

ANÁLISE DE RISCO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DO BAIRRO BOA VISTA EM CARUARU-PE NO MODELO FMEA ATRAVÉS DE MODELAGENS DO EPANET 2.0

Felipe Alves de Lima¹
Virgínia da Costa Brito²
Cícero Fellipe Diniz de Santana³
Carlos Eduardo Monteiro Almeida de Melo⁴
Ana Carine de Melo Silva⁵

RESUMO

A água sofre com o processo de degradação ao longo de todo o sistema de distribuição e é exposta a riscos de várias naturezas. Por isso, é de suma importância que o gestor do sistema construa modelos capazes de prever sua degradação em diferentes cenários, determinados por vários fatores, como: capacidade da estrutura e a qualidade das operações e manutenções estruturais. O objetivo deste trabalho é propor um modelo conceitual de análise de modos de falhas e seus efeitos do sistema de abastecimento do bairro Boa Vista na cidade de Caruaru-PE, de modo a mitigar a perda da qualidade da água. Foi utilizado o software EPANET 2.0, para simular de acordo com o traçado da rede o comportamento dos indicadores de degradação da água. Para análise dos resultados foi utilizado o método de análise de modos e efeitos de falhas nos moldes da ferramenta FMEA (Failure Modes and Effects Analysis, ou em português: Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos) e projetados cenários com a implementação de medidas operacionais, melhoria ou ajuste das estruturas. Confrontando os resultados obtidos, a metodologia mostrou-se uma boa ferramenta de planejamento e gerenciamento devido sua consistência técnica, praticidade e facilidade de implementação, garantindo assim uma tomada de decisão mais confiável e segura. A partir da análise dos cenários da simulação foi possível avaliar uma queda de 36,01% do risco total do sistema e melhoras nos aspectos de carga hidráulica, pressão e concentração de cloro residual livre médio.

Palavras-chave: Sistema de Distribuição, Riscos, FMEA, EPANET 2.0, Caruaru.

¹ Graduado pelo Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Vale do Ipojuca - UNIFAVIP, felipealves1909@gmail.com;

² Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande / virginia.dcb@gmail.com;

³ Doutorando em Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Campina Grande / cicero.esa@hotmail.com;

⁴ Graduado pelo Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Vale do Ipojuca – UNIFAVIP, kadu_282@hotmail.com;

⁵ Graduada pelo Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Vale do Ipojuca – UNIFAVIP, carinemelo01@gmail.com.

INTRODUÇÃO

Segundo estimativas de Angelo, Mello e Vomero, (2000 Apud Araújo et al, 2015), até 2025 cerca de 45% da população mundial terá dificuldade de acesso a água, devido à crescente demanda ao longo dos anos, junto ao desperdício e poluição advinda de ações humanas.

No Brasil, o problema já é bastante visível, já que mesmo detendo 16% do total de reservas de água doce no mundo, ainda assim, o país apresenta incidências de cidades com abastecimento público em colapso. O que é claramente um problema de gestão, uma vez que o Brasil não usa nem 1% do seu potencial de água doce (COSTA e MERTENS, 2015).

É o caso, por exemplo, do reservatório Epitácio Pessoa, que abastece Campina Grande e outros oito municípios paraibanos, o qual em 2017 atingiu o pior volume da sua história, apresentando 2,9% da sua capacidade total. Para manter o abastecimento da região, foi necessário um sistema de racionamento que só foi suspenso depois da chegada das águas da transposição do Rio São Francisco (SILVA, 2017).

Frente a isso, Sobrinho (2016) cita que é um desafio dos gestores modernos o desenvolvimento de políticas de preservação dos recursos hídricos que possibilitem a redução das perdas de água ao longo do processo de abastecimento, bem como a manutenção da sua potabilidade.

Rodrigues (2014) lembra que a avaliação da eficiência de um sistema de abastecimento através de ferramentas de gestão de risco, possibilita a identificação de falhas, bem como a mensuração de seus impactos no processo de abastecimento, além de determinar algumas soluções para combater os riscos e estabelecer estratégia de mitigação dos efeitos das falhas no sistema.

Nesse sentido, Netto (2017), conta que as técnicas de avaliação de risco estão subdivididas em dois grandes grupos distintos, com características específicas em cada um deles, dispostos de acordo com o tipo e formato dos dados disponíveis. O primeiro grupo, utiliza técnicas subjetivas, são os métodos Qualitativos (Mosler, RAM, Listas de Verificação, APP, Matriz SWOT, CARVER e etc), o segundo grupo utiliza técnicas objetivas, são os métodos Quantitativos (Monte Carlo, FMEA, MORT e etc). O sucesso depende de quanto o avaliador conhece sobre o produto ou processo e depende do nível de mapeamento das ameaças, e da compreensão das consequências resultantes da sua ocorrência.

Assim, o presente trabalho tem como objetivo geral a análise do risco de falhas no sistema de distribuição de água potável do bairro Boa Vista, em Caruaru-PE, através do método

FMEA e mensurar os riscos ao consumo humano, através de modelagens no programa EPANET 2.0.

Além disso, objetiva-se de forma mais específica: Analisar com o uso da ferramenta FMEA os impactos nos parâmetros de qualidade da água e de distribuição no sistema de abastecimento do Bairro Boa Vista na cidade de Caruaru-PE; Identificar as falhas potenciais no sistema do Bairro Boa Vista em Caruaru-PE, bem como propor ações que mitiguem os efeitos dessas falhas; Verificar em novas análises com FMEA a redução dos riscos a partir das proposições da ferramenta; Fazer um comparativo entre as falhas potenciais e seus efeitos em 2 cenários antes e depois da aplicação das soluções propostas em FMEA.

DESENVOLVIMENTO

Segundo Souza (2013 apud Sakurada, 2001), o FMEA – Failure Modes and Effects Analysis, ou em português: Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos, é uma técnica analítica para garantir, até o possível, que as principais falhas e mecanismos que as desencadeiam sejam identificados e ponderados. O FMEA elenca e organiza os conhecimentos acerca dos processos de desenvolvimento ou operação de um produto ou processo, incluindo uma análise de itens que poderiam vir a falhar de acordo com bibliografias e/ou experiências profissionais passadas.

Este método usa quatro itens para a quantificação, são eles, a severidade (SEV) que indica quão problemático pode ser aquele risco, caso venha a ocorrer, a Ocorrência (OCC), que é tido como a frequência de acontecimentos desses riscos no processo existente, Detecção (DET) que trata da dificuldade de em detectar previamente o risco, Abrangência (ABR) que é o quanto esse risco se difunde em função da área. Esses critérios são multiplicados gerando o risco total do processo avaliativo (NASCIMENTO, 2016).

De acordo com Bastos (2006), para o sucesso do FMEA, é necessário consultar e dispor de valores tabelados dos índices de Severidade (S), Ocorrência (O), Detecção (D) e Abrangência (A).

Nascimento (2016), contribuiu para a determinação dos scores para Severidade, Ocorrência, Detecção, e Abrangência, com base em seus conhecimentos sobre a qualidade da água e outros testes. Uma categoria e um score foram associados a cada aspecto: Alto (3 pontos), Médio (2 pontos) e Baixo (1 ponto).

A definição do índice de Severidade, também conhecido como índice de gravidade, está associada aos efeitos das falhas, de modo crescente ao quão grave é o efeito. O índice só conseguirá ser mitigado através de alterações de processos ou projeto (NASCIMENTO, 2016).

O índice de ocorrência é definido pela probabilidade de uma causa ocorrer durante um processo ou mesmo no produto final. As formas de reduzir, efetivamente, este índice consiste no controle ou intensificação da prevenção das causas ou ainda a realização de alterações no projeto e/ou no processo (BASTOS, 2006).

Ainda de acordo com Bastos, (2006), o índice de detecção faz referência à forma e sua capacidade de controlar e detectar erros no processo ou produto. Assim, quanto menos recursos para detecção, menor o índice e quanto maior a tecnologia envolvida para conseguir detectar a falha, maior.

Por fim, Abrangência é o critério que classifica o quanto esse risco se difunde em função da área (NASCIMENTO, 2016)

Assim, para perfeita execução do FMEA, se deve montar uma tabela, onde consta a função ou o processo; o modo de falha potencial; o efeito da falha; determinação de nível de severidade; causa; ocorrência; quais são as rotinas adotadas antes da análise; o quão detectável é o problema; o coeficiente de detecção de risco; as ações recomendadas; o prazo e o responsável pela execução da ação e os resultados das ações tomadas.

METODOLOGIA

O objeto de estudo do presente trabalho é o sistema de abastecimento público do bairro Boa Vista (Figura 01) localizado na zona oeste da cidade de Caruaru-PE, sua zona de abastecimento é o setor 3, considerado um bairro de classe média, densamente povoado, com alguns pontos comerciais, mas em sua maioria, ligações domésticas. O bairro conta com 2073 ligações ativas entre residenciais e comerciais. (COMPESA, 2017 apud BARBOZA SILVA, 2017)

A fim de simplificar a complexidade da rede foram adotados alguns pontos de verificação de forma a analisar o sistema como um todo através destes pontos. Esses locais (Tabela 01 e Figura 01) foram escolhidos de acordo com sua necessidade de água e/ou localização na rede de modo a abranger de forma coesa a rede daquele bairro.

Tabela 01: Localização dos pontos de coleta de dados na rede

Nó	Nome do Local	Localização Geográfica		Elevação
04	Consultório Odontológico	8°16'29,08"S	35°59'24,38"O	550m
07	Centro de Saúde da Família	8°16'33"S	35°59'17"O	546m

24	Açougue	8°16'32"S	35°59'08"O	536m
40	Academia	8°16'36,26"S	35°59'29,72"O	557m
52	Auto Jato	8°16'40,5"S	35°59'10"O	540m
59	Escola Estadual	8°16'38"S	35°59'19"O	554m
80	Restaurante tradicional	8°16'46,30"S	35°59'17,15"O	548m

Fonte: Autores (2018)

Assim, a partir dos dados obtidos para a rede, foi criada no EPANET uma modelagem hidráulica que permitiu uma simulação computacional da rede do bairro Boa Vista, com isso obteve-se os dados de variáveis como trecho, válvula, bomba, reservatório de nível fixo (RNF) e reservatório de nível variado (RNV) do sistema a cada nó. Objetivando uma simplificação da entrada de água no setor, foi utilizado apenas um reservatório de nível fixo.

Figura 01: Vista do Bairro Boa Vista, Caruaru-PE, e dos pontos de Coleta de Dados na Rede



Fonte: Google Earth (2018) adaptado pelo autores

Depois do reservatório, foram alocados os nós ao longo dos trechos e posteriormente conectados com as tubulações. Em seguida, deu-se entrada no programa nos dados requeridos para cada elemento do sistema. Para os cálculos hidráulicos e de qualidade foram definidos intervalos iguais de 5 segundos, o que auxilia na coesão da simulação, e com um tempo de duração total da simulação de 24 horas. Tudo visando o comportamento hidráulico e a distribuição do cloro residual livre na rede.

Para os índices de Severidade (S), ocorrência (O), detecção (D) e Abrangência (A), necessários ao método FMEA, foram adotados os valores e critérios desenvolvidos por Nascimento (2016).

As falhas em potencial foram determinadas a partir dos padrões exigidos na portaria 05/2017 do Ministério da Saúde e enumeradas na tabela FMEA. Foram considerados as falhas de: Baixa e da alta concentração de CRL (Item 1); As fissuras/rupturas nas tubulações (Item 2); Incapacidade no controle de processos no abastecimento (Item 3); Interrupção do abastecimento (Item 4); Uso de materiais inadequados na tubulação (Item 5); Pressões inadequadas (Item 6) e Vazões inadequadas (Item 7). Além disso, foram incluídos no formulário o efeito e suas causas além do score de quantificação e as medidas mitigadoras do risco.

Por fim, os coeficientes e valores de entrada do EPANET foram determinados a partir de coleta de dados da COMPESA e de acordo com Nascimento (2016) onde o coeficiente de reação do cloro no escoamento (K_b) adotado para o reservatório e para a rede foi de 2,73 d-1. Esse valor descreve o decaimento do cloro na massa de água nas condições atuais da rede. O coeficiente de reação na parede (K_w) adotado foi de 0,4m/dia.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram aplicadas as alterações propostas pelo FMEA e obteve-se 4 cenários incluindo a situação atual, cada um com alterações propostas por itens do FMEA.

Cenário 1 (C1)

Após simulação do cenário atual, aqui representado como (CA), foi criado o Cenário1 (C1) onde foram implementadas as recomendações do FMEA nos aspectos: Concentração de Cloro Residual livre abaixo do recomendado; Fissuras/rupturas das tubulações e Materiais inadequados da tubulação na região, ou seja: foi simulado a substituição das tubulações preexistentes por novas de Aço e de PVC, sendo a escolha de cada material de acordo com diâmetro e pressões daquele trecho.

No Cenário1 (C1), observou-se a redução do risco médio do item: Fissuras/ruptura das tubulações, onde esse aspecto foi reduzido ao risco mínimo possível da análise. Outros aspectos onde esta alteração foi proposta não sofreram alterações na análise de risco no sistema como um todo, levando em consideração os pontos de verificação, o sistema passou por um

incremento em sua qualidade, pois houve um acréscimo de 0,15% na carga hidráulica, 2,39% na pressão total e 0,04% nas taxas de CRL, como podemos observar na Tabela 02.

Tabela 02: Incremento da qualidade do sistema no Cenário 1 (C1)

Nó	Pressão (CA)	Pressão (C1)	Incremento de Pressão	CRL Mg/L (CA)	CRL Mg/L (C1)	Incremento de CRL
4	34,7352	35,2900	1,60%	1,6056	1,6100	0,27%
7	36,4996	37,1552	1,80%	1,2572	1,2616	0,35%
24	44,5180	45,1716	1,47%	0,9692	0,9700	0,083%
40	24,8804	24,8948	0,06%	1,7680	1,7688	0,05%
52	39,5640	40,8296	3,20%	0,7932	0,7940	0,10%
59	27,4860	28,7004	4,42%	0,8136	0,8180	0,54%
80	30,9788	32,3156	4,32%	0,4268	0,4140	-3%
Média	34,0946	34,9082	2,39%	1,0905	1,0909	0,04%

Fonte: Autores (2018)

Cenário 2 (C2)

Uma outra simulação foi feita no sistema inicial, porém implementando as recomendações do FMEA que consta nos aspectos: Concentração de Cloro Residual livre abaixo do recomendado; Interrupção do abastecimento; Pressão inadequada e Vazões inadequadas, ou seja: foi simulado a inclusão de novo RNF (Reservatório de Nível Fixo) no nó 22, esse nó foi escolhido de acordo com sua localização (região central do sistema e com possibilidade de implementação pois há um amplo espaço no terreno pertencente à Escola estadual, bem como foi levado em consideração sua cota topográfica).

No Cenário 2 (C2), observou-se a redução do risco médio dos itens: Concentração de cloro residual livre, Interrupção do abastecimento, vazões inadequadas, reduzindo o seu risco de acordo com o que pode ser visto na Tabela 03 abaixo.

Tabela 03: Mitigação de risco do os itens 1, 4 e 7

Risco	Cenário Atual (CA)	Cenário 2 (C2)
Concentração de Cloro residual livre	12	8,571
Interrupção do abastecimento	12	6
Vazões Inadequadas	12	6
Percentual de nesses aspectos	Risco Total CA	Risco Total C2
57,141%	36	20,571

Fonte: Autores (2018)

Além da mitigação do risco total do sistema de 58,714 para 43,285 queda de 26,278%, o sistema passou por um incremento em sua qualidade, pois houve um acréscimo de 0,243% na

carga hidráulica, 4,455% na pressão total e 22,972% nas taxas de CRL, como podemos observar na Tabela 04.

Tabela 04: Incremento da qualidade do sistema no Cenário 2 (C2)

Nó	Pressão (CA)	Pressão (C2)	Incremento de Pressão	CRL Mg/L (CA)	CRL Mg/L (C2)	Incremento de CRL
4	34,7352	34,9076	0,500%	1,6056	1,6032	-0,150%
7	36,4996	36,5852	0,235%	1,2572	1,3188	4,900%
24	44,5180	44,6236	0,240%	0,9692	0,9820	1,321%
40	24,8804	24,8968	0,066%	1,7680	1,7716	0,203%
52	39,5640	42,1204	6,461%	0,7932	0,9920	25,063%
59	27,4860	31,2608	13,733%	0,8136	1,4796	81,858%
80	30,9788	34,0620	9,952%	0,4268	0,6300	47,610%
Média	34,0946	35,4938	4,455%	1,0905	1,2539	22,972%

Fonte: Autores (2018)

Cenário 3 (C3)

Para este cenário, não foram feitas simulações utilizando o EPANET, devido as variáveis hidráulicas apresentarem os valores nulos em detrimento da interrupção do fluxo de água dentro do tempo de simulação de um dia. Foram então implementadas as recomendações do FMEA que consta nos aspectos: Fissuras/rupturas das tubulações, Incapacidade no controle de processos no abastecimento, Interrupção do abastecimento e Materiais inadequados da tubulação na região, ou seja: foi verificado através do FMEA o impacto da adoção de um plano de qualificação que engloba: A promoção de treinamentos para o pessoal de todos os tipos; Implementação de ferramentas para monitorar sobrepensões e pressões negativas; Adoção de plano de manutenções preventivas visando adequar e facilitar processos.

No Cenário 3 (C3), observou-se a redução do risco médio dos itens: Incapacidade no controle de processos no abastecimento, tendo uma redução de 8 para 4 no seu risco médio, redução de 50%; Interrupção do abastecimento, tendo uma redução de 12 para 6 no seu risco médio, redução de 50%; Materiais inadequados da tubulação na região, através da implementação de ferramentas para verificação da qualidade da água nos dutos, levando à uma correlação ao tipo de material e idade do duto para que seja mantido as condições esperadas e que sempre se use material adequado evitando exposição da população à riscos de saúde. Tudo isso corrobora em um sistema mais seguro que teve uma redução no seu risco total de 58,714 (CA) para 48,714 (C3) um decréscimo no risco total de 17,032%

Cenário 4 (C4)

Um último cenário foi simulado e analisado através dos moldes do FMEA, que seria um cenário em que se adotasse todas as medidas propostas nos cenários que nesse trabalho foram estudados, ou seja é um cenário onde foram substituídas as tubulações por novas como proposto nos itens 1,2 e 5 do FMEA, também foi implementado um novo RNF no nó 22, escolhido por análise de localidade na rede também cota topográfica, como recomendado nos itens 1,4,6 e 7, além da adoção de treinamentos para pessoal de todos os níveis, implementação de ferramentas de monitoramento de qualidade de materiais, monitoramento de sobrepressões, e adoção de plano de manutenções preventivas, recomendadas nos itens: 2,3,4 e 5 do FMEA. Todo esse esforço resultou no incremento da qualidade do sistema como podemos verificar na tabela 05.

Tabela 05: Incremento final após medidas do Cenário 4 (C4)

Nó	Pressão (CA)	Pressão (C4)	Incremento de Pressão	CRL Mg/L (CA)	CRL Mg/L (C4)	Incremento de CRL
4	34,7352	35,3656	1,815%	1,6056	1,6084	0,174%
7	36,4996	37,1812	1,867%	1,2572	1,3324	5,982%
24	44,5180	45,2148	1,565%	0,9692	0,9872	1,857%
40	24,8804	24,9128	0,130%	1,7680	1,7724	0,249%
52	39,5640	42,8036	8,188%	0,7932	0,9944	25,366%
59	27,4860	31,3240	13,963%	0,8136	1,4440	77,483%
80	30,9788	34,4812	11,306%	0,4268	0,6688	56,514%
Média	34,0946	35,8976	5,548%	1,0905	1,2582	23,946%

Fonte: Autores (2018)

Assim sendo, verificou-se um decaimento muito grande no risco total do sistema, onde, inicialmente o seu score total era de 58,714 e após as medias do cenário 4 (C4), este, caiu para 37,571, o que representa uma mitigação de 36,01% do risco total.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de softwares de simulação como o EPANET 2.0, que simulam a qualidade da água e do sistema de abastecimento, pode contribuir fortemente para a melhoria da qualidade da água e do serviço de distribuição para consumo humano, apoiando o planejamento, operações e manutenção do sistema podendo simular múltiplas tomadas de decisão para subsidiar a melhor medida ou conjunto delas.

A ferramenta de análise de risco FMEA, é uma ótima opção para a caracterização dos riscos, apresentando resultados consistentes com base nas diretrizes advindas de discussões

com especialistas e da bibliografia, se mostrando bastante importante para identificar os perigos para cada situação.

No primeiro cenário simulado com o FMEA, foi testada a substituição das tubulações preexistentes por novas de Aço e de PVC, o que provocou a redução do risco médio de ocorrência de fissuras ou rupturas nas tubulações, além de aumentar a qualidade do sistema otimizando variáveis hidráulicas como a carga hidráulica, a pressão total e as taxas de CRL.

No segundo cenário, simulou-se a inclusão de um novo RNF, o que reduziu o risco médio associados a Concentração de Cloro Residual Livre, Interrupção de Abastecimento e Vazões Inadequadas. Além disso, reduziu o risco total do sistema em 26,278% e aumentou sua qualidade a partir de incrementos nas variáveis hidráulicas.

Já no terceiro cenário, foi testado o impacto da adoção de um plano de qualificação, que incluía a promoção de treinamentos para o pessoal, a implementação de ferramentas de monitoramento de pressões negativas e sobrepensões, bem como a adoção de um plano de manutenções preventivas. Com isso conseguiu-se uma redução de 50% no risco médio do item Incapacidade no Controle de Processos no Abastecimento, como também no item Interrupção de Abastecimento. Tudo isso contribuiria para um decréscimo de 17,032% no risco total do sistema.

Por fim, no último cenário, verificou-se o impacto da implementação simultânea de todas as medidas dos cenários anteriores, o que provocou uma queda enorme no risco total do sistema, onde, inicialmente o seu score total era de 58,714 e após as medidas do cenário 4 (C4), este, caiu para 37,571, o que representa uma mitigação de 36,01% do risco total.

O uso isolado de uma das ferramentas utilizadas, pode contribuir para a tomada de decisão dos gestores de setores específicos de uma companhia de águas. Mesmo o uso isolado sendo uma boa opção, a composição de análise de risco mais simulações, torna a tomada de decisão mais precisa e com menor grau de incerteza.

O uso destas aplicações indica que as decisões que englobam as alterações estruturais apresentam incremento sobre as medidas operacionais que visam constantes manutenções que podem passar do momento ideal e podem acarretar em interrupção do abastecimento. Tudo isso pode ser ratificado pelos dados que apresentam uma queda de 36,01% do risco total do sistema e melhoras nos aspectos de Carga Hidráulica (0,312%), pressão (+1,803mca) e concentração de cloro residual livre médio (+0,1677mg/L).

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, et al. Reuso da água na indústria do couro. ENCONTRO CIENTÍFICO E SIMPÓSIO DE EDUCAÇÃO UNISALESIANO. Vol 5, 2015 Lins-SP. Disponível em: <http://www.ri.unir.br/jspui/bitstream/123456789/1517/1/MONOGRAFIA_EUDES.pdf>

BASTOS, A. FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) como ferramenta de prevenção da qualidade em produtos e processos – uma avaliação da aplicação em um processo produtivo de usinagem de engrenagem. Fortaleza: XXVI ENEGEP, 2006. 8p.

BRASIL. Ministério da Saúde, Portaria N° 518 de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Ministério da Saúde, 2004

COSTA, Adriana Lustosa; MERTENS, Frédéric. Governança, redes e capital social no plenário do conselho nacional de Recursos Hídricos do Brasil. São Paulo-SP: Revista Ambiente & Sociedade, p. 153-170, 2015.

GOOGLE MAPS, 2018. Bairro Boa Vista, Caruaru-PE. 8°16'38"S, 35°59'19"O. Elevação 540m. Visto em Dezembro de 2018 em: <<https://www.google.com/maps/place/Jardim+Boa+Vista,+Caruaru+-+PE/@-8.2614611,36.0219836,14z/data=!4m5!3m4!1s0x7a98c080afe08b5:0xa6998053d835829c!8m2!3d-8.2616083!4d-36.007764>>

JORDÃO, Berenice Quinzani; MORAES, Danielle Serra de Lima. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. São Paulo-SP, 2002. 5p.

NASCIMENTO, Ruth Silveira. Simulação de alterações numa ETA convencional de porte médio para a produção de água segura. Porto Alegre-RS: RBRH, 2016. 12p.

NETTO, Geraldo da Silva Rocha. E agora qual método utilizar? Porque estudar métodos diferentes de análise de risco? Argentina: Foro de Seguridad – Foro de profesionales

Latinoamericanos de Seguridad. 2014. Disponível em:
<http://www.forodeseguridad.com/artic/pt/9001.htm> acesso em: 25 de maio de 2017.

RODRIGUES, Tássio Leal. Diagnóstico do sistema de abastecimento do município de Riachão do Bacamarte – PB.: Campina Grande-PB: UEPB, 2014. 59p.

SAKURADA, Eduardo Yuji. As técnicas de Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos e Análise da Árvore de Falhas no desenvolvimento e na avaliação de produtos. Florianópolis-SC: Eng. Mecânica/UFSC, (Dissertação de mestrado), 2001. 159p.

SILVA, Jorge Flávio C. D. C. Secas E Escassez Hidrica Na Bacia Do Acude Epitacio Pessoa: Tendencias E Impactos Futuros Na Precipitação E Na Vazão. Tese Doutorado em Geografia – UFPB. João Pessoa – PB. 2017

BARBOZA SILVA, José Tiago. Analise das alterações no fornecimento de água do sistema de abastecimento do Bairro Boa Vista 1 em Caruaru – PE com o uso do EPANET. Caruaru-PE: UNIFAVIP, 2017 46p.

SOBRINHO, Renavan A.; BORJA, Patrícia C. Gestão das perdas de água e energia em sistema de abastecimento de água da Embasa: um estudo dos fatores intervenientes na RMS. Revista Eng Sanitária e Ambiental. V. 21. N. 04. P. 783-795. Out/Dez 2016.