

OEE:

Você domina o desempenho dos seus processos?

Guia para desvendar os
Mistérios do OEE

PhD Ricardo Borgatti Neto

Produção 2020 1ª Edição

Patrocínio

COGTIVE

Conteúdo

BB Consult

Sumário

Introdução ao OEE	4
Cálculo do OEE.....	8
Exemplificando o cálculo do OEE	11
Causas de Parada no OEE.....	15
Qual o aumento de produção de TVA com o aumento de OEE?.....	31
Qual deve ser a meta de OEE? Existem diferentes tipos de OEE?.....	32
OEE para Controle do Desempenho	40
Armadilhas no uso do OEE	46
A importância do Tempo Padrão	60
Variação do OEE e Horizonte de Análise	64
OEE do Processo e do Produto?	66
Referências para comparação entre OEE's	68
Estabelecimento de metas de OEE para envolvimento das pessoas.....	70

Introdução ao OEE

Na busca de maior produtividade e qualidade as empresas industriais investem cada vez mais em equipamentos e sistemas de informação na realização de seus processos de transformação. Porém, muitas possuem uma ‘fábrica oculta’ que não sabem, ou seja, é comum haver uma certa quantidade de capacidade instalada mal utilizada.

Existe um indicador cuja sigla é **OEE** (*Overall Equipment Effectiveness* - em português: *Efetividade Global do Equipamento*) que demonstra o quanto o equipamento foi efetivo em produzir itens com valor agregado.

De forma direta e simplificada é obtido por meio da comparação entre o tempo equivalente à produção dos produtos aprovados considerados como realizados no tempo padrão¹ (*tempo produtivo com valor agregado*) e o tempo disponibilizado para operação².

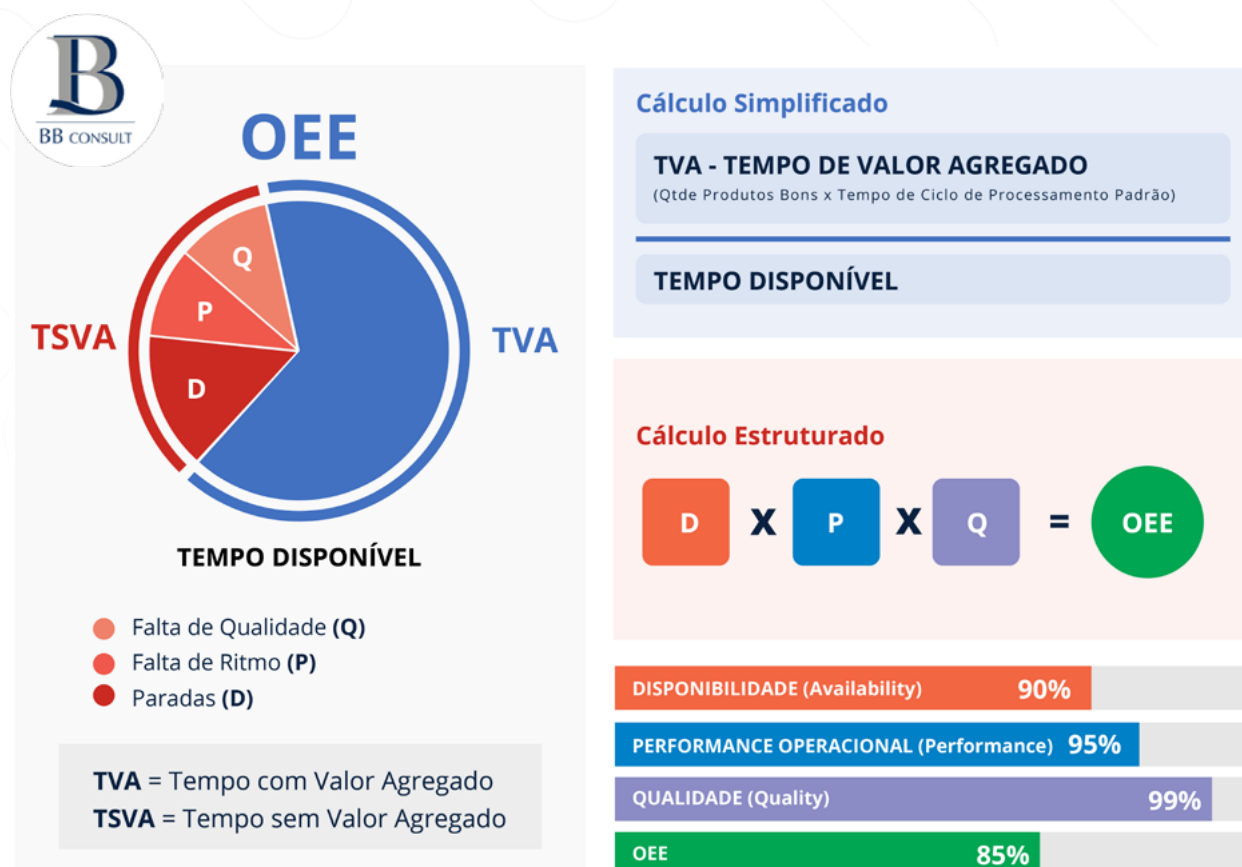
Na prática o cálculo estruturado do OEE utiliza a medição do tempo em que a máquina está operando ou parada e seus motivos de parada, a produção realizada quando em operação e o quanto de peças boas foram produzidas.

O seu uso ajuda os gestores a monitorar, avaliar e melhorar o uso da capacidade instalada, pois indica não apenas o quanto foi efetivo na utilização do tempo disponível, mas as principais fontes consumidoras de tempo sem valor agregado.

O OEE calculado de forma estruturada abrange três subíndices relacionados ao desempenho dos processos industriais:

- Disponibilidade
- Performance operacional
- Qualidade

Sendo importante realizar de forma adequada o monitoramento, a avaliação e melhorias para aumento do desempenho.



MONITORAMENTO

É fundamental, de preferência “on line” para feedback em tempo real. A qualidade de captação dos dados é importante para permitir uma base de dados com qualidade para avaliação.

AVALIAÇÃO

Requer, preferencialmente, uma apresentação do desempenho imediato para o nível operacional, análises periódicas com participação de lideranças e staff em reuniões para discussão dos resultados, identificação de tendências e das causas dos problemas. Depende também de uma boa definição dos tipos de paradas e dos tempos padrão cadastrados.

MELHORIAS

Voltadas para resultados efetivos, como consequência da avaliação do desempenho de cada processo dentro do seu contexto específico.

Com o uso do OEE é possível identificar e atuar nas principais causas consumidoras de tempo sem valor agregado nos processos industriais, tais como: quebra de equipamento, tempo em setups e ajustes, pausas, tempos ociosos, produção em velocidade baixa por algum motivo e qualidade insatisfatória da produção.

O OEE surgiu originalmente dentro do programa organizacional chamado TPM (*Total Productive Maintenance - conhecido no Brasil como Manutenção Produtiva Total*).

Apesar de seu nascimento estar relacionado à manutenção dos equipamentos, na medida em que foi sendo difundido e utilizado percebeu-se sua importância na gestão da capacidade do sistema produtivo, ou seja, para o planejamento e controle do nível de atividade que agrega valor³ para o cliente por meio da utilização adequada do tempo disponível dos recursos.

O OEE tem adquirido cada vez mais importância na gestão industrial e apesar de sua aparente simplicidade requer uma compreensão conceitual adequada para seu melhor uso. Para captação das várias oportunidades de melhoria necessita do envolvimento de diferentes áreas:

- Produção
- Planejamento
- Engenharia de Manutenção
- Qualidade etc

É cada vez mais importante para a competitividade industrial que a gestão do desempenho dos processos, a visualização e controle do fluxo, o status dos produtos ao longo do fluxo e a avaliação de capacidade estejam prontamente disponíveis para os gestores, o que é facilitado cada vez mais pelo uso de tecnologias digitais.

Um bom ponto de partida é reconhecer o OEE como um dos pilares fundamentais da moderna gestão industrial e saber utilizá-lo adequadamente na gestão da capacidade com base no desempenho dos processos dentro da visão de fluxo.

Cálculo do OEE

Tempo é dinheiro, assim o melhor aproveitamento do tempo disponibilizado para produção é um fator de competitividade com grande influência no sucesso industrial. O tempo de valor agregado ocorre quando os processos utilizam o tempo disponível para gerar produtos que os clientes querem, sem desperdícios.

O OEE é um índice resultante de 3 subíndices obtidos no monitoramento do processo:

- **DISPONIBILIDADE:** É a quantidade de tempo em operação (*quando se está produzindo produtos*) comparado com o tempo disponível para operação. A diferença ocorre em função de tempos de paradas.
- **PERFORMANCE:** É a quantidade de tempo operacional líquido, equivalente ao tempo esperado do que foi produzido (*quantidade produzida x tempo padrão*), comparado ao tempo em operação.

Também pode ser medido na relação entre a velocidade de produção realizada e a velocidade padrão. A diferença ocorre em função de realizar a operação abaixo do ritmo padrão devido à pequenas paradas não registradas ou velocidades reduzidas na operação.

- **QUALIDADE:** É quantidade de tempo de valor agregado, equivalente ao tempo esperado na produção de produto bons (*quantidade de produtos aprovados x tempo padrão*), comparado ao tempo operacional líquido. A diferença ocorre em função de produtos não conformes reprovados.

A figura abaixo ilustra o OEE e seus componentes pela perspectiva do tempo.



Cálculo do OEE



$$\text{OEE} = \text{Disponibilidade (C/B)} \times \text{Performance (D/C)} \times \text{Qualidade (E/D)} = \text{E/B}$$

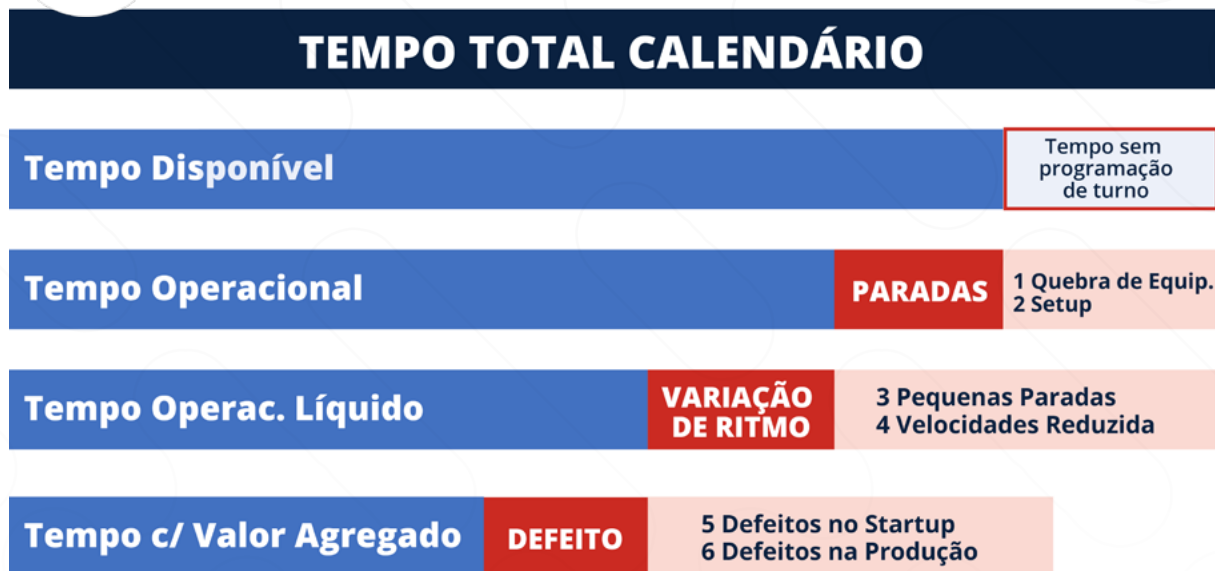
O OEE ao indicar o quanto o processo efetivo gera produtos com valor agregado, permite identificar o total de tempo sem valor agregado ou ‘tempo não produtivo’.

A tratativa clássica desde sua origem é tratar o ‘tempo não produtivo’ ou ‘tempo sem valor agregado’ como “perda”, tanto que na abordagem tradicional do TPM são apresentadas as denominadas 6 perdas clássicas:



6 Grandes “Perdas” Clássicas

(Causas Clássicas)



Reconhece-se atualmente que há muitas outras causas importantes consumidoras de tempo não produtivo que não se enquadram nas 6 causas clássicas e que nem todas são ‘perdas’ propriamente ditas, apesar de serem sempre objeto de análise para identificar oportunidades de melhorar o aproveitamento da capacidade instalada quando necessário.

Por exemplo, se a empresa já trabalha 3 turnos então as paradas para manutenção preventiva não seriam perdas, apesar de ser um tempo não produtivo, mas quando se trabalha com 2 ou 1 turno apenas, a

manutenção preventiva poderia ser realizada nos turnos sem operação, assim, neste caso quando se realizada no turno em operação a parada pode ser considerada perda.

Exemplificando o cálculo do OEE

Vamos ilustrar com um exemplo. A máxima utilização da capacidade instalada de uma máquina pode ser considerada nas 24 horas do dia. Porém, consideremos que o turno programado mais horas extras gerou um tempo disponível no dia para operação de 12,5h.

Quando falamos em **disponibilidade** do processo, nos referimos o quanto de tempo o equipamento ficou em operação produzindo em relação ao tempo total disponível. Neste exemplo a máquina não trabalhou todo o tempo disponibilizado, pois existem algumas paradas imprevistas por manutenção, falta de materiais, entre outros fatores, além de algumas previstas. Considerando que todas as paradas somam 2,5 horas, ela operou apenas 10 horas das 12,5 horas disponibilizadas no dia. Assim, sua disponibilidade é de 80% (10/12,5).



Exemplo de Cálculo do OEE



O cálculo do indicador de **performance** está relacionado ao desempenho da máquina quando em operação. Considerando que o tempo padrão por unidade⁴ é de 1 hora e que ela produziu 8 unidades quando em operação, temos nesse caso um tempo operacional líquido de 8 horas. O tempo gasto na operação foi de 10 horas, porém foi produzido o equivalente a 8 horas de produção no tempo padrão. A diferença entre o tempo operacional e o tempo operacional líquido é devido à uma operação abaixo do ritmo padrão esperado, seja por redução de velocidade ou pequenas paradas não registradas. Assim, sua performance é de 80% (8/10), conforme ilustrado abaixo.



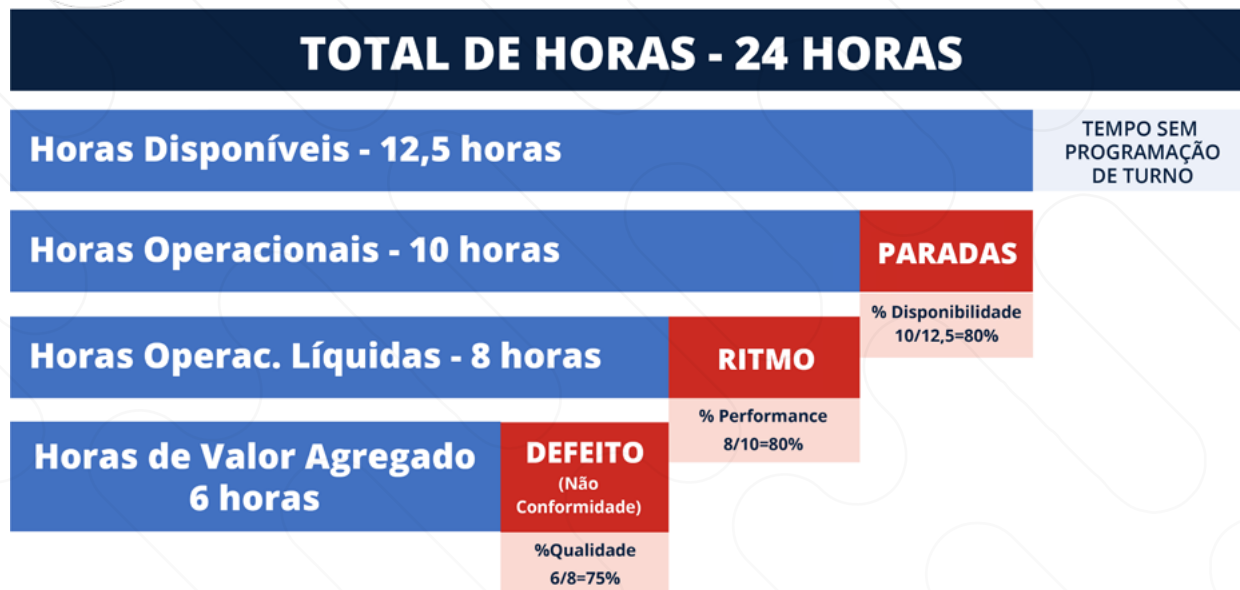
Exemplo de Cálculo do OEE



Por fim, o cálculo de **qualidade** faz um comparativo de quanto é gasto apenas na produção de unidades boas em relação ao tempo operacional líquido. Neste exemplo foram produzidas 8 unidades, que equivale ao tempo operacional líquido de 8 horas, porém 2 unidades foram reprovadas, o que representa a um tempo de valor agregado de 6 horas. Assim o índice de qualidade é de 75% (6/8).



Exemplo de Cálculo do OEE



O cálculo final do **OEE = Disponibilidade x Performance x Qualidade**

De acordo com o nosso exemplo:

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidade (0,8)} \times \text{Performance (0,8)} \times \text{Qualidade (0,75)} = 0,48 = 48\%$$

$$\text{OEE} = \text{Horas de Valor Agregado (6)} / \text{Horas Disponíveis (12,5)} = 0,48 = 48\%$$

O resultado da Efetividade Global do Equipamento nesse caso é de **48%** conforme ilustrado abaixo. Representa qual foi a capacidade do processo em entregar produtos bons na velocidade padrão dentro do tempo disponibilizado para produção (TVA/Tempo Disponível).



Exemplo de Cálculo do OEE

TOTAL DE HORAS - 24 HORAS

Horas Disponíveis - 12,5 horas			TEMPO SEM PROGRAMAÇÃO DE TURNO
Horas Operacionais - 10 horas	PARADAS		
Horas Operac. Líquidas - 8 horas	RITMO	% Disponibilidade 10/12,5=80%	
Horas de Valor Agregado 6 horas	DEFEITO (Não Conformidade)	% Performance 8/10=80%	
	%Qualidade 6/8=75%		
OEE = 0,8 x 0,8 x 0,75 = 0,48 = 48% OEE = 6 / 12,5 = 0,48 = 48%			
%OEE			

O OEE diz respeito ao output do processo, assim, para auxiliar seu entendimento inicial o mesmo pode ser ilustrado em função de volumes de produção.

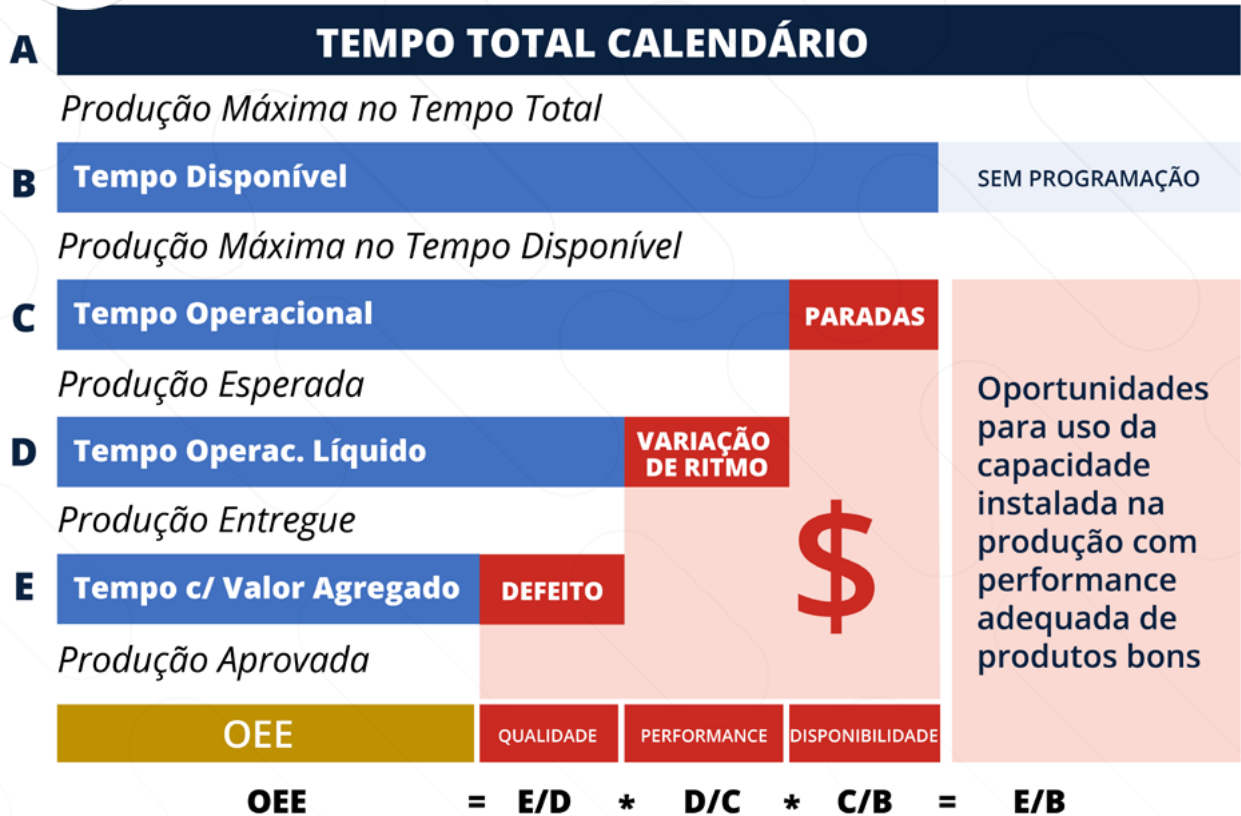
Com base no tempo padrão estabelece-se as produções teóricas possíveis dentro dos tempos categorizados para medição do OEE.

Essa ideia pode colaborar para um entendimento inicial quando se idealiza a produção de um produto único (ver nota 1).

A figura a seguir representa o OEE com base na ideia de volumes de produção.



Cálculo do OEE



Causas de Parada no OEE

A transformação dos produtos ocorre ao longo de um fluxo de produção que envolve uma sequência de processos para cada produto. O OEE mede cada processo individualmente.

Com recursos e tecnologias diferentes em cada tipo de processo é comum não haver um balanceamento perfeito entre eles, tal que um processo específico normalmente se torna um potencial 'gargalo' de capacidade do fluxo, delimitando a capacidade de produção de todo o fluxo.

Um gargalo é aquele processo com maior restrição de capacidade produtiva devido a combinação da sua carga de trabalho demandada em determinado tempo e o seu desempenho, identificado por ser o de maior utilização devido ao seu carregamento. O que pode gerar, por consequência, uma ociosidade natural nos demais processos (*ver outro texto: Uso do OEE no planejamento e melhoria da capacidade*).

Começamos a perceber que um OEE de 100% todo o tempo, ou seja, o processo produzindo só produtos bons na velocidade padrão sem nenhuma parada é uma utopia imaginada por ingenuidade ou desconhecimento da realidade operacional, ou ainda, surge como resultado de registros de dados e cálculos errôneos gerados por procedimentos inadequados, tempos padrões inadequados, pelo acaso, falta de entendimento ou intenções políticas para apresentação de resultados.

A natureza do sistema produtivo estabelece necessidades de paradas ou gera ineficiências que devem ser revistas periodicamente tal como ilustrado a seguir:

CLASSIFICAÇÃO DE PARADAS

Classificação macro de causas de parada do processo apontadas no OEE:

- **Falta de Venda ou Excesso de Capacidade**
 - Sem turno Programado (não entra no cálculo de OEE) ou aguardando programação durante o turno por falta de necessidade.
- **Falhas de Processo**
 - Falhas no equipamento, Regulagem durante o proceso, Falhas de utilidades

- **Falhas do Produto no Processo**

- Espera de CQ ou P&D
- Produção com defeito (reprovada) e Retrabalho

- **“Inerente” ao Processo**

- Tipicamente o Setup (para Troca de Lote e limpeza de sala), mas cuja performance deve ser avaliada mediante um padrão para o mesmo, além de se buscar melhoria contínua para redução do mesmo.

- **Incorporadas ao Processo**

- Resultantes de políticas e atitudes gerenciais que geram paradas no processo que deveriam ser otimizadas, principalmente nos gargalos, muitas vezes com tratamento especial (ex: Job Rotation), realização de melhorias ou transferência de atividades para horários não produtivos:
 - Falta de M.O.
 - Refeição
 - Ginástica Laboral
 - Reuniões
 - Manutenção Preventiva
 - Espera de Documentação e Aguardando Programação Quando Sabidamente Há Necessidade de Produção (ex: por falta de M.P.)

- **Relacionadas ao Fluxo**

- Causadas pelas variações típicas de filas que geram aguardando etapa anterior, sendo que há programa de produção, e aguardando etapa posterior por algum congestionamento.
- Causadas por falhas de conexão, como espera de material complementar ou de algum transporte para liberação do processo.

- **Melhorias no Processo/Produto**

- Piloto/Teste de Novos Produtos;
- Kaizen/Solução de Problema;
- Trein./Eventos Relacionados à Saúde/Seg/M.Amb/Qual.

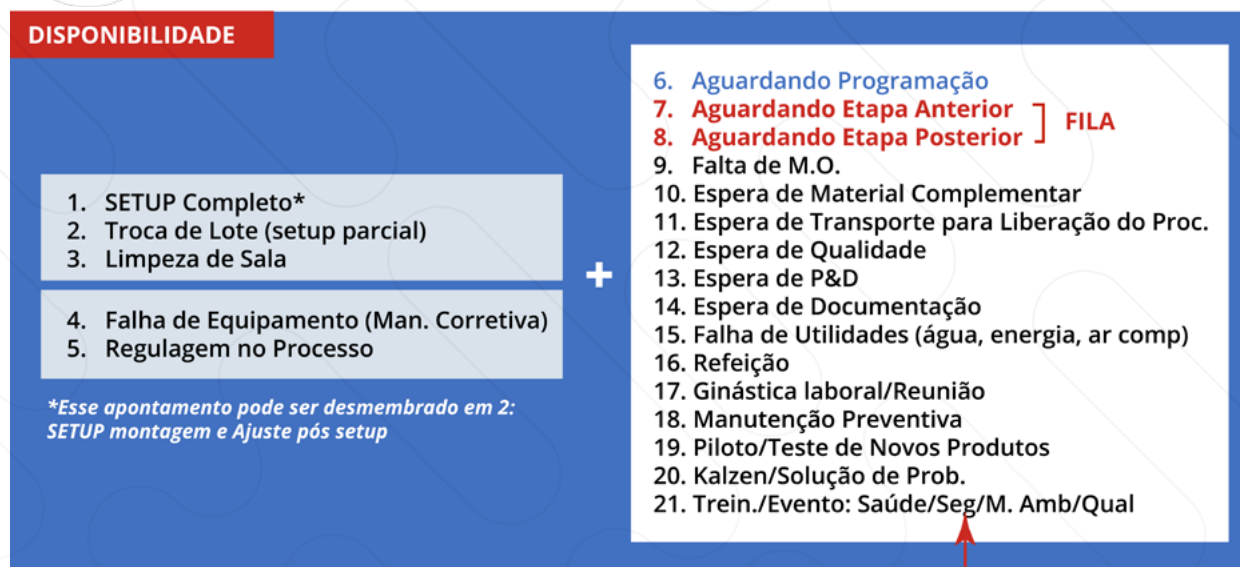
Isso implica no estabelecimento de um sistema de apontamento com maior complexidade na categorização das paradas afim de se compatibilizar com a complexidade da realidade operacional. Porém a recomendação é ficar no máximo em torno de 22 paradas e nunca haver a opção 'outra'.

As paradas fazem parte do apontamento a ser realizado no processo envolvendo operadores treinados. Utiliza-se de registro manual ou digital das paradas (possui menos erros) e no caso da produção o registro pode ser manual ou automatizado.

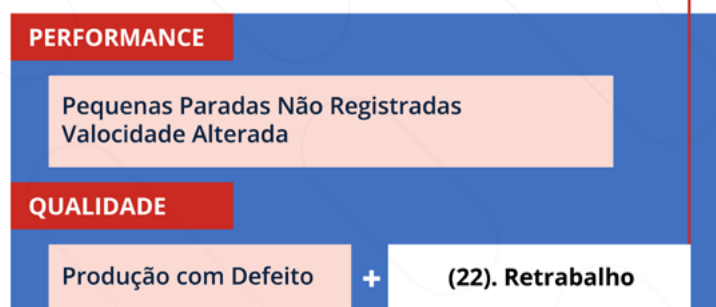
CLASSIFICAÇÃO DE PARADAS

Para ampliação do uso do OEE foi necessário o aumento da identificação das causas não produtivas de consumo do tempo disponível para melhor gestão da CAPACIDADE.

Apontamento das Causas de Parada



Calculado com Base no Produzido/Aprovado



Muitas discussões de natureza técnica ou política envolvem o estabelecimento de paradas a serem apontadas e até os diferentes cálculos de OEE. Vamos inicialmente apresentar alguns comentários sobre as causas mais polêmicas de paradas com o objetivo de melhor entendimento e uso destas no cálculo do OEE.

AGUARDANDO PROGRAMAÇÃO

Após definidos os turnos a serem programados⁵, pode haver durante o turno programado uma espera do processo devido à falta de 'programação', ou seja, não há ordens de produção (OPs) liberadas para possível utilização do

processo. Essa situação é bem clara no ponto de programação, porém para os processos no meio do fluxo distante do ponto de programação não é claro se há atraso dos processos anteriores ou falta de OP⁶ (Ordem de Produção). Os turnos não programados são considerados 'sem programação' e naturalmente não entram no cálculo do OEE.

Identificar essa situação no gargalo pode ser importante para avaliar o quanto outras áreas como PCP ou Suprimentos estão afetando a capacidade instalada do fluxo e quão rápido pode-se aumentar a produção apenas com programação (emissão de OPs), se necessário.

Essa parada não pode ser confundida com 'aguardando materiais', pois neste caso há produto a ser processado e falta algum 'material complementar' (ex: material de embalagem que ainda não chegou no local).

AGUARDANDO ETAPA ANTERIOR OU POSTERIOR

Esta condição de espera ocorre principalmente devido ao mix de produtos com diferenças de tamanhos de lote, paradas ou diferenças de ritmo dos processos anteriores ou posteriores que podem gerar variações no fluxo que interferem na frequência de chegada ou saída do produto. São também conhecidas como paradas por 'restrição de linha”.

Mesmo quando há OP programada para linha é esperado haver esse tipo de parada principalmente em processos 'não Gargalos', mas não somente⁷, onde certa ociosidade é consequência por haver capacidade maior do que a do gargalo. Estando após o gargalo pode ser comum haver espera pelo produto para poder processá-lo e estando antes do gargalo pode haver espera com produto processado em função de aguardar liberação da etapa posterior.

SETUP

A visão tradicional é de 'evitar' setups, pois na avaliação contábil tradicional apenas geram 'custos' e consomem capacidade. Essa é uma visão perigosamente limitada, pois havendo um grande mix de produtos passando por um mesmo recurso **quantidade de setup = flexibilidade & rapidez de atendimento**. Setup é uma causa de parada estrategicamente necessária e, como qualquer parada, consome capacidade. Porém o objetivo deve ser realizar o máximo possível de setups com menor tempo possível para redução de lead time e níveis de estoque, assim como, obter maior flexibilidade com rapidez de resposta às alterações de demanda.

O importante é **adotar técnicas de redução de tempo de setup, com padronização e controle de performance na realização do mesmo**, assim como, definir o quanto de ocupação da capacidade pode ser realizada pelo aumento de setups sem prejudicar o atendimento da demanda no médio prazo (*realizar cálculo para sugestão de tamanhos de lotes ou campanhas práticas com base na capacidade e não do uso de fórmulas de 'lote econômico'*).

Com base na definição tradicional de setup o tempo necessário para ele envolve 'a preparação necessária do equipamento até sair a primeira peça boa'⁸. Porém, em muitas situações é comum estabelecer separadamente um tempo padrão para montagem do ferramental (*denominado muitas vezes só de setup*) e um tempo padrão específico para ajuste pós setup.

Com os apontamentos separados desta forma é possível avaliar se uma montagem executada dentro do tempo, mas com má qualidade de execução, tem gerado efeitos negativos para ajuste no pós-setup, ou até mesmo, se o padrão executivo da montagem precisa ser revisto para eliminar ou minimizar possíveis ajustes posteriores.

MANUTENÇÃO CORRETIVA E PREVENTIVA

A abrangência de conteúdo da Manutenção que diz respeito ao OEE é relacionada ao tempo total que ela consome capacidade em função da frequência de falhas, do tempo total de reparo e o tempo em preventiva, sempre da perspectiva da máquina parada. OEE não é um sistema para gerenciamento da manutenção, essa é uma das falhas que geram apontamentos para o operador com dezenas de motivos de paradas de manutenção. No apontamento do OEE o máximo de causas de parada de manutenção é se ela é corretiva ou preventiva (*em alguns casos pode-se até incluir o tempo para manutenção autônoma*).

Sistemas informatizados de OEE podem até apresentar em função dos registros os indicadores de MTBF (**Mean Time Between Failures** - *tempo médio entre falhas*) e MTTR (**Mean Time To Repair** - *tempo médio para o reparo*), mas com o enfoque efetivo no impacto da capacidade, o que faz com que nem sempre estão plenamente alinhados com apontamentos das ordens de serviço de manutenção. Porém é a medição no OEE que reflete o verdadeiro impacto da manutenção na capacidade – verdadeira visão do cliente da manutenção, por isso os indicadores do OEE é que devem nortear os objetivos da manutenção.

Também é comum o desejo de retirar do cálculo do OEE o tempo de manutenção preventiva, o que impediria a avaliação do impacto dessa na disponibilidade e conseqüentemente na capacidade. Inclusive avaliar se, numa perspectiva ampliada de tempo, a manutenção preventiva está realmente contribuindo para melhorar o desempenho global do equipamento.

Se a área de manutenção procura realizar as manutenções preventivas fora do tempo disponibilizado para a operação, suas medições não serão apontadas no OEE e para área de manutenção serão necessárias

informações complementares as do sistema de OEE para análise da carga horária e efetividade da preventiva. Porém quando ocorre fora do tempo disponibilizado para produção já indica um mérito da gestão da manutenção na disponibilização capacidade para operação.

REGULAGEM (pode ser desmembrada em mais um apontamento: 'microparadas', quando o apontamento é automatizado):

Por ocorrer durante o processo esse apontamento é costumeiramente entendido de forma errônea como causado exclusivamente pela operação e, conseqüentemente, sendo de responsabilidade exclusiva dela.

Porém, pode ser causado por falta de instrução ou treinamento adequado do operador, condições de manutenção do equipamento, necessidades posteriores ao setup para ajustes no equipamento e variação de materiais, o que faz com que os papéis da engenharia de equipamento e engenharia de processos em conjunto com a liderança da produção sejam de fundamental importância para desenvolver soluções para evitar tais regulagens durante o processo.

Quando um pequeno ajuste demora poucos minutos é comum não apontar a parada, o que afeta o indicador de performance. Quando há automatização da medição da produção de forma integrada ao sistema de OEE as microparadas são registradas automaticamente sem a necessidade de definição e registro de causa de parada por parte do operador (ex: o sistema está configurado para que paradas com menos de 3 min sejam automaticamente classificadas como microparadas). Paradas para

regulagens que tomam maior tempo normalmente são acompanhadas de registro de notas para maior esclarecimento da situação.

REFEIÇÃO

Esse apontamento é o mais preterido dos sistemas de OEE, pois o argumento é que esse não pode ser considerado como tempo disponível devido à necessidade inexorável que as pessoas possuem de se alimentar. Indiscutível quanto às necessidades das pessoas, porém sendo o OEE um indicador do equipamento, confesso que nunca vi máquinas fazendo fila para entrar no refeitório. Deve ser apontada como hora parada, pois nos gargalos pode-se fazer *job rotation* com diferentes pessoas em diferentes horários do almoço, que poderiam vir de equipamentos não gargalos.

GINÁSTICA LABORAL E REUNIÕES

São horas paradas e tais atividade não serão e nem devem ser extintas, mas deve-se avaliar seu impacto, desafiar qual a melhor forma de realizá-las e sempre manter o seu tempo sob controle.

PILOTOS E TESTES DE P&D

Devem fazer parte de uma cultura inovadora e deve haver planejamento de capacidade e controle de tais atividades. E como são atividades não produtivas requer considerá-las como paradas consumidoras do tempo disponível.

RETRABALHO⁹

Requer uma discussão aprofundada sobre seu apontamento. Existem propostas de sempre apontá-lo como produção defeituosa, porém se a unidade a ser retrabalhada já tiver sido contabilizada como produção com defeito nesse processo penalizaremos duas vezes e distorceremos a medição da capacidade efetiva de entregar peças boas (*mesmo que retrabalhadas*).

Por exemplo, considere uma produção de unidades que possui cadastrado um tempo padrão (*ou tempo de ciclo de processamento padrão*) de 1h e um tempo disponível de 15h, na qual houve as seguintes ocorrências:

- 3h de parada (ficou parado nas horas 4, 9 e 10),
- O tempo de produção das unidades 1 e 2 foi de 1,5h cada, das unidades 3 e 9 foi de 2h cada e das demais unidades (4,5,6,7 e 8) foi de 1h,
- E ainda, as unidades 2, 4 e 5 foram reprovadas, sendo que apenas a unidade 5 foi retrabalhada (agora identificada como unidade 9) e depois disto aprovada.

A ilustração a seguir representa a situação descrita anteriormente.

Exemplo de Cálculo do OEE

Retrabalho de Unidade Classificada Como Produção com Defeito



Nesse caso há retrabalho da unidade 5 que já havia sido contabilizada como com defeito (reprovada), portanto a nova produção deste retrabalho é contabilizada normalmente, mas deve-se identificá-lo para análise posterior da proporção de retrabalhos no tempo operacional. Há a premissa que o tempo padrão do retrabalho é estabelecido, muitas vezes considerado idêntico ao da produção original (ilustração acima), mas se houver muita diferença entre o padrão e o realizado no retrabalho poderá haver distorção no indicador de performance.

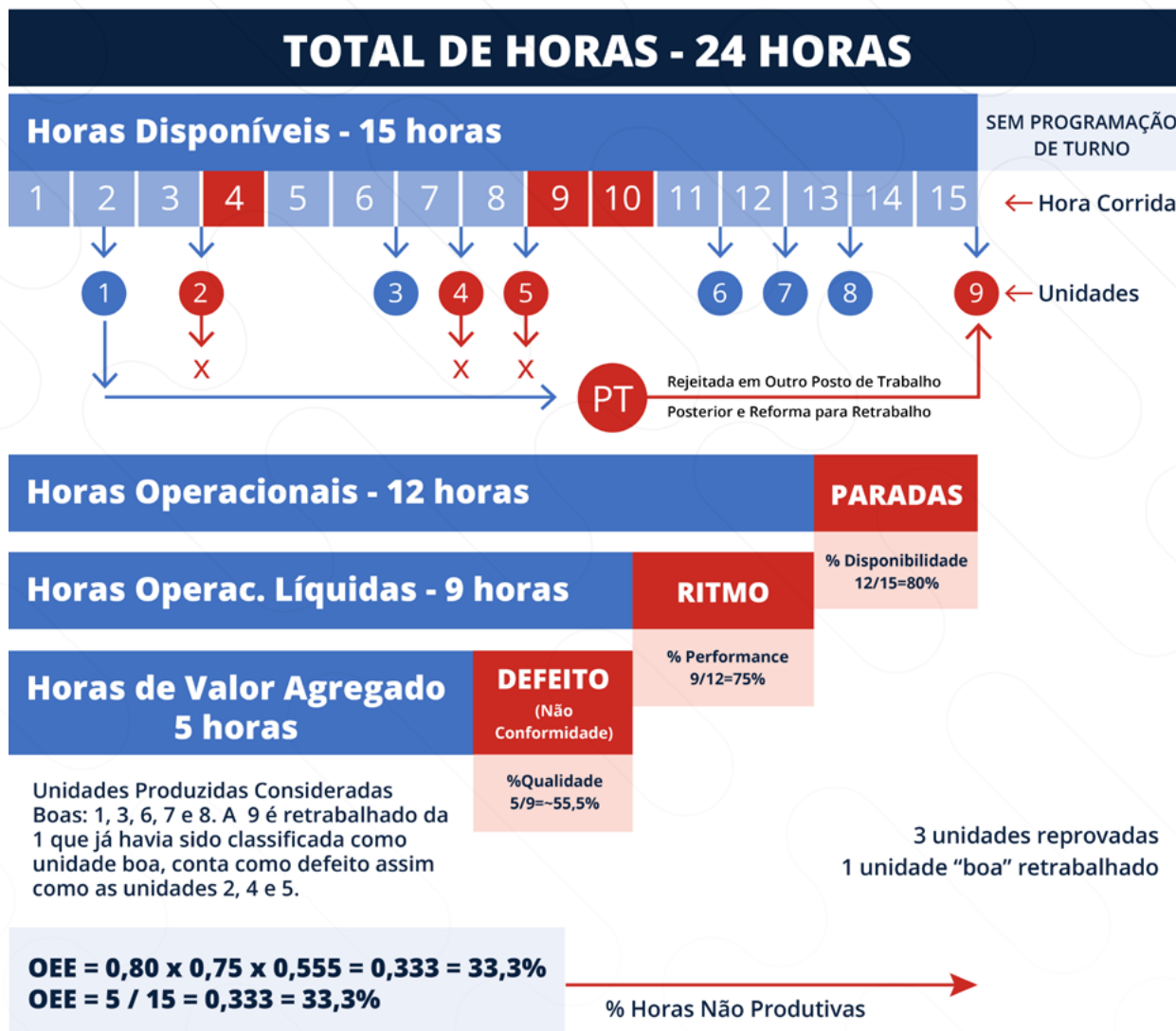
Caso o retrabalho gere uma unidade com defeito ela pode ser apontada como tal, gerando um novo valor do índice de qualidade e, conseqüentemente, um outro valor de OEE que reflete a exclusão dessa produção defeituosa.

Agora vamos considerar em condições similares uma outra origem de retrabalho, na qual que todas as unidades reprovadas não foram retrabalhadas, foram para destruição, e uma unidade 'originalmente considerada boa' foi reprovada em um processo posterior e retornou para retrabalho. Existem duas situações possíveis para contabilizar o retrabalho de uma unidade que tinha sido contabilizada como boa nesse processo.

Situação 1

A unidade retrabalhada de uma peça considerada boa originalmente é apontada como produção com defeito. A figura a seguir ilustra a situação.

SITUAÇÃO 1: Contabilizada Como Produção Com Defeito



Neste caso acima há também o problema do tempo padrão cadastrado para a unidade retrabalho, se o retrabalho exigir um tempo muito diferente do tempo padrão original e não um há tempo específico para o retrabalho (utiliza-se o padrão da produção original) existe a possibilidade de o indicador de performance ficar distorcido. Nessa situação o apontamento pode ficar confuso para o operador pois ele teria que iniciar a produção já pré-classificando como defeito.

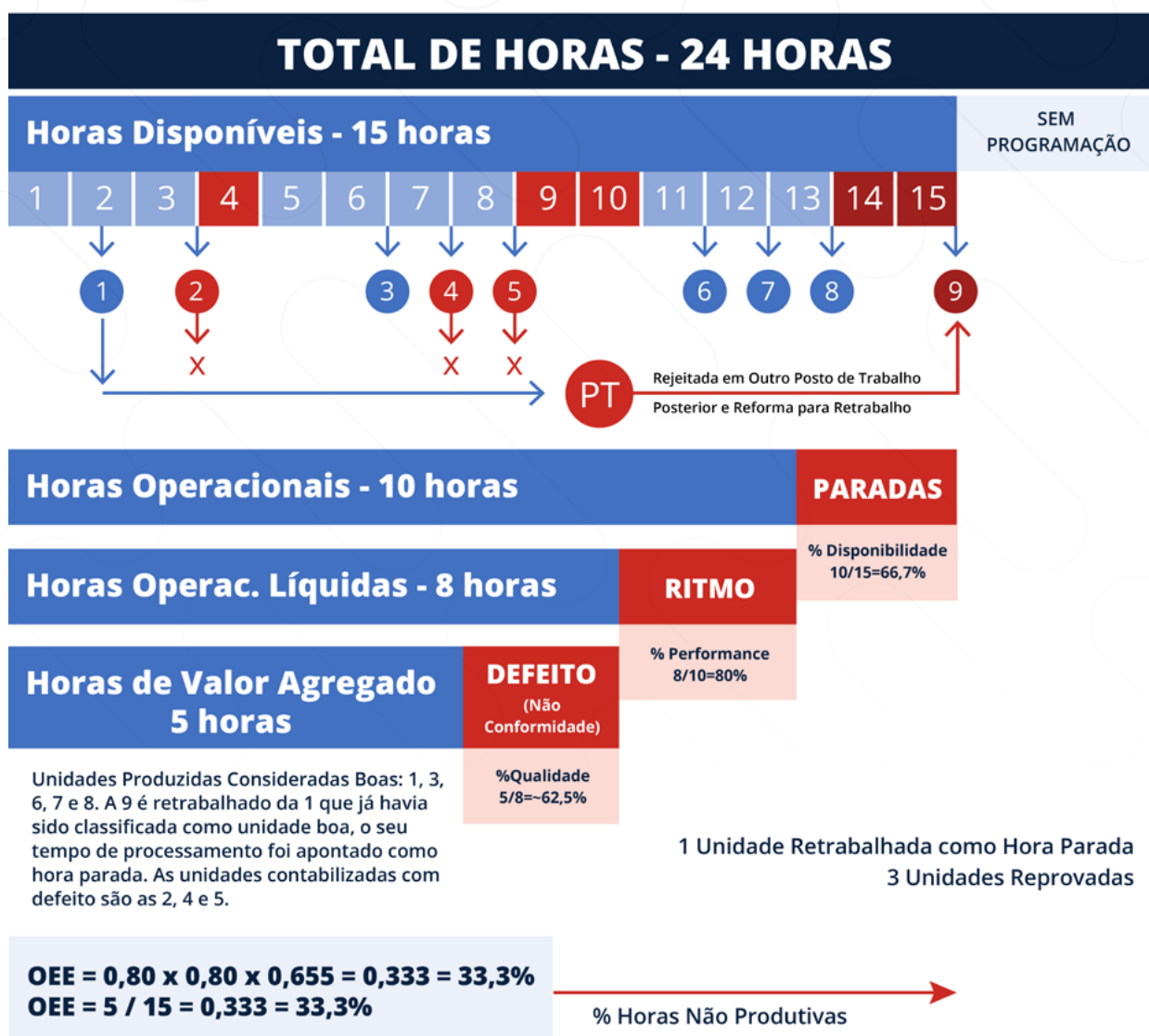
Na situação 2, que também trata de retrabalho de unidade considerada boa, o tempo de retrabalho é agora apontado como hora parada.



Exemplo de Cálculo do OEE

Retrabalho de Unidade Classificada Como Produção Boa

SITUAÇÃO 2: Contabilizada Como "Hora Parada"



Neste caso a performance não é influenciada por uma possível falta de tempo padrão adequado para o retrabalho, pois abrange todas as unidades produzidas menos a que está sendo retrabalhada. Da mesma forma o índice de qualidade.

Porém a disponibilidade aponta como tempo parado um tempo em operação, apesar de se estar operando um retrabalho. Para análise com foco na capacidade de gerar peças boas não há problema, porém pode gerar preliminarmente um falso entendimento que o processo está ficando 'inoperante' e não é o caso.

Nesse caso ao se avaliar a disponibilidade considerar a causa de parada 'retrabalho' como associada ao produto e não ao equipamento.

Nos retrabalhos das peças boas na situação 1 se o tempo de retrabalho for muito diferente do padrão cadastrado o indicador de performance pode ficar distorcido o que não acontece na situação 2.

No retrabalho de unidades consideradas originalmente boas no processo, tanto na situação 1 como na 2, a premissa é de que o retrabalho será aprovado, pois caso não seja não há como tratar facilmente esse apontamento, pois já foram consideradas excluídas da produção de peças boas para efeito de cálculo. Esse possível ônus na tratativa do OEE pode ser tolerado a fim de não aumentar a complexidade de apontamento, cálculos e interpretações.

Qual o aumento de produção de TVA com o aumento de OEE?

O aumento relativo de produção de TVA é proporcional ao aumento relativo de OEE, veja ilustração a seguir com fórmula e exemplos.



Cálculo da variação de produção de TVA em função da variação do OEE

Na mesma quantidade de Tempo Disponível

$$\frac{(\text{OEE\% considerado} - \text{OEE\% referência})}{\text{OEE\% referência}} \times 100\% = \text{diferença em \% do volume de TVA}$$

$$\frac{(\text{OEE\% considerado} - 1)}{\text{OEE\% referência}} \times 100\%$$

Exemplo 1:

OEE antigo = 15%
OEE novo = 30%

$$[(30\% - 15\%) / 15\%] \times 100\% = 100\% \text{ de aumento de produção de TVA}$$

AUMENTO RELATIVO do %OEE = 100%
AUMENTO ABSOLUTO do %OEE = + 15%

Se a produção era de 100h de TVA torna-se 200h de TVA

Exemplo 2:

OEE antigo = 65%
OEE novo = 80%

$$[(80\% - 65\%) / 65\%] \times 100\% = 23\% \text{ de aumento de produção de TVA}$$

AUMENTO RELATIVO do %OEE = 23%
AUMENTO ABSOLUTO do %OEE = + 15%

Se a produção era de 100h de TVA torna-se de 123h de TVA

Considerando aumentos absolutos de OEE quanto menor for o ponto de partida mais impacto no ganho do volume de produção de TVA.

Qual deve ser a meta de OEE? Existem diferentes tipos de OEE?

Essa é uma pergunta capciosa, pois por 'reflexo' a resposta seria quanto maior melhor. Porém, em essência a medição do tempo com valor agregado no OEE diz respeito ao atendimento às 'necessidades demandadas' e sua evolução de desempenho está relacionada à um processo específico em seu contexto.

Então a primeira questão a ser considerada é: Qual o "OEE operacional necessário" (ou de forma resumida: qual o OEE necessário) em função da demanda?

Para responder à esta questão temos que transformar em tempo a demanda esperada de produtos bons realizados no ritmo (quantidade demandada x tempo padrão) e comparar com o tempo disponível em cada processo, o que depende de uma definição de rotas fixas de produtos em equipamentos específicos com turnos estabelecidos para produção.

Assim, com base na demanda, para cada processo é estabelecido o seu OEE necessário: **Tempo de Valor Agregado necessário / Tempo Disponível**. Lembrando que o Tempo de Valor Agregado necessário (TVA_N) é estabelecido em função da demanda transformada em tempo com base nos padrões cadastrados para cada produto em cada processo.

Uma outra questão é que existem variações na definição do OEE em função de qual 'Tempo Disponível' é considerado, ainda com possíveis variações de siglas.

Por exemplo, o 'OEE de capacidade instalada' é normalmente denominado de TEEP (*Total Effective Equipment Performance*) e é estabelecido em função da medição do tempo de valor agregado em relação ao tempo calendário (*365 dias x 24 horas*). Algumas vezes é também denominado de AU (*Asset Utilization*).

Já o 'OEE operacional (OEE_o)' (no controle do desempenho é também denominado de OEE realizado- OEE_r), se refere ao tempo disponibilizado para operação (*turnos programados e eventuais horas extras*), na literatura algumas vezes é denominado OOE (*Overall Operations Effectiveness*).

Alguns puristas consideram que 'OEE' deve focar apenas o uso equipamento, considerando que seu desempenho deve ser medido apenas quando solicitado. Ou seja, neste caso está relacionado ao que denominamos de 'OEE efetivo' no qual o desempenho é medido desconsiderando as condições de aguardando programação e aguardando etapa anterior ou posterior no tempo disponível.

Em versões mais atuais entende-se que, mesmo havendo OPs (*ordens de produção*) programadas para carregar a linha, a parada por 'aguardar etapa anterior ou posterior' (*uma restrição de fluxo na linha produtiva*) é algo que pode acontecer mesmo no gargalo devido às variações sempre existentes, ainda mais com WIP limitado e alta utilização do recurso¹⁰. O "OEE" neste caso é o equivalente ao que denominamos 'OEE programado' (descrito aqui como OEE_{s} = OEE scheduled = OEE_s) pois inclui paradas por esperas na linha, mas excluí as 'aguardando programação' (falta de OPs) dentro do(s) turno(s) programado(s).

OEE costuma envolver uma certa confusão quando se quer medi-lo com base em classificação de paradas planejadas x não planejadas. Isso ocorre

quando não se tem o objetivo claro quanto ao uso do mesmo para avaliação da capacidade e melhoria das causas de parada não produtivas. Muitas vezes se excluem do cálculo as ditas 'paradas planejadas' com o intuito apenas de ter um indicador "mais bonito".

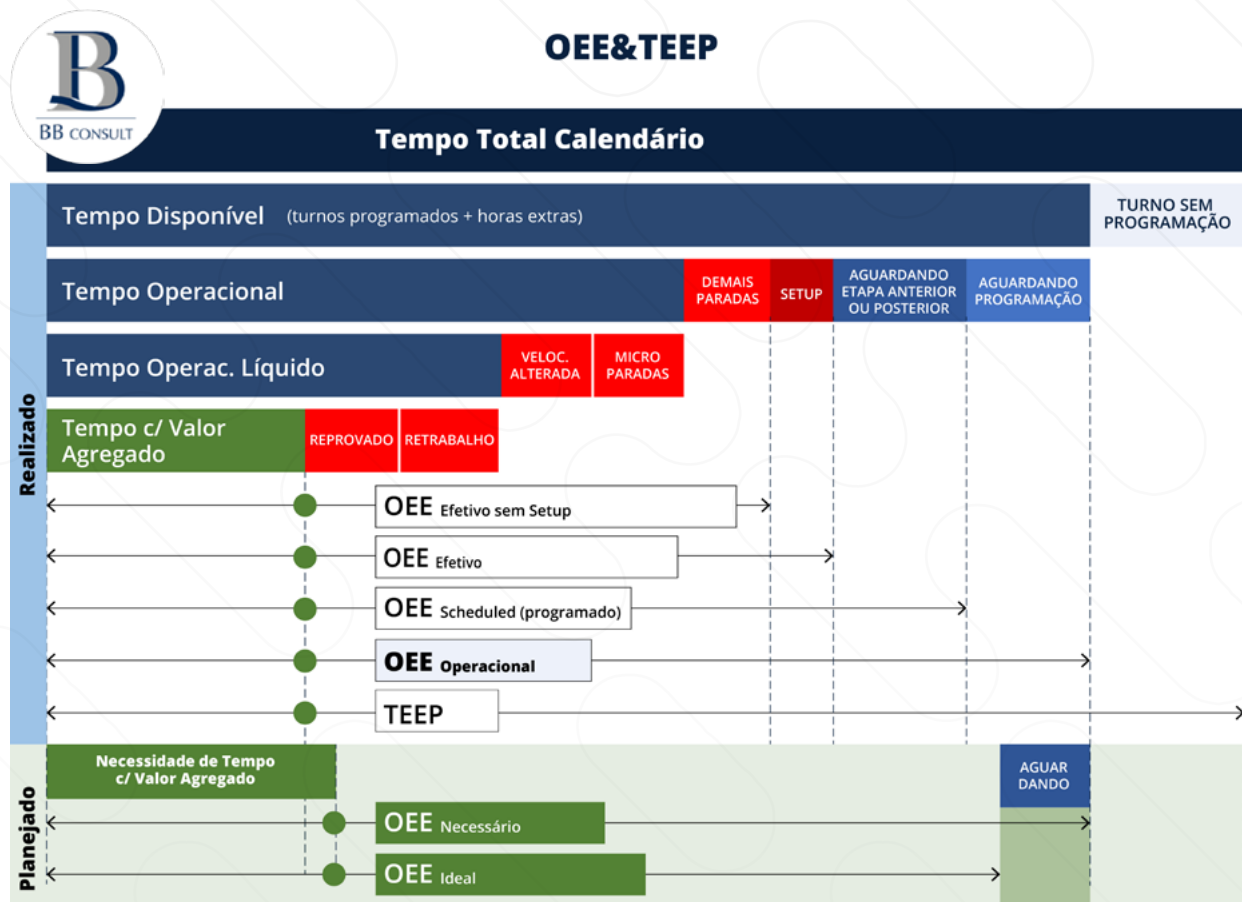
O maior problema da exclusão das paradas planejadas é não ter acompanhamento sobre o desempenho e evolução delas, assim como, corre-se o risco de sumirem do radar como oportunidades de melhoria, que poderiam ser continuamente desafiadas como é o caso do Setup.

Indicadores de OEE não são para tirar foto com eles, não precisam estar 'bonitos para sair na foto' eles são para conhecimento da sua capacidade com base no seu desempenho real e orientação para direcionar as principais causas de melhorias. Paradas são paradas e todas elas requerem acompanhamento e análise pois afetam o uso da sua capacidade.

Para definição dos cálculos e denominações de OEE podemos categorizar as paradas durante o tempo disponível (tempo de turnos programados + horas extras) em **4 tipos estratégicos**:

1. Aguardando Programação (sem carga de trabalho, ou seja, sem OP no turno)
2. Aguardando Etapa Posterior ou Anterior (consequência de variações no fluxo)
3. SETUP (em geral 'quanto mais melhor e quanto menos demorar melhor')
4. Demais Paradas (como já apresentadas anteriormente)

A Ilustração a seguir apresenta a relação do OEE, e suas denominações variantes, com os tipos de paradas.



As questões que afetam a Performance (perda de ritmo por velocidade reduzida e microparadas) e a Qualidade (produto reprovado e retrabalho) são importantes para melhoria do OEE, mas não afetam o seu cálculo direto simplificado que só depende dos produtos bons produzidos em um determinado tempo disponível.

O OEE é obtido pela relação 'TVA / Tempo Disponível', lembrando que o TVA (Tempo de Valor Agregado) é igual ao tempo total para produção de unidades boas no tempo padrão (unidades planejadas ou realizadas), já o Tempo Disponível (TD) pode ser considerado em suas variantes para cálculo dos diferentes tipos de OEE:

1. **TD = turnos programados + horas extras => pode ser o disponível operacionalmente realizado (TD_R) ou o operacionalmente planejado (TD_p)**
2. **Tempo disponível programado (TD_s^{11}) = [TD - Tempo Aguardando Programação (TAP)]**
3. **Tempo disponível efetivo (TD_e) = [TD - TAP - Tempo Aguardando Etapa anterior ou posterior (TAE)]**
4. **Tempo disponível efetivo sem setup ($TDE_{s/su}$) = [TD - TAP - TAE - Tempo de SETUP (SETUP)]**
5. **Tempo disponível ideal para planejamento (TD_i) = [TD_p - Tempo Aguardando¹² considerado 'Ideal' para planejamento (TAI)]**

É importante estabelecermos o conceito de 'utilização'. Sabe-se que não é possível contar com a utilização de 100% do TD, assim, existem diferentes tipos de utilizações consideradas nos cálculos de OEE:

Utilização programada = $(TD - TAP) / TD$ => considera o abatimento do tempo em que o processo fica aguardando programação (sem OP). Ou seja, avalia-se o tempo que foi utilizado quando programado (desconsiderando a falta de OP) em relação ao tempo disponível.

Utilização efetiva = $(TD - TAP - TAE) / TD$ => considera o abatimento de toda forma de 'aguardando' no processo, tanto por não chegar produto ao processo (ou seja, com ou sem OP) ou para sair do processo devido a algum impedimento do fluxo à jusante. Assim, avalia-se o tempo utilizado quando efetivamente solicitado a operar em relação ao tempo disponível. Em resumo, exclui todo tempo não utilizado por falta de produto a processar de um equipamento, seja por falta de OP (TAP) ou por problema no fluxo (TAE).

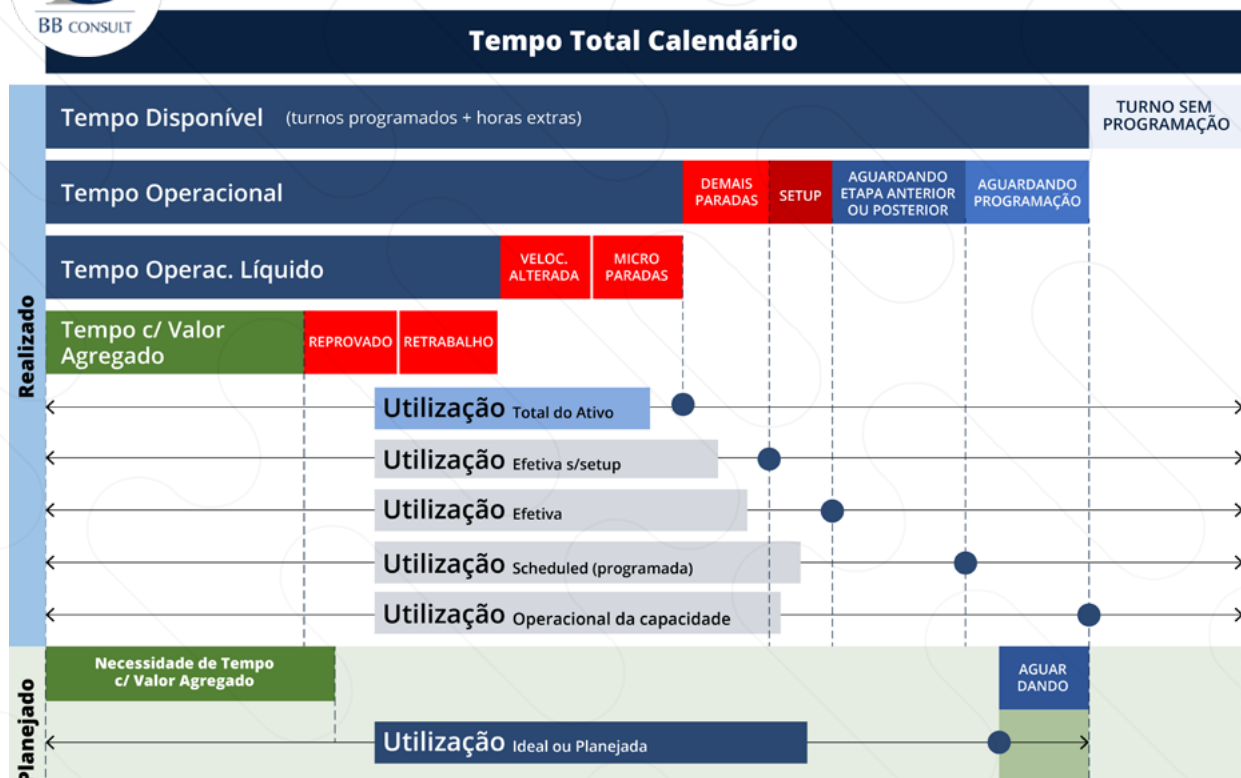
Utilização efetiva sem setup = $(TD - TAP - TAE - SETUP) / TD$ => considera abatimento além dos 'tempos aguardando' o tempo utilizado para SETUP. Ou seja, é o tempo utilizado considerando a performance, qualidade e demais paradas em relação ao tempo disponível. Normalmente é usado na avaliação da capacidade para definir o quanto de setups poderiam vir a ser realizados em uma nova demanda/mix de produtos.

Utilização Ideal = $(TD_p - TAI) / TD$ => considera abater no planejamento do tempo disponível um tempo para 'aguardando'. Sendo utilizado para planejamento este 'aguardando' idealizado é como uma reserva normalmente estabelecida para 'aguardando etapa anterior e posterior' para evitar grande necessidade de estoque em processo devido a variações do fluxo.

Também é comum considerar mais duas formas de utilização para avaliação:

**Utilização da capacidade instalada =
Tempo Disponível / Tempo Calendário**

**Utilização total do ativo =
Tempo Operacional / Tempo Calendário**



As utilizações estão diretamente relacionadas aos cálculos de OEE.

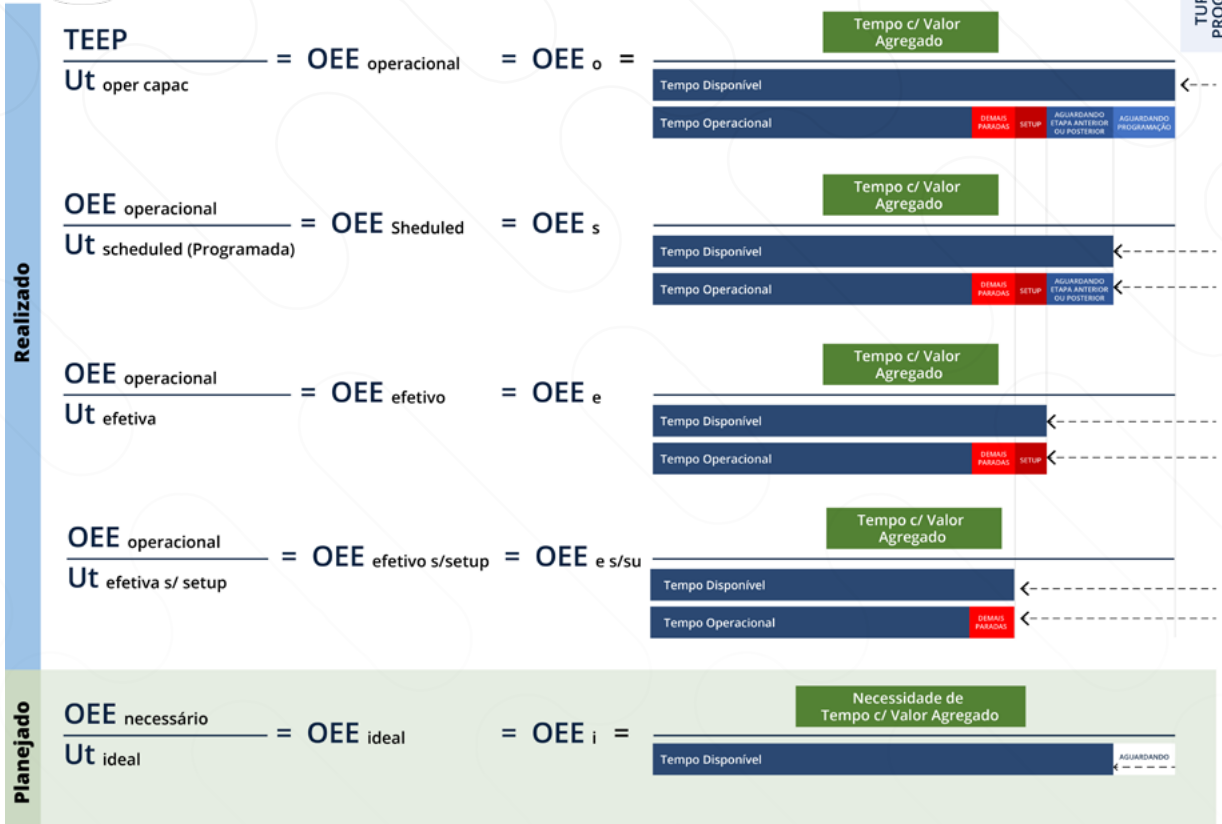
Consideramos como principal referência o 'OEE operacional' por ele ser considerado como o realizado no 'Tempo Disponível' para operação no qual foram mobilizados os recursos operacionais de produção. Tanto que muitas vezes ele é denominado de 'OEE realizado' ao invés de 'OEE operacional'. Lembro que para alguns ele é conhecido como OOE.

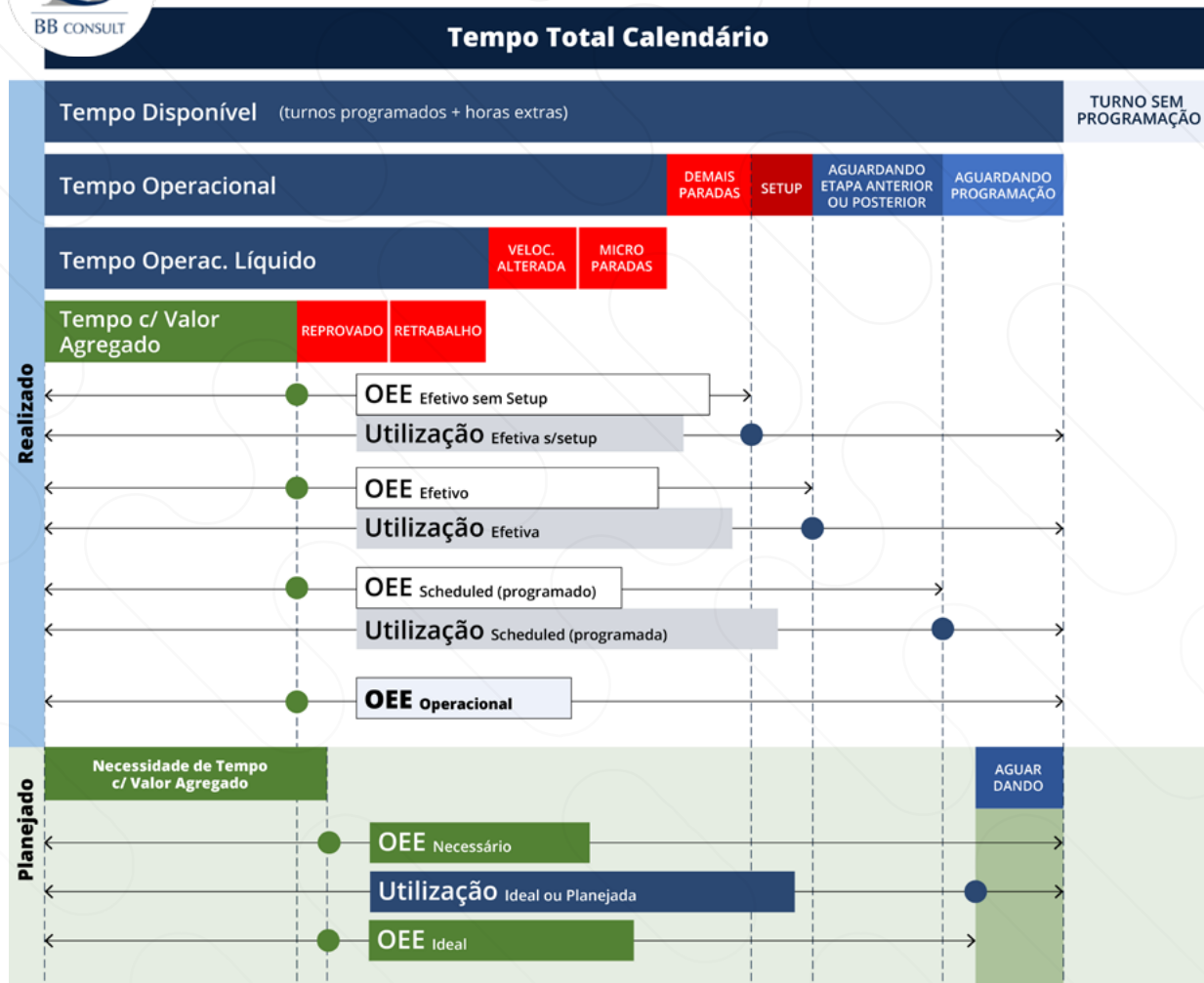
As utilizações que são estabelecidas na base no TD são aplicadas ao OEE operacional para obtenção dos demais OEE, vide ilustrações a seguir.



OEE, TEEP & UTILIZAÇÃO

TURNO SEM PROGRAMAÇÃO





OEE para Controle do Desempenho

O primeiro objetivo na gestão da capacidade é saber se o “pé cabe no sapato”, tanto o “pé” da demanda atual quanto da futura. Ou seja, se o que está sendo previsto em termos de demanda pode ser atendido pelo “sapato” da capacidade instalada.

Normalmente parte-se do que foi realizado, considerando o histórico de resultados de OEE em um período acumulado de pelo menos 3 meses. São necessárias análises para entendimento do contexto desses dados, a partir do qual são estabelecidas premissas para o planejamento da capacidade de

atendimento da demanda, com definição de metas e planos de ação para melhor aproveitamento da capacidade. No planejamento temos a relação do “Realizado x Planejado”.

Com a demanda prevista aprovada e o plano de uso da capacidade, há o monitoramento do realizado para controle, comparando “Planejado x Realizado”.

Assim: “Realizado X Planejado \neq Planejado X Realizado”.



O enfoque desse texto é o Controle do Desempenho Realizado (Planejado X Realizado), de forma absoluta e relativa. No controle relativo do desempenho parte-se da premissa que temos um OEE_N definido em função do estabelecimento de um plano de demanda (mix e volume dos produtos), do tempo padrão dos produtos nos processos e um tempo disponível previamente estabelecido.

Assim, em essência o controle do desempenho relativo da capacidade de atender a demanda é estabelecido assim:

$$\text{Desempenho Realizado Relativo} = OEE_R / OEE_N.$$

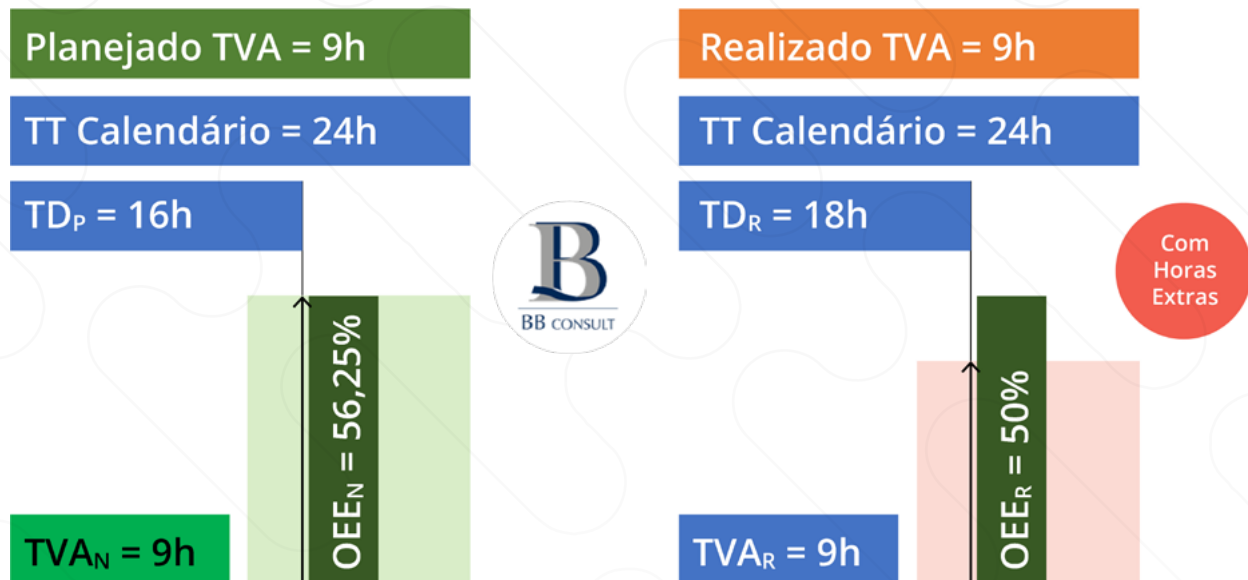
O inverso indica o Carregamento operacional realizado = OEE_N / OEE_R
=> Lembrando que o OEE_R é o OEE_O no contexto realizado.

Apesar da simplicidade da fórmula do controle do desempenho do uso da capacidade deve-se lembrar na análise do desempenho que algumas premissas estabelecidas devem ser contextualizadas na avaliação do desempenho real.

Por exemplo, questionamentos são comuns quando há atendimento da demanda com a constatação de se ter obtido um desempenho relativo realizado menor de 100%, ou seja, a ocorrência de um carregamento realizado com mais de 100%.

Essa situação pode ocorrer em função de um tempo disponível realizado (TD_R) maior que o tempo disponível planejado (TD_P), que compensa um desempenho menor que o planejado como necessário. Veja um exemplo desta possibilidade ilustrado na figura a seguir.

DESEMPENHO RUIM ENTREGANDO O VALOR AGREGADO NECESSÁRIO



$$\text{Desempenho}_R = \text{OEE}_R / \text{OEE}_N = 50,00 / 56,25 = \sim 88,5\%$$

$$\text{Carregamento}_R = \text{OEE}_N / \text{OEE}_R = 56,25 / 50,00 = \sim 112,5\%$$

Foi possível entregar o TVA planejado com desempenho pior apenas por ter utilizado horas extras. Com esse desempenho no Tempo Disponível Planejado (TD_p) só seriam entregues 8h de TVA_R

$$\text{Quantidade que seria entregue no TD}_p = \text{TVA}_p / \text{Carregamento}_R = 8\text{h TVA}$$

$$\text{Aumento de quantidade possível de ser entregue no TD}_p = ((\text{OEE}_R / \text{OEE}_N) - 1) \times \text{TVA}_N = -1\text{h TVA}$$

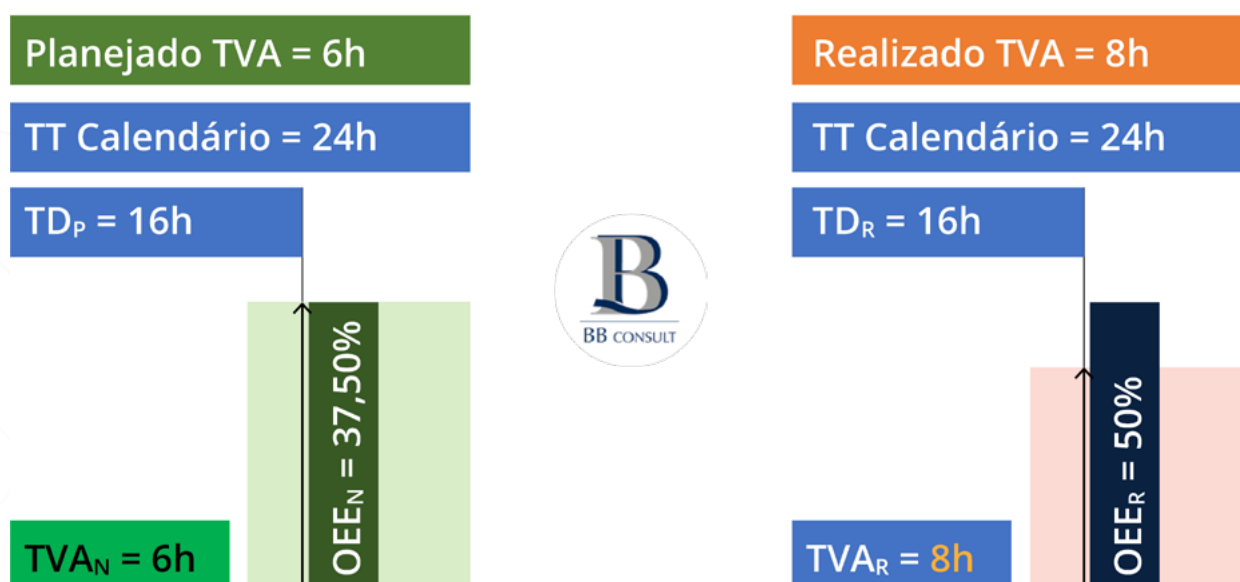
Vemos na situação ilustrada acima que se fosse contar com o desempenho realizado apenas no tempo disponível planejado não seria entregue a quantidade necessária de TVA, o que só foi possível com horas extras além do TD_p.

Se na situação anterior as horas extras não forem contabilizadas (erroneamente) no cálculo do OEE_R teríamos um resultado melhor para 'sair na foto', mas uma ilusão perigosa para planejamento futuro do uso da capacidade com base no desempenho realizado.

Outra situação possível é quando há uma produção realizada acima da estabelecida pela necessária como ilustrado abaixo.

DESEMPENHO "EXCELENTE"

Entrega de Valor Agregado Acima do "Estabelecido" pelo Necessário



$$\text{Desempenho}_R = OEE_R / OEE_N = 50,00 / 37,5 = 133,33\%$$

$$\text{Carregamento}_R = OEE_N / OEE_R = 37,50 / 50,00 = 75\%$$

Foi possível entregar o TVA planejado com desempenho muito melhor que o necessário estabelecido. Com esse desempenho no Tempo Disponível Planejado (TD_p) foi possível entregar mais 2h de TVA_R

$$\text{Quantidade de TVA entregue no TD}_p = \text{TVA}_p / \text{Carregamento}_R = 8\text{h TVA}$$

$$\text{Aumento de quantidade possível de ser entregue no TD}_p = ((OEE_R / OEE_N) - 1) \times \text{TVA}_N = +2\text{h TVA}$$

Neste caso são necessárias várias considerações em duas situações diferentes:

Situação 1:

O planejamento quando elaborado teve que restringir uma demanda desejada devido ao contexto de capacidade considerado na avaliação do desempenho histórico utilizado para o plano. Neste caso valem as seguintes considerações sobre possibilidades do que possa ter ocorrido:

- Há realmente uma demanda reprimida e houve o aproveitamento de um desempenho realizado maior que o planejado com base no histórico considerado, o que gerou uma produção efetiva maior e com valor agregado para o cliente e a organização (mais vendas foram atendidas).
- A base histórica com premissas de melhoria estabelecidas para o OEE_N foi superada em desempenho realizado, e não houve restrição de volume a ser produzido.
- A demanda efetiva (quando o sistema é puxado) ou o plano revisado pela pressão das pendências do comercial (sistema empurrado) se consolida de forma diferente do plano de demanda utilizado para avaliação da capacidade e a demanda maior pode ser atendida por um desempenho melhor, que pode ser oriundo de um mix que exige menos setups ou gera índices de performance e qualidade mais favoráveis.
- Coincide haver no período menos causas não produtivas consumidoras de tempo (ex: menos quebras ou ausência de mão de obra). Também não houve restrição de volume a ser produzido.

Situação 2

O planejamento quando elaborado 'não precisou' restringir a demanda desejada devido ao contexto de capacidade considerado na avaliação do desempenho histórico utilizado para o plano. Ou ainda, há mais preocupação com 'redução de custos' do que 'geração de valor'. Neste caso valem as seguintes considerações sobre possibilidades do que possa ter ocorrido:

- Com capacidade maior que a demanda, produtos são produzidos em excesso (superprodução de cada item a ser produzido) e gera tanto aumento de WIP quanto de estoque de PA, principalmente nos sistemas empurrados de programação.
- Há uma grande pressão por manter custos unitários baixos, assim, além de superprodução de cada item inicialmente planejado ou demandado, o próprio mix é alterado para garantir uma produção eficiente em grandes quantidades de produtos, inclusive focando naqueles mais 'fáceis de fabricar' (mais eficientes).
- Os tempos passíveis de ficarem aguardando programação foram significativamente transformados em produtivos desnecessariamente, com a finalidade de melhorar o OEE_R independentemente de se agregar valor para os clientes e a empresa.

Armadilhas no uso do OEE

Um tipo de armadilha que leva muitos a errarem na medição do OEE está relacionada à medição da performance. Muitos autores incautos bem intencionados caem nessa armadilha, assim como iniciantes que buscam 'facilidade' no apontamento.

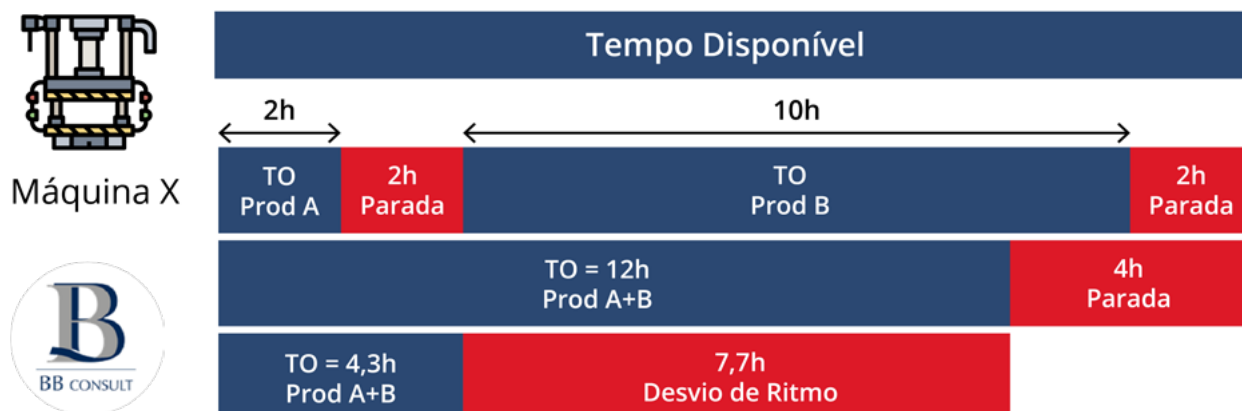
A Performance (P) deve ser medida, em um determinado período com base no tempo operacional líquido (TOL) de produção de todos produtos em relação tempo operacional total no período considerado ($P = TOL / TO$). Desta forma garantimos que a performance de cada produto está ponderada pelo tempo de operação do processo.

Os erros mais comuns na medição da Performance são:

- **Cálculo da Média Aritmética das Performances de cada produto:** o erro está em ponderar igualmente produtos com tempos operacionais diferentes.
- **Cálculo com base nas Quantidades (quantidade realizada / quantidade prevista):** o erro é ter o resultado influenciado pelo produto que tem o maior peso em volume, independentemente do tempo de operação de cada produto.

A ilustração abaixo apresenta estas situações e as diferenças no resultado.

Armadilha do Cálculo da Performance



Padrão			Histórico de Produção do Dia						
Produto	Tempo de Processo	Velocidade	TO	Qtde Produzida	Veloc. Produzida	Tempo de Proc. Real.	TOL	Desvio de Ritmo	Performance
A	0,05 min/un	1.200 un/h	2h	2160 un	1080 un/h	0,0555min/un	1,8h	0,2h	90%
B	0,5 min/un	120 un/h	10h	300un	300 un/h	2 min/un	2,5h	7,5h	25%

Armadilhas do Cálculo da Performance

Cálculo pela MÉDIA ARITMÉTICA

$$\frac{90\% + 25\%}{2} = 57,5\%$$

Cálculo pela QUANTIDADE

$$\frac{\text{Quantidade Realizada}}{\text{Quantidade Prevista}} = \frac{2.160 + 300}{2.400 + 1.200} = 68,3\%$$

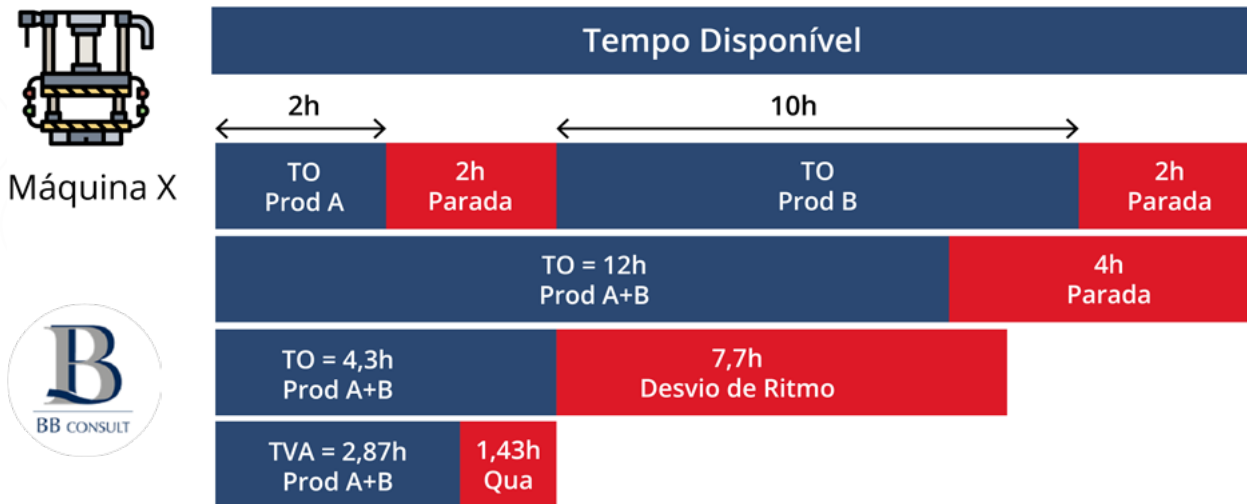
Cálculo correto da Performance

$$\frac{\text{Tempo Operacional Líquido (TOL)}}{\text{Tempo Operacional (TO)}} = \frac{4,3h}{12h} = 35,8\%$$

Já se pode imaginar que o mesmo tipo de armadilha envolve a medição do índice de qualidade. Ou seja, considerar apenas as quantidades aprovadas e não ponderar pelo tempo padrão vai levar ao mesmo tipo de erro.

A ilustração a seguir demonstra essa armadilha.

Armadilha do Cálculo da Qualidade



Padrão			Histórico de Produção do Dia								
Produto	Tempo de Processo	Velocidade	TO	Qtde Produzida	Veloc. Produzida	Tempo de Proc. Real.	TOL	Desvio de Ritmo	% Perform.	Reprov.	% Qual.
A	0,05 min/un	1.200 un/h	2h	2160 un	1080 un/h	0,0555min/un	1,8h	0,2h	90%	216	90%
B	0,5 min/un	120 un/h	10h	300un	300 un/h	2 min/un	2,5h	7,5h	25%	150	50%

Armadilhas do Cálculo da Performance

Cálculo pela MÉDIA ARITMÉTICA	Cálculo pela QUANTIDADE
$\frac{90\% + 50\%}{2} = 70\%$	$\frac{\text{Quantidade Aprovada} \cdot 1.944 + 150}{\text{Quantidade Realizada} \cdot 2.160 + 300} = 85,1\%$

Cálculo correto da Performance

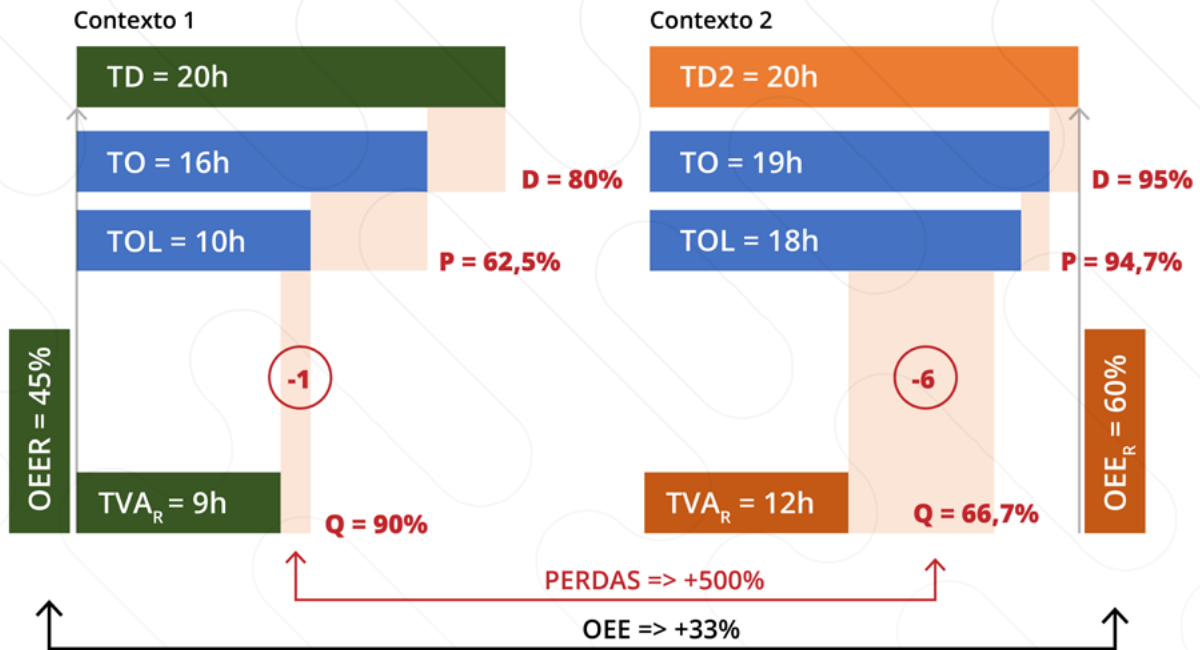
$$\frac{\text{Tempo de Valor Agregado (TVA)} = 2,87\text{h}}{\text{Tempo Operacional Líquido (TOL)} = 4,3\text{h}} = 66,7\%$$

Outra armadilha está relacionada com a avaliação do desempenho do processo olhando apenas para o OEE_R sem considerar os demais subíndices, o que pode esconder problemas de compensação inadequada entre estes subíndices.

Por exemplo, pode-se aumentar o OEE_R , mas ao invés de gerar mais margem de contribuição no final pode ocorrer perda de margem por haver mais reprovações de Qualidade.

No exemplo ilustrado a seguir pode-se observar que mesmo com aumento de 33% no OEE_R houve uma redução de 25% na margem final. Isso se deve ao fato que no contexto 2 o processo foi mais 'produtivo' em gerar 'produtos sem qualidade' (aumento de 500% de reprovações), assim, mesmo que no final tenha sido obtido mais tempo com valor agregado (de 9 para 12 horas de valor agregado) no mesmo TD.

Armadilha de OEE Com Resultado Pior



		Contexto 1 => 9 HVA	Contexto 2 => 12 HVA
PREÇO	\$ 10	\$ 90	\$ 120
CUSTO	\$ 5	\$ 45	\$ 60
MARGEM APARENTE	\$ 5	\$ 45	\$ 60
PERDA POR QUALIDADE	- \$ 5/un	- \$ 5	- \$ 30
MARGEM FINAL	-	\$ 40	\$ 30

↓ -25%

Outra armadilha está relacionada ao estabelecimento inadequado do Tempo de Processo Padrão (TP_p) e o consequente impacto quando se mede o OEE_R obtendo um Tempo de Processo Realizado (TP_R) muito diferente. Vejamos alguns contextos:

Contexto 1:

O Tempo de Processo Padrão (TP_p) que está cadastrado é maior do que o tempo que poderia ser realizado o produto nesse processo

(uma 'folga'). Pode ser que quando cadastrado visava 'adequar' uma velocidade menor para um produto que se mostrou na época difícil de fabricar nesse processo, ou simplesmente cadastraram o maior tempo histórico "por garantia". Nesse caso resultado do OEE pode encobrir oportunidades de melhoria e até ser maior que 100% (algo que não deveria acontecer) quando a operação realiza na velocidade maior possível de se obter produtos com qualidade.

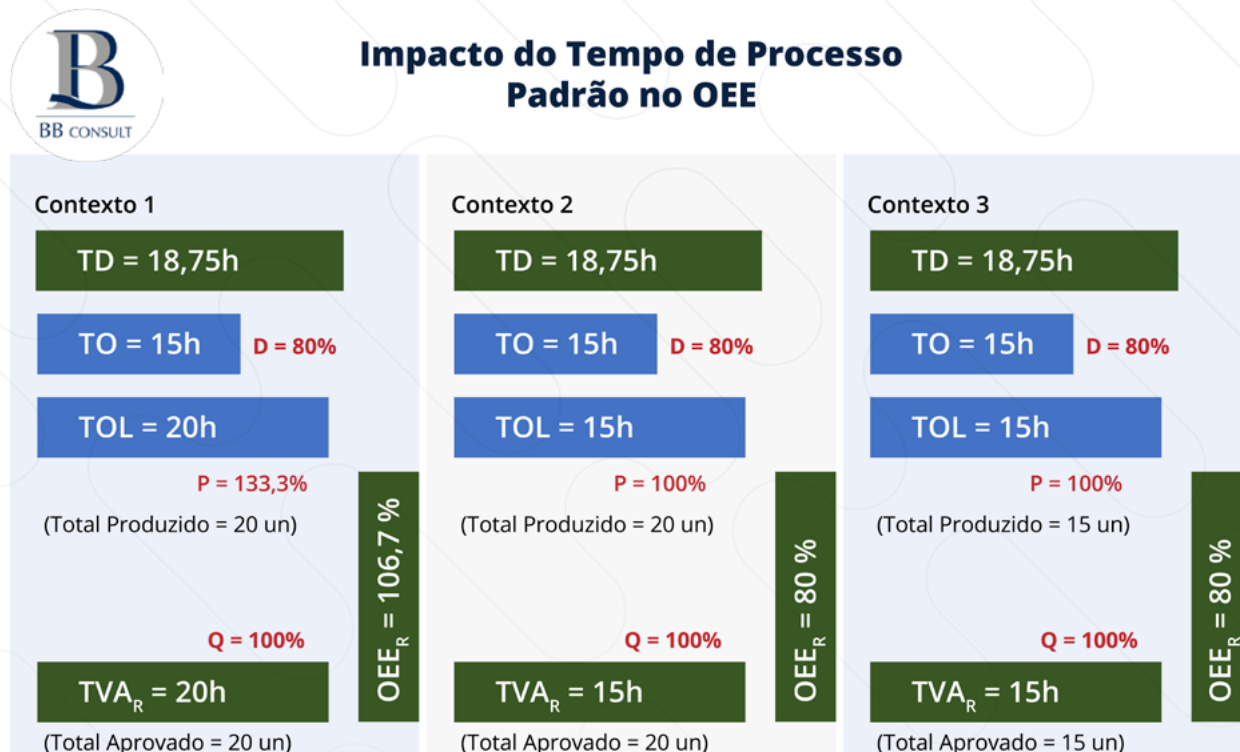
Contexto 2:

Realiza-se um novo cadastro com o tempo menor TP_p , ou seja, com velocidade maior, para estar mais coerente com a realidade produtiva possível do processo. Porém, após o novo cadastro, muitas vezes a operação é 'penalizada' por ter obtido um ' OEE_R menor', apesar de se manter a quantidade de peças produzidas aprovadas. Essa é a condição adequada para aproveitamento da capacidade do recurso com monitoramento do seu desempenho (OEE_R) de forma coerente para identificação de oportunidades de melhoria.

Contexto 3:

A operação acredita erroneamente que apenas o ajuste para situação 2 acarreta um ' OEE_R menor' e opera o processo no tempo padrão cadastrado sem explorar a possibilidade da capacidade instalada existente de produzir mais produtos bons (subutilização), mas obtém o mesmo OEE_R menor com entrega de menos TVA.

A ilustração a seguir apresenta exemplificação numérica dos contextos citados.



	Contexto 1	Contexto 2	Contexto 3
Tempo de Processo Padrão	1h	0,75h	1h
Tempo de Processo Realizado	0,75h	0,75h	1h
Performance	133,3%	100%	100%
Quantidade Aprovada	20 un	20 un	15 un
OEE _R	106,7%	80%	80%

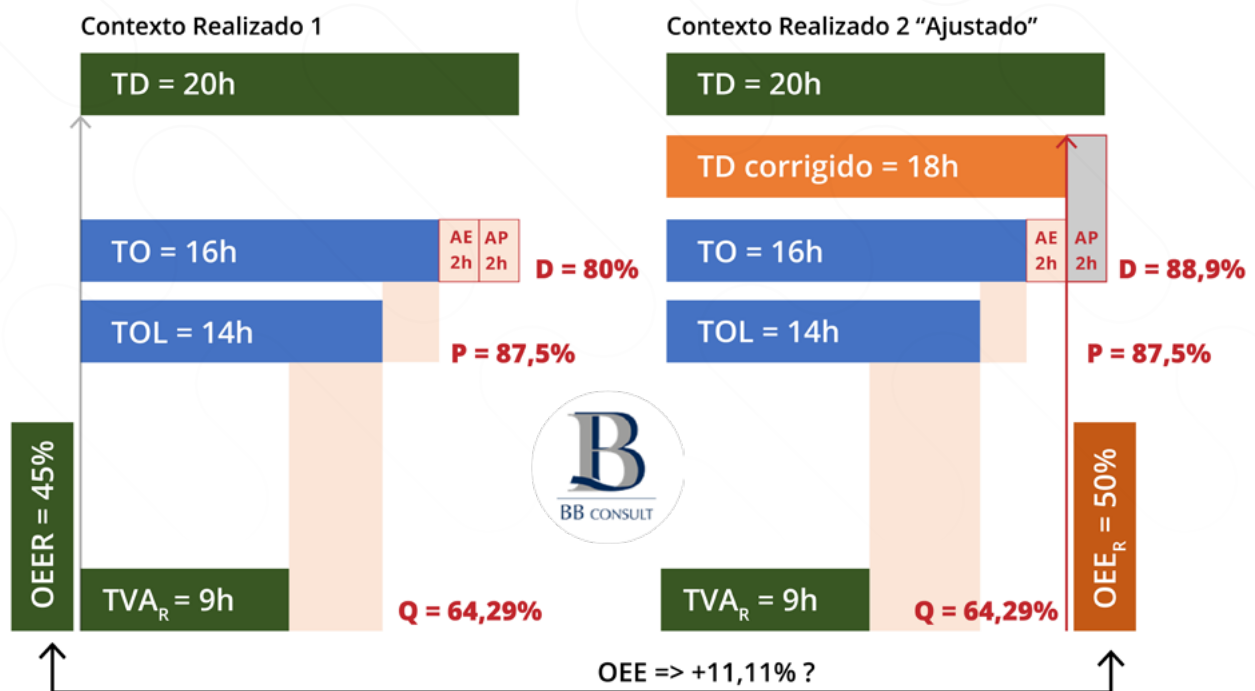
Outra armadilha envolve uma manipulação do cálculo para uma aparente 'medição coerente do OEE', sem entendimento do efeito falso na avaliação de desempenho. A coerência falaciosa se deve à ideia de que 'horas sem programação não entram no cálculo do OEE' e retiram do cálculo o apontamento de 'aguardando', alcançando um aparente resultado melhor de desempenho.

A confusão se inicia com o conceito de 'horas sem programação'. Na definição do TD existe a necessidade de quantos turnos serão utilizados para o planejamento e realização dos processos. Definido que algum turno não será utilizado, estas horas de capacidade instalada não previstas de serem utilizadas constarão como 'horas de turno não programadas' e realmente não são consideradas no cálculo de OEE.

Com o TD definido, as 'horas sem programação' que podem ocorrer dentro deste período devem ser consideradas horas paradas e são apontadas como horas 'aguardando programação' e entram no cálculo do OEE. Esta forma garante que haja o mesmo TD para definição do OEE_N e do OEE_R .

A ilustração abaixo apresenta um exemplo numérico dessa armadilha de distorção.

Armadilha de OEE Com Resultado Pior



	OEE	TD	TVA	Aval Desemp OEE_R/OEE_N	Carregamento OEE_R/OEE_N
OEE_N	50%	20h	10h		
OEE_{R1}	45%	20h	9h	90%	111%
OEE_{R2}	50%	18h	9h	100%	100%

A ilustração acima demonstra que a definição do OEE_N em 50%, com um TD de 20h, equivale à uma necessidade de produtos equivalente à 10h de TVA.

O contexto 1 apresenta, com base no mesmo TD planejado de 20h, que o desempenho realizado não possui capacidade de entrega para atendimento da demanda necessária de 10h de TVA. O desempenho relativo é de 90%, e a demanda desejada nesse contexto representou um carregamento de 111%.

Mas, no contexto 2 ajustado, ao manipular o cálculo do TD retirando o tempo 'aguardando programação (AP)' o desempenho aparente passa a ser de 50% e a nova avaliação do desempenho relativo (OEE_R / OEE_N) aparenta atender a demanda¹³. Porém a demanda era de 10h de TVA e a entrega realizada continuou a ser de apenas 9h de TVA.

Outra armadilha é associar diretamente o OEE_R com a quantidade produzida, pois o desempenho do processo está relacionado ao tempo de valor agregado enquanto as quantidades dependem dos padrões de tempo (ou de velocidade).

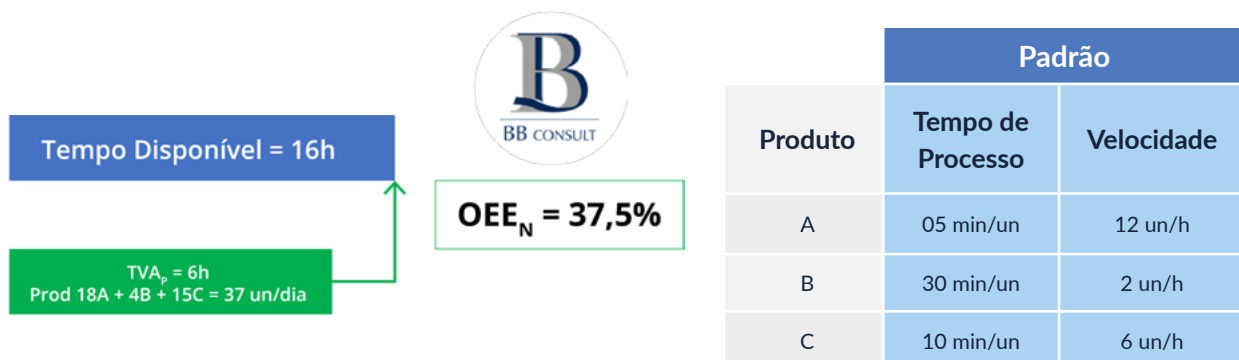
Por exemplo vamos supor que está planejado uma quantidade diária de 37un com a seguinte demanda diária de mix de produtos:

- **Produto A** = 18 un, com tempo padrão de 05min/un => velocidade 12 un/hora
- **Produto B** = 04 un, com tempo padrão de 30min/un => velocidade 02 un/hora
- **Produto C** = 15 un, com tempo padrão de 10min/un => velocidade 06 un/hora

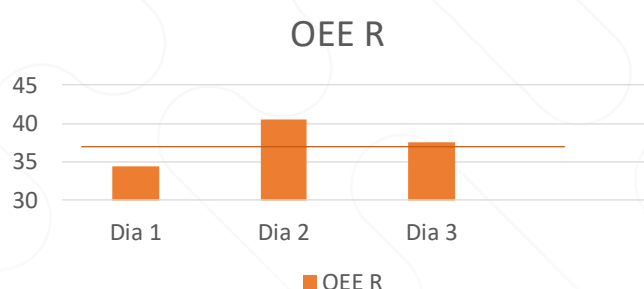
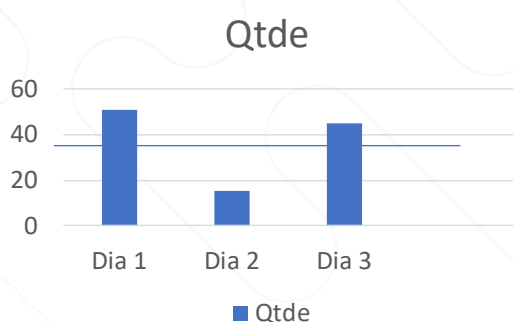
Isso equivale ao total de 6h por dia de TVA
(1,5 h de A + 2h de B + 2,5 h de C):

- **TVA de A** = 18 un x 05 min/un = 90min => 90 min / 60 min = 1,5 h de TVA de A
- TVA de A = 18 un / 12 un/h = 1,5 h de TVA de A
- **TVA de B** = 04 un x 30 min/un = 120 min => 120 min / 60 min = 2,0 h de TVA de B
- TVA de B = 04 un / 02 un/h = 2 h de TVA de B
- **TVA de C** = 15 un x 10 min/un = 150min => 150 min / 60min = 2,5 h de TVA de C
- TVA de C = 15 un / 06 un/h = 2,5 h de TVA de C

Consideremos um TD diário de 16h, que equivale à um OEE_N de 37,5% (6h de TVA/ 16h TD), e um período de 3 dias (dias 1,2 e 3) ao final do qual foi obtido o total da quantidade esperada de 111un (3x 37), sendo 54 de A (18 x 3), 12 de B(4 x 3) e 45 de C (15 x 3). A figura abaixo ilustra o desempenho do processo X no período.



	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Total	
Prod A	36 un (3 h)	-----	18 un (1,5 h)	54 un (4,5 h)	100%
Prod B	----	12 un (6 h)	----	12 un (6,0 h)	100%
Prod C	15 un (2,5 h)	03 un (0,5 h)	27 un (4,5 h)	45 un (7,5 h)	100%
Quantidade	51 un	15 un	45 un	111 un	100%
TVA	5,5 h	6,5 h	6,0 h	18,0 h	100%
TD	16 h	16 h	16 h	48 h	100%
OEE	34,40%	40,60%	37,50%	37,50%	100%

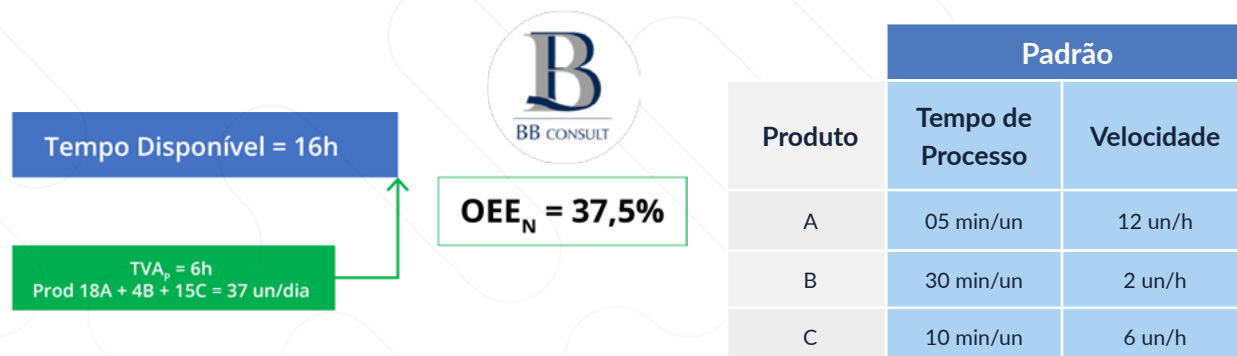


É interessante observar que apesar de se obter no período as esperadas médias de OEE_R e Quantidade (que não ocorre necessariamente na prática) não há relação entre a quantidade diária e o OEE_R diário.

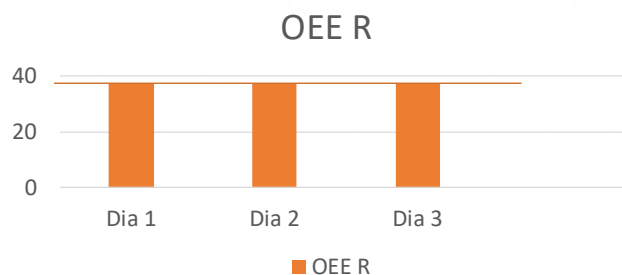
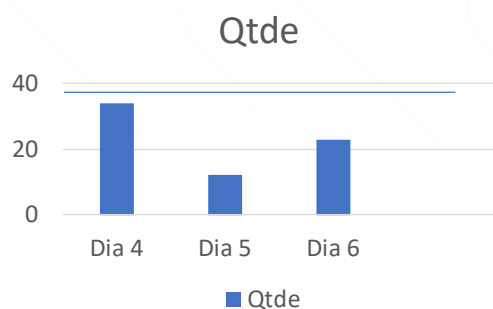
No dia 1 foi superada a meta diária de quantidade (realizadas 51un sendo a meta de 37un) enquanto o OEE_R foi abaixo do necessário (realizado 34,4% sendo o esperado 37,5%). O OEE_N está relacionado ao mix previsto (que pondera as quantidades com os tempos padrões), porém nesse dia se produziu mais do item A de maior velocidade e menor tempo padrão, mas não gerou o total de horas de valor agregado esperado.

No dia 2 obteve-se o melhor OEE_R (40,6%) e a pior quantidade realizada, pois foi produzido muito do item B que tem um alto tempo padrão por unidade, e menor velocidade.

Ainda com a finalidade de ilustrar como o mix influencia a diferença entre quantidade produzida de unidades boas e o OEE_R realizado, será ilustrado a seguir a continuidade de produção nos dias 4, 5 e 6 com uma situação na qual o OEE_R permanece estável e as quantidades realizadas diárias estão abaixo do esperado.



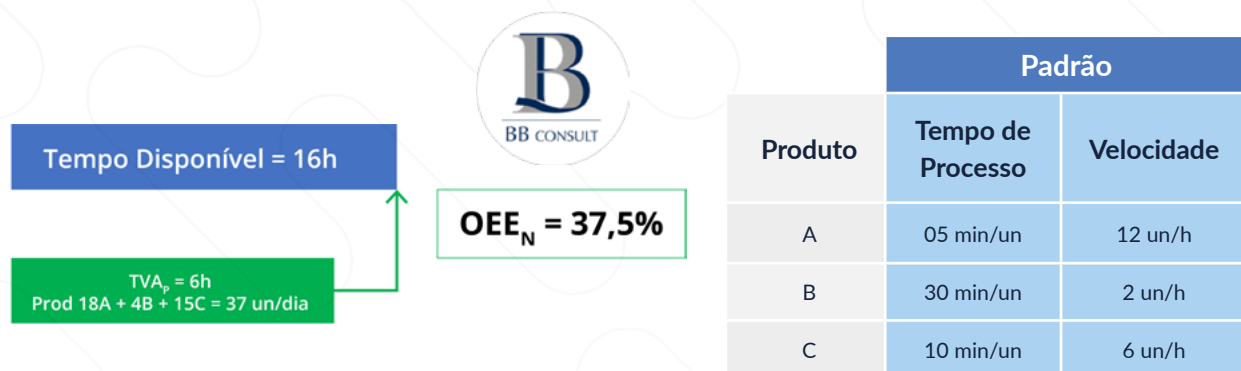
	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Total	
Prod A	12 un (1 h)	-----	06 un (0,5 h)	18 un (1,5 h)	33,30%
Prod B	04 un (2 h)	12 un (6 h)	08 un (4 h)	24 un (12 h)	200%
Prod C	18 un (3 h)	-----	09 un (1,5 h)	27 un (4,5 h)	60%
Quantidade	34 un	12 un	23 un	69 un	62,10%
TVA	6,0 h	6,0 h	6,0 h	18,0 h	100%
TD	16 h	16 h	16 h	48 h	100%
OEE	37,50%	37,50%	37,50%	37,50%	100%



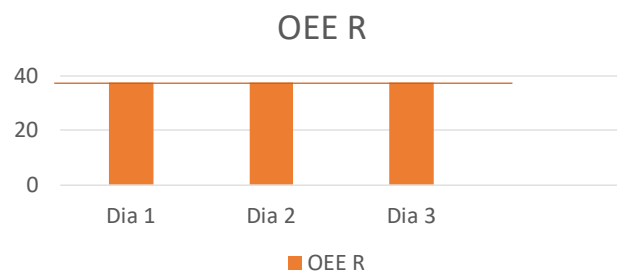
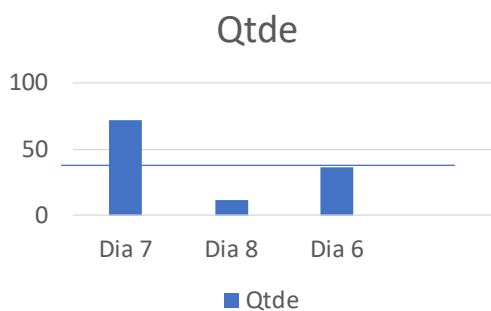
O OEE_R está relacionado ao tempo total de valor agregado que se espera produzir, assim, o mesmo pode ser alcançado com quantidades produzidas bem diferentes das quantidades planejadas inicialmente.

No exemplo ilustrado acima temos um OEE_R alcançado com uma quantidade realizada abaixo da meta, de 69un (62,1% da quantidade planejada de 111un), devido ao fato de realizar um mix produzido muito diferente do planejado em termos de tempos padrão.

Na ilustração a seguir temos um novo período estável de OEE_R , mas agora com uma variação de volumes produzidos que geram um total acima da meta: 120un (133,3% da meta de 111un).



	Dia 7	Dia 8	Dia 9	Total	
Prod A	72 un (6 h)	-----	-----	72 un (1,5 h)	133,30%
Prod B	-----	12 un (6 h)	-----	12 un (12 h)	100%
Prod C	-----	-----	36 un (6 h)	36 un (4,5 h)	80%
Quantidade	72 un	12 un	36 un	120 un	108,10%
TVA	6,0 h	6,0 h	6,0 h	18,0 h	100%
TD	16 h	16 h	16 h	48 h	100%
OEE	37,50%	37,50%	37,50%	37,50%	100%

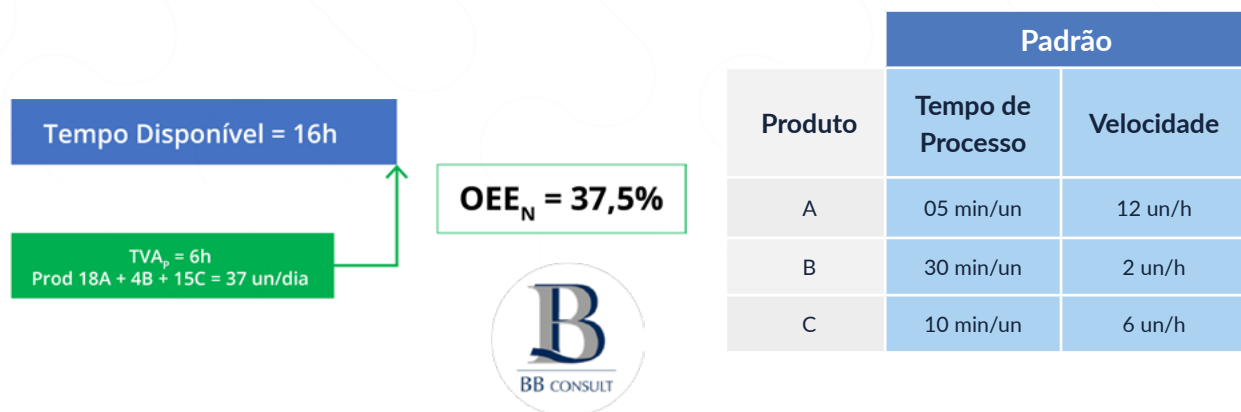


Deve-se ter o cuidado de não buscar um bom resultado de OEE forçando a produção de um mix que não atenda a demanda efetiva. O OEE é um meio para gerir a capacidade na busca do atendimento da demanda e não um fim em si mesmo.

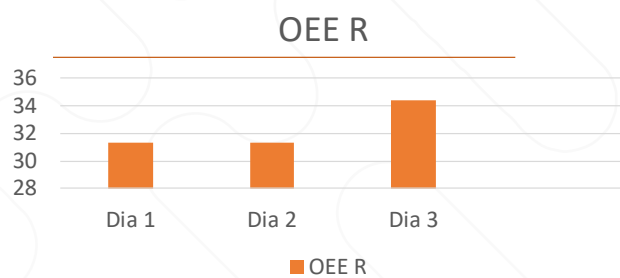
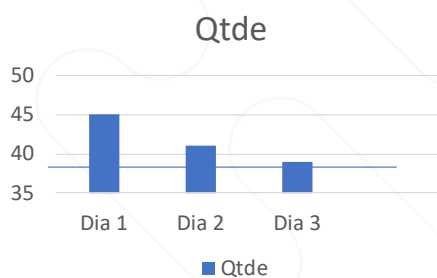
A demanda efetiva pode ser diferente da planejada e afeta o OEE quando a produção está voltada para atender a demanda efetiva e não uma demanda planejada.

O OEE_N está relacionado à produção de tempo de valor agregado que corresponde à expectativa de um mix em um determinado período, mas como se pode observar o OEE_R pode ser alcançado em valor com diferentes quantidades produzidas.

Porém, ele pode não ser alcançado por falta de desempenho adequado na produção do que está demandado. Na ilustração a seguir pode-se verificar que no próximo período de 3 dias uma quantidade produzida diariamente acima da média e um OEE diariamente abaixo da média.



	Dia 10	Dia 11	Dia 12	Total	
Prod A	30 un (2,5 h)	30 un (2,5 h)	12 un (1,0 h)	72 un (4,5 h)	133,30%
Prod B	----	2 un (1 h)	----	02 un (6,0 h)	16,67%
Prod C	15 un (2,5 h)	09 un (1,5 h)	27 un (4,5 h)	51 un (7,5 h)	94,40%
Quantidade	45 un	41 un	39 un	125 un	112,60%
TVA	5,0 h	5,0 h	5,5 h	15,5 h	86,10%
TD	16 h	16 h	16 h	48 h	100%
OEE	31,30%	31,30%	34,40%	32,30%	86,10%



Em resumo, o OEE_R depende do desempenho do que está sendo produzido em um determinado período, independente do que está sendo executado, e devido à produção de um mix diferente do mix planejado o desempenho esperado do processo com base no OEE_R pode se dissociar das quantidades esperadas estabelecidas no planejamento.

Assim, o desempenho relativo de OEE demonstra a capacidade de gerar TVA/TD para atendimento do que se propôs em TVA no planejamento, mas não necessariamente da quantidade por produto do mix.

A importância do Tempo Padrão

Como se pode observar o 'Tempo de Processo Padrão' (TP_p), ou 'Tempo de ciclo de processo Padrão', ou ainda, simplesmente 'Tempo Padrão' é a referência para determinação do TVA, isto é, do tempo produtivo necessário

para geração de produtos bons. Portanto, é a base para gestão da capacidade de atendimento da demanda, ou seja, para o planejamento e controle do desempenho dos processos.

O TP_p é definido como o tempo necessário para um processo realizar uma quantidade definida de produtos na qualidade especificada em um 'ritmo adequado', de acordo com um 'método e condições preestabelecidas'.

Implícito na definição existe a necessidade do estabelecimento do 'ritmo adequado' (tempo ou velocidade padrão para execução do processo) e do 'método e condições preestabelecidas' (um método e condições padrão para que o processo seja realizado no tempo padrão).

Já vimos anteriormente a armadilha relacionada ao estabelecimento inadequado do Tempo de Processo Padrão (TP_p), ou velocidade padrão.

Para definir o TP_p pode-se utilizar a cronoanálise que é uma metodologia do estudo de tempos e métodos definida como: 'o estudo dos processos de trabalho para desenvolvimento mais adequado do padrão do método e condições de operação e, conseqüentemente, do seu tempo padrão'.

Cronoanálise não é apenas para definição do tempo padrão, mas define e documenta o processo para ser executado de forma otimizada. Ou seja, quando aplicada visa racionalizar a execução do processo com eliminação, combinação, modificação e simplificação das atividades, estabelecendo um projeto de operação que promove uma realização estável de produtos bons com uso adequado dos recursos existentes.

Apesar de ser um método racional para definir padrões e metas de produtividade, a cronoanálise requer alguns cuidados e deve ser aplicada com ponderação. Quando há envolvimento direto da **ação de operadores**,

a **medição do tempo e esforço para execução das atividades** deve levar em conta o fator humano, que nem sempre é considerado de forma adequada.

A **cronoanálise** ao racionalizar o processo normalmente estabelece uma proposta de melhoria para realização do mesmo. E, para tanto, requer dedicação de tempo de especialistas para analisar em cada processo todo conjunto de produto-recursos de transformação, o que pode levar muito tempo para estabelecimento de todos TP_p com uso dessa metodologia.

A **cronoanálise** é uma metodologia de interação direta com o processo envolvendo observação, análise e medição. Porém, existem três alternativas indiretas para definição do TP:

- Calculado com base no histórico
- Estimado com base em produtos semelhantes ou etapas pré-padronizadas
- Estabelecido com base na velocidade nominal máxima do equipamento

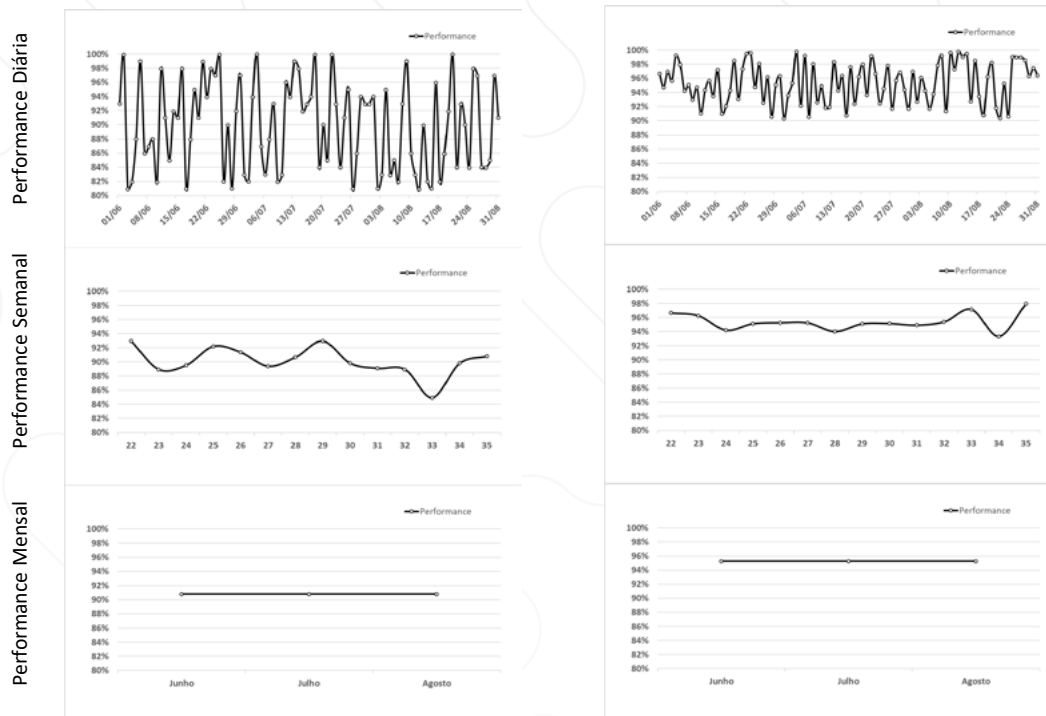
Para o 'cálculo do tempo padrão' é recomendado pelo menos o histórico de 30 repetições de produção de um determinado produto, o que nem sempre é possível. A premissa é que há um 'método padrão' atualmente utilizado.

Quando a variação observada é muito grande fica subentendido que não há um entendimento ou uso de um método padrão, talvez por nem existir o mesmo de maneira adequada. Veja a ilustração de variação de performance:

Variação de Performance

Eqto com alta Variação Diária de Performance

Eqto com baixa Variação Diária de Performance



Pode-se calcular a ‘média’ do histórico para defini-la como o TP_p . Nesse caso, recomenda-se avaliar a existência de dados “outliers” e desconsiderá-los na definição da média. Caso não adote esse procedimento pode-se calcular a mediana ou terceiro quartil e definir como o TP_p .

Para ‘estimativa de um TP_p ’ pode-se utilizar os tempos padrão existentes de produtos semelhantes e definir com base nesses. Ou, caso haja etapas semelhantes padronizadas, compor pela somatória um TP_p estimado.

Se o processo não for composto de um equipamento novo que processa um único produto, deve-se resistir à tentação de se adotar a ‘velocidade nominal máxima da máquina’. Desgaste do equipamento, diferentes matérias primas, variações de produto em condições específicas de operação estabelecem para cada produto condições ótimas diferentes das máximas possíveis.

É muito comum na prática utilizar a combinação desses métodos. Para produtos existentes utiliza-se o cálculo da média, terceiro quartil ou mediana na definição inicial do TP_p para implementação imediata da medição do OEE e gradativamente se realiza a cronoanálise para melhoria dos processos chave. Para os produtos novos sem histórico utiliza-se um tempo estimado com base em produtos semelhantes.

Devido a importância do tempo de setup em vários setores industriais é importante a classificação e medição do tempo de setup de forma diferenciada com a finalidade de aplicar métodos de racionalização da execução dos mesmos (SMED), com definição de um tempo padrão de setup e cálculo da performance de execução dele.

Variação do OEE e Horizonte de Análise

OEE_R varia como qualquer outro resultado de indicador, mas a questão é quanto ele está variando?

Por exemplo, com um OEE_R de 50% em qual situação ele seria melhor: com variação entre 35% e 65% ou entre 45% e 55%?

Amplitude entre 35-65 = 30 e entre 45-55 = 10, ou seja, a última amplitude é três vezes menor que a primeira, indicando um processo mais estável por apresentar menor variação. Apesar da média ser igual, os esforços são diferentes e ainda pode afetar a capacidade de processos posteriores no fluxo.

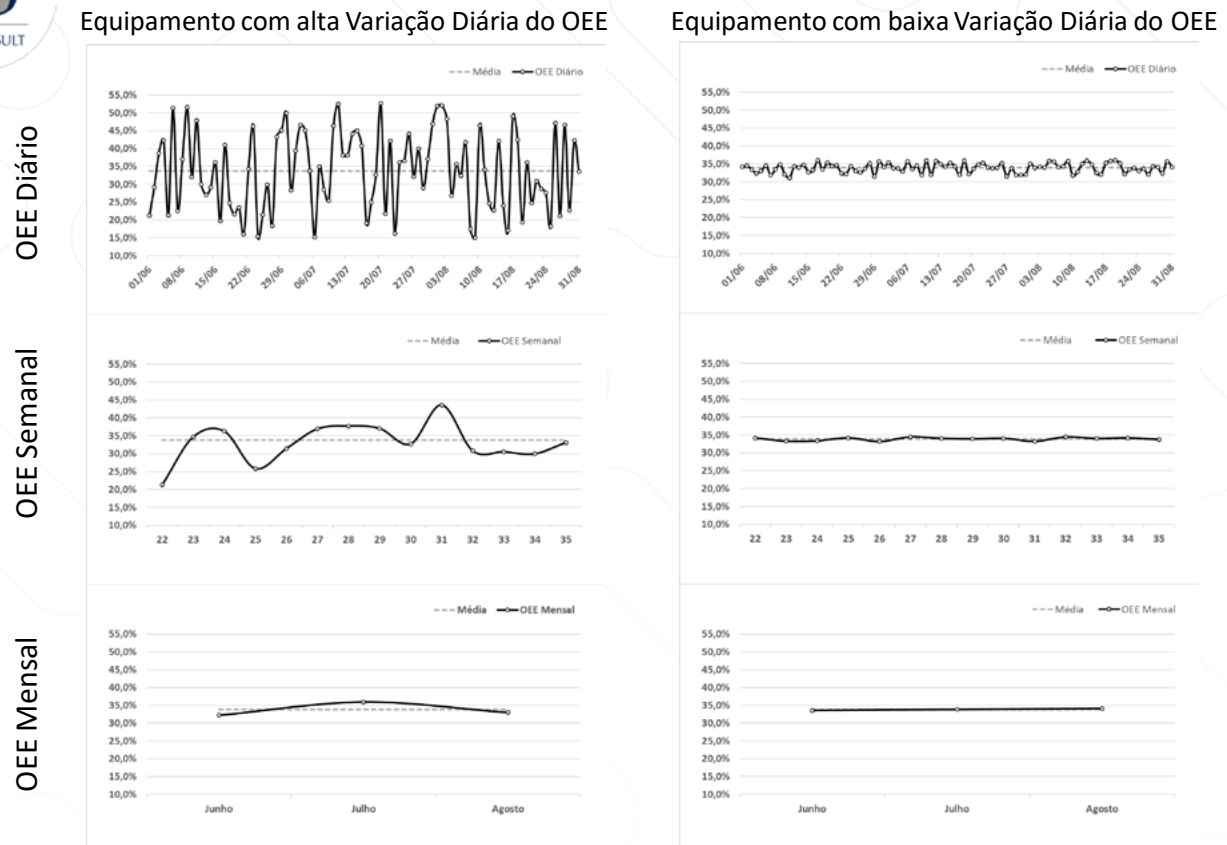
Porém, poucos especialistas e empresas estão atentos para acompanhar e avaliar a variação do OEE_R em determinados períodos, e ainda, se as ações

de melhoria estão não apenas melhorando a média, mas também a variação.

Assim, para um mesmo OEE_R médio podemos ter situações de variação muito diferentes, como sugere a ilustração abaixo.



Variação do OEE



Um período curto pode ser afetado por eventos específicos e apresentar pontualmente um OEE_R muito baixo, por isso além de um acompanhamento diário são necessárias análises com um horizonte de tempo maior.

Por exemplo, quando paradas inerentes ao processo, como o setup, consomem um tempo não produtivo significativo no dia é possível haver uma variação diária muito alta, o que demonstra a necessidade de redução de tempos de setup com técnicas específicas (SMED). Nesse caso para uma avaliação da

evolução do OEE_R , além do acompanhamento diário poderia haver o da evolução de médias semanais e mensais como ilustrado acima.

E ainda, um tipo eventual de quebra rara de um equipamento gargalo ao ocorrer em um determinado mês, com a necessidade de um tempo de reparo muito maior que a média dos demais meses, pode prejudicar a análise de capacidade com base no OEE_R se o horizonte de tempo do não considerar um contexto de tempo ampliado - avaliação do desempenho realizado para planejamento da capacidade de atender a demanda futura (Realizado x Planejado).

As variações de OEE_R são variações na capacidade de entrega de valor agregado e podem gerar “corre-corre” com horas extras, incerteza no atendimento, faltas pontuais e um stress que afeta as relações de produção com as áreas de planejamento, manutenção, qualidade, logística, suprimentos e até mesmo entre os responsáveis pelos processos produtivos ao longo do fluxo.

É importante avaliar a variação e entender suas causas para melhoria na redução da variação.

OEE do Processo e do Produto?

O OEE_R envolve a medição do desempenho do processo, mas é claro que ele é afetado pela relação entre produtos e os recursos transformacionais no processo.

Apesar do OEE_R não ser uma medição de desempenho do produto, os indicadores de Performance (P) e Qualidade (Q) podem ser associados ao produto. Assim, uma das análises possíveis relacionada ao desempenho dos produtos no processo é chamada análise PQ por produto.

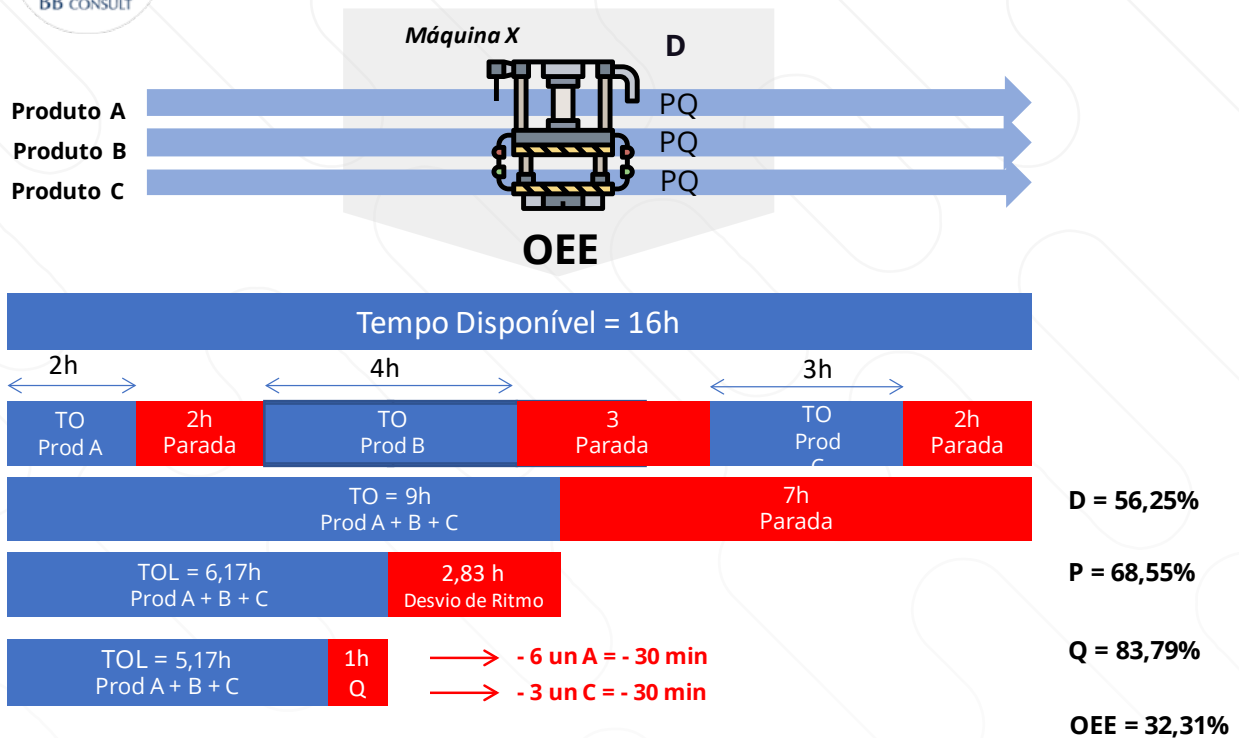
A Disponibilidade (P) envolve um conjunto de causas de paradas, sendo que muitas não podem ser associadas aos produtos e outras, apesar de uma possível relação, podem ter uma relação de causa e efeito difícil de se estabelecer. Assim, a Disponibilidade deve ficar associada ao processo.

As análises PQ dos produtos no processo podem indicar possíveis oportunidades de melhorias diretamente relacionadas ao processamento de determinados produtos, tais como a identificação da performance de um produto que se mantém excessivamente alta ou baixa, indicando a necessidade de avaliar os apontamentos, de uma possível melhoria na operação ou de rever o tempo padrão cadastrado de forma mais criteriosa.

Da mesma forma pode-se verificar em um processo que um determinado produto apresenta índices de qualidade repetidamente ruins, o que pode denotar uma incompatibilidade do projeto do produto com a tecnologia de transformação ou uma falta de especificação de regulação e manuseio adequado para esse produto naquele processo.

A ilustração abaixo apresenta uma análise PQ de produtos em um processo de uma máquina 'X', selecionando os produtos com menos de 60% de índice PQ.

OEE x PQ



Produto	Padrão		Histórico de Produção do Dia								
	Tempo de Processo	Velocidade	TO	Qtde Produzida	Velocidade Produzida	Tempo de Proc. Real.	TOL	Desvio de Ritmo	Performance (P)	Qualidade (Q)	PQ
A	05 min/un	12 un/h	2h	20 un	10 un/h	06 min/un	1,67h	0,33h	83,30%	70%	58,30%
B	30 min/un	2 un/h	4h	4 un	1 un/h	60 min/un	2,0h	2h	50%	100%	50%
C	10 min/un	6 un/h	3h	15 un	5 un/h	12 min/un	2,5h	0,5	83,30%	80%	66,60%

Referências para comparação entre OEE's

Acredito que já se pode perceber que o OEE depende de um contexto e do objetivo da sua análise. Isso sugere que comparações entre OEE's normalmente são inadequadas pela possibilidade de haver situações com diferentes: critérios de medição, estratégias de utilização, condições de operação, variações de quantidades e mix, tamanhos de lote e até das formas de determinação de tempo padrão.

O foco deve estar na melhoria em todos os subíndices de um determinado processo dentro de um contexto que esteja alinhado com a geração de um efetivo TVA, ou seja, alinhado com a demanda real dos clientes. Já vimos algumas armadilhas relacionadas ao aumento de OEE que geram estoques desnecessários ou perdas de margem.

Mas o meio empresarial é ávido por comparações e benchmarks, assim, com certos cuidados podem ser estabelecidas referências para comparação.

Por exemplo no site da OEE *Foundation*, que não é muito fã de comparar OEE pelos motivos que citamos, estabelece com base na experiência deles que os resultados do OEE variam entre 35% e 45% na maioria das empresas que ainda não estejam voltadas para uma cultura de excelência – e até então não mediam OEE. Cita como exemplo que enquanto na indústria Farma são esperados resultados ainda menores, na automobilística os resultados esperados são maiores.

Interessante que essa instituição mantém esse discurso desde 2003 e por coincidência um estudo da *University of St. Gallen, Switzerland*, envolvendo mais 90 indústrias Farma e 248 sites no período de 10 anos (do início de 2003 até o final de 2012) apresenta uma evolução do OEE na Farma de 35% em 2003 para 55% em 2012.

As dúvidas são:

Qual OEE está sendo medido? É uma média de todos os equipamentos, dos gargalos ou apenas dos equipamentos de embalagens¹⁴?

Apenas para não deixar o pessoal da Farma no vazio ouso afirmar que seja possível que tanto a OEE *Foundation* quanto a *University of St. Gallen* estejam

medindo OEE_s (Scheduled ou Programado), ou seja, o OEE_o (ou também denominado de OEE_r) pode ser menor ainda. E, para não complicar, vamos considerar que sejam nos equipamentos ‘considerados’ gargalos.

Uma referência comumente encontrada de “OEE Classe Mundial” (**World Class**) para indústrias de fabricação de unidades discretas (não contínuas) é de obter um OEE de 85% (90% de D x 95% de P x 85% de Q), o que normalmente pode não dizer muita coisa para grande parte dos contextos industriais.

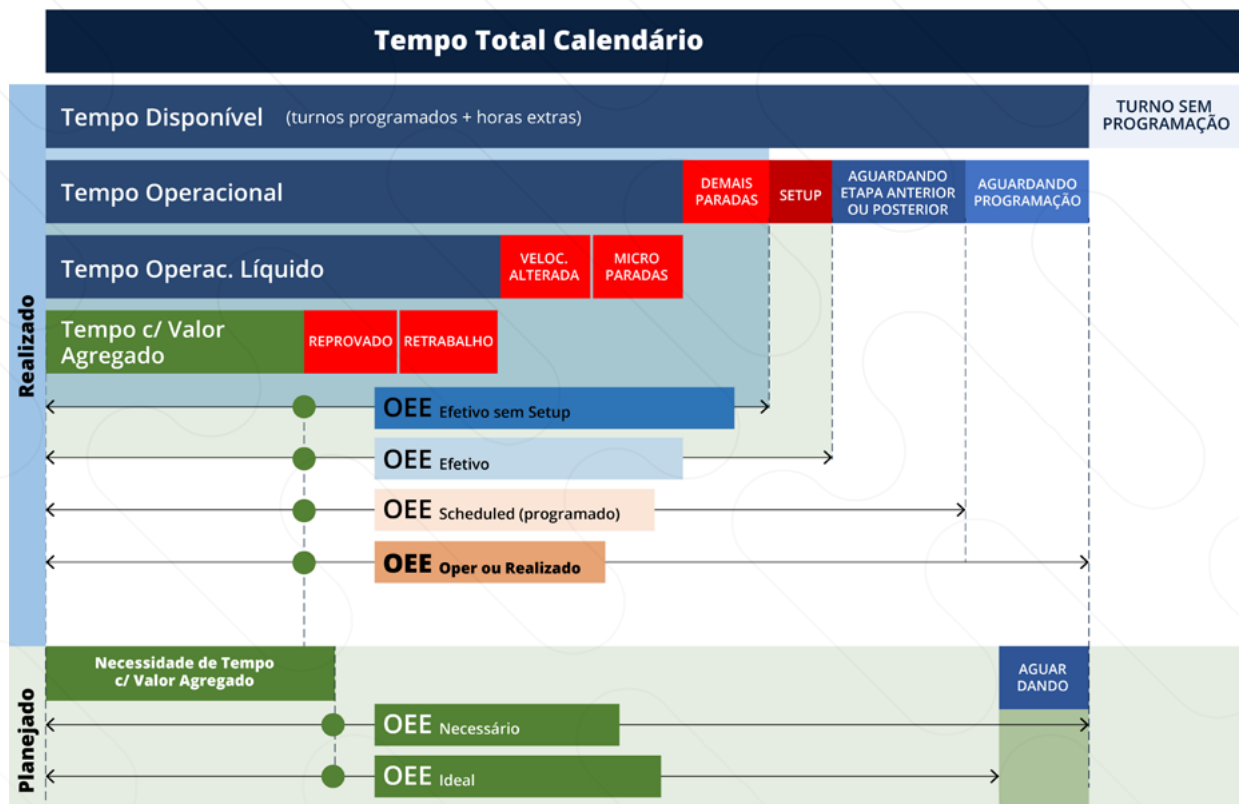
O primeiro passo para estabelecer metas relacionadas ao OEE é entender como ele está relacionado com o desempenho, como funciona os diferentes tipos de OEE e suas armadilhas, conforme apresentado neste texto.

O OEE deve ser utilizado como direcionador de ações para melhoria do desempenho dos processos em determinado contexto e, conseqüentemente, para aumento da disponibilidade de capacidade confiável para atendimento das necessidades de demanda atuais e futuras.

Estabelecimento de metas de OEE para envolvimento das pessoas

Determinadas metas e formas de medição podem nos levar em direção oposta aos resultados efetivos pretendidos. O estabelecimento de metas relacionadas ao OEE pode incorrer neste erro e na prática isso tem ocorrido com muita frequência, em parte por não entender os diferentes tipos de OEE.

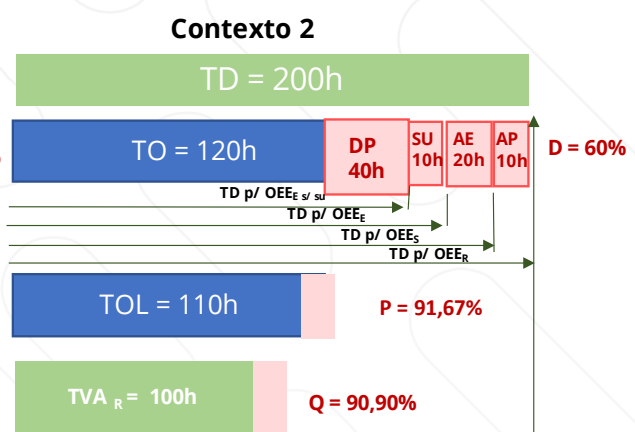
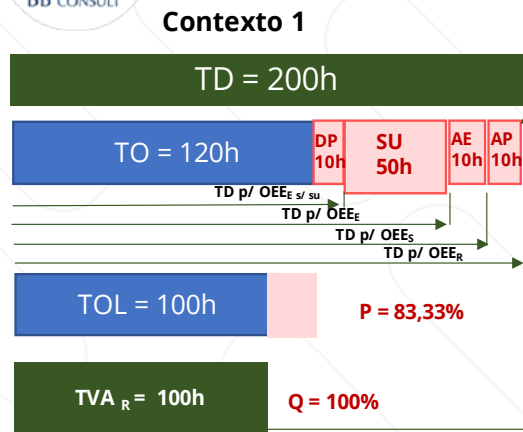
OEE Para Controle do Desempenho



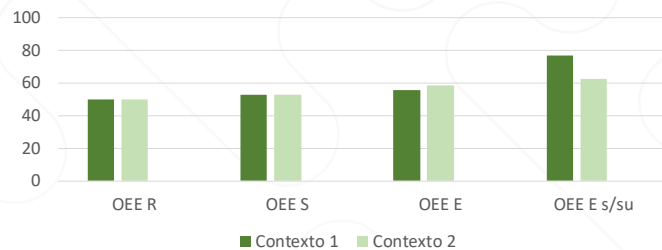
Os diferentes tipos de OEE devem ser bem entendidos para estabelecimento de metas diferenciadas por níveis de responsabilidade. Assim, retomar a leitura dos tipos de OEE é fundamental, para tanto pode-se fazer o uso da ilustração anterior e com especial atenção para o $OEE_{s/su}$ para envolvimento do nível operacional como será explicado a seguir.

Vejamos a ilustração a seguir na qual existem duas máquinas idênticas em dois contextos diferentes, porém, ambas alcançaram um OEE_R de 50%.

OEE na Avaliação de Desempenho



Tipos de OEE



	Disp	Perf	Qual	OEE _R	OEE _S	OEE _E	OEE _{E s/su}
Contexto 1	60%	83,33%	100%	50%	52,63%	55,55%	76,92%
Contexto 2	60%	91,67%	90,90%	50%	52,63%	58,82%	62,50%

AP = Aguardando Programação
 AE = Aguardando Etapas (Ant/post)
 SU = Setup
 DP = Demais Paradas

OEE_R = Realizado ou Operacional
 OEE_S = Scheduled ou Programado
 OEE_E = Efetivo
 OEE_{E s/su} = Efetivo sem setup

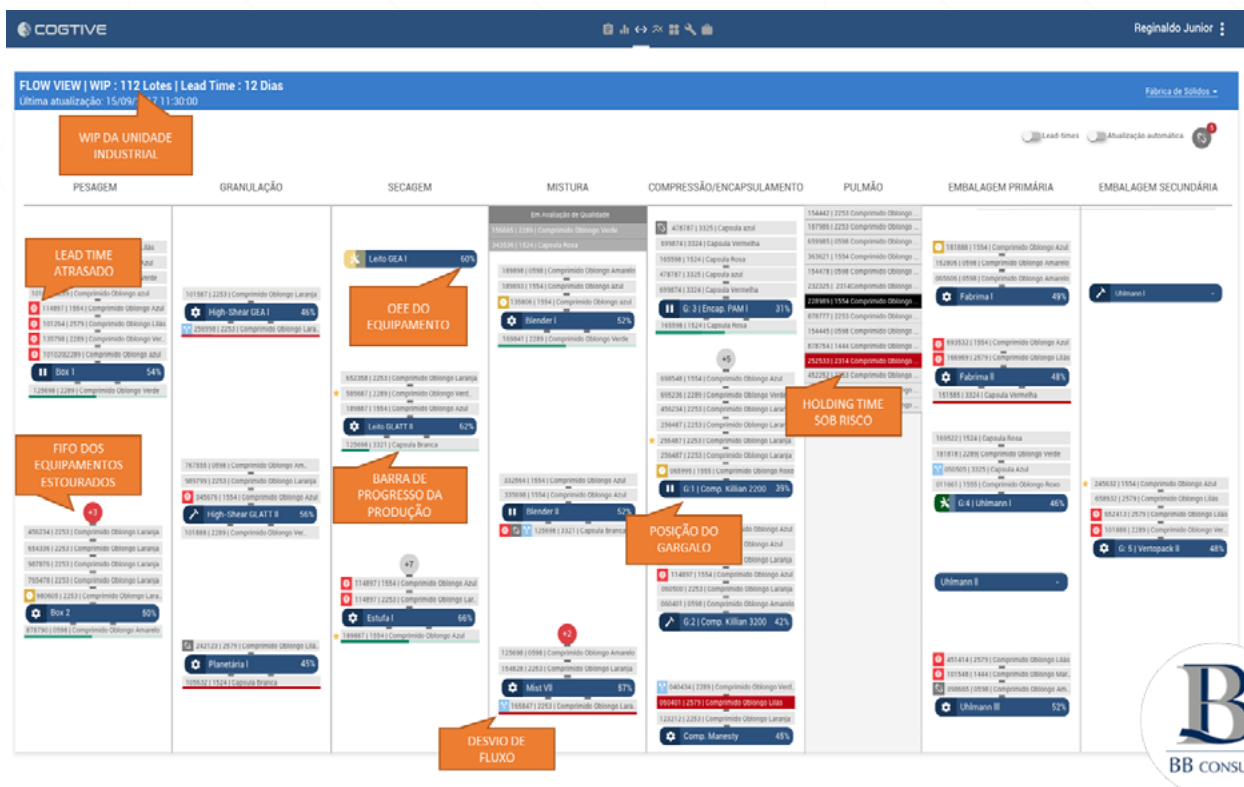
Ambos os contextos apresentaram também o mesmo nível de utilização programada (UT_p) no tempo disponível = $(TD - AP) / TD = 95\%$, e nesse caso obtiveram também o mesmo OEE_s . Lembrando que esse reflete a quantidade de tempo 'Aguardando Programação' (OP) e tem aplicação no uso do OEE para planejamento e melhoria da capacidade¹⁵.

O OEE_E também tem grande importância para o planejamento e melhoria da capacidade, porém observando a diferença entre OEE_S e o OEE_E em ambos os contextos se constata que há uma diferença entre os tempos 'aguardando etapa anterior/posterior'.

A questão a ser avaliada é se nesses contextos houve uma evolução para a mais ou para menos dessa causa de tempo não produtivo, pois pode estar relacionada à manutenção de WIP.

Uma redução do WIP em demasia pode afetar a capacidade pelo aumento dos tempos 'aguardando etapa', já um aumento exagerado pode ter como consequência um aumento de Lead Time, incorrendo em necessidades de aumento de estoque de segurança de PA, problemas de holding time e de estocagem dos produtos nos fluxos de processos.

A gestão visual com indicadores de controle de lead time, WIP e holding time permitem desenvolvimento de uma visão mais sistêmica para lideranças e analistas, com foco no fluxo e não apenas pontualmente no processo.



Recursos informatizados como apresentado na tela do software acima permitem essa visualização e contribui para o desenvolvimento das pessoas.

Retomando os dois contextos anteriormente apresentados e supondo que o tempo médio de setup seja de 2h, verifica-se que enquanto no contexto 2 estima-se a realização de 5 setups, no contexto 1 a estimativa é de 25 setups, desta forma apesar de ambos terem $OEE_R = 50\%$ os setups penalizaram mais o contexto 1 que o contexto 2, porém o desempenho no $OEE_{E\ s/su}$ foi muito maior no contexto 1 e compensou a quantidade de setup.

A realização de mais setups pode estar relacionada à uma estratégia de uso flexível da capacidade (atendimento de um mix maior em um período menor), assim, não faz sentido 'penalizar' a operação do processo por realizar mais setups, desde que haja capacidade para tal e a performance na realização dos mesmos esteja dentro dos padrões estabelecidos.

Então podemos concluir que um bom indicador de OEE, mas não apenas, para envolvimento do nível operacional seria o $OEE_{E\ s/su}$. Ele abrange a produção de produtos com qualidade, na velocidade certa e com um mínimo das 'demais paradas', que na maioria das vezes está muito relacionada com as condições diretas do processo.

Alguns tipos de ações que afetam positivamente o $OEE_{E\ s/su}$ são:

- Estabelecimento de bons padrões de processo (tempo e método);
- Treinamento operacional adequado;
- Sistemas de regulagem e verificação do tipo 'poka yoke';

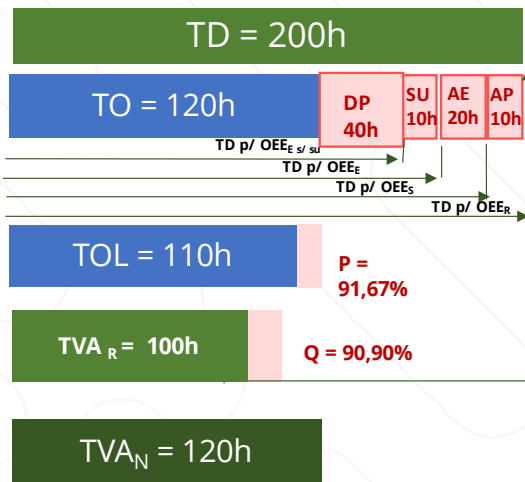
- Manutenção autônoma;
- Manutenção corretiva e preventiva eficiente;
- Gestão visual de controle do desempenho e das conexões de fluxo;
- Capacidade de solução rápida de problemas e eliminação de causa raiz;
- Estrutura de liderança e de suporte adequada para os operadores,
- Uma rotina de gerenciamento diário no chão de fábrica.

No $OEE_{E s/su}$ estão excluídas as paradas de setup e todos os tipos de aguardando, porém sabe-se que estas afetam o uso final da capacidade e o potencial de entrega. Pode-se almejar um $OEE_{E s/su}$ de 100% (apesar de haver uma certa utopia nisso) sem gerar uma produção desnecessária de produtos (pode ser atendido o OEE_N com um possível aumento de aguardando programação), tal que a operação do processo alcança um desempenho tão bom que disponibiliza capacidade potencialmente utilizável para o planejamento.

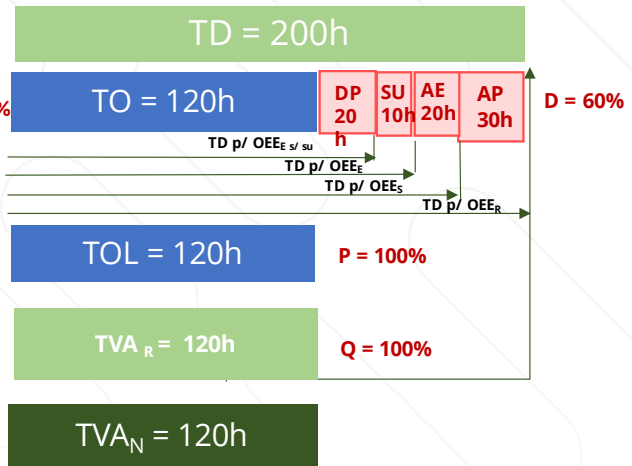
Vejamos na ilustração abaixo um mesmo processo que melhorou significativamente seu $OEE_{E s/su}$, na qual o contexto anterior tinha um menor desempenho que o contexto atual melhorado. Nesse exemplo ilustrativo há definição de um OEE_N e foram mantidas as horas de 'setup' e 'aguardando etapa anterior/posterior' nos dois contextos.

Melhoria de Desempenho do OEE_{E s/su}

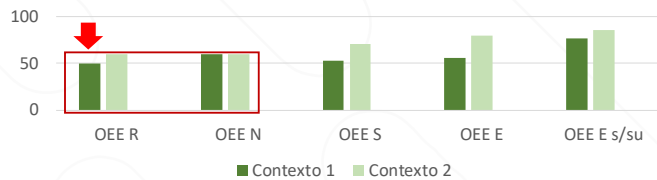
Contexto 1 - Anterior



Contexto 2 - Atual Melhorado



Tipos de OEE



	Disp	Perf	Qual	OEE _R	OEE _N	OEE _S	OEE _E	OEE _{E s/su}
Contexto 1	60%	91,67%	90,90%	50%	60%	52,63%	58,82%	62,50%
Contexto 2	60%	100%	100%	60%	60%	70,59%	80,00%	85,71%

AP = Aguardando Programação
 AE = Aguardando Etapas (Ant/post)
 SU = Setup
 DP = Demais Paradas
 OEE_N = Necessário

OEE_R = Realizado ou Operacional
 OEE_S = Scheduled ou Programado
 OEE_E = Efetivo
 OEE_{E s/su} = Efetivo sem setup

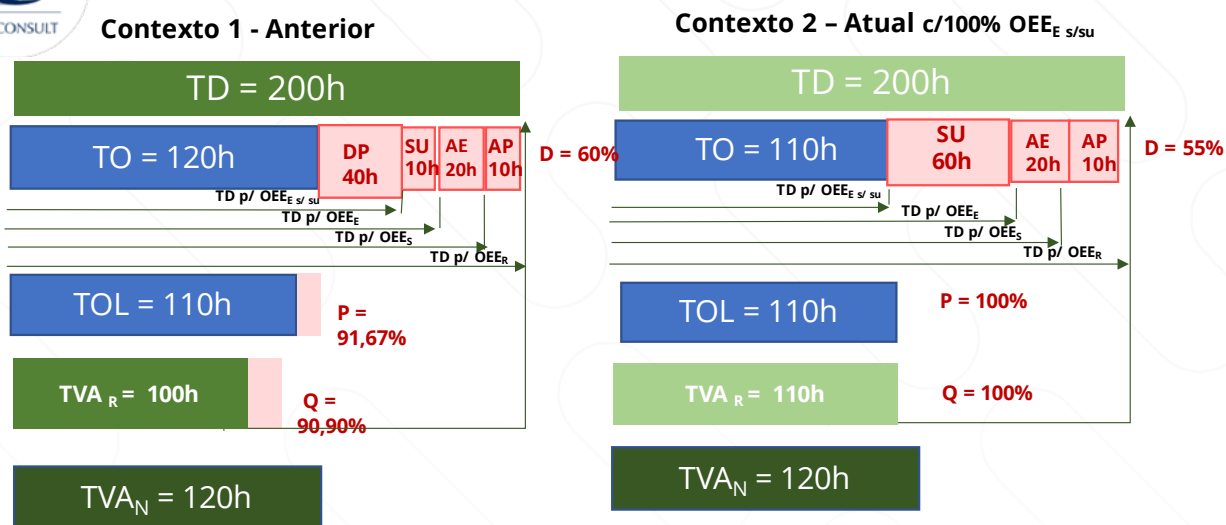
Observe que no contexto 1 não foi possível atingir o OEE_N, enquanto no contexto 2 já foi possível atender o TVA_N definido pela demanda só com a melhoria dos índices de Qualidade e Performance. Houve ainda uma redução das 'demais paradas' (DP), que apesar de gerar um ganho de 20h não se produziu mais que o TVA_N, por consequência houve um aumento de

tempo não produtivo de 'aguardando programação', que é uma capacidade potencial disponível gerada para ser aproveitada no planejamento de uso da capacidade.

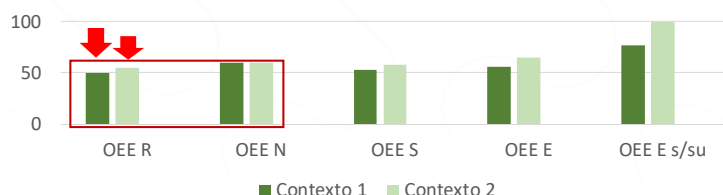
Vejamos esse mesmo processo partindo do mesmo contexto inicial anterior, mas agora atingindo 100% de $OEE_{E\ s/su}$ em um outro contexto com maior tempo de setup.



100% de Desempenho do $OEE_{E\ s/su}$



Tipos de OEE



	Disp	Perf	Qual	OEE _R	OEE _N	OEE _S	OEE _E	OEE _{E s/su}
Contexto 1	60%	91,67%	90,90%	50%	60%	52,63%	55,55%	76,92%
Contexto 2	55%	100%	100%	55%	60%	57,89%	64,71%	100%

AP = Aguardando Programação
 AE = Aguardando Etapas (Ant/post)
 SU = Setup
 DP = Demais Paradas
 OEE_N = Necessário

OEE_R = Realizado ou Operacional
 OEE_S = Scheduled ou Programado
 OEE_E = Efetivo
 OEE_{E s/su} = Efetivo sem setup

É possível observar que, mantida as horas de todos os tipos de aguardando nos dois contextos, apesar de realizar um $OEE_{E\ s/su}$ de 100% (Qualidade 100%; Performance 100% e Demais Paradas = \emptyset h) não foi possível atingir o OEE_N .

Nesse caso foi devido ao aumento de tempo utilizado para setup no contexto 2 que cresceu significativamente, seja por terem sido realizados mais setups e/ou ter havido uma péssima performance de realização dos setups.

Se “uma andorinha só não faz verão”, “um indicador único não conta toda a história”. Seja no nível operacional ou gerencial, é praticamente impossível um único indicador representar todo o contexto das operações industriais. Inclusive pode nos direcionar para algumas armadilhas, como vimos anteriormente.

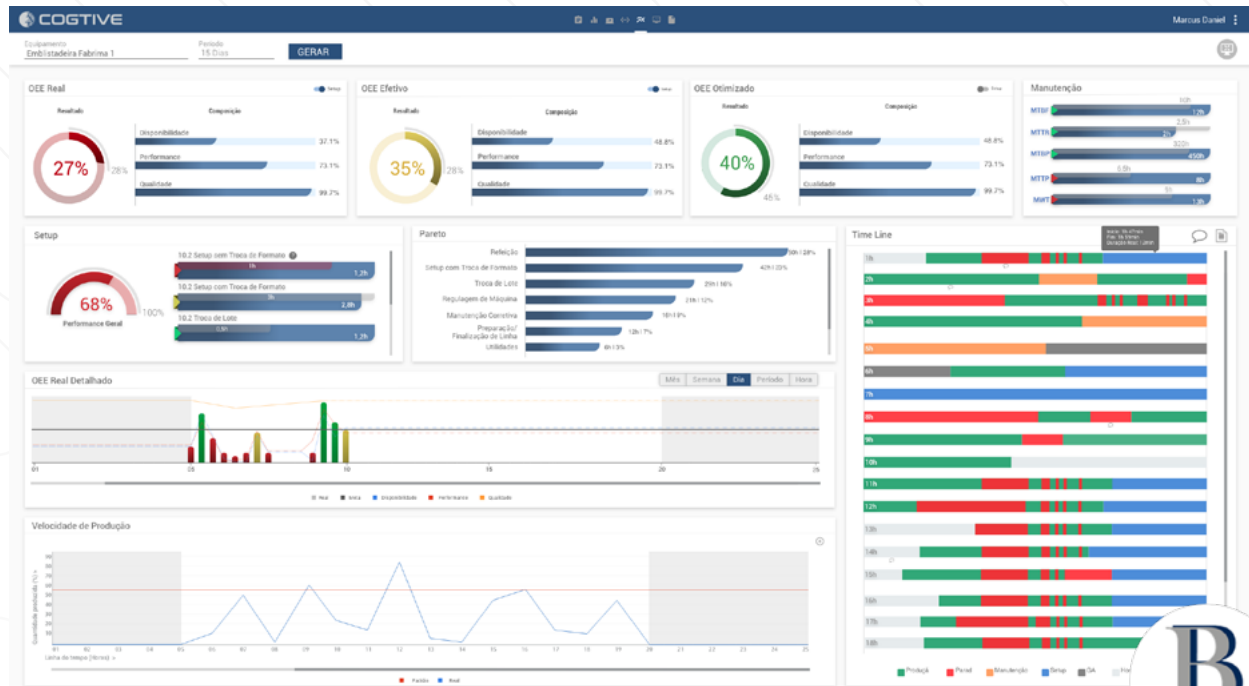
Conforme o propósito do controle do desempenho é fundamental avaliar qual OEE é adequado, quais indicadores complementares devem ser utilizados e quais áreas devem compartilhar das avaliações dos indicadores.

A seguir uma ilustração de possíveis indicadores de desempenho dos processos.

Exemplo de indicadores para Controle do Desempenho dos processos

Liderança	<ul style="list-style-type: none"> Desempenho Relativo (OEE_R / OEE_N) Qtde Produzida TVA Qtde produzida un Rendimento Perdas 	Evolução dos OEE nos Gargalos	<ul style="list-style-type: none"> Tempo Médio de SU Pareto Índice PQ nos Gargalos Pareto dos Tempos (Produtivo e Não Produtivos) Produtividade MO 	<ul style="list-style-type: none"> Lead Time Fator de Fluxo Holding Time crítico 	<ul style="list-style-type: none"> Índice de Qualificação de MO (Baseado no Mapa de Habilidades)
Operação	<ul style="list-style-type: none"> Hs extras Absenteísmo Acidentes Status Kaizen Status de 5s 	<ul style="list-style-type: none"> OEE_N OEE_R $OEE_{E\ s/su}$ 	<ul style="list-style-type: none"> Eficiência de Setup Performance do Processo Qualidade Reprovações Retrabalhos 	<ul style="list-style-type: none"> Status WIP MTTR MTBR 	<ul style="list-style-type: none"> Índice de Padronização

Segue abaixo exemplo de telas de software para suporte na gestão do desempenho dos processos.



NOTAS

1. Relacionado ao output realizado com performance e qualidade adequada
2. Relacionado, em teoria, ao quanto poderia ter sido produzido com valor agregado, ou seja, ao output teórico máximo no tempo considerado disponível. Na produção de um único item podemos raciocinar tanto na relação entre tempos quanto em volumes, porém quando produzido um mix a ideia de produção máxima seria de forma ilustrativa, pois teria que considerar uma produção teórica desse mesmo mix da ocasião da medição, assim, o cálculo com base no tempo é sempre o mais adequado.
3. No sistema industrial está relacionado à produção de produtos bons com performance equivalente ao padrão de tempo previsto por unidade.
4. Unidade pode ser um item ou um lote pré-determinado
5. Os turnos não programados são considerados 'sem programação' e naturalmente não entram no cálculo do OEE
6. É comum haver dificuldade em ser preciso quanto ao apontamento ser 'aguardando programação' ou 'aguardando etapa anterior ou posterior', assim, nesse caso na avaliação de capacidade pode ser utilizada uma forma de cálculo com premissas simplificadoras, na qual ambos os tempos aguardando são considerados em conjunto para avaliar o atendimento à demanda.
7. Desde 1961, pelo estudo das teorias das filas aplicado aos processos e fluxos produtivos, a fórmula de Kingman representa uma modelagem da dinâmica de fluxos produtivos que fornece uma aproximação de situações prováveis de ocorrer na dinâmica do chão de fábrica. Ela demonstra que dois fatores afetam a criação de filas e, conseqüentemente, lead times, que são a **variação** (de chegada – que é influenciada pela variação da demanda ou saída dos processos anteriores – e a do próprio processo) e o nível de **utilização** da capacidade do processo. Porém, havendo variação, que sempre há, o aumento da utilização afeta exponencialmente a necessidade de estoques em processos para manter uma alta utilização da capacidade, gerando os efeitos negativos de menor rapidez de resposta e necessidade de maiores estoques de segurança pelo aumento do lead time. Por isso que na prática, principalmente quando há controle de WIP, muitos planejadores evitam (mesmo que intuitivamente) utilização maior que 85 ou 90% do tempo disponível.

NOTAS

8. Na produção em lote poderia ser até 'alcance do ritmo normal de produção do próximo lote'
9. Alguns preferem o termo 'reprocesso'. Entretanto pode-se até utilizar os dois termos, a classificação de reprocesso para tratar o apontamento no processo de unidades que foram reprovadas no próprio e retrabalho tratar unidades que foram aprovados no processo e reprovadas em processos posteriores.
10. Com base em estudos da dinâmica produtiva que utilizam a teoria das filas, principalmente em ambientes com controle de WIP.
11. S= Scheduled (programado)
12. Utilização ideal tem sempre como referência o Tempo disponível planejado (TDP). O 'tempo aguardando' para planejamento normalmente considera apenas uma reserva para 'aguardando etapa anterior ou posterior', pois não faz sentido planejar uma reserva de planejamento para 'aguardando programação'. Algumas vezes no planejamento do uso da capacidade são acrescentadas futuras paradas que passarão a ocorrer sistematicamente no futuro e que antes não ocorriam (Ex: Produção Piloto ou Preventiva).
13. Essa alternativa de calcular OEE 'sem programação' é utilizada para 'planejamento do uso da capacidade' e não para o controle de desempenho.
14. No Brasil houve uma tendência da indústria Farma nacional de, quando implementado o OEE, restringir as medições às linhas de saída do fluxo, que são as de embalagem, mesmo sem saber onde se localizavam os gargalos e se os mesmos mudariam de posição por diversos fatores.
15. Como já dito, o "uso do OEE no planejamento e melhoria da capacidade" será um conteúdo a ser explorado em outro texto.



WT Morumbi

Av. Nações Unidas ,14261
(11) 3230-8102

Centro Empresarial Dom Emanuel

Jundiaí - Anápolis
(62) 3701-1328

www.cogtive.com.br