

AUDITORIA OPERACIONAL PARA REDUÇÃO E CONTROLE DE PERDAS/NRW – CASE COPASA

Autores:

Alexandre Arruda Atalla

Bruno Ken Marchezepe

Mário Augusto Baggio

Márcio Donizete de Barros Junior

Matheus Simitan Barros



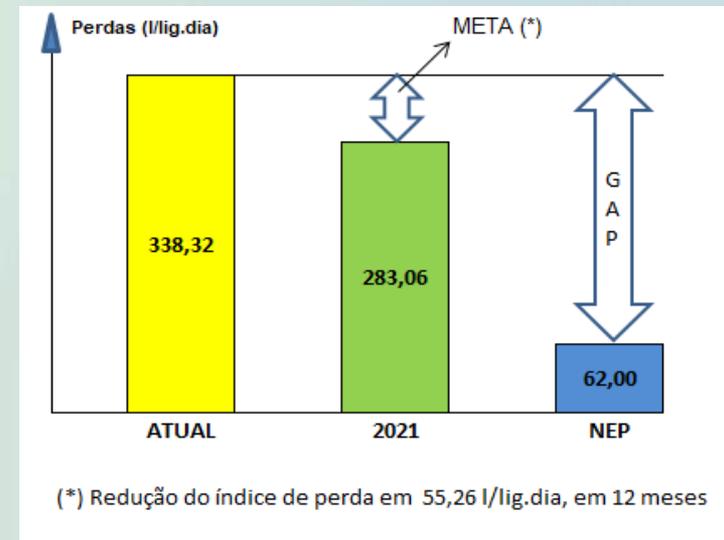
WATER SOLUTIONS
InverGroup

Sumário

1. Introdução – Definição de Estratégia de Redução e Controle de Perdas a partir de Auditoria Operacional.
2. Material e Métodos – Projeto Piloto SAA Montes Claros e ZA08.
3. Resultado e Discussão.
4. Conclusões.

Introdução

Qual a melhor forma de elaborar uma Estratégia de Controle e Redução de perdas de Água / NRW?



Auditoria Operacional → Estratégia de Controle de Perdas

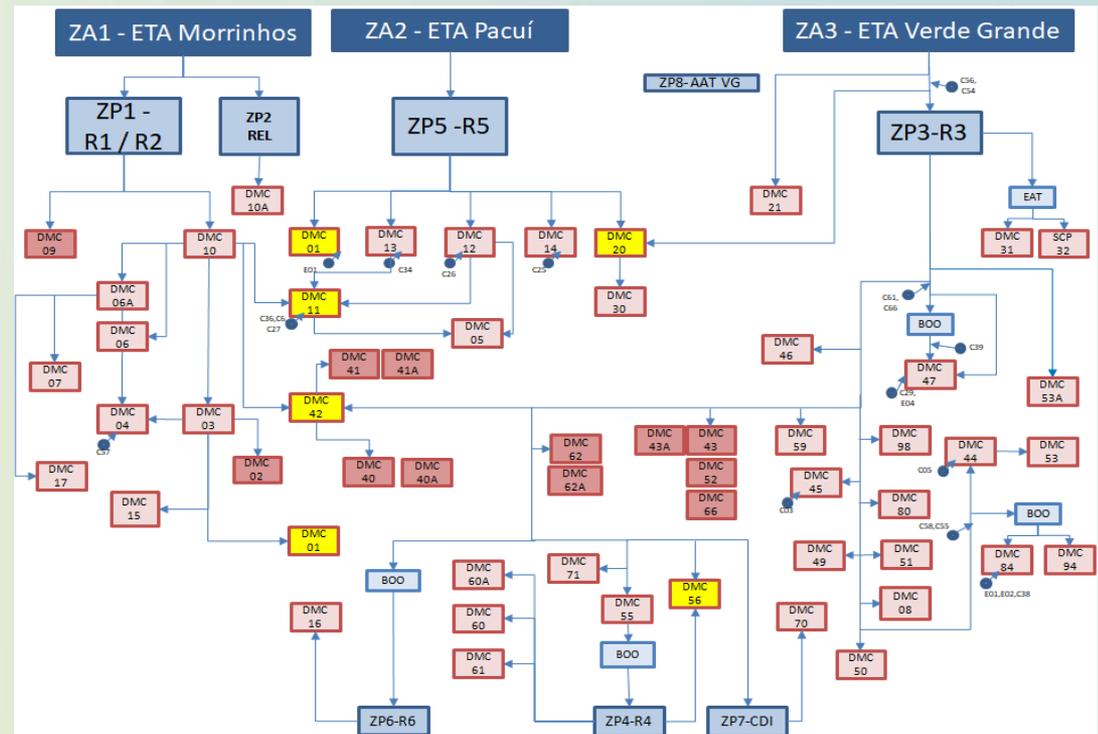
Objetivo

- Auditoria operacional para redução e controle de perdas/água não faturada (NRW), consistindo num amplo DIAGNÓSTICO dos Sistemas Piloto.
- Definir estratégia de controle de perdas/NRW dos Sistemas Piloto, consistindo num amplo e representativo PROGNÓSTICO. Atuação num sistema da Capital e do Interior, cobrindo todos os flancos da Copasa.

Material e Métodos

Sistemas piloto (jul/2019 a jun/2020):

- SAA de Montes Claros
- Zona de abastecimento da região metropolitana de Belo Horizonte (ZA08)



Material e Métodos

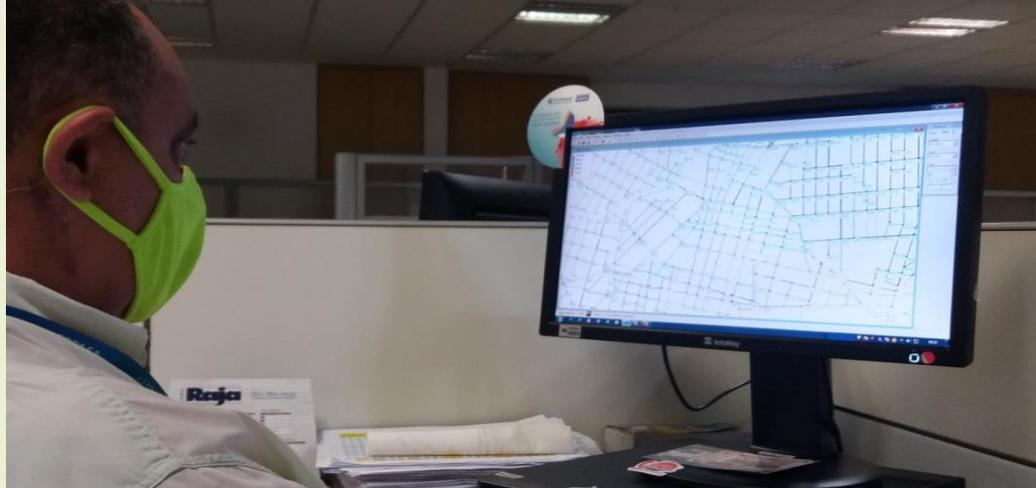
Auditoria Operacional

1. Avaliação da qualidade da calibração de modelagem hidráulica.
2. Balanços hídricos Top x Down.
3. Balanços hídricos Bottom x Up.
4. Nível Econômico de Perdas (NEP).

Material e Métodos

Auditoria Operacional

1. Avaliação da qualidade da calibração da modelagem hidráulica.



Material e Métodos

Auditoria Operacional

2. Balanços hídricos Top x Down (AWWA, 2009)

- Dados de escritório, para todos os SAA's em estudo

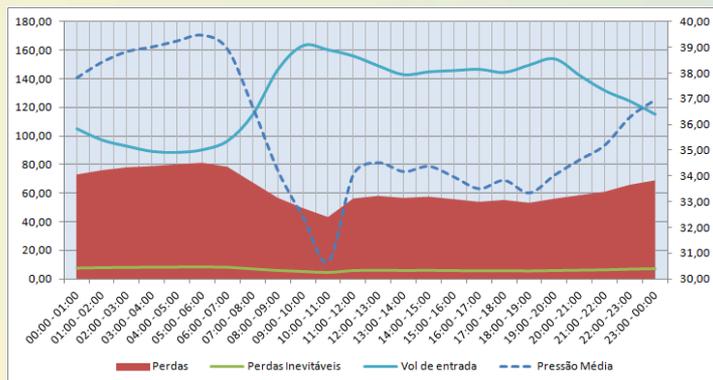
	Dados da Zona de Pressão	Granularidade	Unidade	Margem de erro	
Volume de entrada da Zona de Pressão	Volume distribuído à Zona de Pressão	horária	m ³ /h	%	
	Volume Importado	horária	m ³ /h	%	
	Volume Exportado	horária	m ³ /h	%	
Consumo Autorizado no setor de abastecimento	Consumo autorizado faturado	Consumo medido faturado	mensal	m ³ /mês	%
		Venda de água por atacado (medido faturado - exportação)	mensal	m ³ /mês	%
		Consumo não medido faturado	mensal	m ³ /mês	%
		Venda de água por atacado (não medido faturado - exportação)	mensal	m ³ /mês	%
	Consumo autorizado não faturado	Consumo medido não faturado	mensal	m ³ /mês	%
		Venda de água por atacado (medido não faturado - exportação)	mensal	m ³ /mês	%
		Consumo não medido não faturado	mensal	m ³ /mês	%
		Venda de água por atacado (não medido não faturado - exportação)	mensal	m ³ /mês	%

Perdas Reais	Comprimento das redes de distribuição	mensal	km	%	
	Número de clientes (ativos)	mensal	nº	%	
	Número de ligações de clientes registrados	mensal	nº	%	
	Número de contas inativas com ligações existente	mensal	nº	%	
	Comprimento médio do ramal predial do limite da propriedade até o hidrômetro	mensal	m	%	
	Pressão média (Favor citar metodologia de cálculo)	mensal	m.c.a	%	
	Abastecimento intermitente	Número de ligações aproximado em determinada área	mensal	nº	%
		Tempo de abastecimento na mesma área (dias por semana)	mensal	dias/semana	%
		Tempo de abastecimento na mesma área (horas por dia)	mensal	h/dia	%

Material e Métodos Auditoria Operacional

3. Balanços hídricos Bottom x Up (AESBE, 2015)

- Confirmar resultados de perdas reais obtidas nos balanços Top x Down
- Dados de campo, em 6 DMC's para cada projeto piloto



MODELO DE PERDAS EM DISTRITOS DE MEDIÇÃO E CONTROLE (DMC) - BALANÇO BOTTOM x UP								
Sistema	DMC09	Zonal/Setor	DISTRITO DE AMOSTRA		Nº DMC	2		
Entrar com valores nos espaços em branco (apagar os dados de exemplo)								
OBS:	$PRAJ = (18^{\circ}ER + 0,8^{\circ}NL)^{1,5}$ $N1 = \log(L0/L1) / \log(P0/P1)$ $L1 = L0 * (P1/P0)^{N1}$				Habitantes	13.916 hab		
					Ext rede	20 km		
					Num Ligações	3.479 Ligações totais		
N1 ADOTADO (ESTIMADO PARA MONTES CLAROS):					2,50			
ORDEM	HORÁRIO	Pressões médias	Volumes horários de vazamentos	Perdas Inerentes IWA	Perdas inevitáveis - IWA	Consumo Autorizado + Perdas Aparentes	Volume de entrada	
		mca	m³/h	m³/h	m³/h	m³/h	m³/h	
1	00:00 - 01:00	27,27	19,25	1,05	3,90	17,41	36,65	
2	01:00 - 02:00	27,45	19,57	1,06	3,97	10,45	30,01	
3	02:00 - 03:00	27,40	19,48	1,06	3,95	9,74	29,22	
4	03:00 - 04:00	28,00	20,56	1,12	4,17	5,39	25,94	
5	04:00 - 05:00	27,45	19,64	1,07	3,98	6,57	26,27	
6	05:00 - 06:00	26,65	18,18	0,99	3,69	6,88	26,06	
7	06:00 - 07:00	26,02	17,13	0,93	3,47	14,18	31,31	
8	07:00 - 08:00	24,91	15,35	0,83	3,11	35,78	51,13	
9	08:00 - 09:00	23,79	13,68	0,74	2,77	54,48	68,17	
10	09:00 - 10:00	22,88	12,42	0,67	2,52	95,11	107,52	
11	10:00 - 11:00	24,21	14,30	0,78	2,90	69,30	83,60	
12	11:00 - 12:00	24,15	14,21	0,77	2,88	63,41	77,62	
13	12:00 - 13:00	24,57	14,83	0,81	3,01	63,15	77,98	
14	13:00 - 14:00	25,12	15,67	0,85	3,18	57,11	72,79	
15	14:00 - 15:00	24,89	15,33	0,83	3,11	51,15	66,48	
16	15:00 - 16:00	24,83	15,22	0,83	3,09	54,58	69,81	
17	16:00 - 17:00	24,34	14,50	0,79	2,94	55,80	70,30	
18	17:00 - 18:00	24,63	14,93	0,81	3,03	56,02	70,95	
19	18:00 - 19:00	24,87	15,29	0,83	3,10	57,72	73,01	
20	19:00 - 20:00	25,84	16,82	0,91	3,41	49,09	65,91	
21	20:00 - 21:00	26,30	17,58	0,95	3,57	40,27	57,85	
22	21:00 - 22:00	26,82	18,46	1,00	3,74	35,36	53,82	
23	22:00 - 23:00	26,73	18,32	0,99	3,71	28,14	46,45	
24	23:00 - 00:00	27,21	19,15	1,04	3,88	21,88	41,03	
25	00:00 - 01:00	27,33	19,35	1,05	3,92	20,42	39,77	
26	01:00 - 02:00	27,56	19,76	1,07	4,01	16,03	35,78	
27	02:00 - 03:00	27,46	19,59	1,06	3,97	10,26	29,85	
28	03:00 - 04:00	27,58	19,81	1,08	4,02	6,71	26,52	
29	04:00 - 05:00	27,45	19,57	1,06	3,97	7,03	26,59	
30	05:00 - 06:00	27,19	19,11	1,04	3,87	5,67	24,78	
31	06:00 - 07:00	26,97	17,03	0,92	3,45	7,62	24,65	
32	07:00 - 08:00	25,56	16,38	0,89	3,32	10,65	27,03	
33	08:00 - 09:00	24,82	15,22	0,83	3,09	27,49	42,71	
34	09:00 - 10:00	23,99	13,97	0,76	2,83	36,54	50,51	
35	10:00 - 11:00	24,20	14,28	0,78	2,90	53,74	68,02	
36	11:00 - 12:00	23,75	13,63	0,74	2,76	58,46	72,09	
37	12:00 - 13:00	24,55	14,80	0,80	3,00	58,34	73,14	
38	13:00 - 14:00	25,01	15,50	0,84	3,14	57,83	73,33	
39	14:00 - 15:00	25,46	16,22	0,88	3,29	50,57	66,79	
40	15:00 - 16:00	25,57	16,38	0,89	3,32	42,71	59,10	
41	16:00 - 17:00	24,79	15,17	0,82	3,08	39,52	54,70	
42	17:00 - 18:00	24,87	15,29	0,83	3,10	40,64	55,93	
43	18:00 - 19:00	24,78	15,15	0,82	3,07	45,47	60,62	
44	19:00 - 20:00	25,28	15,92	0,86	3,23	51,98	67,90	
45	20:00 - 21:00	26,08	17,22	0,93	3,49	44,02	61,24	
46	21:00 - 22:00	26,57	18,04	0,98	3,66	37,03	55,07	
47	22:00 - 23:00	26,52	17,96	0,97	3,64	31,25	49,21	
48	23:00 - 00:00	26,97	18,73	1,02	3,80	26,69	45,42	
PMS - TOTAIS:		25,7	804	44	163	1,746	34,4	
							anual	637,161
Valor médio das perdas inevitáveis (PI) em m³/h:							3,38	
Vazão mínima noturna - m³/h:							24,65	
Consumo mínimo noturno legítimo - % de Q min:							26,25%	
Consumo mínimo noturno legítimo - critério SABESP m³/h:							6,47	
Vazão de perdas na hora mínima nocturna - m³/h:							18,18	
INDICADORES DO DMC								
PERDAS REAIS ANUAIS CORRENTES:		146.718	M³/ANO			ILI	5,0	
PERDAS REAIS ANUAIS INEVITÁVEIS:		29.610	M³/ANO			PR % do Vol. Entrada	1991,01%	
PERDAS REAIS EM L / LIG / DIA:		116	L/CON/DIA			Densidade de ligações - com/km rede	170,12	
PERDAS REAIS EM m³/h - km rede:		0,819	(m³/h)/km rede					

Material e Métodos

Auditoria Operacional

4. Nível Econômico de Perdas (Wyatt, 2010 e Cavaleiro, Rita, 2020) - NEP

Entrada de dados		
Variável	Dados do sistema	Unidade
Qc	Água consumida	m ³ /ano
D	Comprimento da rede de distribuição	km
N	Número total de ligações	Unid.
Pop	População	hab.
G	Taxa de crescimento populacional	% a.a
E	Capacidade de produção de água para o consumo atual	-
s	Decaimento de precisão do hidrômetro	%/ano
f0	Submedição atual	%
f1	Submedição inicial	%
α	Coefficiente de vazamentos de perdas inerentes e reportadas	-
β	Coefficiente de vazamentos de perdas não reportadas	-
D	Comprimento da rede de distribuição por conexão	km/lig
c	Consumo médio per capita	m ³ /pessoa/dia
p	Número médio de pessoas por conexão	-
T	Tarifa média	R\$/m ³
Cprod	Custo de produção de água	R\$/m ³
Fexp	Custo futuro da expansão da capacidade	R\$
r	Taxa de retorno	%
Cpes_res	Pesquisa e reparação (mão-de-obra e materiais)	\$/km
H	Custo de reposição média de hidrômetro (mão-de-obra e	\$
FRC	Fator de Recuperação de Capital	-
k	Coefficiente de Custo	R\$/m ³ /dia
b	Fator de economia de escala (0,7-0,8)	-
z	Período de projeto para expansão (10 anos)	-
Qc0	Consumo de água no ano base	m ³ /ano
Pc	Capacidade de produção de água	m ³ /ano
Lc	Volume por ano de perdas reais	m ³ /ano
I	Estimativa de perdas reais	(l / lig / dia)
Pr	Perdas reais lineares	m ³ /km.dia
fp	Fator de ponta	-
fr	Fator de resiliência	-

Material e Métodos

Estratégias e planos de ação para a redução e controle de perdas.

Estágios da Estratégia	Plano de Ação	OPEX/CAPEX	Unidade
1. Gerenciamento de pressão	1.1. Aquisição de nova tecnologia em VRPs existentes	CAPEX	Un
	1.2. Instalação de nova tecnologia em VRP's	CAPEX	Un
	1.3. Aquisição de novas VRP's (tipo: duplo piloto)	CAPEX	Un
	1.4. Instalação de novas VRP's	CAPEX	Un
2. Plano de detecção de vazamento ativo	2.1. Campanhas convencionais de detecção de vazamentos (haste de escuta e geofones), precedidas por BH Bottom x up	OPEX	Km
	2.2. Campanhas de detecção de vazamento por sensor de ruído ou similar, precedidas por BH Bottom x up	OPEX	Nº de Equipes com 3 pessoa
3. Manutenção e renovação de infraestrutura	3.1. Renovação de ramais	CAPEX	Un
	3.2. Renovação de Redes	CAPEX	Km
4. Melhoria de reparos na Distribuição	4.1. Reparo de vazamentos não visíveis em redes e ramais	OPEX	Un
	4.2. Reparo de vazamentos visíveis em redes e ramais	OPEX	Un

Etapas da Estratégia	Plano de ação	OPEX/CAPEX	Unidade
1. Gestão de micromedição	1.1. Renovação de hidrômetros - grandes consumidores (tecnologia velocimétrica - classe B e C)	CAPEX	Un
	1.2. Renovação de hidrômetros - grandes consumidores (tecnologia estática: ultrassom, eletromagnético)	CAPEX	Un
	1.3. Tecnologia AMR/AMI/Smart Grid** - grandes consumidores	CAPEX	Un
	1.4. Renovação de hidrômetros - pequenos e médios consumidores (tecnologia velocimétrica - classe B e C)	CAPEX	Un
	1.5. Renovação de hidrômetros - pequenos e médios consumidores (tecnologia estática: ultrassom,	CAPEX	Un
2. Gestão de irregularidades	2.1. Campanhas de detecção de fraudes e clandestinas	OPEX	Nº de equipes com 3 pessoas
	2.2. Projeto e implementação de ações de engenharia social, visando ativar ligações clandestinas (via contratos de performance, via convênios, ou outra modalidade legal)	CAPEX	Un

Resultados e discussão

1. Qualidade de calibração de modelagem hidráulica
 - Modelos hidráulicos calibrados e confiáveis para a utilização de pontos de pressão média dos setores - PPMS.



Resultados e discussão

2. Balanço Hídrico Top x Down

Volume de Entrada no m3/ano Margem de erro [+/-] 4,0%	Consumo autorizado m3/year Margem de erro [+/-] 0,0%	Consumo autorizado faturado m3/ano	Consumo medido faturado m3/year	Água faturada m3/ano	
			Consumo não medido faturado m3/year		
		Consumo autorizado não faturado m3/year Margem de erro [+/-] 8,9%		Consumo medido não faturado m3/year	Água não faturada m3/ano Margem de erro [+/-] 8,7%
				Consumo não medido não faturado m3/year Margem de erro [+/-] 9,9%	
	Perdas de água m3/ano Margem de erro [+/-] 8,7%	Perdas Aparentes m3/year Margem de erro [+/-] 5,3%		Consumo não autorizado m3/year Margem de erro [+/-] 41,7%	
				Imprecisões dos medidores e erros de manipulação dos dados m3/year Margem de erro [+/-] 5,0%	
		Perdas Reais m3/year Margem de erro [+/-] 10,4%			

Resultados e discussão

2. Balanços hídricos Top x Down

- SAA Montes Claros
 - ILI: 7
 - Perdas Reais: 256 l/lig/dia
 - Perdas Totais: 338 l/lig/dia
- ZA08
 - ILI: 6
 - Perdas Reais: 362 l/lig/dia
 - Perdas Totais: 441 l/lig/dia

Categoria B
(Potencial
significativo de
melhorias)

Resultados e discussão

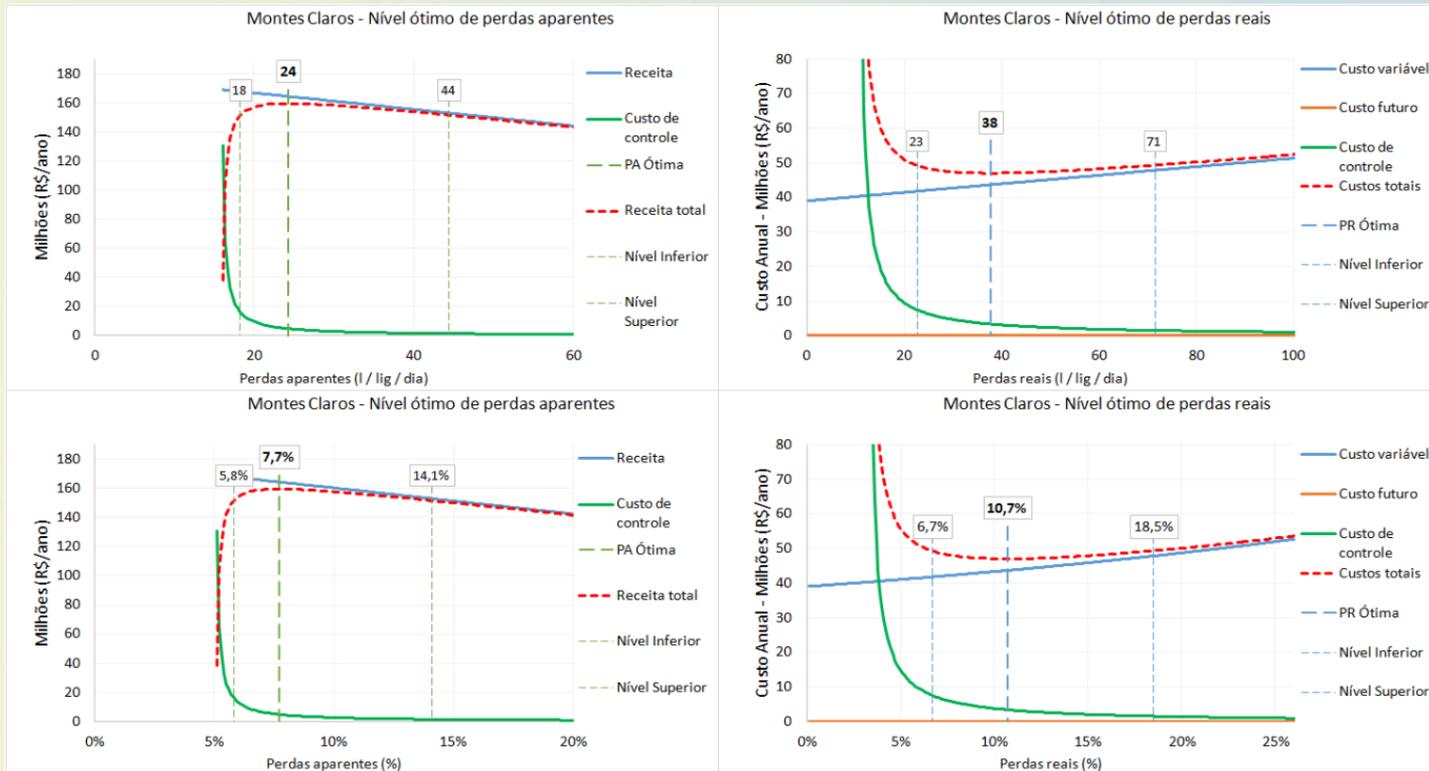
3. Balanços hídricos Bottom x Up

- SAA Montes Claros
 - ILI: 9
 - Perdas Reais: 338 l/lig/dia
- ZA08
 - ILI: 7
 - Perdas Reais: 290 l/lig/dia



Resultados e discussão

4. Nível Econômico de Perdas (NEP)



Resultados e discussão

4. Nível Econômico de Perdas (NEP)

- SAA Montes Claros
 - Perdas Totais: 62 l/lig/dia
- ZA08
 - Perdas Totais: 103 l/lig/dia

Resultados e discussão

Estratégias e planos de ação para o controle de redução de perdas:

1. **Separação das áreas de ataque** para o método A (grandes áreas) e método B (DMCs e áreas isoladas);
2. Com as áreas definidas e com uma avaliação detalhada da modelagem hidráulica → **plano de ação** para cada SAA para atingimento da meta em 5 anos;
3. **Melhorias e instalações** de VRPs, Bombas, troca de redes e ramais e troca de hidrômetros **visando atingir as metas.**

Conclusões

A Auditoria Operacional permitiu uma adequada Formulação de Estratégia de Redução e Controle de Perdas. Destaca-se aqui:

- Inovação mesclando ferramentas já conhecidas;
- Importância de um completo diagnóstico;
- Determinação de metas pelo NEP, facilitando a definição de metas de longo prazo;
- Implementação do Processo de Execução de uma Estratégia de Controle de Perdas, fase de alta complexidade, favorecida por ampla Auditoria Operacional.

Referências

AWWA - American Water Works Association. **Water audits and loss control programs. (3ª. Ed.)**. M36 Publication Rewrite, Denver, CO: AWWA Publication, Estados Unidos da América, 2009.

AESBE - Associação Brasileira das Empresas Estaduais de Saneamento. **Guias práticos: Série balanço Hídrico. 1º Vol.** Brasília, DF: AESBE. 2015.

Wyatt, A. **Non-revenue water: financial model for optimal management in developing countries**. RTI International, Research Triangle Park, Carolina do Norte, Estados Unidos da América. 2010.

OBRIGADO!

Mário Augusto Baggio

CEO - Grupo Hwater

mario.baggio@waterdb.com.br

41 9 9652-1428