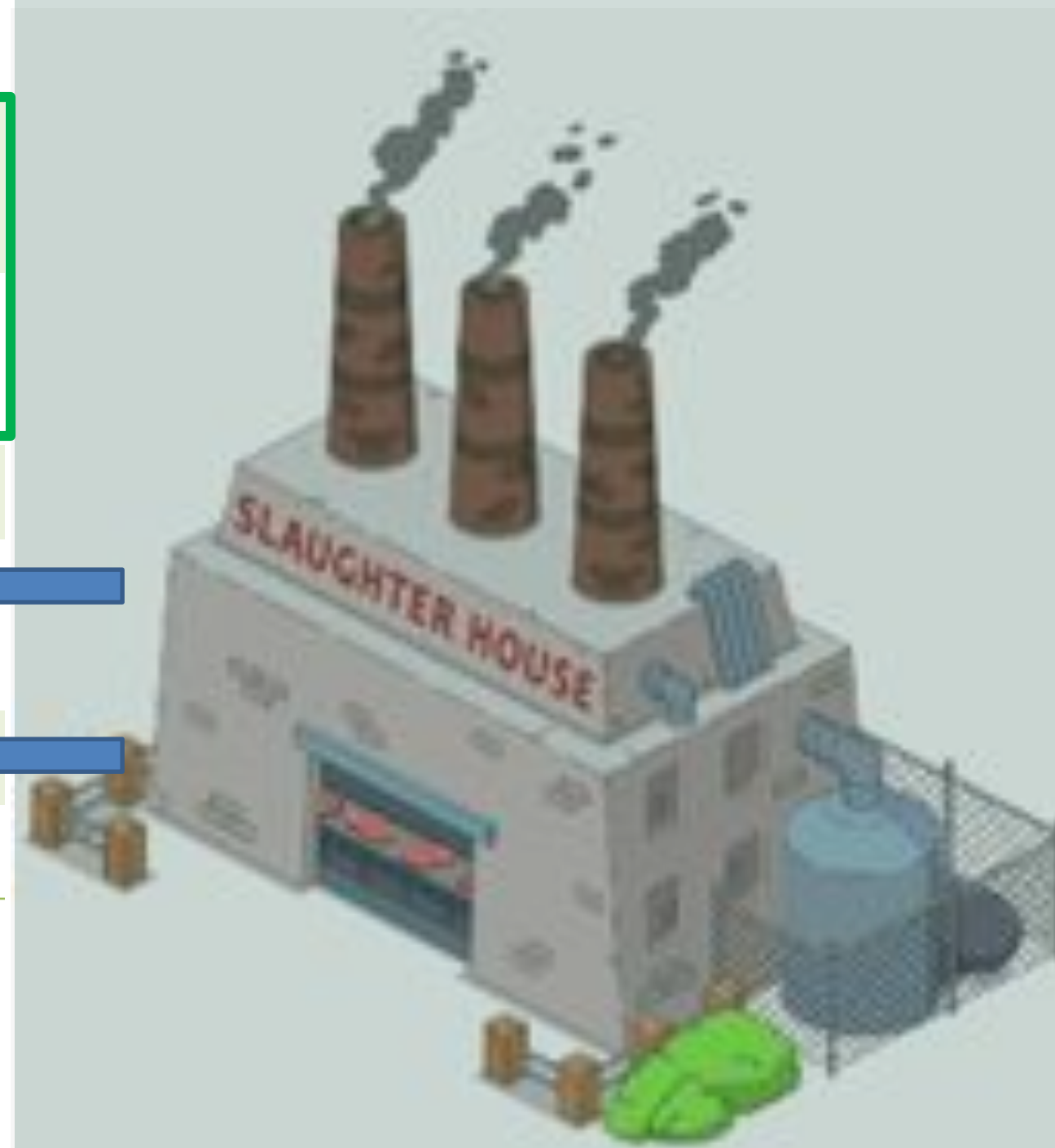
Constituintes dos efluentes domésticos

BRASIL

Porcentagens de vazões retiradas por tipologia industrial



Fonte: ANA, 2017.



Efluentes da Agroindústria



Reúso

- Onde se fizer necessário à irrigação de culturas, os efluentes tratados podem suplementar os recursos hídricos primários;
- Potencial para complementar os sistemas biológicos de tratamento de efluentes, preservando os corpos d' água;
- Fornecer umidade aos solos, com parcial economia em fertilizantes.

Reúso



- ordem sanitária, relaciona-se às diretrizes microbiológicas recomendadas para uso de efluentes orgânicos na agricultura (WHO , 2006);
- ordem ambiental, acumulação de metais pesados e elementos tóxicos nos solos e plantas, à contaminação das águas subterrâneas por estas substâncias e pelo nitrato (YADAV et al., 2002, LEAL et al., 2009);
- aumento da salinidade e sodicidade dos solos (ASSOULINE & NARKIS, 2011), mudanças em suas propriedades físicas (GLOAGUEN, 2005);
- aporte desbalanceado de nutrientes às plantas (BLUM 2011, PEREIRA et al., 2011)

Conceito

Categoria	Uso	Exposição	Irrigação	Ovos Helmintos*	Coliformes Termotolerantes**
A	Jardins	Trabalhador, público	Qualquer	≤ 1	≤ 200
B	Cereais, cultura processada, silvicultura, forrageira para feno e silagem	B1-trabalhadores e comunidades vizinhas, exceto crianças menores de 15 anos	aspersão	≤ 1	$\leq 10^5$
		B2 idem a B1	Inundação, sulcos	≤ 1	$\leq 10^3$
		B3-trabalhadores e comunidades vizinhas, incluindo crianças menores de 15 anos	Qualquer	≤ 1	$\leq 10^3$
C	Aplicação localizada de culturas de categoria B, se não ocorrer exposição de trabalhadores e público	Nenhum	Gotejamento e Microaspersão	Não aplicável	Não aplicável

*(média aritmética de nº de ovos/L); **(média geométrica do Nº/100 mL).

Valores Microbiológicos

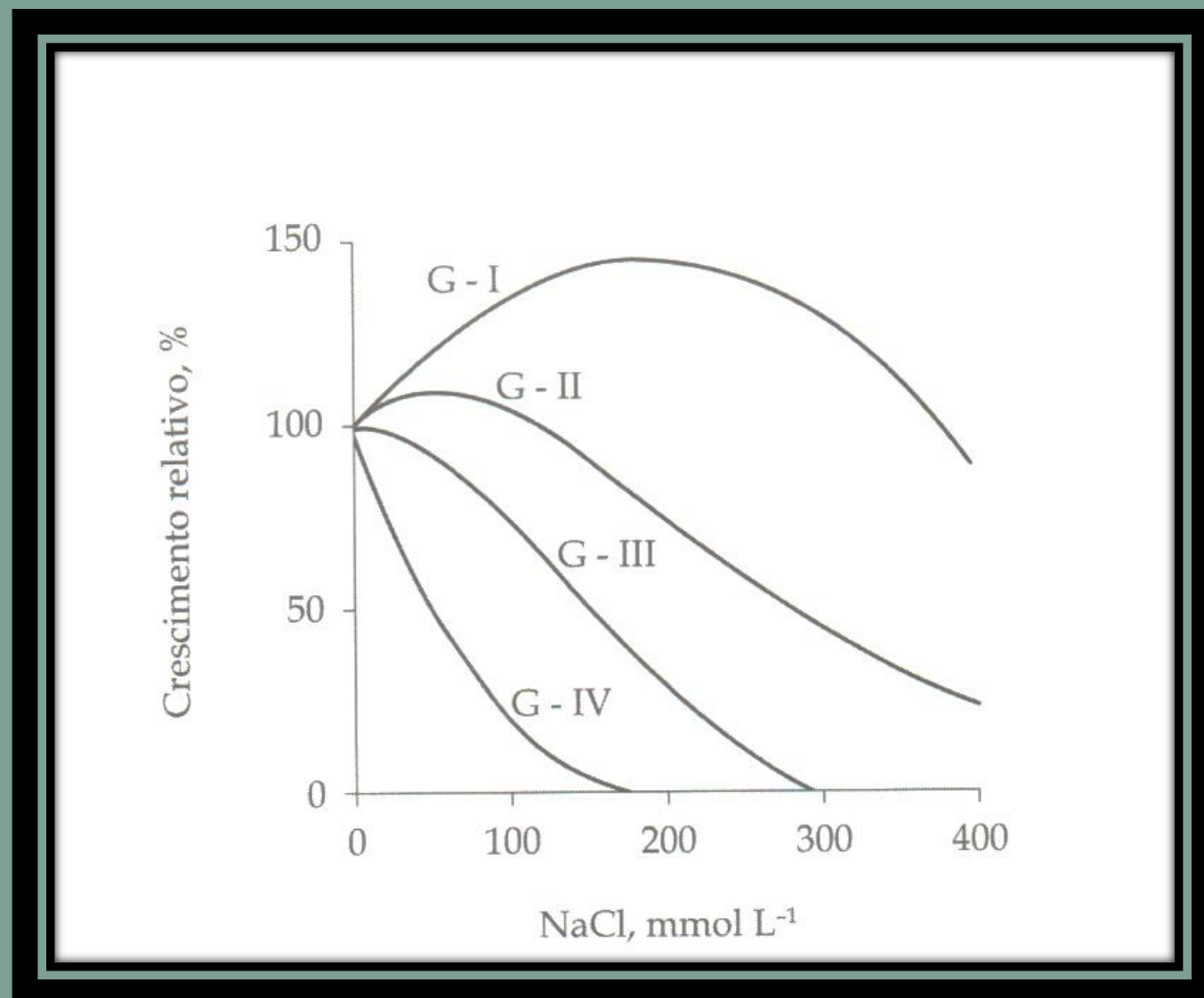
Fonte: WHO, 2000.



Eficiência Agronômica

Manutenção da produtividade das culturas, preservação do solo e dos aquíferos subterrâneos

Conceito



Fonte: Marschner, 1995.

G-I-Halófitas;
G-II – Beterraba
G-III – Cevada
G-IV - Feijão

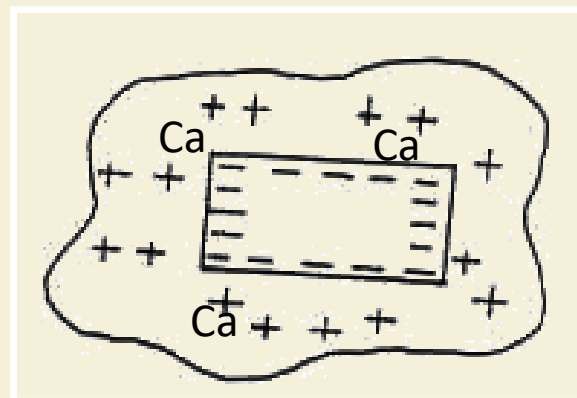
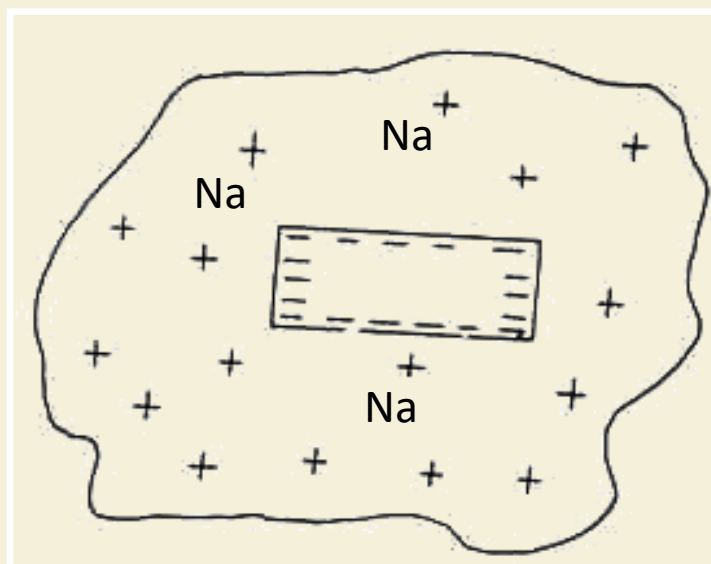


Salinidade

A salinidade pode reduzir a retirada de água do solo pela planta, por alteração do potencial osmótico, na solução do solo.

Conceito

$$RAS = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}}$$



Risco de Sodicidade

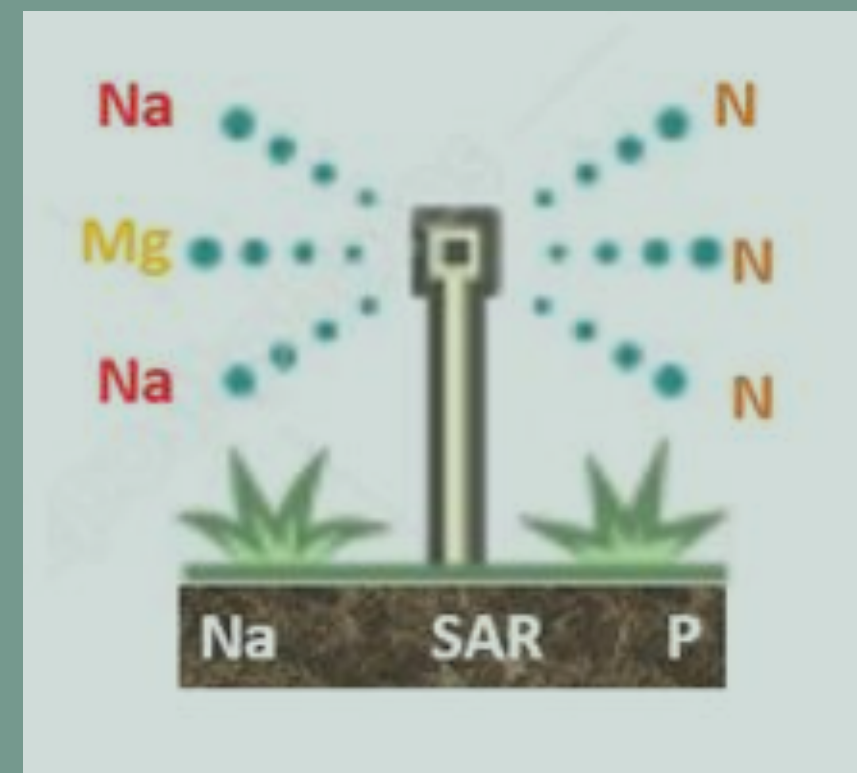
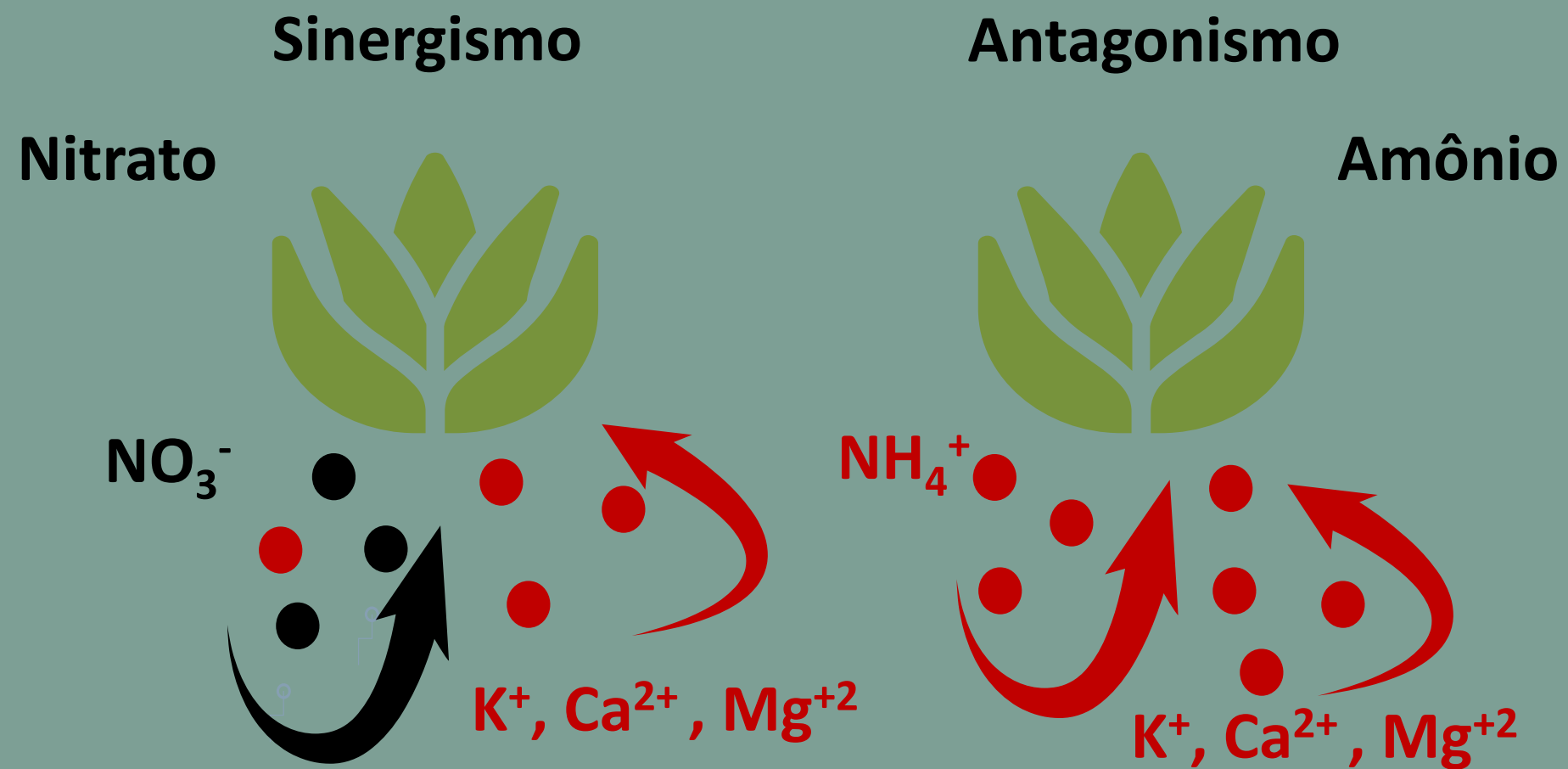
RAS (mmolc/L) ^{1/2}	Nenhum	Crescente	Severo
0-3	>0,70	0,70-0,20	<0,20
3-6	>1,20	1,20-0,30	<0,30
6-12	>1,90	1,90-0,50	<0,50
12-20	>2,90	2,90-1,30	<1,30
20-40	>5,00	5,00-2,90	<2,90

Fonte: AYERS e WESTCOT (1991).

Sodicidade

A atmosfera iônica de partículas coloidais, saturada com íons de sódio e com íons de cálcio.

Conceito



Fonte: Adaptado de Holwerda, H. T. (IPNI, 2015)

Antagonismo e Sinergismo

O Sódio em alta concentração pode alterar o estado de complexação catiônica do solo, competindo com elementos essenciais às plantas.

Conceito

Problema	Unidade	Grau de Restrição de Uso		
		Nenhum	Ligeiro/Moderado	Severo
Físico Sólidos em suspensão	mg/L	<50	50-100	>100
Químico pH		<7	7-8	>8
Sólidos Solúveis	mg/L	<500	500-2.000	>2.000
Manganês	mg/L	<0,1	0,1-1,5	>1,5
Ferro	mg/L	<0,2	0,2-1,5	>1,5
Ácido Sulfídrico	mg/L	<0,2	0,2-2,0	>2,0
Biológico Populações Bacterianas	N ⁰ /mL	<10.000	10.000-50.000	>50.000

Fonte: Adaptado de Nakayama & Bucks (1986)



Entupimento de Emissores de Irrigação

Resultados de Pesquisas

Esgoto Doméstico		Laticínio		Abatedouro		Laticínio	Abatedouro
2009	2010	2012	2013	2015	2017	Psicultura PRESENTE	
Gotejamento Subsuperficial	Aspersão Convencional	Vaso	Gotejamento	Vaso	Aspersão Convencional	Gotejamento Subsuperficial	Aspersão Convencional
							

Efluentes Domésticos

Projeto Temático - NUPEGEL

USO DE EFLUENTES DE ESGOTOS TRATADOS POR PROCESSOS BIOLÓGICOS (LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO E REATORES UASB/LODOS ATIVADOS) EM SOLOS AGRÍCOLAS

ETE – CECAP/Piracicaba



ETE – Lins



ETE – Piracicamirim



Projeto Temático - NUPEGEL

LINS – Início 2001

Milho



Girassol



Tifton



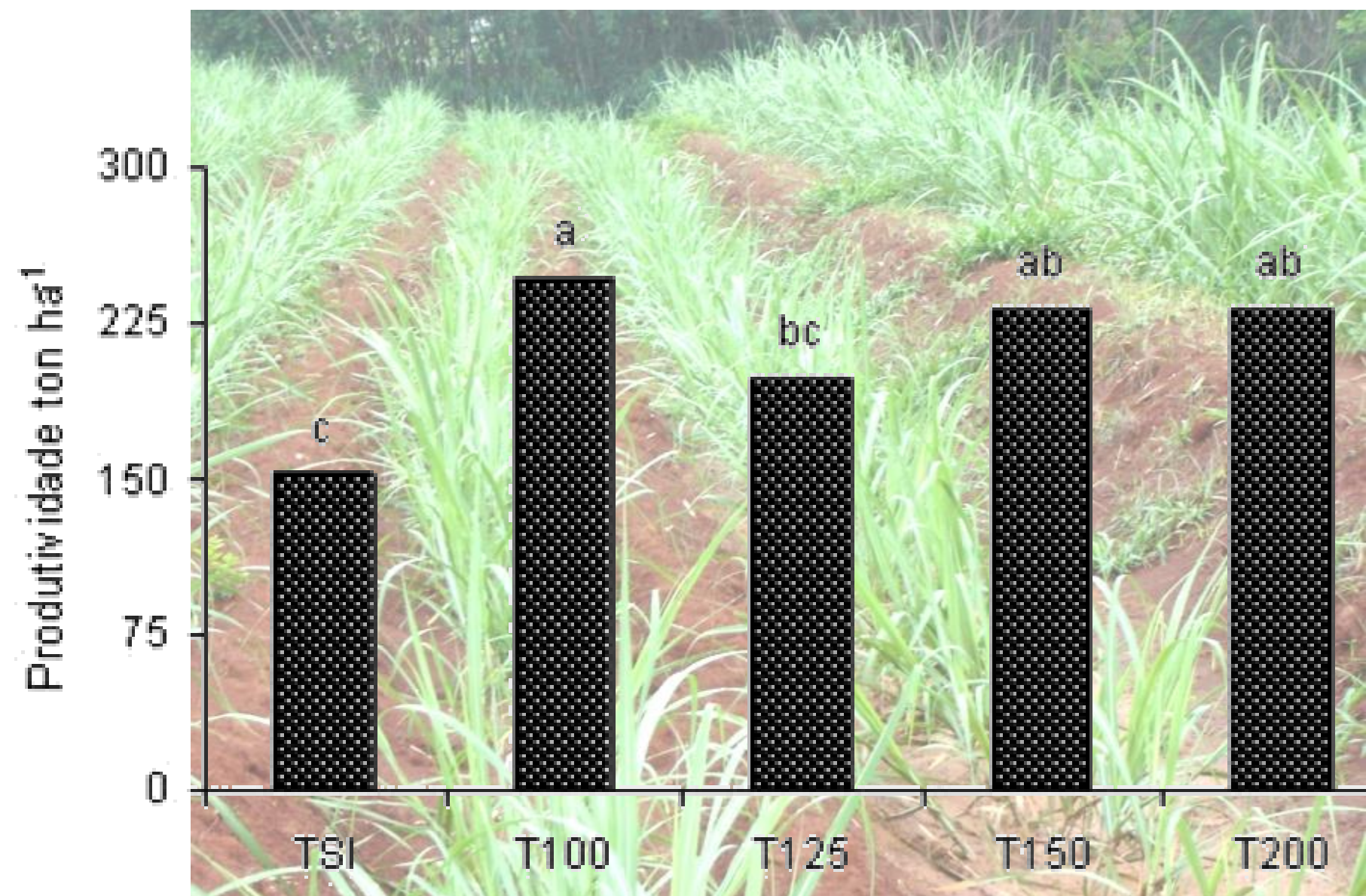
Cana-de-açúcar



Café



Produtividade Cana-de-açúcar



Leal, 2007

Segundo estimativa do Instituto FNP, a produtividade média brasileira na safra 05/06 de cana de ano de 1º corte e de ano e meio, como a variedade aqui empregada, foi de aproximadamente 107,50 ton ha⁻¹ (AGRIANUAL, 2006).

Fertilizante Tifton 85



Tratamento	1 Ano	2 Ano	Média
Irrigação H ₂ O + 520Kg N ha ⁻¹	32,91	32,62	32,76bc
Irrigação EETE	19,85	28,89	24,37d
Irrigação EETE+ 172 Kg N ha ⁻¹	28,36	35,93	32,15c
Irrigação EETE+ 343 Kg N ha ⁻¹	32,43	37,02	34,73b
Irrigação EETE+ 520 Kg N ha ⁻¹	37,82	39,29	38,55a

Fonseca et al., 2007

Economia de até 66% de fertilizante nitrogenado.

Projeto Temático - NUPEGEL

Piracicaba – Início 2007

Cana-de-açúcar

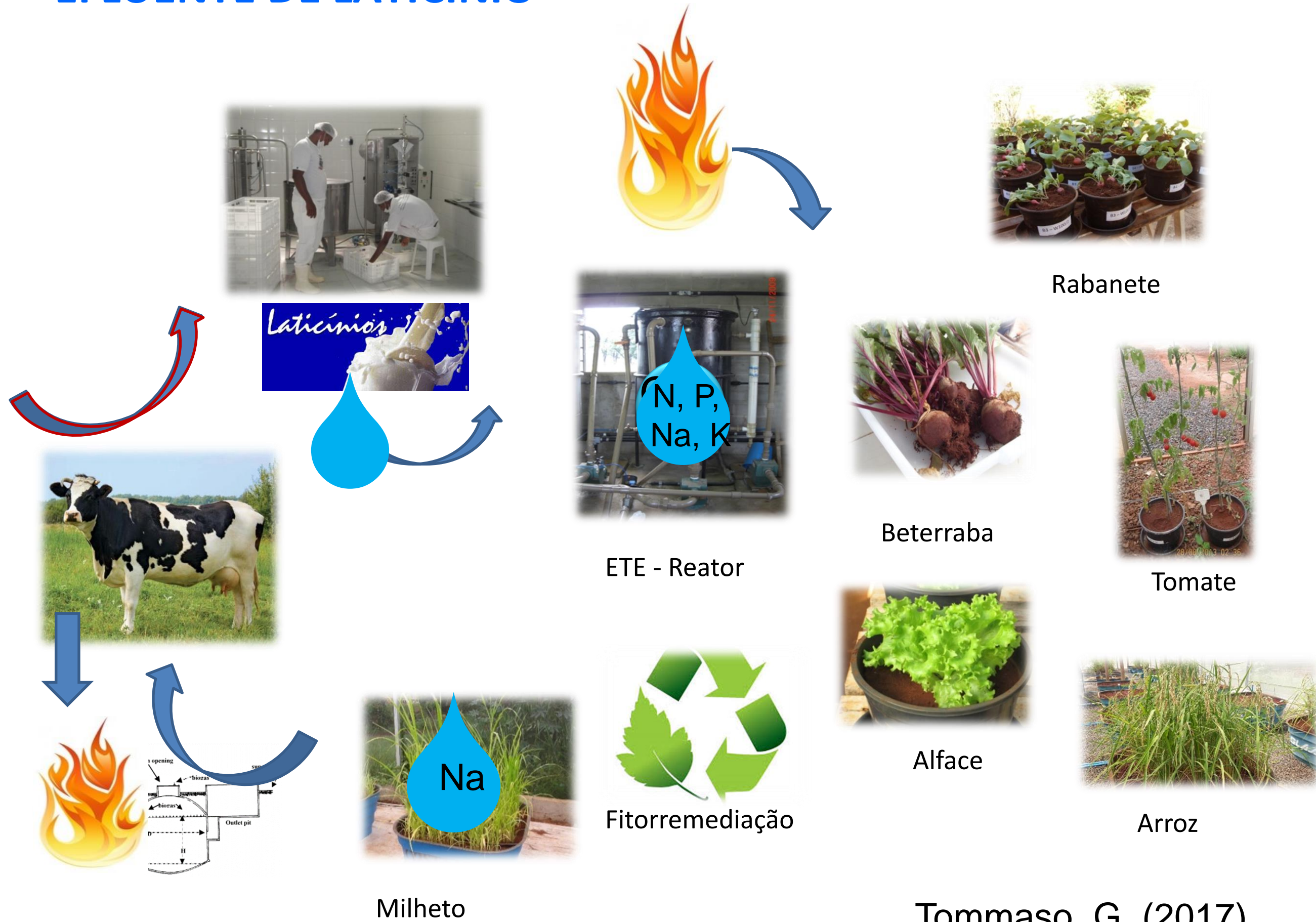


Laranja



Efluentes da Agroindústria

EFLUENTE DE LATICÍNIOS

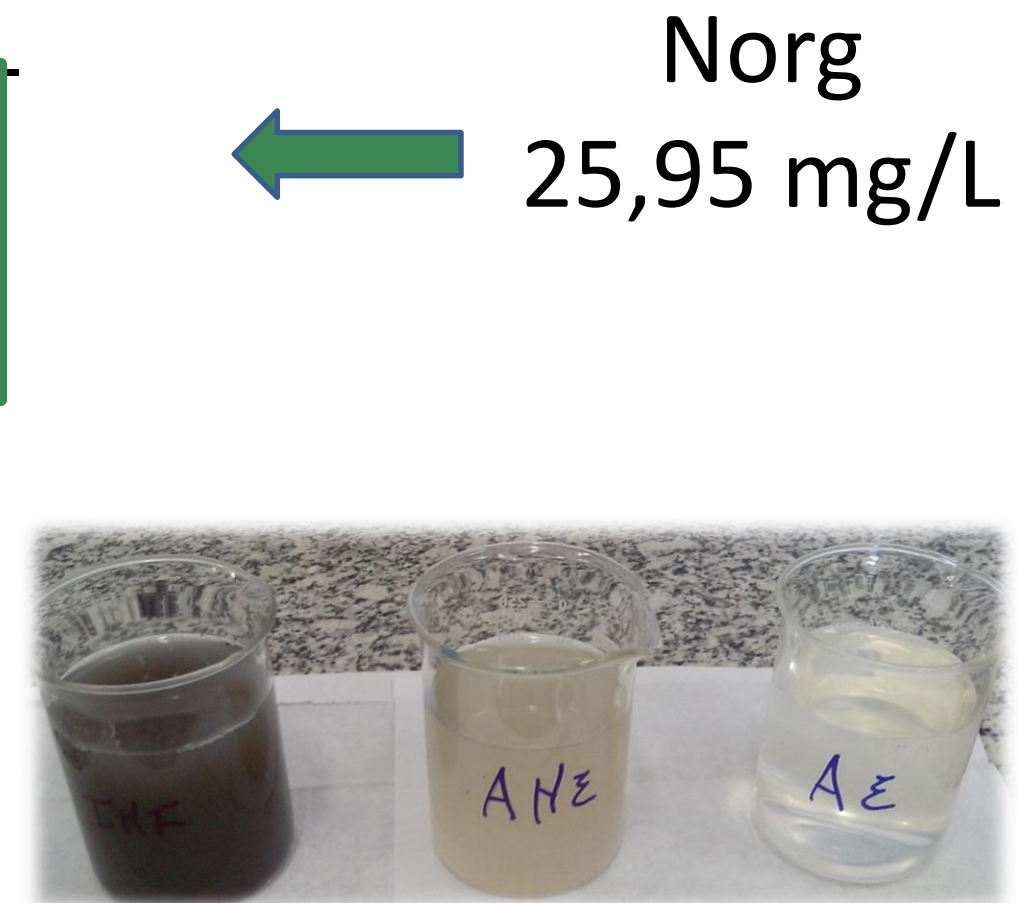


EFLUENTE DE LATICÍNIO

Table 2. Mean values of physico-chemical parameters of the dairy treated wastewater and Tap water at Pirassununga (SP), Brazil.^[a]

Parameter	TW	AE	ANE
TKN-N (mg L ⁻¹)	ND	1.39±2.77	42.24±1.77
NH ₄ ⁺ - N (mg L ⁻¹)	ND	0.31±0.62	16.29±9.05
NO ₃ ⁻ - N (mg L ⁻¹)	0.20±0.04	10.60±4.51	0.37±0.44
NO ₂ ⁻ - N (mg L ⁻¹)	0.20±0.40	4.50±1.73	0.09±0.05
PO ₄ ⁻ - P (mg L ⁻¹)	ND	0.80±0.16	1.30±0.23
Ca ²⁺ (mg L ⁻¹)	3.27±0.97	42.84±22.34	45.43±14.24
Mg ²⁺ (mg L ⁻¹)	1.68±1.02	51.44±35.79	52.79±53.09
Na ⁺ (mg L ⁻¹)	ND	50.25±13.05	69.80±18.43
SAR (mmol _c /L) ^{1/2}	-	1.32±0.32	1.86±0.49
K ⁺	0.50±0.14	112.50±79.23	56.77±70.36
EC (dS m ⁻¹)	0.03±0.00	1.15±0.53	2.05±0.69
pH	6.97±0.32	8.27±0.20	7.92±0.16
Bicarbonate alkalinity (mg L ⁻¹)	19.75±7.80	682.12±225.65	1,256.53±306.27
Total volatile acids (mg L ⁻¹)	10.22±1.45	25.61±5.29	66.82±42.82

^[a] TW=tap water; AE=aerobic effluent; ANE=anaerobic effluent; TKN=total Kjeldahl nitrogen, SAR=Sodium Adsorption Rate; EC=electrical conductivity; ND=not detected.





Filtro de manta



Ultravioleta

Sistema de Filtragem e Desinfecção de Efluente



Estufa de Reúso

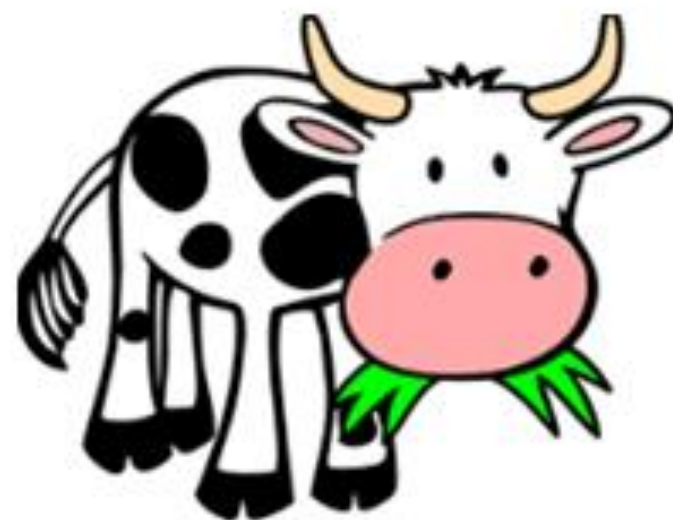
EFLUENTE DE ABATEDOURO



RAW EFFLUENT



AGRICULTURAL REUSE



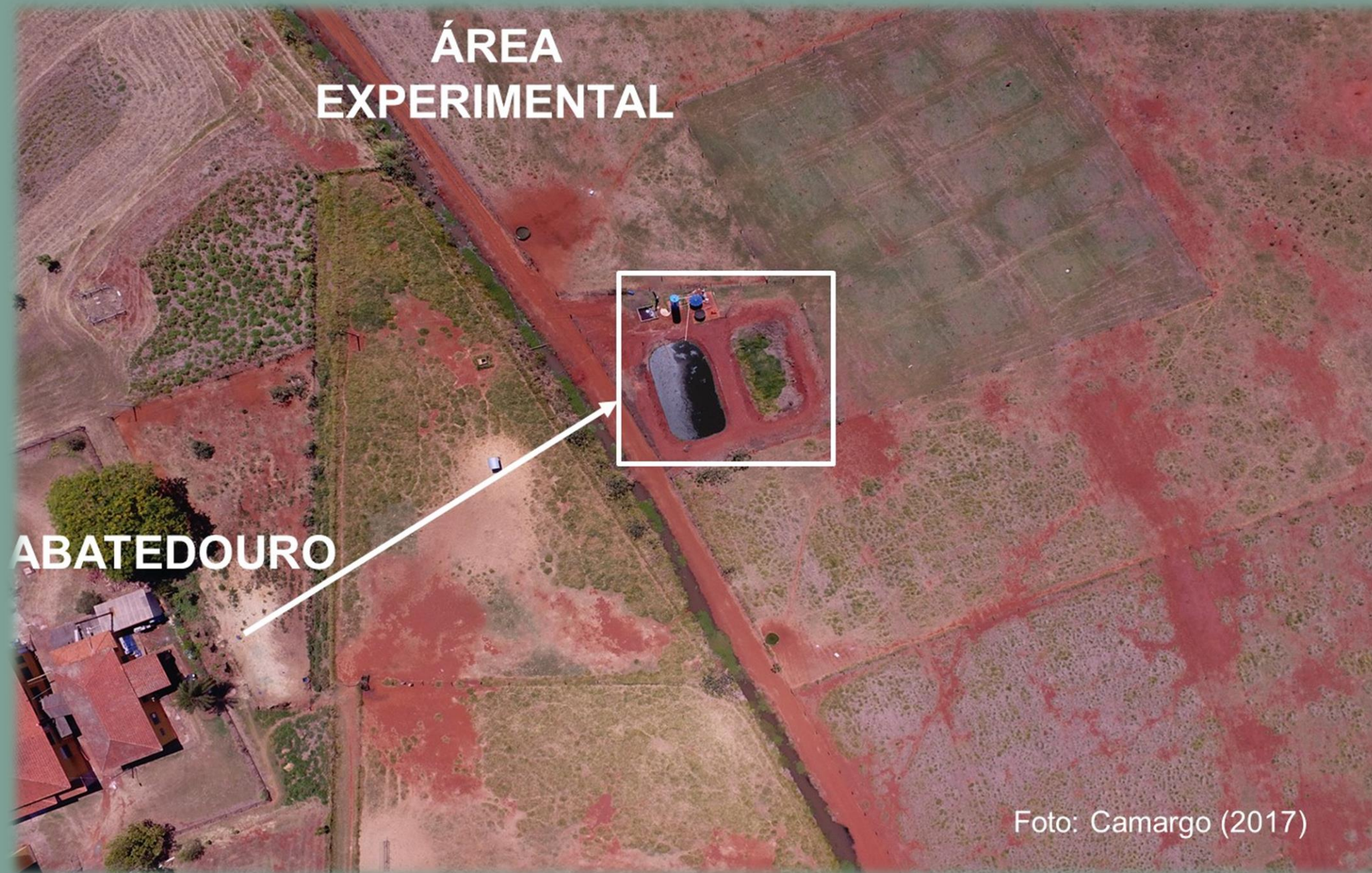
HAY



Efluente de Abatedouro

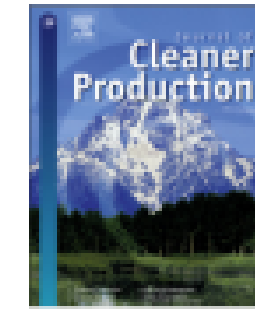
Parâmetro	Unidade	Resultados
N-NTK	mg/L	211,00±63,32
N-NH ₄ ⁺	mg/L	146,04±44,63
N-NO ₃ ⁻	mg/L	0,96±0,80
N-NO ₂ ⁻	mg/L	0,12±0,12
N-NT	mg/L	176,00±52,32
P-total	mg/L	2,06±0,87
K ⁺	mg/L	24,53±8,67
Ca ⁺²	mg/L	15,90±3,23
Mg ⁺²	mg/L	3,52±1,38
S-SO ₄ ⁺	mg/L	4,44±2,03
Cloreto	mg/L	61,64±23,11
Sódio	mg/L	67,17±29,13
RAS	mmol/L ^{-1/2}	3,70±1,30
CE	dS/m	1,46±0,34
pH	-	7,37±0,35
SST	mg/L	83,61±32,89





Efluente de Abatedouro





Reuse in the agro-industrial: Irrigation with treated slaughterhouse effluent in grass



Luana Carolina Menegassi ^a, Fabrício Rossi ^b, Luma Danielly Dominical ^a, Giovana Tommaso ^c, Célia Regina Montes ^d, Catarina Abdalla Gomide ^e, Tamara Maria Gomes ^{b, *}

^a Department of Biosystems Engineering, Luiz de Queiroz College of Agriculture, University of Sao Paulo, Brazil

^b Department of Biosystems Engineering, Faculty of Animal Science and Food Engineering, University of Sao Paulo, Brazil

^c Department of Food Engineering, Faculty of Animal Science and Food Engineering, University of Sao Paulo, Brazil

^d Center for Nuclear Energy in Agriculture, University of São Paulo, Brazil

^e Department of Animal Science, Faculty of Animal Science and Food Engineering, University of Sao Paulo, Brazil

ARTICLE INFO

Article history:

Received 28 November 2018

Received in revised form

5 December 2019

Accepted 12 December 2019

Available online 13 December 2019

Handling Editor: CT Lee

Keywords:

Sprinkler

Cynodon

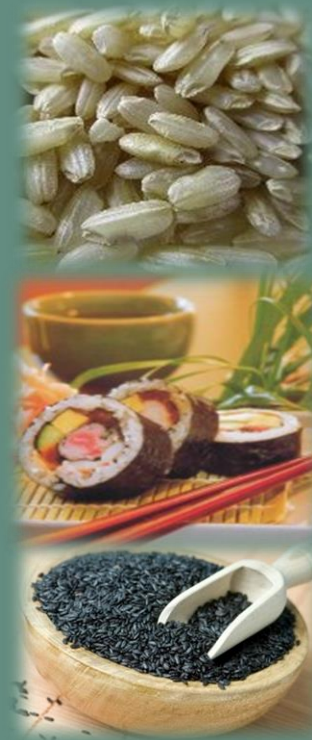
Nitrogen fertilization

Salinity

Anaerobic treatment

ABSTRACT

The animal slaughter and meat processing industries generate large sources of effluents, rich in organic matter that can be used in plants irrigation as strategy in order to reuse water in agricultural properties. The objective of this work was to evaluate the production and the composition of coastcross grass for hay production by sprinkler irrigation with urea effluent treated by the anaerobic exercise. The experimental was developed in randomized blocks, with five treatments and four replicates (5 × 4), with time sub-plots. The five treatments used were: (i) T1 - irrigation with surface water plus 50.0 kg ha⁻¹ cut⁻¹ nitrogen fertilization (NF) provided as urea; (ii) T2, T3, T4 and T5 - irrigation with treated slaughterhouse effluent (TSE) plus 0, 16.5, 33.0 and 50 kg ha⁻¹ cut⁻¹ NF. The variables analyzed were the production of fresh and dry mass, soil chemical characteristics and prospective and bromatological analysis, during the winter and the summer. After the treatment, the effluent showed elevated concentration of total nitrogen (176.00 ± 52.32 mg L⁻¹) and a low to moderate saline potential (EC = 1.46 ± 0.34dSm⁻¹). In the winter the nutritional status and the coastcross grass production were kept by irrigation with the effluent, compared with the surface water treatment saving 100% of the nitrogen fertilization. The percentage of phosphorus, sodium and base saturation of the soil were altered by the wastewater. During the summer, the irrigation sludge with effluent were reduced due to rainfall inhalation, with less nutrients support. The higher precipitation occurrence at this season reduced the total amount of salt in the soil. The total production (winter and summer) of dry mass and fresh dough were superiors with the 100% NF treatments, regardless of the water source.



**Pesquisas
em
Andamento**



Arroz Especial



**Pesquisas
em
Andamento**

Efluente Psicultura Arroz



Pesquisas em Andamento



Foto: Fabrício Rossi

Rotação de Cultura

RECURSOS HÍDRICOS - REÚSO

Legislação

Lei 9.433
Política Nacional de
Recursos Hídricos

1997

Agência Nacional
das Águas - ANA

2000

2005

Resolução 357
Classificação dos
Corpos d' Água

Resolução 430
Lançamento de
Efluentes

2011

Diretrizes pelo Estado

PRESENTE

Resolução 503
Reúso em sistemas de
fertirrigação de efluentes
provenientes de indústrias de
alimentos, bebidas, laticínios,
frigoríficos e graxarias

2021

2010

Resolução 54
Prática de reúso direto
não potável de água

Resolução 121
Prática de reúso direto não
potável de água, na
modalidade agrícola e
florestal

2005

Experiência Mexicana

EXPERIÊNCIA MEXICANA



Cidade do México



EXPERIÊNCIA MEXICANA



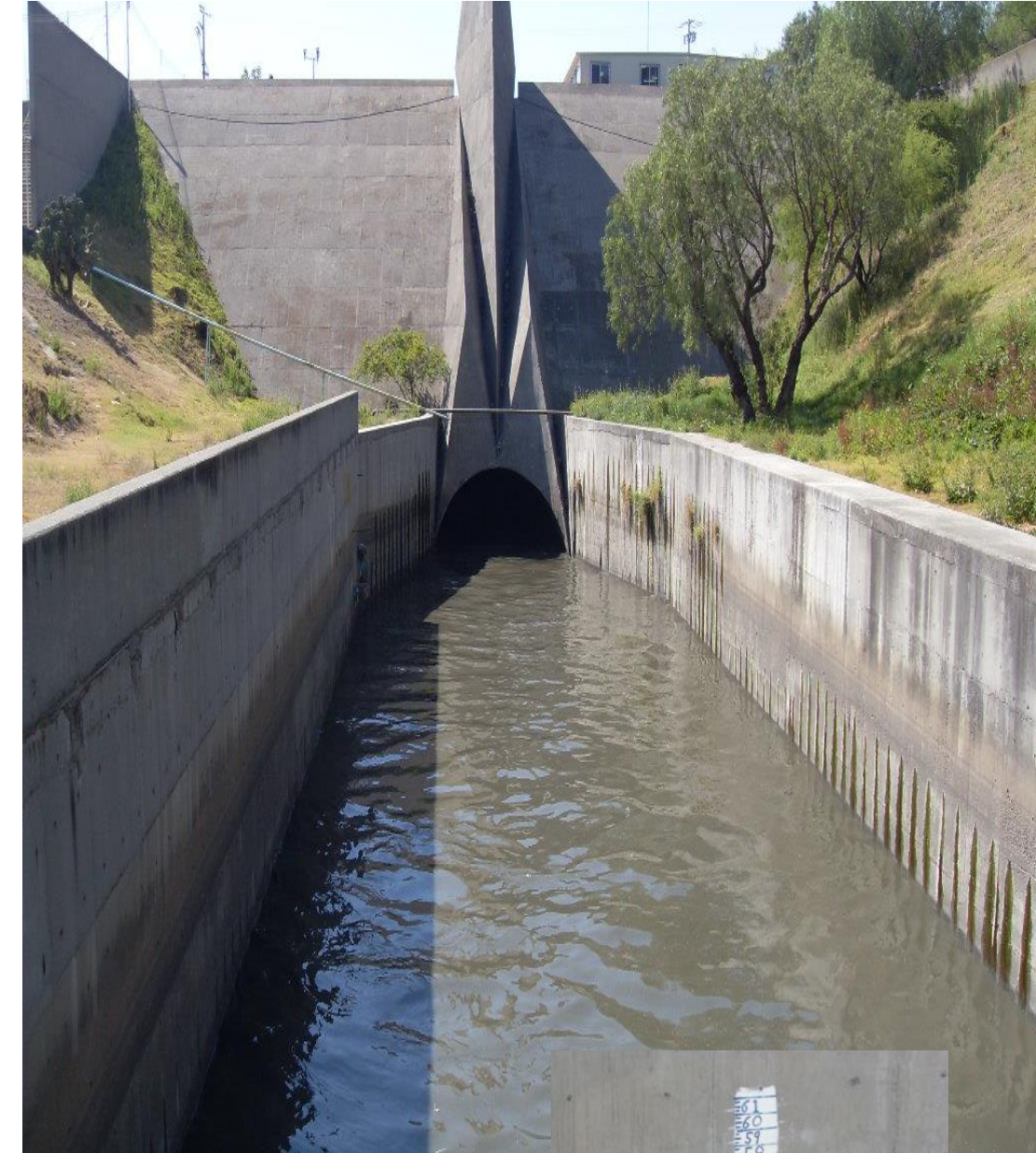
Mezquital – Vale Tula

Desnível: 300m

Distância: 60 Km

Área: 90.000 ha





Emissor



Construção de emissor





Condução





Reservatório



Distrito de Irrigação



Inundação





Feno



Manancial





Manancial

ETA





Irrigação em Hortaliças





Depuração



Piscicultura





Piscicultura





Lazer



RISCO





**MUITO
OBRIGADA!**