



PROJETO DE IMPLANTAÇÃO DE "RETROFIT" DE UM SISTEMA DE DOSAGEM DE COAGULANTE EM UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA

Antonio Vinícius de Moraes ⁽¹⁾

Engenheiro Mecânico (UMC), MBA em Gestão de Projetos (USP), Mestre em Engenharia Biomédica (UMC) e Doutor em Engenharia Biomédica com Ênfase em Biomecânica (UMC). Encarregado de Planejamento e Controle da Manutenção – PCM na Sabesp, atuando na Divisão de Manutenção da Adução Sul – MAMS.

Endereço⁽¹⁾: Rua Paulo di Favari, 60 – Rudge Ramos – São Bernardo do Campo – São Paulo – CEP: 09618-100 - Brasil - Tel.: +55 (11) 98685-2918 - e-mail: avmorais@sabesp.com.br

RESUMO

É incontestável a importância dos recursos hídricos à existência humana. Não somente a água é necessária, mas também um tratamento que viabilize seu consumo. Esse tratamento requer uma série de processos periódicos e rigorosamente controlados incluindo a correção de características químicas. Devido à impossibilidade de paradas gerais do sistema para reformas, visando a melhoria da operação e disponibilidade do sistema em uma Estação de Tratamento de Água, foi desenvolvido um projeto de “retrofit” do sistema de dosagem de coagulante através da manutenção por oportunidade. A metodologia aplicada contemplou a abertura do projeto, definição de escopo, projeto, Estrutura Analítica do Projeto - EAP, levantamento de riscos, cronograma, levantamento de custos, validação e encerramento. A abordagem pautada no “Project Management Body Of Knowledge” – PMBOK, mostrou-se eficiente no que tange a organização e comunicação. Dessa maneira, conclui-se que a manutenção por oportunidade é uma forma de trabalho relevante na atuação preventiva, pois através dela é possível utilizar melhor o tempo ocioso sem acarretar em perda produtiva. Aliado a isso, a gestão de projetos segundo diretrizes bem estabelecidas foi imprescindível para o andamento e consequente sucesso do projeto.

PALAVRAS-CHAVE: Tratamento de água, Gerenciamento de Projeto, Manutenção por Oportunidade

1 INTRODUÇÃO

Não há dúvidas que a água está entre os recursos mais importantes para a vida humana. Contudo, mesmo diante deste fato, cerca de 80% da população mundial está exposta a altos níveis de ameaça à segurança hídrica (VÖRÖSMARTY *et al.*, 2010). Mais da metade da água doce de superfície acessível é utilizada pela Humanidade (VITOUSEK *et al.*, 1997). Dentre outros argumentos, nota-se que o processo correto de tratamento da água é imprescindível.

No que tange o tratamento de água podem-se destacar três métodos, a decantação convencional, a flotação e a filtração por membranas (DI BERNARDO & DANTAS, 2005). Independentemente do método aderido, o sistema de tratamento de água requer uma série de processos e controle rigoroso de propriedades da água. Nesse quesito, apresenta-se a qualidade como uma área de conhecimento do Project Management *Body of Knowledge* – PMBOK e seus respectivos processos, planejamento da qualidade, garantia da qualidade e controle da qualidade (PMI, 2017).

No processo convencional por decantação, o tratamento parte do recalque da água dos mananciais às Estações de Tratamento de Água onde na chegada da água ocorre a pré-cloração em que o cloro é adicionado para auxiliar a retirada de matéria orgânica e metais e em seguida ocorre a pré-alkalinização para ajuste de pH. Seguindo no processo, é feita a coagulação, processo em que é adicionado sulfato de alumínio, cloreto férrico ou outro coagulante, seguido de uma forte agitação da água, desestabilizando eletricamente as partículas de sujeira que ficam mais facilmente agregadas. A partir desse momento ocorre o processo de floculação, onde os resíduos se aglomeram em partículas para posteriormente serem separados da água no tanque de decantação. Da superfície da água é retirada a água que vai para filtração onde os resquícios de sujeira são retirados. Por

fim, ocorre a pós-alkalinização, processo em que é corrigido o pH da água, a desinfecção, que consiste na adição de cloro que garante que a água chegue sem bactérias e vírus à casa do consumidor e a fluoretação, em que é depositado flúor para a prevenção de cáries (SABESP, 2019).

Dentre os processos supracitados, a adição de determinados químicos garante a coagulação de componentes trazidos pela água e devida separação. Ao se tratar de produtos químicos, válvulas, tubos e conexões apresentam processo de corrosão acentuada, carecendo de acompanhamento de manutenção. Devido essa necessidade aliada à impossibilidade de parada do sistema, arranjos técnicos são realizados, mas por consequência, a operação do equipamento é dificultada, apresentando assim a eminência da necessidade de reforma no sistema.

Por esse motivo, visando à melhoria da operação e disponibilidade do equipamento, este trabalho propõe-se a desenvolver um projeto para *retrofit* do sistema de transporte e dosagem de coagulante no sentido de possibilitar a diminuição do tempo de operação, diminuição do tempo de manutenção, bem como melhorar a visibilidade dos equipamentos para inspeção, garantindo assim a disponibilidade de insumos para o tratamento de água atendendo ao controle de qualidade. O retrofit é uma forma de melhorar a performance do sistema, não só economizando energia, mas se beneficiando da diminuição de quebras e desgaste prematuro de componentes mediante intervenção na concepção do produto (JASPERT *et al.*, 2021).

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Planejamento

O planejamento do projeto visa a utilização de horários de parada do sistema para implementação da manutenção por oportunidade, de modo que não seja necessária parada específica para execução do mesmo. Dessa maneira o sistema fica inoperante o menor tempo possível, haja vista que o sistema é responsável pelo fornecimento de água potável para aproximadamente 840 mil pessoas (IBGE, 2019), além de diversas indústrias presentes no município.

2.2 Definição do escopo

Projeto e planejamento de "Retrofit" das linhas de dosagem de coagulante de uma estação de tratamento de água contemplando troca de tubulações e válvulas, revisão das bombas e saneamento do layout do sistema.

2.3 Projeto de engenharia

Dentre os materiais comercialmente disponíveis, optou-se pela utilização de tubulações de PVC Marrom de Ø2" com fixação em aço inoxidável e válvulas tipo diafragma de borracha sintética EPDM de passagem angular com corpo revestido com Ebonite. As bombas dosadoras do tipo peristáltica foram mantidas.

Devido utilização em maior quantidade do Policloreto de Alumínio – PAC, dos seis tanques disponíveis, quatro foram interligados para este produto e dois para o Cloreto Férrico (Figura 1). O diagrama hidráulico foi esquematizado em software CAD licenciado pela companhia.

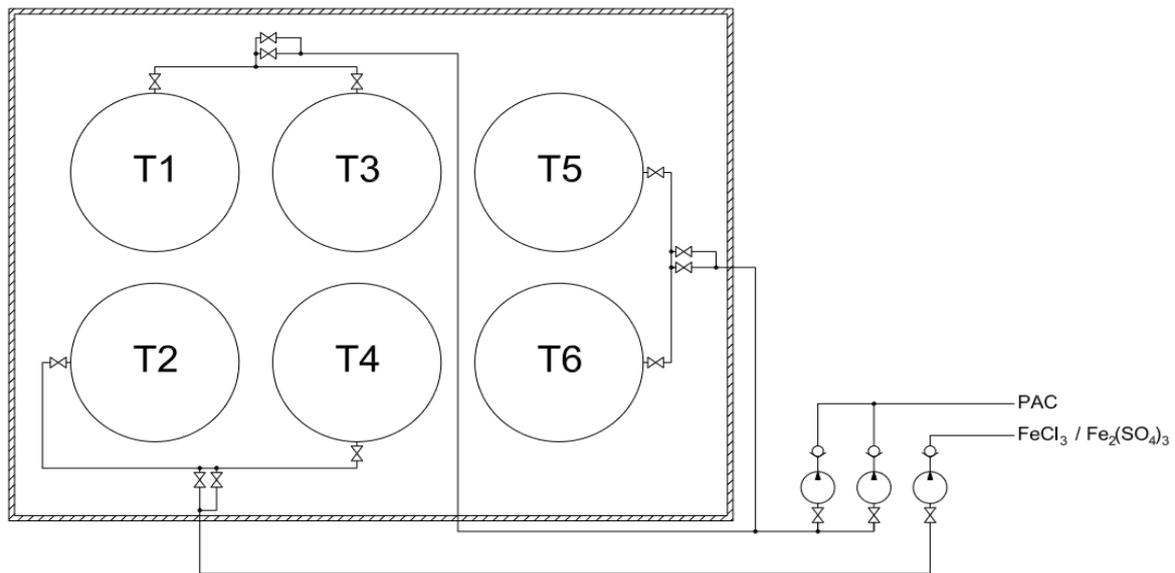
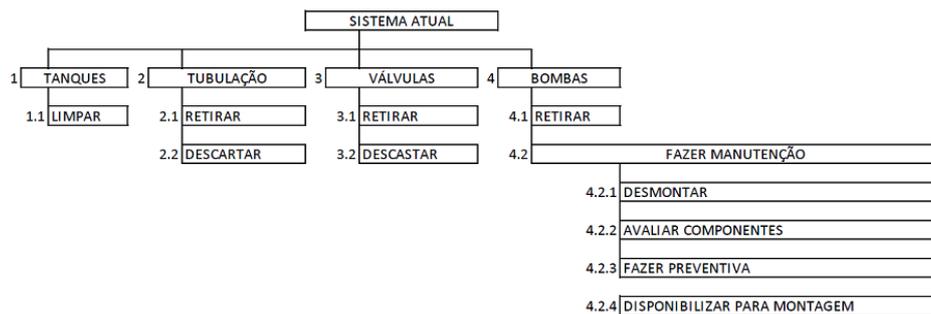


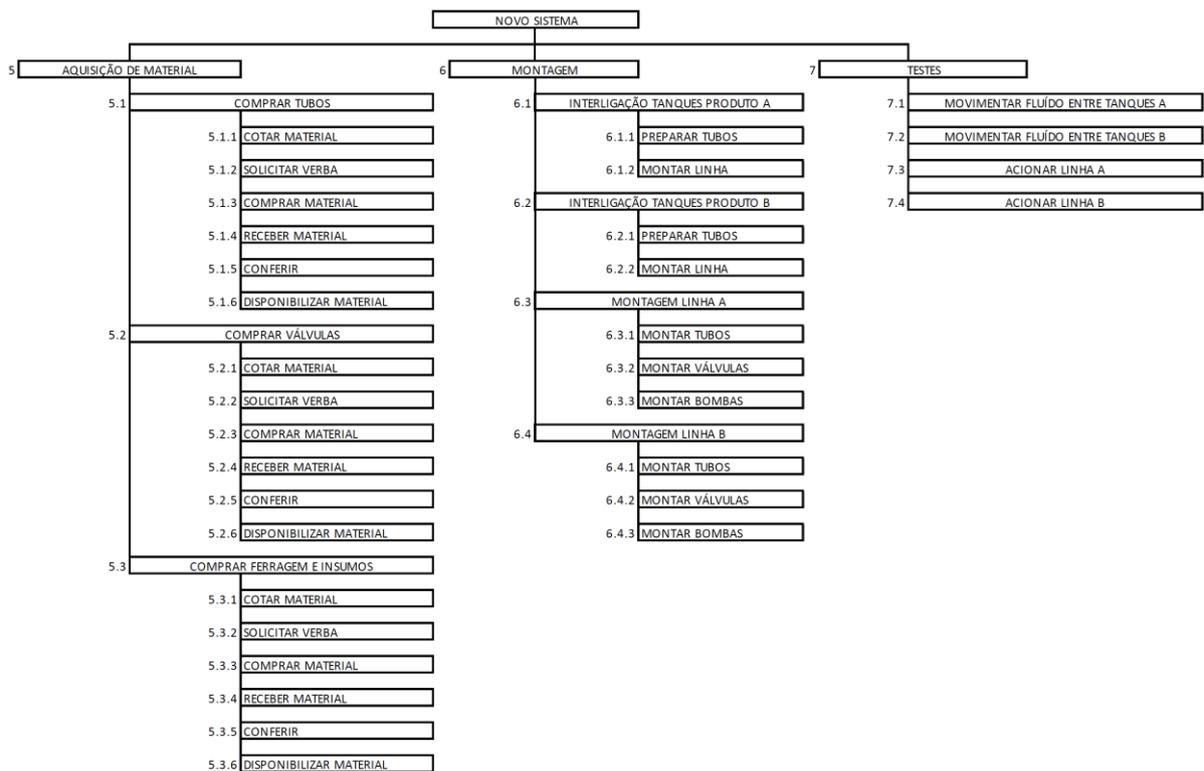
Figura 1: Esquema hidráulico.

2.4 Estrutura Analítica do Projeto – EAP

A EAP, ou Work Breakdown Structure - WBS, é uma ferramenta de gerenciamento de projetos importante na visualização do escopo de trabalho como um todo para que através dela seja possível avaliar os riscos das tarefas e visualizar a interligação entre elas (HILLSON, 2003). Conforme projeto do sistema, foram discriminadas as tarefas correspondentes na estrutura atual (Figura 2a) e na montagem das novas linhas (Figura 2b).



a)



b)

Figura 2: Estrutura Analítica do Projeto. a) sistema atual; b) novo sistema

2.5 Levantamento de riscos

Segundo o Project Management Institute – PMI (2017), “Risco é um evento ou uma condição incerta, que se ocorrer, tem um efeito em pelo menos um objetivo do projeto”. De posse da Estrutura Analítica do Projeto é possível relacionar as atividades envolvidas na execução do projeto, tanto no sistema atual (Tabela 1), quanto demais ações a serem tomadas (Tabela 2) e, através de uma matriz de risco - Probabilidade X Impacto (Tabela 3), em que as atividades são caracterizadas como irrelevantes (baixa probabilidade e baixo impacto) pouco relevante (baixa probabilidade e médio impacto ou média probabilidade e baixo impacto), relevante (alto impacto e baixa probabilidade, médio impacto e média probabilidade e baixo impacto e alta probabilidade), muito relevante (alto impacto e média probabilidade ou médio impacto e alta probabilidade) e prioridade (alto impacto e alta probabilidade). Assim, foram tomadas medidas de contenção (Tabela 4) para os elementos elencados como relevantes, muito relevantes e prioridades.

Tabela 1: Atividades envolvidas no projeto – Sistema Atual.

ITEM	DESCRIÇÃO
1	TANQUES
1.1	limpar tanque
2	TUBULAÇÃO
2.1	Retirar tubulação
2.2	Descartar tubulação
3	VÁLVULAS
3.1	Retirar válvulas
3.2	descartar válvulas
4	BOMBAS
4.1	Retirar bombas
4.2	Fazer manutenção



4.2.1	Desmontar bombas
4.2.2	Avaliar componentes das bombas
4.2.3	Fazer preventiva nas bombas
4.2.4	Disponibilizar bombas para montagem

Tabela 2: Atividades envolvidas no projeto – Demais ações.

ITEM	DESCRIÇÃO
5	AQUISIÇÃO DE MATERIAL
5.1	comprar tubos
5.1.1	cotar tubos
5.1.2	solicitar verba para tubos
5.1.3	colocar pedido de tubos
5.1.4	receber tubos
5.1.5	conferir tubos
5.1.6	disponibilizar tubos para montagem
5.2	comprar válvulas
5.2.1	cotar válvulas
5.2.2	solicitar verba para válvulas
5.2.3	colocar pedido de válvulas
5.2.4	receber válvulas
5.2.5	conferir válvulas
5.2.6	disponibilizar válvulas para montagem
5.3	comprar ferragem e insumos
5.3.1	cotar ferragens e insumos
5.3.2	solicitar verba para ferragens e insumos
5.3.3	colocar pedido de ferragens e insumos
5.3.4	receber ferragens e insumos
5.3.5	conferir ferragens e insumos
5.3.6	disponibilizar ferragens e insumos
6	MONTAGEM
6.1	Interligação Tanques Produto A
6.1.1	preparar tubos
6.1.2	montar linha
6.2	Interligação Tanques Produto B
6.2.1	preparar tubos
6.2.2	montar linha
6.3	montagem linha a
6.3.1	montar tubos
6.3.2	montar válvulas
6.3.3	montar bombas
6.4	montagem linha b
6.4.1	montar tubos
6.4.2	montar válvulas
6.4.3	montar bombas
7	TESTES
7.1	Movimentar Fluido Entre Tanques A
7.2	Movimentar Fluido Entre Tanques B
7.3	Acionar Linha A
7.4	Acionar Linha B



Tabela 3: Matriz de risco - Probabilidade X Impacto

		PROBABILIDADE		
		BAIXA	MÉDIA	ALTA
IMPACTO	ALTO	2.2	1.1	
		3.2	5.1.4	
		4.2.2	5.2.4	
		4.2.3	5.3.4	
		5.1.5	6.3.1	4.2.4
		5.2.5	6.3.2	5.1.6
		5.3.5	6.3.3	5.2.6
		6.1.2	6.4.1	5.3.6
		6.2.2	6.4.2	
		7.1	6.4.3	
	7.2	7.3		
		7.4		
	MÉDIO	4.2	4.2.4	
		4.2.1	5.1	5.1.2
		6.1	5.1.3	5.2.2
		6.1.1	5.2.3	5.3.2
		6.2	5.3.3	
	BAIXO	2.1		
3.1				
4.1				
5.1.1				
5.2.1				
5.3.1				

Tabela 4: Medidas de Contenção

ITEM	DESCRIÇÃO	RISCO	AÇÕES
4.2.4	disponibilizar bombas para montagem	material não estar disponível	<i>follow up</i> periódico com fornecedores
5.1.6	disponibilizar tubos para montagem	material não estar disponível	<i>follow up</i> periódico com fornecedores
5.2.6	disponibilizar válvulas para montagem	material não estar disponível	<i>follow up</i> periódico com fornecedores
5.3.6	disponibilizar ferragens e insumos	material não estar disponível	<i>follow up</i> periódico com fornecedores
1.1	limpar tanque	espaço confinado	verificar validade do curso, providenciar Análise Preliminar de Risco [APR] e recursos necessários
5.1.4	receber tubos	material fora da especificação	conferir material no recebimento
5.2.4	receber válvulas	material fora da especificação	conferir material no recebimento
5.3.4	receber ferragens e insumos	material fora da especificação	conferir material no recebimento
6.3.1	montar tubos	vazamento ou tensionamento	verificar aperto das uniões e fazer teste hidrostático
6.3.2	montar válvulas	vazamento	fazer teste hidrostático e teste de abertura/fechamento
6.3.3	montar bombas	vazamento e pressão insuficiente	fazer teste de carga em <i>shutoff</i>
6.4.1	montar tubos	vazamento ou tensionamento	verificar aperto das uniões fazer teste

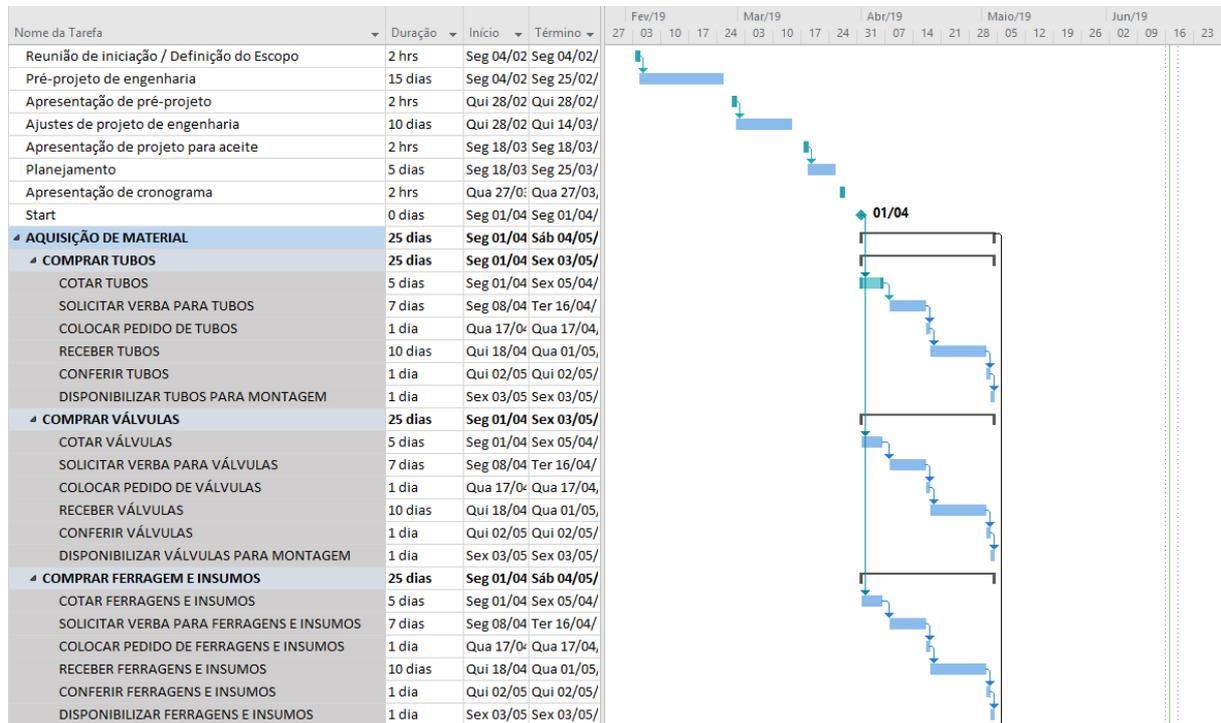


			hidrostático
6.4.2	montar válvulas	vazamento	fazer teste hidrostático e teste de abertura/fechamento
6.4.3	montar bombas	vazamento e pressão insuficiente	fazer teste de carga em <i>shutoff</i>
7.3	Acionar Linha A	recalque insuficiente	teste de carga
7.4	Acionar Linha B	recalque insuficiente	teste de carga
5.1.2	solicitar verba para tubos	limites de valores não serem suficientes ou demora na liberação	verificar estoque e comunicar previamente o financeiro
5.2.2	solicitar verba para válvulas	limites de valores não serem suficientes ou demora na liberação	verificar estoque e comunicar previamente o financeiro
5.3.2	solicitar verba para ferragens e insumos	limites de valores não serem suficientes ou demora na liberação	verificar estoque e comunicar previamente o financeiro
2.2	descartar tubulação	risco ambiental	segregar e comunicar o responsável pelo descarte
3.2	descartar válvulas	risco ambiental	segregar e comunicar o responsável pelo descarte
4.2.2	avaliar componentes das bombas	avaliação incorreta	fornecer desenho e solicitar ao mecânico que tenha domínio do equipamento
4.2.3	fazer preventiva nas bombas	manutenção incorreta	providenciar manual da bomba e requerer testes de bancada
5.1.5	conferir tubos	material fora de padrão	providenciar lista de materiais e requerer conferência no recebimento
5.2.5	conferir válvulas	material fora de padrão	providenciar desenho, conferir dimensional e flanges
5.3.5	conferir ferragens e insumos	material fora de padrão	providenciar lista de materiais e requerer conferência
6.1.2	montar linha	riscos acidentais de trabalho em altura e em espaço confinado	reunião de APR, providenciar Equipamento de Proteção Individual [EPI] e recursos necessários para execução da atividade segundo NR33 e NR35
6.2.2	montar linha	riscos acidentais de trabalho em altura e em espaço confinado	reunião de APR, providenciar EPI e recursos necessários para execução da atividade segundo NR33 e NR35
7.1	Movimentar Fluido Entre Tanques A	risco ambiental	utilizar baias de contenção para vazamentos e testar válvulas antes de desmontar tubulação por completo
7.2	movimentar fluido entre tanques B	risco ambiental	utilizar baias de contenção para vazamentos e testar válvulas antes de desmontar tubulação por completo
4.2.4	disponibilizar bombas para montagem	risco ambiental	utilizar baias de contenção para vazamentos e testar válvulas antes de desmontar tubulação por completo
5.1	comprar tubos	prazo e especificação	conferir especificação e negociar prazos que atendam necessidade
5.1.3	colocar pedido de tubos	prazo e especificação	conferir especificação e negociar prazos que atendam necessidade
5.2.3	colocar pedido de válvulas	prazo e especificação	conferir especificação e negociar prazos que atendam necessidade
5.3.3	colocar pedido de ferragens e insumos	prazo e especificação	conferir especificação e negociar prazos que atendam necessidade

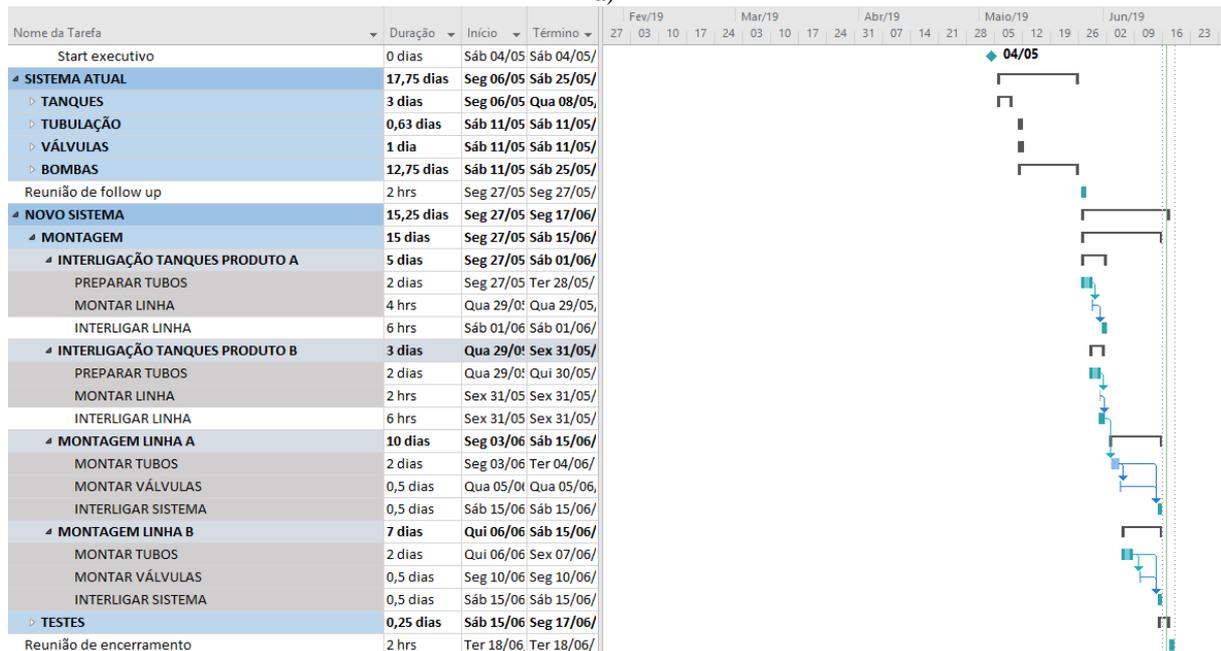


2.6 Cronograma

Embora se tratando de uma manutenção por oportunidade, foi possível cadenciar as tarefas necessárias para a conclusão do trabalho estipulando datas para as tarefas que não demandam parada de sistema (Figura 3a) e dimensionando as tarefas executivas para os dias de parada de sistema (Figura 3b).



a)



b)

Figura 3. Cronograma. a) tarefas que não demandam parada do sistema; b) tarefas que demandam parada do sistema



2.7 Planejamento de manutenção

O sistema atual está em funcionamento sendo impossível pará-lo para manutenção. Por esse motivo optou-se pela manutenção por oportunidade, que consiste em realizar o trabalho de manutenção concomitantemente a uma parada do sistema, realizando entregas parciais, não afetando a disponibilidade do sistema. Assim, os recursos foram estrategicamente provisionados para aplicação em tempo hábil. O processo executivo desse tipo de obra requer sincronia entre a disponibilidade de pessoal e recursos.

3. RESULTADOS e DISCUSSÃO

O desenvolvimento do projeto direcionado pelos conceitos de gestão de projeto apresentados no Guia PMBOK (PMI, 2017) mostrou-se eficaz principalmente no que tange a organização e comunicação. Dentre os aspectos observados no desenvolvimento do projeto, destacaram-se a importância da EAP, do levantamento de risco, levantamento de custos, os resultados positivos da utilização da manutenção por oportunidade, da comunicação e acompanhamento do cronograma pelos participantes e interessados.

A Estrutura Analítica do Projeto apresentou-se como uma ferramenta fundamental para organização, mas também para visualização do projeto como um todo. Segundo a literatura, a EAP também leva à redução de custos em termos de otimização de horas de trabalho quando as tarefas e atividades adequadas são claramente definidas durante o seu desenvolvimento (RAHMAN *et al.*, 2019).

O levantamento de riscos foi uma etapa importante para o sucesso do projeto no sentido de controlar ou minimizar os riscos no projeto. Essa perspectiva no gerenciamento de projetos incentiva a geração de resultados que eliminem ou controlem essas ameaças (BROWNING, 2019). Neste projeto esse levantamento salientou focos que demandavam maior atenção tais como a aquisição do material em tempo hábil e o dimensionamento do trabalho em etapas determinadas que coubessem nos tempos de parada do sistema de modo a não interferir no funcionamento do sistema. Vale salientar que a apresentação do cronograma executivo aos participantes e interessados no projeto foi fundamental para o engajamento da equipe e até mesmo monitoramento das etapas.

Outro aspecto relevante é o levantamento de custos totais do projeto, viabilizado pela aprovação consensual do projeto. Desta maneira foi possível requerer a liberação de verba conforme diretrizes da empresa, possibilitando o recebimento do material necessário para execução do projeto em tempo hábil.

No que tange a execução do projeto, a manutenção por oportunidade sugere a atuação preventiva em sistemas complexos utilizando melhor o tempo de inatividade sem perda produtiva adicional (SHERWIN, 1999). Como o cronograma executivo foi concebido perante essa tratativa, ou seja, com tarefas em blocos com horários definidos, foi possível concretizar o projeto em três paradas sistêmicas do processo sem a necessidade de paradas adicionais.

Esse encadeamento foi possível devido à organização do processo como um todo e pelo estrito seguimento do cronograma tanto no planejamento quanto na execução. A aquisição de material em tempo hábil foi fundamental para o sucesso do projeto.

4. CONCLUSÃO

Este projeto foi configurado de forma a apresentar a possibilidade da aplicação de ferramentas de gestão mundialmente reconhecidas para gestão de projetos simples ou complexos. Diante da execução do projeto de "Retrofit" no sistema de transporte e dosagem de coagulantes em uma Estação de Tratamento de Água do estado de São Paulo, pautado nas diretrizes de gerenciamento de projetos estabelecidas pelo PMBOK, há de se convir que um escopo bem definido deixa claro aos participantes a tratativa do projeto e principalmente seus limites e limitadores, indo de encontro à definição de projeto encontrada no Guia PMBOK onde o mesmo é determinado por um esforço de tempo determinado, isto é, temporário, empreendido na criação de um produto, serviço ou resultado (PMI, 2017). De um escopo coerente advém um descritivo claro através do qual são estipulados critérios e parâmetros que os "stakeholders" podem utilizar como ferramenta de controle e validação do projeto.



Desta maneira conclui-se que o direcionamento de projetos através de etapas bem definidas embasadas teoricamente é fundamental no provimento de condições de gestão de projetos, onde a comunicação, envolvimento dos interessados nas discussões técnicas e tomadas de decisões são fundamentais para resultados de sucesso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BROWNING, T.R. *Planning, Tracking, and Reducing a Complex Project's Value at Risk*. *Project Management Journal*, v.50, n.1, p.71–85, 2019.
2. COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO [SABESP]. Tratamento de água: De onde vem a água que bebemos?. Disponível em: <http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=47>. Acesso em: 10/04/2019.
3. DI BERNARDO, L., DANTAS, A.D.B. *Métodos e Técnicas de Tratamento de Água*. 1ed. Editora Rima, São Carlos, SP, Brasil. 2005.
4. HILLSON, D. *Using a Risk Breakdown Structure in project management*. *Journal of Facilities Management*, v.2, n.1, p.85-97, 2003.
5. INSTITUTO BRASILEIRO De GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA [IBGE]. São Bernardo do Campo. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/sao-bernardo-do-campo/panorama>. Acesso em: 18/02/2019.
6. JASPERT, D., EBER, M., ECKHARDT, A., POEPELBUSS, J. *Smart retrofitting in manufacturing: A systematic review*. *Journal of Cleaner Production*, v.312, 2021.
7. KULLSTAM, P. A. *Availability, MTBF and MTTR for Repairable M out of N System*. *IEEE Transactions on Reliability*, v.30, n.4, p.393-394. 1981.
8. Project Management Institute [PMI]. *Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos*. 5ed. Project Management Institute, Newtown Square, PA, EUA. 2017
9. RAHMAN, W.A.Z.W.A., ZAKI, N.I.M., HUSAIN, M.K.A. *Work breakdown structure application for man-hours calculation in hull construction shipbuilding in Malaysia*. *Cogent Engineering* v.6, 2019.
10. SHERWIN, D.J. *Age-based opportunity maintenance*. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, v.5, n.3, p.221-235, 1999.
11. VITOUSEK, P.M., MOONEY, H.A., LUBCHENCO, J., MELILLO, J.M. *Human Domination of Earth's Ecosystems*. *Science*, v.277, n.5325, p.494-499, 1997.
12. VÖRÖSMARTY C.J., MCINTYRE P.B., GESSNER, M.O., DUDGEON D., PRUSEVICH, A., GREEN, P., GLIDDEN, S., BUNN, S.E., SULLIVAN, C.A., REIDY, C.L., DAVIES, P.M. *Global threats to human water security and river biodiversity*. *Nature*, v.467, p.555–561, 2010.