



**CÁLCULO DE INDICADORES DE DESEMPENHO OPERACIONAL
RELACIONADOS ÀS PERDAS DE ÁGUA PARA UM DISTRITO DE MEDIÇÃO E
CONTROLE (DMC) NA CIDADE DE CAXIAS DO SUL-RS**

Mariana Baratter Nascimento
Matheus Caregnato Sacchet
Raquel Samara L. Giacomini

Introdução

- A problemática das perdas de água nos Sistemas de Abastecimento
- Sistemas de Gestão, Plano de Segurança da Água (PSA), Lei nº 14.026/2020
- Programa de Controle e Redução de Perdas
- Indicador de desempenho operacional das prestadoras de serviço público de abastecimento
- **Indicadores de Desempenho – IWA-**
International Water Association –
(recursos hídricos, humanos, infra-estruturais,
de serviço e econômico-financeiros.

Op17 – Renovação de condutas (%/ano)

(Comprimento de condutas renovadas durante o período de referência x 365 / duração do período de referência) / comprimento de condutas x 100

$$Op17 = (D21 \times 365 / H1) / C8 \times 100$$

C8 - Comprimento de condutas (km)

D21 - Renovação de condutas (km)

H1 - Duração do período de referência (dia)

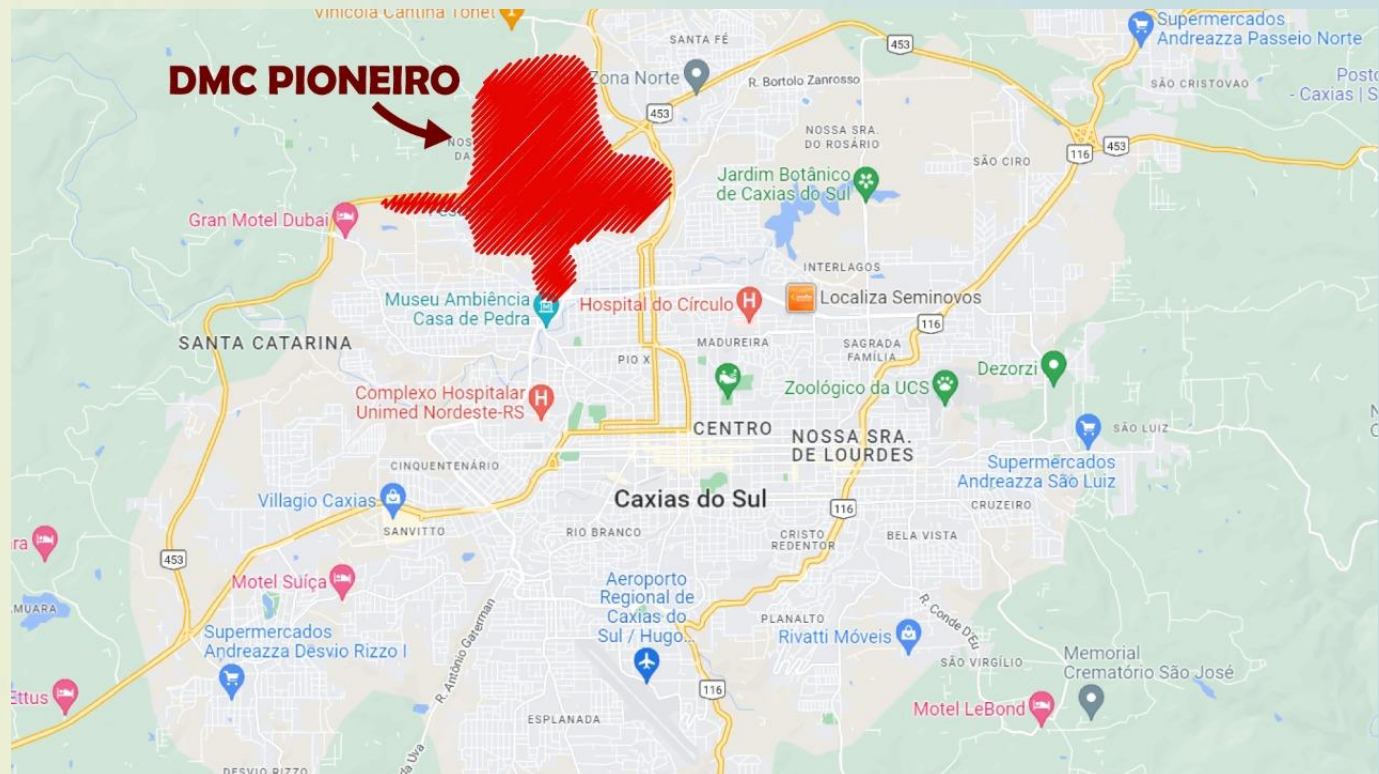
Recomenda-se que este indicador não seja utilizado para períodos inferiores a um ano porque os valores obtidos podem induzir em erros de interpretação. Preferencialmente, devem ser analisados valores anuais em conjuntos de vários anos. Se por algum motivo o período de referência utilizado for inferior ao ano, as comparações internas devem ser feitas com prudência e devem ser evitadas comparações externas.

Objetivo

Obter **indicadores de desempenho operacionais** relacionados às perdas de água em um Distrito de Medição e Controle através da utilização dos *softwares Benchloss NZ* e *SIGMA Lite (IWA)*, classificar os indicadores em faixas situacionais de modo a avaliar o desempenho atual e contribuir para a discussão de um instrumento de apoio à gestão de perdas pela prestadora de serviço de abastecimento de água.

Material e métodos

- Área de estudo



Área de estudo



Parâmetro	Unidade de Medida	Valor	Enquadramento do porte do sistema
Ligações	número	168.652	Médio
Comprimento de Rede	km	2.193,5	-
Densidade de ligações	Nº por km de rede	76,91	Muito Grande
Comprimento médio de rede	Metros por ligação	13	Grande

Parâmetro	Unidade de Medida	Valor	Enquadramento do porte do sistema	Comparação ao sistema de abastecimento
Ligações	número	3.716	-	2,20%
Comprimento de Rede	km	60,4	Acima do recomendado para DMC (25km)	2,75%
Densidade de ligações	Nº por km de rede	61,6	Grande	-
Comprimento médio de rede	Metros por ligação	16	Grande	-

DMC

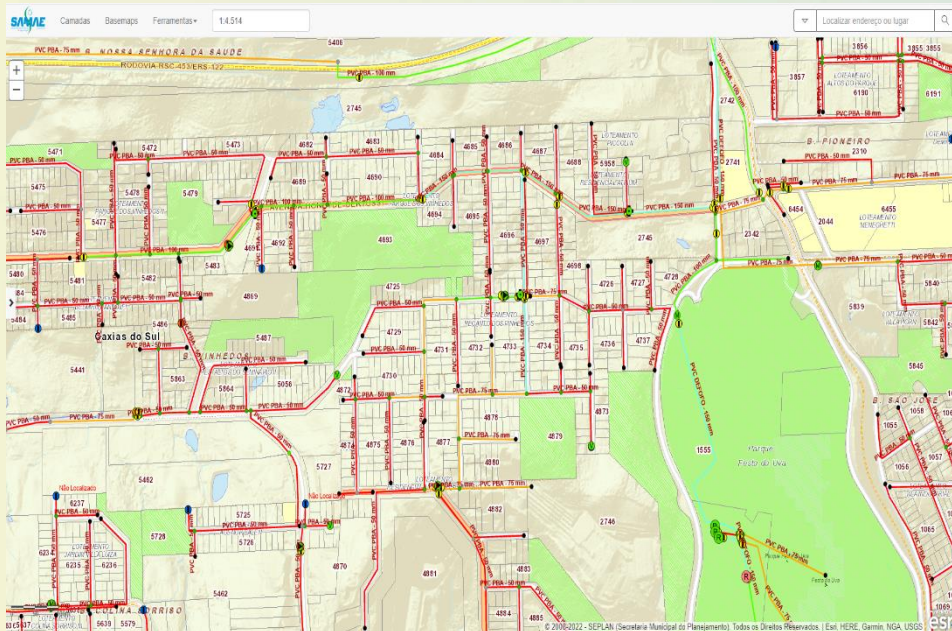


Material e métodos

- **Dados de entrada**
 - Limites de área, ligações de água, redes de abastecimento, macromedições, vazamentos, pressões, informações sobre serviços, trocas/reparos de componentes da rede
 - Dados comerciais - hidrômetros e fraudes
 - Balanço Hídrico

Material e métodos

- Dados de entrada



Orden de Serviço

Localizar endereço ou lugar

Nome de Serviço: []

Endereço: []

Localização: []

Nome: []

CPF: []

Nome do Serviço: []

Nome de Serviço: []

Nome: []

Endereço: []

Localização: []

Nome: []

Endereço: []

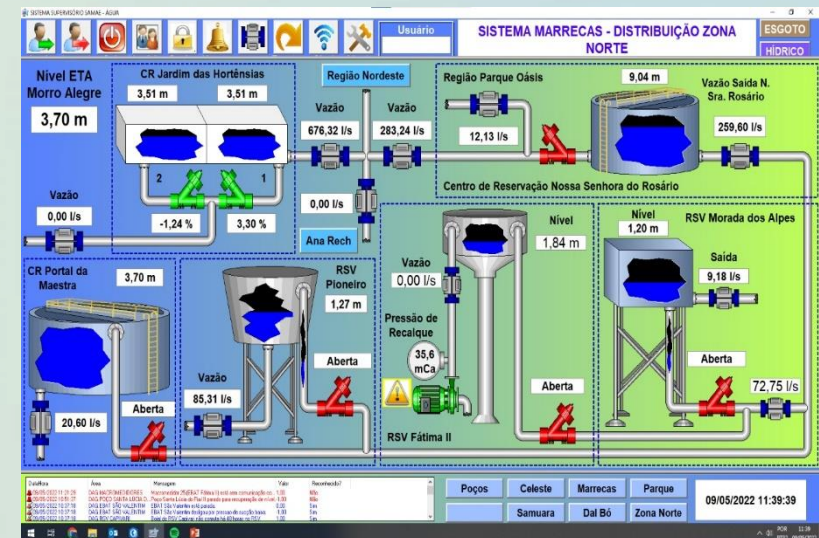
Localização: []

Nome: []

Endereço: []

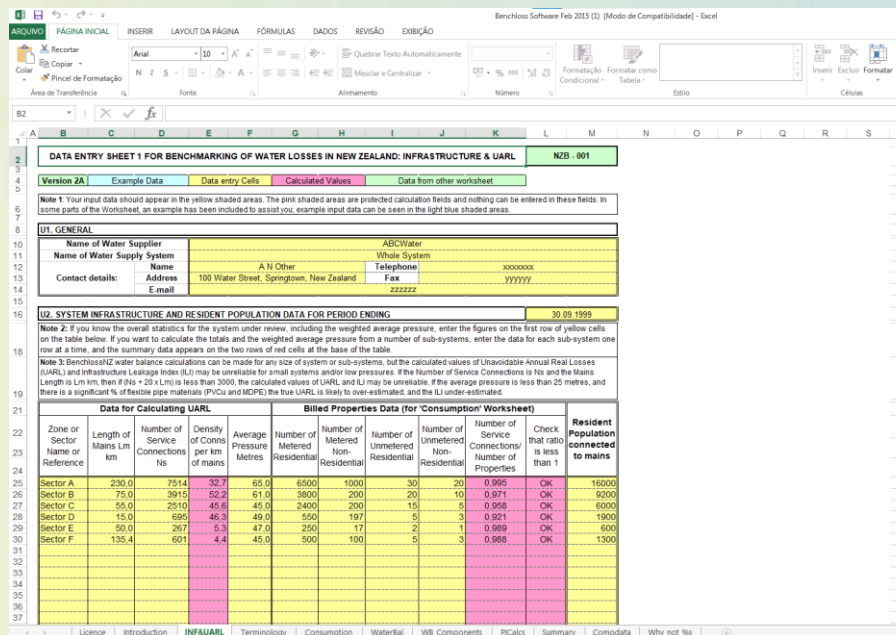
Localização: []

ID	Situação	Objeto	Origem	Destino	Valor	Conceitual	Estimativa	Estado
100001	Ativo	IM - REDE DE SERVIÇOS URBANIZADOS	US - PROJETO DE ABASTECIMENTO	2000 - DISTRIBUIÇÃO DE ABASTECIMENTO	10000000,00	10000000,00	10000000,00	10000000,00
100002	Ativo	IM - REDE DE SERVIÇOS URBANIZADOS	US - PROJETO DE ABASTECIMENTO	2000 - DISTRIBUIÇÃO DE ABASTECIMENTO	10000000,00	10000000,00	10000000,00	10000000,00
100003	Ativo	IM - REDE DE SERVIÇOS URBANIZADOS	US - PROJETO DE ABASTECIMENTO	2000 - DISTRIBUIÇÃO DE ABASTECIMENTO	10000000,00	10000000,00	10000000,00	10000000,00
100004	Ativo	IM - REDE DE SERVIÇOS URBANIZADOS	US - PROJETO DE ABASTECIMENTO	2000 - DISTRIBUIÇÃO DE ABASTECIMENTO	10000000,00	10000000,00	10000000,00	10000000,00
100005	Ativo	IM - REDE DE SERVIÇOS URBANIZADOS	US - PROJETO DE ABASTECIMENTO	2000 - DISTRIBUIÇÃO DE ABASTECIMENTO	10000000,00	10000000,00	10000000,00	10000000,00



Material e métodos

- Cálculo dos Indicadores de Desempenho Operacional
 - Balanço Hídrico – Software Benchloss NZ



DATA ENTRY SHEET 1 FOR BENCHMARKING OF WATER LOSSES IN NEW ZEALAND: INFRASTRUCTURE & UARL NZB_001

Version 2A | Example Data | Data entry Cells | Calculated Values | Data from other worksheet

UT. GENERAL

Name of Water Supplier	ABCWater						
Name of Water Supply System	A N Other		Whole System				
Contact details:	Name	Address	Telephone	Fax	E-mail		
		100 Water Street, Springtown, New Zealand	xxxxxxx	yyyyyy	zzzzzz		

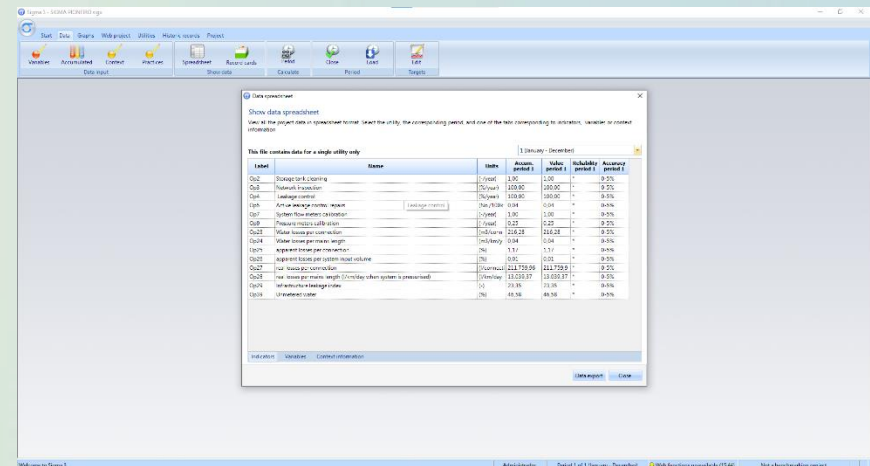
UI. SYSTEM INFRASTRUCTURE AND RESIDENT POPULATION DATA FOR PERIOD ENDING 30 09 1999

Data for Calculating UARL

Zone or Sector Name or Reference	Length of Mains Lm km	Number of Service Connections Ns	Density of Conns per km of mains	Average Pressure Metres	Number of Metered Residential	Number of Non-Residential	Number of Unmetered Residential	Number of Non-Residential	Number of Service Connections/ Number of Properties	Check that ratio is less than 1	Resident Population connected to mains
Sector A	230.0	7514	32.7	65.0	6500	1000	30	20	0.995	OK	16000
Sector B	75.0	3915	52.2	61.0	3900	200	20	10	0.971	OK	9200
Sector C	55.0	2910	45.6	45.0	2400	200	15	5	0.958	OK	6000
Sector D	15.0	695	46.3	49.0	550	197	5	3	0.921	OK	1900
Sector E	50.0	267	5.3	47.0	250	17	2	1	0.989	OK	600
Sector F	135.4	691	4.4	45.0	500	100	5	3	0.958	OK	1300

Material e métodos

- Cálculo dos Indicadores de Desempenho Operacional
 - *Software Sigma Lite*
 - “PI selection” – Seleção dos Indicadores de Desempenho Operacional
 - “Enter all variables” – Entrada das variáveis
 - “Evaluate” – Cálculo dos Indicadores de Desempenho Operacional
 - “Show spreadsheet” – Visualização dos Resultados



The screenshot shows a 'Data connect' dialog box in the Sigma Lite software. It contains a table with the following data:

Label	Name	Unit	Actual period 1	Goal period 1	Inclusion period 1	Assess period 1
Out1	Flow rate (liters/s)	l/s	1.00	1.00	+	0.25%
Out2	Network production	l/s	100.00	100.00	+	0.25%
Out3	Leakage control	l/s	100.00	100.00	+	0.25%
Out4	Amplitude control - report	l/s	0.04	0.04	+	0.4%
Out5	System flow control calibration	l/s	1.00	1.00	+	0.25%
Out6	Pressure control calibration	l/s	0.25	0.25	+	0.25%
Out7	Water losses per connection	l/s	218.28	218.28	+	0.25%
Out8	Water losses per meter length	l/s/m	0.04	0.04	+	0.4%
Out9	Apparent flow per connection	l/s	1.17	1.17	+	0.4%
Out10	Apparent flow per meter length	l/s/m	0.05	0.05	+	0.25%
Out11	Flow velocity control	l/s	111.739.96	111.739.96	+	0.25%
Out12	Flow losses per meter length (including when system is pressure lost)	l/s/m	11.010.87	11.010.87	+	0.25%
Out13	Net water loss per meter length	l/s	70.98	70.98	+	0.4%
Out14	Unmeasured value	l/s	41.58	41.58	+	0.4%

Material e métodos

Classificação dos indicadores em faixas situacionais



PARÂMETRO	UNIDADE DE MEDIDA	DESCRIÇÃO DO PORTE DO SISTEMA				
		Muito Pequeno	Pequeno	Médio	Grande	Muito Grande
Ligações	Número	< 3 mil	3 mil a 30 mil	30 mil a 300 mil	300 mil a 3 milhões	> 3 milhões
Densidade de Ligações	Nº por km de rede	< 20	20 a 30	30 a 50	50 a 70	> 70
Comprimento Médio de Rede	Metros por ligação	< 4	4 a 8	8 a 12	12 a 16	> 16
PARÂMETRO OU INFORMAÇÃO DE CONTEXTO	UNIDADE DE MEDIDA	INDICADOR DE PERFORMANCE OU DESCRIÇÃO DA INFORMAÇÃO DE CONTEXTO				
		Muito Baixo	Baixo	Moderado	Alto	Muito Alto
Pressão Média do Sistema	mca	< 30	30 a 40	40 a 50	50 a 60	> 60
Vazamentos Visíveis ou Não Visíveis em Rede	Vazamentos/100 km. ano	< 7	7 a 10	10 a 15	15 a 20	> 20
Rede - Tempo Médio para o Reparo de Vazamento	Dia	< 1	1 a 2	2 a 4	4 a 8	> 8
Vazamentos Visíveis ou Não Visíveis em Ramal	Reparos/1.000 ramais. ano	< 3	3 a 4	4 a 7	7 a 10	> 10
Ramal - Tempo Médio para o Reparo ou Troca	Dia	< 2	2 a 4	4 a 8	8 a 16	> 16
Controle Ativo de Vazamentos	% rede pesquisada.ano	< 10%	10 a 30%	30 a 70%	70 a 90%	> 90%
Renovação de Redes	% extensão de rede. ano	< 0,3%	0,3 a 0,5%	0,5 a 1,5%	1,5 a 2,0%	> 2,0%
Macromedição	% volumes disponibilizados	< 70%	70 a 80%	80 a 90%	90 a 98%	> 98%
Calibração dos Macromedidores	% medidores calibrados	< 70%	70 a 80%	80 a 90%	90 a 98%	> 98%
Hidrometração	% ligações ativas	< 70%	70 a 80%	80 a 90%	90 a 98%	> 98%
Idade Média dos Hidrômetros	Ano	< 3	3 a 5	5 a 8	8 a 10	> 10
Constatação de Fraude	% das inspeções	< 10%	10 a 20%	20 a 30%	30 a 40%	> 40%
INDICADOR	UNIDADE DE MEDIDA	INDICADOR DE PERFORMANCE				
		Muito Baixo	Baixo	Moderado	Alto	Muito Alto
Índice de Vazamentos da Infraestrutura - IVI	Adimensional	< 1,5	1,5 a 2,0	2,0 a 4,0*	4,0* a 8,0*	> 8,0*
Índice de Perda Aparente - IPA**	Adimensional	< 2,0*	2,0* a 3,0*	3,0* a 5,0*	5,0* a 8,0*	> 8,0*
Índice de Perdas Totais na Distribuição - IPD	L/ligação.dia	< 100	100 a 150	150 a 250	250 a 500	> 500
Índice de Águas Não Faturadas - IANF	%	< 15%	15 a 25%	25 a 35%	35 a 45%	> 45%

* Limites para esses parâmetros são provisórios e sujeitos a posterior checagem ou revisão

** Para sistemas de abastecimento com predominância de caixas d'água domiciliares

Fonte: Tardelli Filho, 2016

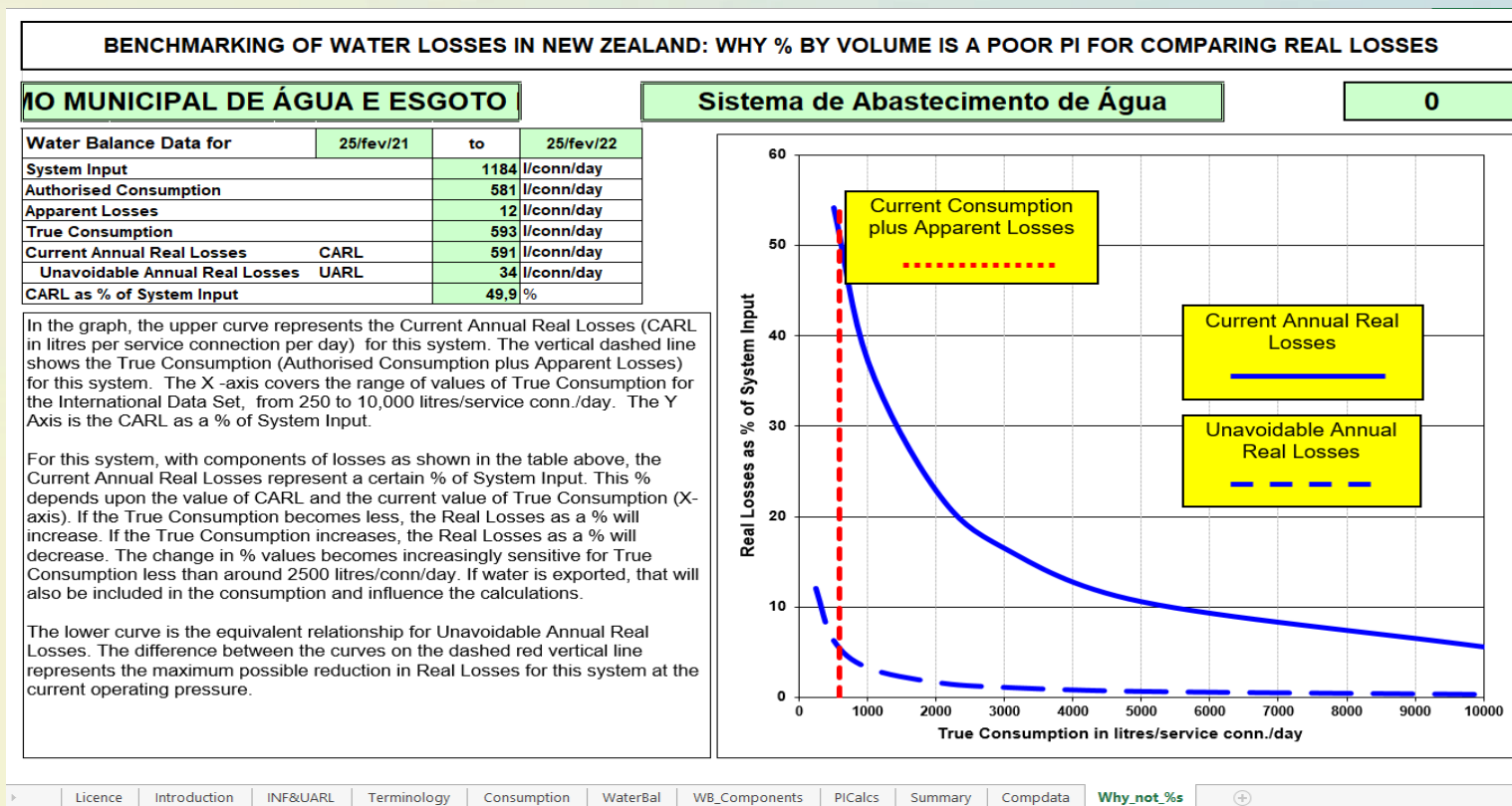
Resultados e discussão

Balanco Hídrico

Version 2A		SERVIÇO AUTÔNOMO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO DE CAXIAS DO SUL		Sistema de Abastecimento de Água		25/fev/21	to	25/fev/22
W1. ANNUAL WATER BALANCE DATA								
Note 1: Litres/capita/day figures shown below are calculated using a resident population of						9195		
Note 2: %s quoted in the following table are 95% confidence limits for the particular parameter								
Own Sources 1606,2 m ³ x10 ³ 478,6 l/cap/d +/- 2,0%	System Input 1606,2 m ³ x10 ³ 478,6 l/cap/d +/- 2,0%	Billed Water Exported to other systems	Billed Authorised Consumption 787,8 m ³ x10 ³ 234,7 l/cap/d +/- 1,7%	Billed Metered Consumption by Registered Customers 783,8 m ³ x10 ³ 233,5 l/cap/d +/- 1,7%	Billed Unmetered Consumption by Registered Customers 0,0 m ³ x10 ³ 0,0 l/cap/d +/- 0,0%	Revenue Water		
						822,4 m ³ x10 ³ 245,0 l/cap/d +/- 4,2%		
Water Imported 0,0 m ³ x10 ³ 0,0 l/cap/d +/- 0,0%	Water Supplied 1606,2 m ³ x10 ³ 478,6 l/cap/d +/- 2,0%	Water Losses 818,4 m ³ x10 ³ 243,8 l/cap/d +/- 4,3%	Unbilled Authorised Consumption 4,0 m ³ x10 ³ 1,2 l/cap/d +/- 97,9%	Unbilled Metered Consumption 0,0 m ³ x10 ³ 0,0 l/cap/d +/- 0,0%	Unbilled Unmetered Consumption 4,0 m ³ x10 ³ 1,2 l/cap/d +/- 97,9%	Non-Revenue Water		
						822,4 m ³ x10 ³ 245,0 l/cap/d +/- 4,2%		
		Water Losses 818,4 m ³ x10 ³ 243,8 l/cap/d +/- 4,3%	Apparent Losses 16,5 m ³ x10 ³ 4,9 l/cap/d +/- 37,3%	Unauthorised Consumption 0,8 m ³ x10 ³ 0,2 l/cap/d +/- 100,0%	Customer Meter Under-registration 15,7 m ³ x10 ³ 4,7 l/cap/d +/- 38,9%			
			Real Losses 801,9 m ³ x10 ³ 238,9 l/cap/d +/- 4,4%	Real Losses 801,9 m ³ x10 ³ 238,9 l/cap/d +/- 4,4%				

Fonte: Benchloss NZ

Resultados e discussão



Fonte: *Benchloss NZ*

Resultados e discussão

Id	Descrição	Unidades	Valor	Classif.
Op2	Limpeza de reservatório	(%/ano)	100	Muito alto
Op3	Inspeções de rede	(%/ano)	100	Muito alto
Op4	Pesquisa ativa de vazamentos	(%/ano)	100	Muito alto
Op5	Consertos de vazamento por controle ativo de perdas	(No./100km/ano)	0,048	Muito baixo
Op7	Calibração de medidores de vazão	(%/ano)	100	Muito alto
Op9	Calibração de válvulas reguladoras de pressão (vrp)	(%/ano)	0,25	Muito baixo
Op23	Perdas de água por ligação	(m ³ /ligação/ano)	216,28	Muito alto
Op24	Perdas de água por comprimento de rede	(m ³ /km/ano)	0,036	-
Op25	Perdas aparentes por ligação	(%)	1,17	Muito baixo
Op26	Perdas aparentes por volume de água do sistema	(%)	0,012	-
Op27	Perdas reais por ligação	(l/ligação/dqsep)*	211759,96	Muito alto
Op28	Perdas reais por comprimento de rede (l/km/day when system is pressurised)	(l/km/dqsep)*	13039,37	-
Op29	Índice de Vazamentos da Infraestrutura - IVI	(-)	23,35	Muito alto
Op39	Índice de Águas Não Faturadas - IANF	(%)	46,58	Muito alto

*dqsep = dias que o sistema está pressurizado.

Fonte: Sigma Lite

INDICADOR	UNIDADE DE MEDIDA	Meta	SITUAÇÃO DE ATUALIDADE DO INDICADOR			
			Atual	Objetivo	Desvio	Classif.
Limpeza de reservatório	(%/ano)	100	100	100	0	Muito alto
Inspeções de rede	(%/ano)	100	100	100	0	Muito alto
Pesquisa ativa de vazamentos	(%/ano)	100	100	100	0	Muito alto
Consertos de vazamento por controle ativo de perdas	(No./100km/ano)	0,048	0,048	0,048	0	Muito baixo
Calibração de medidores de vazão	(%/ano)	100	100	100	0	Muito alto
Calibração de válvulas reguladoras de pressão (vrp)	(%/ano)	0,25	0,25	0,25	0	Muito baixo
Perdas de água por ligação	(m ³ /ligação/ano)	216,28	216,28	216,28	0	Muito alto
Perdas de água por comprimento de rede	(m ³ /km/ano)	0,036	0,036	0,036	0	-
Perdas aparentes por ligação	(%)	1,17	1,17	1,17	0	Muito baixo
Perdas aparentes por volume de água do sistema	(%)	0,012	0,012	0,012	0	-
Perdas reais por ligação	(l/ligação/dqsep)*	211759,96	211759,96	211759,96	0	Muito alto
Perdas reais por comprimento de rede (l/km/day when system is pressurised)	(l/km/dqsep)*	13039,37	13039,37	13039,37	0	-
Índice de Vazamentos da Infraestrutura - IVI	(-)	23,35	23,35	23,35	0	Muito alto
Índice de Águas Não Faturadas - IANF	(%)	46,58	46,58	46,58	0	Muito alto

Resultados e discussão

Gerenciamento
de pressões



Agilidade e
qualidade de
reparos



Gerenciamento
da infraestrutura



Redução de
perdas aparentes

Intervenção	Ação	Consolidado	Em andamento	Ação futura
Cadastro Técnico	Informações georreferenciadas (GIS) com os setores de abastecimento, zonas de pressão, DMCs e Distritos de Manobras.	X		
	Georreferenciamento de consumidores.		X	
	Correlação do cadastro técnico com sistemas operacionais e de manutenção, propiciando a geração de mapas temáticos e exportação de dados para elaboração de modelos hidráulicos.	X		
	Ferramenta utilitária vinculada ao GIS para análise do fluxo de água com base em pressões, através de controladores de sub-rede (reservatórios, EBABs), mutável de forma automática conforme alterações cadastrais na rede.	X		
	Sistemática de atualização cadastral para eliminação de inconsistências.		X	
Macro- medição	Monitoramento contínuo do sistema de macromedição telemetrizado	X		
	Setores divididos em DMCs macromedidos e telemetrizados propiciando monitoramento contínuo da vazão.	X		
	Utilização de cartas de controle (CEP) no monitoramento das vazões.	X		
	Programa de aferição sistemática dos macromedidores		X	
Controle ativo de Vazamentos	Campanha de pesquisa de vazamento com equipe capacitada		X	
	Pesquisa de vazamentos não visíveis no período noturno		X	
	Estudo para priorização de áreas com utilização de mapa temático e vazão mínima noturna		X	
	Controle de produtividade das equipes de pesquisa		X	
	Utilização de indicadores de performance por áreas de pesquisa		X	
	Ação de pesquisa de vazamento conjunta com a renovação de estrutura e controle de pressão			X
	Pesquisa de vazamento por contrato de Performance			X
Redução de Perdas Aparentes	Cadastro comercial informatizado e integrado ao GIS		X	
	Telemetria de grandes consumidores			X
	Gestão da hidrometria, com troca periódica de hidrômetros	X		
	Ações de combate às fraudes		X	
	Ações para regularização de áreas em vulnerabilidade social		X	

Fonte: Adaptado de ABES, 2015

Reestruturação do Programa de Controle de Perdas - SAMAE

**Controle
de
Perdas**



Resultados

*(Trabalho contínuo,
retorno à primeira
etapa)*

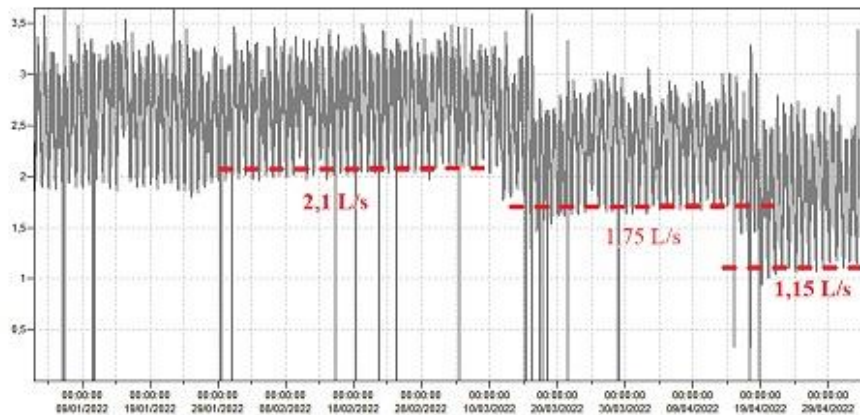
Resultados e discussão

- Apresentação aos servidores: delimitação, funcionamento e interligações dos Sistemas de Abastecimento do município; obras em execução e planejamento futuro.
- Importância do trabalho sincronizado, ágil e de qualidade entre equipes da autarquia (perdas de água //tempo).
- “Tradução” de dados complexos sobre perdas em informações **acessíveis**.



Resultados e discussão

MM50 - EBAT SÃO CRISTÓVÃO - SAA MORRO ALEGRE



jan/2022

abr/2022

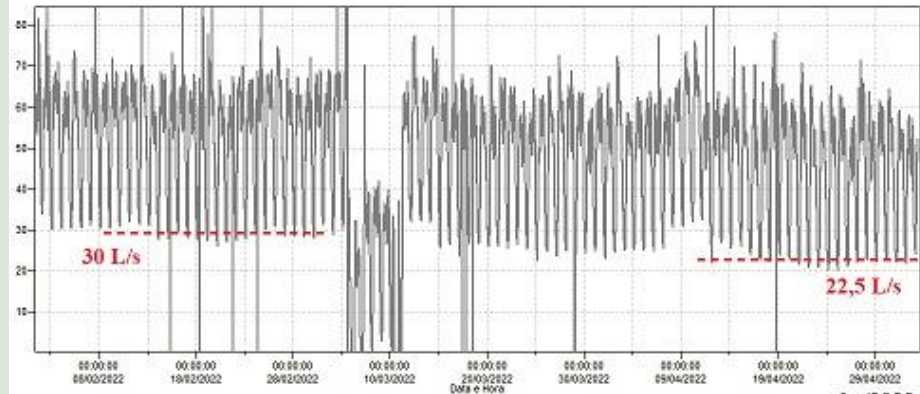
Dados históricos:

Menor valor **0,4 L/s**

Maior valor **2,2 L/s**

redução de vazamento	0,95 L/s
volume perdido por dia	82 m³/dia
tarifa mínima	6,33 R\$/m ³
desperdício diário	520 R\$/dia

MM11 - EVARISTO ANTONI - SAA CELESTE GOBBATO



fev/2022

abr/2022

Dados históricos:

Menor valor **0 L/s**

Maior valor **45 L/s**

redução de vazamento	7,5 L/s
volume perdido por dia	648 m³/dia
tarifa mínima	6,33 R\$/m ³
desperdício diário	4.100 R\$/dia

Conclusão

- 14 indicadores de desempenho operacional obtidos, sendo 11 classificados;
- quantificação do desempenho operacional x subjetividade;
- intervenções consolidadas e/ou em andamento podem e devem ser otimizadas;
- contribuição significativa nas discussões que motivaram **AÇÕES.**

Recomendações

- aplicação dos indicadores de desempenho operacional nos demais DMCs;
- estabelecimento de metas;
- geração e análise periódica (matriz comparativa) ;
- otimização/enriquecimento do banco de dados;
- utilização de indicadores internos.

Referências

ABES - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. **Controle e redução de perdas nos sistemas públicos de abastecimento de água: posicionamento e contribuições técnicas da ABES**, 2015.

ALEGRE, H.; BAPTISTA, J. M.; CABRERA JR., H.; CUBILLO, F.; DUARTE, P.; HIRNER, W.; MERKEL, W.; PARENA, R. **Performance indicators for water supply services**. 2. Ed. Londres: IWA Publishing, 2006.

ALEGRE, H.; HIRMER W.; MELO BAPTISTA J.; PARENA R. **Indicadores de desempenho para serviços de abastecimento de água**. Série Guias Técnicos. LNEC, Lisboa, 2004.

SOBRINHO, R. A; BORJA, P. C. **Gestão das perdas de água e energia em sistema de abastecimento de água da Embasa: um estudo dos fatores intervenientes na RMS**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v.25, n.4, p. 783-795, 2016. Disponível em :< <https://www.scielo.br/j/esa/a/BhgFHQQ3TZ84xXYfgRk8Dvt/?lang=pt>>. Acesso em: 24 fev. 2022.

TARDELLI FILHO, J. **Aspectos relevantes do controle de perdas em sistemas públicos de abastecimento de água**. Revista DAE, v. 64, n. 201, p. 6-20. Disponível em :< http://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_201_n_1622.pdf>. Acesso em 24 fev. 2022.

Agradecimentos

- ASSEMAE
- Ao Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto – SAMAE – Caxias do Sul
- Eng. Adriano Bolesina
- Eng. Cassiano Vargas
- Eng. Celso Gustavo Mello
- Às equipes do SAMAE

OBRIGADA!

Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto – SAMAE
Rua Nestor Moreira, 719 – Nossa Senhora de Lourdes – Caxias do Sul/RS
(54) 3220 8600 - Ramal 461

Raquel Samara L. Giacomini - rgiacomin@samaecaxias.com.br

Mariana Baratter Nascimento - mascimento@samaecaxias.com.br