



XII-001 - MAXIMIZANDO A EFICIÊNCIA NA DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA EM ÁREAS RURAIS COM SOFTWARE: O POTENCIAL WATERSMART NETWORK OPTIMIZATION

Raul Lucas Lima Alves⁽¹⁾

Engenheira Civil pela Universidade Estadual Vale do Acaraú. Pós-graduado em Engenharia de Saneamento e Preservação Ambiental (UNINTER) e MBA em Sistemas de Abastecimento de Água e Sistemas de Esgotamento Sanitários (IPOG) . Consultor e Engenheiro da MACS Brasil.

Endereço⁽¹⁾: Avenida John Sanford, 1489 – Alto do Cristo - Sobral - CE - CEP: 62030-002 - Brasil - Tel: (88) 998587500 - e-mail: raulucasla@gmail.com

RESUMO

A distribuição de água em áreas rurais enfrenta desafios complexos devido à dispersão geográfica e à infraestrutura limitada. Assegurar o acesso sustentável à água potável é essencial para o desenvolvimento dessas comunidades. Nesse contexto, o software WaterSmart Network Optimization (WSNO), desenvolvido pela MACS Energy and Water em parceria com o SISAR Sobral, emprega tecnologias avançadas para otimizar a rede de distribuição de água, permitindo a simulação de cenários e estratégias antes de sua implementação. Um estudo de caso na comunidade de Rafael Arruda demonstrou a eficácia do WSNO na identificação de problemas, na realização de modificações na rede e na melhoria da distribuição de água. As intervenções resultaram em melhorias significativas na pressão e na vazão da água, na eficiência energética e na satisfação da comunidade. A abordagem integrada do WSNO combinou tecnologia avançada, análise criteriosa e engajamento comunitário, destacando sua importância para resolver problemas de infraestrutura e melhorar a qualidade de vida nas áreas rurais.

PALAVRAS-CHAVE: Distribuição de água em áreas rurais, WaterSmart Network Optimization (WSNO), Avanço tecnológico para eficiência hídrica, Desenvolvimento sustentável.

INTRODUÇÃO

A distribuição de água em áreas rurais enfrenta desafios complexos devido à dispersão geográfica das comunidades e à infraestrutura limitada. Garantir acesso confiável e sustentável à água potável nessas regiões é essencial para o desenvolvimento e a sustentabilidade das comunidades rurais. Conforme destaca Gupta, "a gestão eficiente dos recursos hídricos é fundamental para enfrentar esses desafios" (Gupta, 2018). Soluções promissoras têm emergido, como os softwares de otimização de redes, com autores como Turner enfatizando a importância da gestão eficiente dos recursos hídricos para o desenvolvimento sustentável (Turner, 2018).

Nesse contexto, o WaterSmart Network Optimization (WSNO) se destaca como uma ferramenta poderosa. Desenvolvido pela MACS Energy and Water em parceria com o SISAR Sobral, esse software utiliza tecnologias avançadas, como dados de satélite e modelos digitais de elevação, para oferecer um dimensionamento preciso e eficaz da rede de distribuição de água. O WSNO permite simular diferentes cenários e estratégias, possibilitando aos gestores avaliar o impacto de alterações na rede antes mesmo de sua implementação. Um artigo apresentado na 32ª CBESA com o tema "OTIMIZAÇÃO DE UMA REDE DE DISTRIBUIÇÃO RURAL COM UTILIZAÇÃO DO WATERSMART NETWORK OPTIMIZATION" (Ognjen e R. Alves, 2023) demonstrou a eficácia do programa na realização de cálculos complexos de rede de distribuição.

A figura a seguir ilustra o funcionamento do programa, que utiliza várias camadas para construir de forma prática um projeto que, de outro modo, seria complexo e demorado.

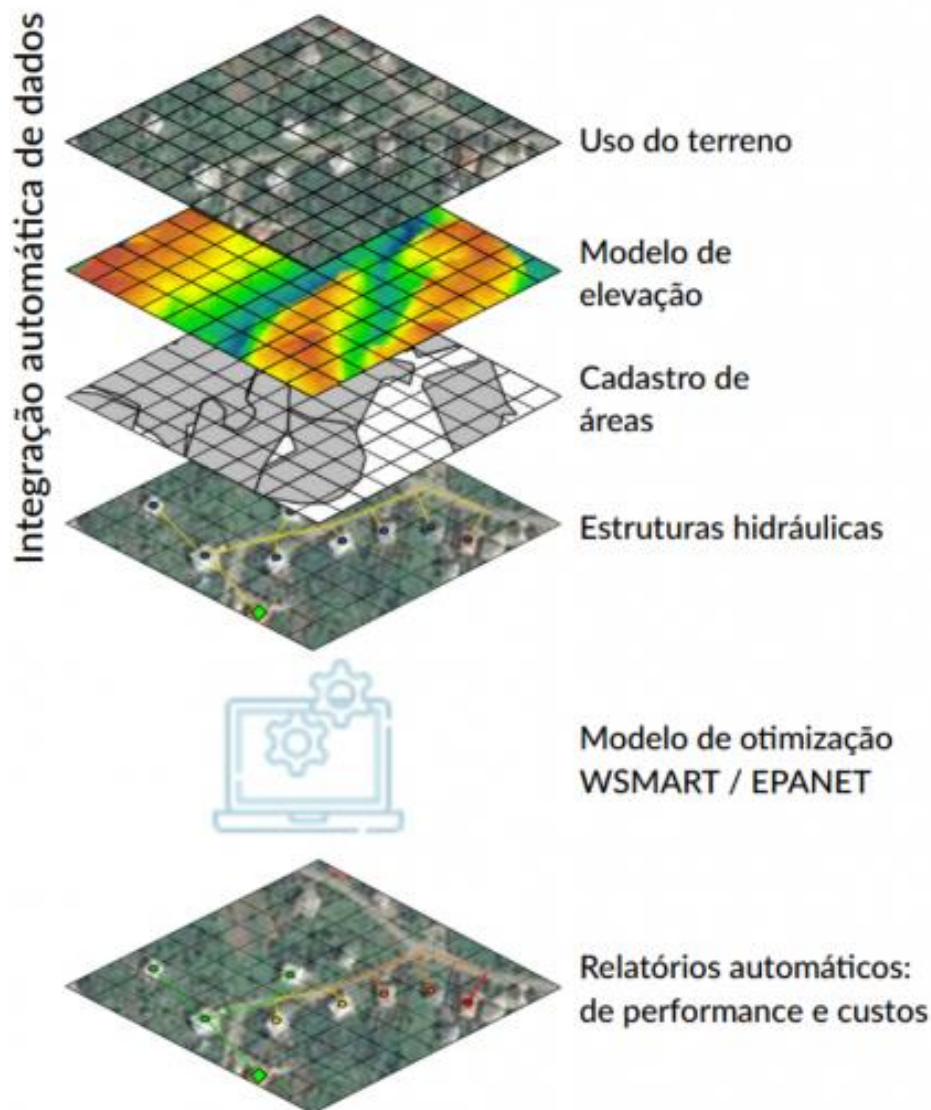


Figura 1: Integração automática de dados Wsmart – MACS Brasil 2020

A análise de custo-benefício desempenha um papel crucial na tomada de decisões relacionadas à gestão de recursos hídricos, garantindo que os investimentos realizados gerem retornos positivos para a comunidade e para o meio ambiente a longo prazo. Engajar ativamente as comunidades locais durante todo o processo e capacitar os operadores locais são aspectos fundamentais para o sucesso das intervenções.

Em um estudo de caso na comunidade de Rafael Arruda, o WSNO foi utilizado para identificar problemas na rede, realizar modificações e otimizar a distribuição de água. A figura a seguir mostra a localidade e todas as residências atualmente atendidas pelo SISAR.

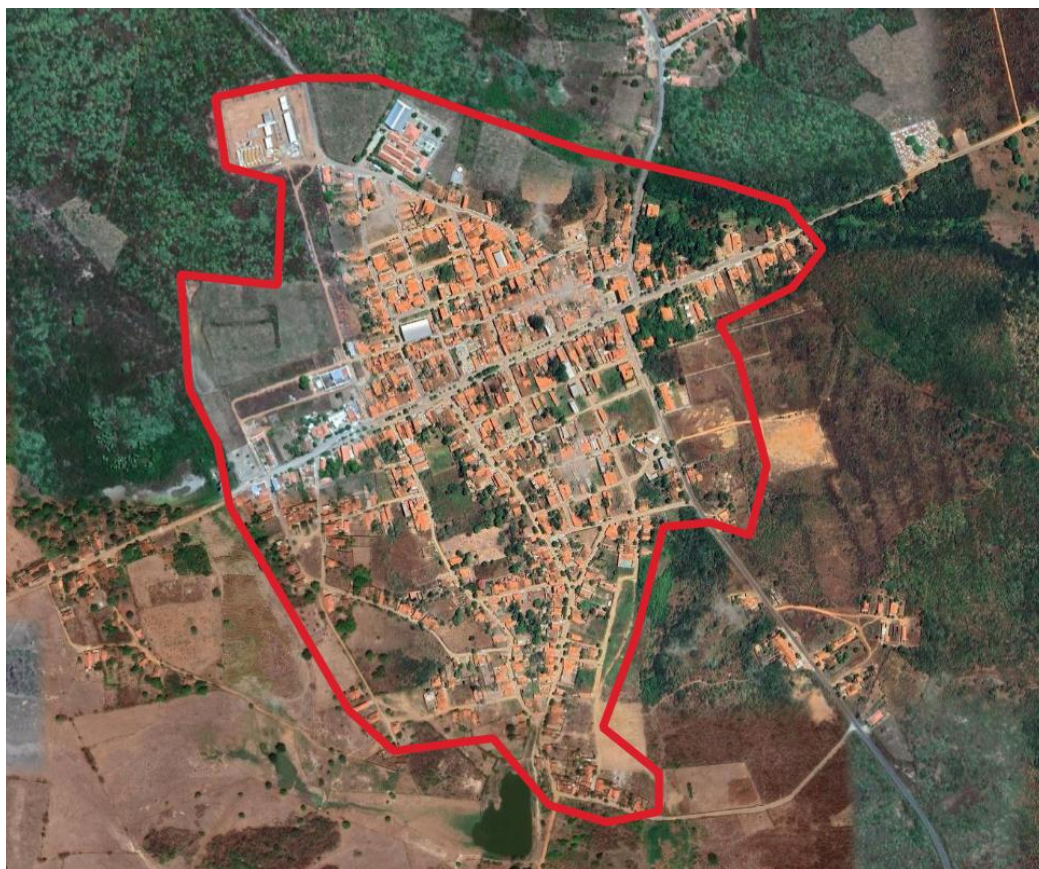


Figura 2: Visão de satélite de Rafael Arruda – Autor 2023

Na figura 02, uma área em vermelho foi demarcada para delimitar até onde a rede do SISAR está atualmente distribuída. Essa delimitação serviu principalmente para filtrar a parcela da população entrevistada sobre a qualidade da água no estudo.

Este estudo visa analisar os resultados gerados pelo programa e as melhorias implementadas na rede de distribuição, garantindo uma distribuição mais eficiente e equitativa de água, analisando tanto a eficiência energética gerada, mas também a melhoria da qualidade da água na opinião da própria população.

OBJETIVO DO TRABALHO

A gestão eficiente dos recursos hídricos em áreas rurais é um fator determinante para o desenvolvimento e a sustentabilidade dessas comunidades. A distribuição adequada de água nessas regiões é essencial para garantir a segurança hídrica e o bem-estar da população local. Em contextos onde o investimento governamental é limitado, essa gestão torna-se ainda mais crucial. Neil S. Grigg, em sua obra "Water Resources Management: Principles, Regulations, and Cases", oferece uma base teórica robusta sobre a importância dessa gestão, ressaltando como práticas eficazes podem transformar a realidade de comunidades rurais. Além disso, organizações como o Banco Mundial e a FAO disponibilizam informações e dados valiosos sobre a gestão de recursos hídricos em áreas rurais, destacando a necessidade de políticas e intervenções que promovam a distribuição equitativa e sustentável da água.

O WaterSmart Network Optimization (WSNO) representa uma inovação significativa na gestão de recursos hídricos, especialmente em áreas rurais. Este sistema se destaca por suas capacidades de modelagem precisa e eficiente da rede de distribuição de água, oferecendo insights valiosos para os gestores. O funcionamento detalhado do WSNO pode ser compreendido através de recursos como o livro "Modeling and Optimization of



"Water Distribution Systems" de Pramod R. Bhave, que explora as técnicas avançadas de modelagem e otimização aplicáveis a sistemas de distribuição de água. Além disso, publicações específicas, como as apresentadas na 32ª CBESA, e informações disponibilizadas no site da MACS Energy and Water, fornecem detalhes técnicos e estudos de caso que ilustram os benefícios e as capacidades do WSNO em melhorar a gestão hídrica em comunidades rurais.

A eficácia das intervenções realizadas com base nas recomendações do WSNO pode ser avaliada através de uma análise detalhada de métricas de desempenho e estudos de custo-benefício. As alterações propostas pelo software têm o potencial de corrigir problemas identificados na distribuição de água, resultando em uma gestão mais eficiente e equitativa. O livro "Evaluation of Water Distribution System Performance" por Ganesh K. Vishwakarma discute metodologias para avaliar o desempenho de sistemas de distribuição de água, oferecendo uma base teórica para a análise da eficácia das intervenções. Relatórios de projetos e estudos de caso disponíveis no site da SISAR também fornecem exemplos concretos das melhorias alcançadas com o uso do WSNO, demonstrando como a implementação de recomendações baseadas em dados pode transformar a realidade de comunidades rurais, garantindo um acesso mais eficiente e sustentável à água.

METODOLOGIA UTILIZADA

Identificação do Problema e Contextualização

Inicialmente, ao observar os problemas de abastecimento de água na comunidade de Rafael Arruda, situada no interior do Ceará, constatou-se que a pressão inadequada na rede de distribuição afetava significativamente a qualidade de vida dos moradores. Estudos indicam que a pressão inadequada pode levar a interrupções frequentes e à má qualidade da água fornecida (Grigg, 2011). A necessidade de intervenção tornou-se evidente para resolver essa questão e melhorar a eficiência do sistema de abastecimento.

Intervenção Planejada com o SISAR

Diante desse cenário, decidiu-se transferir toda a comunidade para o Sistema Integrado de Saneamento Rural (SISAR). O técnico responsável pelo SISAR Sobral propôs utilizar o WaterSmart Network Optimization (WSNO) para resolver os problemas existentes, reconhecendo a eficácia dessa ferramenta de otimização na gestão de recursos hídricos. O WSNO é conhecido por sua capacidade de modelar redes de distribuição de água de forma precisa e eficiente (Turner, 2018).

Para iniciar o processo, todo o sistema de distribuição de água foi inserido no WSNO, utilizando informações disponíveis, como mapas e relatórios existentes. Este método permitiu identificar problemas potenciais na rede sem a necessidade de visitas de campo, validando assim a eficácia do programa de forma prática e eficiente. A figura a seguir ilustra a rede de distribuição total existente na localidade, destacando em vermelho a parte pertencente à Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE), sendo toda ela alimentada por um reservatório localizado no canto esquerdo.



Figura 3: Rede de distribuição total e polígono vermelho pertencente à CAGECE – Autor 2023

Ao inserir os dados no WSNO, foram realizadas simulações detalhadas que permitiram detectar problemas significativos de pressão na rede de distribuição de água. Estas análises identificaram áreas específicas que requeriam ajustes para melhorar o desempenho hidráulico do sistema. Estudos demonstraram que a utilização de softwares avançados de modelagem, como o WSNO, pode aumentar significativamente a precisão na detecção de falhas e na previsão de comportamentos hidráulicos complexos (Bhave, 2016).

Diante dessas informações, foram planejadas e implementadas modificações na rede, totalizando aproximadamente 1350 metros de intervenções. O objetivo principal dessas modificações foi reduzir a complexidade da rede, tornando-a menos ramificada e mais eficiente na distribuição de água. Isso envolveu a otimização do layout da rede, o redimensionamento de condutas e a redistribuição de fluxos de água para garantir uma distribuição mais equitativa e eficiente. A figura a seguir exemplifica algumas das modificações feitas na rede, destacando as áreas onde foram realizadas intervenções específicas para melhorar o desempenho hidráulico.

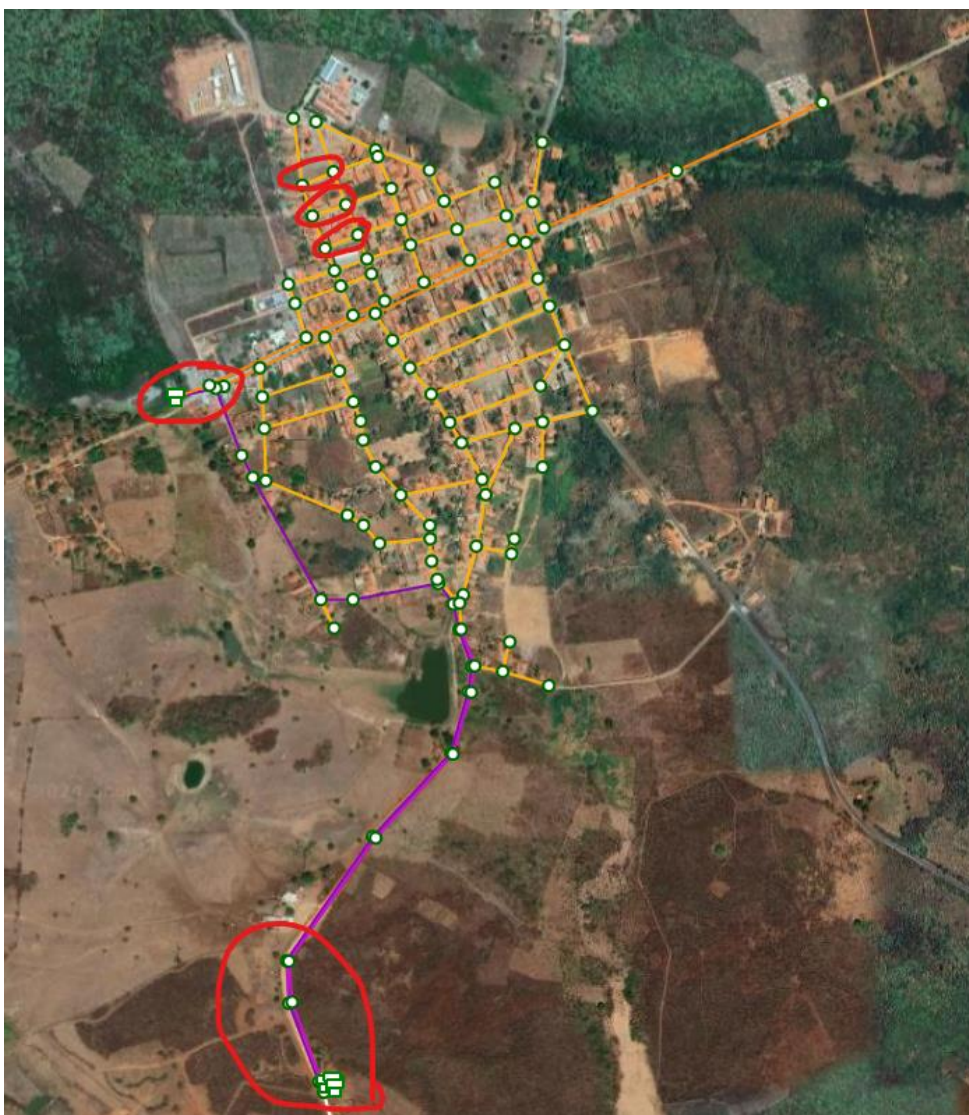


Figura 4: Modificações realizadas na rede de distribuição – Autor 2023

Acompanhamento e Avaliação em Campo

Após a implementação das modificações propostas pelo WSNO, a rede de distribuição foi monitorada continuamente ao longo de um período significativo para avaliar sua eficácia e estabilidade operacional. Este monitoramento abrangeu uma série de parâmetros, incluindo pressão, vazão e qualidade da água, com análises frequentes realizadas por técnicos especializados e engenheiros de campo. Além disso, foram realizadas entrevistas detalhadas com membros da comunidade afetada para avaliar sua percepção sobre a melhoria do serviço de abastecimento de água.

Para complementar a avaliação, foram instalados macro medidores e manômetros em pontos-chave da rede para monitorar e registrar dados em tempo real sobre o desempenho hidráulico do sistema. Esses dispositivos forneceram informações cruciais sobre a distribuição de pressão e vazão em diferentes pontos da rede, permitindo uma análise mais precisa e abrangente dos resultados.

A figura a seguir exemplifica algumas das modificações realizadas em campo durante a implementação do projeto, demonstrando o compromisso com a melhoria contínua do sistema de distribuição de água.



Figura 5: Implementação das modificações em campo – Autor 2023

Os resultados obtidos foram minuciosamente analisados e documentados, destacando as melhorias. Os resultados obtidos foram sujeitos a uma análise rigorosa e documentados em relatórios técnicos detalhados. Essa documentação destacou as melhorias quantitativas na eficiência do sistema, como redução de perdas de água e aumento da disponibilidade de água para os usuários finais. Além disso, foram identificados impactos qualitativos positivos, como uma maior confiabilidade no fornecimento de água e uma melhoria geral na satisfação dos usuários.

A análise de custo-benefício desempenhou um papel fundamental na avaliação dos resultados, garantindo que os investimentos realizados proporcionassem retornos econômicos e sociais sustentáveis a longo prazo. Este processo envolveu a comparação dos custos associados à implementação das modificações com os benefícios gerados, incluindo economias de água, redução de custos operacionais e melhoria da qualidade de vida da comunidade (Vishwakarma, 2013). Os dados resultantes dessa análise foram essenciais para fornecer uma compreensão abrangente do impacto positivo da intervenção no sistema de distribuição de água.

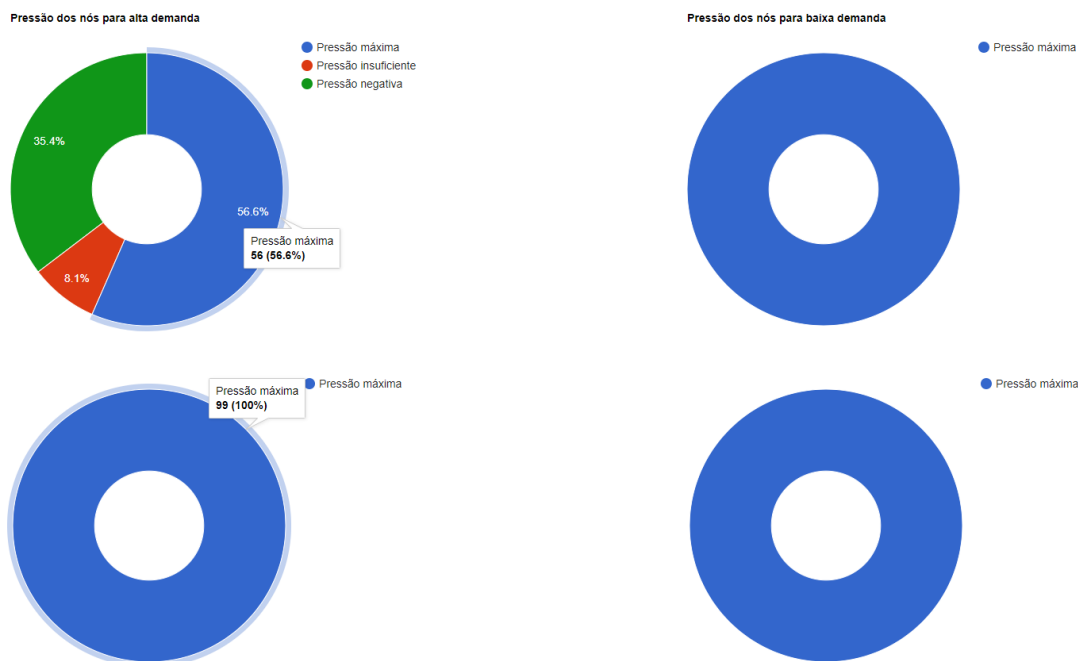
RESULTADOS OBTIDOS

Resultados de pressão

Inicialmente, a comunidade enfrentava problemas crônicos de baixa pressão ao longo do dia, com áreas que recebiam água apenas durante a noite e outras que ficavam dias sem abastecimento devido à falta de pressão em pontos específicos da rede de distribuição. A instalação de manômetros em locais estratégicos permitiu identificar momentos em que a pressão local atingia valores próximos a zero, persistindo por longos períodos. Essa baixa pressão comprometia o fornecimento adequado de água para os moradores, afetando diretamente a qualidade de vida e o conforto diário.

Após as modificações implementadas na rede de distribuição, todas as leituras de pressão analisadas pelos manômetros registraram valores superiores a 6, indicando uma pressão suficiente para abastecer todas as residências. A menor leitura registrada foi de 6,78 no manômetro e 3,27 metros de coluna d'água (mca) no WSNO durante os períodos de maior demanda. Além disso, a análise de vazão demonstrou consistência após as alterações, mantendo a funcionalidade de toda a rede de distribuição. Isso significou uma melhoria significativa na disponibilidade e confiabilidade do abastecimento de água para toda a comunidade.

O gráfico a seguir apresenta uma comparação entre as pressões registradas antes e depois da otimização da rede de distribuição, destacando o impacto positivo das modificações na melhoria da pressão da água fornecida aos usuários.



**Figura 6: Gráficos de Pressão da comunidade em alta e baixa demanda
Resultados de Eficiência Energética – wSmart 2023**

A melhoria no sistema de abastecimento de água resultou em uma otimização significativa na operação das bombas, que passaram a funcionar apenas 70% do tempo em comparação com o funcionamento quase contínuo anteriormente. Essa mudança acarretou uma redução substancial nos custos de energia, proporcionando benefícios tangíveis para toda a comunidade. Ao operar por menos tempo, as bombas consomem menos energia elétrica, o que não apenas torna o projeto mais eficaz, mas também mais



econômico. Essa economia de energia contribui diretamente para uma maior sustentabilidade financeira do sistema de distribuição de água, permitindo a realocação de recursos para outras áreas prioritárias.

O Sistema Integrado de Saneamento Rural (SISAR) adota uma abordagem inovadora ao não repassar diretamente o custo da energia para os usuários. Em vez disso, ele incorpora esse custo de forma distribuída na conta de água por meio de uma pequena taxa. Essa eficiência resultou em uma economia significativa para cada pessoa, representando uma redução de R\$ 3,50 na conta de água individualmente. Embora esse valor possa parecer modesto em termos individuais, a economia coletiva é considerável, especialmente ao observarmos que o custo total de energia diminuiu de uma média de R\$ 5.300,00 para R\$ 3.700,00. Essa redução substancial no custo total de energia reflete diretamente a eficácia do modelo de distribuição adotado pelo SISAR.

Além dos benefícios financeiros imediatos, a redução no tempo de operação das bombas também pode levar a uma diminuição nos custos de manutenção. Com menos frequência de funcionamento e uma operação mais eficiente, espera-se que haja uma redução nos custos de reparo e substituição de peças. Adicionalmente, a operação mais eficiente das bombas pode prolongar sua vida útil, resultando em economias adicionais a longo prazo e garantindo uma gestão mais sustentável dos recursos disponíveis. Esses benefícios financeiros e operacionais destacam a eficácia e o impacto positivo das práticas de gestão adotadas pelo SISAR.

Relato da Comunidade

Após a implementação das intervenções, foi realizada uma pesquisa com uma amostra representativa de 20 moradores, selecionados entre aqueles que enfrentavam as maiores dificuldades de abastecimento antes das mudanças. Todos os entrevistados relataram melhorias significativas no fornecimento de água, destacando que aqueles que anteriormente sofriam com a falta de água por dias agora recebiam um abastecimento constante. Essas melhorias foram percebidas e mantidas ao longo de um período de um mês após as alterações, evidenciando a eficácia e o impacto positivo das intervenções na comunidade.

A análise detalhada dos relatórios coletados revelou uma satisfação geral com as mudanças implementadas. Os moradores expressaram uma melhoria perceptível em sua qualidade de vida, ressaltando a importância do acesso consistente à água potável para o bem-estar geral da comunidade. Além disso, os relatos dos moradores reforçaram o vínculo de confiança entre a comunidade e os responsáveis pela gestão do abastecimento de água, demonstrando a importância crítica de intervenções eficazes na promoção do bem-estar comunitário e na construção de uma relação sólida entre os residentes e os órgãos responsáveis pelo fornecimento de água.

Para fornecer uma representação visual dos resultados da pesquisa e da percepção dos moradores em relação às mudanças implementadas, a figura abaixo apresenta uma entrevista realizada com uma parcela da população local. Essa análise visa demonstrar empiricamente como as intervenções realizadas pelo programa foram verdadeiramente significativas para a população, contribuindo para uma compreensão mais abrangente do impacto positivo dessas iniciativas na comunidade.



Entrevista sobre Qualidade do Abastecimento de Água para uma Comunidade

1. Como você avalia a qualidade atual da água fornecida em nossa comunidade?
 - a) Excelente b) Boa c) Regular d) Ruim e) Péssima
2. Com que frequência você percebe problemas relacionados à qualidade da água, como cor, cheiro, sabor ou turbidez?
 - a) Diariamente b) Semanalmente c) Mensalmente d) Raramente e) Nunca
3. Você já teve alguma preocupação específica com a água fornecida em nossa comunidade, como contaminação por agentes químicos ou biológicos?
 - a) Sim, frequentemente b) Sim, ocasionalmente c) Não, nunca tive preocupações específicas d) Não sei
4. Na sua opinião, as autoridades responsáveis pela gestão do abastecimento de água estão comunicando de forma eficaz os problemas e riscos relacionados à qualidade da água?
 - a) Sim, de forma muito eficaz b) Sim, de forma razoavelmente eficaz c) Não, de forma pouco eficaz d) Não sei
5. Você confia nos órgãos responsáveis pela fiscalização e monitoramento da qualidade da água em nossa comunidade?
 - a) Sim, completamente b) Sim, em parte c) Não, completamente d) Não sei
6. Quais medidas você acredita que poderiam ser tomadas para melhorar a qualidade do abastecimento de água em nossa região?
 - a) Investir em sistemas de tratamento mais avançados
 - b) Reforçar os programas de monitoramento e fiscalização
 - c) Melhorar a manutenção da infraestrutura de distribuição de água
 - d) Outras (por favor, especifique)
7. Você acha que a comunidade deveria desempenhar um papel mais ativo na fiscalização e monitoramento da qualidade da água?
 - a) Sim, definitivamente b) Talvez c) Não, prefiro que seja responsabilidade das autoridades competentes d) Não sei
8. Você já considerou instalar algum sistema de filtragem ou purificação de água em sua residência devido a preocupações com a qualidade da água fornecida?
 - a) Sim, já instalei b) Sim, estou considerando c) Não, nunca considerei d) Não, confio na qualidade da água fornecida
9. Como você avalia o acesso à água potável em nossa comunidade, especialmente para os grupos mais vulneráveis, como crianças e idosos?
 - a) Excelente b) Bom c) Regular d) Ruim e) Péssimo.

Figura 7: Entrevista feita com a Comunidade Local - Autor 2023

ANALISE DOS RESULTADOS

Antes das intervenções, a comunidade enfrentava problemas crônicos de baixa pressão, com algumas áreas ficando longos períodos sem abastecimento. Após as modificações, todas as leituras de pressão registraram valores superiores a 6, o que indica uma pressão adequada para atender às necessidades de todas as residências. Além disso, a análise de vazão mostrou-se consistente, assegurando o funcionamento eficiente de toda a rede de distribuição. Essas melhorias garantiram que todas as casas na comunidade recebam água de maneira contínua e confiável.

Outro aspecto relevante é a eficiência energética do sistema. Com o aprimoramento do abastecimento, houve uma redução significativa no tempo de operação da bomba, que anteriormente funcionava quase continuamente. Agora, a bomba opera apenas 70% do tempo necessário anteriormente. Isso resultou em uma redução substancial nos custos de energia, tornando o projeto não apenas mais eficaz em termos operacionais, mas também mais econômico e sustentável a longo prazo. A economia de energia proporciona benefícios

financeiros para a comunidade e também reduz o impacto ambiental associado à operação do sistema de distribuição de água.

O gráfico a seguir ilustra o acompanhamento do consumo total de energia ao longo de seis meses. Mesmo durante os meses de maior consumo, o valor não atingiu os níveis anteriores. Nos primeiros três meses, alguns problemas foram enfrentados devido à operação intensificada da bomba, que foi necessária para atender às ampliações realizadas na rede de distribuição. No entanto, após esse período inicial, houve uma normalização, resultando em uma queda significativa no valor da conta de energia.

No geral, observou-se uma economia substancial de energia, mesmo com a expansão da rede de distribuição. Isso se deve principalmente à redistribuição mais eficiente da água, que resultou na diminuição do Índice de Perda de Água (IPD) na comunidade. A redução das perdas de água diminuiu a carga de trabalho da bomba, contribuindo para a economia de energia. Esta redistribuição eficiente demonstra a eficácia das intervenções realizadas, que não apenas resolveram problemas operacionais, mas também proporcionaram benefícios econômicos e ambientais.



Figura 8: Gráfico de comparativo de energia ao longo de 6 meses - Autor 2024

A análise qualitativa dos relatos da comunidade revelou uma satisfação generalizada com as mudanças implementadas. Moradores, especialmente aqueles que enfrentavam dificuldades mais graves de abastecimento, relataram melhorias significativas em seu acesso à água potável. Pessoas que anteriormente passavam dias sem água agora recebem um fornecimento regular. Esta melhoria na qualidade de vida fortalece o vínculo de confiança entre a comunidade e os responsáveis pela gestão do abastecimento de água, demonstrando que as intervenções foram bem-sucedidas não apenas em termos técnicos, mas também em termos sociais e humanos.

Os três gráficos a seguir demonstram as mudanças nas respostas a três perguntas consideradas "mais importantes" antes e depois das modificações na rede de distribuição. A primeira pergunta, "Como você avalia a qualidade atual da água fornecida em nossa comunidade?", foi formulada para obter uma análise sincera da percepção da comunidade sobre a qualidade da água oferecida. Devido à falta de água enfrentada por uma parcela significativa da população, as respostas na primeira entrevista foram majoritariamente negativas, com 80% dos entrevistados classificando a qualidade da água como ruim, regular ou péssima. Após as melhorias



implementadas, as respostas mudaram drasticamente, com 95% dos entrevistados classificando a qualidade da água como boa ou excelente.

Como você avalia a qualidade atual da água fornecida em nossa comunidade?



Figura 9: Gráfico comparativo da pergunta 01 - Autor 2024

Na segunda pergunta, "Com que frequência você percebe problemas relacionados à qualidade da água, como cor, cheiro, sabor ou turbidez?", também direcionada à qualidade da água, inicialmente cerca de 70% dos entrevistados relataram perceber problemas mensalmente ou semanalmente. Após as mudanças, observou-se uma queda para 60% dos entrevistados relatando perceber problemas raramente e 40% relatando nunca perceber problemas. Isso demonstra outro aspecto positivo das modificações realizadas.

Com que frequência você percebe problemas relacionados à qualidade da água, como cor, cheiro, sabor ou turbidez?



Figura 10: Gráfico comparativo da pergunta 02 - Autor 2024

Na última pergunta analisada, "Como você avalia o acesso à água potável em nossa comunidade, especialmente para os grupos mais vulneráveis, como crianças e idosos?", buscamos compreender o acesso à água para os grupos mais vulneráveis da comunidade. Antes das mudanças, uma parte da comunidade enfrentava períodos sem água, obrigando-os a recorrer a outros métodos para obtê-la. Como esperado, inicialmente, 50% dos entrevistados classificaram o acesso como regular e 40% como ruim. Após as mudanças, houve uma melhoria significativa, com 60% das respostas agora classificando o acesso como excelente e 25% como bom. Esses resultados demonstram outro aspecto significativo, mostrando que as mudanças foram benéficas para a população local, especialmente para os grupos mais vulneráveis, garantindo um acesso mais consistente e confiável à água potável.

Como você avalia o acesso à água potável em nossa comunidade, especialmente para os grupos mais vulneráveis, como crianças e idosos?

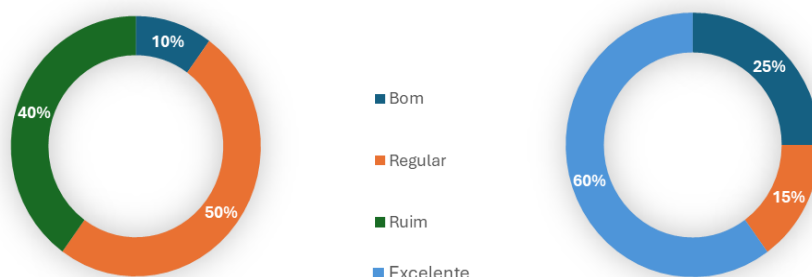


Figura 11: Gráfico comparativo da pergunta 09 - Autor 2024

Em resumo, os resultados obtidos evidenciam a eficácia das medidas implementadas na melhoria do sistema de distribuição de água em Rafael Arruda. As intervenções não apenas resolveram problemas técnicos e operacionais, mas também tiveram um impacto positivo significativo na qualidade de vida dos moradores. Estes resultados destacam a importância de abordagens integradas e tecnologicamente avançadas na resolução de problemas complexos de infraestrutura em comunidades rurais, proporcionando soluções sustentáveis e eficazes que beneficiam diretamente a população.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos após a implementação das modificações na rede de distribuição de água na comunidade de Rafael Arruda evidenciam um impacto expressivo e positivo em diversos aspectos fundamentais. Em primeiro lugar, as medidas adotadas resultaram em uma melhoria substancial na pressão e na vazão da água. Antes das intervenções, a comunidade enfrentava problemas crônicos de baixa pressão, que afetavam o abastecimento das residências. A análise detalhada das leituras de pressão e vazão revelou uma consistência notável após as modificações, garantindo o funcionamento eficiente de toda a rede de distribuição. Esta consistência assegura que todas as casas na comunidade recebam um fornecimento contínuo e adequado de água, melhorando significativamente a qualidade de vida dos moradores.

Além das melhorias na distribuição de água, houve um benefício tangível em termos de eficiência energética do sistema. Com o aprimoramento do abastecimento, a bomba, que anteriormente operava quase continuamente, passou a funcionar apenas 70% do tempo. Isso resultou em uma redução substancial nos custos de energia. Essa otimização tornou o projeto mais eficaz em termos operacionais e mais econômico e sustentável a longo prazo. A economia de energia gerada não apenas trouxe benefícios financeiros significativos para a comunidade, mas também contribuiu para uma menor pegada ambiental, alinhando-se com práticas de sustentabilidade.

Os relatos da comunidade também corroboraram os resultados positivos observados. A satisfação geral expressa pelos moradores, especialmente aqueles que enfrentavam dificuldades mais graves de abastecimento, reflete uma melhoria perceptível na qualidade de vida e no acesso à água potável. A constatação de que indivíduos anteriormente privados de água regular agora recebem um fornecimento consistente é um testemunho claro do sucesso das intervenções. Essa melhoria não apenas atendeu às necessidades básicas dos moradores, mas também fortaleceu o vínculo de confiança entre a comunidade e os responsáveis pela gestão do abastecimento de água. Este fortalecimento de confiança é crucial para a implementação contínua de melhorias e para a cooperação comunitária em projetos futuros.



Em síntese, os resultados obtidos evidenciam a eficácia e a relevância das intervenções realizadas na melhoria do sistema de distribuição de água em Rafael Arruda. A combinação de tecnologia avançada, análise criteriosa e engajamento comunitário mostrou-se fundamental para abordar desafios complexos de infraestrutura em áreas rurais. Esta abordagem integrada não apenas resolveu problemas técnicos específicos, mas também teve um impacto significativo no bem-estar e na qualidade de vida dos residentes. A melhoria no acesso à água potável é uma demonstração clara da importância de investimentos e ações coordenadas para garantir a sustentabilidade e o desenvolvimento das comunidades rurais.

Recomenda-se que outras comunidades rurais adotem abordagens semelhantes, utilizando tecnologias avançadas e envolvendo a comunidade em todas as etapas do processo. A experiência de Rafael Arruda serve como um modelo de sucesso que pode ser replicado para enfrentar desafios semelhantes em outras localidades, promovendo a sustentabilidade e o bem-estar geral das populações rurais.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Gupta, J., & Turner, S. W. (2018). *Water Resources Planning and Management*. John Wiley & Sons.
2. MACS Energy and Water. (s.d.). *WaterSmart Network Optimization*. Recuperado de [<https://www.macsonline.de/>]
3. Dr. Ognjen Scekcic e Raul Lucas Lima Alves. (2023). *OTIMIZAÇÃO DE UMA REDE DE DISTRIBUIÇÃO RURAL COM UTILIZAÇÃO DO WATERSMART NETWORK OPTIMIZATION*
4. Grigg, N. S. (2011). **Water Resources Management: Principles, Regulations, and Cases**. Wiley.
5. World Bank. (n.d.). *Water resources management*. Obtido de <https://www.worldbank.org/en/topic/waterresourcesmanagement>
6. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (n.d.). *Water resources management*. Obtido de <http://www.fao.org/water/en/>
7. Bhave, P. R. (2016). **Modeling and Optimization of Water Distribution Systems**. Technomic Publishing Company.
8. Vishwakarma, G. K. (2013). **Evaluation of Water Distribution System Performance**. LAP Lambert Academic Publishing.
9. SISAR. (n.d.). *Relatórios de projetos e estudos de caso*. Obtido de <https://www.sisar.org.br>
10. Grigg, N. S. (2011). *Water Resources Management: Principles, Regulations, and cases*. Wiley.
11. Turner, M. (2018). *Importância da gestão de recursos hídricos para o desenvolvimento sustentável*. Revista ABC.
12. Vishwakarma, G. K. (2013). *Evaluation of Water Distribution System Performance*. LAP Lambert Academic Publishing.