

RESUMO

O estágio curricular no âmbito do trabalho final do Mestrado em Tecnologia Química teve início no dia 4 de fevereiro de 2013 na Iber-Oleff, empresa portuguesa sediada em Pombal, que tem como atividade a conceção, desenvolvimento, industrialização e produção de sistemas cinemáticos e de distribuição de ar, em plástico, para interiores de automóveis.

O relatório descreve de forma sucinta o processo produtivo da empresa, com especial relevância para a área de decoração e pintura. O processo produtivo da Iber-Oleff está organizado em três áreas: Injeção, Decoração/Pintura e Montagem.

O processo de pintura engloba vários parâmetros que afetam a qualidade final dos produtos pintados. Um destes parâmetros é o caudal, que influencia diretamente a espessura da camada de tinta, que pela sua vez tem grande impacto na qualidade dos produtos pintados (aspeto visual, aderência, etc.).

Uma das questões mais importantes de todo processo é a estabilidade. Os processos estáveis são mais previsíveis, mais fáceis de gerir e a qualidade dos produtos resultantes é mais uniforme. Este facto destaca a importância de analisar e garantir a estabilidade dos processos. O conceito de qualidade divulgado por W. Edwards Deming enfatiza a importância de controlar a estabilidade dos processos contra a prática de controlar os produtos.

Considerando o impacto que o caudal das pistolas tem na estabilidade do processo de pintura, este estágio teve como objetivo principal o estudo da estabilidade do caudal das pistolas de uma máquina de pintura.

Posteriormente foi feita a avaliação gráfica e estatística dos dados recolhidos relativamente ao caudal das pistolas e a outros parâmetros tais como a viscosidade. Após a análise inicial foram estabelecidos planos de ensaios de modo a perceber quais os fatores que poderiam influenciar a estabilidade do caudal.

Concluiu-se com este estudo que existe uma variação de caudal inerente ao processo de pintura. Variação que se verificou mais estável quando não há interrupções para ajustes do mesmo. Procedeu-se à elaboração de cartas de controlo para analisar continuamente este

parâmetro e melhorar o referido processo de pintura e, conseqüentemente, uma melhoria no produto final.

Palavras-chave: variação de caudal; pistolas de pintura; componentes plásticos.

ABSTRACT

The internship concerning the final work in the Chemistry Technology Master's Degree began in 4th February 2013 at Iber-Oleff, a Portuguese company located at Pombal. Its activity involves the conception, development, industrialization and production of cinematic and air distribution systems, made of plastic for automobile interiors.

This report briefly describes the production process of the enterprise, with special relevance to the painting and decoration area. The referred process is mainly divided in three different areas: Injection, Assembling and Decoration/Painting.

The final quality of the products is largely affected by diverse parameters present in the painting process. One of them is the flow rate that may directly modify the thickness of the paint layer. On its behalf this change may alter the quality of the final products such as the visual aspect, adherence, and so on.

The stability of the process is one property of major importance and stable processes are predictable, easy to manage and the resulting products are uniform. Likewise, the analysis of the process concerning its stability is a matter of great importance. The quality concept developed by W. Edwards Deming emphasizes the value of controlling the process stability in contraposition to controlling the product alone.

With such said, and reminding what the flow rate might cause in the painting process, this internship focused on studying the flow rate stability of the pistols from a painting machine. The statistical and graphical evaluation of data (flow rate, temperature, etc.) was taken into account. After an initial analysis, experimental plans were established to comprehend which factors could affect the referred flow rate stability.

This study lead to the conclusion that a variation of flow rate exist in the painting process and that it is most stable when no interruptions to make adjustments take place. Control chards where elaborated to continually analyze such parameter and improve the painting process, which may lead to a better final product.

Keywords: flow rate variation; painting pistols; plastic components.

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho é resultado do meu esforço pessoal e da colaboração das mais diversas pessoas, às quais manifesto a minha sentida gratidão, pelo apoio demonstrado ao longo destes nove meses de trabalho. Agradeço em especial:

À Iber-Oleff, a possibilidade de realização do estágio, e por permitir que continuasse a trabalhar na empresa no final deste.

Aos colaboradores da Iber-Oleff, pela hospitalidade, simpatia e apoio durante o estudo efetuado.

Aos Eng. Ramiro Pinto e Eng. Fernando Jordão pelo apoio e acompanhamento.

Ao Professor Rafael Pastor pelas últimas revisões que levaram a uma visão diferente dos resultados. Ainda um agradecimento pela disponibilidade sem hora definida.

À Doutora Natércia Santos pela orientação e por todo o tempo que disponibilizou para me ajudar na elaboração e organização do relatório de estágio.

Ao Rui Rodrigues pelo apoio demonstrado, pelo acompanhamento diário, pelos ensinamentos transmitidos, pela paciência nas explicações dadas e por tudo o que fez por mim.

Ao meu namorado, Miguel Travassos, pelo afeto, pelas longas conversas, pelo incentivo, pelo apoio incondicional e principalmente pela compreensão.

Aos meus amigos pela animação constante, pelo apoio e por sempre acreditarem em mim.

Agradeço à minha família por todo o envolvimento e preocupação para que eu conseguisse atingir os meus objetivos.

Um agradecimento especial aos meus pais, pelo esforço na minha formação académica e por sempre terem feito tudo por mim. Ao meu irmão, cunhada e sobrinha que mesmo ausentes sempre me apoiaram em tudo.

Agradeço com saudades todos os ensinamentos de vida à minha avó Maria (em memória).

A todos dedico o meu trabalho e um muito obrigada.

ÍNDICE

I. Introdução.....	1
I. 1. Objetivo.....	1
I. 2. Descrição da Empresa	1
I. 3. Caracterização do Setor.....	2
II. Descrição do Processo de Produção	5
II. 1. Receção e Armazenamento das Matérias-Primas	5
II. 2. Produção	6
II. 2. 1. Injeção.....	6
II. 2. 2. Decoração/Pintura.....	7
II. 2. 2. 1. Descrição da máquina de pintura.....	9
II. 2. 2. 1. 1. Alimentação	9
II. 2. 2. 1. 2. Ionização	9
II. 2. 2. 1. 3. Cabine de Pintura.....	10
II. 2. 2. 1. 4. Flash-Off	11
II. 2. 2. 1. 5. Estufa	11
II. 2. 2. 1. 6. Sistema de Bombas	11
II. 2. 3. Tampografia.....	12
II. 2. 4. Montagens Eletrónica e Automotive	13
III. Trabalho Desenvolvido.....	15
III. 1. Estudo do caudal das pistolas	15
III. 1. 1. Análise da situação	16
III. 1. 2. Efeito da pressão e da abertura/fecho das pistolas	21
III.1.2.1. Tintas de solvente	21

III.1.2.2. Tintas de água.....	30
III. 1. 3. Efeito do ajuste das pistolas e da pressão.....	34
III.1.3.1. Com ajuste e sem ajuste de caudal para tintas de solvente	35
III.1.3.2. Efeito da pressão para tintas de água	39
III. 1. 4. Efeito da viscosidade da tinta.....	41
III.1.4.1. Tinta de solvente	42
III.1.4.2. Tinta de água	44
III. 2. Estudo da espessura da tinta.....	45
III. 2. 1. Efeito do ajuste.....	47
III.2.1.1. Sem ajuste	47
III. 3. Estudo da influência do tempo de agitação na viscosidade de uma tinta.....	54
III. 4. Controlo estatístico do processo.....	56
IV. Conclusão.....	61
V. Bibliografia.....	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Países para onde a empresa exporta o seu produto. [1]	3
Figura 2: Diagrama do processo de produção.	5
Figura 3: Esquema de moldagem por injeção. [4].....	6
Figura 4: Área de injeção. [1].....	7
Figura 5: Esquema da máquina de pintura.	9
Figura 6: Esquema do sistema de pintura para tintas à base de tinta de solvente.	12
Figura 7: Representação do trem de pintura da máquina. [1].....	16
Figura 8: Variação do caudal da pistola nº3 ao longo do processo de pintura.	17
Figura 9: Variação do caudal da pistola nº4 ao longo do processo de pintura.	17
Figura 10: Variação do caudal da pistola nº7 ao longo do processo de pintura.	18
Figura 11: Variação do caudal da pistola nº8 ao longo do processo de pintura.	18
Figura 12: Variação do caudal das pistolas relativamente ao seu funcionamento em separado para 5 bar.	22
Figura 13: Variação do caudal das pistolas relativamente ao seu funcionamento em simultâneo para 5 bar.....	22
Figura 14: Variação do caudal das pistolas relativamente ao seu funcionamento em separado para 2 bar.	23
Figura 15: Variação do caudal das pistolas relativamente ao seu funcionamento em simultâneo para 2 bar.....	23
Figura 16: Variação do caudal das pistolas para 2,0 bar de pressão de mistura.....	24
Figura 17: Variação do caudal das pistolas para 5,0 bar de pressão de mistura.....	25
Figura 18: Variação do caudal das pistolas para 7,0 bar de pressão de mistura.....	25
Figura 19: Variação do caudal das pistolas para 2,0 bar de pressão de mistura com pintura em contínuo.	26

Figura 20: Variação do caudal das pistolas para 2,0 bar de pressão de mistura com pintura em descontínuo.....	27
Figura 21: Variação do caudal das pistolas para 5,0 bar de pressão de mistura com pintura em descontínuo.....	27
Figura 22: Espessura da tinta em vários pontos do processo de pintura.	28
Figura 23: Simulação do arranque do processo de pintura do produto “L”.	29
Figura 24: Simulação do arranque do processo de pintura do produto “M”.	29
Figura 25: Simulação do arranque do processo de pintura do produto “P”.	30
Figura 26: Variação do caudal das pistolas para 2,0 bar de pressão de mistura.	31
Figura 27: Variação do caudal das pistolas para 5,0 bar de pressão de mistura.	31
Figura 28: Variação do caudal das pistolas para 7,0 bar de pressão de mistura.	32
Figura 29: Variação do caudal das pistolas para 5,0 bar de pressão de mistura.	33
Figura 30: Variação do caudal das pistolas para 7,0 bar de pressão de mistura.	33
Figura 31: Espessura da tinta em vários pontos do “skid”.	34
Figura 32: Variação do caudal com ajuste das pistolas.....	35
Figura 33: Variação do caudal sem ajuste das pistolas.	36
Figura 34: Espessuras relativas ao processo de pintura com ajuste do caudal das pistolas.	37
Figura 35: Espessuras relativas ao teste do caudal sem ajuste das pistolas.	37
Figura 36: Variação de caudal do produto “B” sem ajuste das pistolas.....	38
Figura 37: Espessuras relativas do produto “B” sem ajuste das pistolas.	38
Figura 38: Variação do caudal para tinta de água com pressão de mistura de 5 bar.....	39
Figura 39: Variação do caudal para tinta de água com pressão de mistura de 6 bar.....	40
Figura 40: Espessuras médias para o processo de pintura a 5 bar de pressão de mistura. ..	40
Figura 41: Espessuras médias para o processo de pintura a 6 bar de pressão de mistura. ..	41
Figura 42: Viscosímetros de mergulho. [8].....	42
Figura 43: Variação do ajuste de caudal das pistolas para 20g/10s.	45

Figura 44: Variação do ajuste de caudal das pistolas para 30g/10s.....	46
Figura 45: Variação do ajuste de caudal das pistolas para 40g/10s.....	46
Figura 46: Variação das espessuras para caudais das pistolas de 20, 30 e 40g/10s.	47
Figura 47: Variação do caudal do produto “A”.....	48
Figura 48: Espessuras de tinta ao longo do processo de pintura sem ajuste de caudal para o produto “A”.	49
Figura 49: Variação sem ajuste do caudal das pistolas do produto “A”.....	49
Figura 50: Espessuras de tinta ao longo do processo de pintura sem ajuste de caudal para o produto “A”.	50
Figura 51: Variação sem ajuste do caudal das pistolas do produto “A”.....	50
Figura 52: Espessuras de tinta ao longo do processo de pintura sem ajuste de caudal para o produto “A”.	51
Figura 53: Variação sem ajuste do caudal das pistolas do produto “A”.....	52
Figura 54: Espessuras de tinta ao longo do processo de pintura sem ajuste de caudal para o produto “A”.	52
Figura 55: Variação sem ajuste do caudal das pistolas do produto “J”.....	53
Figura 56: Espessuras de tinta ao longo do processo de pintura sem ajuste de caudal para o produto “J”.....	54
Figura 57: Variação da viscosidade da tinta ao longo do tempo.	55
Figura 58: Variação da temperatura da tinta ao longo do tempo.....	55
Figura 59 - Carta de valores individuais.....	58
Figura 60 - Carta de amplitude móvel.	58
Figura 61 - Carta de valores individuais.....	59
Figura 62 - Carta de amplitude móvel.	59

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Médias da variação do caudal das pistolas para tinta de solvente e tinta de água.	20
Tabela 2 – Variação do caudal para uma tinta com viscosidade de 14s e com diluição de 91%......	43
Tabela 3 – Variação do caudal para uma tinta com viscosidade de 19s e com diluição de 42%......	43
Tabela 4 – Variação de caudal para uma tinta de água com viscosidade de 15,03s.....	44
Tabela 5 – Variação de caudal para uma tinta de água de viscosidade de 24,40s.....	44

I. INTRODUÇÃO

I. 1. Objetivo

O objetivo principal deste estágio foi o acompanhamento de uma máquina de pintura na secção de decoração/pintura, a aprendizagem do funcionamento e o estudo de alguns parâmetros a fim de verificar a influência da variação do caudal das pistolas da máquina. Pretendia-se perceber o seu funcionamento, as consequências da variação de caudal, os fatores que pudessem afetar esse caudal, tais como as pressões da tinta, do endurecedor e da mistura tinta/endurecedor, assim como a viscosidade da tinta, a sua temperatura e os ajustes das pistolas de pintura entre os controlos de caudal.

I. 2. Descrição da Empresa

A Iber-Oleff é uma empresa portuguesa de produção de componentes e produtos técnicos plásticos para automóveis, fundada em 1993 em Pombal no Parque Industrial Manuel da Mota, iniciou a produção no ano de 1995, com cerca de 30 colaboradores e 7 máquinas de injeção. [1]

No início da produção a empresa foi certificada pela Norma Q-101 da Ford. Em 2002 a empresa foi certificada pela norma ambiental ISO 14001, e em 2004 foi certificada pela norma da qualidade ISO/TS 16949.

A empresa é também certificada por entidades ligadas ao setor da indústria automóvel tais como:

- BOSCH AUDIT – VDA vol.6 part 3
- BMW ASSESSMENT
- DELPHI – Supplier Assessment
- CONTINENTAL – VDA vol.6 part 3
- VOLKSWAGEN Group
- McLAREN car system audit – supplier assessment
- MITSUBISHI TRUCKS EUROPE – QAS acc. 9000. [1]

Em 1998 foi fundada a Iber-Oleff Brasil. Em 1999 na Iber-Oleff Pombal construíram uma área dedicada à pintura, com uma máquina automática de pintura e uma cabine manual de pintura.

Atualmente a empresa possui uma área de injeção, uma área de decoração/pintura (onde decorreu o estágio) e uma área de montagem, caracterizando assim o processo produtivo. Para o desenvolvimento e industrialização dos produtos existe ainda uma área de engenharia.

Emprega cerca de 500 pessoas em Portugal e 300 pessoas no Brasil, trabalhando a 3 turnos diários.

As matérias-primas utilizadas por esta empresa são diversas e dependem da área para o qual estão destinadas. Dando posteriormente origem a componentes de plástico para o ramo automóvel como frentes de autorrádios, cinzeiros, suportes de copos, ventiladores, entre outros.

I. 3. Caracterização do Setor

A história da humanidade tem sido marcada pela importância dos materiais, que causaram melhorias nas condições de vida do Homem, o que se reflete nas seguintes denominações: Idade da Pedra, Idade do Bronze, Idade do Ferro e nos dias de hoje a Idade do Plástico.

Nas últimas décadas as indústrias que têm contribuído para novas aplicações com plásticos são principalmente a indústria automóvel, a aeronáutica e a construção civil. A indústria dos plásticos tem também vindo a ganhar rumo nos cuidados médicos, no desporto e nas atividades de lazer. [2]

A principal matéria-prima na origem dos plásticos é o petróleo, mas apenas 4% do total extraído tem como finalidade a produção destes e as principais indústrias de componentes técnicos plásticos para automóveis encontram-se na Alemanha e em França. Em 1985 só 4% da massa total do carro era plástico, enquanto nos dias de hoje esta ronda os 12%, ou seja cerca de 100 kg por carro. Em Portugal existem grandes multinacionais e pequenas empresas independentes produtoras de peças plásticas para a indústria automóvel como a Simoldes, a TMG Automotive, a Iber-Oleff, a Moldoplástico, a Inapal Plásticos e a

Celoplás. A Iber-Oleff pertence ao Grupo Iberomoldes do qual fazem parte mais 9 empresas e exporta para mais de 20 países, principalmente dos continentes europeu, americano e asiático, como se pode visualizar na figura 1, com 95% de exportação do volume total do negócio. [1]

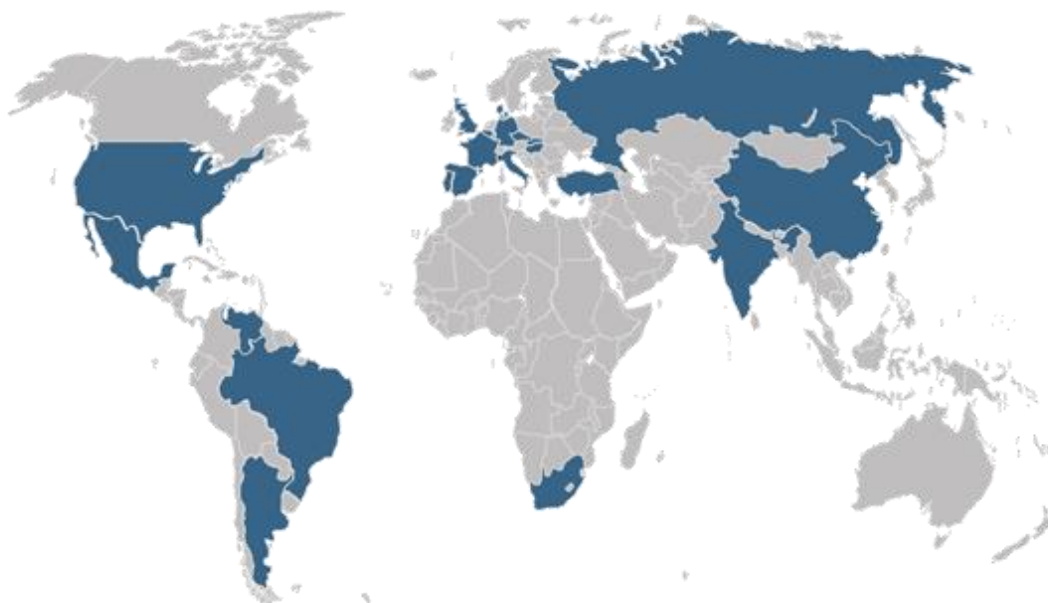


Figura 1: Países para onde a empresa exporta o seu produto. [1]

Plástico define-se como material orgânico que se deforma sob ação da temperatura e/ou da pressão, sendo capaz de conservar essa deformação depois desses agentes deixarem de atuar. O primeiro plástico foi inventado na Grã-Bretanha em 1854 por Alexander Parkers. Este polímero foi chamado de Parkesine, podia ser aquecido, moldado e voltava à sua forma quando arrefecido. Contudo a sua produção era cara e o produto era potencialmente inflamável e propenso a desgaste. [2]

Na indústria portuguesa a 1ª companhia nesta área começou a produzir Bakelite em 1935 (película transparente em polietileno teraftalato (PET), inventada em 1907, por Leo Baekeland). O surgimento das indústrias produtoras de plástico está intimamente ligado à indústria de moldes na década de 30 do século XX. Apesar do elevado número de empresas ligadas à produção de moldes, houve outras que começaram por dar suporte às existentes, especializando-se em diferentes áreas de produção. [2]

Após a 2ª guerra mundial viria a assistir-se a mudanças significativas na indústria de polímeros que demonstrou ser uma fonte inesgotável de substitutos dos produtos naturais. As empresas especializadas viriam a ter grande crescimento nos finais da década de 80.

Ao longo dos tempos, as peças de origem metálica têm dado lugar a componentes de plástico. No “design” automotivo os plásticos têm contribuído para uma inovação na segurança, no desempenho e na eficiência de consumo. A maior parte dos especialistas diz que a diminuição dos consumos e das emissões de CO₂ passa por reduzir o peso do carro. É estimado que cada 10% de redução no peso do carro resulte em 5 a 7% de diminuição no consumo de combustível. Para além disso o plástico é um produto economicamente mais viável. [3]

Nos dias que correm, em qualquer casa, veículo, escritório ou fábrica, existe uma vastidão de artigos que foram moldados por injeção, tais como telefones, embalagens de iogurte, caixas de televisores, seringas, entre outros. [4]

II. DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO

O processo de produção de componentes técnicos para a indústria automóvel engloba várias etapas processuais. A figura 2 esquematiza o processo de produção da Iber-Oleff:

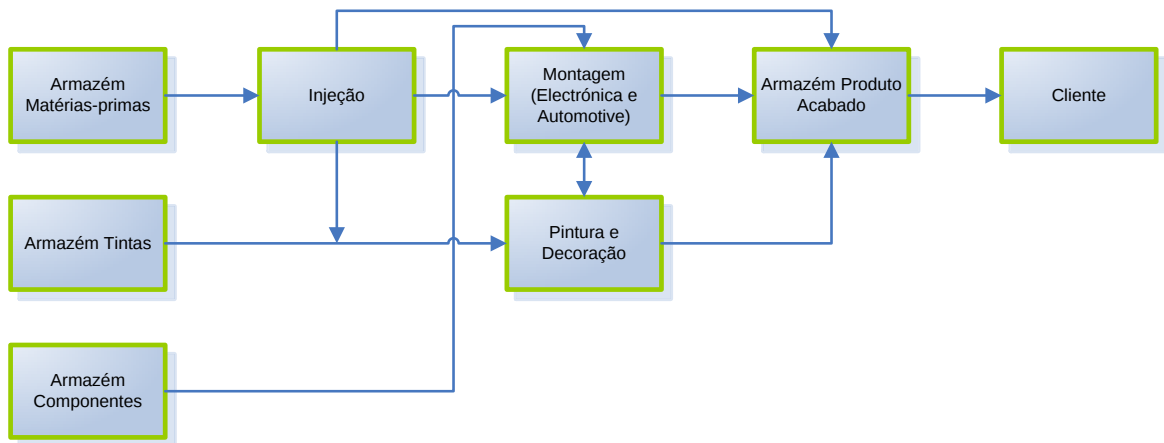


Figura 2: Diagrama do processo de produção.

II. 1. Receção e Armazenamento das Matérias-Primas

As matérias-primas que entram para produção são armazenadas consoante a área de produção a que se destinam. Quanto à injeção, os materiais são de origem polimérica, na sua maioria polipropileno, policarbonato e ABS (acrilonitrilo-butadieno-estireno).

Na área da decoração, as matérias-primas consistem em substâncias químicas, tais como, tintas de base aquosa e à base de solventes, diluentes e endurecedores. Para a área da montagem são diversos produtos em plástico produzidos nas secções anteriores e componentes diversos adquiridos a fornecedores, como demonstrado na figura 2.

II. 2. Produção

O processo de produção divide-se em três etapas de maior importância, a injeção, a decoração/pintura e a montagem. A injeção possui mais de 60 máquinas e efetua-se a moldação por injeção, a área da decoração/pintura possui duas máquinas automáticas, um robot e uma cabine manual de pintura, a montagem está organizada por linhas de produção flexível.

II. 2. 1. Injeção

No processo de injeção os polímeros termoplásticos, em grânulos, são alimentados a um fusso, como ilustra a figura 3, onde são aquecidos até fundir. De seguida o polímero é injetado para dentro do molde, no qual se encontra um circuito de água que arrefece o polímero até à solidificação. O molde abre-se e obtém-se a peça com a configuração final, este processo repete-se continuamente. A vantagem deste processamento é a sua versatilidade em moldar peças de vários tamanhos e com geometrias variadas. Na figura 4 encontra-se uma fotografia da área de injeção da Iber-Oleff.

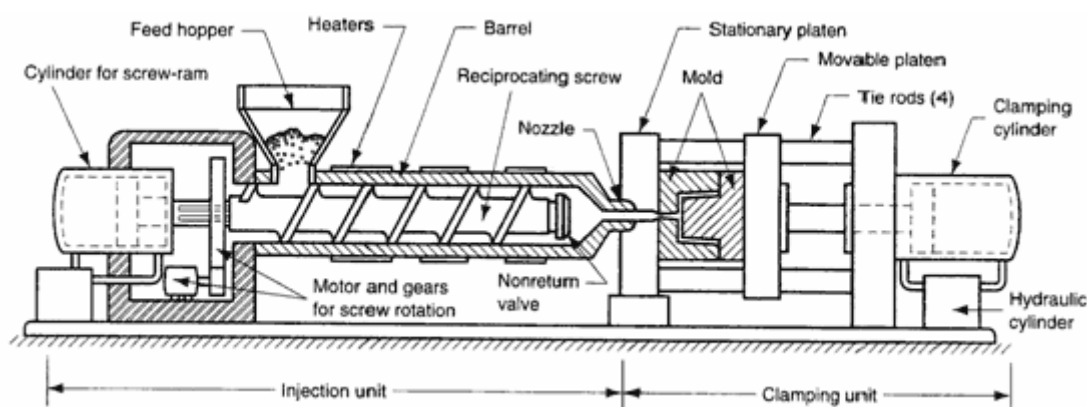


Figura 3: Esquema de moldagem por injeção. [5]



Figura 4: Área de injeção. [1]

II. 2. 2. Decoração/Pintura

Esta área da empresa possui duas máquinas de pintura automática, um robot e uma cabine de pintura manual. O estágio incidiu maioritariamente no estudo da estabilidade do processo de pintura da uma das máquinas.

Os componentes plásticos provenientes da injeção são preparados, soprados, limpos com um pano seco ou molhado com álcool isopropílico, com o objetivo de eliminar os problemas de sujidades que podem surgir nesta zona processual e que têm impacto no aspeto visual dos produtos. Após estes processos iniciais de preparação e limpeza as peças são encaminhadas para as diversas máquinas a fim de serem pintadas.

Antes de descrever o processo de pintura faz-se uma descrição das tintas utilizadas na pintura que conferem ao produto final um acabamento diferenciado.

As tintas podem ser à base de solventes ou à base de água. As que são à base de solvente utilizam um solvente orgânico, como por exemplo ésteres ou cetonas, as tintas à base de água, utilizam como solvente a água. Uma tinta é uma dispersão de vários constituintes, resinas (40-50%), pigmentos e cargas (25-30%), solventes (15-25%), e aditivos (0-5%), cada um destes com uma função específica.

As tintas na indústria automóvel têm várias funções: dar cor (melhorar o aspeto visual), proteger e retardar o envelhecimento. Uma vez que a tinta é uma dispersão, existe muitas

vezes formação de resíduo sólido no fundo das latas, por isso é necessária a agitação das tintas para garantir a homogeneidade da mistura.

As resinas são substâncias orgânicas, líquidas e pegajosas, que normalmente endurecem pela ação do ar, convertendo-se em sólidos de aspeto amorfo e brilhante que conferem ao revestimento flexibilidade, impermeabilidade, resistência à agressão química, dureza, etc. [6]

Os pigmentos e as cargas são materiais que refletem ou transmitem a luz visível ou têm as duas funções, a sua finalidade é fornecer cor à tinta. Um bom pigmento deve possuir uma boa resistência à luz e aos agentes atmosféricos, para que as suas capacidades não sejam alteradas com o passar do tempo. [6]

Os solventes e diluentes são veículos temporários da tinta, são incolores e têm por finalidade facilitar a mistura do pigmento. Os diluentes servem para diluir as tintas, controlar a viscosidade e desta forma facilitar a sua aplicação. As principais características de um solvente são o alto poder dissolvente, a excelente volatilidade e o baixo grau de toxicidade e inflamação. [6]

Os aditivos são substâncias químicas, que se adicionam às tintas com a finalidade de as melhorar, podendo ser plastificantes para fornecer uma maior elasticidade à película de tinta, secantes, que aumentam a velocidade de secagem, ou dispersantes, que atuam para facilitar a separação dos diversos pigmentos. [6]

A secagem física produz-se por evaporação do solvente sem modificação química da resina. Após a aplicação da tinta sobre a superfície da peça, os solventes evaporam e a resina une-se até à solidificação do material, permanecendo sem qualquer alteração. A secagem química por oxidação depende de dois processos, a evaporação dos solventes, que promove a primeira secagem, e o contacto com o oxigénio do ar que ativa as ligações entre as moléculas, solidificando a camada de tinta. A secagem química por polimerização dá-se através da reação de dois constituintes com a evaporação dos solventes a contribuir para a secagem. Neste tipo de secagem a tinta entra em reação com um produto químico denominado endurecedor. O resíduo seco não é constituído apenas pela resina, mas pela mistura desta com o endurecedor. [6]

Em relação à aderência da tinta aos plásticos, por vezes é necessário que os plásticos sofram pré-tratamentos para que as tintas consigam aderir. No caso da Iber-Oleff faz-se um

tratamento com plasma. Este é um tratamento de superfície que se aplica aos plásticos com baixa tensão superficial. Quando este processo não é feito a película de tinta não adere ao material plástico.

De seguida apresenta-se a explicação de todo o processo automatizado da máquina de pintura mais antiga da empresa.

II. 2. 2. 1. Descrição da máquina de pintura

A máquina de pintura foi instalada na empresa em 1999 juntamente com uma cabine de pintura manual, criando assim uma área dedicada à pintura de componentes plásticos. Na figura 5 estão esquematizadas as diferentes partes que constituem a máquina de pintura:

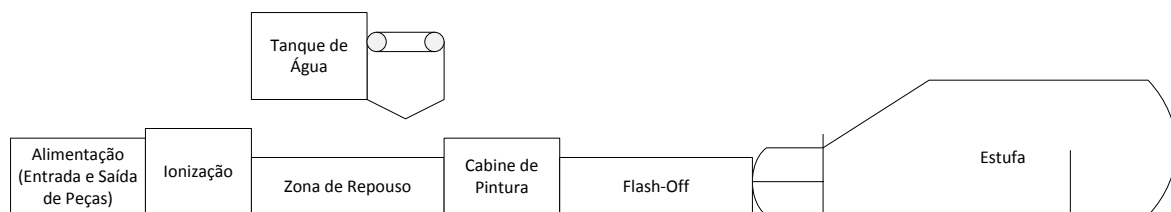


Figura 5: Esquema da máquina de pintura.

II. 2. 2. 1. 1. Alimentação

Nesta zona, que se encontra devidamente isolada, os carros com os “jigs” (suportes das peças durante o processo de pintura) são colocados do lado de fora da máquina numa passadeira. Estas peças são depois colocadas nos “skids” (transportador dos “jigs durante todo o processo de pintura) para entrarem na máquina de pintura.

II. 2. 2. 1. 2. Ionização

Após a entrada das peças na máquina, estas passam por uma zona de ionização, que possui um anel ionizador com uma carga de 7000 volts que neutraliza as cargas elétricas que se encontram nas peças reduzindo a tendência da sujidade existente para se agarrar à superfície do material a pintar. As sujidades são removidas por um sistema de extração, que é verticalmente ajustável e com velocidade de funcionamento controlável. O ar aqui

extraído é recirculado voltando a ser utilizado após um tratamento de purificação. As peças seguem até a cabine de pintura.

II. 2. 2. 1. 3. Cabine de Pintura

É nesta zona que se procede à pintura propriamente dita, Nesta máquina existem dois sistemas de pintura com quatro pistolas cada, um para tintas à base de solvente (pistolas 3, 4, 7 e 8) e outro para tintas à base de água (pistolas 1, 2, 5 e 6).

A cabine de pintura possui duas portas duplas para possibilitar a inspeção visual. Para efeitos de segurança, o processo é interrompido quando as portas são abertas. Na cabine são controlados vários parâmetros que são de grande importância para a qualidade da pintura. Os parâmetros são a temperatura, a humidade, os caudais das pistolas, as alturas das pistolas, as pressões do sistema, a velocidade das pistolas, entre outros.

Por cima das portas de vidro está colocado o painel de comando e na parte posterior da cabine existe um circuito fechado de água para onde cai a tinta remanescente. A água é tratada para retirar a tinta que nela se encontra com a ajuda de um coagulante, um floculante e um antiespuma e volta a circular no sistema que contém cerca de 1500L. Ao longo do processo vai-se perdendo água, de modo que é adicionada água fresca quando necessário.

A tinta e o endurecedor provêm da casa das bombas (local onde se encontra as bombas do sistema de pintura) que se encontra próxima da cabine de pintura e a pressão utilizada neste sistema é regulada no início de cada produto a pintar.

A pressão de atomização faz com que a tinta seja libertada em “spray” das pistolas e varia consoante o produto. Existem folhas de parâmetros específicos para cada produto que são utilizadas pelos operadores para que efetuem o “set-up” (mudança dos parâmetros de pintura de um produto para outro) antes do início do arranque do processo. No fim de cada aplicação procede-se à limpeza do sistema. A esta operação chama-se purga, tem como objetivo deixar tudo nas condições de limpeza necessárias para começar a pintar um novo produto.

II. 2. 2. 1. 4. Flash-Off

Após a saída das peças da cabine de pintura, estas seguem para uma zona chamada “Flash-Off”. Esta fase é de extrema importância, consiste numa pré-secagem das peças antes da sua entrada na estufa.

A secagem deve ser um processo gradual, com o objetivo de os solventes evaporarem antes da película de tinta fechar. Por isto devem ser controlados diversos fatores, como a temperatura e a humidade do ar. O tempo de permanência nesta fase é também importante, mas é um fator definido para todo o processo de pintura. Se os parâmetros ideais para esta fase não forem os mais adequados, ocorrem defeitos de pintura, como por exemplo fervedos.

II. 2. 2. 1. 5. Estufa

A estufa é constituída por seis patamares diferenciados por duas zonas distintas, com um queimador em cada zona a gás natural e com uma temperatura de trabalho de 80°C.

A ventilação dos compartimentos de secagem é implementada separadamente em duas prateleiras na direção do transporte. As quantidades de ar introduzidas podem ser definidas distintamente para as diferentes zonas, sendo que os técnicos otimizam os parâmetros. O ar em circulação é monitorizado por botões de pressão diferencial, estes componentes são importantes para a segurança da instalação. O processo de estufagem tem o tempo de “cura” controlado.

II. 2. 2. 1. 6. Sistema de Bombas

O sistema de bombas comporta bombas para tintas de diferentes características, endurecedores, diluente e água para limpeza do sistema. No esquema da figura 6, apenas a título de exemplo, estão representadas duas bombas, uma de tinta e outra de endurecedor. A tinta é colocada na bomba, que se encontra nas condições necessárias de operação, ou seja, possui o filtro indicado para a respetiva tinta e que se encontra em agitação, sendo que na outra bomba é colocado o endurecedor, ambos são puxados e misturam-se sendo direcionados posteriormente para o sistema de pintura. Finalizada a pintura o sistema tem de ser limpo através de uma purga de água ou solvente consoante a tinta que se utilizar.

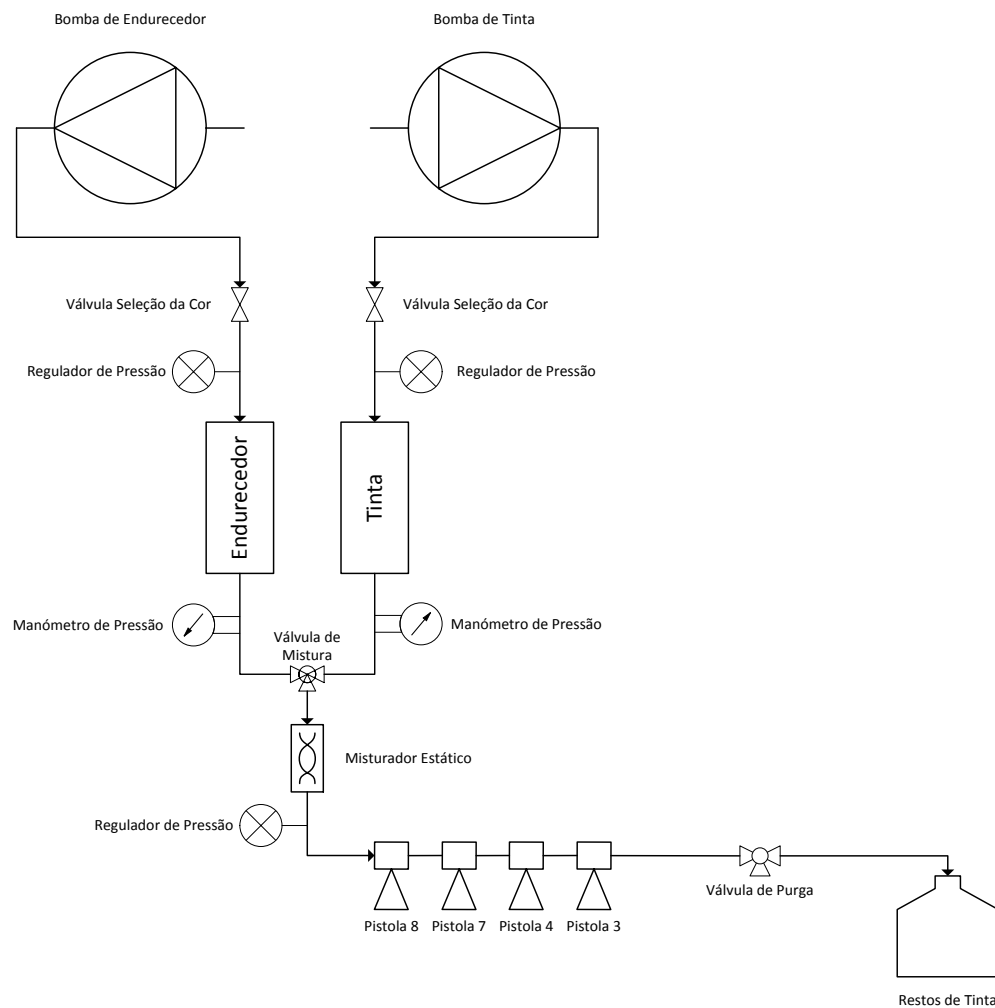


Figura 6: Esquema do sistema de pintura para tintas à base de tinta de solvente.

II. 2. 3. Tampografia

Após a pintura algumas peças são tampografadas, entende-se por tampografia o processo de decoração que através de um tampão de silicone com uma gravação transfere tinta para a superfície da peça. Este processo de decoração é muito versátil sendo possível fazer gravações de diversas formas em peças com superfícies diversificadas, desde planas, a concavas e convexas.

II. 2. 4. Montagens Eletrónica e Automotive

O processo de montagem é caracterizado por linhas de montagem flexível, com máquinas especializadas em diversas funções repetitivas, que trabalham de forma sequencial, chegando a um produto acabado.

Nestas zonas da empresa as peças vindas da pintura são então, como o próprio nome indica, montadas para formar a peça final.

III. TRABALHO DESENVOLVIDO

O trabalho centrou-se no estudo da estabilidade do caudal das pistolas da máquina de pintura, a fim de perceber o comportamento do caudal debitado pelas pistolas ao longo do processo. Inicialmente fez-se o acompanhamento da máquina de pintura, percebendo assim o seu funcionamento e todas as partes necessárias para a realização do estudo.

Como já foi referido existem parâmetros que devem ser controlados para que não ocorram diferenças durante os diferentes processos. Os parâmetros como a viscosidade da tinta, a temperatura da tinta, o mecanismo de funcionamento das pistolas de pintura, bem como as temperaturas do processo de pintura são importantes para que não ocorram problemas durante o processo, de modo que foi sobre esta matéria que incidiu o trabalho realizado no decorrer do estágio.

Para além do trabalho anteriormente referido, foi iniciado um estudo que se baseava na previsão ideal do modo como se aplica a tinta nas peças. Para este estudo foi usada uma folha de cálculo considerando alguns parâmetros do processo de pintura, tais como: velocidades do tapete e do trem das pistolas, leques, caudais, entre outros. Este estudo encontra-se em fase de desenvolvimento.

III. 1. Estudo do caudal das pistolas

O caudal das pistolas é medido após o enchimento total da tubagem do sistema de pintura. O sistema enche-se em contínuo, da pistola 8 para a 7, depois para a 4 e por fim para a pistola 3, no caso do sistema de tinta à base de solvente. Para o circuito de tintas à base de água, o sistema enche-se da pistola 6, para a 5, seguidamente para a 2 e por fim para a pistola 1.

A pistola de pintura automática tem como função projetar a tinta no substrato através da secção de saída com diferentes diâmetros dependendo se o sistema de pintura é com tinta de água ou com tinta de solvente. Após o enchimento da tubagem faz-se a verificação do caudal de cada pistola para o valor pretendido para os diferentes projetos. O volume de tinta é debitado para o copo durante um tempo de 10 segundos, e seguidamente é pesado (em gramas) numa balança. Caso o valor obtido na pesagem seja o pretendido, a

verificação segue para a outra pistola, até terminar todas as pistolas do circuito. Quando o valor de caudal não é o pretendido deve ajustar-se o caudal. O caudal é ajustado através de dois reguladores que aumentam ou diminuem a área de saída do fluido, através da distância entre o bico e a agulha das pistolas.

A figura 7 mostra o trem de pintura. A pistola divide-se em duas partes uma pneumática na qual circula ar comprimido e a outra hidráulica na qual circula a tinta. A parte pneumática, no qual se divide em, ar para o leque, para a atomização e para a pilotagem da pistola. O ar de atomização é o ar que ajuda a quebrar a tinta em partículas mais pequenas, devendo ter uma pressão maior para tintas mais densas.



Figura 7: Representação do trem de pintura da máquina. [1]

III. 1. 1. Análise da situação

Durante o primeiro mês de estágio, fez-se uma análise da situação e da metodologia utilizada durante o processo de pintura, fizeram-se diferentes ajustes de caudal, a fim de verificar se o caudal debitado pelas pistolas era estável e se se mantinha nos parâmetros definidos para o respetivo produto.

Os gráficos das figuras 8, 9, 10 e 11, dizem respeito aos ajustes de caudal para as pistolas 3, 4, 7 e 8 respetivamente, durante o processo de pintura do produto “J”. Na legenda das figuras o arranque diz respeito ao valor de caudal inicialmente estabelecido, a média é o valor médio de duas medições consecutivas de caudal após a pintura sem regulação das pistolas, e o após corresponde ao valor ajustado antes de continuar o processo de pintura. Os registos de caudal para cada pistola foram recolhidos em dias diferentes.

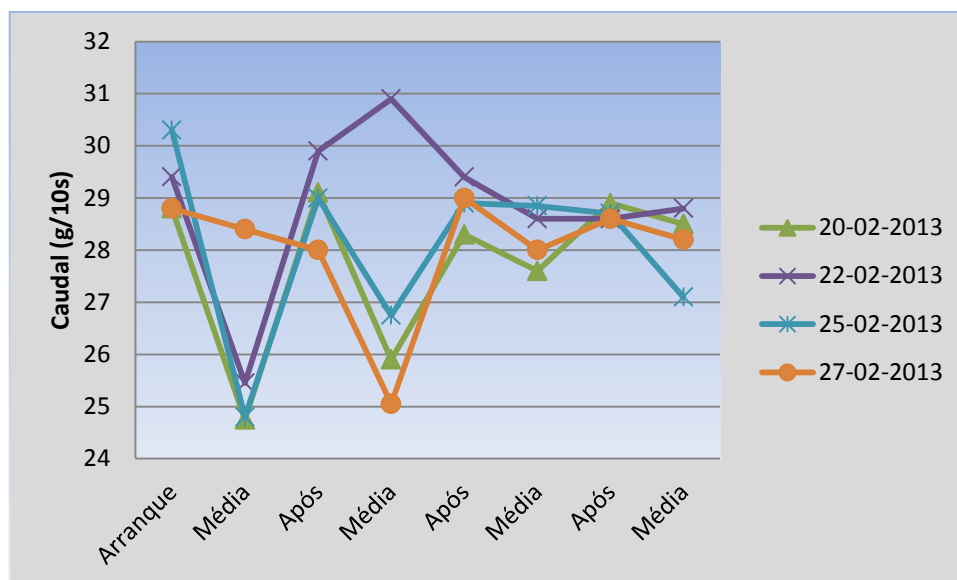


Figura 8: Variação do caudal da pistola nº3 ao longo do processo de pintura.

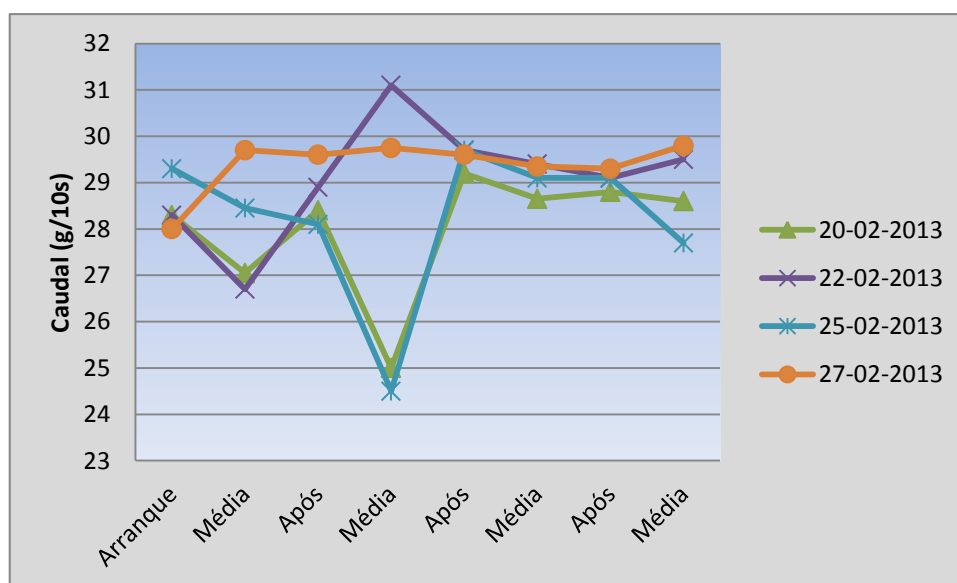


Figura 9: Variação do caudal da pistola nº4 ao longo do processo de pintura.

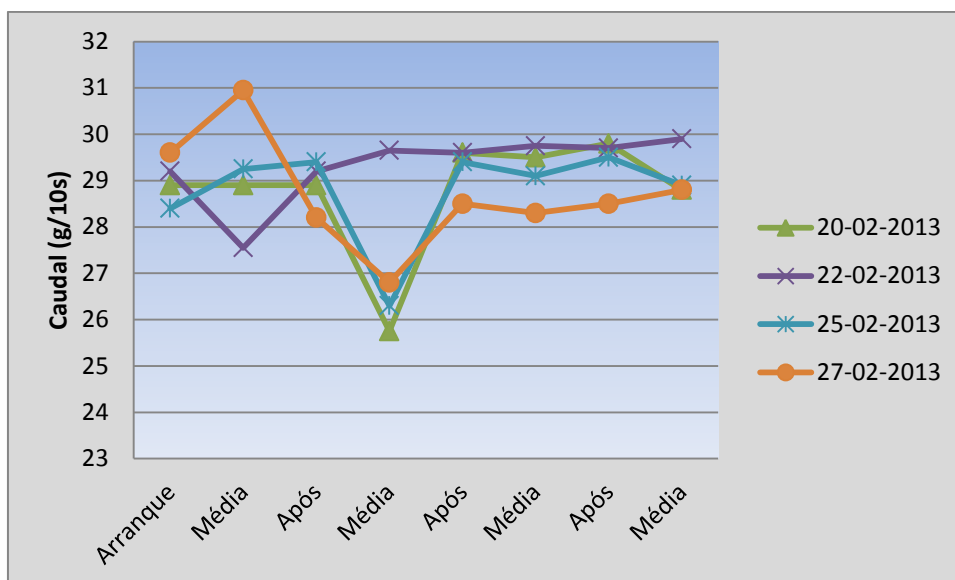


Figura 10: Variação do caudal da pistola nº7 ao longo do processo de pintura.

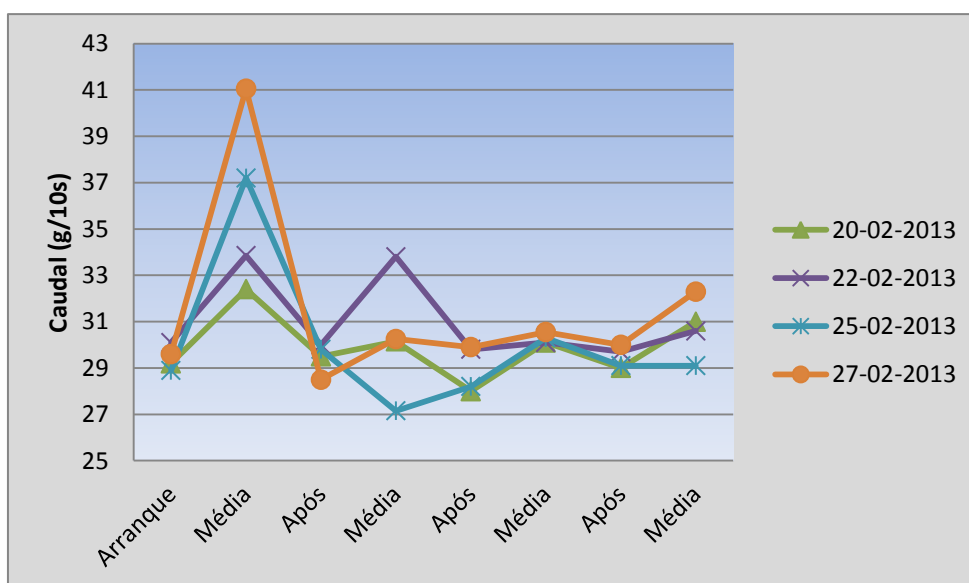


Figura 11: Variação do caudal da pistola nº8 ao longo do processo de pintura.

Como se pode verificar pelas figuras anteriores (fig. 8, 9, 10 e 11) existe uma variação de caudal após a pintura. Essa variação é diferente entre pistolas, sendo que as pistolas 3, 4 e 7 tendem a perder caudal e a pistola 8 a aumentar o caudal após o ajuste.

Os restantes resultados foram recolhidos e registados em folha de cálculo. Calcularam-se os valores das médias dos caudais, das temperaturas e viscosidades da tinta dos diferentes produtos.

- 1) Recolheram-se os valores dos caudais das pistolas antes, durante e no final da pintura de cada produto.
- 2) Registou-se a viscosidade da tinta em copo DIN (Deutch Institut fur Normung), e a temperatura da tinta no início e no fim do processo de pintura de cada produto.
- 3) Registaram-se as pressões do processo, ou seja, pressão de mistura (tinta e endurecedor), da tinta e do endurecedor em separado.
- 4) Repetiram-se todos estes passos para todos os produtos diários ao longo de um mês.

A tabela 1 mostra os valores obtidos nesta fase, nomeadamente a percentagem média da variação dos caudais das pistolas da máquina de pintura, das viscosidades e das temperaturas médias das tintas para os produtos mais produzidos nesta máquina.

Antes de validar o caudal entre paragens, houve a necessidade de libertar alguma pressão nas tubagens a fim de se obterem resultados mais estáveis, uma vez que os valores retirados da primeira para uma segunda medição eram diferentes. Abriam-se as pistolas para debitarem para a cortina de água antes de iniciar a verificação do caudal permitindo libertar a pressão acumulada. Verificou-se que existe uma variação de caudal ao longo do processo de pintura. Podemos identificar por exemplo o caso do produto “L” para tintas de solventes e o produto “P” para tintas de água como os processos mais estáveis, e os produtos “M” para tinta de solventes e “Q” para tintas de água como os processos mais instáveis. De referenciar que esta instabilidade pode ser normal para os diferentes processos, devendo então averiguar-se a variação de caudal se encontra com variações normais de processo.

Foram então definidos testes para perceber esta variação e os fatores que a poderão afetar. Em relação à viscosidade e à temperatura, a variação não é significativa, o sistema consegue garantir a estabilidade para diferentes viscosidades e para diferentes temperaturas.

Tabela 1 - Médias da variação do caudal das pistolas para tinta de solvente e tinta de água.

Tinta	Produto		% Variação de Caudal				Caudal g/10s	% Variação	
			Pistolas					Visc.	Temp.
			1	2	3	4			
Solvente	A	Máximo	-3,80%	-1,22%	-2,05%	7,48%	30,13	-2,52%	5,42%
		Mínimo	-4,05%	-1,33%	-2,25%	8,55%	27,40		
		Desvio P.	2,36	2,67	1,54	4,48			
	B	Máximo	-3,42%	0,01%	-3,88%	3,45%	36,75	-1,71%	1,73%
		Mínimo	-3,69%	0,01%	-4,13%	3,61%	34,60		
		Desvio P.	0,94	1,31	2,09	2,08			
	C	Máximo	-4,73%	-3,61%	-3,17%	0,54%	37,20	-3,40%	3,33%
		Mínimo	-5,08%	-3,84%	-3,37%	0,58%	34,88		
		Desvio P.	1,55	1,59	1,75	1,71			
	D	Máximo	-2,05%	-1,29%	-1,59%	2,37%	35,88	-2,66%	-0,26%
		Mínimo	-2,17%	-1,35%	-1,67%	2,48%	34,15		
		Desvio P.	1,10	0,82	1,58	2,03			
	E	Máximo	-3,44%	-2,84%	-3,36%	1,37%	38,33	-3,52%	3,73%
		Mínimo	-3,58%	-2,94%	-3,45%	1,43%	37,00		
		Desvio P.	1,52	1,14	1,46	2,76			
	F	Máximo	-2,05%	-2,21%	-2,74%	0,62%	37,50	-2,38%	8,26%
		Mínimo	-2,16%	-2,37%	-2,94%	0,67%	35,10		
		Desvio P.	2,15	0,97	0,96	1,75			
	G	Máximo	-4,78%	-2,92%	-4,22%	1,88%	35,25	-3,48%	7,54%
		Mínimo	-5,07%	-3,12%	-4,48%	2,03%	33,03		
		Desvio P.	1,44	2,01	1,26	3,94			
	H	Máximo	-2,58%	-0,16%	-4,21%	4,56%	40,05	-1,75%	2,72%
		Mínimo	-2,70%	-0,16%	-4,37%	5,04%	37,98		
		Desvio P.	1,16	1,95	1,33	2,40			
	I	Máximo	-3,89%	-1,90%	-1,41%	1,82%	35,00	0,96%	5,22%
		Mínimo	-4,25%	-2,06%	-1,55%	1,98%	32,13		
		Desvio P.	2,08	1,34	1,47	2,30			
	J	Máximo	5,01%	2,13%	2,40%	-6,08%	30,05	-1,63%	7,02%
		Mínimo	5,42%	2,28%	2,55%	-6,63%	27,95		
		Desvio P.	1,67	1,57	1,46	2,97			
	L	Máximo	-1,47%	-1,91%	-1,23%	-0,43%	20,43	-2,86%	4,79%
		Mínimo	-1,57%	-2,04%	-1,36%	-0,48%	18,83		
		Desvio P.	0,76	1,17	0,92	1,52			
	M	Máximo	-5,71%	-6,05%	-3,25%	8,37%	20,43	1,40%	5,64%
		Mínimo	-6,13%	-6,53%	-3,50%	9,23%	18,85		
		Desvio P.	1,23	2,78	1,57	2,74			
	N	Máximo	-5,34%	-2,63%	-2,16%	-5,01%	19,78	0,14%	3,88%
		Mínimo	-5,82%	-2,92%	-2,36%	-5,54%	18,00		
		Desvio P.	1,08	1,14	0,98	-0,06			
	O	Máximo	-0,69%	-1,03%	1,52%	4,27%	40,65	-3,58%	3,76%
		Mínimo	-0,74%	-1,13%	1,68%	4,77%	37,05		
		Desvio P.	0,75	1,31	1,78	2,21			
			5	6	7	8			
Água	P	Máximo	0,39%	-0,68%	-1,46%	1,02%	32,10	2,18%	5,61%
		Mínimo	0,42%	-0,73%	-1,56%	1,09%	29,95		
		Desvio P.	1,30	1,06	0,88	1,05			
	Q	Máximo	9,17%	-17,30%	-6,88%	0,52%	16,75	-0,05%	-0,08%
		Mínimo	10,26%	-18,43%	-7,60%	0,57%	15,30		
		Desvio P.	3,10	5,01	1,04	1,18			
	R	Máximo	-0,86%	-0,47%	2,81%	0,30%	32,18	1,27%	2,35%
		Mínimo	-0,89%	-0,48%	2,90%	0,32%	31,10		
		Desvio P.	1,06	0,72	2,50	2,25			

III. 1. 2. Efeito da pressão e da abertura/fecho das pistolas

Na sequência dos resultados anteriores definiu-se uma estratégia para verificar se processo de pintura é afetado pelas pressões e pela abertura e fecho das pistolas. Este estudo realizou-se com as tintas dos produtos “B” (tinta de solvente) e “P” (tinta de água).

Durante estes ensaios para além do controlo do caudal das pistolas também se controlou a viscosidade da tinta e a sua temperatura no início e no final da pintura. O ajuste de caudal foi feito para 30g/10s.

III.1.2.1. Tintas de solvente

No primeiro ensaio utilizou-se a tinta do produto “B” definindo-se que as pistolas pintavam em contínuo (todas as pistolas a pintar ao mesmo tempo) ou em descontínuo (as pistolas a pintar em função da passagem das peças). Verificou-se o caudal das pistolas para o seu funcionamento em separado, ou seja, com cada pistola a pintar individualmente. Repetiu-se o ensaio para o funcionamento simultâneo das pistolas. A pintura fez-se para pressões de mistura a 2 e 5 bar, com paragem para registo de caudal em intervalos de 4 minutos, num tempo total de 15 minutos.

A figura 12 representa a variação do caudal das pistolas com funcionamento em separado, ou seja só com uma pistola a pintar durante 15 minutos. As paragens fizeram-se somente para registo de caudal.

Como se pode verificar, excluindo as pistolas 3 e 8 o funcionamento individual de cada pistola é variável. A figura 13 mostra a variação de caudal das pistolas para o seu funcionamento em conjunto, podemos verificar que as pistolas sofrem menos variação ao longo do tempo de pintura.

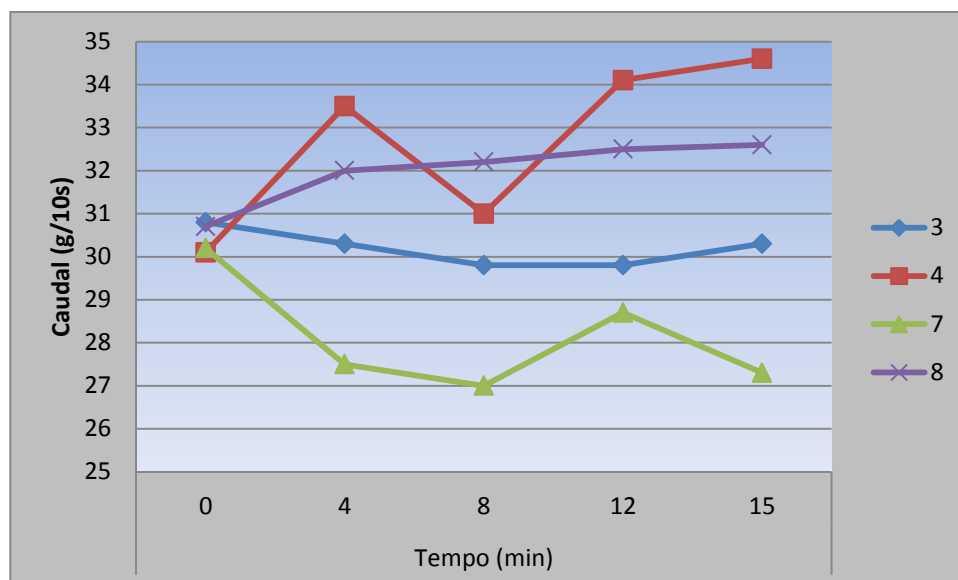


Figura 12: Variação do caudal das pistolas relativamente ao seu funcionamento em separado para 5 bar.

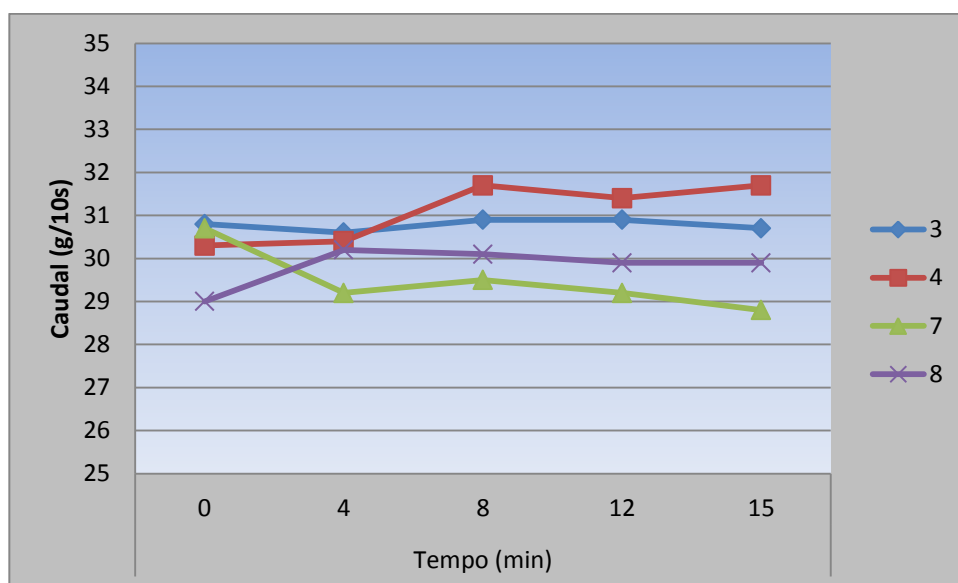


Figura 13: Variação do caudal das pistolas relativamente ao seu funcionamento em simultâneo para 5 bar.

Nestas duas situações foi verificada a estabilidade do caudal para as pressões de mistura de 5 bar. Em seguida fez-se o mesmo ensaio para uma pressão de mistura de 2,0 bar. As figuras 14 e 15 representam o funcionamento individual e em conjunto das pistolas respetivamente.

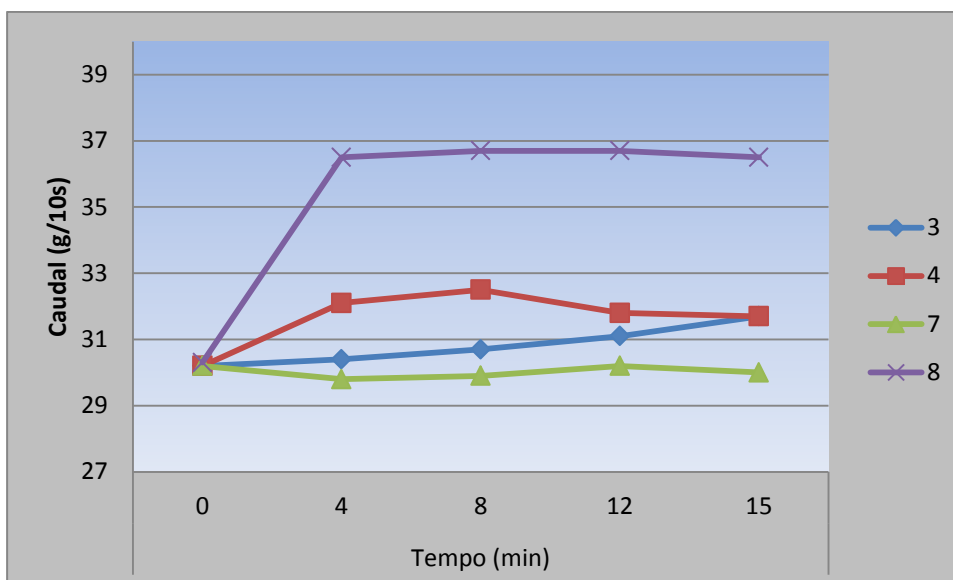


Figura 14: Variação do caudal das pistolas relativamente ao seu funcionamento em separado para 2 bar.

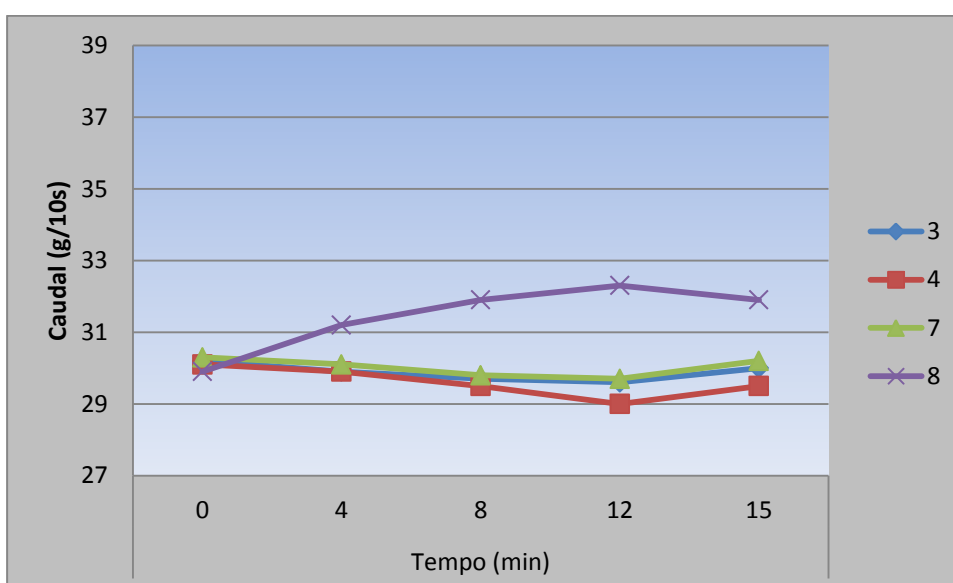


Figura 15: Variação do caudal das pistolas relativamente ao seu funcionamento em simultâneo para 2 bar.

Com a análise dos gráficos anteriores verificamos que existe uma primeira variação (4 min), não se verificando nas medições seguintes. Pode-se dizer então que o facto de se ajustar as pistolas nem sempre garante que o valor para o qual validamos se mantenha ao

longo da pintura, mas tem tendência para que após a variação inicial, o caudal se mantenha estável.

O terceiro ensaio representa a variação de caudal das pistolas a diferentes pressões de mistura. As pressões de mistura foram a 2, a 5 e a 6 bar, para um caudal de 30g/10s, e com pintura em contínuo (as pistolas estão sempre a pintar). Procedeu-se da mesma forma para os três ensaios com paragens para registo do valor de caudal de 5 em 5 minutos, num total de 25 minutos.

As figuras 16, 17 e 18 são representativas da variação de caudal para as diferentes situações. Verificou-se que as pistolas sofrem variações mais acentuadas para umas pressões do que para outras.

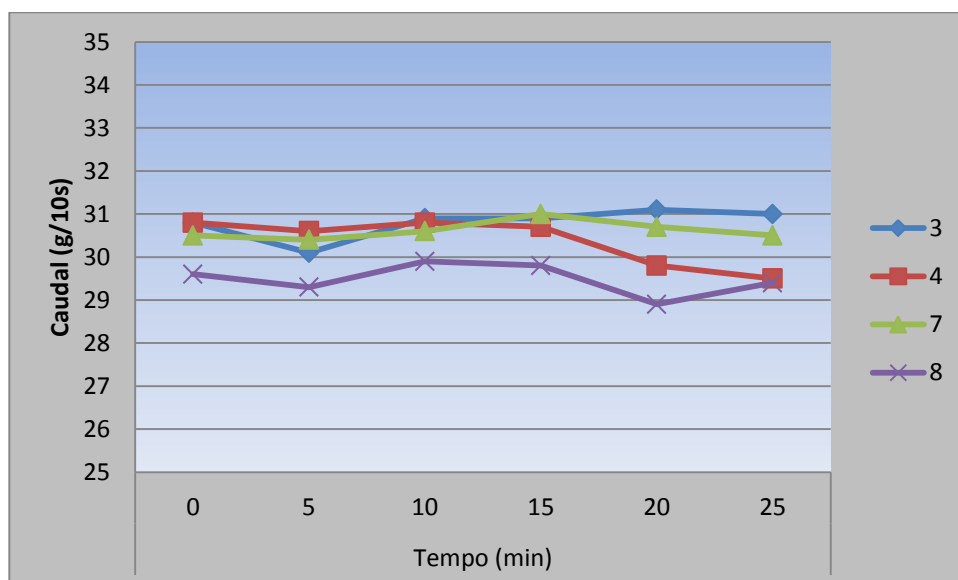


Figura 16: Variação do caudal das pistolas para 2,0 bar de pressão de mistura.

Na figura 16 verifica-se menor variação de caudal ao longo do processo de pintura, sendo que estas oscilações podem dever-se a pequenos erros de medição de caudal.

A análise à figura 17 revela maior variação de caudal, com a exceção da pistola 7.

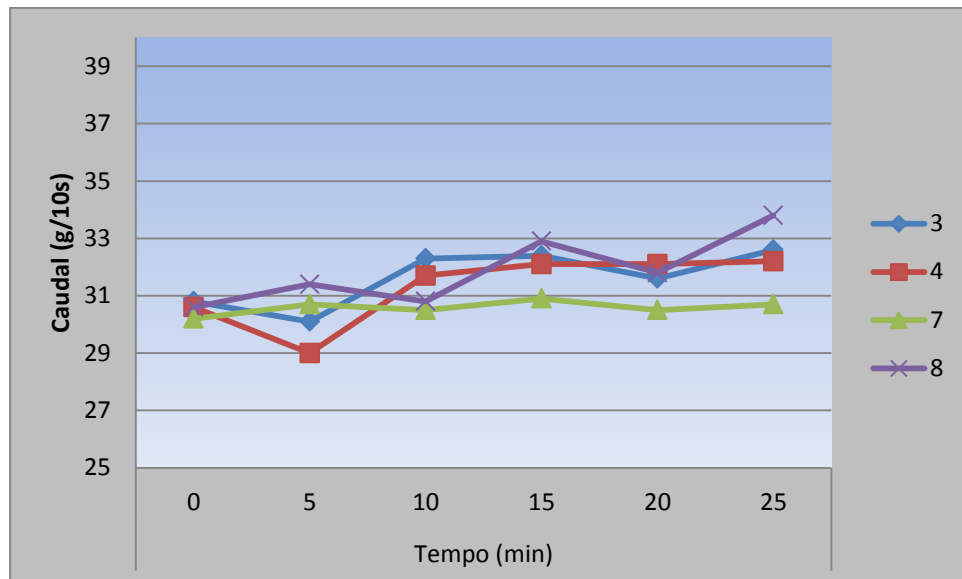


Figura 17: Variação do caudal das pistolas para 5,0 bar de pressão de mistura.

Relativamente à pressão da mistura a 7,0 bar, as pistolas mostram-se instáveis ao fim de 5 minutos, mas depois têm tendência a manter-se estáveis após este valor inicial, como se verifica na figura 18. Ao fim de 25 minutos o valor ajustado é sensivelmente o mesmo que ao fim de 5 minutos, exceção para a pistola 4.

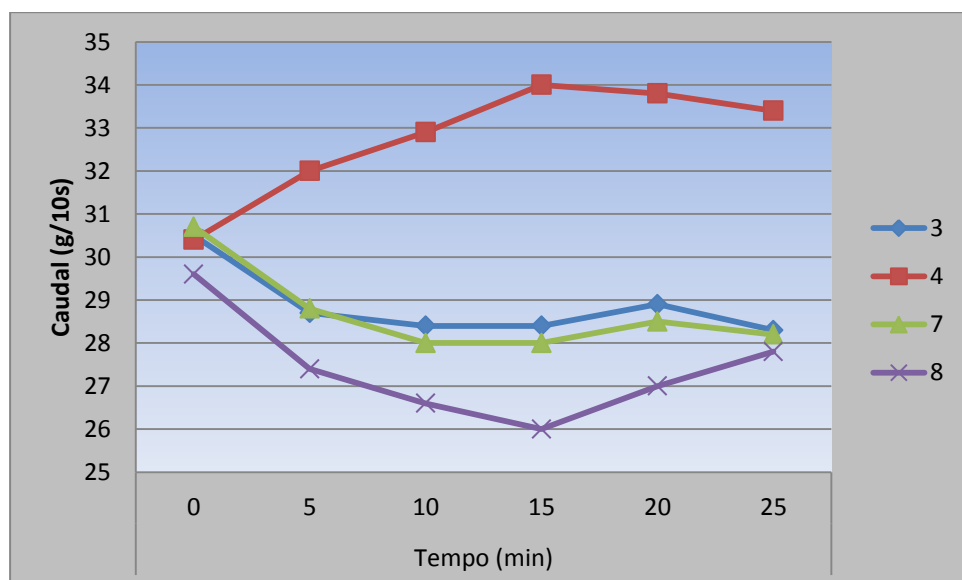


Figura 18: Variação do caudal das pistolas para 7,0 bar de pressão de mistura.

No quinto ensaio, testou-se a tinta para as situações mais estáveis, ou seja, para pressões de 2 bar com pistolas a pintar em descontinuo e depois repetiu-se com a pintura em contínuo, sendo que para terminar fez-se a medição a 5 bar pintura em descontinuo. Iniciou-se o ajuste e finalizou-se o processo ao fim de 10 minutos. Verificou-se o caudal no início e no final do processo de pintura. Neste teste pintaram-se “jigs” que continham chapas metálicas para verificar a espessura da tinta ao longo do processo. Uma vez que o reflexo de um caudal de tinta estável será uma camada de tinta uniforme.

Constatou-se que não havia uma diferença significativa entre os dois ensaios, ou seja a variação do caudal não se altera em função da abertura e fecho das pistolas para a tinta de solvente. Como se pode analisar pelas figuras 19 e 20.

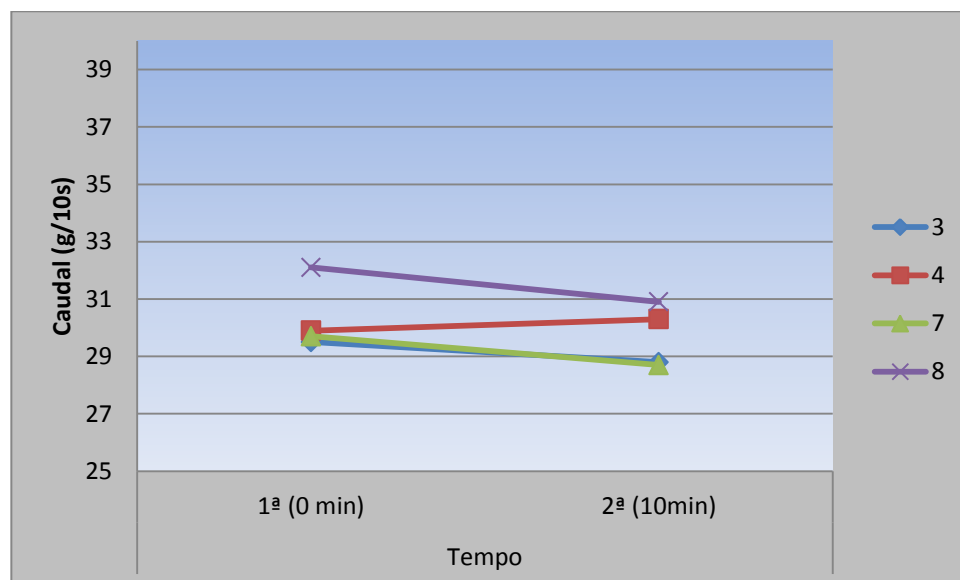


Figura 19: Variação do caudal das pistolas para 2,0 bar de pressão de mistura com pintura em contínuo.

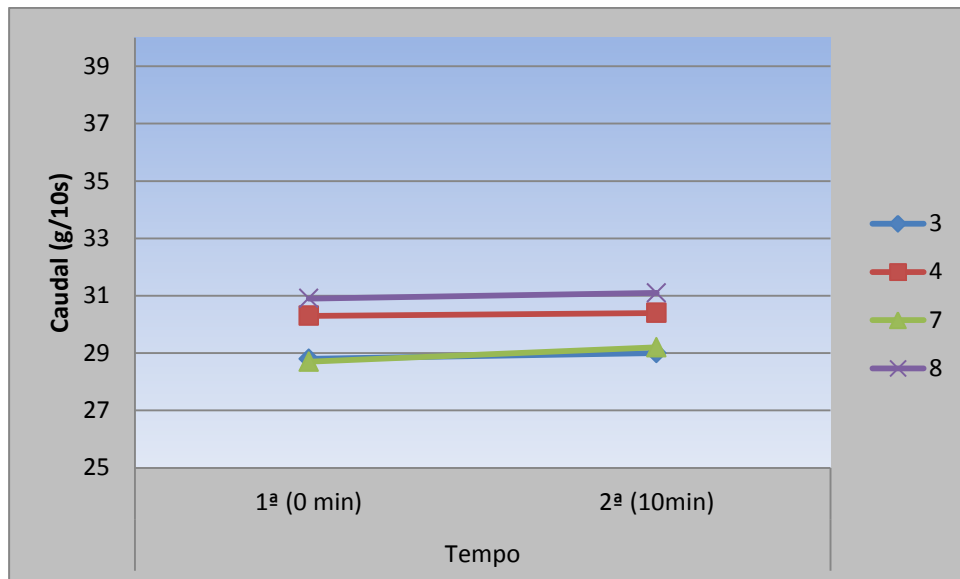


Figura 20: Variação do caudal das pistolas para 2,0 bar de pressão de mistura com pintura em descontinuo.

A figura 21 corresponde à variação de caudal das pistolas a uma pressão de mistura de 5,0 bar. Colocaram-se chapas de espessura durante o processo de pintura para averiguar se existe diferença na camada de tinta aplicada. A figura 22 corresponde à espessura para os diferentes ensaios.

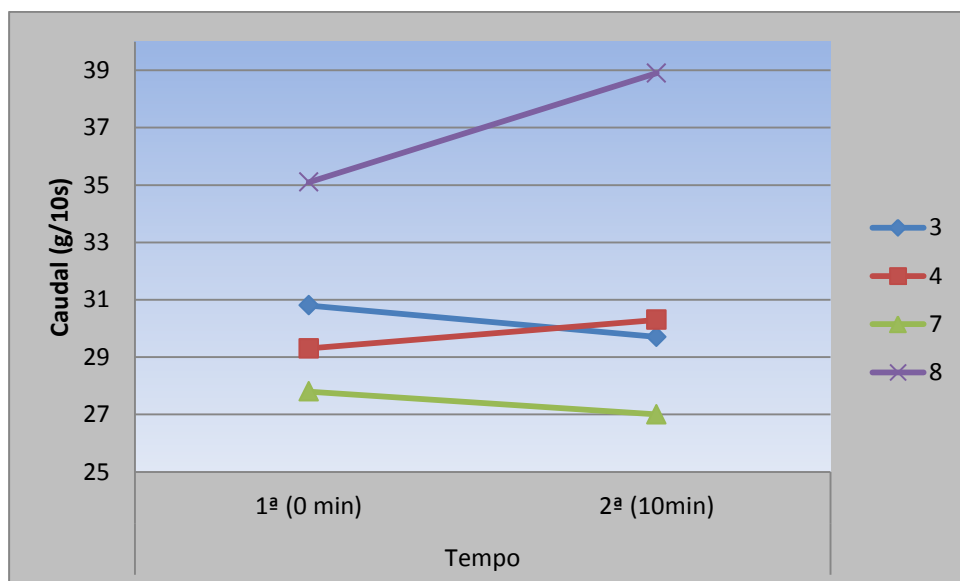


Figura 21: Variação do caudal das pistolas para 5,0 bar de pressão de mistura com pintura em descontinuo.

Na figura 21, à exceção da pistola 8 houve estabilidade de caudal.

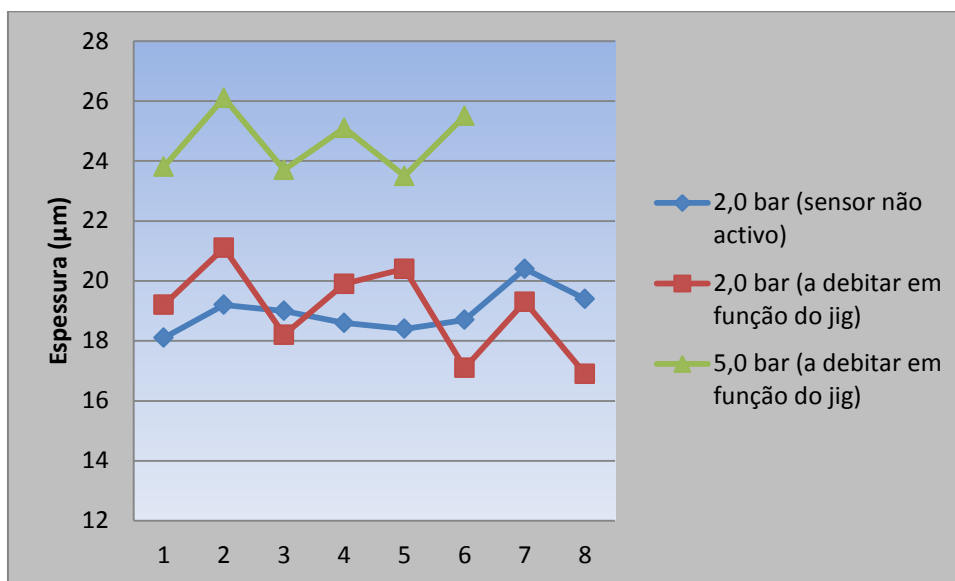


Figura 22: Espessura da tinta em vários pontos do processo de pintura.

Ao verificarmos a espessura das placas conclui-se então que o caudal é pouco variável para as diferentes situações, mas representa espessuras diferentes na aplicação, ou seja, existe uma influência da pressão de ajuste das pistolas na espessura da camada de tinta. Como o ajuste é feito de pistola a pistola (não se faz com as pistolas todas abertas ao mesmo) não reflete as condições normais durante o processo de pintura. Verifica-se que, independentemente do valor de ajuste das pistolas, quanto mais pressão se der ao sistema para um mesmo caudal ajustado para cada pistola, maior quantidade de tinta se irá obter na pintura. Com este teste foi possível mostrar que a estabilidade do débito medido desta forma não garante que a espessura seja a desejada, ou seja devemos simular o processo normal com as pistolas sempre a debitar e só assim ajustar para o caudal desejado. A variação de caudal verifica-se instantânea, ou seja, não depende do volume do produto a pintar. Pelas razões mencionadas anteriormente, no processo normal não se pinta a baixas pressões devido à incapacidade do sistema em alimentar as pistolas com a tinta a pintar.

Os seguintes ensaios representam a simulação sucessiva do processo de arranque. Foram feitos ajustes e paragens para registo do caudal três vezes sucessivas, de forma a perceber o

comportamento após o ajuste das pistolas. A figura 23 representa a simulação do arranque para o produto “L”, a figura 24 do produto “M” e a figura 25 do produto “P”.

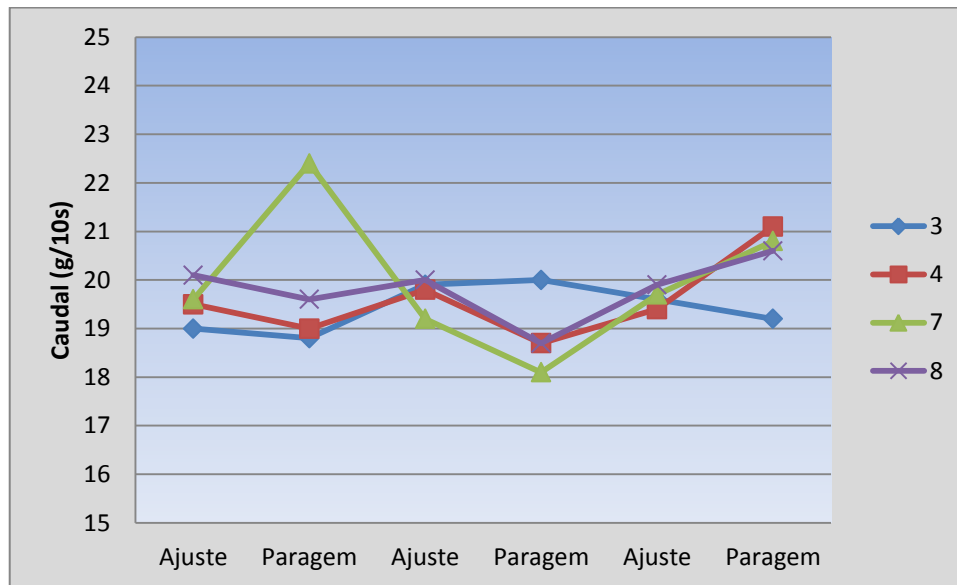


Figura 23: Simulação do arranque do processo de pintura do produto “L”.

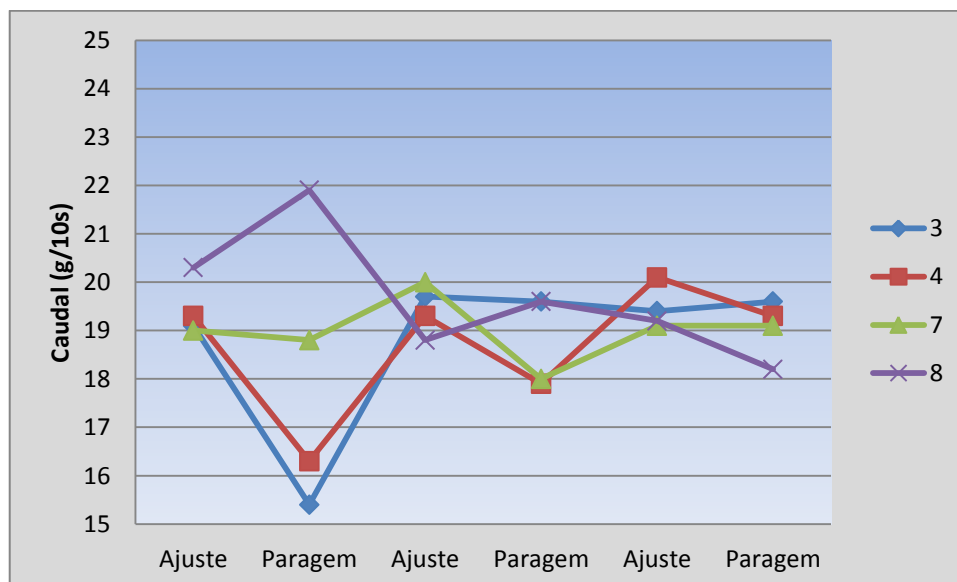


Figura 24: Simulação do arranque do processo de pintura do produto “M”.

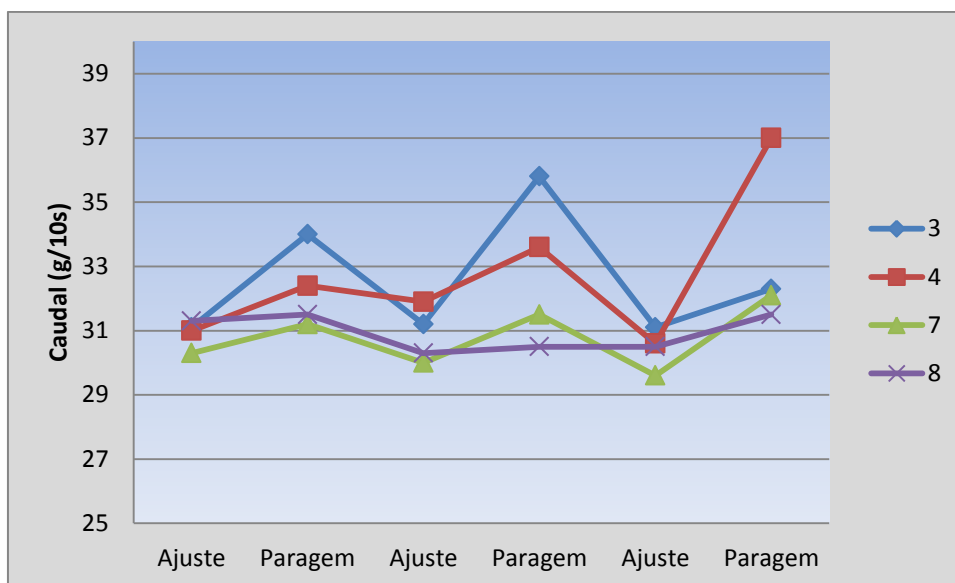


Figura 25: Simulação do arranque do processo de pintura do produto “P”.

Como se pode verificar após o ajuste, ou seja, na paragem verifica-se que em todos os produtos há tendência para uma variação de caudal em relação ao valor anteriormente ajustado. Assim percebe-se que ao se ajustar as pistolas para um determinado caudal acabamos por estar a pintar com um caudal ligeiramente diferente do que tínhamos inicialmente. Este acontecimento repete-se continuamente.

III.1.2.2. Tintas de água

Neste ensaio as pressões de mistura foram 2, 5 e 7 bar e as medições de caudal foram feitas com intervalos de 5 minutos num total de 25 minutos.

Na figura 26 verifica-se que o caudal de tinta é bastante variável, ou seja, podemos analisar mais instabilidade do que se encontrou na tinta de solvente. Durante a execução do processo verificou-se uma grande dificuldade em ajustar o sistema para baixas pressões. Durante o ajuste verificou-se que o sistema não conseguia alimentar a última pistola, ou seja, tinha muitas dificuldades em garantir que a tinta necessária para o processo se distribuísse de forma uniforme pelo sistema, por isso mesmo verifica-se muita variação no caudal.

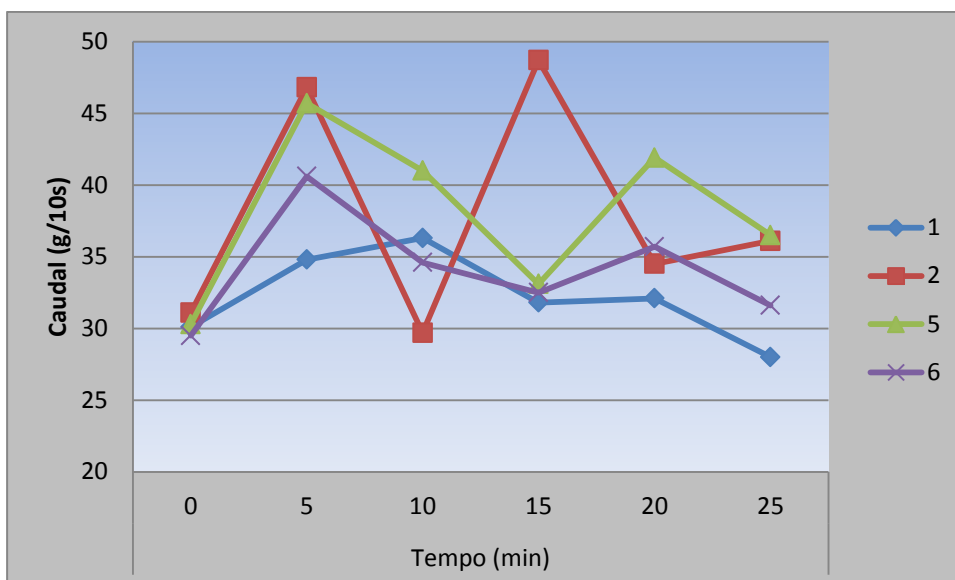


Figura 26: Variação do caudal das pistolas para 2,0 bar de pressão de mistura.

Em relação à figura 27, para uma pressão de 5,0 bar começou a verificar-se menos variação de caudal. Para este caso o sistema consegue garantir a distribuição da tinta por todas as pistolas. Verifica-se um pico de caudal ao fim de 5 minutos mas após esta paragem o caudal mantém-se estável até ao final da pintura.

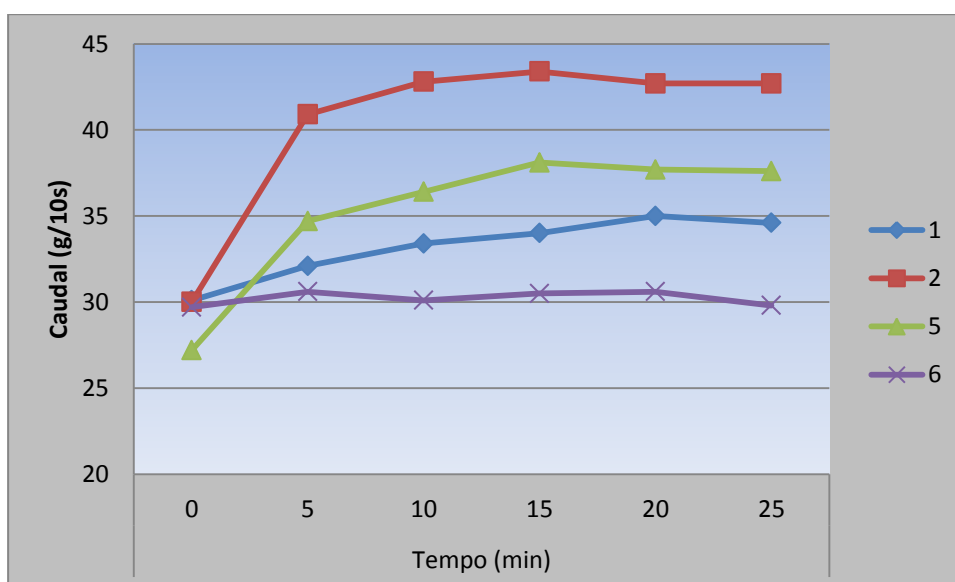


Figura 27: Variação do caudal das pistolas para 5,0 bar de pressão de mistura.

A 7,0 bar verifica-se ainda menor variação de caudal para todas as pistolas. Observa-se o pico inicial de caudal, mantendo-se até ao final da pintura. Conclui-se assim que quanto maior for a pressão na mistura mais facilmente o sistema consegue alimentar e garantir menor variação de caudal das pistolas para uma tinta de água. A figura 28 procura demonstrar o que aconteceu durante o processo de pintura.

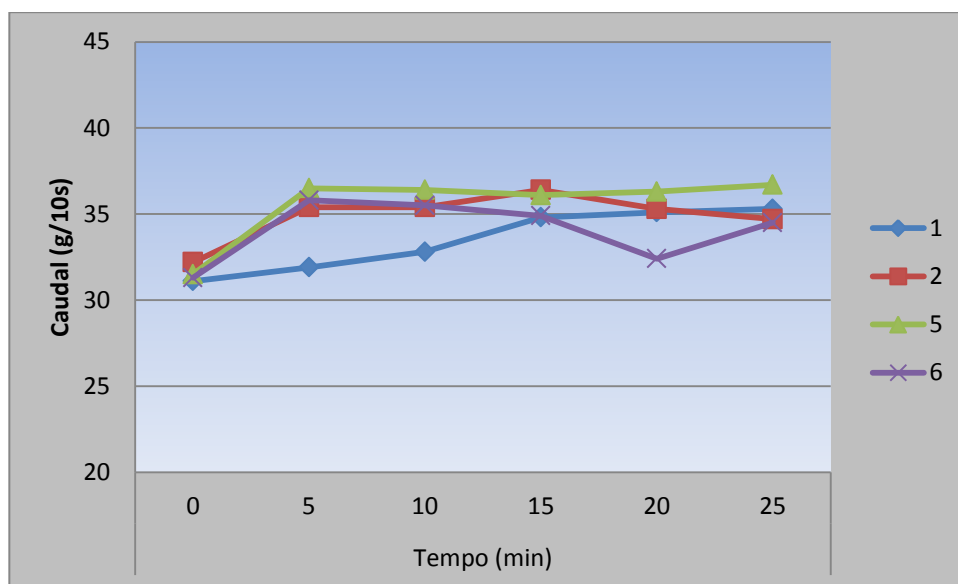


Figura 28: Variação do caudal das pistolas para 7,0 bar de pressão de mistura.

O ensaio seguinte fez-se a 5 e 7 bar de pressão de mistura, com duração de pintura de 10 minutos, medindo-se o caudal no início e no fim da operação de pintura. Incluiu-se também neste ensaio a pintura de “jigs” que continham chapas para verificar a espessura da tinta aplicada.

Nos produtos à base de tintas de água tem de se ter sempre a pintura com as pistolas sempre abertas uma vez que a tinta de água deve estar o menor tempo possível parada dentro da tubagem, porque por ser mais viscosa, acumula pressão na tubagem, que no momento que as pistolas abrem libertam maior caudal, levando algum tempo a estabilizar. Os gráficos das figuras 29 e 30 representam o caudal a 5 e a 7 bar de pressão de mistura para tintas de água e a respetiva espessura medida durante o processo.

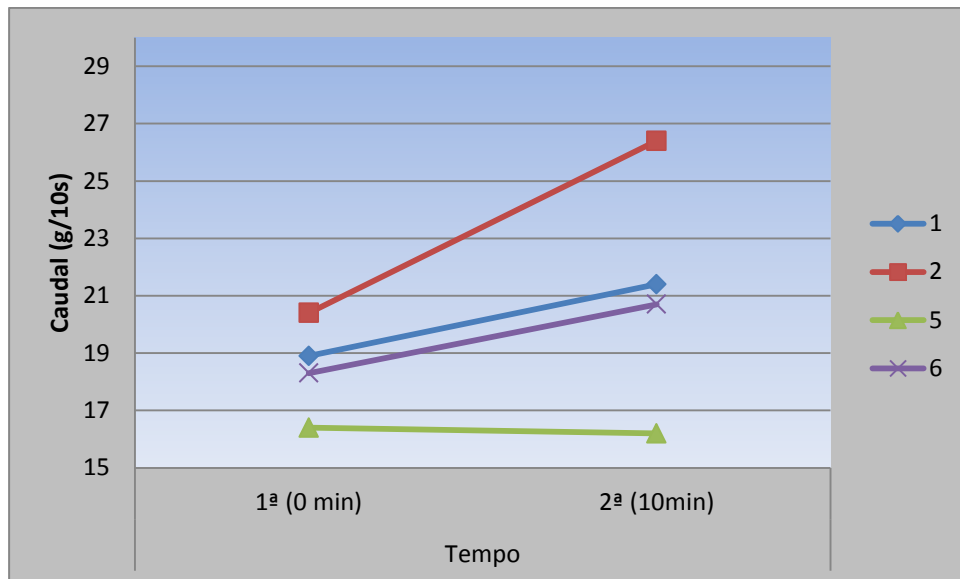


Figura 29: Variação do caudal das pistolas para 5,0 bar de pressão de mistura.

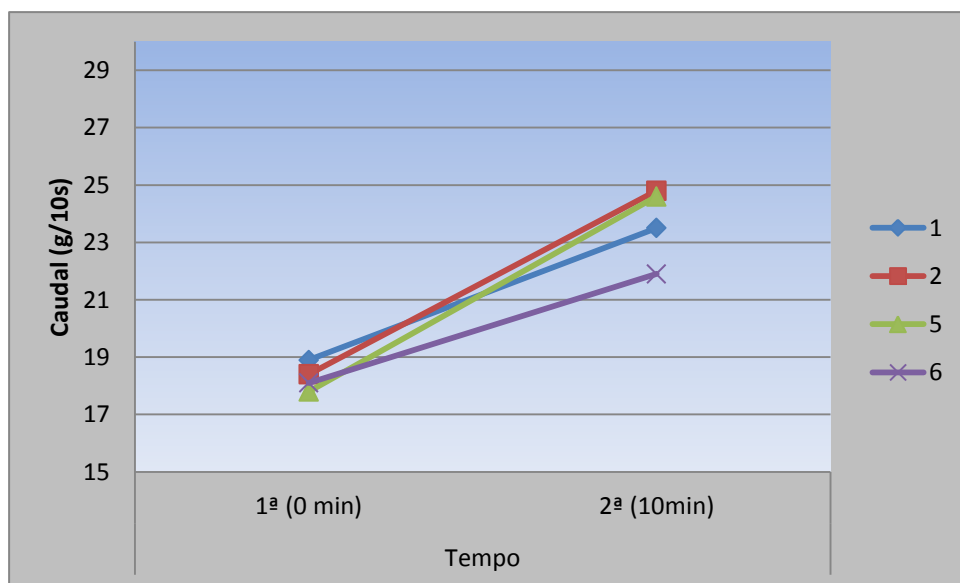


Figura 30: Variação do caudal das pistolas para 7,0 bar de pressão de mistura.

O gráfico seguinte (fig.31) mostra mais uma vez que apesar dos débitos rondarem os mesmos valores não garante que a espessura da camada seja igual nos dois casos. Verificamos assim que é necessário definir bem os parâmetros de pintura, para não haver falta de tinta nos produtos a pintar.

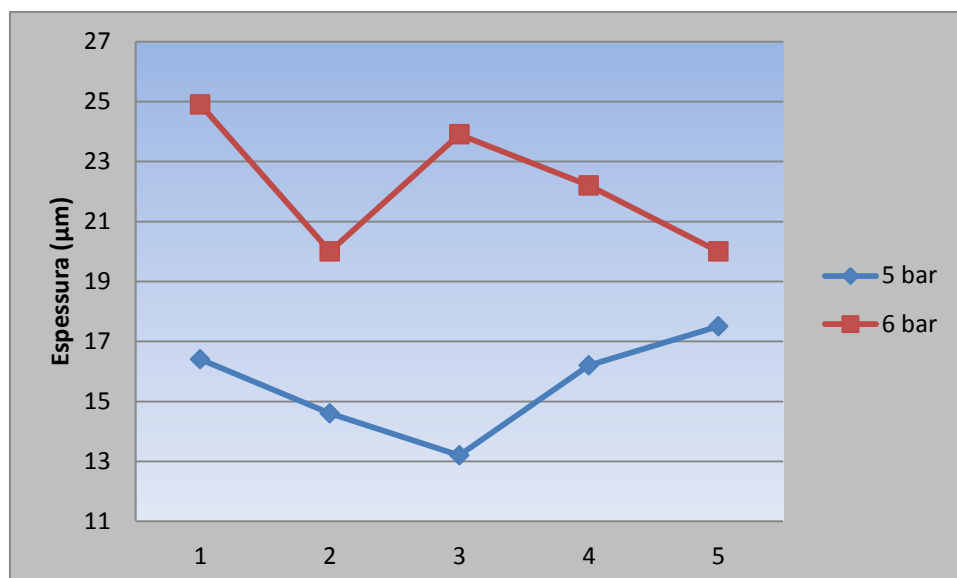


Figura 31: Espessura da tinta em vários pontos do “skid”.

Após a recolha de dados foi possível concluir que o sistema de bombas em relação às tintas de solventes é muito estável, ou seja, o sistema consegue responder às alterações feitas durante a execução dos testes. Em relação às tintas de água o sistema não o consegue fazer para baixas pressões, está sempre em alarme. Uma vez que as tintas de água são muito densas é necessário aplicar mais pressão para que o sistema tenha capacidade de resposta às especificações necessárias do produto. É visível que quando estão as quatro pistolas a pintar o sistema não consegue distribuir uniformemente a tinta a aplicar no respetivo produto.

Conclui-se ainda que para as tintas de solvente é irrelevante a questão da pintura em contínuo ou descontínuo, mas por uma questão económica e ambiental, opta-se por ter sempre a pintura com as pistolas a abrir em função das peças. Os caudais e as pressões do sistema tem de estar equilibrados porque podem surgir problemas de falta ou excesso de tinta.

III. 1. 3. Efeito do ajuste das pistolas e da pressão

Nesta fase do trabalho desenvolvido verificou-se a existência de mais uma variável que poderia influenciar o caudal das pistolas de pintura. Em seguida estão descritos alguns

ensaios que se fizeram com e sem ajuste de caudal para tintas de solvente. Para as tintas de água fizeram-se melhorias ao nível da pressão da mistura.

III.1.3.1. Com ajuste e sem ajuste de caudal para tintas de solvente

Nesta fase de ensaios verificou-se a influência do ajuste do caudal durante o processo de pintura.

O primeiro ensaio fez-se para a tinta do produto “B”. Repetiu-se este ensaio duas vezes, um inicial a representar o modo de operação normal e outro ensaio onde a alteração foi a inexistência de ajuste das pistolas durante o processo de pintura. Verificaram-se as espessuras para ambos os testes.

A figura 32 mostra a variação do caudal das pistolas com paragem para ajuste do mesmo ao longo do processo de pintura.

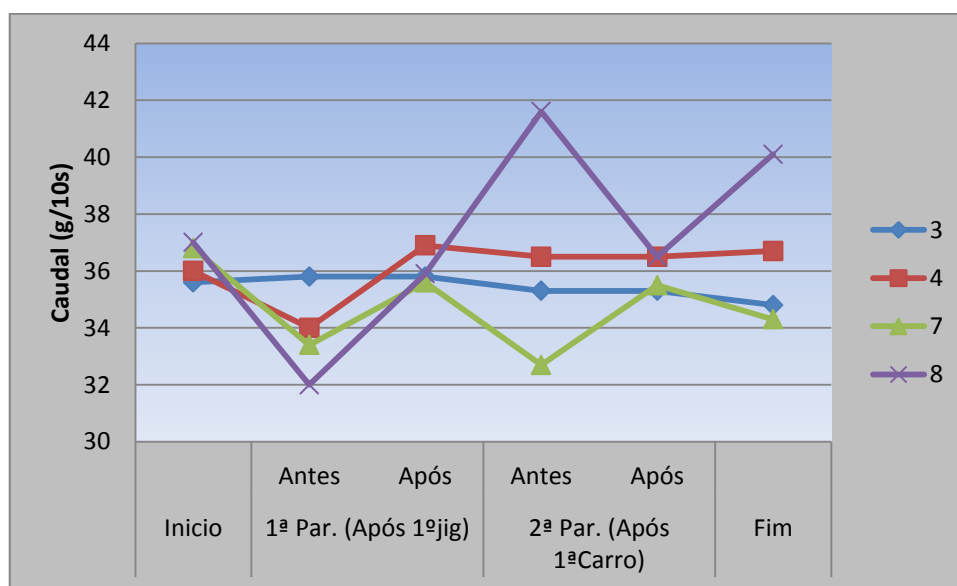


Figura 32: Variação do caudal com ajuste das pistolas.

A figura 33 representa a variação do caudal sem paragem para ajuste das pistolas, apenas para registo do mesmo.

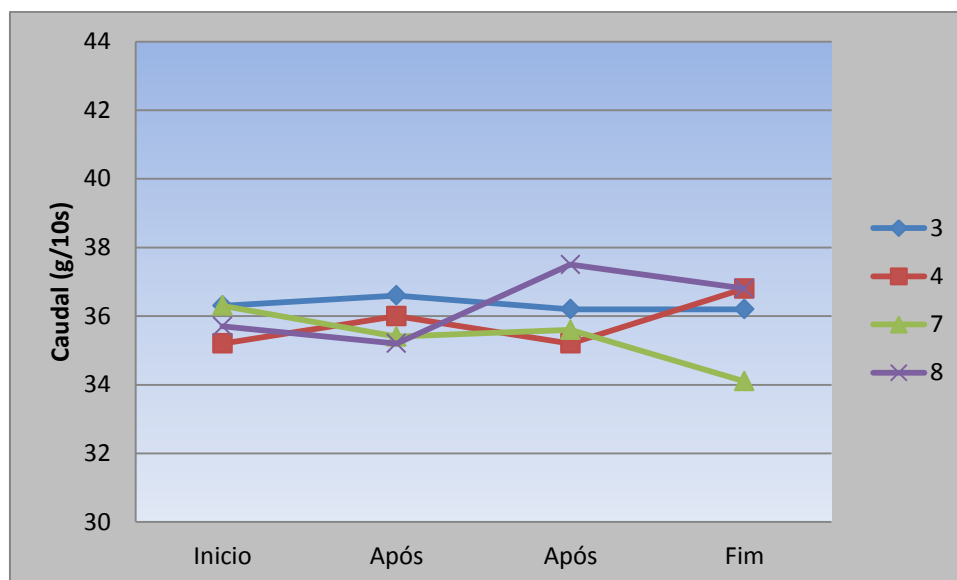


Figura 33: Variação do caudal sem ajuste das pistolas.

Comparando as figuras 32 e 33, conclui-se que o processo sem ajuste das pistolas tem um caudal mais estável do que com ajuste. Verifica-se então que existe aqui uma possibilidade de ao ajustar o caudal aumentar-se a sua dispersão, ou seja, aquando do ajuste inicial verificamos que não existe necessidade de ajustar de novo as pistolas, porque para além de a dispersão ser menor, como vamos verificar no fim deste capítulo através de cartas de controlo, existe maior uniformidade na camada de tinta aplicada.

Em seguida apresentam-se os resultados da variação da espessura relativamente aos dois ensaios (fig. 34 e 35).

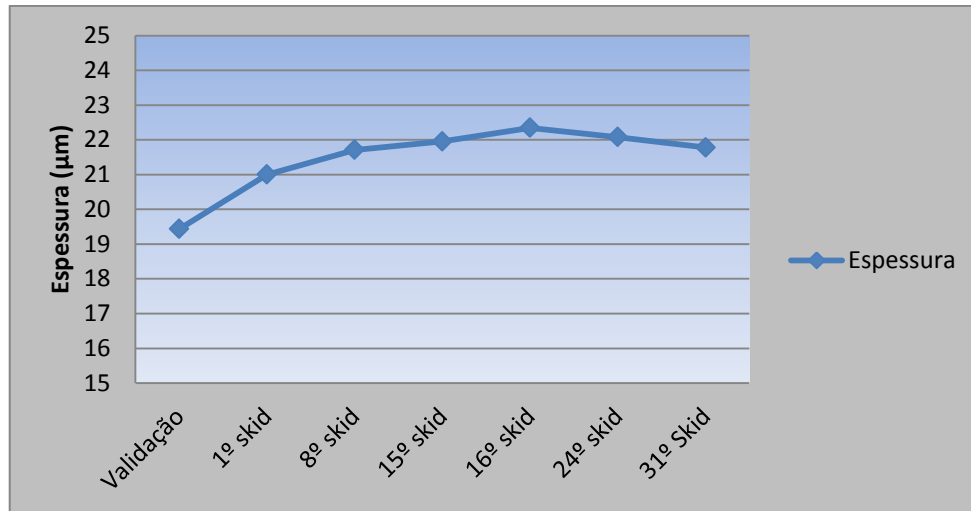


Figura 34: Espessuras relativas ao processo de pintura com ajuste do caudal das pistolas.

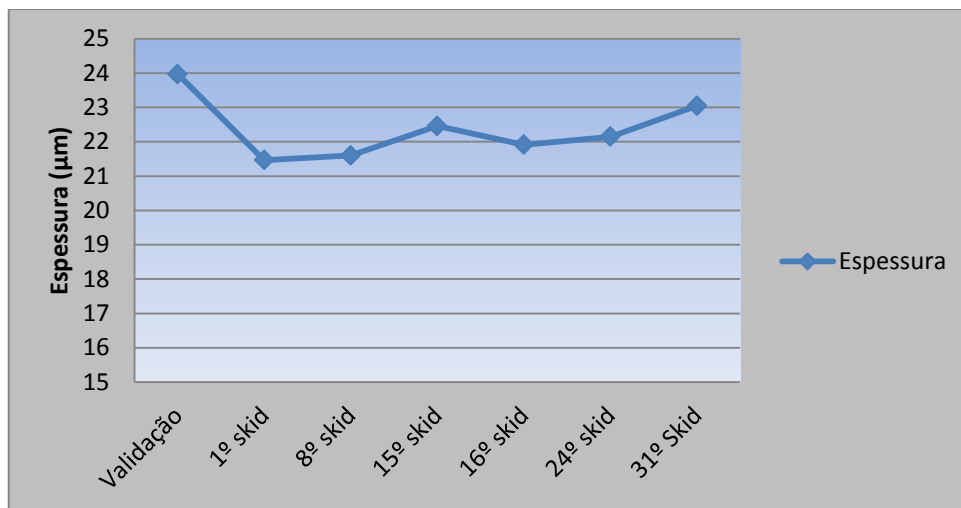


Figura 35: Espessuras relativas ao teste do caudal sem ajuste das pistolas.

Em relação às espessuras, ambos os ensaios demonstram que as variações entre eles não são significativas, ou seja o processo é uniforme.

O gráfico da figura 36 mostra a variação do caudal sem ajuste durante o processo de pintura para o produto “B”. Como podemos verificar existe um decréscimo do caudal inicial, sendo que após este ponto existe uma tendência para se manter uniforme ao longo da pintura.

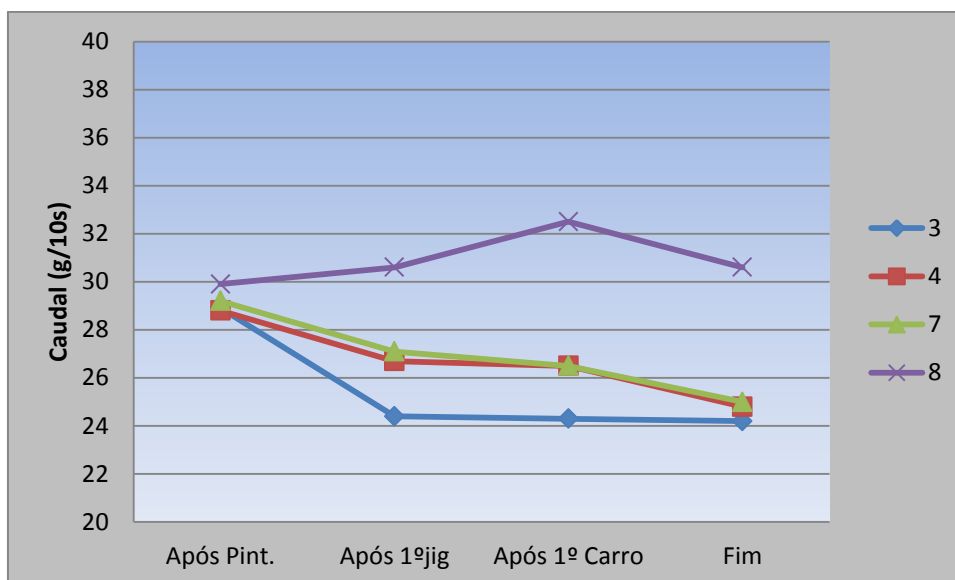


Figura 36: Variação de caudal do produto "B" sem ajuste das pistolas.

Relativamente à espessura verificou-se (fig. 37) que não é muito variável, uma vez que estes são os valores de registo do processo normal.

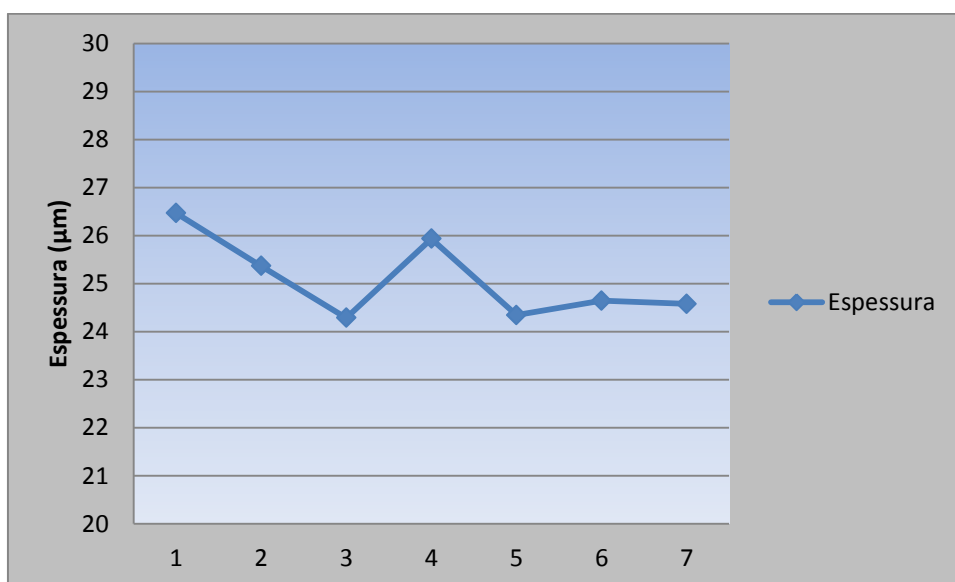


Figura 37: Espessuras relativas do produto "B" sem ajuste das pistolas.

Verifica-se uma vez mais a existência de uma variação acentuada depois do ajuste de caudal, com tendência para a estabilidade após este ponto.

Estes resultados indicam que os ajustes durante a pintura são desnecessários, apenas representam tempos de paragem no processo. Uma vez que o caudal é um fator de grande relevância no processo deve ser uma variável controlada, de modo a verificar se essa variação segue uma tendência normal. Caso a variação de caudal seja anormal, significa que algo se passou com o processo e que necessita de ser corrigido.

III.1.3.2. Efeito da pressão para tintas de água

No ensaio seguinte fez-se uma análise ao caudal ajustado da tinta do produto “P”. Simulou-se o processo normal com a verificação do caudal ao longo do processo, mas num segundo teste houve um ligeiro aumento de pressão na mistura, ou seja, passando de 5 para 6 bar. Registaram-se as espessuras para ambos os testes.

A figura 38 representa a variação do caudal para a pressão de mistura a 5 bar.

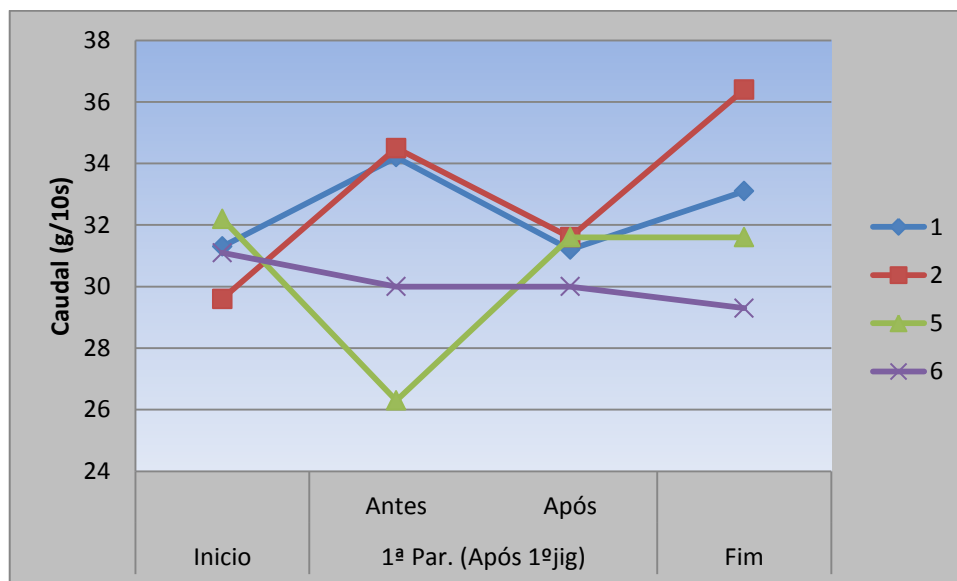


Figura 38: Variação do caudal para tinta de água com pressão de mistura de 5 bar.

A figura 39 mostra a variação do processo de pintura com uma pressão de mistura de 6 bar.

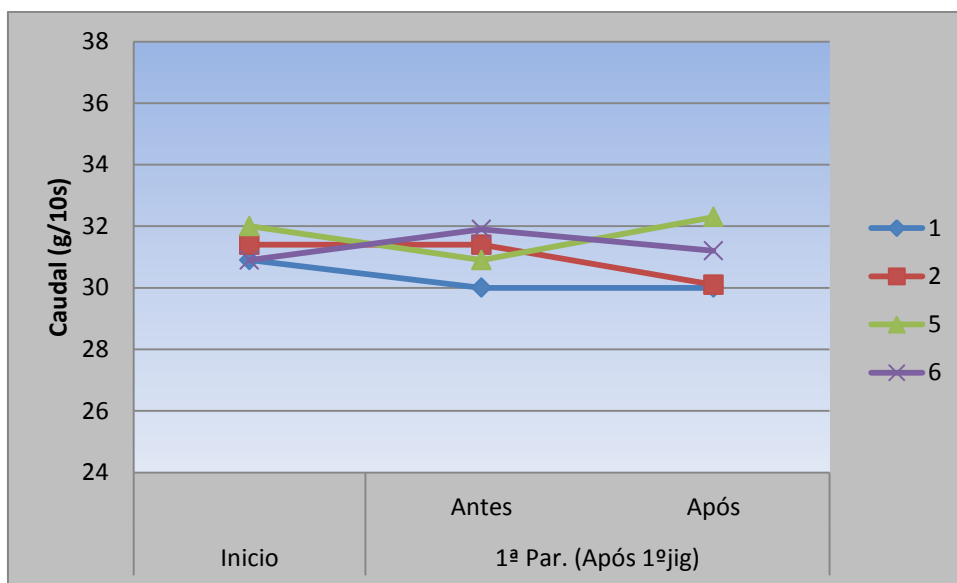


Figura 39: Variação do caudal para tinta de água com pressão de mistura de 6 bar.

Para verificar a aplicação da tinta com as diferentes pressões de mistura, colocaram-se chapas para a espessura da tinta, que estão representados nos gráficos das figuras 40 e 41.

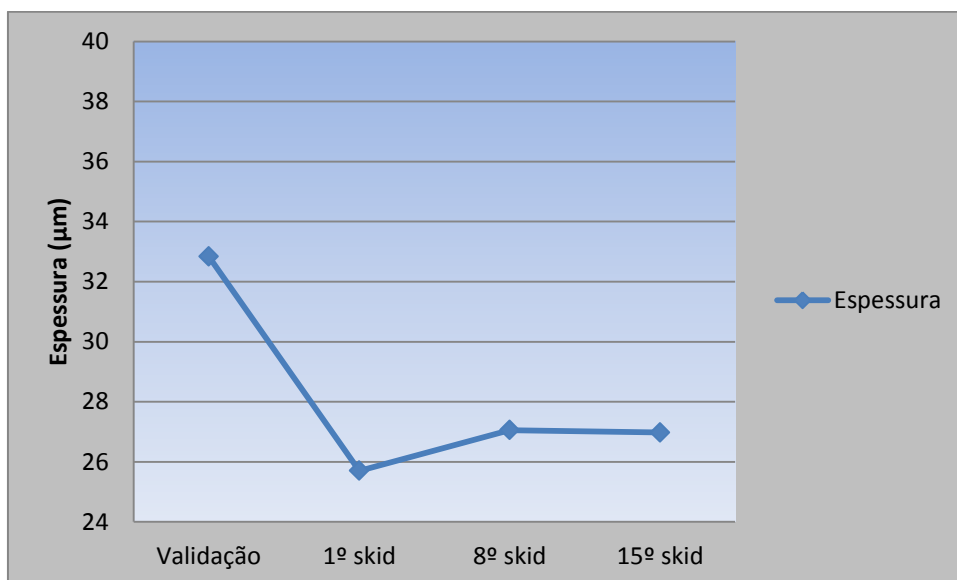


Figura 40: Espessuras médias para o processo de pintura a 5 bar de pressão de mistura.

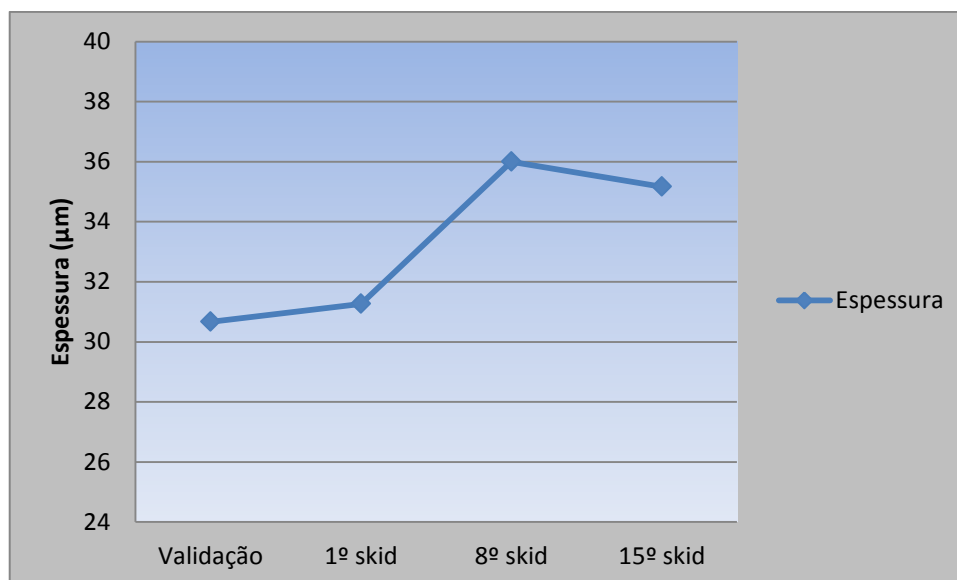


Figura 41: Espessuras médias para o processo de pintura a 6 bar de pressão de mistura.

Observou-se que existe uma menor variação de caudal para pressões de mistura a 6 bar. As espessuras diferem de um processo para o outro, mas com tendência a estabilizar após a primeira validação. Ambos os casos têm cerca de 6 µm de espessura de diferença ao longo do processo de pintura.

III. 1. 4. Efeito da viscosidade da tinta

A viscosidade é uma medida da resistência dos fluidos ao corte sob influência de determinada tensão. A viscosidade descreve até que ponto uma substância se mantém inerte a uma força exercida sobre ela, ou seja, quanto maior for a viscosidade de uma tinta mais difícil é o seu escoamento. Várias propriedades da tinta são influenciadas pela viscosidade, tais como: o tempo de secagem, a tonalidade da cor e o poder de cobertura. [6]

A preparação da tinta serve simplesmente para obter a viscosidade pretendida para o produto a pintar. Após a preparação da tinta, com a diluição desejada procede-se então à medição da sua viscosidade. Utilizam-se copos “DIN”, semelhantes aos apresentados na figura 42, para medir a viscosidade - estes copos possuem formatos e dimensões específicas. Para se medir a viscosidade de uma mistura de tinta enche-se o copo com a tinta e com o auxílio de um cronómetro verifica-se o tempo necessário para o escoamento

de todo o fluido. Se o tempo lido for inferior ao especificado pelo fabricante então adiciona-se tinta, se acontecer o contrário adiciona-se o solvente. Inicia-se a contagem do tempo no momento em que se retira o copo do fluido. Estes copos apresentam alguns inconvenientes, como por exemplo a necessidade de existir uma quantidade mínima de tinta para se conseguir mergulhar totalmente o copo nela. [6]



Figura 42: Viscosímetros de mergulho. [8]

III.1.4.1. Tinta de solvente

Os testes seguintes foram realizados para testar a influência da viscosidade de uma tinta na estabilidade do caudal. Foram feitos dois testes, o primeiro teste fez-se com uma diluição de 91%, correspondendo a uma viscosidade de 14s (DIN 4) e o segundo teste com diluição de 42%, com uma viscosidade de 19s (DIN 4) para uma tinta de solvente. Ambos os testes fizeram-se sem paragem para ajuste de caudal. Foi adicionado diluente para obter extremos de viscosidade da tinta. Para se verificar a diferença na aplicação de cada tinta foram colocadas chapas de espessura. A tabela 3 mostra a variação dos caudais para uma tinta com viscosidade de 14s.

Tabela 2 – Variação do caudal para uma tinta com viscosidade de 14s e com diluição de 91%.

Pistola	Caudal (g/10s)			Média da variação de caudal	Espessura (média)
	Ajuste	5 min	10 min	%	µm
3	28,70	27,10	27,60	-3,83%	17,62
4	27,20	26,70	26,40	-2,94%	
7	27,10	24,70	23,80	-12,18%	
8	27,10	23,80	22,70	-16,24%	

A tabela seguinte mostra a variação de caudal para uma tinta com viscosidade de 19s e uma diluição de 42%.

Tabela 3 – Variação do caudal para uma tinta com viscosidade de 19s e com diluição de 42%.

Pistola	Caudal (g/10s)			Média da variação de caudal	Espessura (média)
	Ajuste	5 min	10 min	%	µm
3	27,40	27,10	26,10	-4,74%	27,84
4	28,10	29,90	29,90	6,41%	
7	27,50	26,90	23,90	-13,09%	
8	27,50	27,90	27,40	-0,36%	

Através dos resultados das tabelas 3 e 4 não se verificou variação para a tinta analisada, uma vez que algumas pistolas variaram mais de 10% do seu caudal ajustado inicialmente. Os resultados mais favoráveis foram para a tinta com maior viscosidade.

Em relação às espessuras existe uma diferença de 10 µm entre os dois testes, para uma viscosidade de 14s, registou-se uma espessura média de 17,62 µm e para viscosidade de 19s uma espessura média de 27,84 µm, facto esperado devido à diluição, ou seja, maior quantidade de solvente, logo menor concentração do substrato.

Verificou-se que o sistema responde de forma semelhante para diferentes viscosidades, como tal, o sistema consegue responder para tintas de diferentes composições, temperaturas e viscosidades.

III.1.4.2. Tinta de água

Seguidamente realizaram-se testes para verificar a influência da viscosidade de uma tinta de água na estabilidade do caudal. Foram feitos dois testes, o primeiro teste com viscosidade de 15s e um segundo teste com viscosidade de 24,40s para duas tintas de água diferentes. Fizeram-se ambos os testes com paragem para ajuste de caudal, as tabelas 5 e 6 representam os resultados obtidos para os dois testes:

Tabela 4 – Variação de caudal para uma tinta de água com viscosidade de 15,03s.

Caudal (g/10s)								% Média da variação de caudal
Pistola	1º Fase		2º Fase		3º Fase			
	Arranque	Paragem	Ajuste	Paragem	Ajuste	Paragem		
1	17,70	18,70	16,80	18,00	15,60	15,60	4,26%	
2	16,00	16,80	16,80	18,60	16,20	20,50	14,09%	
5	16,80	16,10	16,10	17,90	16,60	17,30	3,74%	
6	16,70	16,00	16,00	15,10	15,00	15,30	-2,61%	

Tabela 5 – Variação de caudal para uma tinta de água de viscosidade de 24,40s.

Tabela 5 - Variação de caudal para uma taxa de água de viscosidade de 24,40s.							
Pistolas	Caudal (g/10s)						% Média da variação de caudal
	1º Fase		2º Fase		3º Fase		
	Arranque	Paragem	Ajuste	Paragem	Ajuste	Paragem	
1	33,80	31,90	33,50	34,60	34,00	33,50	-1,27%
2	33,90	32,20	33,60	35,60	33,10	32,80	0,01%
5	34,10	34,60	34,60	34,10	34,10	33,50	-0,58%
6	35,40	34,30	34,30	35,50	33,90	33,50	-0,26%

Pela análise das tabelas 4 e 5 verifica-se menor variabilidade para a tinta mais viscosa. Neste teste também temos outra variável que pode afetar o estudo em causa, que é o facto de existir um valor de caudal superior para a tinta com maior viscosidade.

III. 2. Estudo da espessura da tinta

Para este estudo fizeram-se três ensaios, um para o caudal próximo de 20g/10s, de 30g/10s e por fim de 40g/10s. No ensaio utilizou-se a tinta do produto “B”. Mediram-se os valores de espessura ao longo do processo de pintura dos diferentes ensaios.

As figuras 43, 44 e 45 mostram a variação de caudal ao longo do processo para os diferentes valores de caudal.

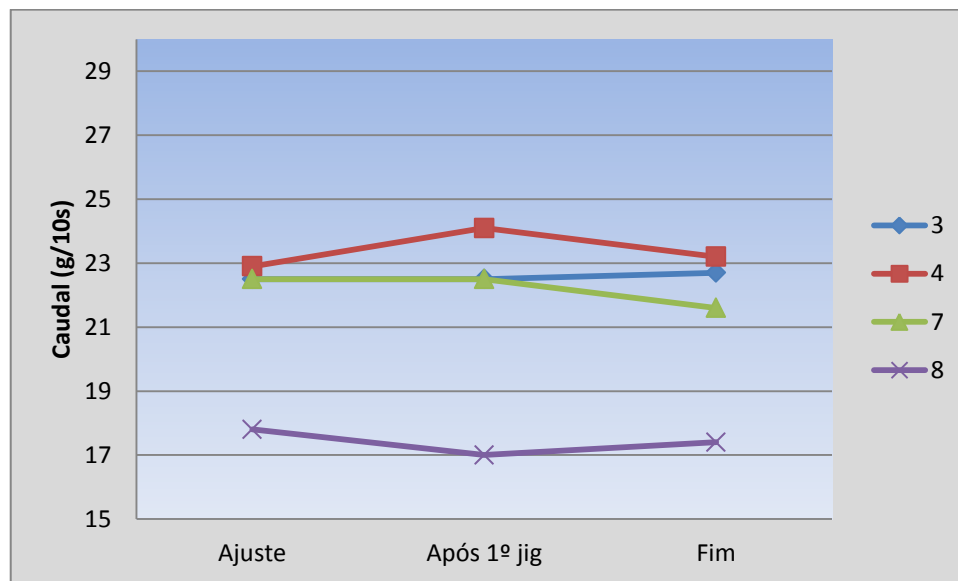


Figura 43: Variação do ajuste de caudal das pistolas para 20g/10s.

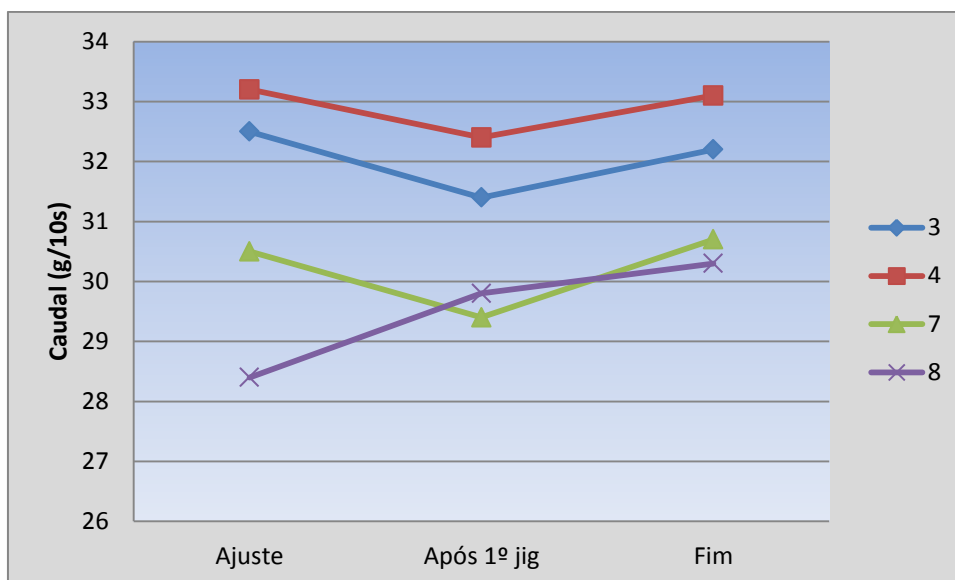


Figura 44: Variação do ajuste de caudal das pistolas para 30g/10s.

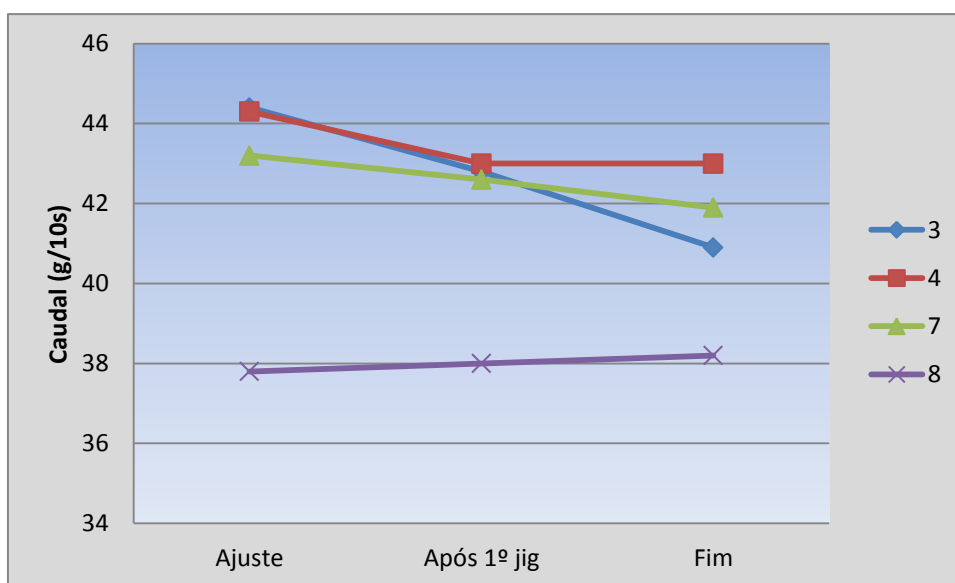


Figura 45: Variação do ajuste de caudal das pistolas para 40g/10s.

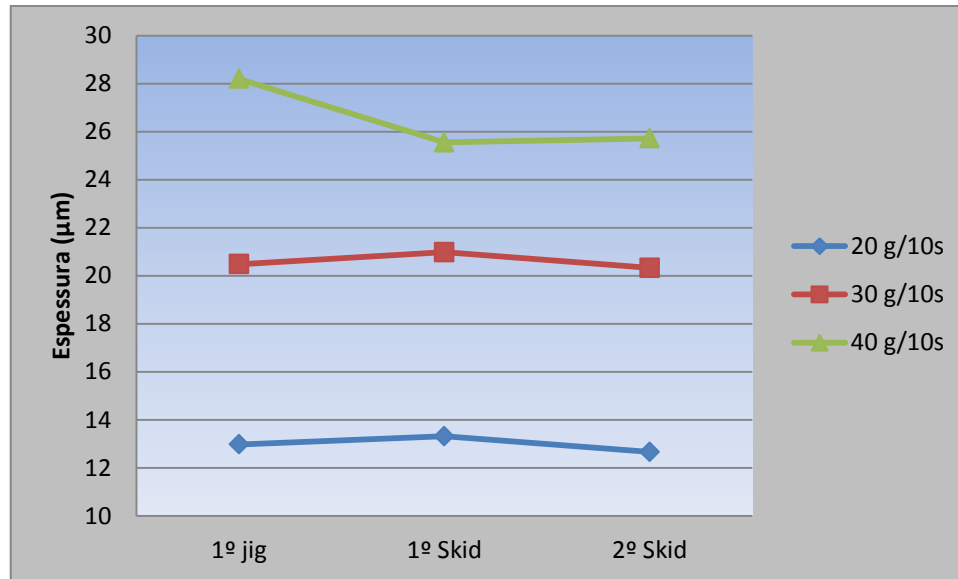


Figura 46: Variação das espessuras para caudais das pistolas de 20, 30 e 40g/10s.

Com os ensaios anteriores podemos ter uma noção do que corresponde um determinado caudal na espessura da camada de tinta aplicada. Pode concluir-se que para um caudal de cerca de 20g/10s em média temos cerca de 13 μm de espessura, para um caudal de 30g/10s em média correspondem cerca de 21 μm de espessura e por fim para um caudal de 40g/10s corresponde uma espessura média de 26 μm para a tinta analisada.

III. 2. 1. Efeito do ajuste

III.2.1.1. Sem ajuste

- Ensaio - Simulação do processo de pintura dos produtos “A” e ”J”

De acordo com o processo de pintura dos produtos, realizou-se a pintura sem as paragens para o ajuste de caudal das pistolas, de modo a perceber se existe estabilidade durante o processo de pintura, foram pintadas “frames” (suporte para as peças) com chapas de espessura para verificar a estabilidade da aplicação.

Foram feitas quatro repetições desta operação, de forma a obter um maior número de resultados, as figuras 47 e 48 mostram respetivamente a estabilidade do caudal e da espessura ao longo de todo o processo de pintura.

Nos ensaios apenas se fez um ajuste de caudal no intervalo indicado para o produto no início do processo.

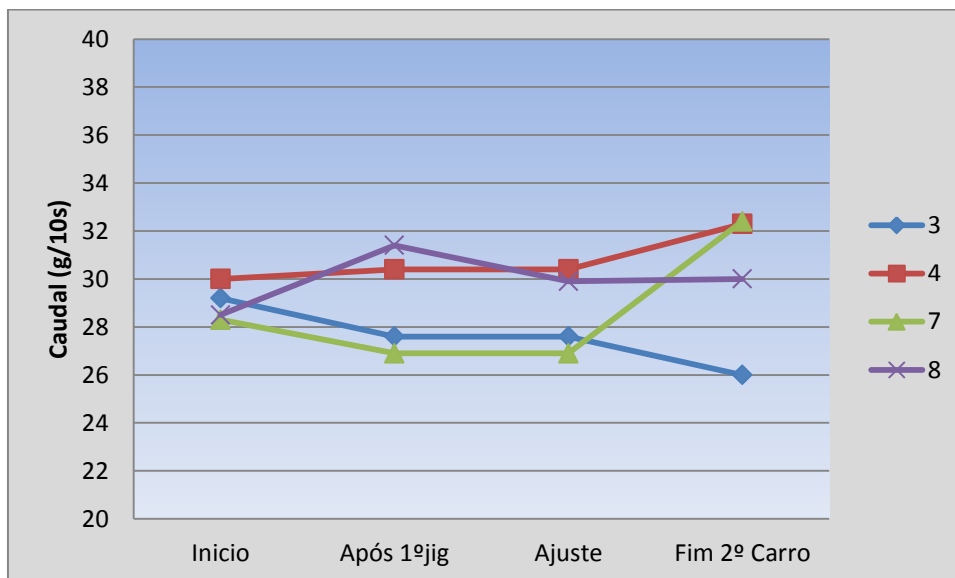


Figura 47: Variação do caudal do produto “A”.

Verifica-se uma variação do caudal com uma ligeira subida nas pistolas 4 e 7 no final da pintura.

No gráfico seguinte estão representados os valores das espessuras ao longo do processo, verifica-se uma estabilidade da aplicação ao longo do processo. As espessuras encontram-se dentro dos limites especificados para este produto.

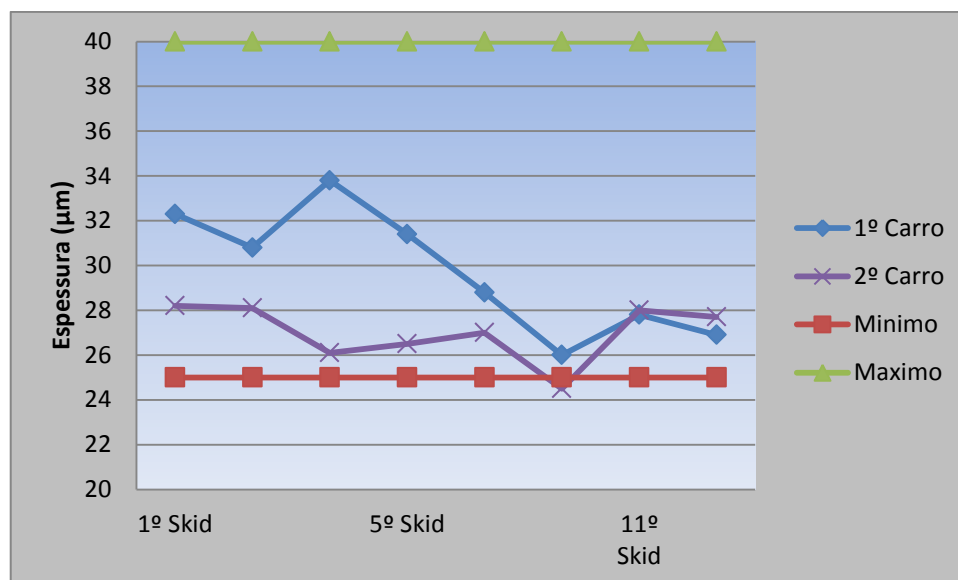


Figura 48: Espessuras de tinta ao longo do processo de pintura sem ajuste de caudal para o produto “A”.

Repetiu-se o processo anterior. Neste ensaio verifica-se uma queda de caudal no início da pintura que após o ajuste não é tão acentuada.

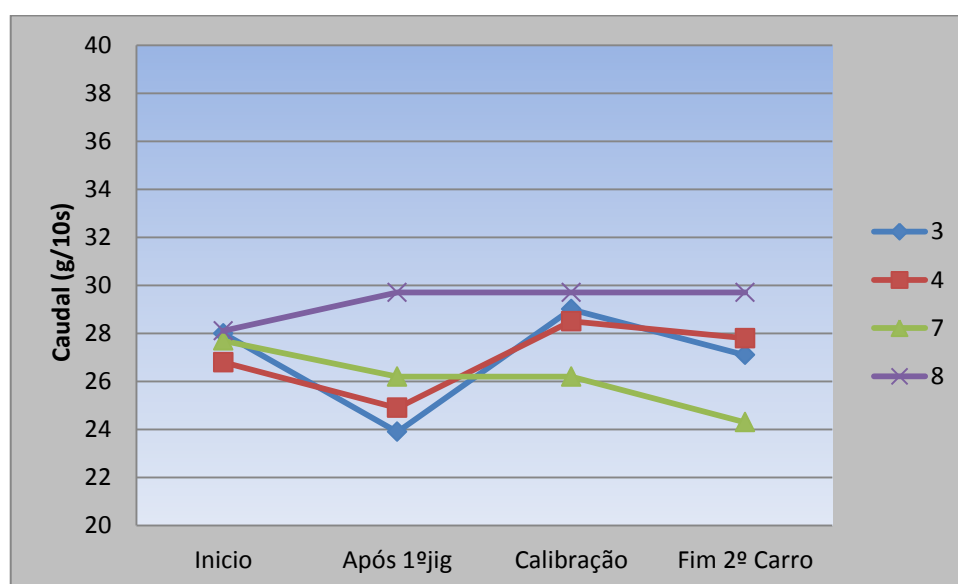


Figura 49: Variação sem ajuste do caudal das pistolas do produto “A”.

A figura 50 mostra a variação das pistolas nos dois carros, garantindo assim que sem calibrações a estabilidade do processo é garantida em relação às espessuras.

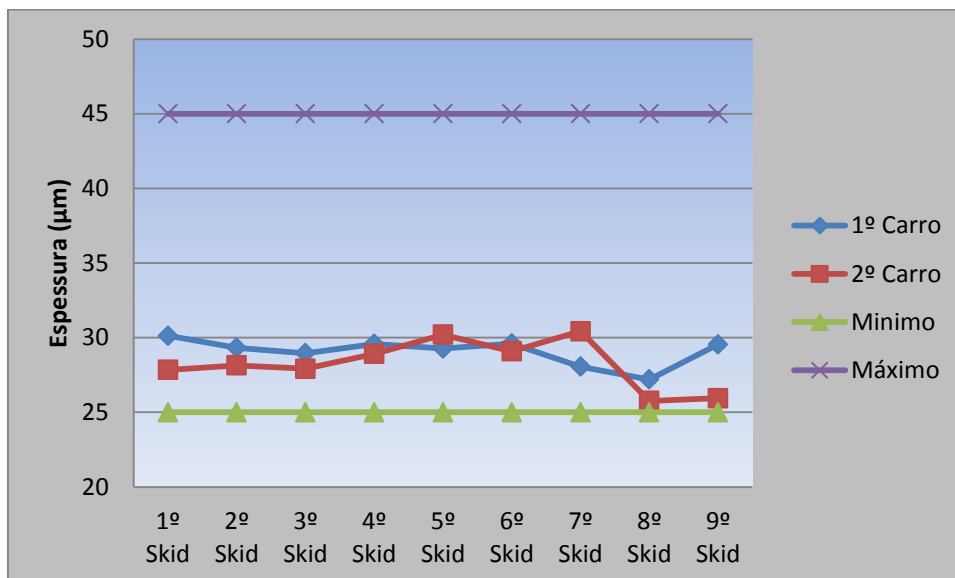


Figura 50: Espessuras de tinta ao longo do processo de pintura sem ajuste de caudal para o produto “A”.

A figura 51 demonstra, uma vez mais, a variabilidade do caudal ao longo de todo o processo de pintura.

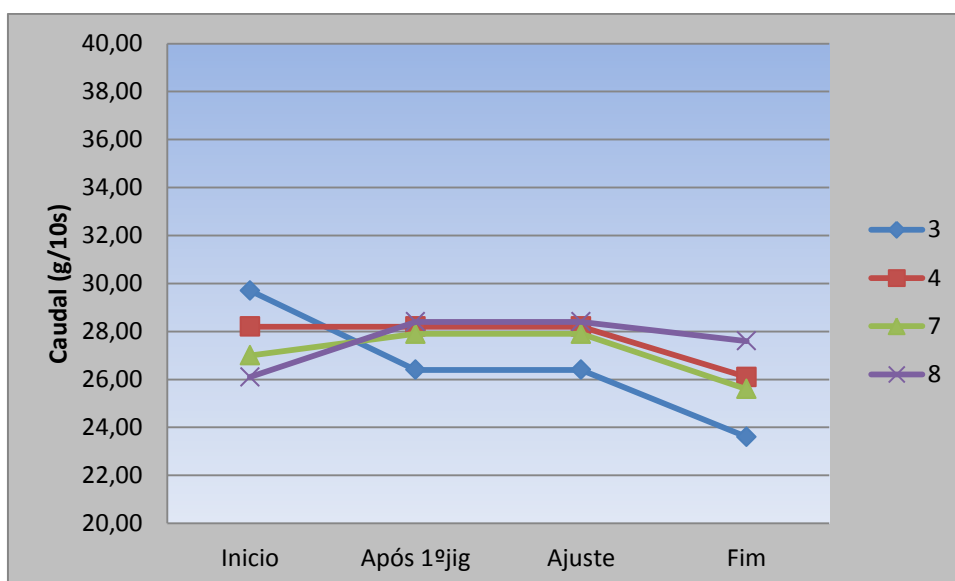


Figura 51: Variação sem ajuste do caudal das pistolas do produto “A”.

Em relação às espessuras estão no limite mínimo como se verifica no gráfico da figura 52, mas existe estabilidade ao longo do processo de pintura.

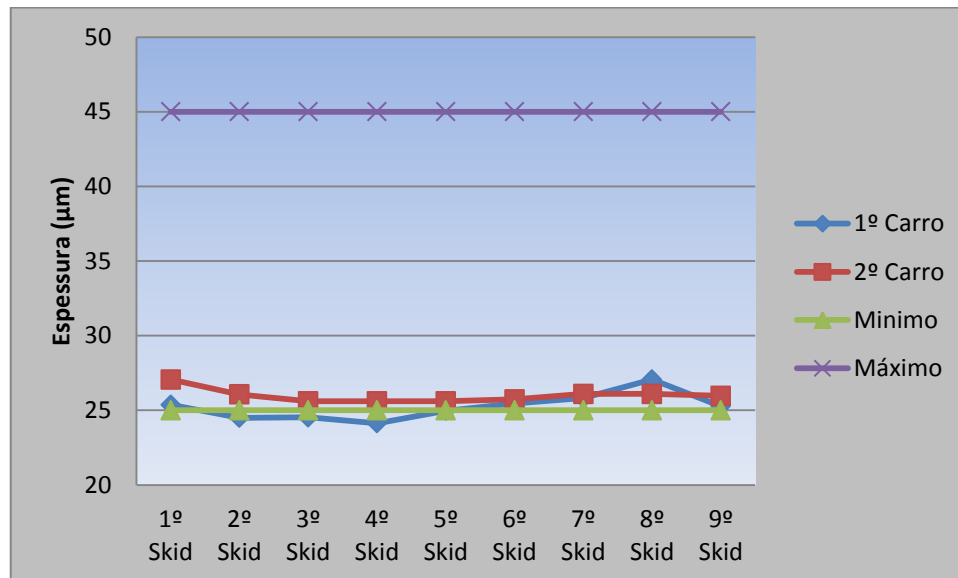


Figura 52: Espessuras de tinta ao longo do processo de pintura sem ajuste de caudal para o produto “A”.

Na figura 53 encontra-se representada a variação de caudal das pistolas para a pintura do produto “J”. Como se pode ver houve uma variação de caudal bastante acentuada para a pistola 8 devido à ocorrência de problemas não detetados durante a pintura.

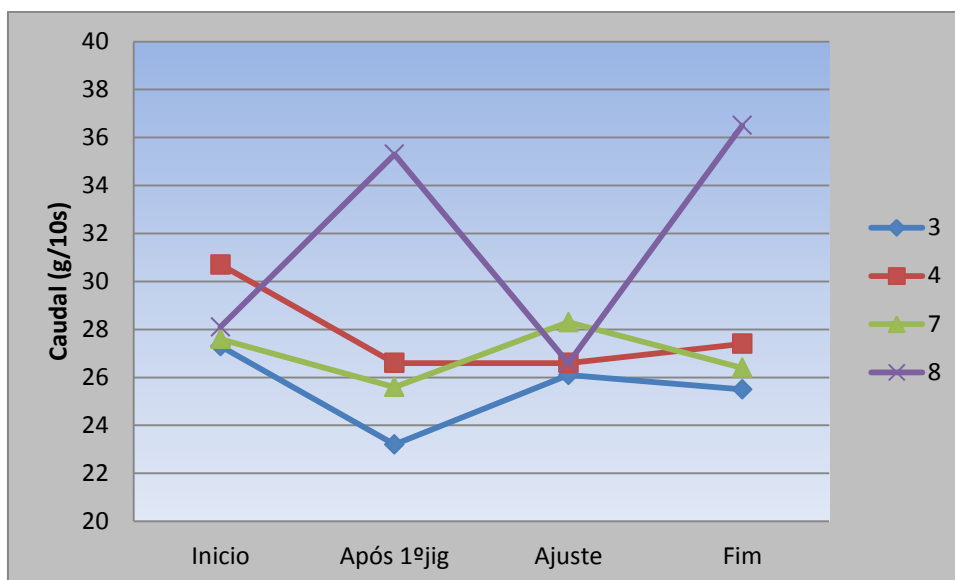


Figura 53: Variação sem ajuste do caudal das pistolas do produto “A”.

Em relação às espessuras verifica-se estabilidade durante todo o processo, esta encontra-se dentro dos limites pretendidos.

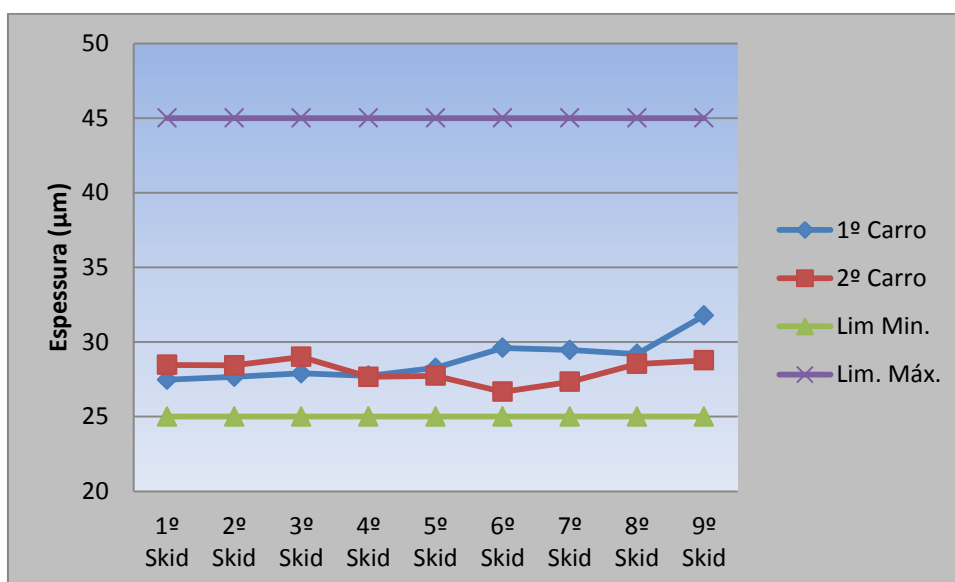


Figura 54: Espessuras de tinta ao longo do processo de pintura sem ajuste de caudal para o produto “A”.

Repetiu-se o processo uma vez mais mas relativamente ao produto “J”, ou seja, a duração do processo de pintura é maior. Portanto como se verifica a seguir no final da pintura o caudal sofreu uma grande variação.

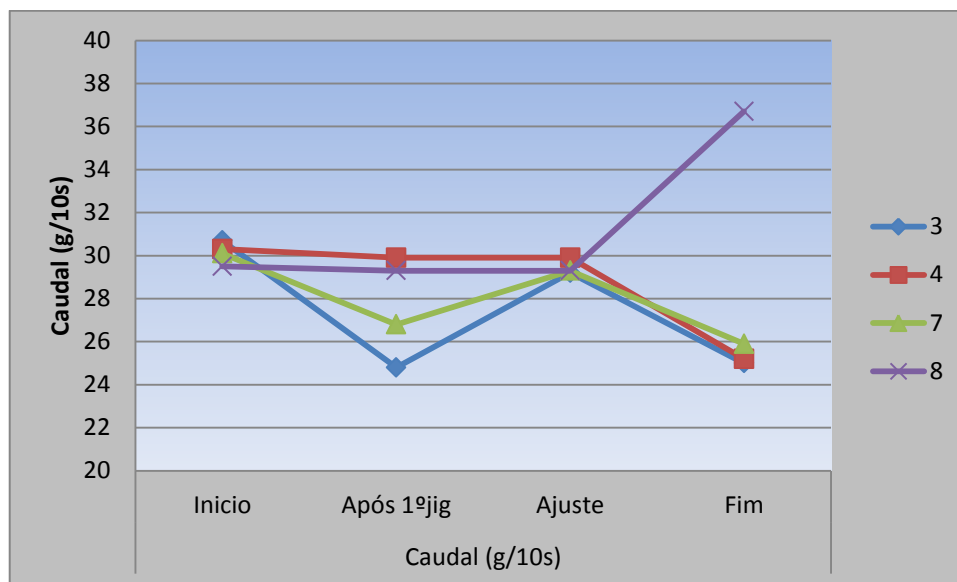


Figura 55: Variação sem ajuste do caudal das pistolas do produto “J”.

Como o caudal foi irregular também se verifica a mesma instabilidade ao longo do processo de pintura em relação às espessuras.

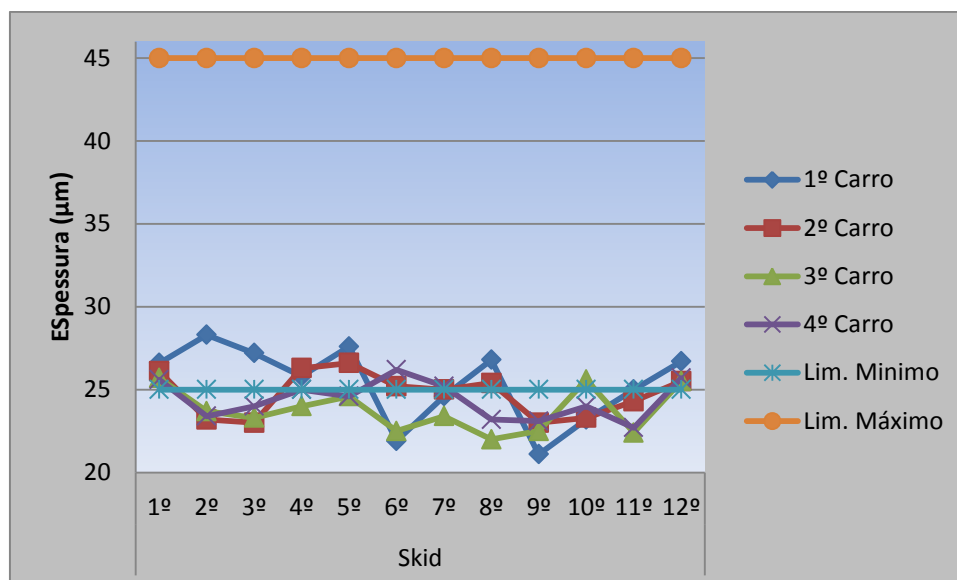


Figura 56: Espessuras de tinta ao longo do processo de pintura sem ajuste de caudal para o produto “J”.

No final de cada processo de pintura verificamos que o caudal pode sofrer algumas alterações, mas essas mesmas alterações ocorrem caso exista ou não ajuste de caudal das pistolas.

Existem pequenos erros durante o processo de pintura que podem ocorrer, como por exemplo, uma abertura excessiva de uma pistola, pingos, bicos entupidos, etc.. Aquando destes acontecimentos, caso seja perceptível, deve imediatamente proceder-se à paragem do processo e à resolução do problema ocorrido, devendo também verificar-se o caudal das pistolas. Logo, por forma a ganhar tempo no planeamento, podemos excluir as paragens no meio das produções, uma vez que os parâmetros analisados para os produtos “A” e “J” se encontram dentro dos limites aceitáveis ao longo do processo de pintura.

III. 3. Estudo da influência do tempo de agitação na viscosidade de uma tinta

Seguidamente foi estudado o tempo que uma tinta de água deveria estar em agitação, de forma a estabilizar a sua viscosidade antes de iniciar o processo de pintura, uma vez que são fluidos tixotrópicos (variação da viscosidade em função da agitação). Os gráficos da

figura 52 mostram a variação da viscosidade e da temperatura da tinta, em intervalos de tempo de 10 minutos. A viscosidade foi medida com copo DIN 6 e a temperatura com um termómetro de infravermelhos.

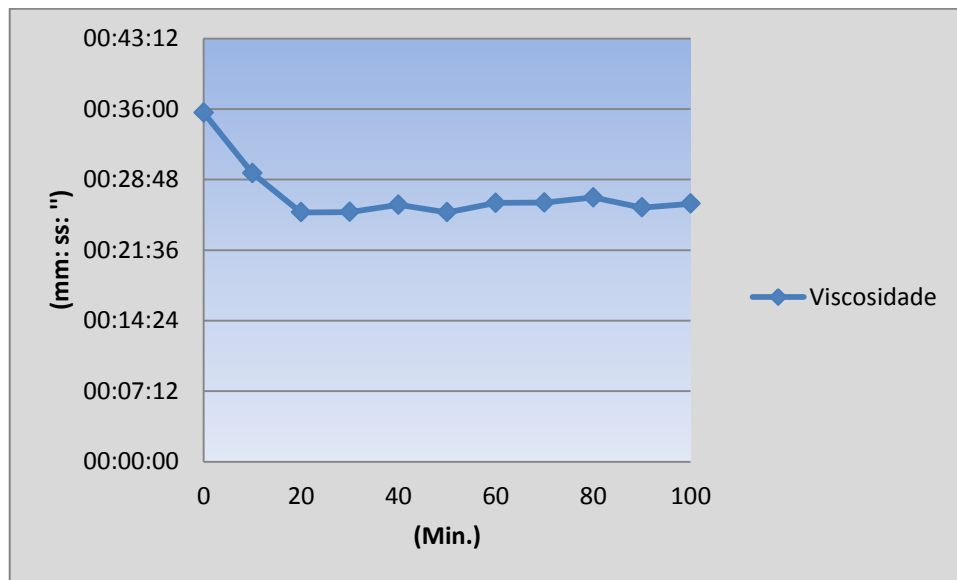


Figura 57: Variação da viscosidade da tinta ao longo do tempo.

A figura 58 mostra a variação da temperatura da tinta em intervalos de 10 minutos.

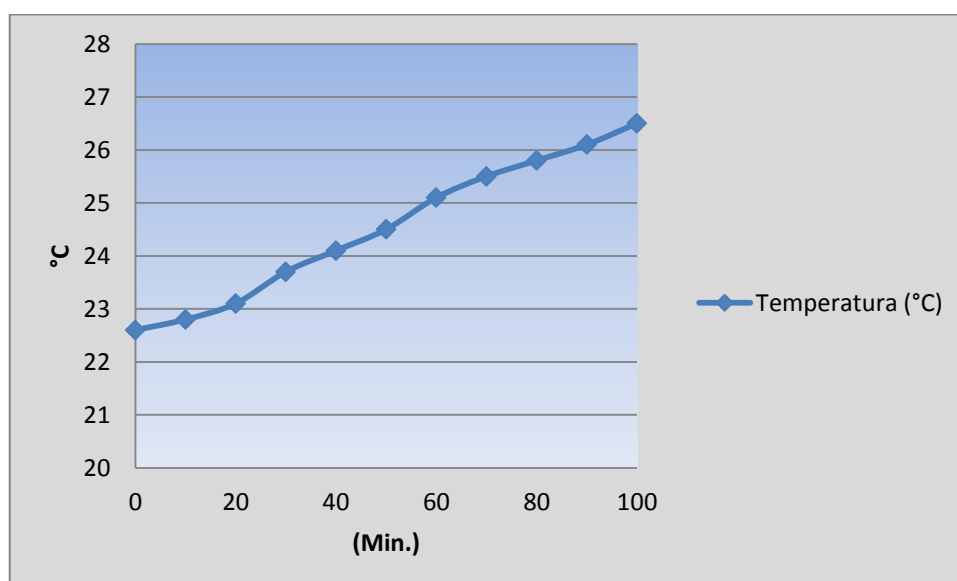


Figura 58: Variação da temperatura da tinta ao longo do tempo.

Com este teste verificou-se que a viscosidade desta tinta estabiliza ao fim de 20 minutos de agitação, mantendo-se constante ao longo do tempo. A temperatura aumenta gradualmente ao longo do tempo, cerca de 0,5°C a cada 10 minutos.

Esta fase de estudo está concluída, verifica-se que o débito das pistolas sofre variação durante o processo de pintura e que é difícil prever as alterações ao caudal das pistolas, contudo estas variações podem ser normais ao processo. A fim de se verificar esta variação existem ferramentas que nos indicam se os processos se encontram dentro dos limites previstos.

Em seguida encontra-se descrita a ferramenta estatística que será utilizada para controlar o caudal das pistolas da máquina de pintura.

III. 4. Controlo estatístico do processo

O SPC (Statistical Process Control) é uma ferramenta estatística desenvolvida por Walter A. Shewhart em 1924 para controlar a estabilidade dos processos. O SPC utiliza em simultâneo dois gráficos (cartas de controlo). Um dos gráficos analisa a estabilidade da dispersão (carta R de amplitudes, carta R_{mov} de amplitudes móveis ou carta S de desvio padrão). O outro gráfico analisa a estabilidade da localização onde pretendemos que o valor do parâmetro se situe (carta X de médias, carta X_{mov} de médias móveis, carta X_i de valores individuais, etc.). Neste trabalho foram utilizadas as cartas R_{mov} de amplitude móvel e X_i de valores individuais. [8]

Os valores são determinados pelas seguintes fórmulas:

-Fórmula da média das amplitudes

$$\bar{R} = \frac{R_0 + \dots + R_n}{n-1} \quad (3.1)$$

Em que:

$\bar{R}$ – amplitude média;

n – número de subgrupos;

R – cada valor do subgrupo.

-Fórmula dos limites superior e inferior de controlo médios

$$UCL_{\bar{x}} = \bar{X} + E_2 \times \bar{R} \quad (3.2)$$

$$LCL_{\bar{x}} = \bar{X} - E_2 \times \bar{R} \quad (3.3)$$

Em que:

$UCL_{\bar{x}}$ – limite superior de controlo;

$LCL_{\bar{x}}$ – limite inferior de controlo;

$\bar{X}$ – média aritmética;

E_2 - constante de valor igual a 2,660

-Fórmulas dos limites superior e inferior de amplitudes média

$$UCL_{\bar{r}} = \bar{R} \times D_4 \quad (3.4)$$

$$LCL_{\bar{r}} = 0 \quad (3.5)$$

Em que:

$UCL_{\bar{r}}$ – limite superior de controlo;

$LCL_{\bar{r}}$ – limite inferior de controlo;

$\bar{R}$ – amplitude média;

D_4 – constante de valor igual a 3,267.

Em seguida estão representados os gráficos com as cartas de controlo (X_i de valores individuais e R_{mov} de amplitude) para o caudal das pistolas com ajuste. A tinta utilizada neste exemplo é respetiva ao produto “B”.

A figura 59 representa a variação de caudal com ajuste.

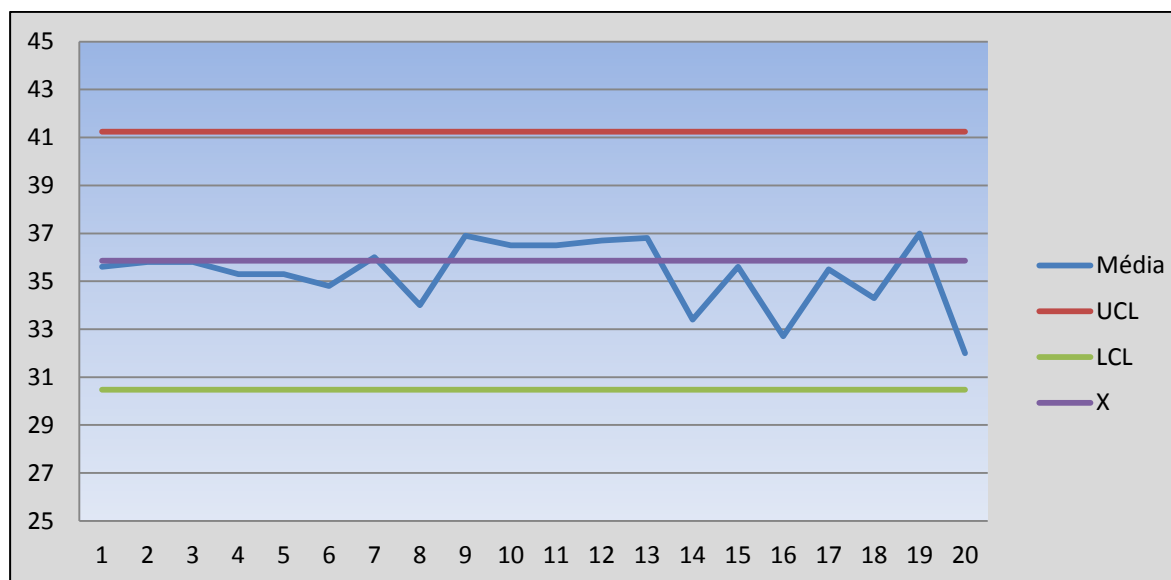


Figura 59 - Carta de valores individuais.

Pela observação do gráfico anterior verificamos que a média de todos os valores corresponde a cerca de 35,8. O limite superior de controlo corresponde a 41,2 e o limite inferior de controlo corresponde a 30,4. O desvio padrão é de 1,79. A amplitude móvel vai até ao valor 5.

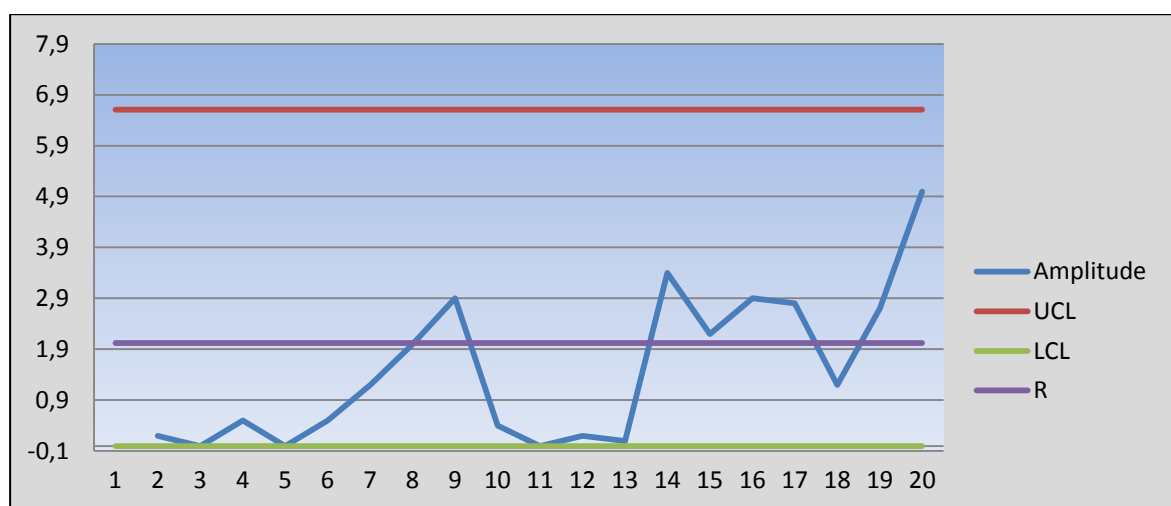


Figura 60 - Carta de amplitude móvel.

As figuras 61 e 62 representam a carta de valores individuais e a carta de amplitude móvel para os valores de caudal das pistolas sem ajuste das mesmas.

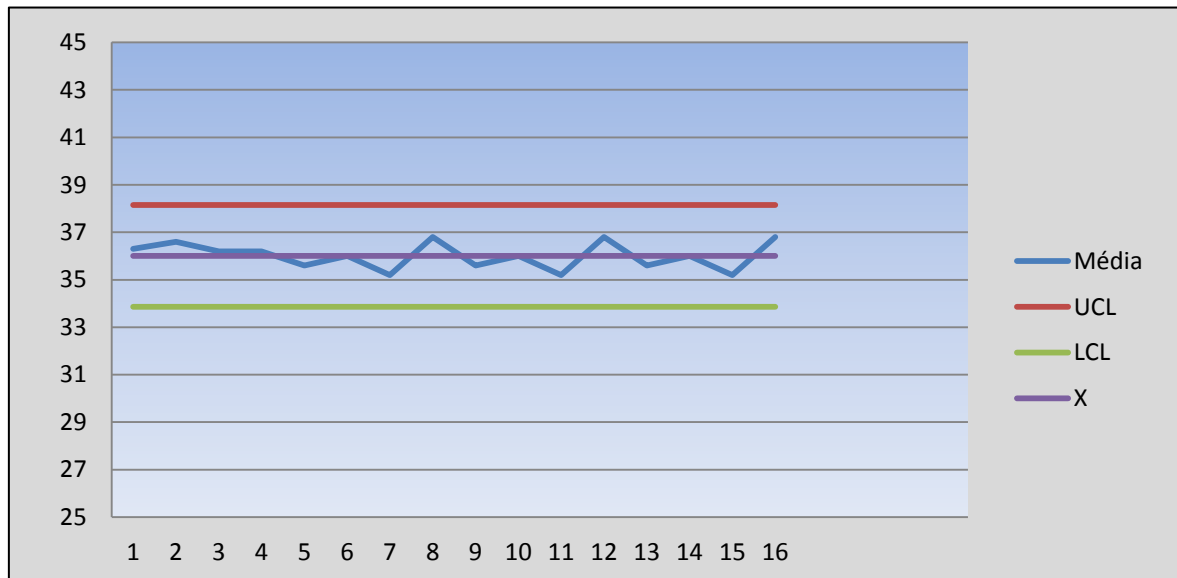


Figura 61 - Carta de valores individuais.

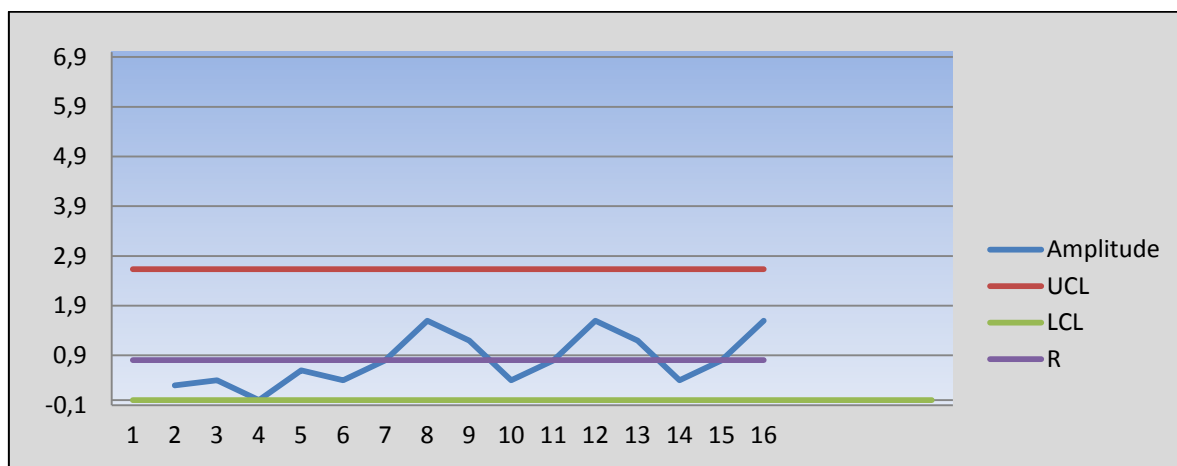


Figura 62 - Carta de amplitude móvel.

Pela observação das figuras 58, 59, 60 e 61, podemos assim verificar que sem o ajuste das pistolas existe garantia de que o caudal das pistolas é menos variável do que com ajuste das pistolas. A média dos caudais é a mesma e sem ajuste a dispersão é menor.

IV. CONCLUSÃO

O estágio curricular para conclusão do Mestrado em Tecnologia Química foi da máxima importância ao nível pessoal e profissional completando a formação académica. Do ponto de vista profissional deu para adquirir conhecimentos numa área até então desconhecida, a pintura de componentes plásticos para automóveis, e permitiu criar a excelente oportunidade de continuar a colaborar na empresa.

Os estudos efetuados durante o estágio possibilitaram perceção dos parâmetros que afetam a pintura. O caudal debitado pelas pistolas é um parâmetro de extrema importância para o aspeto final dos produtos; este caudal deve ser o mais uniforme possível de modo a garantir que a qualidade dos produtos seja homogênea do início ao fim do processo de pintura. Esta estabilidade que é fundamental para minimizar os defeitos nas peças, existe neste momento, o processo está estável a esse nível, ou seja, quando se fazem testes para verificar a espessura da tinta dos componentes plásticos, verifica-se que a espessura é uniforme e dentro das especificações apesar de ter verificado que as pistolas sofrem variações de caudal ao longo dos vários produtos pintados.

Com a análise gráfica dos diferentes ensaios verificámos que o ajuste regular do caudal das pistolas para a tinta à base de solvente estranhamente se traduziu numa maior variação de caudal, facto que até momento se desconhecia. Verifica-se ainda que para tintas à base de água se pode recorrer a pressões de mistura mais elevadas de modo a garantir uma maior estabilidade.

Depois destas constatações e de modo a verificar se a variação de caudal é normal conclui-se que devem ser criadas e implementadas cartas de controlo. Estas irão permitir atuar de uma forma preventiva na verificação do caudal das pistolas e no estabelecimento dos limites da sua variação e eliminar o ajuste regular do caudal que ocorria durante o processo de pintura reduzindo assim o tempo de processo sem comprometer a qualidade do produto final. No caso do valor de caudal sair fora desses limites de controlo, o que significa que a existência de alguma variação anormal, naturalmente o processo deve ser retificado recorrendo eventualmente ao ajuste de caudal.

Sabendo que outros fatores como a viscosidade e a temperatura das tintas são de grande importância para este processo, fizeram-se estudos com estas variáveis mas verificou-se

que não existem alterações acentuadas que se notem no resultado do produto final de modo que se conclui que ao nível destes parâmetros não é necessário introduzir melhorias.

V. BIBLIOGRAFIA

- [1] www.iber-oleff.pt (10-08-2013)
- [2] <http://www.moldplast.com/index.shtml> (02-07-2013)
- [3] Godinho, M., Correia, N., Pinto, M., Rebelo, G., (2005), Estudo Sobre a Utilização da Propriedade Industrial nos Sectores dos Plásticos e dos Moldes – Instituto Nacional de Propriedade Industrial, vol. 2, Portugal.
- [4] Callister, W. D., Materials Science and Engineering, An Introduction, 7th Edition (2007), Ed John Wiley and Sons, Inc.
- [5] <http://pt.scribd.com/doc/19966544/Injecao-Plasticos> (02-07-2013)
- [6] <http://www.cepra.pt/> (03-09-2013)
- [7] <http://www.elcometer.com/> (03-09-2013)
- [8] Pastor, R., Statistical Process Control, Departamento de Formação FORD.