



# A OTIMIZAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS E MATERIAIS PARA AUMENTAR A COMPETITIVIDADE DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE PETRÓLEO E GÁS

## ARTIGO ORIGINAL

LIMA, Leandro Jose Barbosa<sup>1</sup>. HAMZAGIC, Miroslava<sup>2</sup>. VIAGI, Arcione Ferreira<sup>3</sup>

LIMA, Leandro Jose Barbosa. HAMZAGIC, Miroslava. VIAGI, Arcione Ferreira. **A otimização de recursos humanos e materiais para aumentar a competitividade das empresas de serviços de petróleo e gás.** Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 07, Ed. 08, v. 07, pág. 05-27. Agosto de 2022. ISSN:2448-0959, Link de acesso: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-mecanica/otimizacao-de-recursos-humanos>, DOI: 10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-mecanica/otimizacao-de-recursos-humanos

## RESUMO

Este trabalho tem como base temas relacionados a ferramentas de planejamento de recursos como os softwares *Sales and Operations Planning* (S&OP) e *Enterprise Resources Planning* (ERP) e *Lean*. Nesse contexto, a pergunta norteadora é: Como otimizar os recursos humanos e materiais para entregar uma operação com menos riscos de segurança, menos emissões, menos suscetibilidade às condições de flutuação do mercado, lucratividade e competitividade tanto para operadoras quanto para empresas prestadoras de serviços de óleo e gás? O objetivo deste estudo foi revisar os métodos existentes para otimizar o uso de recursos humanos e materiais nas empresas prestadoras de serviços de petróleo e gás para evitar a indisponibilidade de ativos ou suas falhas ao longo do tempo. Para isso, adotou-se como metodologia a revisão bibliográfica e um exemplo de uma empresa prestadora de serviços criada por meio de outro artigo como estudo de caso. Como conclusão tem-se uma proposição de melhores práticas e um processo metódico que pode ser utilizado diretamente no planejamento de recursos de outras indústrias.



Palavras-chave: Otimização, Planejamento de Recursos Empresariais, Planejamento de Vendas e Operações, Petróleo e Gás, Empresas de Serviços.

## 1. INTRODUÇÃO

Embora o petróleo e o gás sejam recursos limitados, e o mundo esteja em transição para novos combustíveis e formas de energia, ainda se espera uma alta demanda de energia e consequentemente de petróleo para as próximas décadas, e um aumento exponencial na demanda de gás (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2021).

As operações de exploração de poços de petróleo e gás são complexas, caras e oferecem grandes riscos, e embora haja ciência, boas práticas, lições aprendidas e planos de mitigação para mitigá-los, grandes problemas ainda acontecem, assim como aconteceu no poço Macondo, EUA, 2010, com o horizonte de águas profundas da sonda (SANTOS *et al.*, 2019). Em 2019, a Taxa Total de Incidentes Registráveis (TRIR)[4] foi de 0,92 lesões por milhão de horas trabalhadas (SOCIETY OF PETROLEUM ENGINEERS, 2020). A confiabilidade dos equipamentos é essencial para a segurança do poço e a perfeita prestação do serviço, portanto, ter um programa de manutenção adequado é essencial para a segurança do poço, pois se a operação for bem feita na primeira vez, serão necessárias menos horas de trabalho, portanto, menos exposição ao risco (SOCIETY OF PETROLEUM ENGINEERS, 2020).

Diante do cenário, a exploração de óleo e gás é altamente dependente de um bom e sistemático planejamento, que inclua avaliações de geologia semelhante, condições de profundidade da água e avaliações da mesma área. Alguns custos são fixos, esperados ou podem ser estimados estatisticamente, mas custos variáveis inesperados, como cargueiro *premium*, dias extras de sonda, indisponibilidade de equipamentos, podem impactar significativamente o cronograma de construção do poço através do Tempo Não Produtivo (NPT)[5], o



que atrasará a produção do primeiro petróleo e, consequentemente, o Retorno Sobre o Investimento (ROI)[6], o que também poderia gerar outros riscos relacionados à sazonalidade do mercado, quando o atraso é tão grande que a produção começaria apenas em um período de crise com preços mais baixos de petróleo e gás. Apenas nos custos diários de aluguel de sonda o valor pode ser de 1 milhão de dólares/dia (AMORIM JUNIOR; SANTOS e AZEVEDO, 2019). Outros dois aspectos a serem considerados são: com a redução do tempo de construção do poço, há a consequente redução das emissões de gases de efeito estufa e dos riscos potenciais para os trabalhadores envolvidos nessas operações.

As empresas prestadoras de serviços, desejando vender ou alugar seus produtos ou serviços e vencer as licitações, trabalham fortemente para demonstrar disponibilidade, confiabilidade e baixa repetição de falhas para atrair os operadores (empresas detentoras da licença de perfuração de um bloco de produção), para que não caiam no cenário descrito acima – os custos das falhas e da falta de confiabilidade são altos para ambas as empresas (AMORIM JUNIOR; SANTOS e AZEVEDO, 2019), e agora com as recentes discussões sobre transição energética, e em compromisso com a sociedade, o prestador de serviços também quer mostrar sua baixa contribuição para a emissão de escopo 3 da operadora - emissão de gases de efeito estufa através da cadeia de suprimentos (O'SHEA *et al.*, 2020). Se considerarmos que em média a perfuração do poço emite cerca de 700 toneladas de CO<sub>2</sub>e/pad (U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2015) e que leva cerca de 60 dias para perfurar esse poço (LIESKOVSKY; YAN, 2019), cada dia de perfuração emitiria 11 toneladas de CO<sub>2</sub>e, ou 486kCO<sub>2</sub>e por hora, então cada hora de inatividade da sonda não custa apenas 1MM USD/dia, mas também custa 11 toneladas de CO<sub>2</sub>e/dia.

Não importa a natureza da empresa, mas principalmente as instituições privadas têm suas avaliações baseadas em resultados, lucros a longo prazo, dessa forma há um interesse extremo em ser competitivo e atrair investidores, por isso devem



demonstrar sua capacidade de produzir produtos e serviços que são competitivos (GHAZALI e ANUAR, 2017). A gestão dos custos, e consequentemente dos recursos humanos e materiais é essencial para medir esta rentabilidade (SILVA *et al.*, 2010), isto significa que os operadores estão dispostos a operar a taxas de baixo custo, com construção de poços a tempo para garantir o ROI esperado. Por outro lado, as empresas prestadoras de serviços estão dispostas a garantir custo, preço, disponibilidade e confiabilidade para atrair essas operadoras.

A perfuração de um poço envolve diferentes partes, este trabalho terá como foco a empresa prestadora de Serviços de Perfuração de Medição Durante a Perfuração - MWD[7], Perfilagem Durante a Perfuração - LWD[8] e Ferramentas Direcionais, essas ferramentas são compostas por diversos componentes, e há uma manutenção regular programada dada as condições de perfuração do poço e as limitações de engenharia (ARAUJO JUNIOR *et al.*, 2009).

Nesse contexto, a pergunta norteadora é: Como otimizar os recursos humanos e materiais para entregar uma operação com menos riscos de segurança, menos emissões, menos suscetibilidade às condições de flutuação do mercado, lucratividade e competitividade tanto para operadoras quanto para empresas de serviços de óleo e gás? O objetivo deste estudo foi revisar os métodos existentes para otimizar o uso de recursos humanos e materiais nas empresas prestadoras de serviços de petróleo e gás para evitar a indisponibilidade de ativos ou suas falhas ao longo do tempo.

A análise deste trabalho será baseada na “Manutenção Precisa S.A.” (ARAUJO JUNIOR *et al.*, 2009), a partir de um trabalho que utiliza dados fictícios para demonstrar a análise de modelos de custeio, e tomará algumas premissas para fins ilustrativos das ferramentas de Planejamento e Controle da Produção.



## 2. REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 CONTEXTO DE EMPRESAS DE SERVIÇO DE PETRÓLEO E GÁS

O ambiente de petróleo e gás é segmentado em *upstream*, *midstream* e *downstream*. O *upstream* está relacionado a todas as atividades relacionadas à exploração e construção de poços, o *midstream* está relacionado à exportação de petróleo e gás, transporte para a terra e, finalmente, o *upstream* está relacionado à distribuição e comercialização do fornecedor final (THOMAS *et al.*, 2001). Este trabalho é voltado para o *upstream*, mais especificamente para o ambiente de serviços de perfuração, o que não limita sua aplicação em outros ambientes similares.

No ambiente de serviços de perfuração, o tipo normal de contrato é que os operadores contratem sondas e empresas de serviços de perfuração para perfurar o poço e posteriormente contratar outra empresa para cimentar e completar o poço, entre outros. As empresas de serviços de perfuração normalmente operam com aluguel de ferramentas, o que significa que as ferramentas são usadas pelos prestadores de serviços para perfurar o poço na trajetória do poço pré-acordado usando brocas compradas, além de motores de direção alugados ou sistema orientável rotativo com Medição Durante a Perfuração, MWD, e em algumas ocasiões a Perfilagem Durante a Perfuração, LWD, tecnologia (THOMAS *et al.*, 2001).

Essas ferramentas são de propriedade da empresa de serviços de perfuração que, na maioria dos casos, projeta e fabrica essas ferramentas; e essas empresas elaboram programas de manutenção específicos, de modo que quando essas ferramentas retornam da sonda são servidas para serem utilizadas em um novo trabalho - perfuração de poços de petróleo e gás (THOMAS *et al.*, 2001).



Conforme mostrado na Figura 1, essas ferramentas normalmente fluem do armazém para a operação *offshore* ou *onshore*, e após o uso retornam à base para manutenção, para que possam ser atendidas e retornar ao armazém aguardando uma nova operação (ARAUJO JUNIOR *et al.*, 2009).

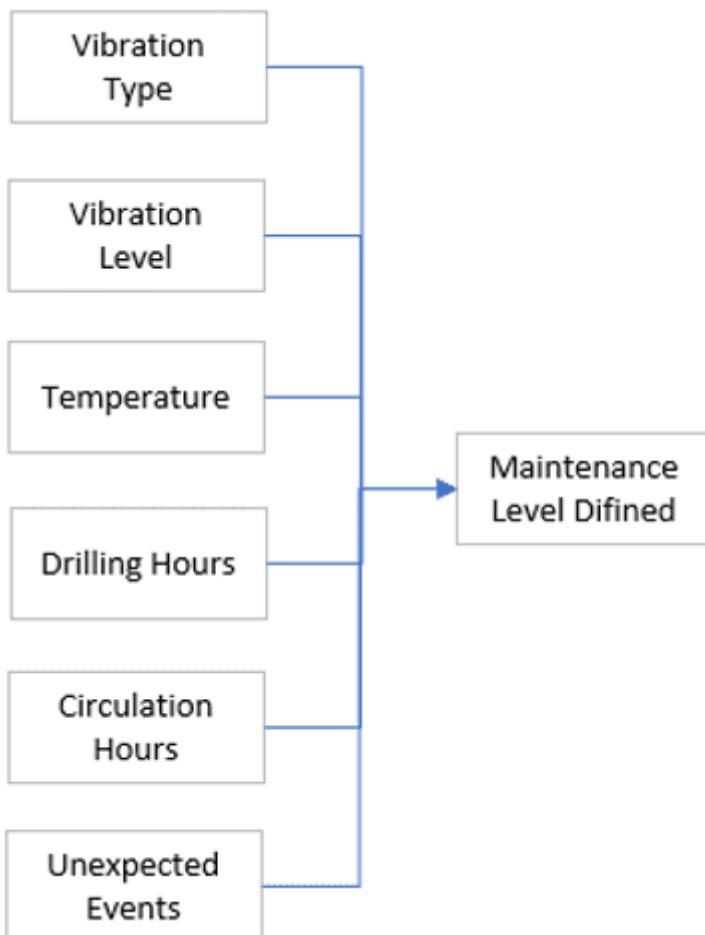
Figura 1. Fluxo Operacional



Fonte: adaptado de Araujo Junior *et al.* (2009).

Os níveis de manutenção não dependem apenas da quantidade de horas utilizadas para a perfuração, mas também em função das horas de circulação do fluido, temperatura, vibração e outras condições dinâmicas que mudam de poço para poço, pois os reservatórios normalmente apresentam condições geológicas diferentes de um para outra, sendo mais tipicamente uma rocha de vedação, como xisto, uma rocha permeável, onde estão localizados petróleo e gás, como arenito ou calcário, e gerada por outra camada de xisto no fundo. Essa intercalação pode causar disfunções que podem afetar os equipamentos de perfuração acionando os diferentes níveis de manutenção, conforme mostrado na Figura 2 (ARAUJO JUNIOR *et al.*, 2009).

Figura 2. Parâmetros usados para determinar o nível de manutenção

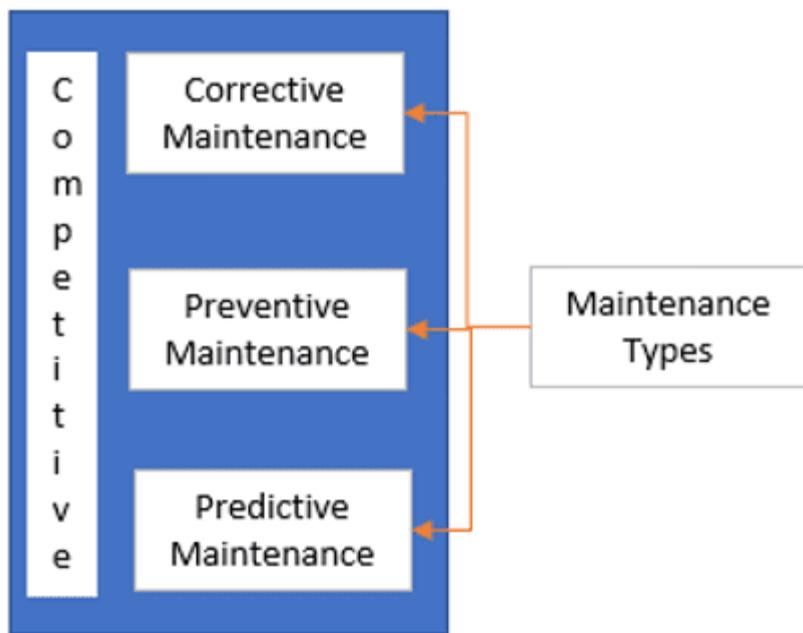


Fonte: adaptado de Araujo Junior et al. (2009).

Também é importante destacar que essas manutenções não são apenas preventivas, e alguns níveis de manutenção corretiva e preditiva são aplicados nessas ferramentas, como parte de uma mesma estratégia, o que se chama de manutenção competitiva, uma combinação de todos os tipos de manutenção para atingir o melhor valor econômico dele, conforme demonstrado na Figura 3 mostrando que o nível de manutenção selecionado depende do benefício para o mercado, por exemplo, em alguns casos pode valer a pena esperar a falha acontecer para substituir o componente conforme é facilmente disponível e o

impacto no custo da falha ou perda de produção é baixo, ou seja, a criticidade da falha é baixa (PEREIRA, 2010). Isso impõe diferentes tipos de planejamento do ponto de vista material (PEINADO e GRAEML, 2007).

Figura 3. Representação Geral da Manutenção Competitiva



Fonte: adaptado de Pereira (2010).

Dado que os custos da sonda normalmente é mais econômico ter a manutenção nas instalações, e não no local da sonda onde o custo de tempo da sonda é alto e há limitações de espaço para mão de obra especializada (ARAUJO JUNIOR *et al.*, 2009), então no local da sonda o único tipo de manutenção realizada é a manutenção nível ZERO, onde são realizados testes e inspeção básica, o que é um dos princípios do TPM - *Total Productive Maintenance* (PEREIRA, 2010; LOZADA-CEPEDA; LARA-CALLE e BUELE, 2021 ).



Excluindo o que é feito no local da sonda, aqui também referido como em campo, existem basicamente 4 tipos de manutenção possíveis para uma ferramenta, o Nível 1 que é basicamente focado em limpeza, inspeção básica e testes, o nível 2 que está relacionado a desmontagem de alguns módulos maiores, troca de vedações e algumas calibrações, o nível 3 que consiste na desmontagem completa e inspeção de todas as peças acessíveis, e finalmente o nível 4 que acontece quando uma falha foi identificada ou alto nível de variáveis de manutenção foram atingidos. A tabela 1 ilustra os componentes e, para este trabalho, será considerado um número aleatório de componentes e impacto de mão de obra para cada nível, como exemplo (ARAUJO JUNIOR *et al.*, 2009).

Tabela 1. Níveis e Requisitos de Manutenção

Activity	Maintenance Levels			
	I	II	III	IV
Functional Tests	x	x	x	x
Non-destructive Test	x	x	x	x
Partial disassembly		x		
Complete disassembly			x	x
Replacement of bearings and seals		x	x	x
Calibrations	x	x		
Troubleshooting				x
# Parts Required	2	3	5	7
Man-Hours Required	8	12	24	40

Fonte: adaptado de Araujo Junior *et al.* (2009).

Na base, é fato da Equipe de Planejamento e Controle de Produção (PPC)[9] revisar os detalhes das execuções e trabalhar com a equipe de manutenção e materiais para se preparar para receber as ferramentas nas condições em que precisam ser reformadas para a próxima implantação. Parte da responsabilidade do PPC é revisar o *Sales and Operations Planning* (S&OP) e prever em média



quais serão os requisitos de materiais e pessoal para a equipe de manutenção realizar o trabalho (ARAUJO JUNIOR *et al.*, 2009).

## 2.2 A CONTABILIDADE E FINANÇAS POR TRÁS DELA

Existem 3 tipos básicos de relatórios financeiros que temos que entender, o balanço patrimonial, com foco no que a empresa possui ou deve, o P&L[10], também conhecido como Lucros e Perdas, com base nas transações do dia-a-dia, provisões e Caixa Fluxo, que contabiliza o dinheiro que está entrando e saindo do banco (GRIGORAS-ICHIM e MOROSAN-DANILA, 2020).

As transações relacionadas à equipe de manutenção impactam todos os 3 relatórios principais e é para as empresas de serviços de perfuração um dos principais custos para o P&L. Dada a natureza da operação podemos ter mais consumo de material o que vai impactar tanto no P&L na perspectiva da transação de levar material do armazém para o equipamento e afetar seu custo estimado, quanto no balanço como você está reduzindo seu estoque (GRIGORAS-ICHIM e MOROSAN-DANILA, 2020).

Todos os materiais utilizados neste equipamento são importados levando à necessidade de revisão periódica de materiais, enquanto muito poucos são adquiridos localmente levando a um menor custo para o P&L e menor impacto no fluxo de caixa e estoque, uma vez que o estoque pode estar no fornecedor local e não no lojas da empresa (GRIGORAS-ICHIM e MOROSAN-DANILA, 2020; ARAUJO JUNIOR *et al.*, 2009).

Dois outros conceitos importantes a ter em mente são os Gastos de Capital (CAPEX)[11] e Despesas Operacionais (OPEX)[12]; todas as despesas operacionais do dia a dia impactarão o OPEX, e todo investimento em equipamentos, ativos e prédios ou outros itens que possam ser capitalizados e depreciados ao longo do tempo está relacionado a um investimento de CAPEX. A



partir da decisão de gestão de materiais, a quantidade de ativos a operar impactará o plano de CAPEX e poderá ter comportamento semelhante ao estoque para a lógica explicada abaixo (MAMUSHIANE; LYSKO e DLAMINI, 2018).

Quando uma empresa decide ser muito proativa e manter muito “apenas no caso de inventário”, há impactos importantes a serem considerados, como onde a empresa está investindo o dinheiro, portanto, neste caso, comprar mais material do que investir em inovação que poderia proporcionar melhores resultados aos investidores, e ao balanço onde a maior parte dos recursos disponíveis não são tão líquidos. Em alguns casos, pode haver a decisão de ter estoque extra com base no *lead time*, ou seja, o tempo que leva desde o pedido até o momento em que os materiais estarão disponíveis para a equipe do armazém.

O estoque predial tem outros impactos como risco de obsolescência, fiscal (custo imediato quando importado para local com mais impostos, risco de danos, necessidade de períodos mais longos de contagem cíclica, uso de recursos, excesso de inspeções de recebimento, etc.). Dependendo da variação padrão da demanda e do *lead time*, mais estoques podem ser necessários.

### **2.3 PLANEJAMENTO DE RECURSOS E TÉCNICAS DE OTIMIZAÇÃO**

Do ponto de vista de previsão de recursos materiais e humanos, o tipo mais simples de manutenção é a manutenção preventiva, onde é fácil modelar quando o material será necessário com base em condições esperadas conhecidas, tipos de demandas dependentes criadas, todos os outros tipos de manutenção dependem de estatísticas que levam à demanda independente, que geram desvios padrão no *lead time* e na própria demanda (PEINADO e GRAEML, 2007).

Um equívoco importante sobre o Just in Time, é que sua intenção não é ter estoque zero como meta, mas estoque zero como visão, o que significa que a

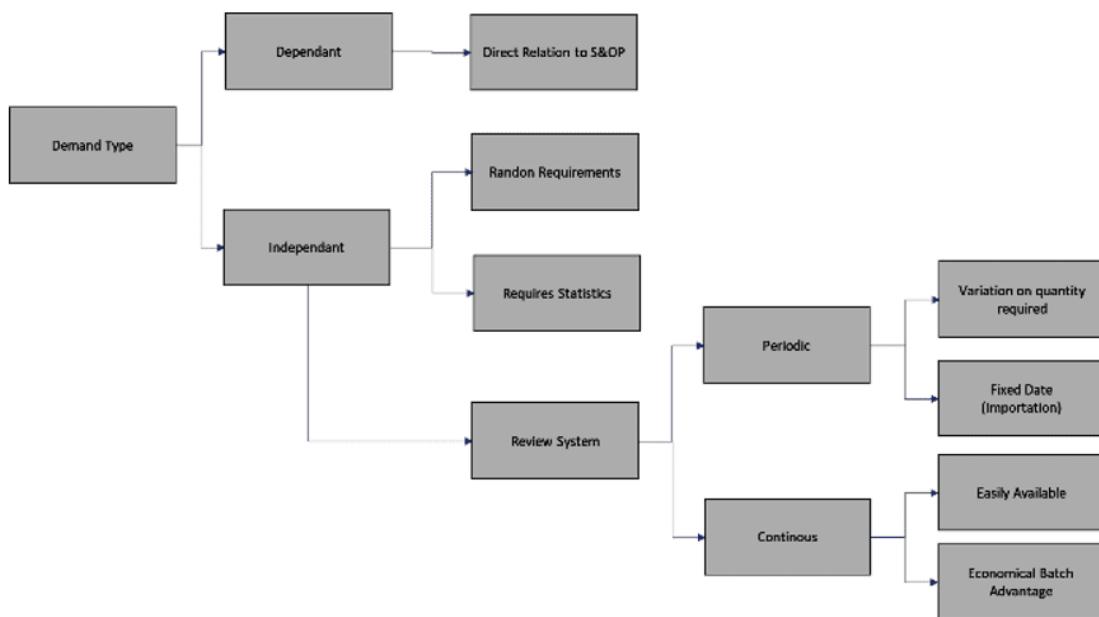


meta da organização deve ser manter a quantidade mínima de estoque que permitiria as demandas dos clientes a serem cumpridas.

Os recursos podem ter uma demanda dependente ou independente com base em suas características e no tipo de manutenção. Demanda dependente é tudo o que pode ser exatamente relacionado à necessidade de produção, por exemplo, o quadro de funcionários relacionado à atividade que está sendo executada, ou peças que podem estar diretamente vinculadas ao S&OP, e a demanda independente não pode ser determinada por uma relação direta, como de efetivo como contador da fábrica ou uma peça que falha em padrão aleatório (PEINADO e GRAEML, 2007).

Além de entender o tipo de demanda, é fundamental determinar o tipo e a frequência da revisão que a equipe de PPC fará com a equipe de materiais quando o tipo de demanda for considerado independente, se for uma revisão contínua ou periódica. A revisão contínua normalmente está relacionada ao material de fácil produção e disponível para compra, onde a equipe trabalha para determinar qual o tamanho do lote econômico a ser adquirido. A revisão periódica está atrelada a materiais que possuem pedidos limitados a datas fixas, como nas situações em que o material precisa ser importado, muito comum em empresas prestadoras de serviços de óleo e gás, então neste caso o foco deve ser entender até que nível de serviço visa atender às demandas dos clientes (PEINADO e GRAEML, 2007; ARAUJO JUNIOR *et al.*, 2009). A Figura 4 resume o que precisa ser pré-avaliado em termos de recurso para prosseguir com o planejamento adequado.

Figura 4. Representação dos Tipos de Demanda e Requisitos



Fonte: adaptado de Peinado e Graeml (2007).

Com base no tipo de demanda e tipo de revisão, o custo do material terá impacto diferente no P&L, a equação abaixo resume Peinado e Graeml (2007):

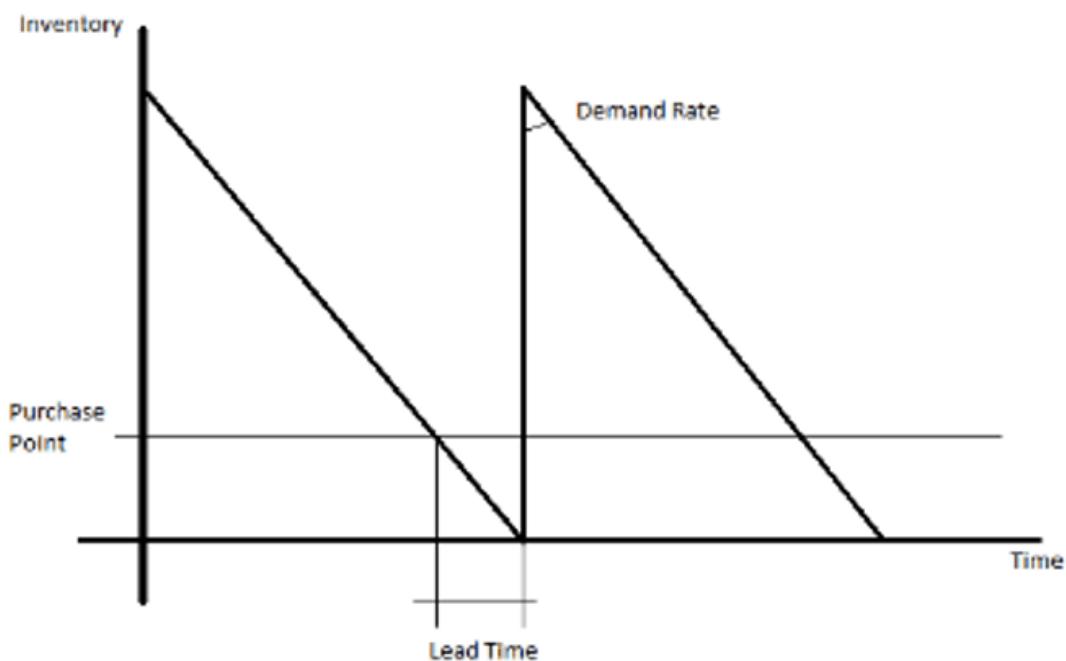
Custo total = custo de pedido + custo de manutenção + custo de compra

Outras decisões como o tamanho do estoque de segurança, ponto de reposição e quando comprar são decisões matemáticas, e são função de custo, *lead time*, demanda, nível de serviço requerido (capacidade de atender as necessidades do cliente) e seus respectivos desvios padrão (PEINADO e GRAEML, 2007). O custo do pedido pode incluir o custo do tempo do pessoal que trabalha no PPC fazendo os pedidos, o custo de depreciação do sistema usado para solicitar o recurso, o custo da inspeção de recebimento, número de pedidos no período; o custo de manutenção poderia ser o custo do HC trabalhando no almoxarifado, custo do seguro, custo do capital imobilizado, impostos pagos, danos, custos de contagem de ciclos, custos de depreciação do sistema, depreciação da área ocupada e

CAPEX investido para armazenar o material; o custo de compra está relacionado ao HC da equipe de compras, depreciação do sistema utilizado, custos de levantamento de fornecedores, custos de auditoria, etc.

O comportamento do estoque ao longo do tempo segue a explicação da Figura 5, onde o principal objetivo do departamento de materiais é utilizar os métodos matemáticos para evitar desabastecimentos na produção. O estoque inicia em um determinado nível e decai na taxa de demanda, até atingir um ponto de compra que leva em consideração o *lead time* para reabastecer o material antes de chegar a zero:

Figura 5. Comportamento do inventário ao longo do tempo



Fonte: adaptado de Peinado e Graeml (2007).

A matemática nem sempre é tão simples, pois a demanda normalmente é uma média de demanda, e por ser uma média tem um desvio padrão, igual ao lead time, que também se comporta como uma média na prática do dia a dia, então



também tem um desvio padrão, então dependendo do nível de serviço que é necessário para o cliente, mais estoques serão necessários.

A equação normal que descreve esse ponto de reabastecimento é:

$$PR = d \times LT,$$

Onde:

PR = ponto de reabastecimento, ou ponto de compra, ou ponto de reabastecimento,

d = Demanda,

LT = *Lead Time*.

Por exemplo, se um *o-ring* tiver um prazo de entrega de 3 semanas e você tiver uma demanda de 5 *o-rings*, seu ponto de reabastecimento será quando seu nível de estoque atingir 15 unidades.

Agora, o tamanho do lote econômico, ou quanto comprar, é descrito pela fórmula:

$$Q = \sqrt{\frac{2Cp \times D}{Cc}}$$

Onde:

Q = tamanho do lote,

Cp = custo do pedido (custo fixo do pedido),

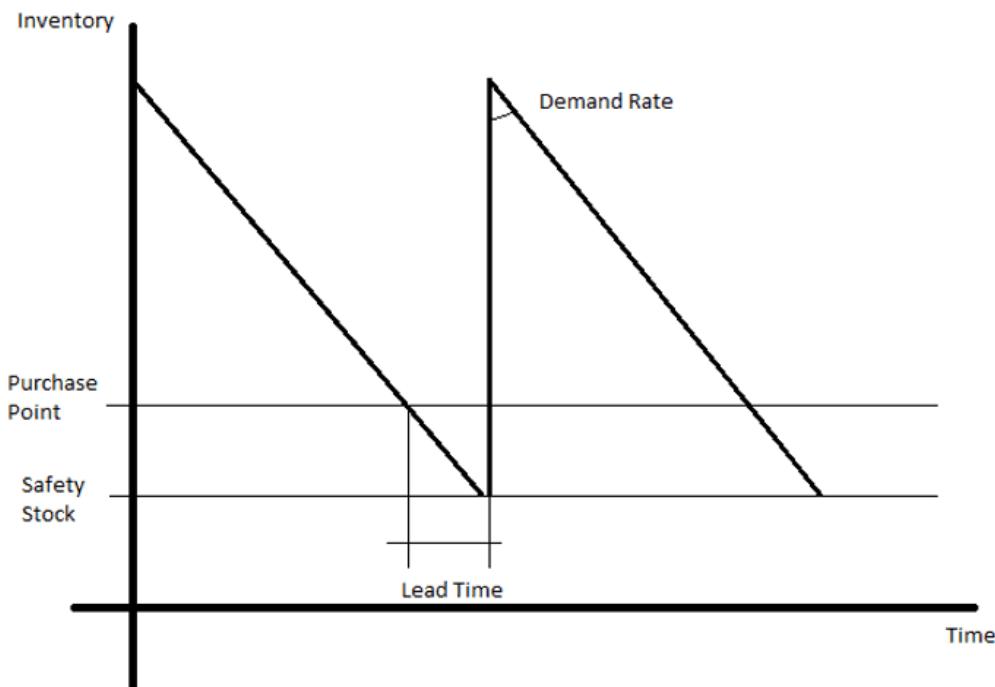


D = demanda (anual),

C<sub>c</sub> = custo de manutenção de estoque (custo de capital).

Em algumas operações, dada a criticidade, é necessário adicionar ao Gráfico 6 outra linha, o estoque de segurança, para que fique representado da seguinte forma, nestes casos o objetivo é evitar chegar a zero:

Figura 6. Comportamento do inventário ao longo do tempo, quando um estoque de segurança é necessário



Fonte: adaptado de Peinado e Graeml (2007).

Se levarmos em consideração o estoque de segurança para uma revisão contínua, nossa equação muda para:

$$PR = (d \times TR) + ES$$



Onde:

PR = ponto de reabastecimento, ou ponto de compra, ou ponto de reabastecimento,

d = Demanda,

TR = LT = *Lead Time*,

ES = Estoque de Segurança.

Se for considerada a revisão periódica, o Intervalo de Reabastecimento (IR) deve ser somado ao ponto de reabastecimento antes de multiplicar pela demanda, então  $PR = d \times (TR+IR) + ES$ .

E, levando em consideração uma demanda variável e um *lead time* constante, o número de desvios padrão de uma função normal para a demanda e o desvio padrão da demanda, a equação para estoque de segurança é:

$$ES = Z \times \sqrt{TR} \times \sigma d$$

Onde:

ES = Estoque de Segurança,

Z = Número de Desvios Padrão,

TR = LT = *Lead Time*,

=Desvio padrão da demanda.

Agora, se a demanda é constante e o *lead time* é variável, a equação é:



$$ES = Z \times d \times TR \times \sigma TR$$

Onde:

ES = Estoque de Segurança,

Z = Número de Desvios Padrão,

d = Demanda,

TR = LT = *Lead Time*,

=Desvio padrão do *Lead Time*.

Situações mais comuns para o mundo normal de óleo e gás a equação que mais se encaixa considera a demanda variável e o *lead time* variável, conforme segue:

$$ES = Z \times \sqrt{(TR \times \sigma d^2) + (d^2 \times \sigma TR^2)}$$

ES = Estoque de Segurança,

Z = Número de Desvios Padrão,

TR = LT = *Lead Time*,

= Desvio padrão da demanda

= Desvio padrão do *Lead Time*,

d = Demanda.



O número de Z pode ser determinado a partir de uma tabela de distribuição normal, dependendo do nível de serviço exigido para o cliente, por exemplo, para um nível de segurança de 95%, Z seria 1,65.

Para iniciar todo o processo de planejamento de materiais é obrigatório entender a demanda, e esta virá do S&OP (Plano de Vendas & Operações), não é simples e fácil construir um S&OP, pois muitas variáveis podem afetá-lo, uma chave ponto de partida é entender o mercado, para poder projetar a demanda.

## 2.4 UMA ABORDAGEM PRÁTICA DE PLANEJAMENTO PARA UM SEGMENTO DE SERVIÇOS DE PETRÓLEO E GÁS A MONTANTE

Nos serviços de perfuração, a demanda viria de horas de operação do equipamento que será utilizado, então normalmente é necessário conhecer as horas de demanda de cada equipamento para cada período, conforme Tabela 2:

Tabela 2. Horas de operação esperadas por tecnologia

Equipamento	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09
LWD	500	100	300	100	400	500	800	600	1000
MWD	1000	500	400	600	600	500	1200	800	2000
Motor	300	100	300	500	200	0	500	400	2000
Dirigível Rotativo	700	400	100	100	400	500	700	200	500

Fonte: autor.

Com base na tabela é possível determinar quantas manutenções serão necessárias para cada equipamento em cada período, então é possível converter as horas de operação em número de manutenções, e com base nisso determinar quanto estoque será necessário, e por quando e quantas homem-horas serão necessárias, algumas informações extras importantes:

Tabela 3. Parâmetros de manutenção por tecnologia

Equipamento	Homem-hora/Manutenção	MTBM*	MTBF**	# Componentes	ARC***
LWD	80	100	1000	3	7.14



MWD	60	200	2000	3	6.07
Motor	40	200	5000	3	2.25
Dirigível Rotativo	50	100	1000	4	1.35

\*MTBM – *Tempo Médio Entre Manutenções*, \*\*MTBF – *Tempo Médio Entre Falhas*, \*\*\*ARC – *Custo Médio de Reparo (kUSD)*. Fonte: autor.

Derivado das Tabelas 2 e 3, o número de manutenções é mostrado abaixo:

Tabela 4. Número de Manutenções Derivadas da Tabela 2 e MTBM da Tabela 3

Equipamento	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09
LWD	5	1	3	1	4	5	8	6	10
MWD	5	3	2	3	3	3	6	4	10
Motor	2	1	2	3	1	0	3	2	10
Dirigível Rotativo	7	4	1	1	4	5	7	2	5

Fonte: autor.

As homem-horas necessárias totalizariam 8.540, da Tabela 5, ou 950 homem-horas mensais.

Tabela 5. Homem-horas necessárias por tecnologia com base no número de manutenções da

Tabela 4 e homem-horas/manutenção da Tabela 3

Equipamento	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09
LWD	400	80	240	80	320	400	640	480	800
MWD	300	180	120	180	180	180	360	240	600
Motor	80	40	80	120	40	0	120	80	400
Dirigível Rotativo		200	50	50	200	250	350	100	250
Total de homem-horas	1130	500	490	430	740	830	1470	900	2050

Fonte: autor.

Assumindo que os trabalhadores estão efetivamente trabalhando 7 das 8 horas do dia, isso significa 87,5% de eficiência, e considerando que essa pessoa trabalha 176 horas por mês, com a eficiência de 87,5%, isso significa 154 horas de trabalho por mês, então em média 6 trabalhadores por mês serão necessários para fazer



este trabalho e, com base neste cenário, recursos temporários adicionais adicionais devem ser planejados para P09.

Estudando a lista de materiais para essas ferramentas:

Tabela 6. Componentes usados por tecnologia

Equipamento	Peças 1	Peças 2	Peças 3	Peças 4
LWD	o-ring	PCB-A	Mandril-A	N/A
MWD	o-ring	PCB-B	Mandril-B	N/A
Motor	o-ring	Rolamento	Elastômero	N/A
Dirigível Rotativo	o-ring	Rolamento	Filtro	Bombear

Fonte: autor.

Se também adicionarmos à equação o kit de falhas de cada um destes:

Tabela 7. Contagem de falhas esperada com base no MTBF da Tabela 3 e Total de Horas do Ano da Tabela 2

Equipamento	MTBF	Total de horas do ano	Contagem de falhas	Kit de reparação PN
LWD	1000	4300	5	LL001
MWD	2000	7600	4	LL002
Motor	5000	4300	1	LL003
Dirigível Rotativo	1000	3600	4	LL004

Fonte: autor.

A Tabela 8 apresenta uma análise SWOT sobre o S&OP:

Tabela 8. Análise SWOT para S&OP

Oportunidades	Ameaças
<ul style="list-style-type: none"><li>Quando bem feito pode dar vantagem sobre a concorrência devido à disponibilidade;</li><li>Permitir negociação oportuna com fornecedores;</li><li>Tempo para o RH selecionar os melhores candidatos para as vagas que serão abertas;</li><li>Tempo para planejar em caso de reduções;</li><li>Retenção de funcionários em caso de curto</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Quando dados ausentes podem gerar perda de clientes por indisponibilidade;</li><li>Preços mais altos no mercado para compra emergencial com fornecedores;</li><li>Risco de inexistência de matéria-prima ao longo da cadeia de abastecimento;</li><li>Pressão por aumento de market</li></ul>



período de recessão.	<i>share,</i> <ul style="list-style-type: none"><li>· Pressão para obtenção de resultados;</li><li>· Mudanças repentinhas nas condições de mercado;</li><li>· Risco de gastos desnecessários em dinheiro;</li><li>· Risco no fluxo de caixa baixo.</li></ul>
<b>Forças</b> <ul style="list-style-type: none"><li>· Integração dos departamentos da empresa,</li><li>· Visibilidade clara sobre as direções da empresa,</li><li>· Visibilidade clara sobre o que gera mais lucro,</li><li>· Vincule a receita esperada à atividade e aos custos,</li><li>· Permitir um melhor planejamento para a conclusão do treinamento/competência interna.</li></ul>	<b>Fraqueza</b> <ul style="list-style-type: none"><li>· Disputas por recursos,</li><li>· Pode gerar ajustes de linha superior,</li><li>· Requer alto conhecimento sobre a tecnologia,</li><li>· Requer boas informações do mercado,</li></ul>

*Fonte: autor.*

O S&OP é um fator chave para se conseguir um bom planejamento de estoque e pessoal, portanto, com base no S&OP fornecido à “Precisa S.A”, do departamento de vendas, a demanda é a seguinte:

Tabela 9. Demanda de peças por mês com base nas peças das Tabelas 6 e 7 e contagem de manutenção da Tabela 4

Peças	Custo da peça (kUSD )	Tempo de espera (meses )	P0 1	P0 2	P0 3	P0 4	P0 5	P0 6	P0 7	P0 8	P0 9
O-ring	0.01	2	19	9	8	8	12	13	24	14	35



Rolamento	0.20	3	9	5	3	4	5	5	10	4	15
PCB-A	1.05	6	5	1	3	1	4	5	8	6	10
PCB-B	1.00	8	5	3	2	3	3	3	6	4	10
Mandril-A	6.00	10	5	1	3	1	4	5	8	6	10
Mandril-B	5.00	9	5	3	2	3	3	3	6	4	10
Elastômero	2.00	6	2	1	2	3	1	0	3	2	10
Filtro	0.05	2	7	4	1	1	4	5	7	2	5
Bomba	0.05	2	7	4	1	1	4	5	7	2	5
LL001	2.50	10	0	0	0	1	0	1	0	0	1
LL002	5.00	8	0	0	1	0	0	1	0	1	1
LL003	7.50	9	0	0	0	0	0	0	0	0	1
LL004	10.00	7	0	1	0	0	0	1	0	0	1

Fonte: autor.

A variação na demanda não é a única para os casos complexos vivenciados em exemplos da vida real, mas o *lead time* também é outra informação que pode mudar ao longo do tempo, para este exemplo, vamos considerar os números aleatórios da Tabela 10, em meses.

Tabela 10. *Lead-time* de peças nos 9 meses de operação

Peças	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09
O-ring	1	1	1	1	1	1	2	1	1
Rolamento	3	2	2	3	2	2	4	3	2
PCB-A	7	5	5	6	6	6	8	6	5
PCB-B	10	6	6	8	8	7	12	8	6
Mandril-A	12	10	10	6	6	10	14	10	8
Mandril-B	11	9	9	6	6	9	12	9	6
Elastômero	6	5	5	4	4	5	8	7	6
Filtro	1	1	1	1	1	1	2	1	1
Bomba	1	1	1	1	1	1	2	1	1
LL001	12	10	10	6	6	10	14	10	8
LL002	10	8	8	4	4	8	12	8	6



LL003	11	9	9	5	5	9	13	9	7
LL004	9	7	7	3	3	7	11	7	5

Fonte: autor.

O custo de manutenção de estoque neste exemplo pressupõe um custo de capital de 0,5% sobre o custo do estoque de segurança total apenas, mas os modelos podem incluir outros custos de capital imobilizados e o custo do pedido está relacionado ao custo do pessoal trabalhando no armazém, inspeção de estoque , compra e planejamento, dividido pela quantidade total de pedidos, aqui 681 pedidos/ano para um *headcount* de 4 pessoas com um custo total fixo de *headcount* de 200kUSD/ano, resultando em 0,29kUSD/pedido.

Aplicando os conceitos de gestão de estoque, considerando aqui todas as peças importadas, em revisão periódica, e com nível de serviço exigido de 99%, ou seja,  $Z=2,36$ , o Estoque de Segurança, Tamanho do lote de pedido econômico e ponto de reordenamento estão demonstrados na Tabela 11:

Tabela 11. Tabela resumo com resultados da implementação da metodologia proposta

Peças	Tempo de espera (meses)	Desv Padrão (LT - meses)	Deman da média	Desv Padrão (d)	Custo do pedido (kUSD)	Inventário Custo de manutenção (kUSD)	Estoque de segurança	Tamanho do Lote Econômico	Ponto de novo pedido
O-ring	2	0.4	16	8.9	0.29	0.017	33	81.6	65
Rolamento	3	0.8	7	3.9	0.29	0.207	21	15.3	42
PCB-A	6	1	5	3.0	0.29	1.099	21	5.6	51
PCB-B	8	2.1	5	2.4	0.29	1.484	30	4.8	70
Mandril-A	10	2.7	5	3.0	0.29	11.670	39	1.7	89
Mandril-B	9	2.2	5	2.4	0.29	7.805	31	2.1	76
Elastômero	6	1.4	3	2.9	0.29	1.955	20	3.3	38
Filtro	2	0.4	4	2.3	0.29	0.021	9	36.1	17
Bomba	2	0.4	4	2.3	0.29	0.021	9	36.1	17
LL001	10	2.7	1	0.5	0.29	0.923	7	2.7	17
LL002	8	2.7	1	0.5	0.29	1.820	7	2.0	15



LL003	9	2.7	1	0.3	0.29	2.548	7	1.7	16
LL004	7	2.7	1	0.5	0.29	3.548	7	1.4	14

Fonte: autor.

Entender o tipo de demanda e o tipo de sistema de revisão a ser utilizado, se independente, é a segunda tarefa mais importante a ser realizada, depois do S&OP. O impacto de uma quantidade imprecisa de estoque ou de pessoal para o negócio, independentemente do impacto de curto prazo no caixa ou no P&L, tem a possibilidade de gerar custos inesperados tardios, perda de receita ou perda de clientes.

Dados, matemática e um bom S&OP são a maneira correta de planejar um planejamento bem-sucedido de materiais e pessoal para qualquer atividade, especialmente para aquelas com requisitos de alto nível de serviço, como a indústria de petróleo e gás, onde a exposição de pessoas a riscos ou falhas está em jogo. Uma vez que o nível de serviço exigido é entendido e todos os dados estão disponíveis, a matemática entra em vigor para determinar quando pedir e quanto pedir para atender às expectativas do cliente e às expectativas de custo para ter sucesso nos negócios.

O tempo investido nessa tarefa inicial e para garantir que toda a cadeia de suprimentos esteja alinhada, é fundamental, o foco não pode ser apenas no S&OP de primeiro nível, ou no plano de materiais de segundo nível, mas em toda a cadeia de suprimentos, que inclui o número de fornecedores, fornecedores de backup, planejamento de ativos e matéria-prima necessária para construir os componentes necessários para o material terceirizado.

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Não importa o tipo de negócio, um bom planejamento é fundamental para a otimização de recursos, em alguns negócios, como o ambiente de serviço



*upstream* de petróleo e gás, outros fatores como os altos custos, até 1 milhão de dólares por dia, e o risco de segurança, emissões, exposição extra aos riscos, tornam-no ainda mais crítico para ele. A disponibilidade de recursos também é fundamental para a competitividade do negócio, pois os clientes podem definir suas necessidades em um ambiente muito sazonal, de modo que os fornecedores com material disponível para prestar o serviço possam alavancar sua posição no mercado.

Nesse contexto, este artigo teve como objetivo responder: Como otimizar os recursos humanos e materiais para entregar uma operação com menos riscos de segurança, menos emissões, menos suscetibilidade às condições de flutuação do mercado, lucratividade e competitividade tanto para operadoras quanto para empresas de serviços de petróleo e gás? sendo possível verificar que para otimizar melhor o recurso (ativos, estoque e Recursos Humanos) é importante entender a demanda, ter um S&OP claro e preciso, com um Desvio Padrão conhecido, todas as demais decisões serão tomadas em função disso e na natureza do recurso, para que se possa determinar o tipo de demanda, dependente ou independente, e o tipo de revisão, contínua ou periódica.

O uso do conceito *just in time* (estoque mínimo para manter o processo em execução) não pode ser misturado com estoque ou recursos zero absoluto. *Just in time* significa que o material estará disponível no momento necessário para atender a demanda das operações. Comparar diferentes ambientes de negócios (geográficos, tipo de negócio, etc.) para comparação de KPIs[13] pode ser perigoso quando se analisa % de estoque sobre receita, pois cada região, país ou área pode ter suas particularidades. Para fazer esse tipo de comparação é importante entender completamente e criar os fatores de peso apropriados.

A construção do S&OP não é uma função simples e pode incluir uma série de variáveis como preço de petróleo e gás no mercado, tipos de poços, novas



descobertas nas áreas, riscos e mudanças no ambiente de perfuração. Os números do planejamento são matemáticos, portanto, para alcançar consistentemente os resultados esperados, o plano deve ser seguido e atualizado frequentemente com base nas mudanças no S&OP, portanto, não é um exercício único, nem um exercício individual, é constante e de propriedade de todo a equipe.

Outro aspecto importante no planejamento é a comunicação e diversidade com os fornecedores, pois à medida que o plano é construído é fundamental ter o número certo de fornecedores, para que se controle o risco de qualquer falha na entrega e, em alguns casos, como o óleo e o negócio de gás é muito volátil é importante ter contratos com compras mínimas fixas para evitar que fornecedores críticos falhem – o fornecedor deve fazer parte dos processos e uma avaliação constante ajudará o negócio a vencer no mercado.

## BIBLIOGRAFIA

AMORIM JUNIOR, D. S.; SANTOS, O. L. A.; AZEVEDO, R. C. de. A statistical solution for cost estimation in oil well drilling. **Petroleum Sciences**, p. 675-682, 2019. Available in: <https://doi.org/10.1590/0370-44672018720183>. Accessed on: August 11, 2022.

ARAUJO JUNIOR, A. H. de. *et al.* Modelo para Cálculo de Custos de Manutenção de Ferramentas de Perfuração de Poços de Petróleo. **Rev. Cont. e Controladoria**, p. 102-117, 2009. Available in: [https://www.researchgate.net/publication/273169887\\_MODELO\\_PARA\\_CALCULO\\_DE\\_CUSTOS\\_DE\\_MANUTENCAO\\_DE\\_FERRAMENTAS\\_DE\\_PERFURACAO\\_DE\\_POCOS\\_DE\\_PETROLEO](https://www.researchgate.net/publication/273169887_MODELO_PARA_CALCULO_DE_CUSTOS_DE_MANUTENCAO_DE_FERRAMENTAS_DE_PERFURACAO_DE_POCOS_DE_PETROLEO). Access in: August 11, 2022.

GHAZALI, M. R. MD.; ANUAR, H. S. Value Management: Implementation of Asset Life Cycle in one of Oil and Gas Service Company. **International Journal of Advanced Engineering Research and Science**, p. 67-72, 2017. Available in: <https://ijaers.com/detail/value-management-implementation-of-asset-life-cycle-in-one-of-oil-and-gas-service-company/>. Accessed on: August 11, 2022

GRIGORAS-ICHIM, C. E.; MOROSAN-DANILA, L. Short Incursion on Annual Financial Reports Versus Interim Financial Reports. **ECOFORUM**, p. 1-6, 2020.



Available in:  
[https://www.researchgate.net/publication/342216562\\_SHORT\\_INCURSION\\_ON\\_ANNUAL\\_FINANCIAL\\_REPORTS\\_VERSUS\\_INTERIM\\_FINANCIAL\\_REPORTS](https://www.researchgate.net/publication/342216562_SHORT_INCURSION_ON_ANNUAL_FINANCIAL_REPORTS_VERSUS_INTERIM_FINANCIAL_REPORTS).  
Access in: August 11, 2022.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Net Zero by 2050**. Paris, 2021. Available in: [https://iea.blob.core.windows.net/assets/deebef5d-0c34-4539-9d0c-10b13d840027/NetZeroBy2050-ARoadmapfortheGlobalEnergySector\\_CORR.pdf](https://iea.blob.core.windows.net/assets/deebef5d-0c34-4539-9d0c-10b13d840027/NetZeroBy2050-ARoadmapfortheGlobalEnergySector_CORR.pdf).  
Access in: August 11, 2022.

LOZADA-CEPEDA, J. A.; LARA-CALLE, R.; BUELE, J. Maintenance Plan Based on TPM for Turbine Recovery Machinery. **Journal of Physics: Conference Series**, p. 1-12, 2021. Available in: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1878/1/012034>. Accessed on: August 11, 2022

LIESKOVSKY, J.; YAN, R. Time between drilling and first production has little effect on oil well production. **U.S. Energy information administration**, 10 September 2019. Available in: <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=41253>. Accessed on: August 11, 2022.

MAMUSHIANE, L.; LYSKO, A. A.; DLAMINI, S. SDN-enabled Infrastructure Sharing in Emerging Markets: CapEx/OpEx Savings Overview and Quantification. **IST-Africa 2018 Conference Proceedings**, p. 1-10, 2018. Available in: [https://www.researchgate.net/publication/329311200\\_SDN-Enabled\\_Infrastructure\\_Sharing\\_in\\_Emerging\\_Markets\\_CapExOpEx\\_Savings\\_Overview\\_and\\_Quantification](https://www.researchgate.net/publication/329311200_SDN-Enabled_Infrastructure_Sharing_in_Emerging_Markets_CapExOpEx_Savings_Overview_and_Quantification). Accessed on: August 11, 2022

MUNIEN, I.; TELUKDARIE, A. COVID-19 supply chain resilience modelling for the dairy industry. **International Conference on Industry 4.0 and Smart Manufacturing**, p. 591-599, 2021.

O'SHEA, R. *et al.* Using biogas to reduce natural gas consumption and greenhouse gas emissions at a large distillery. **Applied Energy**, v. 279, p. 1-20, 2020. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.115812>. Accessed on: August 11, 2022

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da Produção (Operações Industriais e de Serviços)**. Curitiba: UnicenP, 2007.

PEREIRA, M. J. **Práticas de Manutenção**. [S.I.]: Ciência Moderna, 2010.

PEREIRA, V. Falta de chips afeta o mundo todo -e Brasil importa 90% do que consome. **CNN**, 9 May 2021. Available in:



<https://www.cnnbrasil.com.br/business/falta-de-chips-afeta-o-mundo-todo-e-brasil-importa-90-do-que-consome/>. Accessed on: August 11, 2022.

SANTOS, J. R. *et al.* Análise de integridade de poços de petróleo: avanços em termos de confiabilidade e risco. **Encontro Nacional de Construção de Poços de Petróleo e Gás**, p. 1-8, 2019. Available in: [https://www.researchgate.net/publication/338123589\\_Analise\\_da\\_integridade\\_de\\_pocos\\_de\\_petroleo\\_avancos\\_em\\_termos\\_de\\_confiabilidade\\_e\\_risco](https://www.researchgate.net/publication/338123589_Analise_da_integridade_de_pocos_de_petroleo_avancos_em_termos_de_confiabilidade_e_risco). Accessed on: August 11, 2022.

SILVA, J. O. *et al.* Gestão estratégica de custos de produção do barril petróleo. **Revista Electrónica de Ciências da Terra**, p. 1-4, 2010.

SOCIETY OF PETROLEUM ENGINEERS. IOGP Reports Fewer Fatalities and Injuries in 2019. **Journal of Petroleum Technology**, 19 October 2020. Available in: <https://jpt.spe.org/industry-sees-fewer-fatalities-and-injuries-2019>. Accessed on: August 11, 2022.

THOMAS, J. E. *et al.* **Fundamentos de Engenharia de Petróleo**. Rio de Janeiro: Interciência, 2001.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Greenhouse Gas Emissions Reporting From The Petroleum And Natural Gas Industry. Background Technical Support Document. **U.S. Environmental Protection Agency**, May 2015. Available in: [https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-05/documents/subpart-w\\_tsd.pdf](https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-05/documents/subpart-w_tsd.pdf). Accessed on: August 11, 2022.

## APÊNDICE- NOTA DE RODAPÉ

4. Total Recordable Incident Rate
5. Non-Productive Time.
6. Return Over Investment.
7. Drilling Services provider of Measurement While Drilling.
8. Logging While Drilling.
9. Planning and Production Control.
10. Profit & Loss.



11. Capital Expenditures.

12. Capital Expenditures.

13. Key Performance Indicator - Indicador-chave de desempenho.

Enviado: julho, 2021.

Aprovado: agosto, 2022.

---

<sup>1</sup> Mestre em Engenharia Mecânica pela Universidade de Taubaté (UNITAU), Graduado em Engenharia de Petróleo pela Universidade Estácio de Sá (UNESA), e Graduado em Tecnologia Mecânica com ênfase em Automação Industrial pelo CEFET/RJ, MBA em Gestão Empresarial pela Fundação Getúlio Vargas (FGV), MBA em Gestão de Projetos pela Fundação de Apoio CEFET/RJ, Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade Cândido Mendes (UCAM), Especialista em Engenharia de Petróleo pela Universidade Estácio de Sá (UNESA) e Supervisor de Radioproteção certificado pela CNEN. ORCID: 0000-0002-6647-3914.

<sup>2</sup> Graduado em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de Taubaté, UNITAU, com pós-graduação em Gestão de Marketing e Engenharia de Segurança do Trabalho pela Escola Politécnica de Pernambuco. Mestre em Gestão do Desenvolvimento Regional pela UNITAU e doutora em Engenharia de Produção pela Escola Politécnica da USP. ORCID: 0000-0001-8082-5763.

<sup>3</sup> Orientador. Pós-doutorado em Gestão da Produção (Programa de estágio de pós-doutorado no exterior -CAPES) realizado na Universidade de Pádua, Itália, doutorado em Engenharia Aeronáutica e Mecânica pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica, mestrado em Comunicação e Mercado pela Faculdade Cásper Líbero e graduação em Engenharia Mecânica pela Universidade de Taubaté. Pós-graduação Lato Sensu em Gestão da Produção e Operações Industriais pela FGV e Gestão Financeira pela UNITAU/INPG. ORCID: 0000-0002-0248-3689.