

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



CATEGORIA 2

Uso Sustentável da Água: Metodologias, Inovações e Processos na Gestão
Hídrica da CCR Metrô Bahia

INTRODUÇÃO

A importância da água para a sobrevivência e desenvolvimento da sociedade é amplamente conhecida. No setor metroferroviário não é diferente. Toda a cadeia de negócios que faz o setor funcionar depende de água, seja na realização de limpeza das instalações até a fabricação de materiais e insumos para suprir a manutenção. Inclusive, segundo Marchesi (2021), a sua escassez pode resultar em impactos significativos no setor metroferroviário de passageiros, uma vez que esses sistemas dependem majoritariamente de energia elétrica. Apesar da sua relevância, a água é considerada como um recurso natural limitado conforme Lei nº 9.433/1997. Dado o fato de que o recurso hídrico possui elevado valor social e econômico, porém, é limitado, o compromisso com uso sustentável deste recurso é dever de todos.

Na CCR Metrô Bahia, a busca incessante do uso sustentável dos recursos hídricos foi pensada desde a concepção do projeto com aprimoramentos contínuos e implementos de noivas

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



tecnologias e soluções. O consumo, apesar de inerente à operação, precisava ser observado com o viés de sustentabilidade. Dessa forma, foram identificadas oportunidades de adotar critérios e implementar ações que correspondessem numa redução significativa do consumo de água, contribuindo para a conservação desse recurso vital e para a sustentabilidade ambiental. Além disso, quando capitalizado, o consumo de água representava um custo significativo para a operação do sistema. Sendo assim, iniciou-se um trabalho de aplicações de metodologias, tecnologias e inovações para reduzir o consumo de água.

Com ações estruturadas e gestão ativa do recurso hídrico foi possível obter reduções expressivas no consumo de água nas instalações da CCR Metrô Bahia.

DIAGNÓSTICO

Em 2018, após receber uma conta de água que registrava o consumo de 8.355 metros cúbicos em uma única estação, a CCR Metrô Bahia decidiu dar maior relevância à gestão dos recursos hídricos nos locais concedidos para esta Concessionária. A nível de comparação, o consumo supracitado é maior que o consumo registrado para o mês de maio de 2023 em todos os locais da CCR Metrô Bahia, que registrou o consumo de 7.999 metros cúbicos.

O primeiro passo para a mudança foi criar um processo de mapeamento e controle das contas de água. Nesse processo estava contemplado a unificação dos dados históricos do consumo de água bem como a identificação de cada unidade de atendimento da Empresa Baiana de Águas e Saneamento (EMBASA), concessionária de água responsável por abastecer as estações de metrô e terminais de ônibus operados pela CCR Metrô Bahia. A identificação das

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS

unidades de atendimento da EMBASA era importante para conseguir tratar erros de leitura bem como notificações de vazamentos. Para isso, era necessário também garantir que o controle fosse alimentado mensalmente. A Figura 1 ilustra o fluxo desse processo. Já a Figura 2 elenca as unidades de atendimento da EMBASA para cada estação metroviária e terminal de ônibus operado.

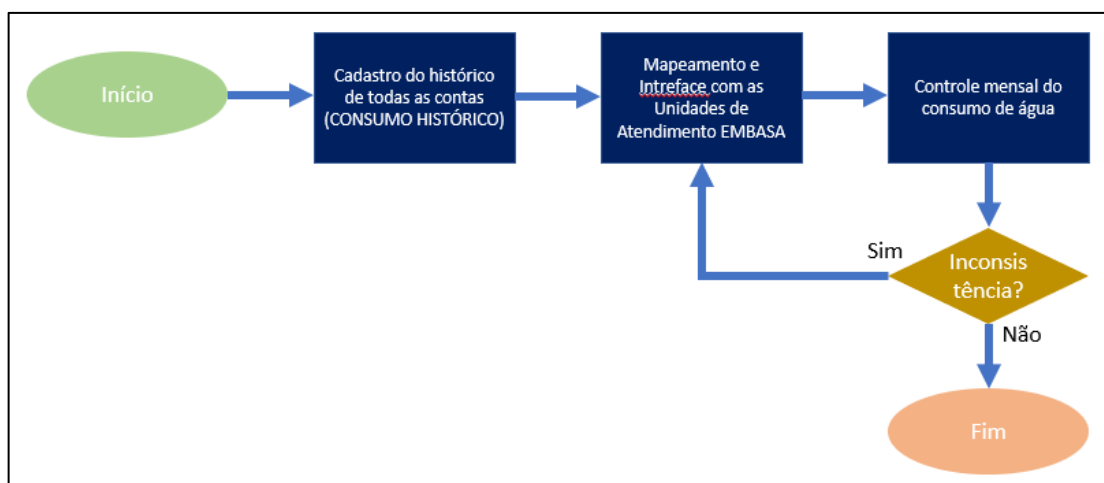


Figura 1 – Fluxo do processo de controle do consumo de água e interface com a EMBASA

(Fonte Autor)

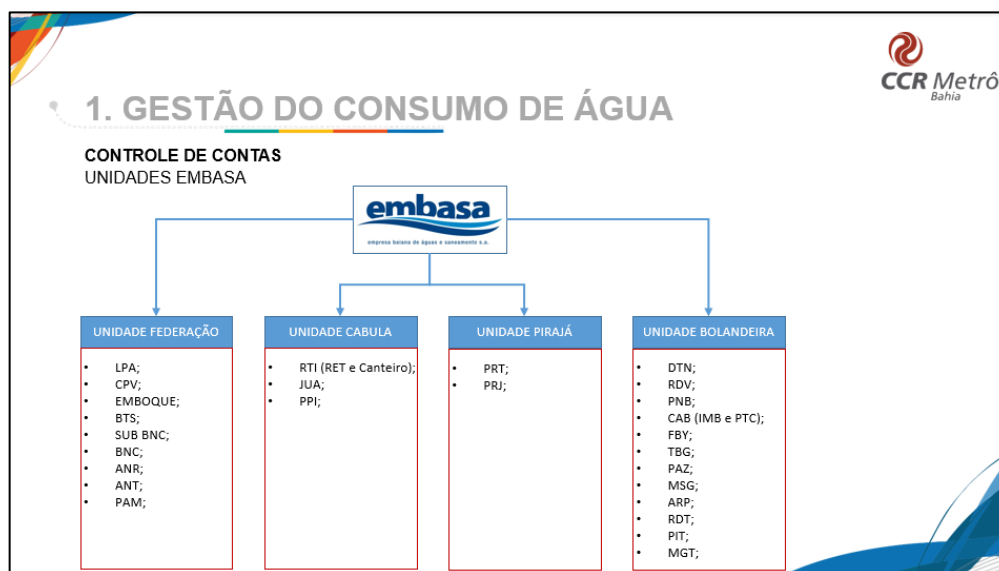


Figura 2 - Mapeamento das unidades de atendimento Embasa para cada local de instalação do Metrô Bahia (Fonte: Autor)

Apesar de importante, o processo mapeamento das contas de água possui muita oportunidade para ser melhorado. O controle mensal das contas emitidas pela Concessionária de água não é suficiente para conter grandes desvios de consumo com a rapidez necessária. Em média, as contas registram o consumo de algo que aconteceu de 1 a 3 meses atrás. Dessa forma, significa dizer que qualquer desvio de consumo de água só poderia ser detectado depois de ter desperdiçado até 3 meses de água. Visando reduzir o tempo de identificação dos desvios, foi implantado, ainda em 2018, um sistema de telemetria de água para monitorar o consumo de água a cada hora.

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



A tecnologia de telemetria consiste na instalação de sensores de pulso, discos para armazenamento de dados e modem de comunicação. O sensor de pulso é responsável por coletar a quantidade de vezes que o hidrômetro gira a sua turbina. Os dados são então armazenados e o modem faz a comunicação com o servidor. Os dados são tratados por um sistema e expostos em formato de *dashboards* em um *website*, conforme ilustrado na Figura 3 e Figura 4. A implantação dessa inovação como aliada na gestão dos recursos hídricos foi importante para que houvesse o monitoramento ativo dos excessos do consumo de água para a operação da CCR Metrô Bahia.

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

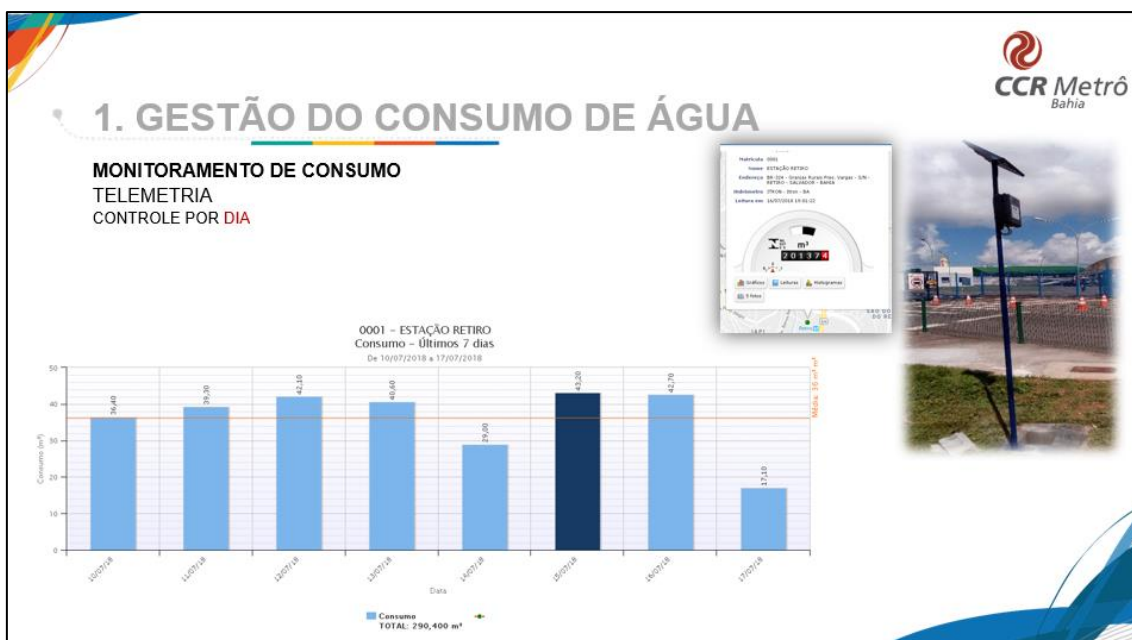


Figura 3 - Controle diário do consumo de água (Fonte: Autor)

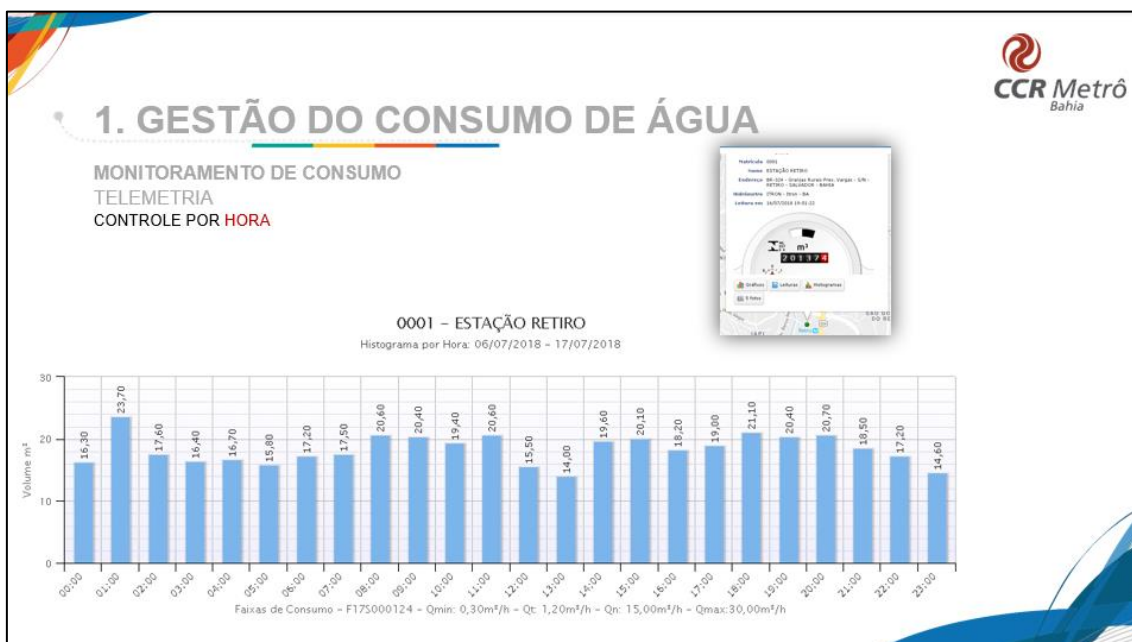
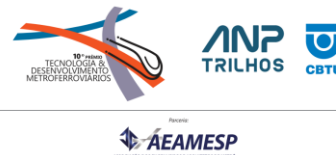


Figura 4 - Controle horário do consumo de água (Fonte: Autor)

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



Ter tecnologia em tempo real é extremamente relevante. Contudo, a falta de parâmetro de comparação pode resultar em conclusões incertas. Por exemplo, em 2018, a telemetria estava implantada na CCR Metrô Bahia. Porém, não havia parâmetro para alegar que uma estação ou terminal estava consumindo mais ou menos água do que deveria. Para solucionar esse problema, ainda em 2018, foi idealizado um modelo matemático para estimar o consumo ideal para cada estação e terminal. O modelo consiste em utilizar a quantidade de metros quadrados de limpeza, a quantidade de clientes nas nossas estações, a população administrativa (colaboradores e terceiros) naquelas estações, quantidade de equipamentos sanitários e os consumos expostos na NBR 7229/93 – Projeto, Construção e Operação de Sistemas de Tanques Sépticos. O consumo resultante desse modelo foi chamado de “consumo teórico”.

Inicialmente, como a norma NBR 7229/93 prevê a contribuição de esgoto por unidade de bacia sanitária, realizamos o cálculo do consumo teórico com base nesse dado. Contudo, por se tratar de consumo teórico, traçamos outra metodologia de cálculo. Nesta nova metodologia de cálculo, analisamos a quantidade de pessoas que utilizam os equipamentos hidráulicos bem como a quantidade de lavagem rotineira que fazemos. Abaixo seguem premissas adotadas para cada cálculo de ambas as hipóteses de consumo teórico, considerando quantidade de bacias sanitárias ou com base na população habitada e trafegada somada à limpeza.

- **Consumo Teórico com base na quantidade de bacias sanitárias (Dvaso)**

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



- **Dvaso = Quantidade de vasos sanitários x 480 litros**, conforme preconiza a NRB-7229/93.

- **Consumo Teórico com base na quantidade de clientes, população de colaboradores e terceiros e rotinas de limpeza (Dpub)**
 - **Consumo teórico dos clientes = 3,5% do total de clientes x 2 litros**. A quantidade de litros foi definida conforme critério da NBR-7229/93 para ocupantes temporários em locais de curta permanência. Já a quantidade de clientes que utilizam os sanitários foi definida com investigação, através de câmeras, contabilizando a proporção de quantidade de pessoas que acessaram os sanitários em um determinado horário;
 - **Consumo teórico de limpeza = área de limpeza x 1 litro**. A definição de 1 litro por metro quadrado foi estabelecida com base nas experiências de limpeza;
 - **Consumo teórico de colaboradores = Quantidade de colaboradores x 70 litros**, conforme NBR-7229/93 estabelece para ocupantes temporários de fábrica em geral. Como todas as estações e terminais possuem vestiários e a prática de banhar-se é comum, esse é o critério que mais se assemelha à realidade da operação metroviária.
 - Dessa forma, o resultado do **Dpub = Consumo teórico dos clientes + Consumo teórico de limpeza + Consumo teórico de colaboradores**.

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



Prédio	Unidade	Contribuição de esgotos (C) e lodo fresco (Lf)	
		C	Lf
Unid.: L			
1. Ocupantes permanentes			
- residência padrão alto	pessoa	160	1
- residência padrão médio	pessoa	130	1
- residência padrão baixo	pessoa	100	1
- hotel (exceto lavanderia e cozinha)	pessoa	100	1
- alojamento provisório	pessoa	80	1
2. Ocupantes temporários			
- fábrica em geral	pessoa	70	0,30
- escritório	pessoa	50	0,20
- edifícios públicos ou comerciais	pessoa	50	0,20
- escolas (externatos) e locais de longa permanência	pessoa	50	0,20
- bares	pessoa	6	0,10
- restaurantes e similares	refeição	25	0,10
- cinemas, teatros e locais de curta permanência	lugar	2	0,02
- sanitários públicos ^(A)	bacia sanitária	480	4,0

^(A) Apenas de acesso aberto ao público (estação rodoviária, ferroviária, logradouro público, estádio esportivo, etc.).

Figura 5 - Contribuição diária de esgoto e de lodo fresco por tipo de prédio e ocupante (Fonte: Tabela 1: NBR-7229/93)

O resultado do modelo teórico foi satisfatório. Algumas estações e terminais convergiam para o consumo igual ou muito próximo do consumo teórico. Contudo, 8 locais registraram consumo muito acima do teórico. A partir disso, esses 8 locais foram o foco de melhoria do uso do recurso hídrico. O potencial de economia apontado era de até 9.730 metros cúbicos por mês para um consumo real naquele momento de 22.148 metros cúbicos (período final de medição mensal da Embasa, aferido em janeiro/2018).

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS

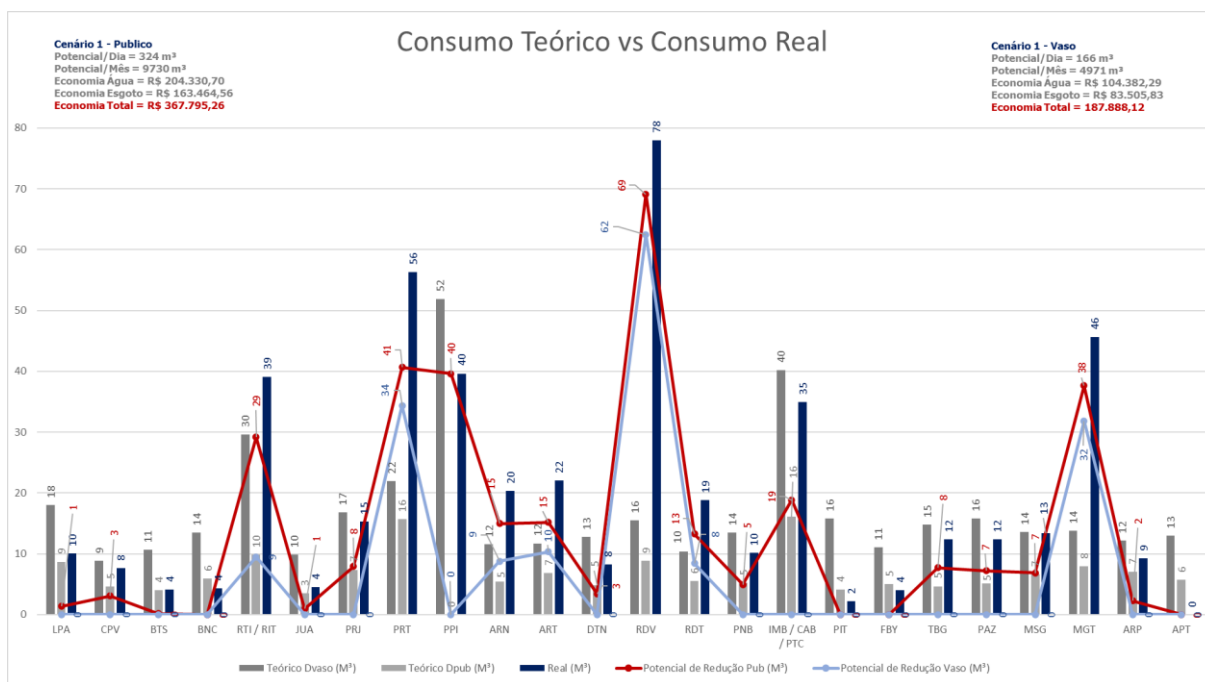


Figura 6 - Comparativo de Consumo Teórico Vs Consumo Real (Fonte: Autor)

O resultado do modelo teórico foi satisfatório. Algumas estações e terminais convergiram para o consumo igual ou muito próximo do consumo teórico. Contudo, 8 locais registraram consumo muito acima do teórico. A partir disso, esses 8 locais foram o foco de melhoria do uso do recurso hídrico. O potencial de economia apontado era de até 9.730 metros cúbicos por mês para um consumo real registrado naquele mês de 22.148 metros cúbicos (período final de medição mensal da Embasa, aferido em janeiro/2018).

Uma vez definidos os parâmetros ideais para consumo de cada local, foi possível configurar a telemetria para que fossem emitidos alertas de estoques de consumo horário e diário. Dessa forma, o MTTR (*Mean Time to Repair*) ou o tempo médio para reparo/atuação foi diminuído consideravelmente uma vez que os desvios eram mapeados a cada hora ou, no máximo, a

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS



cada dia. Atualmente, o sistema da telemetria notifica desvios de consumo por e-mail e pelo aplicativo WhatsApp conforme ilustrados na Figura 7 e Figura 8.

CCR - Estouro de Consumo Horário

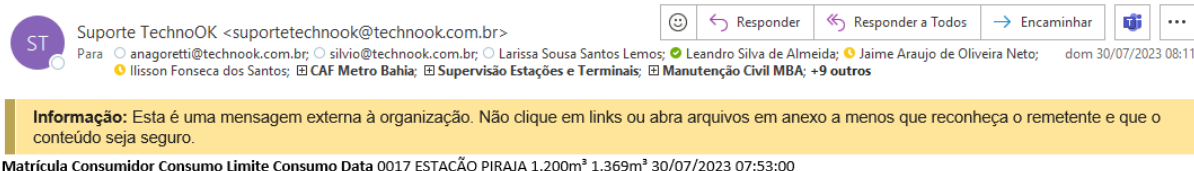


Figura 7 - Alerta de estouro de consumo horário por e-mail (Fonte: Autor)

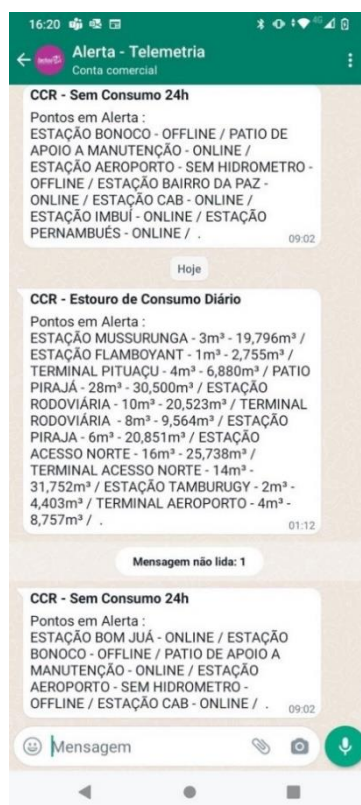


Figura 8 - Alerta de estouro de consumo diário pelo WhatsApp (Fonte: Autor)

Do ponto de vista de definição de desvios e seu monitoramento, o problema estava solucionado. Todavia, uma vez estabilizado, a eficiência do consumo poderia ser aprimorada para consumir menos que o consumo teórico estabelecia. Dessa forma, soluções foram

pensadas para otimizar o uso do recurso hídrico. Clientes no sistema metroviário possuem acesso a dois pontos de consumo: torneiras e descargas. Visando reduzir o consumo de água nesses pontos, foram instalados arejadores spray nas torneiras e redutores de vazão nas torneiras e vasos sanitários, conforme ilustra a Figura 9.



Figura 9 - Limitadores de consumo instalados na CCR Metrô Bahia (Fonte: Autor)

No que tange a implantação do arejador *spray*, o dispositivo é capaz de reduzir a vazão das torneiras de 8 litros por minuto para 1,8 litros por minuto, o que significa a redução de 77,5% no consumo provenientes das torneiras. Atualmente, as peças dos arejadores *spray* podem ser produzidos na base da CCR Metrô, pois foi desenvolvido um projeto interno para confecção via impressora 3D.

Ainda para viabilizar a otimização do uso do recurso hídrico, foram implantados ajustes no sistema de reutilização de água das chuvas nas Estações da Linha 2 operadas pela CCR Metrô

Bahia. Anteriormente, o sistema era alimentado pela água da Concessionária de saneamento e pela coleta de água de chuva. Contudo, o sistema antigo era composto por boias mecânicas. Na prática, o reservatório estava sempre cheio de água da Concessionária de saneamento, pois em momentos de chuvas não havia espaço no reservatório para captar a água das chuvas. Dado o problema, foi implantado um conjunto de válvulas solenoides e boias elétricas para garantir o mínimo necessário de água da concessionária. Dessa forma, foi possível disponibilizar 75% da capacidade do reservatório para captação das águas provenientes da chuva. A Figura 10 ilustra a mudança supracitada.

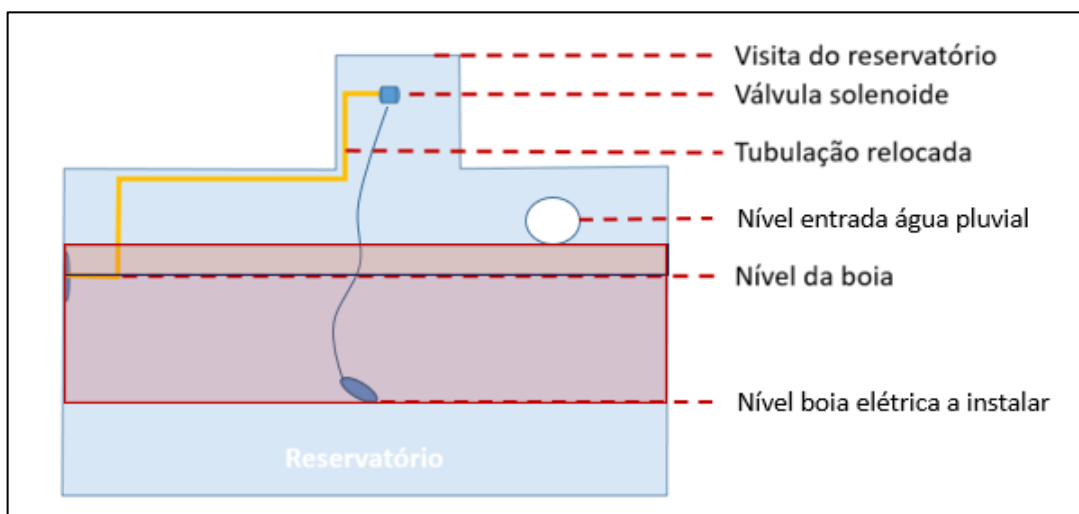


Figura 10 - Implantação de automação nos reservatórios de coleta de água da chuva

(Fonte: Autor)

Como o consumo de água pode variar de acordo com a quantidade de clientes que utilizam o sistema, estabelecemos uma métrica para avaliar a quantidade de água consumida para cada 1.000 (mil) passageiros. Dessa forma, independente do aumento da demanda de clientes, podemos aferir se o uso otimizado do recurso hídrico está sendo realizado ou não. Entretanto,

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



esse indicador só compreende as estações, pois os terminais de ônibus são abertos e a estimativa da quantidade de clientes por mês não é precisa.

Ao longo da condução do monitoramento e atuações nos desvios de consumo de água, foi possível observar que os vazamentos nas tubulações eram os maiores causadores do elevado consumo de água. Para conseguir conter esse tipo de falha, a CCR Metrô Bahia investiu em equipamentos de investigação de vazamentos como Geofone, geradores de pulso e manômetros. Tais instrumentos são essenciais para auxiliar na identificação dos vazamentos em tubulações subterrâneas. Porém, esses equipamentos também possuem limitação. No caso das operações metroviárias, a principal limitação se dá no fato dos ruídos do entorno interferirem na escuta do vazamento. Na prática, o Geofone só se torna útil para investigações noturnas, enquanto não há tráfego de veículos, clientes ou trens.

Em virtude das limitações dos sistemas de Geofone, a CCR Metrô Bahia decidiu investir em novos encaminhamentos de tubulações para que elas ficassem sempre aparentes ou envolta de tubos camisas que garantiam a detecção imediata de qualquer vazamento. Essa melhoria foi realizada na Estação Rodoviária e no Terminal Retiro, que eram locais que apresentavam alta recorrência de vazamentos nas tubulações.

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS

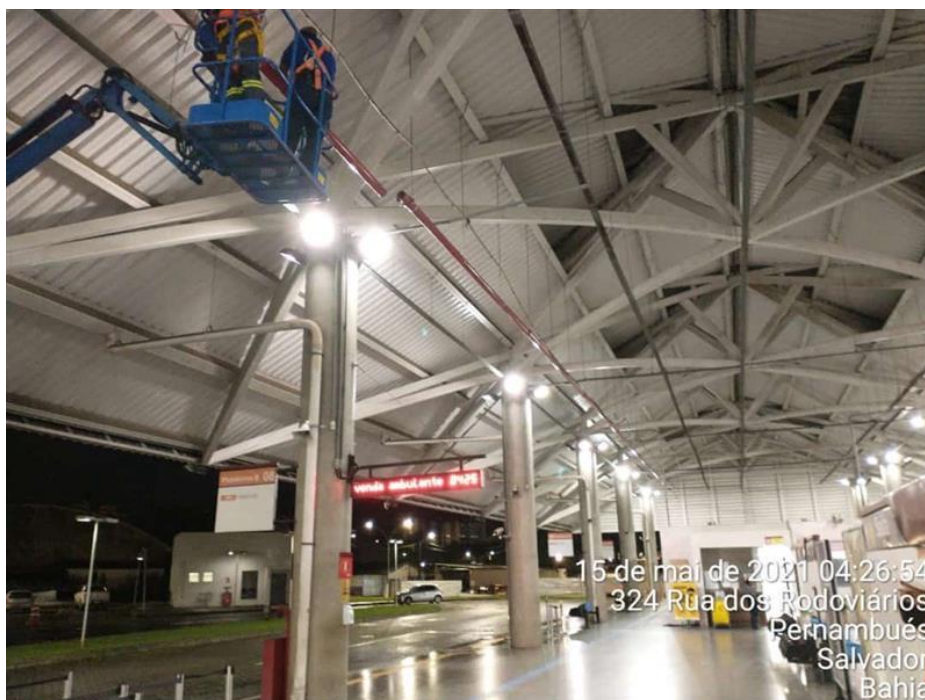
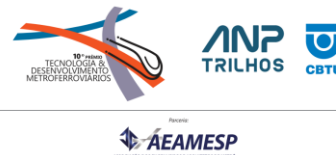


Figura 11 - Tubulação de incêndio sendo instalada de forma aparente no Terminal Retiro

(Fonte: Autor)

Excluindo o fator exógeno de rompimento de tubulações e conexões na rede de água, o principal detrator para o consumo elevado se dá pelo travamento do acionador das válvulas de descarga. Como as válvulas de descarga das operações da CCR Metrô Bahia estão instaladas diretamente nas prumadas de água, o acionamento constante dessas válvulas pode chegar a um desperdício de até 3,9 m³/h (considerando velocidade média da água de 1m/s e tubulação com diâmetro DN32 – diâmetro interno de 37,2mm). Para controlar esse tipo de desvio, a operação conta com o apoio de banheiristas e rotina periódica de inspeção dos equipamentos hidráulicos dos sanitários públicos. Uma vez detectado algum problema, a manutenção é acionada imediatamente para atuação. Esse processo é possível a partir da colaboração entre as áreas de Atendimento e Manutenção, onde a equipe de Atendimento é treinada para

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS

realizar rondas de verificação dos equipamentos hidráulicos e notificar o time de manutenção quando necessário.



Figura 12 – Agente de Atendimento verificando o funcionamento dos equipamentos hidráulicos (Fonte: Autor)

Para garantir que todos os avanços até aqui sejam conduzidos e que a gestão do consumo de água seja realizada, o consumo de água é reportado mensalmente de forma obrigatória em reunião de *performance* com a participação de todos os colaboradores da CCR Metrô Bahia. Caso haja alguma divergência nos valores mensais de consumo em relação ao planejado, deve ser feita uma análise de causa, resultando em plano de ação para que os desvios sejam corrigidos e o consumo otimizado. Caso o PDCA (*Plan-Do-Check-Act*) não seja efetivo, a análise de causa é reavaliada para propor novas ações.

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



Apesar de serem contundentes, as ações em busca da melhoria contínua da gestão dos recursos hídricos continuam. A CCR Metrô Bahia está desenvolvendo estudos de soluções alternativas para o abastecimento de água de toda a operação. Já em fase de implantação, o primeiro investimento consiste em prover água potável, através de poço, para o Pátio Pirajá, Terminal Pirajá e Estação Pirajá. Juntos, a região de Pirajá é responsável por cerca de 20% do consumo de água de toda operação do Metrô de Salvador e Lauro de Freitas.

Além do abastecimento alternativo do Complexo Pirajá, outros investimentos estão em fase de estudo, são eles:

1. Estudo para abastecer a Linha 1 inteira através de poço;
2. Estudo para abastecer a Linha 2 inteira através de poço;
3. Estudo para implantar ~~de~~ sensores de nível nos reservatórios;
 - a. Esse estudo visa trazer maior celeridade na detecção das maiores fontes de consumo. Com o monitoramento do nível dos reservatórios, a equipe de manutenção conseguirá saber qual rede de abastecimento está consumindo mais água e então soluções poderão ser pensadas para otimizar o consumo de cada reservatório;
4. Estudo para implantar sistema de detecção de vazamentos por satélite;
 - a. Tecnologias estão disponíveis no mercado através do uso de radar de abertura sintética polarimétrica (PolSAR) para identificar umidade no solo em determinada região. A intenção desse estudo é mapear regiões de vazamentos para atuação mais concentrada com o Geofone.

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



ANÁLISE DOS RESULTADOS

O resultado alcançado foi excepcional. O ano de 2018 foi encerrado com o registro de 186.951 metros cúbicos de água consumida. Já em 2022, o valor consumido foi de 114.480 metros cúbicos ou 39% a menos, mesmo o ano de 2022 tendo apresentado maior quantidade de passageiros transportados. Em termos de consumo para cada 1.000 passageiros, em 2018 foi registrado 1,29 metros cúbicos para cada 1.000 passageiros. Em 2022, esse indicador caiu para 0,71 metros cúbicos, representando a queda de 45%. Vale lembrar que o indicador de consumo por passageiros só compreende as estações, pois os terminais de ônibus são abertos e a estimativa da quantidade de clientes por mês não é precisa.

Em perspectiva, se considerarmos o consumo de 2018 como padrão, o metrô Bahia está deixando de consumir, pelo menos, 72.987 metros cúbicos de água. Isso representa a quantidade necessária para suprir a necessidade de água de 729.870 pessoas em um dia, com base na definição das Nações Unidas de que o ser humano precisa de 50 a 100 litros de água por dia para suprir suas necessidades (2010). Desse modo, a redução do consumo nas instalações operadas pela CCR Metrô Bahia significa maior disponibilidade do recurso hídrico fornecido pela Concessionária de água para abastecer aqueles que mais precisam. Dessa forma, além do cunho ambiental, a gestão eficaz do recurso hídrico também contribui com questões sociais.

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



CONCLUSÕES

A responsabilidade do uso consciente dos recursos hídricos é de todos. Contudo, os grandes consumidores têm papel fundamental na preservação e otimização do uso deste recurso. A utilização consciente e eficaz da água resulta em benefícios ambientais e sociais, gerando valor para a sociedade. Na CCR Metrô Bahia, a implantação de metodologia para análise do perfil do consumo de cada local operado, o uso de tecnologia para monitoramento em tempo real acerca do consumo da água e o processo de gestão e controle desse recurso faz com que a Companhia contribua para a sociedade de modo a garantir o melhor uso possível do recurso hídrico para a operação do Sistema Metroviário de Salvador e Lauro de Freitas. Em números, comparando 2018 com 2022, já foi possível observar a redução de 39% no consumo absoluto de água e a redução de 45% no consumo de água para cada 1.000 passageiros em estações. Apesar do resultado expressivo, a busca por melhoria contínua persiste e, com mais investimentos e inovações, a tendência é aprimorar o consumo cada vez mais.

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7229/93 – Projeto, Construção e Operação de Sistemas de Tanques Sépticos**. Rio de Janeiro, 1993.

BRASIL. **Decreto-lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. Brasília, DF. 1997.

MARCHESI, Roberta. **Crise Hídrica Preocupa o Setor Metroferroviário de Passageiros**. ANP Trilhos, 2021. Disponível em: <https://anptrilhos.org.br/artigo-crise-hidrica-preocupa-o-setor-metroferroviario-de-passageiros/>. Acesso em 22 de maio de 2023.

UNITED NATIONS. **Human Rights to Water and Sanitation. Resolution 64/292. 2010**. Disponível em: https://www.un.org/waterforlifedecade/human_right_to_water.shtml#:~:text=On%2028%20July%202010%2C%20through,realisation%20of%20all%20human%20rights. Aceso em 15 de junho de 2023.