



Artigo

# Análise da disponibilidade de geradores de vapor instalados em um processo de produção de petróleo.

Oskallyne Rafaelly das Chagas Oliveira<sup>[1]</sup>; Fabrício J N Cavalcante<sup>[2]</sup>; André Pedro Fernandes Neto<sup>[3]</sup>; Victor de Paula Brandão Aguiar<sup>[4]</sup>

<sup>[1]</sup> Universidade Federal Rural do Semi-árido; [oskallyne@gmail.com](mailto:oskallyne@gmail.com)

<sup>[2]</sup> Universidade Federal Rural do Semi-árido; [fabriciocavalcante@ufersa.edu.com.br](mailto:fabriciocavalcante@ufersa.edu.com.br)

<sup>[3]</sup> Universidade Federal Rural do Semi-árido; [andrepedro@ufersa.edu.br](mailto:andrepedro@ufersa.edu.br)

<sup>[4]</sup> Universidade Federal Rural do Semi-árido; [victor@ufersa.edu.br](mailto:victor@ufersa.edu.br)

Recebido: 01/05/2024;

Aceito: 28/12/2024;

Publicado: 28/12/2024.

*Resumo: Geradores de Vapor (GVs) são equipamentos que convertem água líquida em vapor. No processo de produção de petróleo em campos maduros, esses dispositivos possuem relevância, haja vista que, eles injetam vapor nos poços com a finalidade de manter ou aumentar a produção. Mensurar a disponibilidade desses equipamentos é um bom indicador da efetividade da manutenção, aliado a isto, antever possíveis falhas é o desejável para definição de soluções que mitiguem ou inibam quebras, isto traz benefícios diretos para continuidade operacional e consequente manutenção da produção. O objetivo deste artigo é comparar os indicadores de operacionalidade e disponibilidade de uma amostra de equipamentos ao longo do tempo e avaliar, partir da anotação das falhas a importância dessa informação para a gestão da manutenção.*

*Palavras-chave: Geradores de Vapor; Disponibilidade; petróleo, falha.*

*Abstract: Steam Generators (GVs) are equipment that convert liquid water into vapor. In the oil production process in mature fields, these devices are relevant, given that they inject steam into wells with the purpose of maintaining or increasing production. Measuring the availability of this equipment is a good indicator of maintenance effectiveness, in addition to this, anticipating possible failures is desirable for defining solutions that mitigate or inhibit breakdowns, this brings direct benefits to operational continuity and consequent maintenance of production. The objective of this article is to compare the operability and availability indicators of a sample of equipment over time and evaluate, based on failure notes, the importance of this information for maintenance management.*

*Key-words: Steam Generators; Availability; oil, failure.*

## 1. INTRODUÇÃO

A atividade de produção, dentre as demais atividades do processo de exploração e produção de petróleo, é a que possibilita a retirada do óleo e gás natural do subsolo até a superfície, permitindo a recuperação dos investimentos feitos e gerando um fluxo de caixa positivo que se estende por anos ou mesmo décadas (D'ALMEIDA, 2015).

Segundo Thomas (2015), a constatação de que, ao ser aquecido, o óleo tem sua viscosidade substancialmente reduzida foi o ponto de partida para o desenvolvimento dos métodos térmicos. A extração continuada de petróleo produz uma queda de pressão nos fluídos do reservatório que a engenharia de produção tenta compensar através da injeção de água/vapor ou de gás (gás natural, CO<sub>2</sub>). O monitoramento da movimentação destes fluídos dentro do reservatório é de grande importância para a otimização da produção.

A ANP (Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis), conceitua campos maduros como aqueles que estão em atividade há 25 anos ou mais e/ou têm produção igual ou superior a 70% das reservas provadas. No processo de produção de petróleo em campos maduros, faz-se necessária a utilização de algumas técnicas para extração do hidrocarboneto, uma delas é a injeção de vapor. Neste processo é injetado vapor nos

poços com intuito de manter ou aumentar a produção. Alguns equipamentos como os Geradores de Vapor têm a atribuição de fazer essa injeção, a partir da transformação da água em vapor. Como um processo crítico para a atividade de produção em campos maduros é necessário que a gestão da produção e manutenção estejam alinhadas para que haja um rápido tratamento das falhas destes equipamentos.

Avaliar apenas o tempo de operação dos Geradores de Vapor não é um indicador eficaz para o setor de manutenção deste ativo, haja vista que há paradas inerentes ao processo, como: as paradas para troca de poço, as paradas para limpeza dos dutos ou até mesmo a parada para realização das manutenções preventivas. Além da existência de redundância de equipamento em áreas identificadas como prioritárias, onde a injeção não pode ser descontinuada, em virtude da indisponibilidade de equipamento.

Silveira (2012), define que o termo utilizado para os indicadores de performance da manutenção em uma fábrica é o KPI (em inglês, Key Performance Indicators ou KPI, Indicadores de Performance na tradução). As KPIs podem mensurar diferentes performances abrangendo desde o tempo de parada das máquinas até o processo produtivo. Atualmente os softwares instalados em muitas fábricas podem oferecer algumas dezenas de KPIs, mas é preciso ter atenção a aquelas que realmente agregam valor.

Segundo a NBR 5462, disponibilidade é a capacidade de um item estar em condições de executar uma certa função em um dado instante ou durante um intervalo de tempo determinado. Este conceito traz luz para a problemática observada, quando apenas era avaliado o tempo de operação do equipamento. Sendo que, um equipamento parado, pode estar disponível, porque a parada pode ter acontecido por uma decisão do processo, por exemplo para diminuir a cota de injeção na formação geológica por decisão da equipe de reservatório.

Extraí-se daquele conceito, que a disponibilidade de equipamento está intrinsecamente ligada a existência de falha e na seara da manutenção, restringe-se a falha de equipamento. Entender esta conceituação, auxilia na definição das métricas para cálculo do indicador disponibilidade e no plano de ação para tratativa das falhas detectadas.

O objetivo deste artigo é comparar os indicadores de operacionalidade e disponibilidade de uma amostra de equipamentos ao longo do tempo e avaliar, partir da anotação das falhas a importância dessa informação para a gestão da manutenção.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo, trata-se de um estudo de caso, como tal, este método, baseia-se em uma pesquisa abrangente sobre um assunto específico. A partir deste estudo é possível entender melhor o tema explicitado, contribuindo com insumos para novas pesquisas sobre a mesma temática. Bruney, Herman e Schoutheete (in DUARTE e BARROS, 2006) definem estudo de caso como “análise intensiva, empreendida numa única ou em algumas organizações reais.” Para eles, o estudo de caso reúne, tanto quanto possível, informações numerosas e detalhadas para apreender a totalidade de uma situação.

Na organização onde é realizado o referido estudo, a manutenção é organizada de forma centralizada, segundo Seleme (2024), as vantagens da centralização da manutenção é que esta, fornece mais flexibilidade e melhora a utilização de recursos; tais como:

- Funcionários altamente qualificados e equipamentos especiais, portanto resulta em maior eficiência;
- Permite a supervisão da linha de forma mais eficiente;
- Permite a formação profissional com melhores resultados;
- Permite a aquisição de equipamentos modernos.

No entanto, segundo o autor, a desvantagem da centralização é que:

- Tarefas que exigem habilidades especiais, consomem mais tempo de deslocamento da função organização; Supervisão de tarefas que necessitam de conhecimentos especiais se torna mais difícil e como tal, menor é o controle da manutenção;
- Menor desenvolvimento de funcionários em novas tecnologias;
- Maiores custos de transporte em razão da distância dos locais dos trabalhos de manutenção.

Dentro desta organização, os papéis dos setores de Manutenção e Operação são bem definidos, sendo os gestores das respectivas áreas, independentes e autônomos para as tomadas de decisão, prestando conta regularmente ao gestor do Ativo de produção, hierarquicamente superior aos gestores citados anteriormente. Kops (2019) afirma que o gestor é o principal protagonista do processo de gestão. Cabe a ele, segundo este autor, desenhar e desencadear o processo de gestão, quer de um conteúdo específico, quer na resolução de um desafio típico, numa situação típica, projetando uma viável e estimada linha de progressão e traçando a linha do tempo. Ao desenhar cada processo de gestão, definirá a matriz de cada processo de gestão.

No processo observado, o setor de produção, além de outras atribuições, tem a responsabilidade de realizar a cota de vapor planejada pelo setor de reservatório, a cota injetada é uma das informações mais importantes, verificadas, pois é um dos insumos determinantes para produção, por isso, ela almeja que os GVs operem o máximo possível durante todo o mês.

A missão do setor de manutenção para o ativo observado é manter a integridade e confiabilidade dos equipamentos. Xenos (2014), define que as atividades de manutenção existem para evitar a degradação dos equipamentos e das instalações, causada pelo seu desgaste natural e pelo uso, segundo este autor, ainda há muitas ideias incorretas e formas de pensar ultrapassadas sobre a essência das atividades de manutenção e sobre o seu gerenciamento, isto pode resultar em conflitos entre o departamento de manutenção e outros departamentos da empresa, principalmente os de produção.

Os equipamentos (Geradores de Vapor), objeto deste estudo, possuem parâmetros automatizados acompanhados por um supervisor como: vazão da água, pressão no poço, vapor injetado. A partir da tela do supervisor é possível perceber se o equipamento está injetando vapor ou não. Supervisor, pode ser conceituado como um sistema com uma interface gráfica para o usuário, onde é representado o estado atual do processo, possibilitando o monitoramento em tempo real de forma física ou remota.

Nas reuniões de análise de resultados da produção, o indicador de operacionalidade dos GVs era apresentado pela produção e justificado pela manutenção, quando realizado abaixo da meta definida pela organização. No entanto, algumas paradas ocorridas durante o mês não tinham relação direta com o processo de manutenção, mas paradas relacionadas à segurança operacional, otimização de recursos ou inerentes ao processo de produção.

O departamento de manutenção, percebeu a necessidade de levar para estas reuniões de resultado a disponibilidade dos GVs, evidenciando que as paradas ocorridas, nem sempre eram por falha de equipamento, mas pela própria produção ou outros setores, com o objetivo de levar para a rotina, discussões que resultassem em mitigação e solução de falhas de todos os vieses.

Dito isto, foi avaliado como o indicador de disponibilidade seria apurado e as premissas para apuração, haja vista que a base de dados da operação dos equipamentos era distinta da base de PCM (Planejamento e Controle da Manutenção). Com o intuito de consolidar os dados das duas bases, inicialmente, um controle em planilha foi estruturado (Figura 1). O ponto de partida foi obter o Status: “Parado” ou “Operando” dos equipamentos, parâmetro automatizado no supervisor e o tempo de parada. O motivo e os tempos de parada eram descritos no boletim diário do operador do equipamento.

A partir desses dados foi possível definir o 2º Status: “Disponível” ou “Indisponível”. A Produção considerava o tempo parado, a partir do desligamento ou baixa eficiência do equipamento. No entanto, a manutenção precisava ser acionada para ter conhecimento da falha. O *input* para início das tratativas pela Manutenção, deveria ser a solicitação do operador para reparo, através de uma nota de manutenção. No início da implementação do indicador, foi percebido que havia algumas lacunas neste processo, pois nem sempre o operador solicitava formalmente o serviço da manutenção. Com o intuito de reforçar a cultura da importância do registro de falhas, Manutenção e Produção acordaram que o tempo de indisponibilidade de equipamento do início da falha até a solicitação da nota de manutenção seria creditado a Produção.

Data	Status 1	Status 2	Tempo parado Total (h)	Responsável	Motivo	Hora início	Hora fim	Tempo Parado Parcial	Disciplina	Anomalia	Descrição	Observação
01/05/2022	Operando	Disponível	0,0					0:00:00				
02/05/2022	Operando	Disponível	0,0					0:00:00				
03/05/2022	Operando	Disponível	0,0					0:00:00				
04/05/2022	Parado	Disponível	7,3	Segurança	Passagem do 990	7:12	14:30	7:18:00				
05/05/2022	Operando	Disponível	0,0					0:00:00				
06/05/2022	Operando	Disponível	0,0					0:00:00				
07/05/2022	Operando	Disponível	0,0					0:00:00				
08/05/2022	Operando	Disponível	0,0					0:00:00				
09/05/2022	Operando	Disponível	0,0					0:00:00				
10/05/2022	Parado	Indisponível	0,5	Manutenção	Falha no CLP	15:30	16:40	1:10:00	Restabelecimento	Falha de energia elétrica	Arrestar falha no CLP do GV-X	Nota: caso
11/05/2022	Parado	Disponível	0,5	Produção	Troca de poço	16:40	0:00	7:20:00				

FIGURA 1. Exemplo de controle implementado para o GV-X (autoria própria, 2022).

### 2.1. Apuração do indicador

Bueno (2020) afirma que os indicadores de manutenção são considerados ferramentas auxiliares de gestão que fornecem dados e informações significativas para:

- Consolidação de resultados operacionais;
- Controle dos estoques de materiais e da política dos sobressalentes;
- Distribuições das atividades de acordo com a modalidade de manutenção, se corretiva, preventiva ou preditiva;
- Treinamento e capacitação de equipe;
- Estabelecimento de períodos de parada para manutenção;
- Planejamento e controle das atividades de manutenção.

## 2.1.1. Operacionalidade (Equação 01)

$$O: \frac{\sum \text{Horas do equipamento operando no mês}}{\text{Horas disponíveis do mês}} \quad (1)$$

## 2.1.2. Disponibilidade (Equação 02)

$$D: \frac{\sum \text{Horas disponíveis do equipamento no mês}}{\text{Horas disponíveis do mês}} \quad (2)$$

No final de cada mês de operação dos ativos, a disponibilidade é apurada e comparada com a operacionalidade de cada mês de acompanhamento.

Considera-se horas disponíveis, as horas em que não houve relato de falha no equipamento. Foi considerado como início do tempo em falha, o momento da abertura da nota de manutenção. O objetivo desta premissa foi estimular o registro da falha no menor tempo, se possível.

## 3. RESULTADOS

Comparando o percentual de disponibilidade (DISP%) com o percentual de Operacionalidade (OP%) de uma amostra no período observado, percebe-se que a disponibilidade ao longo do tempo não está associada ao percentual de operação do equipamento, esta diferença entre operacionalidade e disponibilidade é um tempo que não deve ser imputado ao departamento de manutenção, haja vista que neste período de parada, o equipamento está em perfeitas condições de funcionamento (Figura 2).

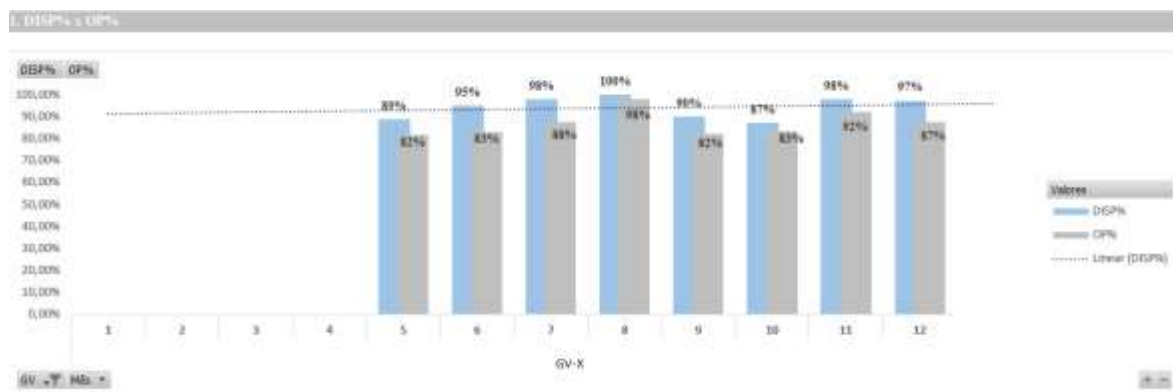


FIGURA 2. Comparação entre DISP% e OP% para o GV-X (autoria própria, 2022).

A estratificação do indicador por responsáveis, abre um leque de possibilidades para análise crítica (Figura 3).

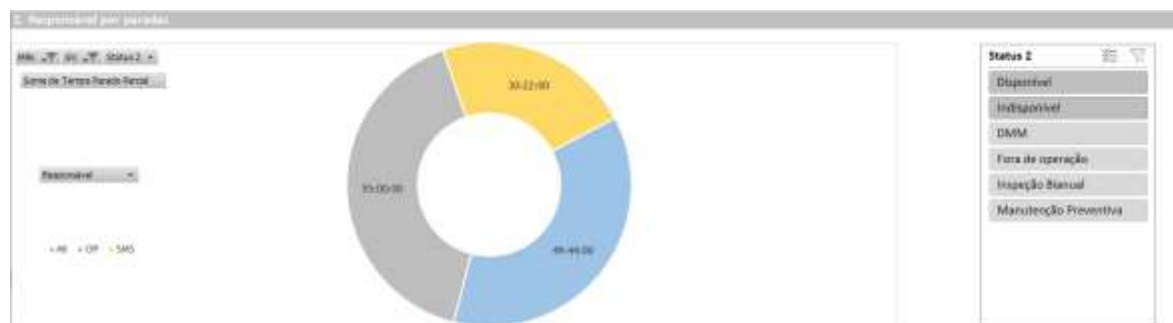


FIGURA 3. Responsáveis por paradas do GV-X no mês (autoria própria, 2022).

### 3.1 Estratificação por responsáveis

#### 3.1.1 Responsável Segurança Saúde e Meio Ambiente (SMS)

Tempo de passagem de PIG: atividade necessária para segurança do processo e das pessoas e por isso, não pode ser descartada, mas pode ser avaliada quanto a disponibilidade atual de recursos e a roteirização da sequência de equipamentos a ser realizada, haja vista a grande dispersão geográfica entre os GVs. Figura 4.

#### 3.1.2 Responsável Operação da Produção (OP)

Tempo aguardando operador: Necessidade de avaliação se a equipe de operadores está suficiente para os equipamentos instalados. Figura 4.

Tempo para troca de poço: Atividade inerente ao processo, mesmo assim, devido ao tempo dispendido, vale avaliação de otimização. Figura 4.

Tempo de sobretensão: Apesar de não ter parado os GVs, vale a avaliação com a disciplina de elétrica se é uma questão estrutural do ativo ou de prestação de serviço da concessionária de energia. Figura 4.

#### 3.1.3 Responsável Manutenção (MI)

Tempo de falha na adutora: Apesar desta falha não ser específica ao equipamento analisado (GV), a falha na adutora impacta diretamente o funcionamento dele, por isso a importância de acompanhar todo o fluxo de geração de vapor. Figura 4. e Figura 5.



FIGURA 4. Detalhamento das paradas (autoria própria, 2022).



FIGURA 5. Detalhamento da indisponibilidade (autoria própria, 2022).

## 4. CONCLUSÃO

Buscou-se no presente trabalho, demonstrar que é necessário avaliar se os indicadores acompanhados pelos setores da organização estão alinhados e contribuem além da informação do cenário atual para melhoria do processo. No caso em questão, um dos indicadores do processo de produção, Percentual de Operacionalidade do equipamento (OP%), acompanhava especificamente, se o equipamento que injeta vapor estava parado ou não, creditando equivocadamente que toda parada estaria relacionada com a falha de equipamento. Neste ponto é

necessário frisar a importância do alinhamento dos departamentos de Produção e Manutenção com uma visão de melhoria por processo, isto é, uma melhoria pautada na organização como um todo e não apenas em seus processos específicos, pois é sabido que ao longo do tempo a manutenção foi estigmatizada como um “mal” necessário, descaracterizar esta cultura, traz benefícios para toda organização. O indicador de Disponibilidade (DISP%), implementado pela Manutenção, trouxe uma outra perspectiva para problemática, o equipamento está parado, mas ele está em condições operacionais para uso. O que aconteceu? É possível otimizar este tempo de parada? O indicador aponta para a Produção que há outros atores envolvidos na realização de paradas e que por isto, pode ter possibilidade de otimização. Para a Manutenção, o percentual de disponibilidade (DISP%) e a devida estratificação das falhas que resultaram em parada, devem nortear futuras análise de falhas que retroalimentarão o processo, com possíveis revisão de planos de manutenção preventiva e preditiva, análise da qualidade de sobressalentes, avaliação da adequação do parque de equipamentos instalados com o processo, entre outras perspectivas possíveis.

#### REFERÊNCIAS

- [1] D'ALMEIDA, Albino Lopes. **Indústria do petróleo no Brasil e no mundo**. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2015. *E-book*. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 23 abr. 2024.
- [2] THOMAS, J. E. **Fundamentos de engenharia de petróleo**. 1. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2004. *E-book*. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 23 abr. 2024.
- [3] ANP. Resolução ANP nº 749/2018. Disponível online: <https://www.gov.br/anp/pt-br>. Acesso em 23/04/2024.
- [4] Indicadores de performance da manutenção industrial. Disponível online: <https://www.citisystems.com.br>. Acesso em 23/04/2024.
- [5] NBR-5462. Disponível online: <https://ufsb.edu.br>. Acesso em 23/04/2024.
- [6] DUARTE, J. ; BARROS, A.. Métodos e Técnicas de Pesquisa em Comunicação. São Paulo: Atlas S.A, 2006.
- [7] SELEME, Robson. **Manutenção industrial: mantendo a fábrica em funcionamento**. 1. ed. Curitiba: Intersaberes, 2015. *E-book*. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 23 abr. 2024.
- [8] KOPS, Darci. **Gestão organizacional e empresarial: cogitando possibilidades**. 1. ed. Porto Alegre: Educs, 2019. *E-book*. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 23 abr. 2024.
- [9] XENOS, H. G. **Gerenciando a manutenção produtiva: melhores práticas para eliminar falhas nos equipamentos e maximizar a produtividade**. 2. ed. Nova Lima, MG: Falconi, 2014. *E-book*. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 24 abr. 2024.
- [10] BUENO, Edson Roberto Ferreira. **Gestão da manutenção de máquinas**. 1. ed. São Paulo: Contentus, 2020. *E-book*. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 24 abr. 2024.