



## APLICAÇÃO DA CRONOANÁLISE EM PROCESSOS INDUSTRIAIS

### APPLICATION OF CHRONOANALYSIS IN INDUSTRIAL PROCESSES

*Jeconias Freitas de Lima*<sup>1</sup>  
*José Venâncio Lopes de Sousa Júnior*<sup>2</sup>  
*Diego Romão de Sousa Silva*<sup>3</sup>  
*Everton Valério Gomes Ferreira*<sup>4</sup>  
*Paulo Alves Gonçalves*<sup>5</sup>

#### RESUMO

A falta da aplicabilidade de algumas ferramentas em processos industriais pode gerar diversos tipos de problemas, como por exemplo: tempo desperdiçado, pouca produtividade, investimentos desnecessários, dentre outros. Porém, grande parte desses problemas podem ser sanados com a utilização da cronoanálise. Esta ferramenta é utilizada para realizar estudos de tempos e estudos de movimentos em processos, mensurando cada etapa que o constitui. O objetivo deste artigo é apresentar como a cronoanálise é aplicada em processos industriais, visando a obtenção do tempo padrão para a partir dele realizar dimensionamentos, identificar a capacidade produtiva e promover melhorias no processo. O presente artigo possui natureza descritiva, com abordagens qualitativas e quantitativas que foram evidenciadas através das cronometragens e no levantamento de dados quanto aos movimentos e micro movimentos realizados no processo objeto de estudo. A revisão bibliográfica da literatura pertinente, e alguns estudos relevantes quanto à ferramenta em questão, combinada com a pesquisa de campo, possibilitou a aplicação do estudo da cronoanálise em um processo de ensacamento de ração para equinos. Como resultado da pesquisa, foi possível determinar o tempo padrão da operação, a capacidade produtiva do processo e a determinação do número de máquinas e colaboradores necessários para o cumprimento de uma meta determinada. Ressalte-se que a partir destes pontos, o engenheiro de produção poderá tomar medidas visando reduzir o tempo desperdiçado durante o processamento, eliminar os movimentos desnecessários, como também, reduzir custos de produção, aumentando a produtividade e consequentemente maximizando os lucros da organização.

<sup>1</sup> Graduando de Bacharelado em Engenharia de Produção. E-mail: jeconias.tst@gmail.com

<sup>2</sup> Graduando de Bacharelado em Engenharia de Produção. E-mail: venanciolopesjr@gmail.com

<sup>3</sup> Graduando de Bacharelado em Engenharia de Produção. E-mail: diegoeletrons@hotmail.com

<sup>4</sup> Graduando de Bacharelado em Engenharia de Produção. E-mail: evertonvalerio1@hotmail.com

<sup>5</sup> Professor orientador e docente dos cursos de Engenharias da Faculdade Estácio João Pessoa. E-mail: alves.paulo@estacio.br

**Palavras-chave:** Cronoanálise. Estudos de Tempos. Estudos de Movimentos. Tempo Padrão. Processo.

## **ABSTRACT**

The lack of applicability of some tools in industrial processes can generate several types of problems, such as: wasted time, low productivity, unnecessary investments, among others. However, most of these problems can be solved with the use of chrono-analysis. This tool is used to perform time studies and movement studies in processes, measuring each step that constitutes it. The objective of this article is to present how the chrono-analysis is applied in industrial processes, aiming at obtaining the standard time to make sizing from it, identify the productive capacity and promote process improvements. This article has a descriptive nature, with qualitative and quantitative approaches that were evidenced through the timings and in the survey of data regarding the movements and micro movements performed in the process object of study. The bibliographic review of the pertinent literature, and some relevant studies regarding the tool in question, combined with field research, made it possible to apply the study of the chrono-analysis in a process of equine feed bagging. As a result of the research, it was possible to determine the standard time of operation, the productive capacity of the process and the determination of the number of machines and collaborators necessary for the fulfillment of a determined goal. From these points, the production engineer can take measures to reduce the time wasted during processing, eliminate unnecessary movements, as well as reduce production costs, increasing productivity and consequently maximizing the organization's profits.

**Keywords:** Chronoanalysis. Time Studies. Study of Movements. Standard Time. Processes.

## **INTRODUÇÃO**

A falta da aplicabilidade de algumas ferramentas em processos industriais podem gerar diversos tipos de problemas, como por exemplo: tempo desperdiçado, pouca produtividade, investimentos desnecessários, dentre outros. Porém, grande parte desses problemas podem ser sanados com a utilização da cronoanálise. Esta ferramenta é utilizada para realizar estudos de tempos e estudos de movimentos em processos, mensurando cada etapa que o constitui, a fim de encontrar o tempo padrão para a partir deste, identificar a capacidade produtiva, dimensionar o número de entidades atreladas a este processo para atingir metas, sem que ocorra superdimensionamento, ou seja, compras de máquinas ou contratação de mão de obra além do necessário, bem como promover melhorias otimizando assim toda a operação.

De acordo com Peinado e Graeml (2007), a cronoanálise é um meio utilizado para mensurar o trabalho fazendo uso de ferramentas estatísticas, permitindo a realização do cálculo do tempo padrão, e posteriormente calcular e determinar a capacidade de produção dos processos de uma determinada empresa, desenvolver programas de produção e diversas outras aplicações.

O objetivo deste artigo é apresentar como a cronoanálise é aplicada em processos industriais, visando a obtenção do tempo padrão para a partir dele realizar dimensionamentos, identificar a capacidade produtiva e promover melhorias no processo.

Este artigo justifica-se, pois a cronoanálise é uma das ferramentas mais utilizadas por engenheiros de produção para realizar estudos de tempos, como também realizar estudos de movimentos. Após sua aplicação o engenheiro poderá tomar decisões complexas de forma racional.

## **TEMPOS E MOVIMENTOS**

Segundo Barnes (1977), a indústria deve muito ao casal Frank B. Gilbreth e Lillian M. Gilbreth, pois eles foram os pioneiros quanto a realização do estudo de movimentos.

De acordo com Toledo Junior (1989), o estudo de tempos originou-se na Oficina Mecânica de Midvale Steel Company em 1881, tendo como seu criador o engenheiro Frederick Winslow Taylor.

Para Peinado e Graeml (2007), o estudo de tempos e movimentos consiste na utilização de técnicas que submetem todas as etapas de um determinado processo a uma análise acurada, buscando excluir todos os elementos que sejam supérfluos à operação, como também, determinando o melhor método para sua execução.

## **FLUXOGRAMA**

De acordo com Peinado e Graeml (2007), o fluxograma nos mostra de forma clara e objetiva as etapas que constituem uma operação, tornando todo o processo visível.

Ainda segundo Peinado e Graeml (2007), o fluxograma é um diagrama normalmente utilizado para espelhar os passos de um processo, através de símbolos gráficos. Quando um processo é representado em formato de fluxograma fica mais fácil compreender seu funcionamento.

De acordo com Barnes (1977, p. 46), “gráfico do fluxo do processo é uma técnica para se registrar um processo de maneira compacta, a fim de tornar possível sua melhor compreensão e posteriormente melhoria”.

## **ESTATÍSTICA**

De acordo com Costa Neto (2002), a estatística pode ser considerada a ciência responsável pela organização, descrição, análise e interpretação dos dados experimentais, com o objetivo de realizar tomada de decisões.

Larson e Farber (2004), definem estatística como sendo a ciência que se atenta em coletar, organizar, analisar e interpretar dados, visando a tomada de decisões.

Peinado e Graeml (2007), afirmam que a realização da mensuração do trabalho feita de maneira científica, fazendo uso de técnicas estatísticas, iniciou-se no começo do século XX, porém essas técnicas eram aplicadas apenas no ambiente industrial.

## **CRONOMETRAGEM**

De acordo com Barnes (1977), podemos fazer uso de tempos elementares, tempos sintéticos e amostragem do trabalho para determinarmos o tempo padrão de uma atividade, mas o método mais comum para medirmos o trabalho humano é a cronometragem.

Peinado e Graeml (2007), afirmam que a cronometragem das atividades continua sendo utilizada continuamente na maioria das indústrias brasileiras, e tem como objetivo medir e avaliar o desempenho do trabalho.

De acordo com Russi, Cardoso e Bastos (2016), a cronometragem só deverá ser iniciada após a verificação de determinadas condições de execução do trabalho, com o objetivo de realizar a cronometragem o mais próximo da realidade

do trabalho, para que a determinação do tempo padrão seja com feita com o máximo de assertividade.

## **OUTLIERS**

De acordo com McClave, Benson e Sincich (2009), um outlier pode ser definido como uma medição que é grande ou pequena em relação as outras medições realizadas, ou seja, uma medição distante dos outros valores do conjunto amostrado.

Segundo Larson e Farber (2010), um valor que está muito distante dos demais dados amostrados em um determinado conjunto, é definido como um valor discrepante, isto é, um outlier.

De acordo com Oliveira *et al* (2014), os valores presentes em um dado conjunto de numérico, que apresentam alta variação ou inconsistência em relação aos outros valores desse mesmo conjunto, são definidos como outlier.

## **AVALIAÇÃO DO RITMO DE TRABALHO**

De acordo com Barnes (1977), ao avaliar o ritmo de trabalho, o cronoanalista deve comparar o ritmo do colaborador em observação, com o seu próprio conceito de ritmo normal.

Ainda de acordo com Barnes (1977), a avaliação do ritmo decorre do julgamento pessoal do cronoanalista, ainda não há uma maneira de se estabelecer um tempo padrão para um processo sem ter como base o julgamento deste profissional quanto ao conceito de ritmo normal.

Para Peinado e Graeml (2007), assim que definido o conceito de ritmo ou velocidade normal de uma determinada tarefa, o cronoanalista atribuirá a este ritmo um percentual igual a 100%. Valores inferiores a 100%, ou seja, inferiores a velocidade normal, serão considerados abaixo do ideal, e valores superiores a 100% serão considerados acima do ideal.

## **TEMPO NORMAL**

Barnes (1977), define o tempo normal como o tempo necessário para que uma operação seja executada por um colaborador qualificado exercendo suas atividades em um ritmo normal.

Souza (2012), afirma que o tempo normal é o tempo que uma pessoa utiliza para executar uma determinada atividade em um ritmo normal. Souza ainda afirma que este tempo não contém as tolerâncias.

De acordo com Contador *et al* (1997, *apud* ROSSO, 2015), o tempo normal pode ser definido como o tempo necessário para que um colaborador qualificado, devidamente treinado e que execute suas tarefas em um ritmo normal de trabalho, realize uma determinada atividade específica.

## **TOLERÂNCIA**

De acordo com Barnes (1977), o tempo do colaborador pode ser dispendido com suas necessidades pessoais, repouso ou por outros motivos que não estejam sob o seu controle. As tolerâncias para esses tipos de interrupções no processo produtivos podem ser classificadas como tolerância pessoal, tolerância para fadiga e tolerância de espera.

Barnes (1977, p. 313), ainda afirma que “o tempo padrão deve conter a duração de todos os elementos da operação e, além disso, deve incluir o tempo para todas as tolerâncias necessárias”.

De acordo com Toledo Júnior (1989), consertos, reparos ou ajustes realizados pelos próprios colaboradores que operam a máquina ou equipamento, devem ser considerados como espera e cobertos por tolerâncias.

## **TEMPO PADRÃO**

De acordo com Barnes (1977), a duração de todas as etapas de um determinado processo devem estar contidas no tempo padrão, como também, o tempo de todas as tolerâncias (fadiga, necessidades fisiológicas e esperas) necessárias.

Segundo Toledo Junior (1989), o tempo necessário para que uma operação seja executada com um método de trabalho definido, em condições determinadas,

por um colaborador experiente, apto, treinado, possuindo habilidade média para executar sua atividade, trabalhando em ritmo normal durante sua jornada de trabalho, é definido como tempo padrão.

Peinado e Graeml (2007), afirmam que a capacidade produção, elaboração de programa de produção, dentre outros. São estabelecidos, ou seja, determinados a partir do tempo padrão.

## **CAPACIDADE PRODUTIVA**

Segundo Peinado e Graeml (2007), uma das finalidades do estudo de tempos é identificar um padrão de referência que servirá para determinar a capacidade produtiva de uma empresa.

Segundo Cruz (2008, *apud* BORTOLI, 2013), “o tempo padrão permite a análise da capacidade produtiva de um determinado processo considerando todos os aspectos que têm impacto no tempo necessário para a fabricação de um produto”.

Corrêa e Corrêa (2007, *apud* DAMASIO *et al*, 2015), “afirmam que capacidade é o volume máximo de atividade de agregação de valor que pode ser atingido por uma unidade produtiva em condições normais de operação”.

## **METODOLOGIA**

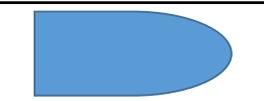
O presente artigo possui natureza descritiva, objetivando descrever a aplicação da cronoanálise em processos industriais. A aplicabilidade desta ferramenta conta com abordagem de dados quantitativos, representados nesta pesquisa pelas cronometragens realizadas nos elementos que constituem o processo objeto de estudo. Também possui abordagem qualitativa, pois existe a necessidade do levantamento de dados quanto aos movimentos e micro movimentos realizados durante a execução das atividades que compõe o processo. Foi utilizada a revisão bibliográfica da literatura pertinente, e alguns estudos relevantes quanto à ferramenta em questão, combinada com a pesquisa de campo que possibilitou a aplicação do estudo da cronoanálise em um processo de ensacamento de ração para equinos.

## ETAPAS PARA A REALIZAÇÃO DA CRONOANÁLISE

### Conhecimento do Processo

A cronoanálise inicia-se quando o cronoanalista estuda o processo a fim de conhecer as etapas que o constitui. Algumas ferramentas de mapeamento de processos podem ser utilizadas para que o cronoanalista entenda-o de forma clara, essas ferramentas apresentam o processo de forma compacta, facilitando assim, o conhecimento de suas etapas. Podemos citar o fluxograma como uma dessas ferramentas. Além de analisar o fluxograma, é importante que o cronoanalista observe o processo em execução antes de particioná-lo, pois alguns processos podem possuir detalhes que serão cronometrados e não são apresentados no fluxograma.

**Figura 1:** Símbolos utilizados em fluxogramas.

	<b>INÍCIO OU FIM DO PROCESSO</b>
	<b>ATIVIDADE REALIZADA NO PROCESSO</b>
	<b>TOMADA DE DECISÃO</b>
	<b>DOCUMENTOS UTILIZADOS NO PROCESSO</b>
	<b>ESPERA</b>
	<b>CONECTOR</b>
	<b>DIREÇÃO DO FLUXO</b>

Fonte: Elaborado pelos autores, (2020).

### Escolha do Colaborador

Esta etapa da cronoanálise é importantíssima, pois o cronoanalista ao fazer a escolha do(s) colaboradore(s) que executarão as atividades de um determinado

processo que está sendo analisado com o objetivo de identificar o seu tempo padrão, não deve selecionar um ou um grupo de colaboradores que executam suas atividades em um ritmo muito alto ou muito abaixo do ritmo médio, ou seja, se para um processo de produção ele identificar três colaboradores que executam a mesma atividade, sendo que, um a executa numa velocidade alta, outro executa com ritmo médio e outro com ritmo baixo, ele sempre deverá optar pelo colaborador ou grupo de colaboradores que executam com ritmo médio para que o resultado do tempo padrão não seja muito baixo, impedindo que os demais colaboradores não consigam atingir aquele tempo, ou muito alto, causando uma baixa produtividade. Para a realização dos estudos de tempos, o colaborador ou grupo de colaboradores devem possuir uma experiência considerável, evitando sempre a escolha de colaboradores inexperientes.

### **Particionar o Processo em Elementos**

Para a realização do estudo de tempos em um processo, o cronoanalista deve particionar o mesmo em elementos, ou seja, em etapas, para poder realizar a cronometragem desses elementos de maneira individual, desta forma ele obterá resultados mais precisos. De acordo com Barnes (1977, p. 281), “a cronometragem de uma operação inteira como um único elemento raramente é satisfatória”.

Alguns processos possuem elementos acíclicos, e os mesmos deverão ser considerados pelo cronoanalista quando a operação estiver sendo particionada.

Quando as cronometragens das etapas que formam a operação iniciarem, o cronoanalista deverá manter o máximo de atenção para o início e término de cada elemento para que os tempos cronometrados em cada etapa sejam cronometrados corretamente.

### **Cronometragem Preliminar**

Para realizar o cálculo do número de ciclos a serem cronometrados é preciso realizar algumas amostras preliminares de tempo. Após particionar a operação em elementos, o cronoanalista desenvolverá uma planilha com essas etapas e uma determinada quantidade de amostras preliminares. 10 (dez) amostras

para cada elemento são suficientes para a realização do cálculo, porém, se o cronoanalista optar por realizar um número maior de amostras, não há objeções.

### **Outliers nas Cronometragens**

Os dados encontrados nas cronometragens, que estejam apresentando distância dos demais valores, deverão ser identificados, pois estes valores podem resultar em erros uma vez que os mesmos podem ter surgido através de uma falha do cronoanalista ou algo atípico do processo. Esses valores serão analisados e dependendo da situação os mesmos poderão ser eliminados dos conjuntos amostrais. Os outliers podem ser calculados da seguinte maneira: O cronoanalista identificará em seu conjunto amostral o 1° e o 3° quartil, após essa identificação, ele calculará o Interquartile Range (IQR), que é a diferença entre o 1° e o 3° quartil. Depois de calcular o IQR, o próximo passo será calcular o limite inferior e superior. A utilização de ferramentas, como por exemplo, o Excel, auxiliará o cronoanalista na identificação dos outliers. Qualquer valor encontrado abaixo do limite inferior ou acima do limite superior, serão considerados outliers e deverão ser analisados para serem excluídos ou não.

1° Quartil: Q1

3° Quartil: Q3

$$IQR = Q3 - Q1$$

$$L.I. = Q1 - (1,5 * IQR)$$

$$L.S. = Q3 + (1,5 * IQR)$$

L.I. = Limite Inferior;

L.S. = Limite Superior.

### **Cálculo da Determinação do Número de Ciclos a Serem Cronometrados**

O cálculo da determinação do número de ciclos a serem cronometrados (N), é necessário para que o cronoanalista tenha ciência da quantidade mínima de repetições da operação que ele deverá cronometrar para obter resultados aceitáveis. Parâmetros estatísticos são aplicados nos cálculos, podemos citar como exemplo, a

distribuição normal padrão, média aritmética, amplitude, dentre outros. De acordo com Peinado e Graeml (2007), a seguinte fórmula é utilizada para determinar o número de ciclos a serem cronometrados:

$$N = \left( \frac{Z * A}{Er * d2 * \bar{X}} \right)^2$$

Onde:

N = Números de ciclos a serem cronometrados;

Z = Coeficiente de distribuição normal para uma probabilidade determinada;

A = Amplitude da amostra;

Er = Erro relativo da medida;

d<sub>2</sub> = Coeficiente em função do número de cronometragens realizadas;

$\bar{X}$  = Média aritmética das amostras preliminares.

O coeficiente de distribuição normal (Z) é encontrado a partir da determinação da probabilidade de confiança, ou seja, do nível de confiança estabelecido pelo cronoanalista. Este nível de confiança é o percentual de confiabilidade que um determinado parâmetro, ou seja, a média “verdadeira” está contida no intervalo de confiança. Na cronoanálise é comum utilizar uma probabilidade de 90% a 95% de confiabilidade. Após determinar o nível de confiança, é utilizada uma fórmula para encontrar o valor crítico e posteriormente o coeficiente de distribuição normal para a probabilidade determinada. O valor crítico pode ser encontrado através da seguinte fórmula:

$$VC = \frac{1 + (1-\alpha)}{2}$$

Onde:

VC = Valor crítico;

$\alpha$  = Probabilidade de erro.

Após encontrar o valor crítico através da fórmula acima, o cronoanalista deverá identificar este valor na tabela de distribuição normal padrão, feito isto, ele identificará o coeficiente de distribuição normal para a probabilidade determinada.

A amplitude (A) é a diferença entre o maior e o menor valor encontrado nas amostras preliminares. Podemos encontrar a amplitude através da fórmula:

$$A = MA - MI$$

Onde:

A = Amplitude;

MA = Máximo;

MI = Mínimo.

O erro relativo da medida (Er), corresponde ao erro para mais ou para menos entre a média aritmética das cronometragens preliminares realizadas em cada elemento do processo, e o tempo verdadeiro de execução desses elementos. Geralmente na cronoanálise é utilizado um percentual entre 5% a 10% de erro relativo da medida, este percentual será definido pelo cronoanalista após o mesmo analisar o processo.

Peinado e Graeml (2007), apresentam a seguinte tabela com os coeficientes em função do número de cronometragens realizadas ( $d_2$ ):

**Tabela 1:** Coeficiente ( $d_2$ ) para o número de cronometragens iniciais.

N	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$d_2$	1,128	1,693	2,059	2,326	2,534	2,704	2,847	2,970	3,078

**Fonte:** PEINADO; GRAEML (2007, p. 98).

A média aritmética das amostras preliminares ( $\bar{X}$ ) é encontrada utilizando a seguinte fórmula:

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n}$$

Onde:

$\bar{X}$  = Média aritmética;

X = Amostras de tempo;

n = Número de amostras realizadas.

## Cálculo do Tempo Normal

O cálculo do tempo normal (TN) é utilizado para a normalização do tempo de execução de uma operação, onde será levado em consideração o ritmo do colaborador que está atrelado ao processo. É importante que o cronoanalista conheça bem esta operação, pois o percentual de ritmo de trabalho é algo subjetivo, e ele é quem determinará quando o colaborador está executando sua atividade em um ritmo normal, ou seja, 100%. Em algumas situações ele encontrará o trabalhador desenvolvendo suas atividades em um ritmo superior ou inferior ao ritmo definido como normal ou 100%, e ele deverá realizar o cálculo para normalizar o tempo de execução da operação que é influenciado diretamente pelo ritmo do colaborador. O cálculo será realizado após as cronometragens dos elementos que constituem o processo serem finalizadas. O cronoanalista irá calcular a média aritmética de cada elemento e posteriormente soma-las, este somatório resultará no tempo observado (TO), também conhecido como tempo cronometrado (TC), que será utilizado no cálculo do tempo normal. Vale ressaltar que o ritmo das máquinas sempre será igual a 100%, a menos que está máquina quando em operação, tenha seu ritmo interligado ao ritmo do operador. O tempo normal de uma máquina, que não dependa do ritmo do operador, deverá ser calculado de forma individual em relação aos outros elementos. Para normalizar o tempo de um processo é utilizada a seguinte fórmula:

$$TN = TO * \left( \frac{RT}{100} \right)$$

Onde:

TN = Tempo Normal

TO = Tempo Observado

RT = Ritmo de Trabalho

## Tolerâncias

Para realizar o cálculo do tempo padrão é necessário estabelecer tolerâncias considerando as limitações físicas dos colaboradores, haja vista que, os mesmos tendem a ficar fadigados com alguns fatores durante a sua jornada laboral, como por

exemplo: esforços realizados nas atividades do processo, monotonia, ruídos, temperatura, dentre outros. Também deve ser considerado as necessidades fisiológicas dos colaboradores, e em algumas situações os processos podem passar por esperas, seja para realizar manutenção preventiva em máquinas ou equipamentos, abastecimento de matéria-prima ou outra causa que venha gerar esperas no processo. Considerando estes 3 (três) fatores, o cronoanalista determinará o percentual de tolerância para a jornada de trabalho, e a partir desse percentual, encontrará o tempo de descanso/esperas que será estabelecido, e realizará o cálculo do fator de tolerância (FT) utilizando este tempo, posteriormente lançará este resultado na fórmula do tempo padrão. Para calcular o fator de tolerância (FT), é utilizada a seguinte fórmula:

$$FT = \left( \frac{1}{1 - P} \right)$$

Onde:

FT = Fator de tolerância;

P = É a relação entre o tempo de descanso/esperas estabelecido e o tempo da jornada de trabalho, ambos devem estar com a mesma unidade de medida.

### **Tempo Padrão**

O tempo padrão de um processo é de extrema importância para a empresa, o mesmo auxiliará diversos setores, como por exemplo, o PCP que planejará a produção a partir deste tempo. Através dele também poderá ser calculada a capacidade de produção de um processo com um determinado número de entidades e recursos disponíveis, como também, a empresa poderá calcular a quantidade exata de máquinas e equipamentos que ela precisará adquirir, e a quantidade de pessoas que ela precisará contratar para atingir uma nova meta de produção. Calculamos o tempo padrão da seguinte maneira:

$$TP = TN * FT$$

Onde:

TP = Tempo padrão;

TN = Tempo normal;

FT = Fator de tolerância.

### **Cálculo da Capacidade de Produção**

Após realizar o cálculo do tempo padrão, o cronoanalista poderá calcular a capacidade máxima de produção do processo. A partir da seguinte fórmula é possível calcular esta capacidade:

$$CP = \frac{JT}{TP}$$

Onde:

CP = Capacidade de produção;

JT = Jornada de trabalho;

TP = Tempo padrão.

### **Número de Colaboradores Necessários para Atingir uma Determinada Meta**

Calculamos o número de colaboradores necessários para atingir uma determinada meta da seguinte maneira:

$$QCN = \frac{M * TP}{JT}$$

Onde:

QCN = Quantidade de colaboradores necessários;

M = Meta;

TP = Tempo padrão;

JT = Jornada de trabalho.

### **Número de Máquinas Necessárias para Atingir uma Determinada Meta**

Calculamos o número de máquinas necessárias para atingir uma determinada meta da seguinte maneira:

$$QMN = \frac{M * TC}{JT}$$

Onde:

QMN = Quantidade de máquinas necessárias;

M = Meta;

TC = Tempo de ciclo;

JT = Jornada de trabalho.

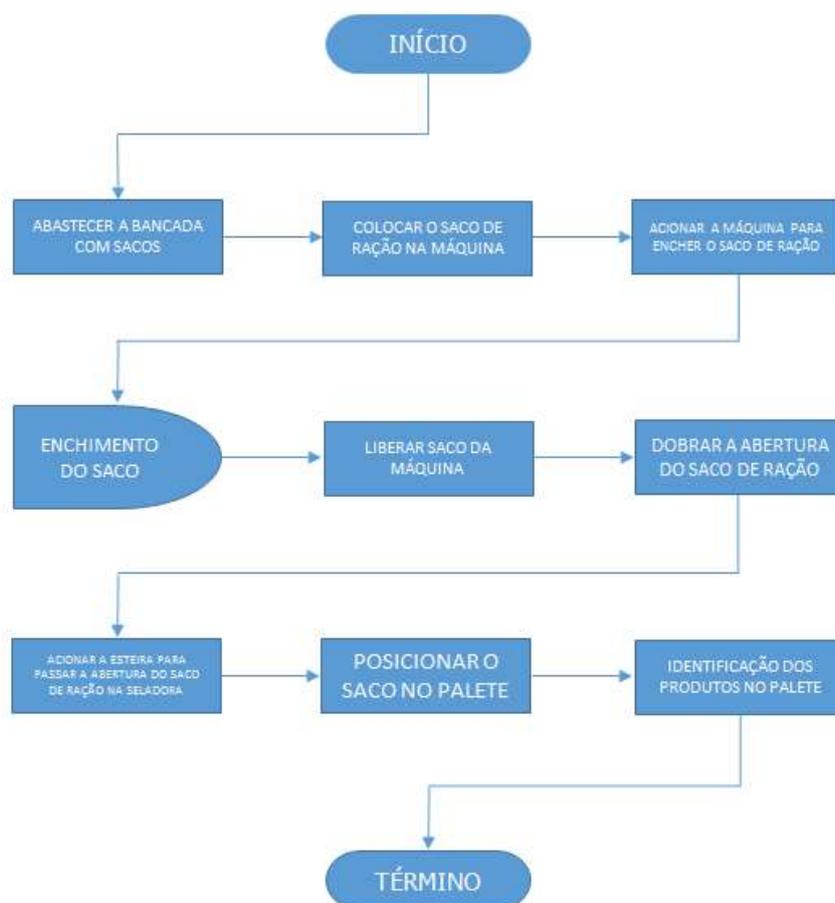
## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Utilizando um processo de ensacamento de ração para equinos que foi otimizado pelos autores do presente trabalho, iremos aplicar a cronoanálise com o objetivo de definir o tempo padrão de execução desta operação, encontrar a capacidade produtiva do mesmo, como também, a quantidade necessária de funcionários e máquinas para atingir uma determinada meta. Os valores utilizados nas cronometragens dos elementos foram escolhidos de forma aleatória para demonstração da aplicação da cronoanálise.

### **Conhecimento do Processo**

Através de uma análise realizada no processo, e logo após, a elaboração do fluxograma desta operação, os cronoanalistas compreenderam de forma ampla como ocorre a execução do processo de ensacamento de ração para equinos. O fluxograma desenvolvido foi o seguinte:

**Fluxograma 1:** Processo de ensacamento de ração para equinos.



Fonte: Elaborado pelos autores, (2020).

De acordo com Rosso (2015), a primeira etapa para a aplicação da cronoanálise em um dado processo é o registro das informações pertinentes ao mesmo.

### Particionando o Processo em Elementos

O processo foi particionado em 8 elementos: 1 - abastecer a bancada com sacos, 2 - acionar a esteira para liberar a máquina de ensacamento, 3 - posicionar o saco na máquina de ensacamento de ração, 4 - acionar a máquina para encher o saco, 5 - dobrar a abertura do saco de ração que está sobre a esteira, 6 - acionar a esteira passando a abertura do saco pela seladora, 7 - posicionar o saco no palete, 8 - identificar os produtos do palete. Utilizando uma tabela desenvolvida pelos autores do presente trabalho, teremos:

**Tabela 2:** Elementos cronometrados preliminarmente

CICLOS	ELEMENTOS DA OPERAÇÃO							
	ELEM. 1	ELEM. 2	ELEM. 3	ELEM. 4	ELEM. 5	ELEM. 6	ELEM. 7	ELEM. 8
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
<b>MÉDIA</b>								

Fonte: Elaborado pelos autores, (2020).

### Cronometragem Preliminar

Utilizando a tabela 2, teremos os seguintes valores cronometrados em cada elemento:

**Tabela 3:** Elementos cronometrados preliminarmente

CICLOS	ELEMENTOS DA OPERAÇÃO							
	ELEM. 1	ELEM. 2	ELEM. 3	ELEM. 4	ELEM. 5	ELEM. 6	ELEM. 7	ELEM. 8
1	8,52	2,77	3,45	0,49	1,93	3,9	7,05	
2		2,63	3,53	0,43	1,84	3,86	7,07	
3		2,68	3,49	0,44	1,79	3,87	7,01	
4		2,72	3,56	0,52	1,89	3,88	6,92	
5		2,63	3,42	0,45	1,78	3,9	6,95	
6		2,64	3,6	0,48	1,82	3,87	7,08	
7		2,74	3,58	0,54	1,9	3,89	7,09	
8		2,7	3,41	0,43	1,77	3,85	7,01	
9		2,75	3,39	0,49	1,79	3,82	6,99	
10		2,66	3,48	0,46	1,74	3,79	7,02	195
<b>MÉDIA</b>	<b>8,52</b>	<b>2,69</b>	<b>3,49</b>	<b>0,47</b>	<b>1,83</b>	<b>3,86</b>	<b>7,02</b>	<b>195</b>

Fonte: Elaborado pelos autores, (2020).

Observamos que em nosso processo os elementos 1 e 8 são acíclicos, neste caso, o cronoanalista deverá dividir estes valores pela frequência com que ocorrem. Desta forma, teremos:

**Tabela 4:** Elementos cronometrados preliminarmente

CICLOS	ELEMENTOS DA OPERAÇÃO							
	ELEM. 1	ELEM. 2	ELEM. 3	ELEM. 4	ELEM. 5	ELEM. 6	ELEM. 7	ELEM. 8
1	0,142	2,77	3,45	0,49	1,93	3,9	7,05	6,5
2	0,142	2,63	3,53	0,43	1,84	3,86	7,07	6,5
3	0,142	2,68	3,49	0,44	1,79	3,87	7,01	6,5
4	0,142	2,72	3,56	0,52	1,89	3,88	6,92	6,5
5	0,142	2,63	3,42	0,45	1,78	3,9	6,95	6,5
6	0,142	2,64	3,6	0,48	1,82	3,87	7,08	6,5
7	0,142	2,74	3,58	0,54	1,9	3,89	7,09	6,5
8	0,142	2,7	3,41	0,43	1,77	3,85	7,01	6,5
9	0,142	2,75	3,39	0,49	1,79	3,82	6,99	6,5
10	0,142	2,66	3,48	0,46	1,74	3,79	7,02	6,5
<b>MÉDIA</b>	<b>0,142</b>	<b>2,692</b>	<b>3,491</b>	<b>0,473</b>	<b>1,825</b>	<b>3,863</b>	<b>7,019</b>	<b>6,5</b>

Fonte: Elaborado pelos autores, (2020).

Os valores da tabela encontram-se em segundos, transformaremos a média das cronometragens dos elementos em minutos, então teremos as seguintes médias:

**Tabela 5:** Média das cronometragens em minutos

<b>MÉDIA</b>	<b>0,00237</b>	<b>0,04487</b>	<b>0,05818</b>	<b>0,00788</b>	<b>0,03042</b>	<b>0,06438</b>	<b>0,11698</b>	<b>0,10833</b>
--------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------

Fonte: Elaborado pelos autores, (2020).

### Determinação do Número de Ciclos

Viana Junior, Bonfim e Duarte (2015), utilizaram 5 (cinco) tomadas de tempos preliminarmente, ou seja, 5 (cinco) amostras preliminares em cada elemento para determinar a quantidade de ciclos necessários a serem cronometrados. Esta quantidade é suficiente para o estudo realizado por eles, porém, como podemos observar, a aplicação apresentada no presente artigo contará com 10 (dez) amostras em cada elemento, pois levamos em consideração o tamanho do processo, como também, buscamos através de um número maior de amostras alcançar uma estimativa mais próxima possível do parâmetro desejado.

Utilizando a fórmula para a determinação do número de ciclos a serem cronometrados, aderindo os seguintes parâmetros: nível de confiança igual a 95%, amplitude de acordo com a diferença entre os valores máximos e mínimos de cada elemento, erro relativo igual a 5%, coeficiente em função da quantidade de

cronometragens realizadas ( $d_2$ ) igual a 3,078, e média aritmética conforme os valores das cronometragens preliminares de cada elemento. Encontramos os seguintes valores nos campos de nº de ciclos, e arredondamos os mesmos, como mostra os campos de nº arredondados:

**Tabela 6:** Número de ciclos a serem cronometrados

CICLOS	ELEMENTOS DA OPERAÇÃO							
	ELEM. 1	ELEM. 2	ELEM. 3	ELEM. 4	ELEM. 5	ELEM. 6	ELEM. 7	ELEM. 8
1	0,142	2,77	3,45	0,49	1,93	3,9	7,05	6,5
2	0,142	2,63	3,53	0,43	1,84	3,86	7,07	6,5
3	0,142	2,68	3,49	0,44	1,79	3,87	7,01	6,5
4	0,142	2,72	3,56	0,52	1,89	3,88	6,92	6,5
5	0,142	2,63	3,42	0,45	1,78	3,9	6,95	6,5
6	0,142	2,64	3,6	0,48	1,82	3,87	7,08	6,5
7	0,142	2,74	3,58	0,54	1,9	3,89	7,09	6,5
8	0,142	2,7	3,41	0,43	1,77	3,85	7,01	6,5
9	0,142	2,75	3,39	0,49	1,79	3,82	6,99	6,5
10	0,142	2,66	3,48	0,46	1,74	3,79	7,02	6,5
<b>Média</b>	<b>0,142</b>	<b>2,692</b>	<b>3,491</b>	<b>0,473</b>	<b>1,825</b>	<b>3,863</b>	<b>7,019</b>	<b>6,5</b>
<b>Desvio Padrão</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0518</b>	<b>0,0743</b>	<b>0,0377</b>	<b>0,0631</b>	<b>0,0353</b>	<b>0,0557</b>	<b>0,0</b>
<b>Amplitude</b>	<b>0,0</b>	<b>0,14</b>	<b>0,210</b>	<b>0,110</b>	<b>0,190</b>	<b>0,110</b>	<b>0,170</b>	<b>0,0</b>
<b>Nº de Ciclos</b>	<b>0,0</b>	<b>0,662</b>	<b>0,766</b>	<b>2,962</b>	<b>1,326</b>	<b>0,363</b>	<b>0,308</b>	<b>0,0</b>
<b>Nº de Ciclos Arredondado</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>Outliers – L.I.</b>	<b>-</b>	<b>2,49</b>	<b>3,21</b>	<b>0,37</b>	<b>1,62</b>	<b>3,79</b>	<b>6,87</b>	<b>-</b>
<b>Outliers – L.S.</b>	<b>-</b>	<b>2,89</b>	<b>3,77</b>	<b>0,56</b>	<b>2,05</b>	<b>3,95</b>	<b>7,19</b>	<b>-</b>

Fonte: Elaborado pelos autores, (2020).

### Cálculo do Tempo Normal

Para calcularmos o tempo normal precisaremos realizar o somatório das médias aritméticas dos elementos. Utilizaremos os valores em minutos que estão localizados na tabela 3, pois as quantidades do número de ciclos a serem cronometrados não ultrapassaram a quantidade de ciclos que foram cronometrados preliminarmente.

Segundo Augustin (2016), o meio mais utilizado para avaliar o ritmo de trabalho do colaborador é tomando 100% como ritmo normal para a execução das atividades. Vale ressaltar que esse ritmo igual a 100% é subjetivo, isto é, o cronoanalista determinará de acordo com o seu conceito o que seria um ritmo de trabalho normal ou igual a 100%.

Para a realização dos cálculos precisaremos separar os elementos que não necessitam do ritmo humano dos que necessitam do ritmo humano, ou seja,

máquinas/equipamentos onde seu ritmo não é influenciado pelo ritmo do colaborador, pois a velocidade do colaborador varia, e em alguns processos o ritmo da máquina sempre será igual a 100%. Desta forma teremos os seguintes resultados utilizando 100% para o ritmo da esteira, e 95% para o ritmo do colaborador, após identificar que este é o ritmo que o mesmo está desenvolvendo suas atividades:

Tempo Observado da Esteira:

$$TO1 = \sum \bar{X}$$

$$TO1 = 0,04487 + 0,06438$$

$$TO1 = 0,10925 \text{ minutos}$$

Tempo Normal da Esteira:

$$TN1 = TO * \left(\frac{RT}{100}\right)$$

$$TN1 = 0,10925 * \left(\frac{100}{100}\right)$$

$$TN1 = 0,10925 * 1$$

$$TN1 = 0,10925 \text{ minutos}$$

Tempo Observado dos Outros Elementos:

$$TO2 = \sum \bar{X}$$

$$TO2 = 0,00237 + 0,05818 + 0,00788 + 0,03042 + 0,11698 + 0,10833$$

$$TO2 = 0,32416 \text{ minutos}$$

Tempo Normal dos Outros Elementos:

$$TN2 = TO * \left(\frac{RT}{100}\right)$$

$$TN2 = 0,32416 * \left(\frac{95}{100}\right)$$

$$TN2 = 0,32416 * 0,95$$

$$TN2 = 0,307952 \text{ minutos}$$

Após encontrarmos os tempos normais iremos somá-los para podermos realizar o cálculo do tempo padrão.

$$TN = TN1 + TN2$$

$$TN = 0,10925 + 0,307952$$

$$TN = 0,417202 \text{ minutos}$$

### **Cálculo do Fator de Tolerância**

Após avaliar o ambiente de trabalho, consideramos um percentual de tolerância de 4,5% para necessidades fisiológicas, 5% para fadiga e 4% para esperas, totalizando 12,5% da jornada de trabalho, ou seja, 01h00min em um total de 08h00min para os três fatores. Realizando os cálculos obteremos o seguinte fator de tolerância:

$$FT = \frac{1}{1 - P}$$

$$FT = \frac{1}{1 - \left(\frac{60}{480}\right)}$$

$$FT = \frac{1}{1 - 0,125}$$

$$FT = \frac{1}{0,875}$$

$$FT = 1,14$$

### **Cálculo do Tempo Padrão**

Rosso (2015), afirma que após a realização das cronometragens, obtenção do tempo normal e do fator de tolerância, a última etapa da aplicação da cronoanálise consiste em determinar o tempo padrão.

Utilizando os resultados do tempo normal (TN) e o resultado do fator de tolerância (FT), realizaremos o cálculo para determinar o tempo padrão do processo de ensacamento de ração para equinos.

$$TP = TN * FT$$

$$TP = 0,417202 * 1,14$$

$$TP = 0,476 \text{ minutos}$$

O tempo padrão do processo de ensacamento de ração para equinos é igual a 1 (um) saco de ração a cada 0,476 minutos, isto é, 1 (um) saco de ração a cada 28,56 segundos.

### **Cálculo da Capacidade de Produção**

Utilizando o tempo padrão poderemos calcular a capacidade produtiva do processo de ensacamento de ração:

$$CP = \frac{JT}{TP}$$

$$CP = \frac{480}{0,476}$$

$$CP = 1.008 \text{ processamentos}$$

A capacidade produtiva do processo de ensacamento de ração para equinos é igual a 1.008 processamentos por dia.

### **Número de Colaboradores Necessários para Atingir uma Determinada Meta**

Para que o setor onde é realizado o processo de ensacamento de ração cumpra uma meta de 3.000 processamentos por dia, a quantidade necessária de colaboradores será igual a:

$$QCN = \frac{M * TP}{JT}$$

$$QCN = \frac{3.000 * 0,476}{480}$$

$$QCN = \frac{1.428}{480}$$

$$QCN = 3 \text{ colaboradores}$$

### **Número de Máquinas Necessárias para Atingir uma Determinada Meta**

A quantidade de máquinas necessárias para que o setor de ensacamento de ração atinja uma meta de 3.000 processamentos, será igual a:

$$QMN = \frac{M * TC}{JT}$$

$$QMN = \frac{3.000 * 0,2145}{480}$$

$$QMN = \frac{643,5}{480}$$

$$QMN = 2 \text{ máquinas}$$

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente artigo apresentou uma das ferramentas mais importantes para a realização do estudo de tempos e movimentos. Sua aplicação é sem dúvida fundamental para os processos industriais, pois através da mesma, tomadas de decisões poderão ser realizadas de maneira racional e objetiva. Podemos observar neste trabalho a aplicação dessa ferramenta em um processo de ensacamento de ração, onde foi possível determinar o tempo padrão da operação, como também a identificação da capacidade produtiva do processo e a determinação do número de máquinas e colaboradores necessários para o cumprimento da meta determinada. Os valores encontrados após a realização da cronoanálise foram: tempo padrão de 28,56 segundos por processamento, capacidade de produção igual a 1.008 processamentos por dia, 03 colaboradores e 02 máquinas para alcançar uma suposta meta estabelecida de 3.000 processamentos por dia. Com esses valores será possível realizar o planejamento do processo, programar a produção, dentre outras aplicações, como por exemplo, realizar melhorias na operação, haja vista o cronoanalista auferir conhecimento de cada parte que a constitui, identificando onde existe desperdício de tempo e/ou a realização de movimentos desnecessários. Ressalte-se que a partir destes pontos, ele poderá tomar medidas visando reduzir o tempo desperdiçado na realização do processamento de um produto, eliminar os movimentos desnecessários, como também, reduzir custos de produção, aumentando a produtividade e conseqüentemente maximizando os lucros da organização.

## REFERÊNCIAS

AUGUSTIN, Marcelo da Costa. **Modificação no processo de descarregamento de aparas com avaliação das melhorias ergonômicas**. 2016. 42f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2016. Disponível em: <https://www.ufjf.br/engenhariadeproducao/files/2016/12/marcelodacostaaugustin.pdf>. Acesso em: 26 nov. 2020.

BARNES, Ralph Mosser. **Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho**. 6. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1977.

BORTOLI, Henrique Weber. **Aplicação da cronoanálise para melhoria do processo de suprimento da linha de montagem de uma empresa de grande porte do ramo agrícola**. 2013. 54f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Produção) – Faculdade Horizontina – FAHOR, Horizontina, 2013. Disponível em: [https://www.fahor.com.br/publicacoes/TFC/EngPro/2013/Pro\\_Henrique.pdf](https://www.fahor.com.br/publicacoes/TFC/EngPro/2013/Pro_Henrique.pdf). Acesso em: 03 ago. 2020.

COSTA NETO, Pedro Luiz de Oliveira. **Estatística**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2002.

DAMASIO, João Vitor Pinto *et al.* Análise da capacidade produtiva utilizando estudos de tempos e métodos: estudo de caso no setor de embalagens de uma empresa de fabricação de MDF. *In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, 35., 2015, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ENEGEP, 2015. p. 1 - 17. Disponível em: [http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN\\_WIC\\_206\\_221\\_27480.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_WIC_206_221_27480.pdf). Acesso em: 05 ago. 2020.

LARSON, Ron; FARBER, Betsy. **Estatística aplicada**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2004.

LARSON, Ron; FARBER, Betsy. **Estatística aplicada**. 4. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

MCCLAVE, J. T; BENSON, P. G; SINCICH, T. **Estatística para administração e economia**. 10. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

OLIVEIRA, C. D. *et al.* Detecção de fraudes, anomalias e erros em análises de dados contábeis: um estudo com base em outliers. **REDECA**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 102-127, 2014. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/redeca/article/download/23377/16824>. Acesso em: 04 ago. 2020.

PEINADO, Jurandir; GRAEML, Alexandre Reis. **Administração da produção: operações industriais e de serviços**. Curitiba: UNICENP, 2007.

ROSSO, Leandro Luis. **Utilização da cronoanálise para propor melhorias no processo do carregamento de máquinas agrícolas**. 2015. 63f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Produção) – Faculdade Horizontina – FAHOR, Horizontina, 2015. Disponível em: [https://www.fahor.com.br/publicacoes/TFC/EngPro/2015/Leandro\\_Luis\\_Rosso.pdf](https://www.fahor.com.br/publicacoes/TFC/EngPro/2015/Leandro_Luis_Rosso.pdf). Acesso em: 03 ago. 2020.

RUSSI, Hygor Navar; CARDOSO, Rodrigo dos Santos; BASTOS, André Luis Almeida. Revisitando a cronoanálise: um diagnóstico de sua utilização nas médias e grandes empresas metalúrgicas do vale do Itajaí. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 36., 2016, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: ENEGEP, 2016. p. 1 - 14. Disponível em: [http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN\\_STO\\_226\\_317\\_30217.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_226_317_30217.pdf). Acesso em: 02 ago. 2020.

SOUZA, Edson Luis. **Proposta e aplicação de um modelo de cronoanálise para os setores de soldagem e montagem de uma empresa de agronegócios**. 2012. 62f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Produção) – Faculdade Horizontina – FAHOR, Horizontina, 2012. Disponível em: [https://www.fahor.com.br/publicacoes/TFC/EngPro/2012/Edson\\_Luis\\_de\\_Souza.pdf](https://www.fahor.com.br/publicacoes/TFC/EngPro/2012/Edson_Luis_de_Souza.pdf). Acesso em: 03 ago. 2020.

TOLEDO JÚNIOR, Itys-Fides Bueno. **Tempos & métodos**. 6. ed. Mogi das Cruzes: Assessoria Escola Editora, 1989.

VIANA JUNIOR, Jesus Ribeiro; BONFIM, Willame Balbino; DUARTE, José Alfredo da Silva. Os benefícios da implantação da cronoanálise. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 35., 2015, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ENEGEP, 2015. p. 1 - 15. Disponível em: [http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN\\_STP\\_206\\_221\\_28073.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_206_221_28073.pdf). Acesso em: 27 nov. 2020.