

IMPLANTES DENTÁRIOS: CRONOANÁLISE DO PROCESSO DE MONTAGEM

DENTAL IMPLANTS: CRONO ANALYSIS OF THE ASSEMBLY PROCESS

Jaqueline Gonçalves Braga ¹

Sergio Luiz Kyrillos ²

Waldecir Paula Lima ³

Data de entrega dos originais à redação em: 22/06/2015

e recebido para diagramação em: 31/05/2016.

Este artigo refere-se ao projeto piloto realizado na indústria de implantes dentários 'Sistema de Implantes Nacionais e de Próteses Ltda. (SISTEMA INP)'. A pesquisa tem como objetivo realizar o estudo de tempos nas rotinas operacionais do implante dentário e seus componentes. Nele foram utilizadas ferramentas da Engenharia de Produção para identificar os "gargalos produtivos", além de sugerir melhorias para a otimização do processo de montagem e a redução dos custos de fabricação. No sentido de obter resultados positivos utilizou-se a análise de layout, o estudo dos movimentos e dos tempos e o gráfico de fluxo de processo, entre outras ferramentas. Ao final concluiu-se, em função dos resultados obtidos, que os procedimentos propostos demonstram com precisão o caminho que se deve trilhar na obtenção de resultados supracitados.

Palavras-chave: Implantes Dentários. Estudos dos Movimentos e dos Tempos. Produtividade.

This article refers to the pilot project conducted in the dental implant industry "Sistema de Implantes Nacionais e de Próteses Ltda". (SISTEMA INP). The research aims to conduct the study of time in the operational routines of dental implant and its components. In the study production engineering tools were used to identify "production bottlenecks" and to suggest improvement for optimizing the assembly process and reducing manufacturing costs. In order to achieve positive results, we have used the layout analysis and the study of the movement and time, the process flow chart, among other tools. At the end it was concluded, based on the results obtained, that the proposed procedures demonstrate, precisely, the way that one should act in order to get the aforementioned results.

Keywords: Dental Implants. Study of Movement and Time. Productivity.

1 INTRODUÇÃO

Com o mercado comercial cada vez mais competitivo e a necessidade de conquistar novos clientes, as empresas devem tornar seus produtos mais atrativos tanto na estética como na sua funcionalidade. Para realizar esta conquista de mercado são necessárias algumas ferramentas e pesquisas para tornar o produto mais visível ao cliente e conseguir tornar o atendimento mais eficiente sem acarretar em grandes investimentos e nem proporcionar um aumento excessivo no custo dos produtos.

No intuito de melhorar o relacionamento com o cliente e dar a oportunidade para que o mesmo participe ativamente na melhoria da empresa, é importante proporcionar ao cliente que demonstre sua experiência através de sugestões sobre a funcionalidade dos produtos. Para que isto ocorra, o mesmo poderá responder a pesquisa de satisfação de clientes e realizar visita às dependências da empresa, desta forma, ampliar seus conhecimentos nos processos de fabricação, aumentar a confiabilidade e comprovar a qualidade dos produtos.

Outro fator importante para a conquista de mercado é reduzir ao máximo o *lead time* de fabricação. Neste fator estão envolvidos os contatos

e o gerenciamento de fornecedores, o tempo entre a identificação da necessidade de matéria-prima pelo Planejamento e Controle da Produção (PCP) e a gerência da produção, a inserção do pedido de compra ao fornecedor, o prazo negociado para entrega da matéria-prima, a fabricação dos produtos, a disponibilização do produto final no estoque de produtos acabados até a entrega ao cliente consumidor.

Entende-se por *lead time* como o tempo de processamento de um pedido, desde o momento de sua requisição até o momento em que o produto/serviço é entregue ao cliente.

Este artigo, metodologicamente classificado como um estudo de caso, caracteriza-se por um projeto desenvolvido na indústria de implantes dentários, denominada Sistema de Implantes Nacionais e de Próteses Ltda. (SISTEMA INP), na qual, por meio de um estudo piloto dirigido à mensuração dos tempos das operações com o auxílio da técnica de cronoanálise, foi constatado um importante gargalo na linha produtiva, na área de montagem de implantes dentários.

O objetivo deste estudo piloto, ao proceder ao estudo de tempos nas rotinas operacionais do implante dentário e seus componentes conduziu à identificação de gargalos na fabricação de implantes dentário.

1 - Mestranda em Engenharia Mecânica no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo/IFSP.

2 - Professor Titular e Coordenador no programa *Stricto sensu* em Engenharia Mecânica - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo/IFSP.

3 - Professor Titular e Orientador no programa *Stricto sensu* em Engenharia Mecânica - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo/IFSP.

Utilizando, como o auxílio, as ferramentas da Engenharia de Produção, tais como o estudo dos movimentos e dos tempos (cronoanálise), dados estatísticos, entre outras, constatou-se a redução de tempo no setup e na operação do processo de fabricação do produto.

A justificativa para este estudo piloto é otimizar o processo de fabricação do conjunto implante dentário, reduzir o *lead time* de fabricação, diminuir o custo de fabricação do produto, bem como, satisfazer o cliente com um produto de qualidade. A melhoria do processo visa sugerir novas rotinas operacionais e realizar o desenvolvimento de dispositivos, tornando-as mais rápidas e eficientes, aumentando a produtividade sem que sejam exigidos maiores esforços ao operador.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Os implantes dentários e seus componentes são fabricados em titânio. Segundo Suarez e col. (2013), o titânio possui como principal aplicação biomédica a característica de substituição óssea, auxiliando no processo de osseointegração, uma vez que promove a adesão dos osteoblastos na prótese dentária. Para Santos (2015), o titânio faz parte da classificação de ligas especiais e tem como principais características: a excelente resistência à corrosão, a compatibilidade com o corpo humano, além de ser extremamente resistente, dúctil e fácil de ser usinado.

A verificação através do estudo dos movimentos e dos tempos do método convencional (MC), servirá para sugerir melhorias no processo para otimizar a operação e será muito importante para comparar as rotinas do método com dispositivo (MD).

Barnes (2012), relata que o estudo dos movimentos e dos tempos é sistemático, com o intuito de desenvolver um novo método de trabalho, com operadores devidamente treinados para desenvolver esta atividade, tornando-a mais rápida e, conseqüentemente, com menor custo. Portanto, a aplicação do estudo de movimentos e de tempos deve sempre levar em conta o retorno do capital esperado.

Peinado e col. (2007), citam que o estudo dos tempos relaciona-se a mensuração do tempo para realizar uma tarefa com o auxílio de um cronômetro. As empresas brasileiras designam o processo de estudo, mensuração e determinação dos tempos padrão como "cronoanálise".

Após realizada a tomada de tempos no projeto piloto, e gerados os custos de fabricação para os implantes dentários, foram detectados que em algumas rotinas tem-se o chamado "gargalo produtivo", proveniente da utilização intensa da mão de obra do colaborador, com operações totalmente manuais.

Depois de detectar e analisar os problemas de gargalos produtivos, algumas possíveis soluções foram sugeridas, a partir da utilização de listas de verificação com a intenção de auxiliar na solução mais efetiva para esses gargalos, e com isso, identificar o setor mais crítico, que faz parte da linha de montagem dos implantes dentários.

Propuseram-se diversas formas para projetar dispositivos que pudessem auxiliar nesta rotina, tornando a atividade mais rápida e menos fatigante ao operador. A partir dessas considerações; o estudo, além de

identificar uma possível lucratividade do produto, pode sugerir melhorias no aspecto da ergonomia apresentada pelo colaborador na realização dos movimentos repetitivos, podendo diminuir a probabilidade de ocorrência das lesões oriundas desta atividade profissional, embora, neste momento, estes aspectos não façam parte dos objetivos do projeto.

3 METODOLOGIA DO PROCESSO

Conforme relatado este projeto piloto, vem sendo realizado, na indústria Sistema de Implantes Nacionais e de Próteses Ltda. (SISTEMA INP) a partir da autorização emitida por sua diretoria.

A empresa em tela possui um quadro de aproximadamente 60 colaboradores, distribuídos entre as funções administrativas e de desenvolvimento. Comercialmente, participa do ramo de implantes dentários e componentes protéticos; sendo seus produtos consumidos, além do mercado brasileiro, também em países como Portugal e Turquia.

O processo analisado no presente estudo de caso é a fabricação do Conjunto Implante *Conus*.

Devido à demanda dos produtos, foi realizada a divisão do trabalho em diversas rotinas operacionais, processo em que o operador deve realizar pequenas e repetitivas tarefas com maior velocidade. O processo de fabricação de um produto consiste na utilização em conjunto da mão de obra do operador, juntamente com o auxílio de máquinas, materiais e dispositivos. Através da verificação dos recursos disponíveis, são considerados e analisados, os fatores para alcançar os padrões de qualidade exigidos e o menor custo para a produção do produto.

A partir do projeto piloto realizado, analisou-se o *layout* da indústria em seus diversos setores, subsidiando propostas das atividades de tempos e métodos, determinando o Fator de Tolerância, Tempo Normal e Tempo Padrão para as rotinas operacionais, essenciais para a fabricação do conjunto.

O projeto foi desenvolvido a partir de uma amostra composta pelo operador mais qualificado em cada rotina operacional, devidamente treinado, de acordo com o Procedimento Operacional Padrão (POP) determinado pela empresa.

No âmbito dessa pesquisa são considerados POP's, as atividades específicas e setorizadas que respeitam tanto os regulamentos e legislações de acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), quanto às certificações ISO 9001 e ISO 13485 que tratam respectivamente dos Sistemas de Gestão da Qualidade e Produtos para a Saúde.

O estudo dos tempos (cronoanálise) foi realizado com o auxílio de um cronômetro digital Technos, modelo DC453 8P C, tendo sido registrado por um único colaborador, que desenvolve suas atividades no setor de PCP.

Registra-se, também, que o desenvolvimento deste projeto não acarreta qualquer risco à saúde dos participantes que compõem a amostra.

Quanto aos benefícios, além da possibilidade da otimização do tempo nas rotinas operacionais do implante dentário busca-se, ainda, aumentar a lucratividade da indústria.

3.1 Fator de Tolerância

Segundo Barnes (2012), o ponto chave para encontrar a combinação mais eficiente entre homens, máquinas, equipamentos e materiais no ambiente de trabalho, determinando quais as funções são melhor executadas pelo homem ou pela máquina são determinados através do projeto de métodos de trabalho.

Ao realizar um projeto com método de trabalho eficiente, deve-se determinar um Fator de Tolerância (FT) mais adequado ao ambiente fabril. São levados em conta fatores que possam interferir no trabalho, como por exemplo: clima, nível de ruído, iluminação, nível de atenção, entre outros.

Por Furtado e col. (1968), as tolerâncias são acréscimos de tempo incluídos no tempo normalizado de uma operação, com a intenção de compensar o operário pela produção diminuída por causa de fadiga e das interrupções normalmente previstas, como as paradas pessoais.

3.2 Avaliação do ambiente fabril

Ao analisar criticamente a realidade fabril e as rotinas operacionais, na intenção de desempenhar corretamente as diversas funções de cada operação, é preciso determinar a Tolerância de Intervalos. Isto é possível, devido à avaliação das tolerâncias variáveis e invariáveis. Para a análise das tolerâncias variáveis são levados em consideração, os indicativos de necessidades pessoais e de grau de fadiga. Já as tolerâncias invariáveis, consideram o quanto o operador fica em pé, como é sua postura ao executar a operação, verificando, se, o operador necessita utilizar de força ou energia muscular para realizar o serviço, qual o nível de atenção, estresse mental, monotonia e de tédio para desempenhar corretamente a operação; quanto ao ambiente, qual o nível de ruído, iluminação e condições atmosféricas são adequados para a atividade.

A Tolerância de Intervalos ou Tempo de Intervalo é imprescindível para posteriormente realizar o cálculo do Fator de Tolerância.

Para o estudo de caso em questão, o cálculo para Tolerância de Intervalos resultou em 19%, conforme demonstrada na Tabela 1.

Tabela 1 – Tolerâncias de Trabalho

A. TOLERÂNCIAS INVARIÁVEIS		%
1.	Tolerâncias para necessidades pessoais	5
2.	Tolerâncias básicas para fadiga	4
B. TOLERÂNCIAS VARIÁVEIS		
1.	Tolerâncias para ficar em pé	2
2.	Tolerâncias quanto à postura	%
a.	Ligeiramente desajeitada	0
b.	Desajeitada (recurvada)	2
c.	Muito desajeitada (deitada, esticada)	7
3.	Uso de força ou energia muscular (erguer, puxar ou levantar)	%
	Peso levantado em quilos:	
	2,5	0
	5	2
	7,5	2
	10	3
	12,5	4
	15	5
	17,5	7
	20	9
	22,5	11
	25	13
	27,5	17
	30	22
4.	Iluminação deficiente	%
a.	Ligeiramente abaixo do recomendado	0
b.	Bem abaixo do recomendado	2
c.	Muito inadequada	5
5.	Condições atmosféricas	0-10
	Calor e umidade (variáveis)	3
6.	Atenção cuidadosa	%
a.	Trabalho razoavelmente fino	0
b.	Trabalho fino ou de precisão	2
c.	Trabalho fino ou de grande precisão	5
7.	Nível de ruído	%
a.	Contínuo	0
b.	Intermitente - volume alto	2
c.	Intermitente - volume muito alto	5
d.	Timbre elevado - volume alto	5
8.	Estresse mental	%
a.	Processo razoavelmente complexo	1
b.	Processo complexo, atenção abrangente	4
c.	Processo muito complexo	8
9.	Monotonia	%
a.	Baixa	0
b.	Média	1
c.	Elevada	4
10.	Grau de tédio	%
a.	Um tanto tedioso	0
b.	Tedioso	2
c.	Muito tedioso	5
Σ % tolerância de intervalo		19

Fonte: Stevenson (2001) apud Peinado e col. (2007, p. 102)

3.3 Cálculo do Fator de Tolerância

Com o Tempo de Intervalo calculado, definir o Fator de Tolerância, de acordo com a Equação 1, demonstrada abaixo:

$$FT = \frac{1}{1 - p} \quad (1)$$

Onde,

FT = fator de tolerância
 p = tempo de intervalo dado dividido pelo tempo de trabalho (% do tempo ocioso)

Para realidade da empresa:

Tempo de intervalo = 19%

Tempo de trabalho = 480 minutos, portanto:

p = 19/480 = 0,039583

Substituindo na Equação 1, foi obtido como resultado: **FT = 1,041215**

3.4 Tempo Normal (TN)

Para chegar ao Tempo Padrão (TP) é necessário obter o Tempo Normal (TN) da operação.

Segundo Peinado e col. (2007), para realizar o cálculo do (TN) é necessário ficar atento à velocidade do operador ao executar a operação, onde com a experiência do cronoanalista, efetuará a comparação do ritmo do operador com seu próprio conceito de ritmo normal, avaliando assim, se o operador não está desempenhando um ritmo com a velocidade maior ou menor que o desejável.

Por Furtado (1968), o TN é considerado como requerido por um operador qualificado e devidamente treinado, trabalhando no ritmo normal, sob supervisão, realizando um ciclo ou operação, sob orientação de método pré-estabelecido.

O cálculo do TN será realizado através da Equação 2, demonstrada a seguir:

$$TN = TC \times v \quad (2)$$

Onde,

TC = tempo cronometrado
v = velocidade do operador

3.5 Tempo Padrão (TP)

Para o cálculo de Tempo Padrão são necessários os resultados dos fatores calculados anteriormente, e aplicá-los na Equação 3, demonstrada a seguir:

$$TP = TN \times FT \quad (3)$$

Onde,

TP = Tempo Padrão
TN = Tempo Normal e
FT = Fator de Tolerância

Após realizar o cálculo do TP para o implante e seus componentes em todas as rotinas operacionais envolvidas, deve-se gerar o custo de fabricação para o produto, analisar qual operação demanda mais tempo e impacta na maior utilização de mão de obra, desta forma, identificar o principal gargalo da linha produtiva em questão.

3.6 Apresentação do produto estudado

O Conjunto Implante é formado por *Conus* (implante propriamente dito), parafuso montador, montador e tapa implante, conforme a Figura 1.

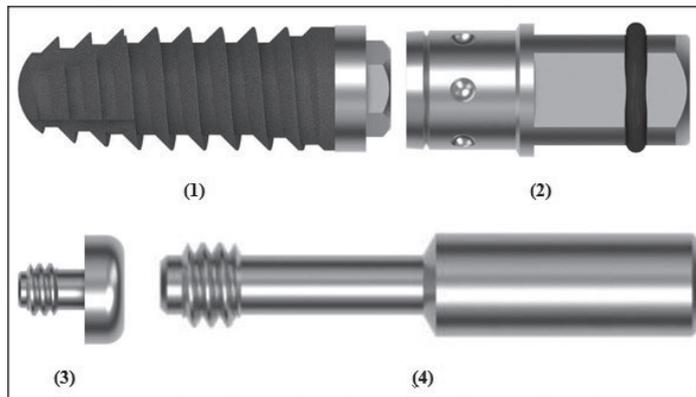


Figura 1 - Componentes do Implante Dentário. (1) Conus; (2) Montador; (3) Tapa Implante e (4) Parafuso Montador - Fonte: Sistema INP (dados internos)

3.7 Fluxograma do processo

Segundo Barnes (2012), a simbologia utilizada no gráfico de fluxo de processo tem como função facilitar a identificação rápida das atividades do processo produtivo. Esta simbologia, exemplificada na Tabela 2, vigora desde 1947 de acordo com a norma ASME (*American Society of Mechanical Engineers*).

O principal objetivo para a simbologia do fluxograma é evidenciar a origem, o processo e o destino, podendo ser realizada através da linguagem escrita e/ou verbal, de acordo com Silva e col. (2014).

Tabela 2 – Simbologia Gráfico Fluxo de Processo

SÍMBOLO	SIGNIFICADO	DESCRIÇÃO
○	Operação	Ocorre quando o objeto é modificado.
⇒	Transporte	Ocorre quando o objeto é deslocado.
□	Inspeção	Ocorre quando o objeto é examinado para identificação ou comparação com padrão de quantidade ou qualidade.
◐	Espera	Ocorre quando a próxima operação para o objeto não é efetuada.
▽	Armazenamento	Ocorre quando o objeto é mantido sob o controle e sua retirada requer de uma autorização.

OBS: Pode realizar a combinação de símbolos, como um círculo dentro de um quadrado.

Fonte: Barnes (2012)

É importante levar em conta que, antes da fabricação propriamente dita, são necessárias atividades administrativas para que sejam programados os lotes a serem produzidos. Tanto o PCP, quanto o Gerente de Produção analisam a demanda encaminhada por vendas e diretoria. Esta decisão em conjunto, objetiva o controle do estoque acabado com a quantidade ideal de produtos a serem comercializados, e desse modo, evitar o excesso de produto estocado e reduzir o provável alto custo causado pela mão de obra e matéria-prima empregados na fabricação dos produtos.

3.8 Rotinas do setor de Planejamento e Controle da Produção (PCP)

O setor de PCP, responsável pela identificação e disponibilização de ordens de fabricação em produção, deve realizar o planejamento dos produtos a entrar na linha produtiva, efetuar os lançamentos quando se dá a finalização do lote, liberá-lo para estoque semiacabado ou para o laboratório realizar a assepsia do produto.

3.9 Rotinas do setor de Controle de Qualidade (CQ)

Outro setor que efetua importante suporte à produção é o Controle de Qualidade (CQ), responsável pelas inspeções: de liberação, durante a fabricação e de lote final.

As inspeções realizadas pelo CQ são para assegurar que o lote será produzido de acordo com as especificações passadas pelo setor de projetos, utilizando como recursos comparativos o Desenho do Produto e o Registro Mestre do Produto (RMP). A verificação das características é realizada através de instrumentos de medição como: projetor de perfil, microscópio digital, micrômetro, paquímetro e calibradores. Abaixo são exemplificadas algumas características do implante e seus componentes, conforme Figura 2.

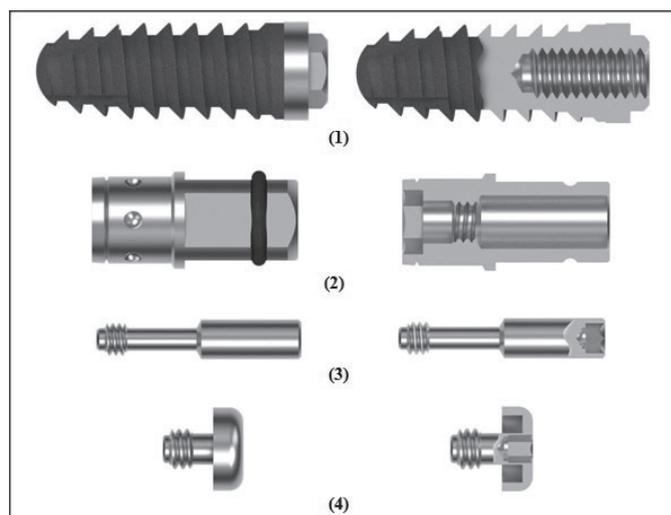


Figura 2 – Componentes do Implante Dentário – corte. (1) Conus; (2) Montador; (3) Tapa Implante e (4) Parafuso Montador – Fonte: SISTEMA INP (dados internos)

A inspeção durante a produção é realizada com a execução de quatro rondas diárias em horários definidos para acompanhar o processo produtivo e identificar possíveis desgastes de ferramentas. Caso ocorra alguma alteração, a produção é comunicada para efetuar as devidas correções. Neste caso, a máquina permanecerá em ajuste até que a próxima peça produzida seja inspecionada e liberada pelo CQ.

A inspeção final é realizada quando a produção encaminha o lote produzido com sua documentação devidamente preenchida para o CQ. O Controle de Qualidade vai realizar a inspeção do lote por amostragem de acordo com a quantidade total produzida do lote, de acordo com a Tabela 3.

Tabela 3 – Amostragem para verificação de lote

Tamanho do lote	Quantidade a ser inspecionada	Tamanho do lote	Quantidade a ser inspecionada
1 a 8	100%	151 a 280	32
9 a 15	3	281 a 500	50
16 a 25	5	501 a 1200	80
26 a 50	8	1201 a 3200	125
51 a 90	13	3201 a 10000	200
91 a 150	20		

Fonte: SISTEMA INP (dados internos).

Após a inspeção final do lote, o CQ encaminhará o lote para o PCP realizar os devidos lançamentos e a destinação correta do produto.

As rotinas operacionais pertinentes ao Planejamento e Controle da Produção (PCP) e ao Controle de Qualidade (CQ) são contabilizadas como *setup*.

3.10 Detalhamento das rotinas operacionais

A produção do Implante *Conus* foi dividida em operações menores para serem analisadas individualmente e compreendê-las, de modo facilitar a sugestão de melhorias para otimizar o processo.

• Usinagem CNC

A operação de usinagem consiste em transformar a matéria-prima em produto com o auxílio de máquina CNC.

Inicialmente são realizadas as operações de programação, preparação, liberação de máquina e preenchimentos de formulários e registros.

Conforme Santos (2015), deve-se levar em consideração o fator usinabilidade para um material. Através de um valor numérico comparativo, expressa um conjunto de propriedades de usinagem do metal, sendo influenciado pelo material da peça, pelos processos mecânicos e pelas condições de usinagem.

Para a fabricação de implantes dentários e seus componentes está definida a usinagem de no mínimo um lote com 200 peças como o propósito de viabilizar, ao máximo, a capacidade produtiva da máquina e realizar a produção na sequência com produtos da mesma família, portanto, com as mesmas características, desse modo, reduzir os tempos gastos com *setup*, ajustes de máquina, troca de ferramentas e programação de máquina.

• Assepsia I

Outro setor que compõe o ambiente fabril do SISTEMA INP é o Laboratório. O mesmo está localizado no piso superior e possui ambiente totalmente controlado, climatizado e que segue as normalizações de sala limpa. No laboratório, encontram-se os setores de Assepsia I, Assepsia II, produção de água deionizada, lavagem de frascos e tampas, montagem de implantes, sala de embalagem, rotulagem, corte e selagem de blister.

O processo de Assepsia I consiste em lavagens efetuadas em ultrassom aquecido com detergente neutro diluído, enxague em água corrente, imersão em etanol puro e secagem em Estufa a 180°C.

Os componentes (parafuso montador, montador e tapa) após a realização da Assepsia I, são colocados em sacos plásticos *zip*, identificados com o número de lote e encaminhados para o setor de Assepsia II.

O *Conus*, após realizada a Assepsia I é encaminhado através de elevador para o PCP destinar para o setor de jateamento.

• Jateamento por óxido de titânio (tratamento de superfície)

Após a Assepsia I, o lote de implante é encaminhado para ser realizado o tratamento de superfície por jateamento de óxido de titânio (TiO₂). O processo de jateamento de implantes é realizado peça por peça, de acordo com as especificações determinadas em desenho. A cada peça jateada, o operador verifica por inspeção visual se a superfície foi devidamente tratada pelo óxido de titânio. Após jatear o lote inteiro, o operador encaminha o lote para o setor de CQ para realizar a inspeção do tratamento de superfície, com o auxílio do microscópio digital. Estando dentro das especificações, o lote é aprovado, encaminhado para o setor de PCP para a realização dos lançamentos em sistema ERP, que o destina para o laboratório realizar a operação de Assepsia II.

O jateamento por óxido de titânio favorece os parâmetros de rugosidade, promovendo a adesão de osteoblastos, aumentando a osseointegração e, reduzindo desta forma, o risco de afrouxamento do implante, conforme Suarez et al. (2013).

• ASSEPSIA II

- **Conus:** Para a Assepsia II do implante *Conus* deve-se seguir de acordo com o procedimento: Butanol PA, enxague por 3 vezes com água deionizada; água deionizada com detergente alcalino, efetuar o enxague por 3 vezes com água deionizada; água deionizada com detergente alcalino. Realizar por 4 vezes a sequência: enxaguar por 3 vezes com água deionizada; adicionar ácido sulfúrico 10% com ácido clorídrico a 15%. Repetir por 4 vezes a seguinte operação: enxaguar por 4 vezes com água deionizada; medir o pH (deve estar entre 5 e 7); adicionar Etanol PA até cobrir as peças; adicionar Metanol PA até cobrir as peças; Colocar na estufa a 180°C. Encaminhar o lote após a realização da Assepsia II para o setor de Montagem de Frasco.

- **Parafuso Montador, Montador e Tapa Implante:** Para a Assepsia II dos componentes para implantes são necessárias às sequências de acordo com o procedimento: lavagem contendo a diluição de água deionizada com detergente alcalino, realizar o enxague por 3 vezes com água deionizada, repetir a lavagem de água deionizada com detergente alcalino, enxaguar 3 vezes com água deionizada, realizar lavagem com etanol puro, metanol puro e secagem em estufa. Após a Assepsia II os componentes são encaminhados para o setor de Montagem de Frasco juntamente com o Implante *Conus*.

• Montagem de Frasco

A operação de montagem de frasco é realizada manualmente em uma sala livre de impurezas e partículas. O operador utiliza vestimenta diferenciada para não ter contato direto com a peça. Para a montagem de frasco, deve-se realizar a limpeza da bancada do fluxo laminar utilizando-se etanol puro, conforme procedimento.

Primeiramente é montado o *Conus* com o parafuso montador e o montador. Para esta operação deve-se atentar para não marcar ou amassar as roscas externas do implante. Na sequência, montar o conjunto na tampa interna e no frasco interno. Colocar dentro do frasco externo e inserir o tapa implante. Realizar o

fechamento do frasco externo com a tampa externa lacrando o produto. Após a Montagem de Frasco o lote é encaminhado para o setor de Embalagem de Blister.

• Embalagem Blister

Para realizar a Embalagem Blister, deve-se efetuar o corte de placas de bobina pet virgem. Ligar a máquina *Vacunet* que através da presença de vácuo e das fôrmas metálicas do aparelho, transformam as placas de pet virgem no formato desejado para o blister.

Após formar o blister, realizar a colocação dos frascos dentro de cada blister, colocar o papel grau cirúrgico e selar na máquina seladora de blister. Com o blister selado, realizar o corte com o auxílio da máquina de corte de blister. Efetuar a contagem do lote, identificar e encaminhar para o setor de Embalagem e Rotulagem.

• Embalagem e Rotulagem

Após os frascos embalados no blister e selados, realizar a impressão de etiquetas, separar as embalagens de caixa de implante e as instruções de uso.

A operação de embalagem e rotulagem consiste em: colocar etiquetas nas instruções de uso e no blister; inserir o blister etiquetado na caixa de implante; colocar a instrução de uso; finalizar o lacre da embalagem com a etiqueta de identificação com a descrição do produto, lote e simbologias. Após a embalagem e rotulagem, encaminhar o produto para efetuar a Esterilização por Raios Gama.

• Esterilização por Raios Gama

O processo de esterilização por raios gama é realizado por empresa terceirizada.

A esterilização via radiação gama é utilizada como padrão internacional, e sua aplicação é ferramenta eficiente para esterilização de materiais poliméricos e na descontaminação ou redução de carga microbiana, conforme Silva (2014). Esta eficiência se dá pela exposição de ondas eletromagnéticas geradas por Cobalto 60 e Césio 137 com um grande poder de penetração (velocidade da luz), por meio de colisões entre a radiação e os elétrons dos átomos do material a ser esterilizado, onde os micro-organismos podem ser alcançados mesmo em embalagens lacradas garantindo a total eficácia do processo. Desta forma, o produto consegue manter-se estéril até que a embalagem seja removida.

Os produtos ficam na esterilização por volta de 48 horas. Retornando ao SISTEMA INP, são encaminhados ao Estoque Acabado e disponibilizados para comercialização, através da liberação do Responsável Técnico.

3.11 Sequenciamento das rotinas operacionais e Tempo Padrão das operações

As rotinas operacionais foram detalhadas para melhor entendimento da sequência de operações e, desta forma, determinar o Tempo Padrão (TP) para cada operação.

Os tempos padrões foram calculados através da tomada de 10 (dez) tempos normais para cada componente, realizando a média e acrescentando o fator de tolerância. Para este projeto piloto, realizou-se a tomada de tempos com os operadores mais experientes em cada função/máquina, somente para tornar mais clara a identificação do possível "gargalo produtivo".

Etapas operacionais para Conus: Usinagem CNC, Assepsia I, Jateamento por Óxido de Titânio e Assepsia II.
- Tempos padrões (minutos) para cada peça de Conus:

Usinagem CNC: 1,822

Assepsia I – Detergente Neutro: 0,945 Etanol Puro: 0,026 Secagem: 0,036

Assepsia I – Total das operações: 1,008

Jateamento por Óxido de Titânio: 0,703

Assepsia II – Butanol: 0,052

Detergente Alcalino: 0,312

Detergente Alcalino: 0,156

Água Deionizada: 0,208

Ácido Sulfúrico e Ácido Clorídrico: 0,104

Água Deionizada: 0,208

Etanol Puro: 0,026

Metanol Puro: 0,026

Estufa 180°C: 0,130

Assepsia II – Total das operações: 1,222

TOTAL TEMPO PADRÃO PARA O CONUS (MINUTOS): 4,755

Etapas operacionais para Montador, Parafuso Montador e Tapa Implante: Usinagem CNC, Assepsia I e Assepsia II.

- Tempos padrões (minutos) para cada peça:

Usinagem CNC – Parafuso Montador: 1,076

Usinagem CNC – Montador: 1,944

Assepsia I – Parafuso Montador + Montador

Detergente Neutro: 0,607

Etanol Puro: 0,014

Secagem: 0,030

Assepsia I – Parafuso Montador + Montador – Total das operações: 0,651

Assepsia II – Parafuso Montador + Montador

Detergente Alcalino: 0,156

Detergente Alcalino: 0,156

Água Deionizada: 0,104

Etanol Puro: 0,013

Metanol Puro: 0,013

Secagem: 0,065

Assepsia II – Parafuso Montador + Montador – Total das operações: 0,507

TOTAL TEMPO PADRÃO PARA O PARAFUSO MONTADOR (MINUTOS): 2,234

TOTAL TEMPO PADRÃO PARA O MONTADOR (MINUTOS): 3,102

Usinagem CNC – Tapa Implante: 1,319

Assepsia I – Tapa

Detergente Neutro: 0,295

Etanol Puro: 0,026

Secagem: 0,032

Assepsia I – Tapa – Total das operações: 0,353

Assepsia II – Tapa

Detergente Alcalino: 0,312

Detergente Alcalino: 0,312

Água Deionizada: 0,208

Etanol Puro: 0,026

Metanol Puro: 0,026

Secagem: 0,130

Assepsia II – Tapa – Total das operações: 1,014

TOTAL TEMPO PADRÃO PARA TAPA IMPLANTE (MINUTOS): 2,686

Etapas operacionais para Implante Conus: consiste no conjunto montado (Conus, Montador, Parafuso Montador e Tapa) juntamente com os componentes de frasco (frasco interno, tampa interna, frasco externo e tampa externa) e embalagem (papel grau cirúrgico, bobina PET virgem, cartela e etiquetas). Deve-se seguir a sequência: Montagem de Frasco, Embalagem Blister, Embalagem e Rotulagem, Esterilização por Raios Gama e Envio para Estoque de Produtos Acabados.

- Tempos padrões (minutos) para cada peça de Implante Conus:

Montagem de Frasco

Conus/Montador e Parafuso: 0,300

Frasco Interno: 0,151

Frasco Externo/Tapa/Frasco Externo: 0,092

Frasco e Tampa Externa: 0,040

Montagem de Frasco – Total das operações: 0,583

Montagem de Blister

Vacunet: 0,022

Colocar Implante Conus no Blister: 0,046

Selar Blister: 0,048

Cortar Blister: 0,105

Embarcar: 0,018

Montagem de Blister – Total das operações: 0,239

Embalagem e Rotulagem

Colocar Etiqueta Instrução Uso: 0,093 Colocar Etiqueta Blister: 0,086

Colocar Blister e Instrução Uso: 0,181 Colocar Etiqueta e Caixa Implante: 0,093

Colocar Etiqueta Código de Barras e Lacre: 0,074

Embalagem e Rotulagem – Total das operações: 0,527

TOTAL TEMPO PADRÃO PARA O IMPLANTE CONUS (MINUTOS): 1,349

TEMPO PADRÃO TOTAL PARA O CJ IMPLANTE CONUS (MINUTOS): 14,126

Tabela 4 – Custo de fabricação dos produtos

PRODUTO	CUSTO COM MATERIAIS	CUSTO COM MÃO DE OBRA	CUSTO TOTAL FABRICAÇÃO
Implante Conus P.A.	R\$ 5,5878	R\$ 19,1740	R\$ 24,7618
Conus S.A.	R\$ 0,7670	R\$ 7,8081	R\$ 8,5751
Parafuso Montador S.A.	R\$ 1,1927	R\$ 2,5536	R\$ 3,7463
Montador S.A.	R\$ 0,7415	R\$ 3,7758	R\$ 4,5173
Tapa S.A.	R\$ 0,2650	R\$ 2,7438	R\$ 3,0088

Fonte: SISTEMA INP (dados internos)

3.12 Considerações sobre custos de fabricação

Após a tomada dos tempos padrões de cada operação, foram gerados relatórios de custo através de sistema informatizado, demonstrado através da Tabela 4. Para esta operação é necessário determinar todas as rotinas operacionais e as estruturas dos produtos, inclusive aplicar a taxa hora.

4 CONCLUSÕES

As rotinas operacionais referentes à fabricação do Conjunto Implante *Conus* e a composição do custo total, fixos e variáveis, foram essenciais no sentido de identificar a parte mais onerosa do processo produtivo. A mão de obra, principalmente as diretamente ligadas às operações de caráter manual, representam custo significativo no produto final, oposto à matéria-prima.

Para isso analisar cada operação, utilizando o POP com o intuito de idealizar melhoria no processo do método convencional e verificar que nas atividades desempenhadas de maneira 100% manual, permitiu identificar um dos pontos de gargalo; qual seja: a Montagem de Frascos de Implantes Dentários.

Postulando otimizar o processo de montagem, comprova-se a necessidade de desenvolver um dispositivo, tendo como meta a redução do tempo do referido processo. Dessa maneira haverá a redução dos custos totais e o consequente incremento da lucratividade. Para tanto, em uma etapa posterior, será realizado um estudo comparativo envolvendo a cronoanálise do método convencional com o método proposto com o dispositivo. Logo o presente estudo não se encerra neste artigo, induz a necessidade da utilização de métodos que identifiquem estatisticamente a alteração do tempo padrão na cronoanálise, demonstrando uma sensível redução de tempo para as operações propostas e aumento da eficácia para a empresa.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à indústria Sistema de Implantes Nacionais e de Próteses Ltda. (SISTEMA INP) pela confiança e divulgação dos dados internos para a realização e desenvolvimento deste trabalho, assim

como aos pareceristas da Revista Sinergia pela avaliação imparcial do presente artigo.

REFERÊNCIAS

BARNES, Ralph. **Estudo dos Movimentos e dos Tempos:** projeto e medida do trabalho. São Paulo: Blücher, 2012. 1p, 4p, 23p, 28p, 46p, 167p.

FURTADO, Jorge Alberto; JACÓE, Thomaz; PARDAL, Paulo. **Cronometragem** – em cooperação com o ministério da educação e cultura diretoria do ensino industrial, Brasília: Edart, 1968, 11p, 15p, 41p, 44p, 50p.

PEINADO, Jurandir; GRAEML, Alexandre Reis. **Administração da Produção.** (Operações Industriais e de Serviços), Curitiba: Unicenp, 2007. 85p, 88p, 95p, 101p, 102p, 151p.

SANTOS, Givanildo Alves. **Tecnologia dos Materiais Metálicos:** Propriedades, Estruturas e Processos de Obtenção: São Paulo: Érica Saraiva, 2015. 14p, 18p, 53p.

SILVA, Renato César; SILVA, Roberta Maria; AQUINO, Kátia Aparecida S. A Interação da Radiação Gama com a Matéria no Processo de Esterilização. **Revista Virtual de Química.** 6(6), 1624-1641, 2014. Disponível em: < <http://www.uff.br/RVQ/index.php/rvq/article/viewArticle/805>>. Acesso em: 12 fev. 2015.

SILVA, Vinícius Alessandro de Aquino; GUIMARÃES, André Luís; VERALDO Júnior, Lúcio García. Aplicação de técnicas de tempos & métodos em linha de envase de óleos lubrificantes. **Revista de Gestão & Tecnologia** 1(2), 58-63, 2014. Disponível em: <<http://revista.unisal.br/lo/index.php/reget/article/view/145>>. Acesso em: 26 mar. 2015.

SUAREZ, Sandra Liliana Arias; RENDÓN, Mónica Echeverry; RESTREPO, Sara María Robledo; ECHAVARRÍA, Jorge Alberto Arismendi; SIERRA, Diana Marcela Escobar; OROZCO, Claudia Patricia Ossa; PALACIO, Juan José Pavón. Procesamiento, caracterización y ensayos biológicos de titânio modificado electroquímicamente para implantes dentales. **Revista Facultad Ingeniería** 69. 96-108, 2013. Disponível em:<<http://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/ingenieria/article/viewArticle/1835>>. Acesso em: 17 fev. 2015.