CRLI - COMBINED REAL LOSS INDICATOR, UMA NOVA PROPOSTA DE INDICADOR PARA O CONTROLE DE PERDAS EM SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO

Edison Garcia da Silva Junior[(1)]
Engenheiro pela Faculdade de Eng. Civil da Universidade Santa Cecília. Tecnólogo em Obras Hidráulicas pela FATEC. Pós-graduado em Engenharia de Controle da Poluição Ambiental pela Faculdade de Saúde Pública da USP. Ministrou treinamentos sobre controle de perdas de água na ABES e no Programa TCTP/Sabesp-JICA desde 2011. Atua na Divisão de Operação de Água da Superintendência Leste da Diretoria de Operação e Manutenção da Sabesp – Cia. de Saneamento Básico do Estado de São Paulo.
Cícero Mirabo Rocha Filho
Engenhario Civil pela FEI – Faculdade de Engenharia Industrial. Pós-graduado em Engenharia de Saneamento Básico pela Faculdade de Saúde Pública da USP. Examinador Nível 3 do Processo de Certificação de detecção de vazamentos não-visíveis em redes enterradas sob pressão pela ABENDI – Associação Brasileira de Ensaios Não-Destrutivos e Inspeção, desde 2007. Atua no Departamento de Gestão e Apoio à Operação e Clientes da Diretoria de Operação e Manutenção da Sabesp – Cia. de Saneamento Básico do Estado de São Paulo.

Endereço[(1)]**:** Rua Najatu, 72 - Penha – São Paulo - SP - CEP: 03613-050 - Brasil - Tel: +55 (11) 98684-6559 - email: edisongsj@sabesp.com.br.

RESUMO

No planejamento para controle de perdas, o desafio é estabelecer prioridades, aqueles setores de abastecimento que merecem maiores esforços, onde devam ser empregados recursos e ações de forma mais eficiente, para que os indicadores da empresa possam ser melhorados. Contudo, o planeamento adequado do programa e a avaliação do desempenho dependem de indicadores práticos, que sejam precisos para mensurar a magnitude dos componentes da água não faturada.

Atualmente os indicadores de perdas mais utilizados, como o “percentual”, e os “volumétricos”, em litros por conexão ou litros por extensão de rede, trazem algumas restrições ao benchmarking, ou seja, à comparação entre sistemas de abastecimento distintos, ou entre as próprias empresas. O primeiro sofre influência do consumo unitário, *per capita*, e os demais da densidade de conexões.

Buscando um indicador prático, que não tivesse as influências citadas e assim permitisse a melhor comparação entre sistemas de abastecimento diversos, foi apresentado em 2022 o CRLI – Combined Real Loss Indicator, por ocasião da visita do consultor Alan Wyatt, criador deste novo indicador.

Este trabalho apresenta os conceitos do CRLI, e sua aplicação na empresa, feita de forma alternativa aos indicadores oficiais, principalmente no planejamento de ações para o combate às perdas reais.

PALAVRAS-CHAVE: Perdas de Água, Indicadores de Desempenho, Benchmarking.

INTRODUÇÃO

Para medir seus níveis de perdas de água, atualmente grande parte das empresas ainda utilizam o indicador percentual, conforme expressão seguinte, que é a relação entre o volume consumido e o volume entregue, mas que não se mostra adequado para a comparação entre sistemas diferentes, pois os resultados são influenciados pelo consumo unitário, ou per-capita, tendendo a favorecer os indicadores de regiões onde este é mais elevado.

$$IP\ (\%) = (Volume\ total\ de\ perdas / Volume\ de\ entrada\ no\ sistema)\ .\ 100 \quad (1)$$

Por recomendação da IWA – International Water Association, muitas empresas, bem como o SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento do Ministério das Cidades, passaram a adotar os indicadores

"volumétricos", expressos principalmente em litros por conexão por dia, que trazem a possibilidade da análise de sistemas diversos, eliminando o efeito do consumo unitário. Ainda assim sua utilidade pode ser restrita, dependendo da densidade de ligações por ramal de rede, pois sistemas de distribuição de água com maior densidade tendem a favorecer os resultados em litros/conexão/dia. Outra forma, alternativa, também recomendada pela IWA, é o indicador em litros por extensão de rede por dia, que, de forma inversa ao primeiro, tende a favorecer os indicadores de sistemas com baixa densidade de ligações.

Mais especificamente para Perdas Reais, além dos indicadores "volumétricos", que apresentam os volumes de vazamentos por conexão ou por comprimento de redes de distribuição por dia, há também o ILI – Infraestructure Leakage Index, que é a relação entre determinado volume de perda real e um nível estimado de perda real "inevitável". O ILI, embora comumente utilizado em todo o mundo, e reconhecida qualidade para análise de perdas reais, tem requisitos significativos de dados de entrada e é influenciado pela pressão. Para a obtenção das pressões médias são necessários estudos e medições, nem sempre disponíveis ou obtidos facilmente, ou com grande abrangência nos sistemas a serem mensurados. Por outro lado, as informações necessárias aos indicadores volumétricos (extensões de rede e quantidade de ligações) são de melhor conhecimento das empresas, com bom grau de confiança, e inclusive utilizadas no cálculo de outros indicadores operacionais.

As expressões destes principais indicadores são as seguintes:

$$IP1\ (L/ligação/dia) = (VP \cdot 1000) / (dias\ do\ ano \cdot N) \quad (2)$$

$$IP2\ (m^3/km/dia) = (VP \cdot 1000) / (dias\ do\ ano \cdot L) \quad (3)$$

$$ILI = (VP \cdot 1000) / ((18 \cdot N + 0{,}8 \cdot L) \cdot P) \quad (4)$$

Sendo: *VP: Volume perdido (L ou m^3)*
N: Quantidade de conexões/ligações (un)
L: Extensão de rede de distribuição (km)
P: Pressão media (mca)

Todas as influências citadas, densidade de ligações, consumo per capita e pressões médias, podem tornar a comparação da perda real ao longo do tempo, ou entre locais diferentes, difícil ou enganosa.

Há também diversidade entre os nossos 18 sistemas de distribuição de água, muitos deles com características distintas, com densidades de ligação que variam de 81 a 208 ligações por km de rede. É possível estabelecer indicadores confiáveis em todos eles, pois têm seus limites fechados, ou seja, sem a mistura de água com setores vizinhos, e possuem, na sua totalidade, a medição de volumes de entrada e dos consumos dos clientes. A elaboração dos balanços hídricos, no entanto, está em processo de aperfeiçoamento e as perdas reais são estimadas com base em estudos de amostragem realizados há alguns anos.

O indicador de perdas utilizado na empresa é o IPDt – Índice de Perdas na Distribuição Total, expresso em litros por ligação por dia, conforme fórmula (2), além do IANC – Índice de Água Não Contabilizada, conforme fórmula (1).

Buscando um indicador prático, que não tivesse a influência nem do consumo unitário, nem da densidade de ligações, como já citado, e assim permitir a melhor comparação entre sistemas de abastecimento diversos, foi apresentado em 2022 o CRLI – Combined Real Loss Indicator, por ocasião de visita ao Brasil do consultor Alan Wyatt, criador deste novo indicador. A partir daí, além do indicador oficial de perdas, em litros/ligação/dia, passou-se a utilizar como forma alternativa também o CRLI, principalmente em estudos, análises críticas e no planejamento das ações de combate às perdas.

Além desta experiência brasileira, a aplicação do CRLI tem sido testada em outros países, como: Estados Unidos, Inglaterra, País de Gales, Alemanha e Países Baixos.

CONCEPÇÃO DO INDICADOR

Em 2019, o especialista em perdas de água Alan Wyatt desenvolveu um novo indicador de perdas reais que é simples e evita as desvantagens dos indicadores mencionados anteriormente. Este indicador, conhecido como CRLI – Combined Real Loss Indicator é a composição do volume real de perdas por conexão de serviço por dia com o volume real de perdas por comprimento de rede de distribuição por dia, e assume a seguinte expressão:

$$CRLI = \sqrt{\frac{VP}{N \,.\, dia} \cdot \frac{VP}{L \,.\, dia}} = \frac{VP}{dia \,.\, \sqrt{N \,.\, L}} \quad (5)$$

Sendo: VP: Volume perdido (litros)
N: quantidade de conexões/ligações (un)
L: extensão de rede de distribuição (km)

Multiplicando as duas perdas reais unitárias e extraindo a raiz quadrada, a influência da densidade da conexão é bastante reduzida. Além disso, o processo de cálculo é simples e não são necessárias medições de pressão (que são essenciais para o cálculo do ILI). O rigor técnico do CRLI em comparação com outros indicadores de perdas reais foi examinado através da utilização da Análise de Fronteira determinística e considerado superior aos três indicadores de perdas reais mencionados anteriormente.

As conclusões da Conferência do Grupo de Especialistas em Perdas de Água da IWA, realizada em Praga, em Jun/22, descreveram o CRLI como um "Indicador Emergente". Posteriormente o CRLI foi apresentado em Workshop na IWA WWCE em Copenhagen, em Set/22, e mais recentemente na IWA Specialist Conference em Amsterdam, em nov/23.

O CRLI para um conjunto de sistemas de abastecimento tem sido apresentado em gráficos com os indicadores volumétricos nas coordenadas e abcissas, resultando em um arranjo de fácil compreensão, onde a progressão, dos sistemas melhores para os piores se dá num sentido diagonal, de baixo à direita para acima à esquerda, conforme exemplo da Figura 1, relativo à sistemas da Califórnia. Neste gráfico os valores de CRLI estão plotados junto aos pontos, com os mais baixos a direita (7 e abaixo) e os mais elevados à esquerda (chegando a 203).

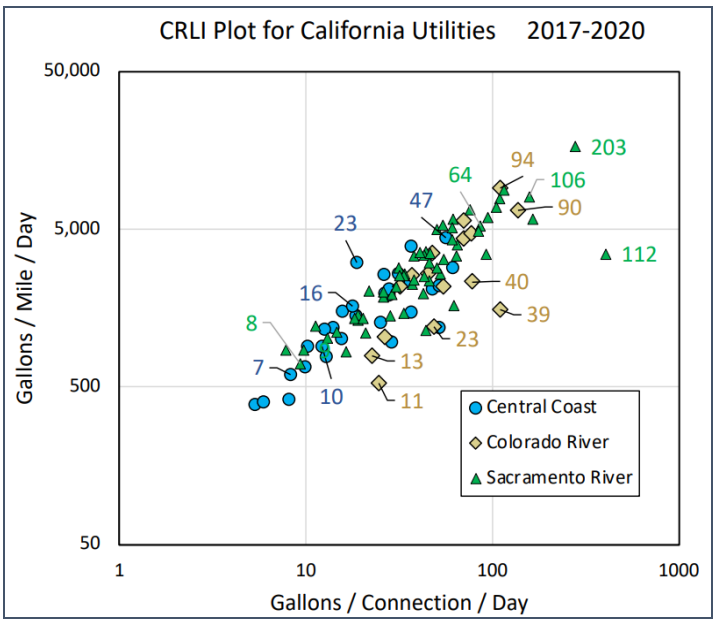


Figura 1 – Sistemas plotados com valores de CRLI

A Figura 2 mostra o gráfico com a inclusão de uma escala de valores. Note-se que as linhas da escala se apresentam de forma curva. Assim, alguns pontos que se situam acima de outros nem sempre significam sistemas piores e na verdade podem possuir mesmos valores, pois se situam na mesma linha da escala, como no caso dos pontos com valor "20" no gráfico.

Já a Figura 3 apresenta uma interessante combinação com os volumes perdidos, representados pela dimensão dos círculos. Assim, por exemplo, temos que o sistema denominado AZ-1 apresenta um posicionamento bem desfavorável, representando um CRLI ruim relativamente aos demais, além de um volume perdido muito alto, o que o tornaria uma prioridade para a aplicação de ações de combate às perdas. Em alguns países tem sido calculado o CRLI utilizando as unidades imperiais, com os volumes em galões e as extensões de rede em milhas, mas os valores podem ser convertidos facilmente da seguinte forma:

CRLI (Sistema Internacional: litros e km) = CRLI (Sistema Imperial: galões e milhas) / 10,6

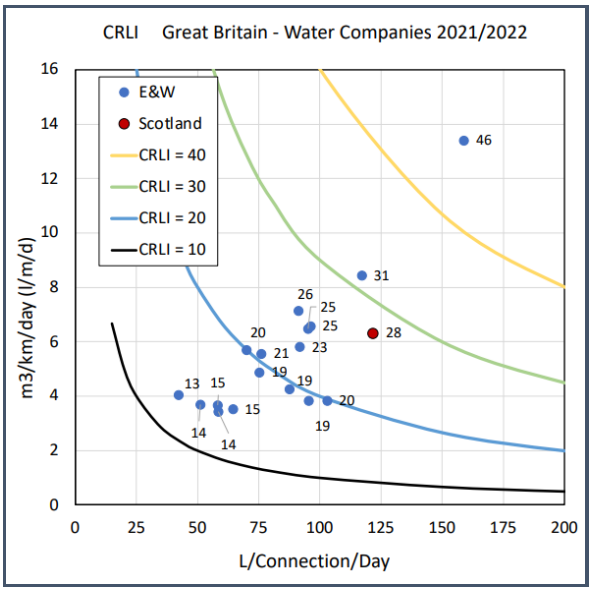


Figura 2 – Sistemas plotados com escala

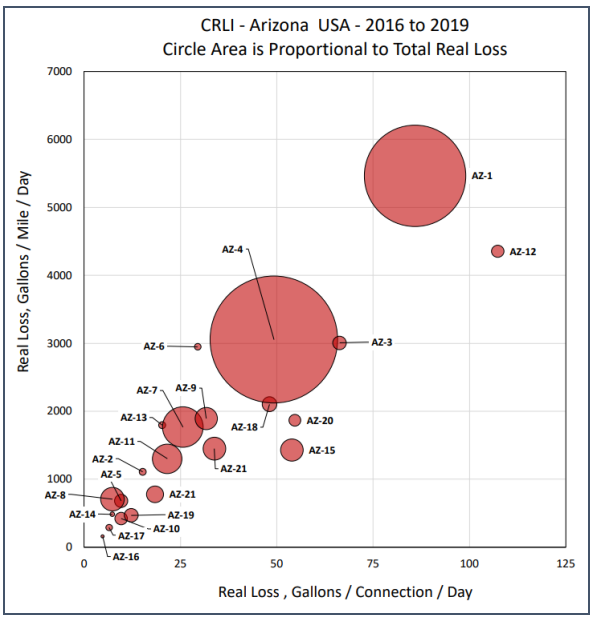


Figura 3 – Sistemas plotados com círculos proporcionais aos volumes perdidos

Outra característica que pode ser observada nos gráficos de CRLI, como no exemplo do gráfico da Figura 4, é a posição relativa dos sistemas quanto à densidade de ligações, ficando os de menor densidade abaixo da linha média e os de maior densidade acima desta. Tal característica se deve ao fato de maiores densidades tenderem a aumentar os valores de L/ligação/dia e diminuírem os valores de L/m/dia, gerando um vetor resultante descendente no gráfico. De outro lado densidades maiores geram uma resultante contrária, ascendente no gráfico. Isso não significa que os pontos acima da linha média sejam piores, pois como já informado a leitura deve seguir a grade de linhas curvas, conforme mostrado na Figura 2.

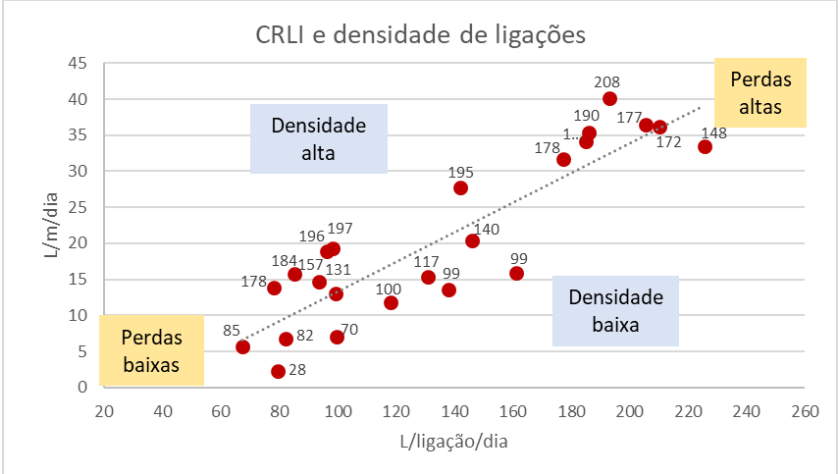


Figura 4 – Sistemas plotados com valores de densidade de ligações

Após aplicações do CRLI em alguns países, e compilados por Alan Wyatt, busca-se uma parametrização de níveis de criticidade em relação às perdas reais, de forma a servir de base comparativa.

A Figura 5 mostra os resultados de várias localidades.

Nota-se indicadores muito baixos, como nos Países Baixos e na Alemanha, até valores bem altos, como na Zâmbia e na Malásia. Pode-se, num primeiro momento, numa interpretação livre dos autores deste descritivo, entender que valores abaixo de 20 são muito bons, e que os acima de 100 representam sistemas onde ações intensas são muito necessárias. No caso da parcela de sistemas testados em São Paulo há, na média, valores intermediários.

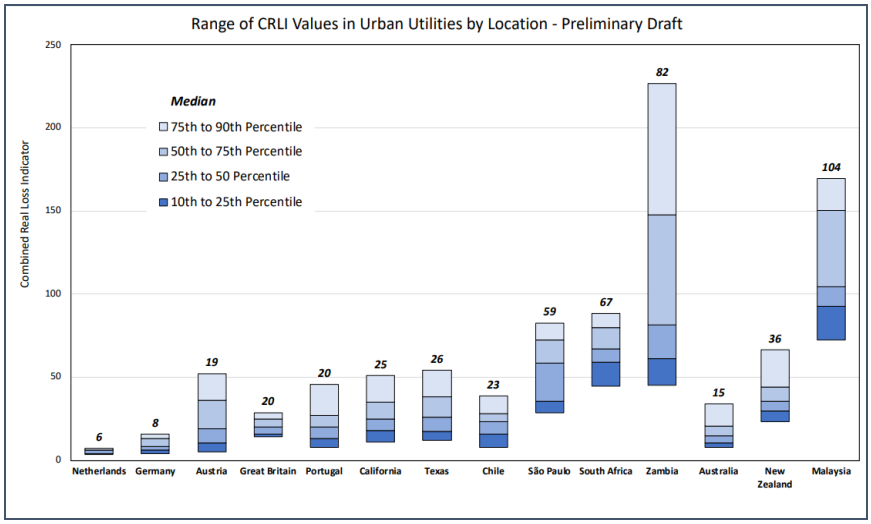


Figura 5 – Compilação dos indicadores médios de algumas localidades

OUTRAS ANÁLISES POSSÍVEIS COM BASE NO CRLI

Com base nos indicadores CRLI podem ser estabelecidos outros critérios para a priorização de sistemas e o planejamento de ações, como por exemplo, cruzando-os com indicadores de estresse hídrico, de forma a direcionar os recursos para manter ou melhorar a disponibilidade de água em regiões onde isso se faz necessário.

Como exemplo foi apresentado por Wyatt e Markham estudo onde pode ser feito este cruzamento, como mostrado na Figura 6, para localidades do Arizona, onde se notam altos índices de estresse hídrico, sendo o tamanho dos círculos os volumes de perdas reais. Fica claro neste caso que esforços devam ser concentrados nas localidades identificadas como AZ-1 e AZ-4. Ainda neste mesmo estudo pode-se calcular o CRLI para as regiões hidrológicas da Califórnia, como mostra a Figura 7.

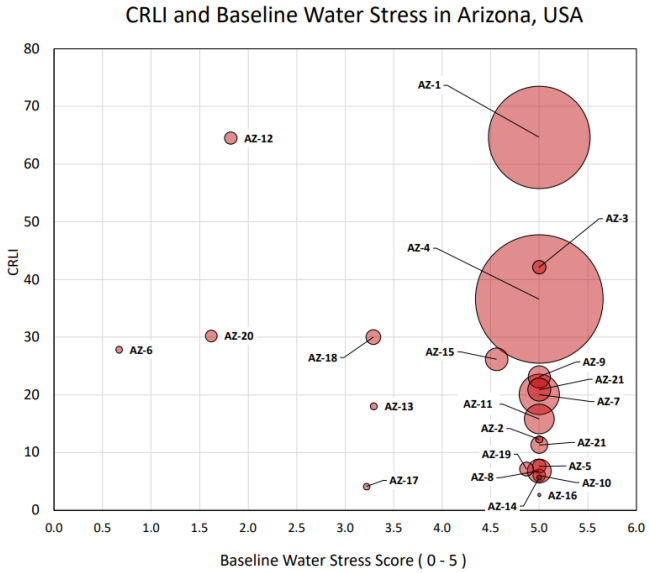


Figura 6 – CRLI e níveis de estresse hídrico

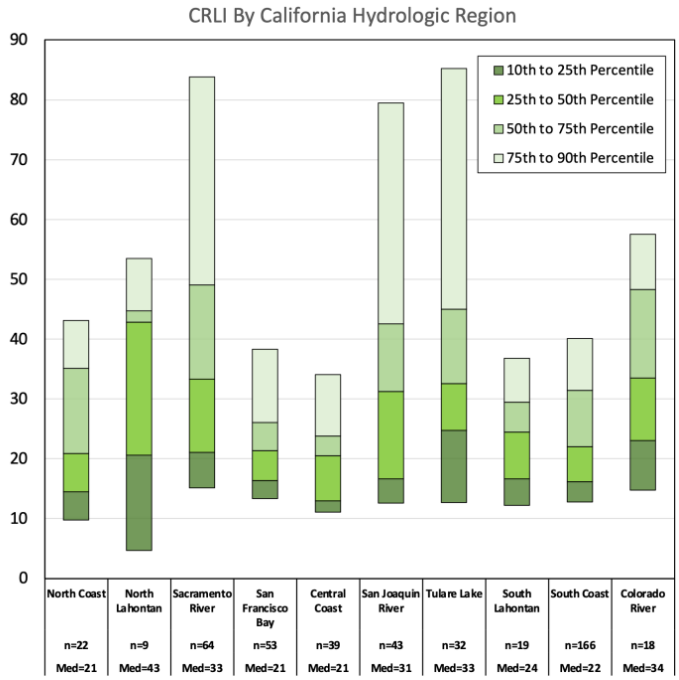


Figura 7 – CRLI para as regiões hidrológicas

Pode-se também comparar os indicadores CRLI com o custo variável de produção de água, para cada setor da empresa, de forma a considerar os aspectos econômicos das perdas. A Figura 8 mostra os custos totais de produção da água perdida anual para cada setor, representados pela dimensão dos círculos, deixando claro, por exemplo, que o setor GU, apesar de possuir indicadores de perdas e CRLI bem menores que os dos setores SM e VM, tem um custo da agua perdida maior que estes, e poderia ser priorizado.

A Figura 9 mostra os custos das perdas para sistemas no Texas, no formado tradicional de gráficos do CRLI, cujos valores são mostrados nos pontos do gráfico, mostrando um custo muito alto para o sistema de CRLI 41, em contraposição a um custo muito baixo do sistema de CRLI 91.

Tais análises podem ser importantes para estabelecer as prioridades sob o ponto de vista da redução das despesas.

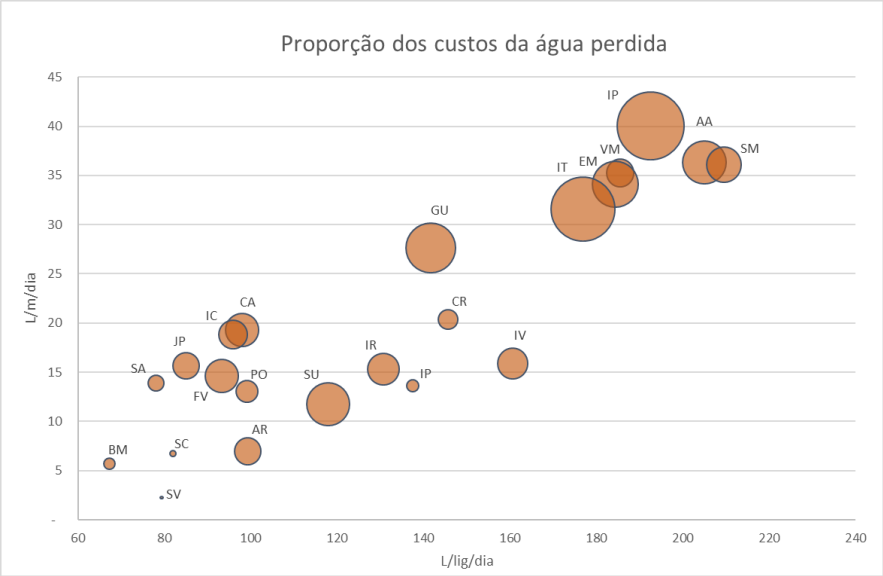


Figura 8 – Custos anuais de produção da água perdida

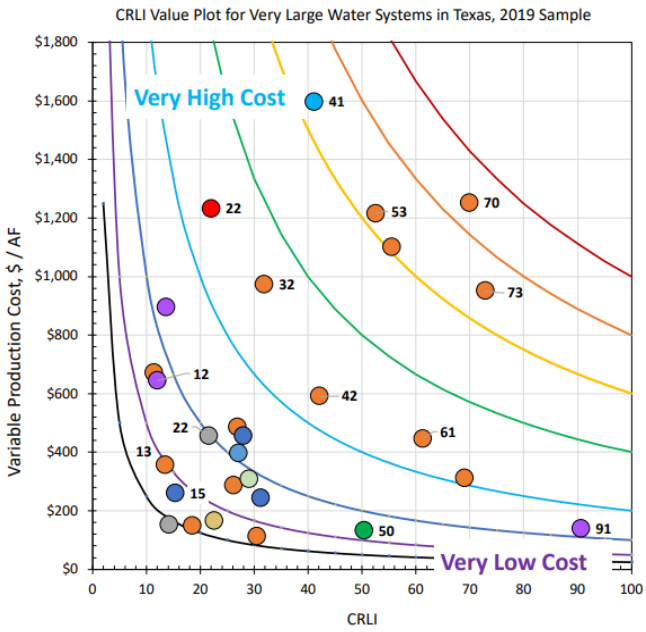


Figura 9 – CRLI e custo de produção da água

APLICAÇÃO LOCAL DO CRLI

A empresa adota a muito tempo como indicador oficial, e principal, de perdas, o IPDT – Índice de Perdas na Distribuição Total, indicador volumétrico, expresso em litros/ligação/dia. Além deste utiliza também o IANC – Índice de Água Não Faturada, que é a porcentagem de volume perdido em relação ao volume total entregue. Estes indicadores, entre outros, tem sido calculados e disponibilizados no Sistema Corporativo de Perdas da Sabesp, sendo, inclusive, os indicadores utilizados nos planejamentos e estabelecimento de metas, além de serem utilizados junto à Agencia Reguladora e nos Contratos de Programa com os Municípios atendidos.

Muitas vezes são analisados conjuntamente pelas equipes técnicas de controle de perdas, podendo ser calculados para Unidades Regionais, Setores de Abastecimento, ou parcelas destes, como DMCs - Distritos de Medição e Controle, ou partes menores atendidas por equipamentos como válvulas redutoras de pressão ou sistemas elevatórios.

Para as perdas reais há estimativas baseadas em estudos anteriores, ficando numa faixa de cerca de 65% do volume de perdas totais. O indicador relativo às perdas reais, é o IPDr, que da mesma forma que o IPDt é expresso em litros/ligação/dia

A área de atendimento da Região Meropolitana de São Paulo é composta por localidasde muito diversas, com setores de abastecimento heterogêneos no que tange aos aspectos socioeconômicos, com níveis de consumo de água variados, e ao tipo de ocupação e sua densidade populacional. Há também grande variação altimétrica em muitas regiões, o que condiciona as pressões da água das redes e a exigência de equipamentos reguladores destas pressões.

Os indicadores utilizados devido a tal diversidade nem sempre representam adequadamente a eficiência dos setores e suas parcelas, o que dificulta a comparação das partes no seu conjunto, para estabelecer as prioridades e o melhor planejamento de ações para a empresa.

Uma das dificuldades comuns é a análise entre sistemas com densidade de ligações diferentes, que exigiriam a necessidade de avaliar mais de um indicador.

A partir do conhecimento do CRLI – Combined Real Loss Indicador, que combina os volumes por ligação e por extensão de rede, houve o interesse em utilizá-lo, uma vez que solucionaria a dificuldade na análise de sistemas de diferentes densidades de ligação.

A partir de 2022 iniciou-se o cálculo do CRLI, de forma complementar e como forma de testá-lo. Desde então o indicador tem sido utilizado nas etapas de planejamento de ações e no acompanhamento mensal das metas empresariais, sendo apresentado nas reuniões de análise crítica com a alta administração, com boa receptividade e interesse.

A primeira observação quando se utiliza o CRLI em conjunto com o IPDr, é que a ordem de prioridades sofre alteração, com a mudança de alguns setores no ranking do conjunto de setores da empresa.

As Figuras 10 e 11 apresentam dois gráficos de priorização pelo IPDr, com os valores de CRLI apontados (pontos vermelhos), o que mostra que o ranking pelo CRLI seria diferente, e, na nossa opinião, mais correto.

O primeiro gráfico, da Figura 10, mostra os setores da Unidade Regional UN-A, onde as densidades de ligação são moderadamente variadas. Assim alguns setores mudam de situação no ranking, como o IV, CA, JP, por exemplo. Entre os primeiros, mais críticos, há uma pequena inversão, sendo que o IP seria o primeiro, ao invés do SM.

Já a Figura 11 mostra a situação da Unidade Regional UN-B, onde há maior diversidade de ocupação urbana, com as densidades de ligações mais diversas. Nota-se neste caso que há muitos setores que mudarias de posição se considerado o CRLI ao invés do IPDr.

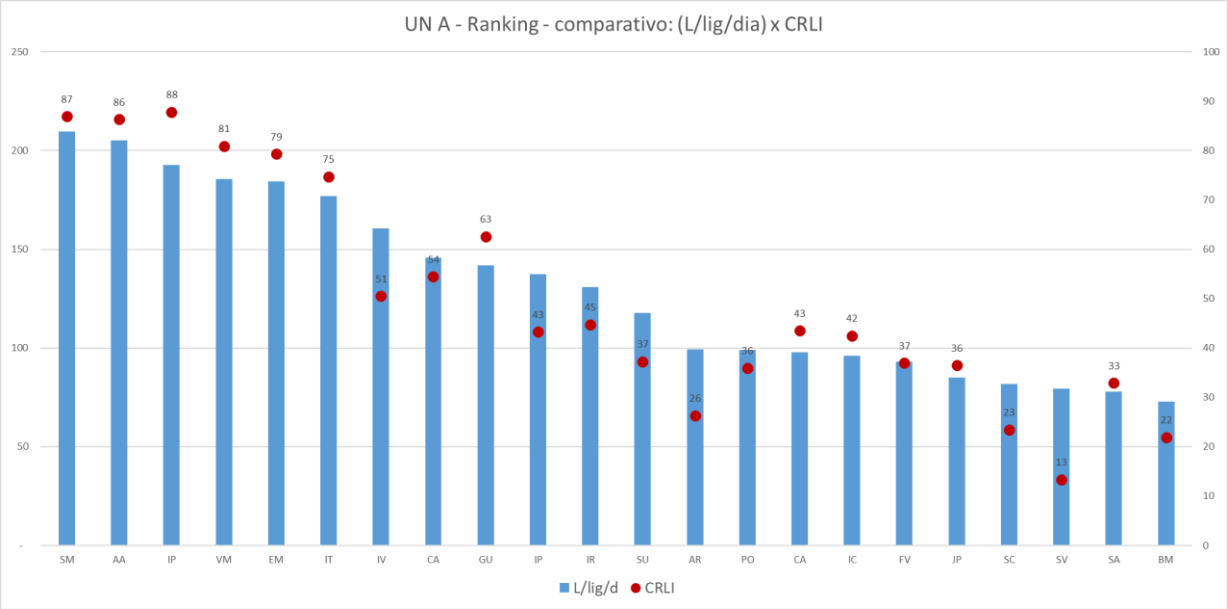


Figura 10 – Ranking de Setores – Unidade A

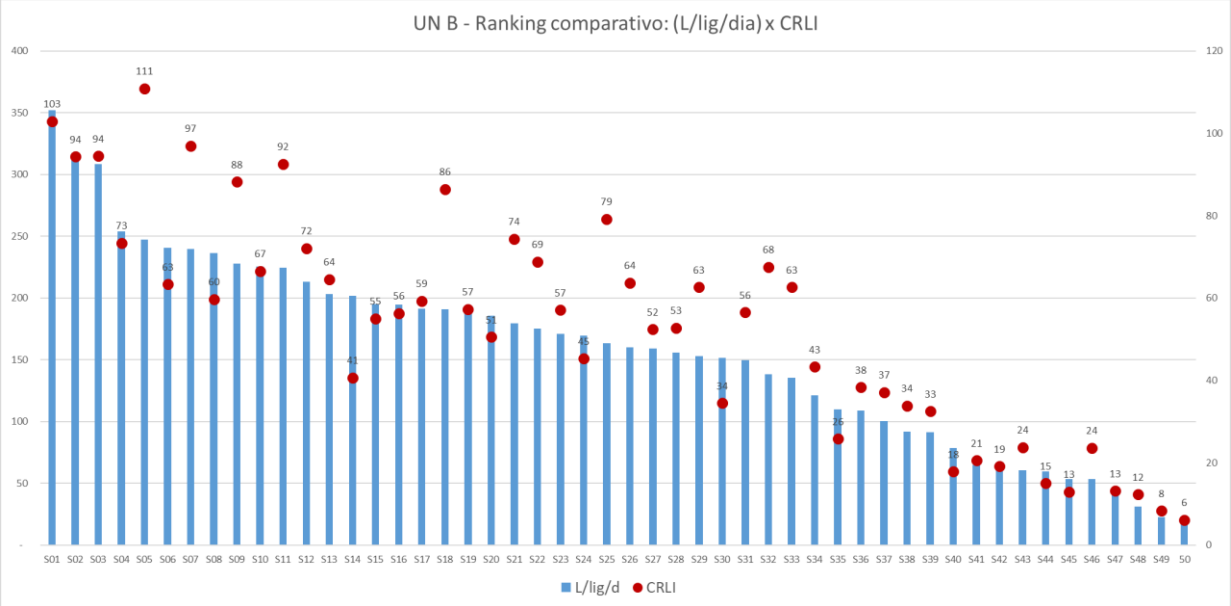


Figura 11 – Ranking de Setores – Unidade B

Conclui-se com estes exemplos que, numa condição de grande variedade de densidades de ligações, pode-se incorrer em decisões sob condição menos segura, ou de forma menos assertiva.

A Tabela 1 apresenta um exemplo de planilha de cálculo dos indicadores de perdas reais IPDr (L/ligação/dia) e CRLI para os setores da empresa, incluindo também o indicador em L/m/dia.

Tabela 1 – Cálculo dos indicadores por setor de abastecimento

Site	Distribution mains (m)	Connections (un)	Real loss (m^3/year)	L/conn./day	L/m/day	CRLI
PE	240.321	37.694	1.580.831	114,9	18,0	45,5
SM	156.834	26.724	2.489.698	255,2	43,5	105,4
IT	836.571	104.642	4.796.191	125,6	15,7	44,4
EM	361.861	67.016	3.805.753	155,6	28,8	67,0
CG	307.427	59.555	3.539.573	162,8	31,5	71,7
IQ	607.041	106.584	7.588.015	195,0	34,2	81,7
JP	185.227	33.748	1.165.737	94,6	17,2	40,4
AR	398.498	28.466	1.149.238	110,6	7,9	29,6
BM	79.535	6.888	221.765	88,2	7,6	26,0
PO	254.692	33.282	1.914.551	157,6	20,6	57,0
SL	65.524	4.032	107.076	72,8	4,5	18,0
AA	650.968	167.723	8.739.362	142,8	36,8	72,5
CA	112.886	16.576	1.040.446	172,0	25,3	65,9
GU	336.905	65.957	4.310.459	179,0	35,1	79,2
FV	314.553	50.639	1.564.363	84,6	13,6	34,0
SU	750.929	75.870	2.713.509	98,0	9,9	31,1
IP	583.643	120.922	5.863.542	132,8	27,5	60,5
PF	265.211	38.932	3.101.763	218,3	32,0	83,6

Para o ano de 2023 foram calculados os indicadores CRLI, e a análise destes possibilitou o direcionamento das ações ao longo do ano. A Figura 12 mostra a disposição dos setores no gráfico com escala de valores e a identificação de cada setor. Com mencionado anteriormente, os setores situados acima, principalmente acima da linha de valor 120, foram os mais críticos, como AA, SM, GU e IT, e objeto de ações mais intensas.

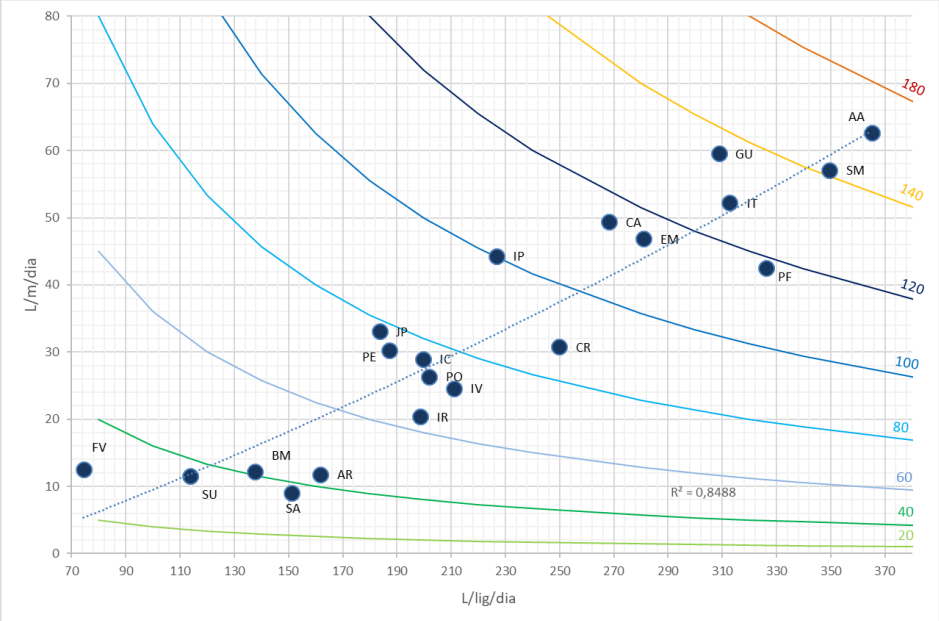


Figura 12 – Ranking de Setores com escala do CRLI

A mesma disposição pode ser verificada no gráfico da Figura 13, onde além da posição relativa de cada setor, os pontos foram substituídos por esferas que representam o montante de volume perdido, o que dá uma visão diferenciada e uma outra perspectiva de análise. Neste caso fica claro que setores como AA, GU e IT possuem grandes volumes perdidos e CRLI altos, enquanto, por exemplo o setor IP possui CRLI mediano, mas volume perdido também elevado.

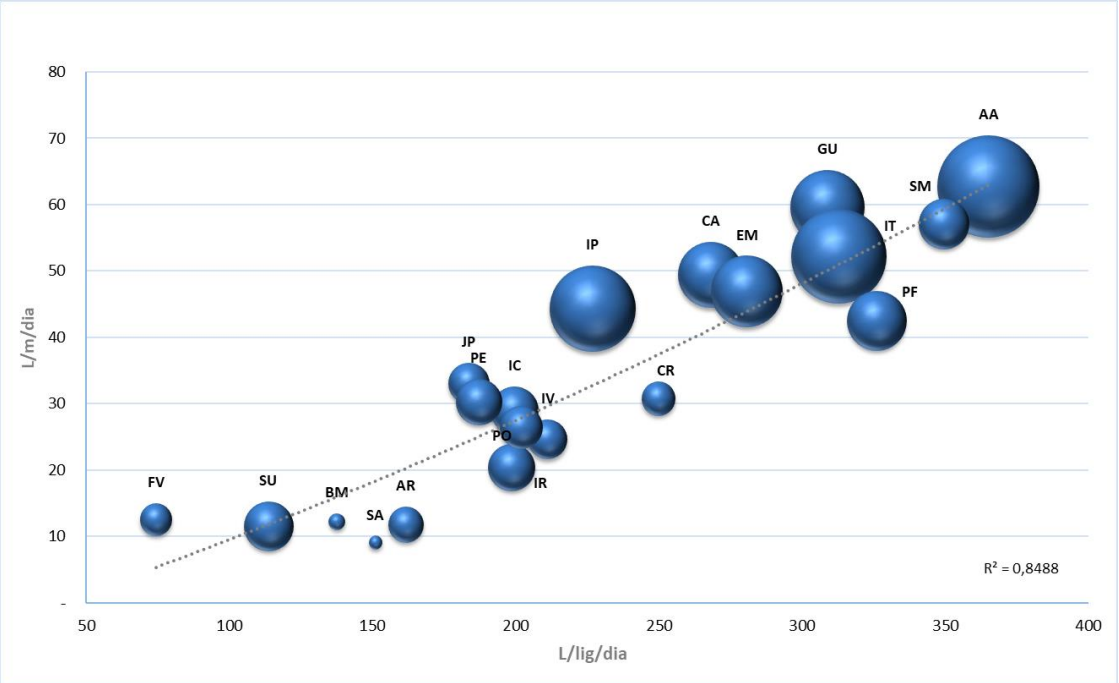


Figura 13 – Ranking de Setores com bolhas representando volumes perdidos

ANÁLISE DE IMPACTO DAS PERDAS INDIVIDUAIS DOS SETORES SOBRE O GLOBAL DA SUPERINTENDÊNCIA LESTE

Como forma alternativa de avaliação dos setores, com base nos conceitos do CRLI, se buscou avaliar os impactos no resultado global da Superintendência Leste. Assim, para um período de um ano pode-se calcular a variação dos volumes perdidos e a partir das diferenças ocorridas no período, correlacioná-los com a extensão e ligações totais da Superintendência. Desta foram se obtém o impacto da variação de cada setor para o conjunto, ou seja, sobre os indicadores globais.

Plotando-se os valores sobre a mesma base dos gráficos típicos do CRLI, se tem uma visão clara dos setores que tiveram impacto positivo (bolhas verdes) ou negativo (bolhas púrpuras), expressos em L/lig/dia, na leitura dos eixos das abcissas, e em L/m/dia, no eixo das ordenadas. O resultado é um gráfico onde os setores com impacto negativo se localizam no quadrante alto da direita, e os de impacto positivo no quadrante baixo à esquerda. Os setores próximos à origem dos eixos são os que não tiveram impacto para a empresa, ou seja, se mantiveram sem alterações nos seus indicadores de perdas.

A Figura 14 apresenta um gráfico construído com este objetivo. Além do posicionamento dos setores, com as respectivas leituras de impacto, tem-se que as esferas em sua dimensão mostram, em escala, o resultado da redução de volume perdido no período, no caso entre fev/23 e jan/24.

Com base neste gráfico pode-se determinar como prioridades para as ações de combate às perdas, os setores que tiveram impactos mais negativos, como os setores GU, EM, AA, IT e PE, que trouxeram impactos entre 2 e 3 L/lig/dia no indicador geral as Superintendência Leste.

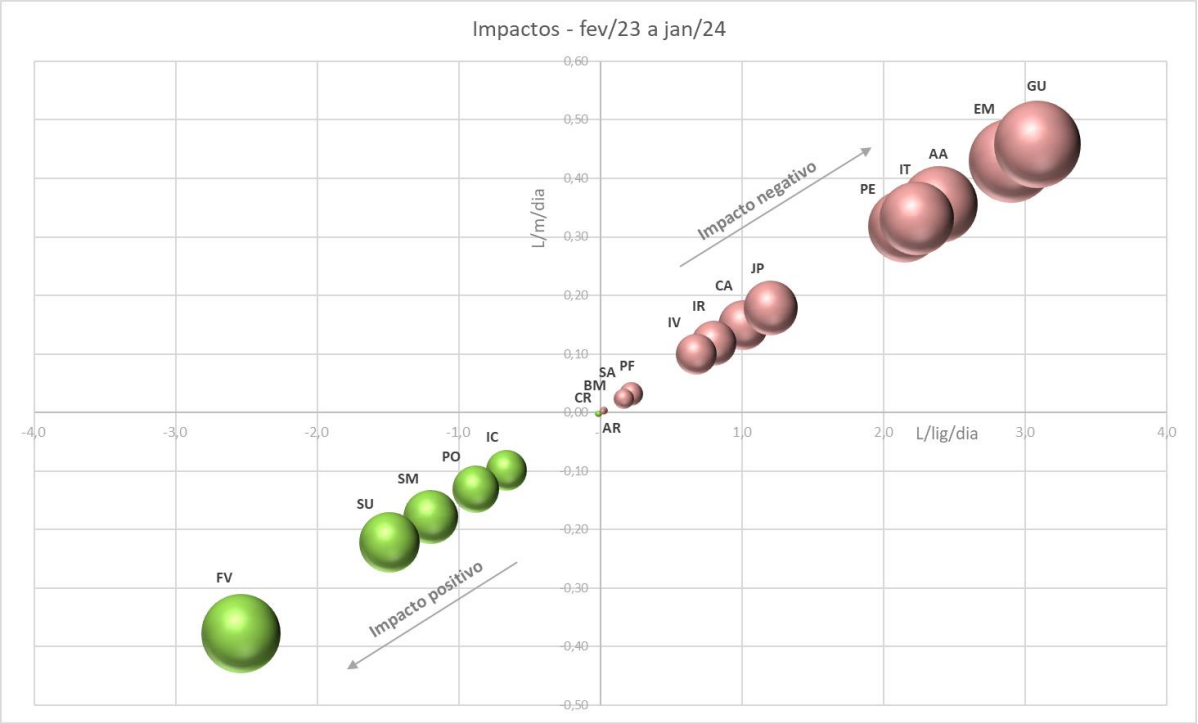


Figura 14 – Impacto dos setores no período de um ano para a Superintendência Leste

CONCLUSÃO

As questões em torno dos indicadores de perdas reais assumem uma importância cada vez maior, pois como recurso essencial muitas vezes escasso, o uso da água necessita ser feito de forma mais eficiente, buscando sempre, e cada vez mais, reduzir os desperdícios com vazamentos. Como consequência da redução de vazamentos ocorre também a redução dos custos com a produção e distribuição da água, o que deve levar a maiores condições de investimento nos sistemas, trazendo ainda mais vantagens, como a ampliação do atendimento, permitindo a melhoria sanitária à populações maiores.

A utilização do CRLI se mostra muito interessante para um melhor planejamento e monitoramento de ações de combate a perdas. Permite uma definição mais clara dos setores críticos e a correta aplicação de recursos para redução de perdas.

A oportunidade da utilização do CRLI na empresa, mesmo de forma experimental, tem sido bem aceita pelas equipes técnicas, bem como pela Alta Administração. Pode-se também notar que, apesar de ser um indicador criado para Perdas Reais, seu conceito permite também que seja utilizado para Perdas Totais, o que também foi testado e apresentado nas etapas de planejamento, sendo um ótimo recurso para as análises críticas.

Como indicador de Perdas Reais pode ser considerado como alternativa ao ILI, tendo a vantagem de não necessitar das pressões médias, muitas vezes não disponíveis ou que exigem levantamentos e estudos técnicos específicos.

Portanto, entende-se que o CRLI deva ser mais compreendido e divulgado, pois pode agregar qualidade à análise das perdas, sendo este o objetivo do presente trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. WYATT. A., JENKS, B., PEARSON, D., TROW, S. *The Attributes of the Combined Real Loss Indicator – CRLI*. IWA Water Loss Conference 2020 – Shenzhen, China; november 2020.

2. WYATT. A., SILVA JUNIOR, E. G., ROCHA FILHO, C. M., KOELBL, J., MERKS, C., PEARSON, P., TROW, S. *The Combined Real Loss Indicator (CRLI) – Concept and Application Case Studies.* IWA Specialist Conference PI 2023 – Amsterdan, Netherlands; november 2023.

3. WYATT. A., MARKHAM, J. *The Combined Real Loss Indicator (CRLI) – Concept and Application Case Studies.* AWWA North American Conference 2023 – Denver; december 2023.

4. ALEGRE, H. et al., *Performance Indicators for Water Supply Services. IWA Publishing. Second edition*, 2001.

5. MINISTÉRIO DAS CIDADES / SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. https://www.gov.br/cidades/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/produtos-do-snis/diagnosticos/Glossario_Indicadores_AE2022.pdf.