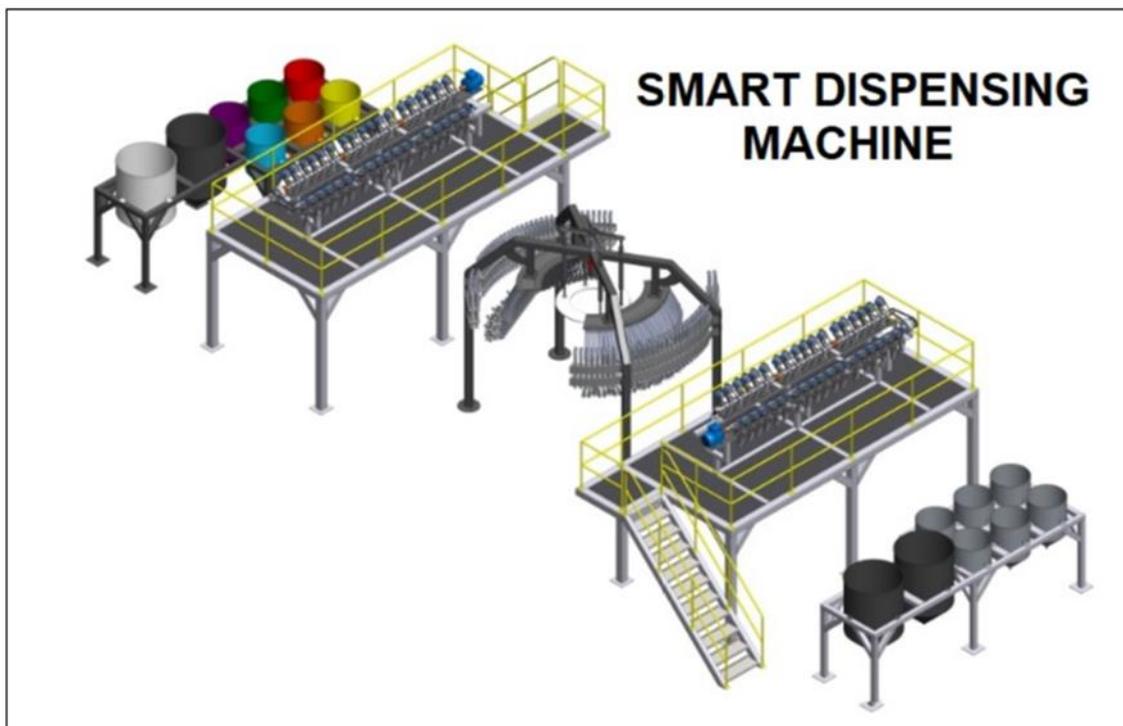


SMART DISPENSING MACHINE RMA – Acelerando a fabricação com inteligência e precisão de dosagem. Rumo à "Indústria 4.0" no mundo das tintas.



A RMA TECH, através de seu fundador, com décadas de experiência e patentes em processos de fabricação de tintas, atento aos desafios que o segmento de tintas enfrenta, resolveu por explorar novos paradigmas para esse setor, através da criação de tecnologia de ponta que possibilitem saltos evolutivos nesse setor, seguindo os demais segmentos industriais que encontram-se em estágios mais

avançados, tais como os setores de petróleo, petroquímico, papel e celulose, farmacêutico, automobilístico, entre outros, onde a Indústria 4.0 já possui as bases necessárias para se estabelecer.

Por outro lado, a Indústria de Tintas, tanto a nível nacional como internacional, em praticamente todos seus processos fabris, tem demonstrado um grande gap tecnológico.

Comumente “automatizações”, que se traduzem em **mecanizações isoladas dos processos industriais**, são realizadas em uma ou outra operação unitária, basicamente motivadas por um melhor balanceamento da linha de produção.

Essas **mecanizações evolutivas**, comumente chamadas de “automatizações”, entretanto, pouco trazem em termos de ganhos efetivos ao negócio, visto que não alteram a dinâmica de produção em termos de seu fluxo, integrando as diversas etapas dos processos, até chegarmos a um produto final com **baixo “lead time”**, mínima variabilidade e custo mínimo, o que por exemplo, a indústria automotiva, já pratica a décadas.

É fácil observarmos grandes estoques tanto a nível de matérias primas como de produto acabado em fábricas de tinta, o que corrobora com a tese da baixa produtividade fabril desse segmento.

Ao longo de décadas temos escutado diversas teses e explicações quanto a isso, entretanto a real explicação é que os processos de fabricação de tintas, em sua grande maioria, não são capazes, o que implica que uma **“estratégia baseada em estoque”** seja a salvaguarda adequada para administrar a falta de capacidade, acurácia, estabilidade e produtividade dos processos.

Grandes estoques em última análise, demonstram unicamente a fragilidade e a baixa capacidade dos processos fabris, frente a demanda do mercado, paradigma já superado por diversos segmentos industriais, através de processos altamente robustos, flexíveis e enxutos, onde o estoque é tratado como **heresia**.

Nesses segmentos, a “automação industrial”, que é o resultado da soma da “automatização” mais “integração” e “inteligência”, possibilitaram verdadeiros

saltos de competitividade através de estratégias avançadas de controle de seus processos, 100% integrados.

Processos “inteligentes”, integrados e capazes, conduzem a soluções ótimas onde o ganho do negócio é então maximizado.

É mais que chegada a hora onde as indústrias de tintas, compelidas pela concorrência acirrada, baixas margens de lucro, altos custos de produção, elevados estoques, decorrentes da baixa produtividade e etc., mudem o paradigma fabril, utilizando recursos tecnológicos de ponta para ganharem produtividade e competitividade no cenário internacional.

Nesse sentido a RMA, focou toda a sua expertise buscando viabilizar a “automação inteligente” das indústrias de tinta, onde então, entre outros, nasceu o conceito da **SMART DISPENSING MACHINE INDUSTRIAL** RMA e sua consequente patente internacional sob o código **(PCT/BR2020/050084)**.

RESUMO DAS INOVAÇÕES DA PRESENTE IDEIA:

- Sistema de dosagem Volumétrica de alta produtividade, com precisão e reprodutibilidade de similares Gravimétricas;
- Sistema 100% automatizado para calibração de bombas dosadoras, podendo ser realizado fora de horários de produção, de forma pré programada e sem a presença de operadores;
- Sistema de acionamento do conjunto de bombas dosadoras, através de um eixo motriz e motor único, comandando todas as bombas simultaneamente e reduzindo o custo de implantação;
- Sistema de finalização de dosagem (corte) de alta precisão, emulando sistemas de corte proporcional, utilizando recursos de Inteligência Artificial (**learning machine**);
- Utilização de “Sistema de Visão” com Processamento Digital de Imagem para intertravamento e filmagem das operações;

- Compensação Automática de Temperatura, individual para cada componente de dosagem, objetivando eliminar erros ligados a dilatação volumétrica do material;
- Possibilidade de dosagem para até **100 componentes** (clears, bases, colorantes, solventes, aditivos, etc.), atendendo várias linhas de produtos;
- Integração total com sistemas corporativos, ERP e bancos de dados, viabilizando a implantação do conceito de INDÚSTRIA 4.0;
- Sinergia total com o conceito [**RMA LOW COST PAINT CONTINUOUS**],
- Sinergia total com o analisador / qualificador de bases e colorantes **TRANSMICELL**

APRESENTAÇÃO DA IDEIA

A **SMART DISPENSING MACHINE**, concebida e patenteada pela RMA, reúne por si só a velocidade de dosagem das **DISPENSING MACHINES INDUSTRIAIS VOLUMÉTRICAS**, porém com a precisão e reprodutibilidade das **DISPENSING MACHINES INDUSTRIAIS GRAVIMÉTRICA**, o que comumente costumamos citar como “o melhor de dois mundos” ...

Para um melhor entendimento, quanto a filosofia de dosagens oferecidas pelos principais fabricantes de DISPENSING MACHINES e os prós e contras de cada filosofia, temos as seguintes considerações a fazer:

As Dispensing Machines Industriais com **DOSAGEM GRAVIMÉTRICA**, caracterizam-se pela grande acurácia em suas dosagens que são efetuadas através de balanças eletrônicas com células de carga de grande precisão.

Nesse tipo de equipamento, cada componente é dosado de **forma individual** (um de cada vez), **tornando o processo usualmente muito lento, proporcionando dessa forma uma baixa produtividade.**

Já as Dispensing Machines Industriais com tecnologia de **DOSAGEM VOLUMÉTRICA**, possuem maior produtividade, tendo em vista que a dosagem de todos componentes da formulação é realizada de forma simultânea.

Esses equipamentos, entretanto, não possuem uma confiabilidade tão elevada quanto aos sistemas gravimétricos em relação a acurácia de dosagem, devido a problemas relacionados ao próprio processo de dosagem volumétrico, o qual é realizado através de bombas dosadoras, onde se supõe que um determinado número de voltas corresponde a um determinado volume dosado.

Essas bombas, devido a folgas internas que vão se gerando de forma progressiva, com o tempo vão se desgastando e mudando a quantidade de material deslocado para cada rotação, que é a base de cálculo de dosagem dessas máquinas.

Isso faz com que com o passar do tempo, uma bomba que dosava por exemplo 3,00 ml para cada rotação, depois de certo tempo, passe a dosar por exemplo 2,87 ml, devido a seu desgaste natural.

Além das variações produzidas pelas folgas internas, outras variáveis afetam de forma direta na precisão de dosagem, tais como: variações na viscosidade, densidade, temperatura dos componentes, pressões nas linhas, temperatura ambiente, entre outras.

Essas variáveis por si só alteram de forma significativa a precisão de dosagem, limitando o uso desse tipo de equipamento.

No sentido de minimizar esses fatores, máquinas com tecnologia VOLUMÉTRICA, normalmente incorporam uma rotina de calibração onde se pode compensar esses erros de dosagem, através de uma rotina específica.

Nessa rotina de calibração, o sistema computadorizado da máquina dosa sobre uma balança, uma determinada quantidade pré-determinada de um componente e dessa forma mensura o erro entre, o que supostamente deveria ser dosado e o que de fato foi dosado.

Dessa forma o sistema calcula então um “fator de correção” que irá alterar o parâmetro que relaciona **1 ROTAÇÃO = X Gramas (ou Mililitros) Dosados**.

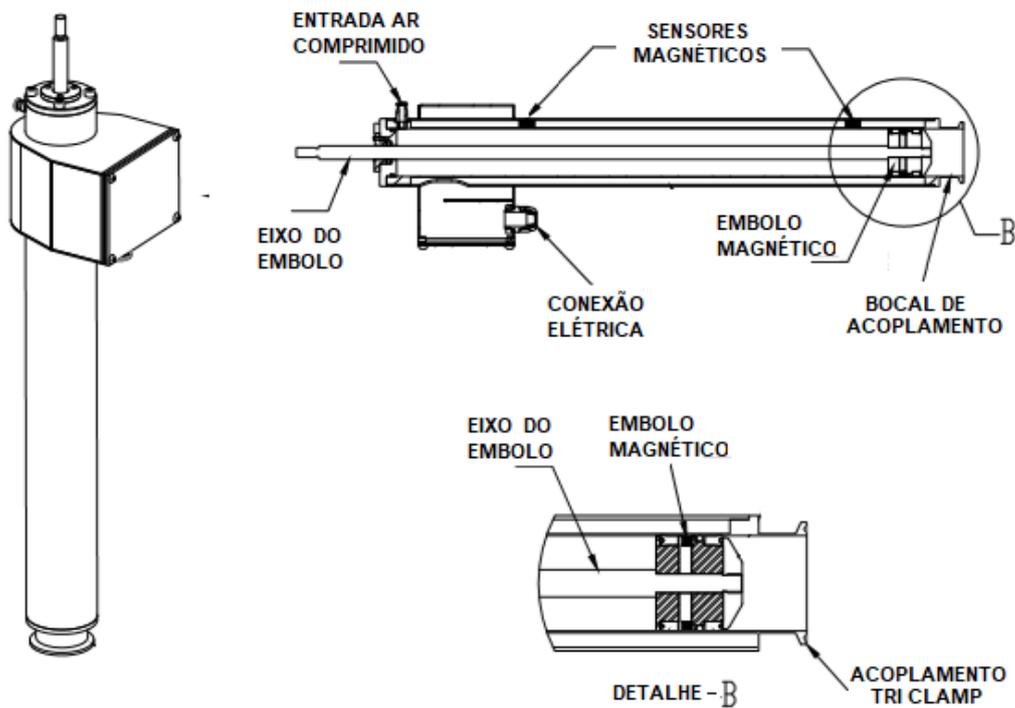
Entretanto, esse processo é relativamente lento e trabalhoso, tendo de ser efetuado com relativa frequência e individualmente para cada componente, tornando-se um grande problema, principalmente quando essas máquinas são projetadas para dosar dezenas de componentes, devido ao enorme tempo dispendido nesse tipo de operação e as dificuldades atreladas a esse processo.

Dessa forma, devido a “**pressão por produção**”, é muito usual que os operadores responsáveis por esse procedimento, acabem relaxando nessas rotinas e por conseguinte, os produtos produzidos através dessas máquinas, mesmo que seus componentes tenham sido pré-ajustados, acabem tendo suas características “deterioradas” ao longo do tempo pela ausência de calibração, causando grandes transtornos de qualidade para os fabricantes de tintas que utilizam Dispensing Machines Industriais com essa filosofia.

Buscando suplantar as deficiências individuais de cada filosofia de Dispensing Machines Industriais disponíveis no mercado, a RMA idealizou e patenteou um novo conceito de equipamento que através de soluções inovadoras, incorpora um novo e sofisticado sistema de calibração “on-line” (fechado) e 100% automatizado para cada bomba dosadora do sistema, que executa essa operação de forma extremamente rápida e precisa, através de “**in-line provers**”.

Esse sistema possibilita inclusive que a calibração completa da máquina (todas as bombas dosadoras), ocorra em períodos em que a máquina está ociosa (período entre turnos, etc.), de forma extremamente rápida e sem a presença de operadores, incorporando conceitos de inteligência artificial para esse procedimento, propiciando ainda que a frequência de calibração possa ser realizada diariamente.

CALIBRADOR AUTOMÁTICO "IN LINE PROVER"



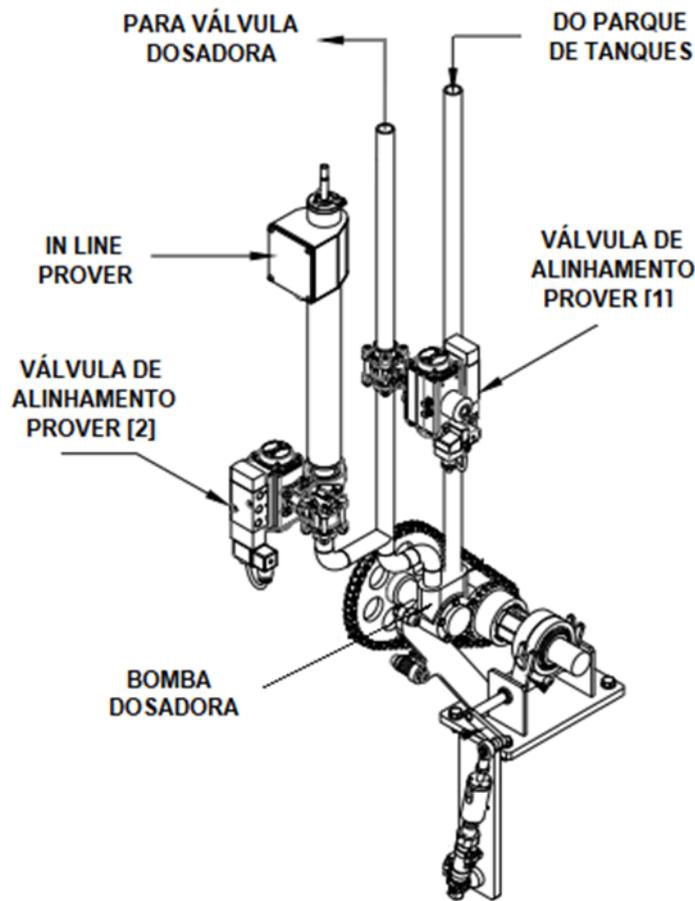
CONCEITO CALIBRADORES AUTOMÁTICOS (In Line Provers)

Os "in line prover" são instalados individualmente para cada bomba dosadora o que permite efetuar a calibração individual ou conjunta de várias bombas dosadoras de forma simultânea, encurtando o período necessário para efetuar uma calibração de todo o sistema de dosagem da DISPENSING MACHINE.

O processo de calibração, armazena os dados históricos individuais de cada bomba dosadora propiciando ainda para a área de manutenção obtenha uma análise preditiva da vida útil de cada bomba, facilitando a rotina de planejamento de manutenção do equipamento.

Os "in line prover" são 100% fabricados em Aço Inox, e com vedações resistentes a qualquer tipo de solvente orgânico ou misturas aquosas, sendo instalados de forma fácil aos módulos de bombas dosadoras através de conexões do tipo Tri Clamp, o que facilita sua montagem e desmontagem quando necessário.

SISTEMA DE CALIBRAÇÃO "IN LINE"



Todo o gerenciamento do processo automático de calibração é feito pelo PLC de controle da DISPENSING MACHINE, garantindo total segurança nas operações.

Durante o processo de calibração de uma bomba dosadora, primeiramente a "Válvula de Alinhamento [1]" é bloqueada e a "Válvula de Alinhamento [2]" é aberta de forma simultânea e automática, direcionando o fluxo da bomba dosadora para o interior do "in line prover".

Tão logo o PLC receba as confirmações de posicionamento das válvulas, a bomba dosadora a ser calibrada é então engrenada ao eixo motriz através do Acoplador Pneumático e o processo de calibração está pronto para ser executado.

Nesse processo, o PLC de controle estará monitorando de forma simultânea o **encoder** do eixo motriz, a pressão de descarga da bomba dosadora e os sensores magnéticos do "in line prover".

O processo de calibração inicia-se com o acionamento da bomba dosadora em uma velocidade pré definida (RPM).

Com o acionamento da bomba, o embolo magnético do “In Line Prover” começa a se deslocar na vertical quando então seu movimento é detectado pelo primeiro sensor magnético (inferior).

Nesse exato momento é iniciada pelo PLC contabilização, através do encoder, do número de voltas efetuadas pelo o eixo motriz e por consequência a bomba dosadora, até que o embolo magnético acione o segundo sensor magnético (superior).

Um cronômetro auxiliar no PLC monitora também o tempo decorrido durante a trajetória do embolo magnético entre os dois sensores.

Tão logo o segundo sensor magnético seja acionado, todo processo é então interrompido.

Importante ressaltar que para uma maior exatidão nas condições de calibração das bombas, coerentemente com as condições de processo, ar comprimido a uma determinada pressão é suprido no lado oposto do embolo magnético do “in line prover”, simulando a condição de processo.

Assim que o processo é interrompido, imediatamente a Válvula de Alinhamento Prover [1] é aberta e a pressão de ar comprimido na face oposta do embolo magnético desloca-o no sentido de expulsar o conteúdo do “in line prover”, quando então a Válvula de Alinhamento Prover [2] é então bloqueada.

Findo esse processo que é extremamente rápido (da ordem de 1 a 2 minutos), o PLC possui duas informações básicas que foram capturadas durante o processo de calibração, sendo a primeira e mais importante o **número de voltas executado pela bomba dosadora** no processo de calibração e ainda o tempo decorrido nesse evento.

Como o “in line prover” trata-se basicamente de um tubo cilíndrico o qual se conhece seu diâmetro interno com precisão e estando ainda os dois sensores distados a uma distância “L”, o volume de material que o embolo deslocou durante o procedimento é obtido pela seguinte formula:

$$V_p = \pi \times R^2 \times L$$

Onde:

V_p = Volume Interno do “in line prover” (cm³)

R = Raio interno do tubo do “in line prover” (cm)

L = Distância entre os dois sensores magnéticos do “in line prover” (cm)

De posse do volume interno do “in line prover” e do número de voltas executadas pela bomba dosadora para que o embolo percorresse seu percurso, pode-se então facilmente calcular o **volume deslocado por revolução da bomba dosadora (Vd)**, pela seguinte fórmula:

$$\mathbf{Vd = Vp / Nr}$$

Onde:

Vd = Volume de produto deslocado por revolução (cm³/rotação)

Vp = Volume Interno do “in line prover” (cm³)

Nr = Numero de revoluções executadas pela bomba durante a calibração

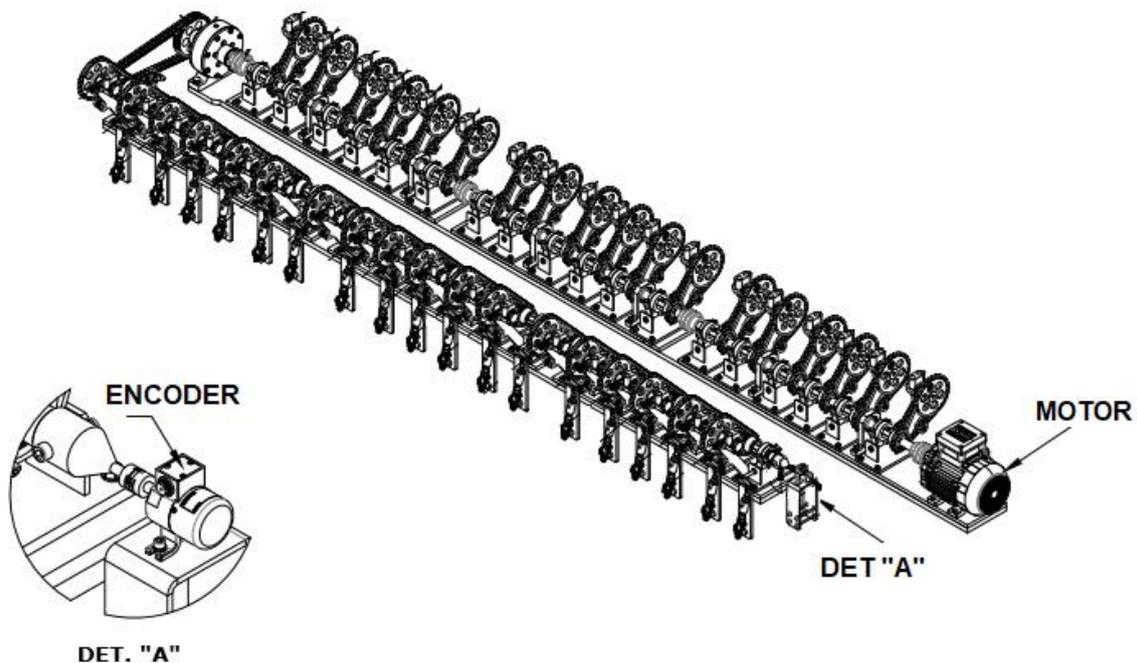
O valor encontrado para o **Vd** é então atualizado em uma tabela de correlação (Bomba Dosadora x Capacidade de Bombeio) no PLC, servindo então de referência para futuras dosagens e também para diagnóstico de desgaste para a área de manutenção.

Vale observar que o processo de calibração pode ser efetuado de forma unitária para uma bomba ou de forma simultânea para um determinado conjunto de bombas.

ESTAÇÃO DE BOMBAS DOSADORAS

Diferentemente das demais Dispensing Machines Industriais oferecidas no mercado, a **SMART DISPENSING MACHINE** da RMA possui um design extremamente revolucionário e inovador, compartilhando um único motor de acionamento para todas as bombas dosadoras utilizadas no equipamento, o que torna seu custo de implantação extremamente competitivo.

Nesse caso, um único motor consegue acionar simultaneamente até cerca de 40 bombas dosadoras, para os mais diversos componentes a serem dosados, pois todas as bombas dosadoras são dispostas ao longo de um único eixo motriz, conectado a um motor elétrico acionado através de um inversor de frequência.

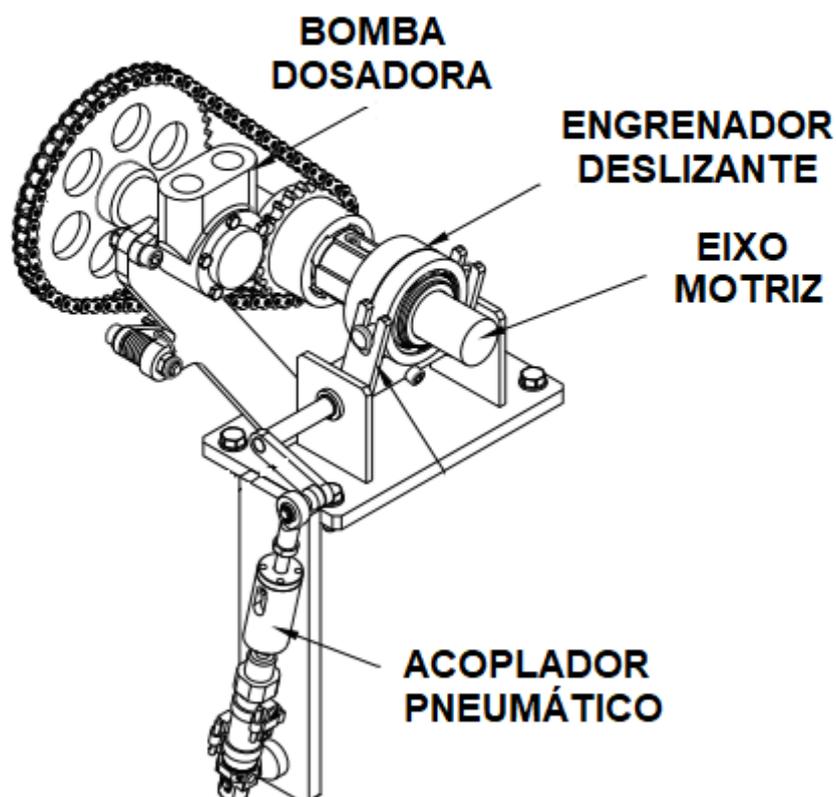


No extremo oposto ao motor do eixo motriz encontra-se instalado um encoder com resolução de 360 pulsos por rotação que monitora a rotação desse eixo, proporcionando uma dosagem volumétrica acurada para cada componente a ser dosado.

Cada bomba dosadora é acoplada ao eixo **de forma individual** através de um mecanismo de engrenamento com acionamento pneumático, eliminando qualquer possibilidade de “escorregamento” como observado em sistemas de embreagens.

Dessa forma, o sistema eletrônico de acionamento possui total controle sobre quais bombas deverão ser acionadas e em qual situação, dependendo da fórmula do produto a ser dosado.

MECANISMO DE ACOPLAMENTO DE BOMBAS DOSADORAS

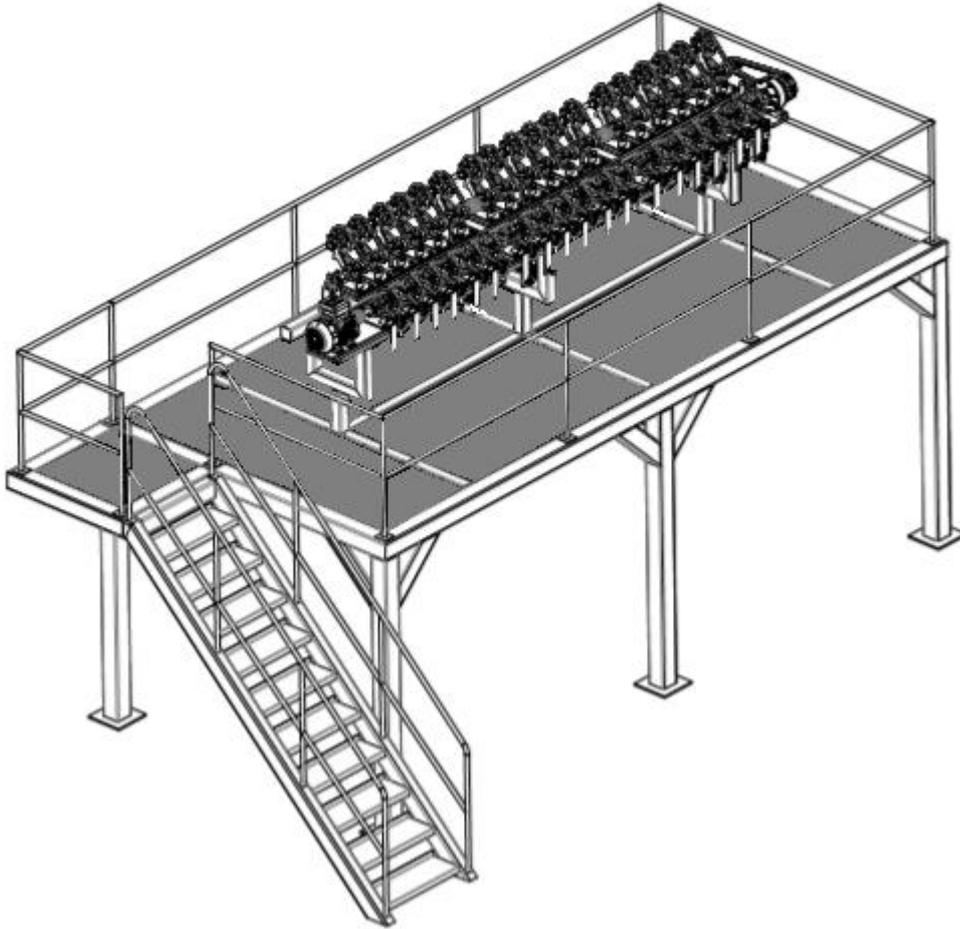


O sistema de sincronização das bombas ao eixo motriz é feito através de corrente o que permite uma manutenção extremamente rápida no caso de necessidade de substituição da bomba.

As bombas dosadoras preferencialmente instaladas na SMART DISPENSING MACHINE RMA são do tipo **VIKING** com selo mecânico o que garante elevada acurácia de dosagem nas mais diversas faixas de rotação e viscosidade.

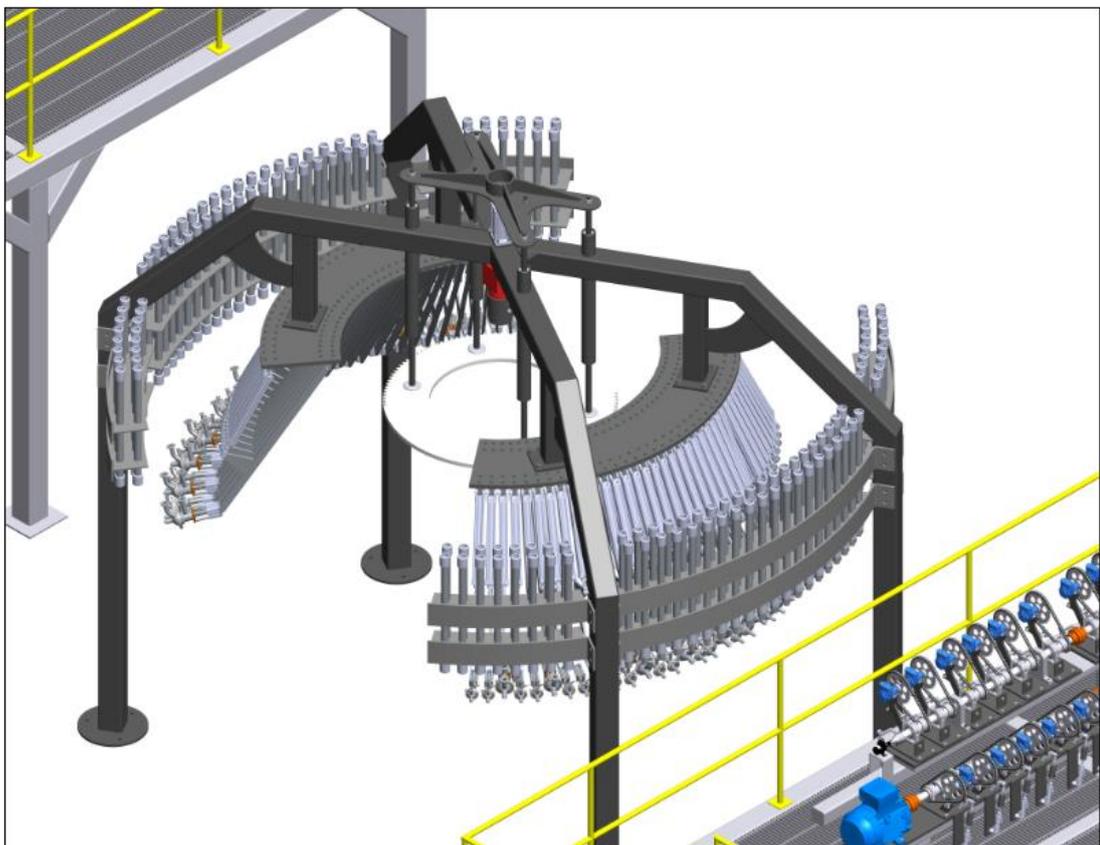
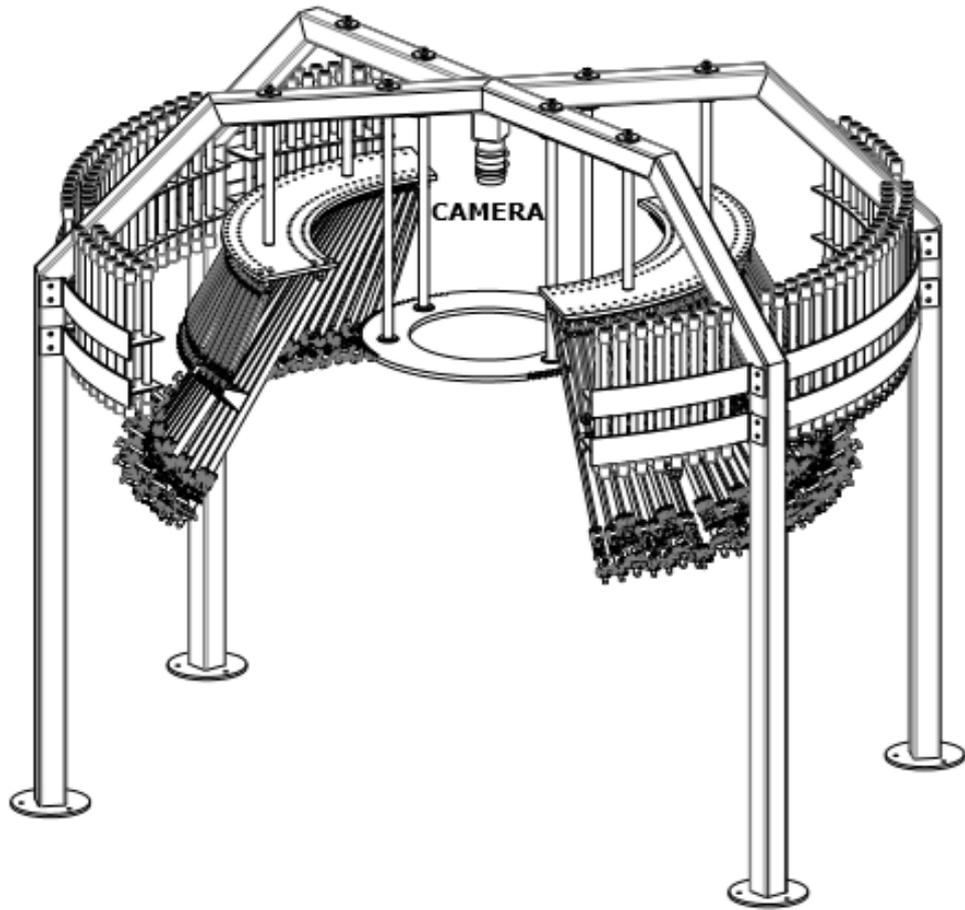
Cada conjunto de acionamento (bombas dosadoras dispostas em um único eixo motriz) é disposta em uma plataforma elevada facilitando o seu acesso para a manutenção e eventuais inspeções pela equipe operacional.

DOSING PUMP PLATFORM



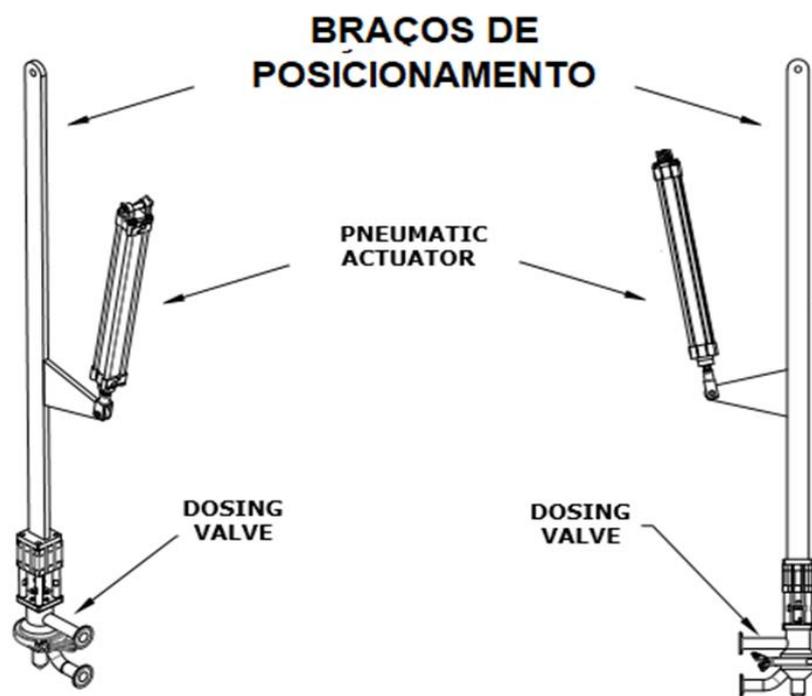
Completando o conjunto de equipamentos que compõe a SMART DISPENSING MACHINE RMA temos ainda a Unidade de Dosagem Volumétrica, onde uma estrutura metálica semi circular com diversos braços articulados dosadores dispostos ao longo da estrutura.

O sistema de braços articulados da Unidade de Dosagem Volumétrica permite que até 12 componentes possam ser dosados de forma simultânea sem que as válvulas se toquem no deslocamento até o contentor que estará recebendo a dosagem.

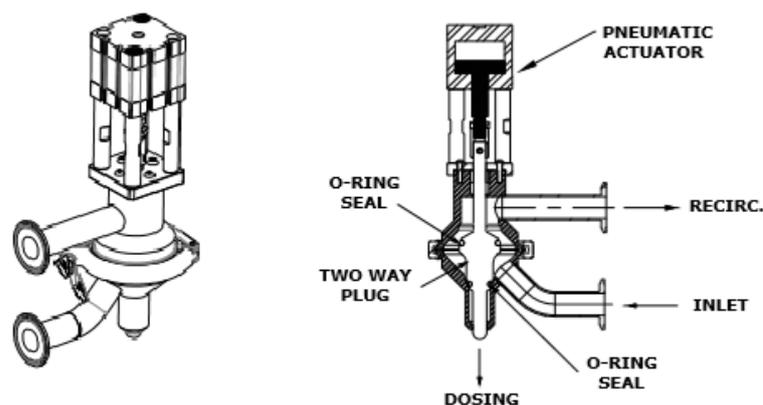


Cada braços suporta uma Válvula Dosadora especialmente projetada para atender uma determinada faixa de vazão de material a ser dosado, levando-se em conta sua densidade e viscosidade e minimizando a ocorrência de respingos quando as mesmas estiverem dosando o material ou pingos quando se encontrem bloqueadas.

Essas válvulas, além da dosagem direta nos contentores, possibilitam a recirculação do material para o tanque de origem, evitando assim que ocorra a sedimentação de matérias nas linhas.



DISPENSING MACHINE RMA VÁLVULA DOSADORA



Todas as vedações internas estáticas das válvulas são fabricadas em TEFLON e as vedações dinâmicas em PERFLUORELASTÔMERO (Kalrez®), garantindo assim uma perfeita vedação e resistência química total para qualquer tipo de solvente presentes nas composições dos diversos materiais a serem dosados.

Um único obturador de dupla ação, interno à válvula, tem a função de efetuar o direcionamento do fluxo do material a ser dosado ou para o bico da válvula dosadora ou para o modo de recirculação onde o material recircula para o tanque de origem.

Um cilindro pneumático de dupla ação, conectado ao eixo do obturador é responsável pela seleção de modo de funcionamento da válvula.

As Válvulas Dosadoras podem ser fornecidas em três tamanhos distintos, adaptando-se as demandas dos componentes a serem dosados, tais como, viscosidade, faixa de vazão, reologia do material, etc.

Devido ao projeto inovador dessa Dispensing Machine, não existe a necessidade que as Válvulas Dosadoras possuam dois ou mais estágios de corte, conforme observado pelos principais fabricantes desse tipo de equipamento.

O sistema inovador de controle de dosagem, faz com que as válvulas dosadoras da Dispensing Machine RMA, se comportem como válvulas dosadoras de abertura variável (contínuas).

Isso se faz possível tendo em vista que a finalização da dosagem do material a ser dosado “corte”, ocorra em velocidades baixas e decrescentes das bombas dosadoras, assegurando dosagens extremamente precisas como em Dispensing Machines Gravimétricas, porém com a produtividade das Dispensing Machines Volumétricas, devido a simultaneidade das dosagens.

Toda essa versatilidade decorre de um conjunto de controle de acionamentos, associados à algoritmos de dosagem e demais rotinas que rodam de forma simultânea no PLC de controle.

Para facilitar o entendimento, imaginemos que um determinado produto a ser produzido através da Dispensing Machine RMA, utilize cinco componentes distintos (A, B, C, D e E).

Nesse caso, as informações preliminares que o PLC deverá receber para proceder a carga dos componentes na Dispensing Machine são a fórmula do produto e o volume a ser produzido.

Hipoteticamente imaginemos que seja necessário produzir **100 Litros** de um produto com a seguinte fórmula:

- A = 54,80 %
- B = 28,95 %
- C = 9,86 %
- D = 5,48 %
- E = 0,91 %

Nesse caso a primeira rotina que o programa do PLC executaria, seria transformar esses valores em volumes a serem dosados. Como o tamanho do lote a ser dosado (atribuído ao exemplo), foi de 100 litros, teríamos :

- Dosagem Componente A = 54,80 Litros
- Dosagem Componente B = 28,95 Litros
- Dosagem Componente C = 9,86 Litros
- Dosagem Componente D = 5,48 Litros
- Dosagem Componente E = 0,91 Litros

Em um segundo passo a rotina do PLC buscaria em sua memória a **Tabela de Correlação** (Bomba Dosadora x Capacidade de Bombeio), já abordada anteriormente (por exemplo):

- Bomba A = 32,0 ml / Revolução
- Bomba B = 28,2 ml / Revolução
- Bomba C = 15,2 ml / Revolução
- Bomba D = 13,2 ml / Revolução
- Bomba E = 5,4 ml / Revolução

De posse dos volumes individuais dos componentes a serem dosados mais os valores da **Tabela de Correlação** (Bomba Dosadora x Capacidade de Bombeio), o PLC calcularia a quantidades de revoluções que cada bomba dosadora deverá efetuar, para a dosagem de cada componente:

- Num. Revoluções Bomba A = 1712,50 Revoluções
- Num. Revoluções Bomba B = 1026,60 Revoluções
- Num. Revoluções Bomba C = 648,68 Revoluções
- Num. Revoluções Bomba D = 415,15 Revoluções
- Num. Revoluções Bomba E = 168,51 Revoluções

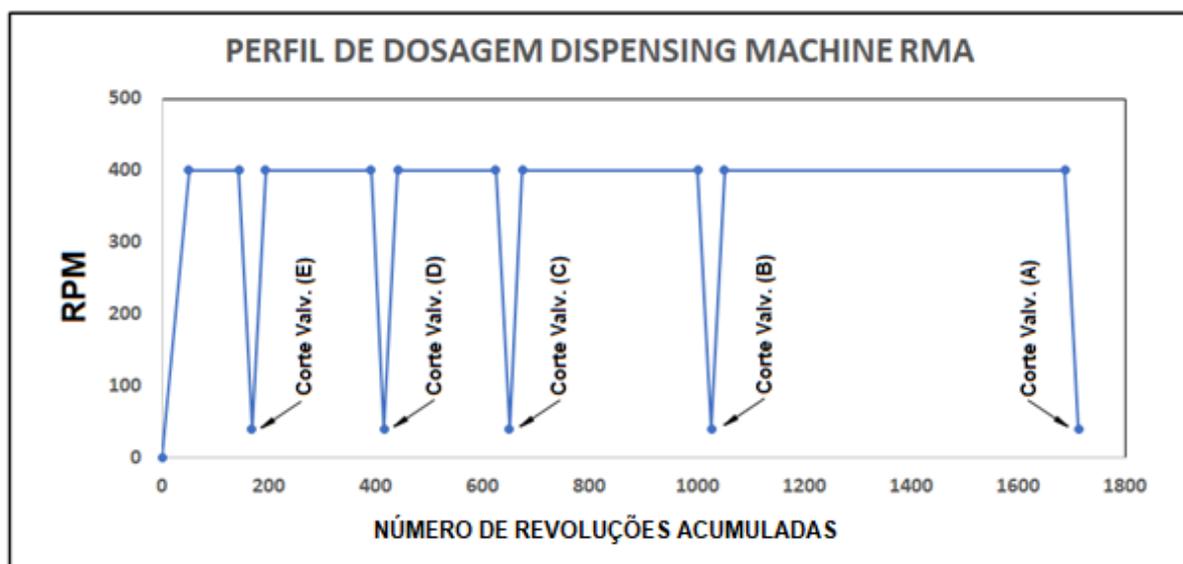
De posse dessas informações, tendo em vista que todas as bombas serão engrenadas ao mesmo Eixo Motriz, o PLC estabelecerá o seguinte programa de dosagem simultâneo, porém obedecendo a seguinte ordem de aceleração e desaceleração do Eixo Motriz, o qual possui seu motor acionado através de um Inversor de Frequência:

1. Acionar Braços de Dosagem A / B / C / D / E;
2. Acoplar ao Eixo Motriz às bombas A / B / C / D / E;
3. Iniciar o bombeio em modo recirculação por um período de 15 segundos e a uma velocidade de 50 RPM no Eixo Motriz (pressurização do sistema);
4. De forma simultânea abrir todas as válvulas dosadoras e iniciar a contagem do número de revoluções realizadas através da medição do **encoder**;
5. Acelerar o Eixo Motriz segundo um incremento 120 RPM / Segundo² até ser atingida a velocidade de 400 RPM;
6. Contabilizar o número de revoluções realizadas e quando faltar 25 revoluções para o final da dosagem do primeiro componente (componente E = 168,51 revoluções), iniciar a desaceleração na mesma taxa (- 120 RPM / Segundo²) até atingir 40 RPM;
7. Já com a RPM baixa (40 RPM), aguardar até o atingimento das 168,51 revoluções e quando atingir, acionar a Válvula Dosadora do componente E para o modo “recirculação”;
8. Acelerar o Eixo Motriz segundo um incremento 120 RPM / Segundo² até ser atingida a velocidade de 400 RPM;
9. Contabilizar o número de revoluções realizadas e quando faltar 25 revoluções para o final da dosagem do segundo componente (componente D = 415,15 revoluções), iniciar a desaceleração na mesma taxa (- 120 RPM / Segundo²) até atingir 40 RPM;
10. Já com a RPM baixa (40 RPM), aguardar até o atingimento das 415,15 revoluções e quando atingir, acionar a Válvula Dosadora do componente D para o modo “recirculação”;
11. Acelerar o Eixo Motriz segundo um incremento 120 RPM / Segundo² até ser atingida a velocidade de 400 RPM;

12. Contabilizar o número de revoluções realizadas e quando faltar 25 revoluções para o final da dosagem do terceiro componente (componente C = 648,68 revoluções), iniciar a desaceleração na mesma taxa (- 120 RPM / Segundo²) até atingir 40 RPM;
13. Já com a RPM baixa (40 RPM), aguardar até o atingimento das 648,68 revoluções e quando atingir, acionar a Válvula Dosadora do componente C para o modo “recirculação”;
14. Acelerar o Eixo Motriz segundo um incremento 120 RPM / Segundo² até ser atingida a velocidade de 400 RPM;
15. Contabilizar o número de revoluções realizadas e quando faltar 25 revoluções para o final da dosagem do quarto componente (componente B = 1026,60 revoluções), iniciar a desaceleração na mesma taxa (- 120 RPM / Segundo²) até atingir 40 RPM;
16. Já com a RPM baixa (40 RPM), aguardar até o atingimento das 1026,60 revoluções e quando atingir, acionar a Válvula Dosadora do componente B para o modo “recirculação”;
17. Acelerar o Eixo Motriz segundo um incremento 120 RPM / Segundo² até ser atingida a velocidade de 400 RPM;
18. Contabilizar o número de revoluções realizadas e quando faltar 25 revoluções para o final da dosagem do quinto componente (componente A = 1712,50 revoluções), iniciar a desaceleração na mesma taxa (- 120 RPM / Segundo²) até atingir 40 RPM;
19. Já com a RPM baixa (40 RPM), aguardar até o atingimento das 1.712,50 revoluções e quando atingir, acionar a Válvula Dosadora do componente A para o modo “recirculação”;
20. Desligar o motor de acionamento do Eixo Motriz;
21. Desengrenar as bombas dosadoras A / B / C / D / E;
22. Recolher os braços dosadores A / B / C / D / E;
23. Reiniciar novo ciclo de dosagem.

Obs.: *Para o exemplo acima consideramos a velocidade máxima estabelecida para o Eixo Motriz à de 400 RPM e a velocidade em que se dará o “corte” do componente em 40 RPM (10% da velocidade nominal de dosagem).*

Conforme descrito anteriormente, essa estratégia de dosagens que ocorre de forma simultânea, porém propiciando que o corte fino aconteça de forma extremamente suave e precisa a uma vazão mínima (cerca de 10% da nominal), faz com que o erro decorrente do tempo de reação do atuador pneumático para a abertura ou o fechamento da válvula dosadora, em relação a vazão do componente que está sendo dosado, acabe sendo extremamente baixo, fazendo com que as válvulas dosadoras, mesmo que de simples ação, se comportem como válvulas de ação proporcional, eventualmente utilizadas em Dispensing Machines Gravimétricas de alta precisão.



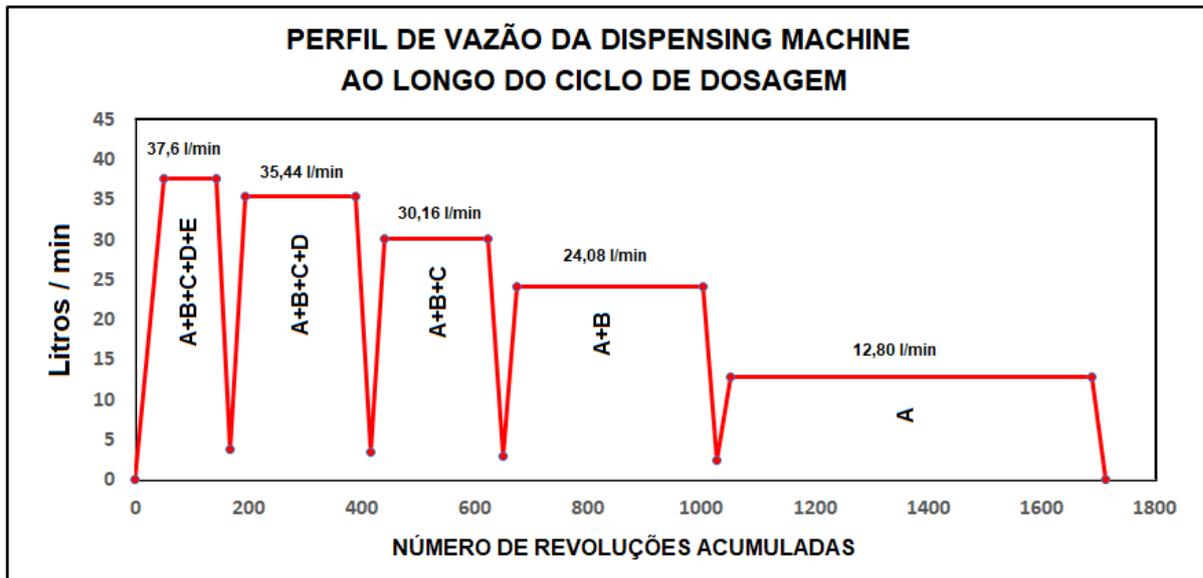
Obs.: O gráfico acima apresenta o perfil de RPM desenvolvido pelo Eixo Motriz ao longo de todo processo de dosagem.

Nesse caso, o Eixo Motriz passou a maior parte do tempo operando a 400 RPM, somente desacelerando quando houve a necessidade de fazer o corte de dosagem de um dos componentes a uma baixa rotação, aumentando dessa forma a precisão de corte.

Tão logo o corte tenha ocorrido, o Eixo Motriz é novamente acelerado para recuperar a vazão de carregamento até chegar ao ponto de corte, do próximo componente a ter sua dosagem encerrada.

Isso faz com que o sistema obtenha alta precisão de dosagem, devido aos cortes ocorrerem com baixa rotação das bombas dosadoras.

Paralelamente ao ganho de produtividade obtido através da dosagem simultânea, a máxima vazão de carregamento é sempre perseguida durante os estágios em que o processo encontra-se em regime estacionário.



Obs.: O gráfico acima apresenta o perfil de vazão total de carregamento do contentor onde se está dosando os diversos componentes ao longo de todo ciclo de dosagem.

Pode-se observar que à medida que o tempo vai passando, e com os términos das dosagens dos componentes, a vazão de carregamento vai diminuindo gradativamente até cessar completamente com o término da dosagem do último componente.

Nessa situação hipotética, a carga total de material do respectivo lote foi realizada em cerca de 4 minutos.

Para estimativa do **Erro de Dosagem** associado ao sistema, levamos basicamente em conta dois fatores sendo o primeiro ligado a variabilidade provável entre o tempo de abertura e/ou fechamento de uma válvula dosadora (estimado em ± 100 milissegundos), decorrentes do "scan" do PLC mais os retardos mecânicos e pneumáticos dos atuadores das válvulas.

O segundo fator que deverá ser levado em conta é a vazão do componente de dosagem em processo, no momento em que a abertura ou fechamento da válvula deverá ocorrer.

Como já explicado anteriormente, para o início e o final da dosagem de cada componente, o sistema de controle da DISPENSING MACHINE RMA deliberadamente reduz a vazão de bombeamento para cerca de 10% da vazão nominal, reduzindo dessa forma em cerca de 10 X o erro potencial associado a esse tipo de evento.

Partindo especificamente das premissas anteriormente apresentadas, a fórmula simplificada que mensura o **erro teórico associado para dosagem** de um componente, pode ser expressa por:

$$\text{Erro Máximo (\%)} = \frac{Qb}{4,5 \times Vd}$$

Onde:

Qb = Vazão nominal da bomba dosadora a plena capacidade (Litros/min)

Vd = Volume a ser dosado (litros)

Obs. (1): *Vale salientar que a fórmula acima já considera os erros potenciais decorrentes dos processos de dosagem associado aos dois eventos relacionados a abertura e ao fechamento de uma respectiva válvula dosadora de um determinado componente.*

Obs. (2): *Recursos computacionais de “learning machine” (Inteligência Artificial), incorporados ao software de controle, durante os processos de calibração e dosagem, monitoram os tempos de abertura e fechamento das válvulas dosadoras. Essas informações fornecem parâmetros de ajustes preditivos para que o sistema de controle, através da rotina de “learning machine”, incorporando continuamente fatores de correção no cálculo de volume a ser dosado em cada válvula, reduzindo sensivelmente o “erro teórico associado a dosagem”, descritos na fórmula anteriormente apresentada.*

COMPENSAÇÃO DE TEMPERATURA

Visando aumentar ainda mais a precisão de dosagem, em se tratando a SMART DISPENSING MACHINE RMA uma dosadora **volumétrica**, foi anexado ao conceito da máquina a **compensação automática de temperatura**, de forma individual para cada componente a ser dosado.

Para tal, o software de controle e supervisão possui previsão para a entrada de dados relativos a densidades e aos coeficientes de dilatação de cada material a ser dosado, fazendo uma compensação automática da carga de material a ser dosado para cada bomba dosadora dependendo da temperatura que cada material se encontra no momento da dosagem.

Sensores de temperatura do tipo PT-100 incorporados às linhas de recirculação tem a função de medir com precisão a temperatura de cada material, informando ao PLC a temperatura de operação no momento da dosagem.

De posse da informação de temperatura, associada à densidade do material a 25 °C e também os dados relativos ao Coeficiente de Dilatação Linear do material, o PLC calculará a correção de volume respectiva a cada componente a ser dosado em cada fórmula, reduzindo dessa forma significativamente o erro associado a essa variável.

SISTEMA DE VISÃO (Processamento Digital de Imagem)

A SMART DISPENSING MACHINE RMA possui um controle de monitoração de dosagem comandado por **Sistema de Visão**.

Esse sistema de monitoramento de dosagem funciona a partir de processamento digital de imagens (**Sistema de Visão**), possibilitando uma simplificação interessante na instalação do equipamento pois reduz de forma significativa a quantidade de sensores necessários aos diversos mecanismos de dosagem tais como, Braços de Posicionamento, monitoramento das hastes das válvulas, e etc.

O **Sistema de Visão** basicamente é composto por uma **câmera digital de alta resolução**, instalada no topo da estrutura da DISPENSING MACHINE RMA, e que tem a função de observar e intertravar a ação de todos os dispositivos dosadores associados aos componentes a serem dosados.

O monitoramento também possibilita identificar e **filmar a integralidade do processo de carregamento de cada lote de material produzido** na SMART DISPENSING MACHINE RMA, obtendo-se dessa forma um histórico rastreável do que aconteceu em cada batch produzido, do ponto de vista de imagens (filme).

O software do Sistema de Visão é capaz de identificar o movimento individual de cada braço dosador até sua posição de dosagem e ainda a atuação de cada válvula dosadora utilizada.

SISTEMA DE CONTROLE / SUPERVISÃO E MONITORAMENTO

A SMART DISPENSING MACHINE RMA possui todo seu sistema de controle baseado em um PLC dos mais renomados fabricantes do mercado, utilizando para a supervisão do processo e integração com outros sistemas o **Software de Supervisão ELIPSE E3**, comunicando-se diretamente a bancos de dados de sistema ERP dos fabricantes de tinta, tanto para carregamento automático das fórmulas, controles de inventários, geração de relatórios de produção entre outros.

Dessa forma, acreditamos que a SMART DISPENSING MACHINE RMA se traduza no novo paradigma em sistemas de dosagem industrial para os fabricantes de tintas, incorporando o mais avançado conceito de dosagem, buscando garantir extrema acurácia, alta produtividade, baixo custo de implantação e conectividade do chão de fábrica com os diversos sistemas corporativos, reunindo as características básicas à materialização da INDÚSTRIA 4.0 ao setor de tintas.

QUALIDADE DOS INSUMOS PARA A SMART DISPENSING MACHINE

Temos observado que os grandes fabricantes de tintas veem investindo pesadamente em sistemas baseados em DISPENSING MACHINES INDUSTRIAIS, esquecendo, entretanto, que a qualidade dos insumos é fundamental para que esses equipamentos possam demonstrar de fato um ganho real de produtividade.

Afinal, de que adianta ganharmos 20 ou 30% de velocidade na “montagem” de uma tinta em uma Dispensing Machine Industrial, se essa etapa do processo (dosagem), corresponde somente a cerca de 10% do tempo de ciclo total “lead time” do processo ?

Nesse caso os ganhos seriam pífios e o retorno de investimento muito pouco atrativos...

O **paradigma das etapas de “ajustes e controles”** nas indústrias de tintas, os quais consomem 70% do “lead time” de produção, são na realidade a grande âncora que vem mantendo a séculos esse tipo de indústria paralisada em termos de tecnologia de processo, quando comparadas aos demais segmentos industriais.

Para que possamos nos mover, com saltos reais de produtividade e possamos nos beneficiar de sistemas sofisticados altamente produtivos e precisos, é fundamental que todos os insumos que alimentam Dispensing Machines Industriais sejam pré qualificados para que então após uma **simples dosagem desses componentes**, ao serem simplesmente misturados, conduzam a produtos perfeitos e sem a necessidade de ajustes posteriores, reduzindo-se assim de fato o “lead time” fabril de um produto em 50% ou mais...

Para tal, de forma a suportar esse conceito e potencializar o máximo de ganhos desse conceito apresentado, a RMA TECNOLOGIA INDUSTRIAL, idealizou o equipamento denominado **TRANSMICELL** que conduz a qualificação prévia de Bases, Colorantes, Tintings, etc., garantindo que o potencial da SMART DISPENSING MACHINE, objeto dessa proposta, possa atingir a integralidade de seus objetivos, viabilizando dessa forma o tão sonhado modelo de INDUSTRIA 4.0 para o segmento de tintas.

A ideia apresentada adicionalmente nessa edição do PAINT DE FUTURE 2020, com o nome [**TRANSMICELL – O “elo” que faltava para as Indústrias de Tinta implantarem o modelo de Industria 4.0**], complementa-se então a ideia apresentada nesse painel sobre o título [**SMART DISPENSING MACHINE RMA – Acelerando a fabricação com inteligência e precisão de dosagem. Rumo à "Indústria 4.0" no mundo das tintas**], viabilizando dessa forma ganhos reais e sustentáveis de produtividade e qualidade para os fabricantes de tintas, sob um novo paradigma tecnológico.

ROGÉRIO AUAD

RMA TECNOLOGIA INDUSTRIAL LTDA.

+55 (51) 98124-5523