





Universidade do Minho
Escola de Engenharia

João Pedro Ferreira de Carvalho

Definição de condições de
pintura de peças para autorrádio

Tese de Mestrado
Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao
Grau de Mestre em Engenharia de Polímeros

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professor Doutor Fernando Moura Duarte

DECLARAÇÃO

Nome: João Pedro Ferreira de Carvalho

Endereço eletrónico: joaocarvalhost@hotmail.com Telefone: 00351 917955898

Número do cartão do cidadão: 13189132

Título dissertação: **Definição de condições de pintura de peças para autorrádio.**

Orientador: Doutor Fernando Moura Duarte

Ano de conclusão: 2013

Designação do Mestrado ou do Ramo de Conhecimento do Doutoramento:

Ciclo de Estudos Conducente ao Grau de Mestre em Engenharia de Polímeros

Declaro que concedo à Universidade do Minho e aos seus agentes uma licença não-exclusiva para arquivar e tornar acessível, nomeadamente através do seu repositório institucional, nas condições abaixo indicadas, a minha dissertação, no todo ou em parte, em suporte digital.

Declaro que autorizo a Universidade do Minho a arquivar mais de uma cópia da dissertação e a, sem alterar o seu conteúdo, converter a dissertação entregue, para qualquer formato de ficheiro, meio ou suporte, para efeitos de preservação e acesso. Retenho todos os direitos de autor relativos à dissertação, e o direito de a usar em trabalhos futuros (como artigos ou livros).

Concordo que a minha tese ou dissertação seja colocada no repositório da Universidade do Minho com o seguinte estatuto:

- Disponibilização imediata do conjunto do trabalho para acesso mundial

Universidade do Minho, __ / __ / ____

Assinatura: _____

AGRADECIMENTOS

Finda esta dissertação, não poderia deixar de agradecer as pessoas que, com maior ou menor influência, contribuíram de forma decisiva para o sucesso deste projeto.

Em primeiro lugar, agradeço á *Delphi Automotive Systems* pela oportunidade concedida e disponibilização de todas as condições para efetuar um trabalho com sucesso e enriquecedor.

Para os meus colegas Vânia, Henrique e os demais, o meu muito obrigado pela simpatia e companheirismo demonstrado.

Um agradecimento especial para o meu orientador na empresa, Engenheiro Miguel Andrade, o qual sempre me motivou, aconselhou e acompanhou, e cujo contributo se revelou crucial para o êxito do projeto realizado.

Agradeço ao meu orientador da universidade, Prof. Doutor Fernando Duarte, pelo apoio e auxílio demonstrados durante toda a extensão da dissertação.

Gostaria, também, de agradecer aos colaboradores desta empresa, em especial ao da secção da Pintura, que sempre se mostraram disponíveis para responder a quaisquer dúvidas.

E, como não podia deixar de ser, a todos os meus colegas e amigos o meu exclusivo obrigado porque, apesar de não terem tido contribuído diretamente, tiveram um papel crucial na concretização deste projeto, pela amizade demonstrada.

RESUMO

O uso de peças plásticas na indústria automóvel ganhou uma grande relevância com o intuito de diminuir o peso dos automóveis e, assim, melhorar o rendimento destes como, por exemplo, a diminuição do consumo de combustível. Com a introdução destes surgiu uma outra questão que se prende com a sua pintura.

Este ponto ganhou grande importância nesta indústria, pois a sua utilização está ligada com aspetos funcionais, uma vez que confere proteção as intempéries, por exemplo, as quais podem comprometer o funcionamento do automóvel.

Mas o aspeto mais relevante na pintura tem sido cumprir as exigências estéticas, especialmente em peças com grande brilho. Este tem sido o maior dos desafios nos dias que correm pois a crescente exigência do mercado automóvel sobre peças com cada vez melhor acabamento tem obrigado a procura de melhores e mais formas de obter os resultados desejados.

A dissertação tem como principal objetivo a determinação das melhores condições de pintura para substratos aplicados em autorrádios, tendo sido realizado para o efeito uma seleção de parâmetros com maior influência sobre a espessura do filme da tinta e, posteriormente, determinadas condições de pintura com estes.

Os resultados permitiram uma análise do comportamento da espessura e das condições que permitem um revestimento eficaz das peças.

Palavras-chave: pintura parâmetros, espessura da tinta

ABSTRACT

The use of plastic parts in the automotive industry has gained a great importance in order to reduce the weight of vehicles and thus improve the performance such as, for example, the reduction of fuel consumption. With the introduction of these came another question which relates to their painting.

This point has gained importance in this industry because its use is linked with functional aspects since it confers protection from inclement weather, for example, which may jeopardize the operation of the automobile.

But the most important aspect in the painting has been meet aesthetic requirements, especially in parts with great glow. This has been the biggest challenge these days because the growing market demand for automobile parts with increasingly better finish has forced the search for better and more ways to get the desired results.

The main objective of this dissertation is to determine the best conditions for painting substrates applied in car radios, and was conducted for the effect a parameter selection with greater influence on the film thickness of the paint and then determine paint conditions with these.

The results allow an analysis of the behavior of the thickness and the conditions that allow effective coating of parts.

Keywords: painting, parameters, paint thickness

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	2
RESUMO	5
ABSTRACT	7
Lista de Tabelas.....	11
1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1. Objetivos	14
1.2. Organização da Dissertação	15
2. ESTADO DA ARTE	17
2.1. Introdução	17
2.2. Técnica de Aplicação	18
2.3. Tinta	22
2.4. Peça	24
3. TRABALHO EXPERIMENTAL	27
3.1. Peças selecionadas	27
3.2. Equipamento utilizado	28
3.2.1. Medição de Espessura	29
3.3. Condições de pintura	31
4. RESULTADOS EXPERIMENTAIS E DISCUSSÃO	35
4.1. Resultados da pintura das peças.....	35
4.1.1. Botão SK 25	35
4.1.2. Blenda SK 25	40
4.1.3. Rocker	45
4.1.4. TL Knob	49
4.2. Resultados da pintura das chapas.....	53
4.2.1. Estudo da Distância da Pistola	53
4.2.2. Estudo do Ângulo da Pistola	60
4.2.3. Estudo do Fan.....	63
4.2.4. Estudo da Atomização.....	66
5. CONCLUSÃO	69
5.1. Sugestão para trabalhos futuros	71
ANEXOS.....	75

Lista de Figuras

Figura 1 – Vários fatores que afetam o resultado final da pintura	17
Figura 2 - Eficiência de transferência de tinta para as diferentes tecnologias de aplicação de tinta	18
Figura 3 - Comparação do método convencional de pintura com o de pintura eletrostática	19
Figura 4 - Valores de eficiência de transferência para uma distância de 30 cm (esquerda) e 45 cm (direita)	20
Figura 5 - Representação de um <i>air cap</i>	21
Figura 6 - Efeito da posição do <i>air cap</i> sobre a forma do <i>Fan</i>	21
Figura 7 - Perfis de pintura para orientação da pistola a 0 graus (a) e a 25 graus (b) ...	22
Figura 8 - Influencia da viscosidade da tinta sobre o tamanho das partículas	23
Figura 9 - Exemplo do efeito da geometria da peça com a eficácia da pintura	25
Figura 10 - Peças selecionadas: a) Botão Rocker, b) Botão SK 25, c) Blenda SK 25 e d) Botão TL Knob.....	27
Figura 11 - Dimensões das peças selecionadas	28
Figura 12 - Suporte de pistola	29
Figura 13 - Aparelho de medição de espessura	30
Figura 14 - Aparência das peças com o revestimento metálico	30
Figura 15 - Grelha de Medições	31
Figura 16 - Esquema dos parâmetros selecionados	33
Figura 17 – Zonas de medição Botão SK 25	35
Figura 18 - Resultados da Distância da Pistola Botão SK 25.....	36
Figura 19 - Resultados do Ângulo da Pistola Botão SK 25	37
Figura 20 - Resultados do <i>Fan</i> Botão SK 25.....	38
Figura 21 - Resultados da Atomização Botão SK 25	39
Figura 22 - Zonas de medição Blenda SK 25.....	40
Figura 23 - Resultados da Distância da Pistola Blenda SK 25.....	40
Figura 24 - Resultados do Ângulo da Pistola Blenda SK 25.....	42
Figura 25 - Resultados do <i>Fan</i> Blenda SK 25	43
Figura 26 - Resultados da Atomização Blenda SK 25	44

Figura 27 - Zonas de medição Rocker.....	45
Figura 28 - Resultados da Distância da Pistola Rocker.....	46
Figura 29 - Resultados do Ângulo da Pistola Rocker.....	47
Figura 30 - Resultados do <i>Fan</i> Rocker.....	48
Figura 31 - Resultados da Atomização Rocker.....	49
Figura 32 - Zonas de medição TL Knob.....	49
Figura 33 - Resultados da Distância da Pistola TL Knob.....	50
Figura 34 - Resultados do Ângulo da Pistola TL Knob.....	51
Figura 35 - Resultados do <i>Fan</i> TL Knob.....	52
Figura 36 - Resultados da Atomização TL Knob.....	52
Figura 37 - Resultados 3D da Condição 1.....	54
Figura 38 - Resultados 3D da Condição 2.....	55
Figura 39 - Resultados 3D da Condição 3.....	56
Figura 40 - Resultados 3D da Condição 4.....	57
Figura 41 - Resultados 3D da Condição 5.....	59
Figura 42 - Resultados 3D da Condição 6.....	60
Figura 43 - Resultados 3D da Condição 7.....	61
Figura 44 - Resultados 3D da Condição 8.....	62
Figura 45 - Resultados 3D da Condição 10.....	63
Figura 46 - Resultados 3D da Condição 11.....	65
Figura 47 - Resultados 3D da Condição 12.....	66
Figura 48 - Resultados 3D da Condição 13.....	67

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Condições de pintura.....	32
Tabela 2 - Características da tinta.....	33

1. INTRODUÇÃO

O processo de pintura não possui uma metodologia exata mas, no entanto, existem algumas diretrizes que são tidas como guias para que o processo seja estável. Devido às suas características, a pintura de peças plásticas é realizada em passos para melhorar a adesão e qualidade. Os passos são: pré-tratamento, pintura e cura [1].

O pré-tratamento é o primeiro passo a realizar para se obter uma boa pintura e caracteriza-se por ser um processo de transição entre a produção e a pintura. O seu objetivo prende-se com a preparação do substrato para ser pintado através da eliminação de qualquer tipo de contaminação, com o intuito de promover a adesão da tinta à peça [2].

A pintura refere-se ao processo efetivo em que uma quantidade de tinta estipulada é “disparada” em direção à peça de modo a cobri-la totalmente. Dependendo das características desejadas, a pintura pode ser de monocamada, se for aplicado apenas primário, bicamada, com o acréscimo da tinta de acabamento, ou tricamada, se for finalizada com um verniz [3].

A cura refere-se ao processo de “secagem” da tinta, em que é retirada a matéria volátil da tinta molhada. O objetivo é que ocorra a reticulação da tinta para que se forme o filme final com as propriedades estipuladas [4]. Dependendo da tecnologia e/ou da tinta utilizada, o processo pode acontecer com ou sem adição de calor. A cura pode acontecer pelo ar, por convecção térmica do ar, por infravermelho ou então por UV [5].

O aspeto mais importante da pintura está associado ao rigoroso controlo a que obriga, pois a sua viabilidade exige que não ocorra defeitos nas peças, o que acontece em grande medida devido a contaminações do local de trabalho, através de poeiras, sujidade e demais.

Para evitar estes problemas é necessário que o espaço dedicado à pintura seja o mais controlado possível e também que o pré-tratamento seja eficiente. Daqui advém o grande investimento necessário para implementação da pintura, o que tem levado à exploração desta área por parte de cada vez mais pessoas, com o intuito de otimizar o processo através do aumento da eficiência pela eliminação de desperdícios frequentes

no processo, como excesso de tinta utilizada ou a diminuição do tempo necessário para pintura de uma peça.

Um dos assuntos que tem sido alvo de maior estudo é a espessura do filme de tinta sobre as peças. No geral, o objetivo tem incidido sobre o caminho para a obtenção de uma camada de tinta distribuída uniformemente e, para este efeito, os trabalhos realizados têm-se debruçado sobre a relação dos parâmetros de pintura com a espessura e como prevê-la [6].

Mais recentemente, tem ganho popularidade o recurso a *softwares* CAD [7] para verificação das relações estimadas, no entanto estes não garantem ainda uma previsão precisa do fenómeno da pintura, daí que a realização deste tipo de estudos ganha uma especial relevância.

1.1.Objetivos

Esta dissertação tem como principal objetivo estudar o efeito das condições de pintura na variação da espessura da tinta em peças de geometria simples. Para o efeito é necessário a realização de uma seleção de peças que sirvam de referência às peças produzidas pela Delphi e, de seguida:

- Determinar os parâmetros com maior influência sobre a espessura da tinta
- Realizar ensaios com os parâmetros determinados anteriormente e analisar os resultados obtidos.

O uso de geometrias simples vai ajudar a determinar condições *standard* de pintura e definir quais os parâmetros mais importantes na distribuição da espessura da tinta. A informação obtida neste estudo vai ajudar na definição das condições de pintura de novas peças produzidas na Delphi conferindo, simultaneamente, maior rapidez na resolução de problemas que possam estar associados à distribuição da espessura.

Outro dos objetivos deste trabalho será o de definir a relação entre a espessura da tinta no topo e a zona lateral nos botões de autorrádio.

1.2. Organização da Dissertação

A dissertação está organizada em 6 capítulos. O presente capítulo pretende fazer uma breve introdução à pintura de plásticos, considerando os principais passos para a realização desta. Também apresenta o enquadramento do trabalho, revelando as dificuldades associadas ao processo, que justificam a realização deste trabalho, assim como os objetivos propostos.

O segundo capítulo refere-se ao estado da arte em que é revista a bibliografia relevante para o tema, em especial sobre os parâmetros mais influentes sobre a espessura.

O capítulo 3 é onde são descritos os ensaios e as metodologias a utilizar para a realização dos mesmos. É aqui que surge a definição das condições de pintura.

No quarto capítulo são apresentados os resultados dos ensaios e a sua análise.

No quinto capítulo é apresentada a conclusão da dissertação e sugeridos alguns temas para a realização de trabalhos futuros, conferindo especial ênfase a algumas limitações do projeto e, os quais, podem ser tidas como pontos de partida.

2. ESTADO DA ARTE

2.1. Introdução

A pintura de plásticos é um processo que se caracteriza pelo elevado número de variáveis que tem associado. Para a obtenção de uma pintura com qualidade é necessário ter um conhecimento profundo do processo de pintura e a interligação dos parâmetros, incluído a peça e a tinta, o que confere uma certa dificuldade a esta técnica de acabamento só ultrapassável com alguma sensibilidade adquirida pela experiência.

Como se pode verificar na Figura 1, o resultado final da pintura é influenciado por vários intervenientes, demonstrado a dificuldade de aplicação e controlo deste processo.

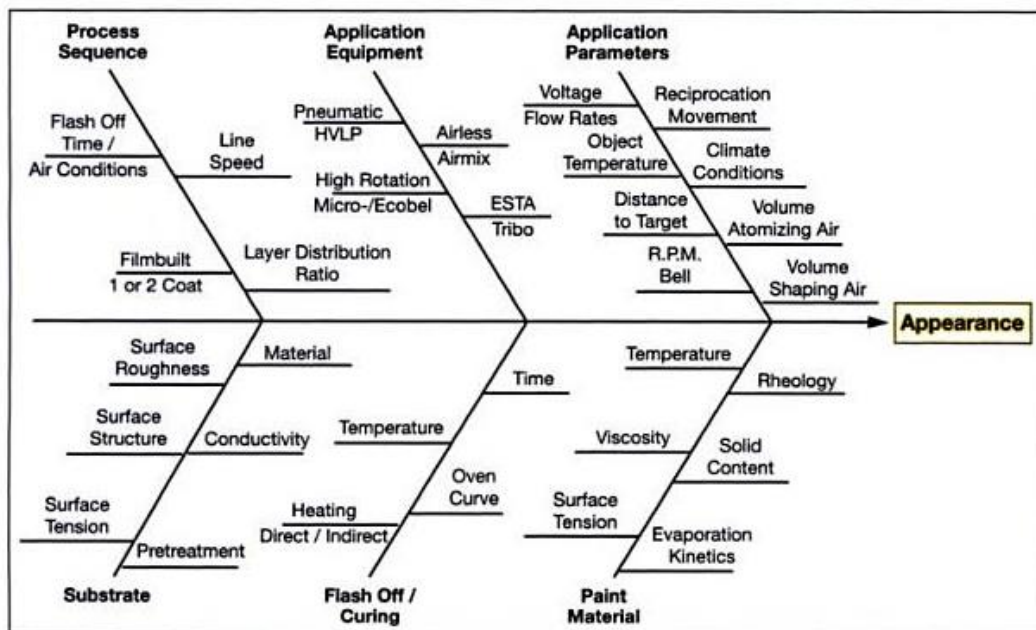


Figura 1 – Vários fatores que afetam o resultado final da pintura [8]

A obtenção de uma espessura uniforme de tinta tem sido alvo de vários estudos, com o intuito de determinar qual é o método mais eficaz para este propósito.

A norma ASTM D823 define que, para o revestimento de pulverização automática, a espessura é controlada pela velocidade de deslocamento da pistola ou do painel, a taxa de fornecimento de tinta, a viscosidade desta e a quantidade de matéria não-volátil no fluido [9]. Pham *et. al* [10] acrescenta ainda o tamanho e geometria da

peça, a distância da pistola ao substrato, a eficiência da transferência e a pressão de pulverização. Posto isto, existem três grandes variáveis que vão influenciar a espessura do filme sendo eles: Técnica de aplicação, peça e tinta.

2.2. Técnica de Aplicação

A técnica utilizada para a pintura representa um papel determinante nas características do processo. O ponto mais importante na distinção entre os vários tipos de aplicação da tinta está centrado na eficiência de transferência de tinta. Esta resume-se à relação entre a quantidade de tinta que sai da pistola e a que efetivamente se deposita na peça [11]. A Figura 2 compara as eficácias de alguns tipos de aplicação de tinta.

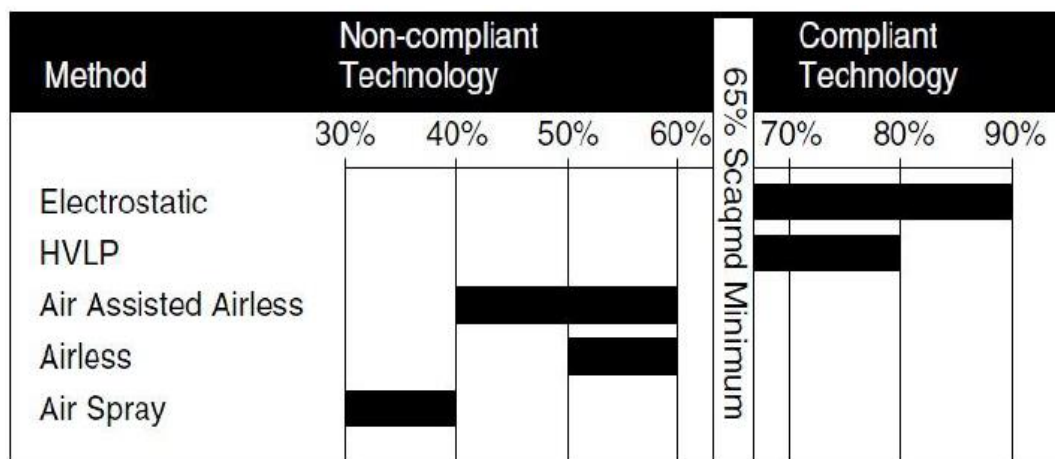


Figura 2 - Eficiência de transferência de tinta para as diferentes tecnologias de aplicação de tinta [12]

Este indicador é extremamente relevante uma vez que uma maior eficácia resulta numa menor quantidade de tinta necessária para pintar uma mesma peça e minimizado o *overspray* (quantidade de tinta que ressalta da peça durante a pintura).

O método convencional de pintura, *air spray*, baseia-se na atomização das partículas de tinta através da combinação desta com ar comprimido. Esta forma de pintar confere um bom revestimento do substrato mas, no entanto, o ricochete da tinta na peça, o *overspray* que causa e o desperdício de tinta são problemas que fazem com que não haja uma espessura uniforme ao longo de toda a peça. Existe um processo semelhante a este, mas com a utilização de força hidráulica, *airless spray*, que permite uma pressão superior sobre a tinta em comparação com a exercida com ar, o que leva a um aumento da eficiência de transferência, devido a uma atomização mais refinada e melhor fluidez do material, porém os outros problemas continuam a manter-se [8]

O HVLP é um modo de pintar que possui um funcionamento semelhante ao do método convencional, contudo a atomização do fluido é realizada em altos volumes e a baixas pressões. O sistema aqui em questão é dimensionado de forma que as pressões utilizadas sejam baixas, para diminuir/eliminar os problemas associados à utilização de altas pressões. Para este efeito, os *air caps* aqui utilizados possuem orifícios de maior diâmetro que os normais [13].

Finalmente, a pintura electrostática, que das já abordadas é a que possui uma maior eficiência, consiste no carregamento das partículas da tinta através de um campo elétrico com uma voltagem entre 2000 e 10000 Volts e é “disparada” contra uma peça também ela carregada. Isto serve para que a tinta, carregada negativamente, seja atraída pela carga positiva do substrato, revestindo-o, como está demonstrado na Figura 3. A alta qualidade da pintura que confere, até para peças de geometrias com maior complexidade, é uma das grandes vantagens deste método, porém o seu elevado custo leva algumas empresas a optar por métodos menos dispendiosos apesar de menos eficazes [4,5].

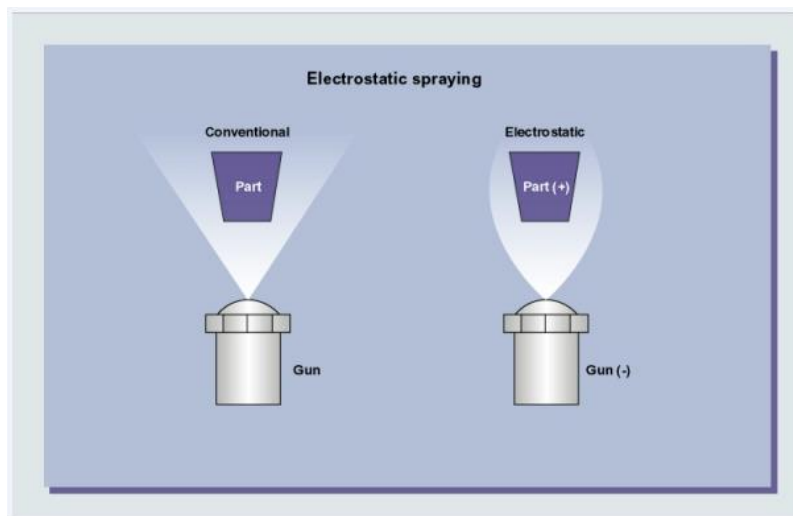


Figura 3 - Comparação do método convencional de pintura com o de pintura eletrostática [14]

A nível dos parâmetros associados ao equipamento utilizado na pintura convencional de plásticos pode-se destacar o ângulo e distância da pistola e a pressão/velocidade que o sistema pode exercer.

A distância da pistola influencia a quantidade de tinta que vai atingir a peça.

Para que se obtenha as propriedades desejadas é necessário que a pistola esteja a uma distância que permita uma cobertura uniforme ao longo do substrato, de forma a evitar excesso de tinta ou secagem precoce desta. A melhor forma de determinar a distância é durante a pintura em que a experiência do operador permitirá definir qual a distância que melhor se aplica à geometria da peça em questão [15]

A atomização é um fator que tem grande influência sobre esta variável. Heraldo define “O processo de atomização é aquele no qual um jato líquido ou uma folha de líquido ou ainda um filme líquido é desintegrado pela energia cinética do próprio líquido ou pela exposição a uma corrente de ar ou gás de alta velocidade ou ainda como resultado de energia mecânica externa aplicada através de dispositivos rotativos ou vibratórios” [16].

A velocidade de saída da tinta influencia o tamanho das gotículas que formam o *spray*. Para uma maior velocidade, menor será a dimensão média das gotículas, o que leva a um aproximação da pistola para evitar uma secagem precoce da tinta e/ou dispersão desta no trajeto. Da mesma forma, para velocidades mais pequenas a tendência será de afastar a pistola.

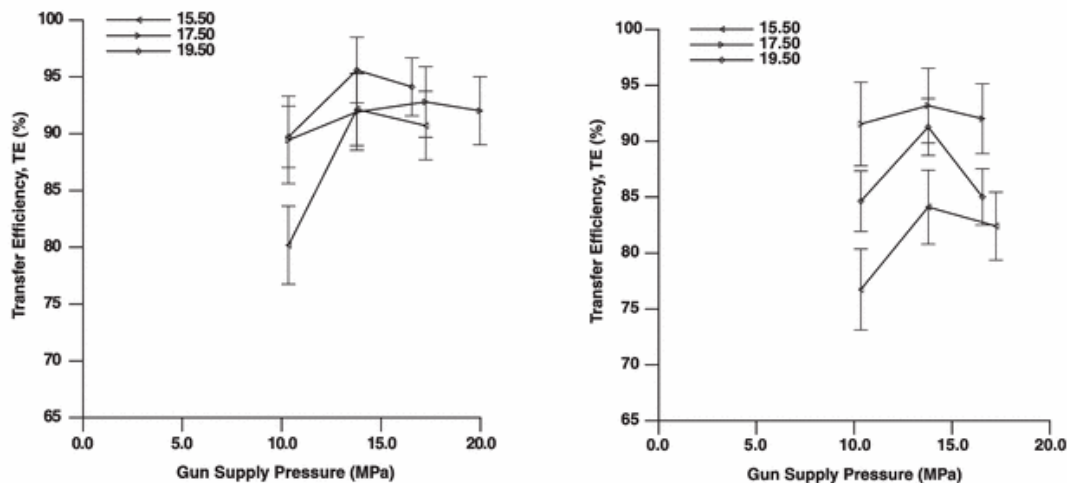


Figura 4 - Valores de eficiência de transferência para uma distância de 30 cm (esquerda) e 45 cm (direita) [17]

Na Figura 4 pode-se observar a relação da distância com a eficiência de transferência, em que para as mesmas pressões exercidas pelas pistolas, verifica-se uma maior eficiência de transferência para a distância de 30 cm face a de 45. Na prática, a consistência do processo é prejudicado devido ao maior *overspray* observando-se uma maior oscilação de espessuras ao longo da superfície da peça.

A capacidade do sistema de pintura é importante para a uniformização da espessura da tinta, uma vez que é o responsável pelo fornecimento do ar em condições de pressão adequadas para a atomização e para o fluido, através de um compressor. Deste modo é indispensável que a regulação do ar e tinta dispensados sejam ajustados à peça, em especial à sua geometria, e aos outros parâmetros do processo de pintura [18].

O *Fan* é o parâmetro que está intrinsicamente ligado a estes aspetos. Este é representado pelo leque que é formado à saída da pistola pela tinta e a sua largura e forma são controladas pela pressão que o sistema exerce, aumentando a sua área para maiores pressões, mas o efeito desta sobre a dimensão das gotículas da tinta é mínima [19]. O *air cap*, representado na Figura 5, normalmente é utilizado para conferir uma forma elíptica ao *fan*, que doutra forma seria circular, que se adequa melhor à maior parte das peças. A Figura 6 demonstra o efeito da posição do *air cap* sobre a forma do *Fan*.

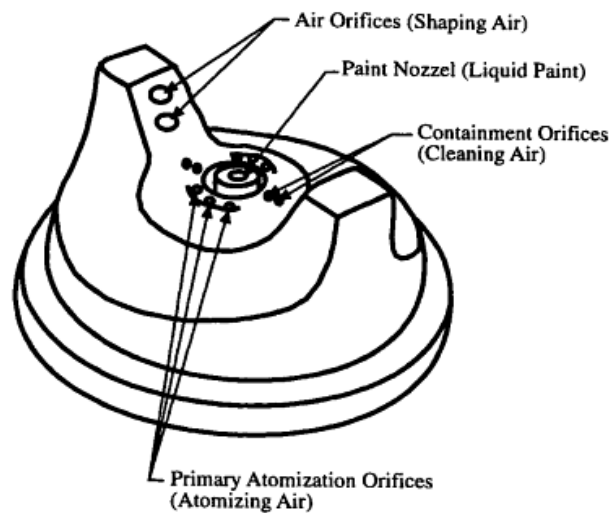


Figura 5 - Representação de um *air cap* [20]

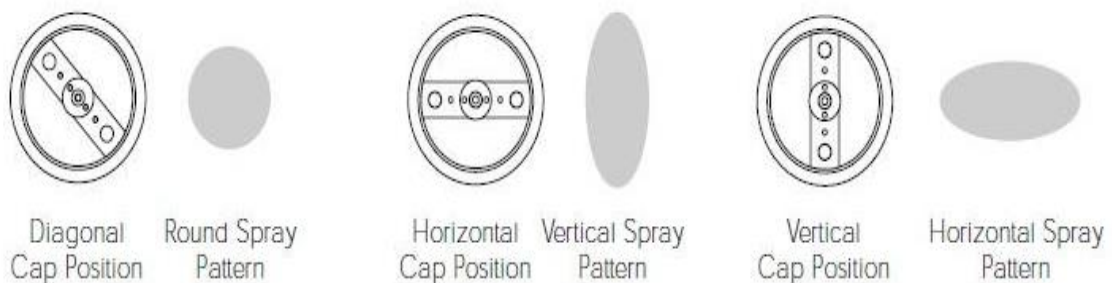


Figura 6 - Efeito da posição do *air cap* sobre a forma do *Fan* [5]

O ângulo da pistola é um parâmetro que vai influenciar a distribuição de tinta sobre a superfície da peça. A Figura 7 mostra o efeito da alteração do ângulo na distribuição do fluido e como este parâmetro influencia determinantemente a espessura do filme de tinta.

A conclusão a retirar é que a uniformidade da espessura da camada de tinta, em dois planos, só é conseguida pelo ajustamento da posição da pistola de maneira a balancear a quantidade de tinta.

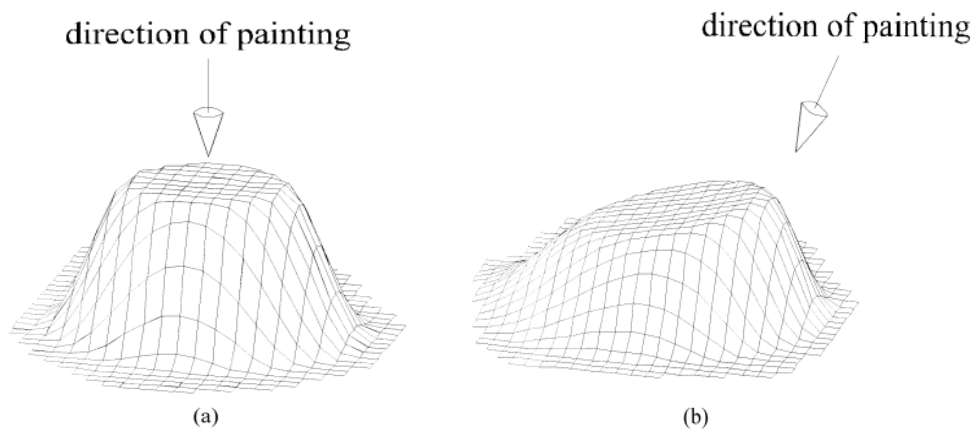


Figura 7 - Perfis de pintura para orientação da pistola a 0 graus (a) e a 25 graus (b) [21]

2.3.Tinta

A tinta utilizada é o ponto mais importante da pintura de plásticos, pois dependendo da sua composição, vai influenciar todo o processo e condicionar o ajuste dos parâmetros.

São 4 os principais constituintes de uma tinta: a resina, os aditivos, os pigmentos e o solvente.

- A resina é responsável por ligar os componentes e promover adesão ao substrato;
- Os aditivos são utilizados para alterar as propriedades do fluido;
- Os pigmentos conferem opacidade e cor.
- Os solventes servem como meio para a dispersão dos outros constituintes [22].

As tintas utilizadas podem ser à base de solvente ou água, sendo que a primeira promove uma maior adesão e, consoante os seus componentes, pode ser classificada de 1K ou 2K. Isto, assim como a forma como são misturadas, também vão influenciar a viscosidade e, conseqüentemente, a espessura final da camada de tinta [5].

Os componentes utilizados para o processo de pintura, tais como mangueiras, filtros, entre outros, são um fator determinante para o processo de pintura. Desde logo é necessário garantir a inexistência de sujidade para evitar a ocorrência de defeitos. Deve ser efetuada uma filtragem minuciosa à tinta, em vários pontos, para eliminar qualquer possível contaminação que possa ter ocorrido durante o percurso.

A viscosidade da tinta é uma das variáveis mais relevantes, existindo um consenso na comunidade científica e profissional em considerar esta variável como a principal característica da tinta no processo de pintura [9,10]. Um dos efeitos mais visíveis e associados à viscosidade está relacionado com a atomização (Figura 8). Os materiais mais viscosos irão provocar uma dimensão média das partículas superior à das partículas para materiais com menor viscosidade [23].

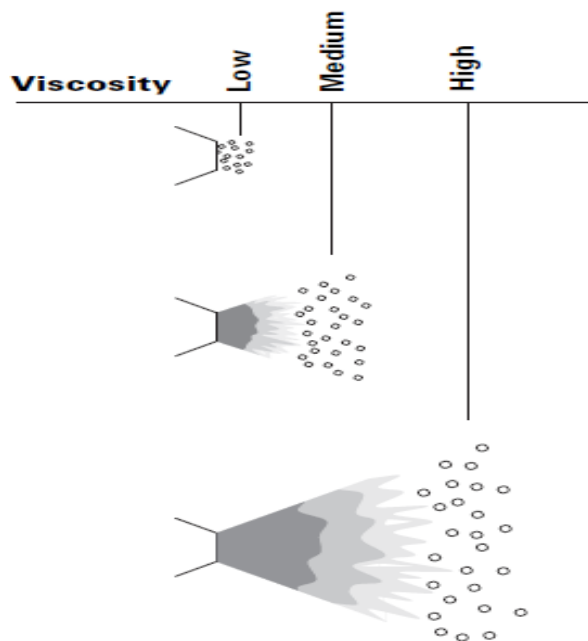


Figura 8 - Influencia da viscosidade da tinta sobre o tamanho das partículas [24]

A viscosidade pode ser diminuída com o aumento da temperatura ou da taxa de corte. A adição de solventes pode ser utilizada para o mesmo efeito, mas sem que comprometa a tinta recomendando-se a utilização de um viscosímetro para determinar as quantidades certas [25]. Assim, o fluxo, a temperatura, ou a formulação da tinta são

aspectos essenciais para o controlo deste parâmetro e, conseqüentemente, do processo [4,26,27]

2.4.Peça

A peça a pintar também representa um importante papel na pintura dos plásticos. O material de que é constituída, a sua geometria e tamanho são apenas algumas das características que podem influenciar o processo positiva ou negativamente.

A adesão é uma variável significativa para se obter uma pintura eficaz, pois garante que o fluido se “agarre” ao substrato, o que reduz alguns problemas como o *overspray* ou o aparecimento de defeitos. A sua funcionalidade consiste na interação que possui com o substrato, porque a adesão está ligada a tensões superficiais entre o fluido e a peça, que devem ser da mesma ordem de grandeza para se obter um bom revestimento. Existem métodos para melhorar esta ligação, como a aplicação de primários ou promotores de adesão, que têm como intuito balancear as forças entre os dois [14].

A maior parte da sujidade existente na superfície da peça está ligada à eletricidade estática que advém do processo de injeção, e dos seus componentes, daí que a melhor forma de contrariar este fenómeno seja soprar ar ionizado, através de uma pistola, de forma a neutralizar as cargas existente na peça e, simultaneamente, retirar o pó do substrato Para uma remoção mais eficaz, em especial das partículas com menor dimensão, é usual a utilização de fibras de animais ou sintéticas, manualmente.

Existem outros sistemas que têm ganho importância nesta indústria, pois garantem uma maior eficácia, mas são mais dispendiosos e requerem instrumentos especializados. Dentro destes, existem 3 que se destacam.

O tratamento com chama é um sistema que consiste na passagem de uma chama, alimentada a gás, a poucos centímetros da superfície da peça, com uma baixa velocidade. [2,28]. Tem-se revelado um procedimento eficaz para peças com geometrias simples, mas revela algumas dificuldades, em relação à adesão da tinta, quando aplicado a peças de complexa geometria.

O pré-tratamento com plasma a baixas pressões é usualmente utilizado em peças com geometrias diversas, mas, em especial, com alguma ou muita complexidade, daí que seja o complemento ao método de chama. O procedimento é semelhante, mas neste caso utiliza-se um plasma criado por um comprimento de onda de alta frequência, que difere consoante os fornecedores. [4].

O pré-tratamento corona é realizado através de dois eléctrodos, a alta voltagem e frequência, que se move sobre o substrato a uma distância de 1 a 2 mm, ativando a superfície através de oxidação e formação de ozono [5].

A nível de influência na espessura final da tinta destaca-se a forma da peça, tanto a nível de geometria como de tamanho.

A Figura 9 mostra o efeito da presença de um “entalhe” na peça na distribuição da espessura da tinta, sendo visível a maior dificuldade em preencher as zonas mais fundas dos cantos, provocando a presença de vazios.

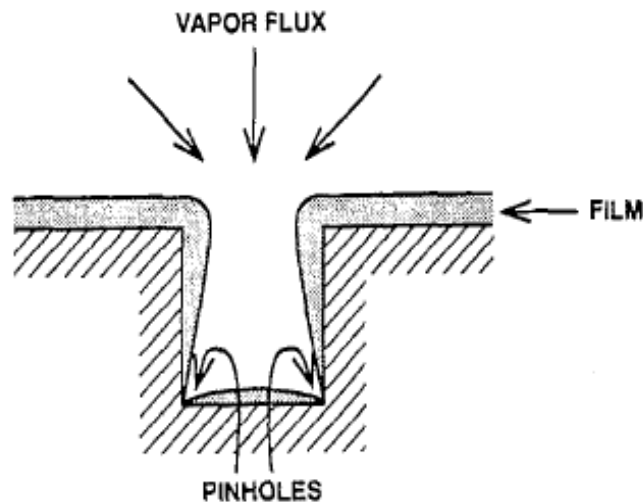


Figura 9 - Exemplo do efeito da geometria da peça com a eficácia da pintura [13]

Este tema tem sido especialmente investigado para os casos da pintura automática com auxílio de robot. A necessidade de garantir a espessura especificada de tinta em conjunto com a uniformidade desta ao longo do substrato, tem-se revelado um grande desafio nem sempre alcançado com sucesso [29,30].

3. TRABALHO EXPERIMENTAL

O trabalho experimental divide-se nas seguintes etapas:

- Seleção das peças
- Determinação dos parâmetros mais influentes
- Pintura
- Medição da espessura

3.1. Peças selecionadas

A seleção das peças para este trabalho tinha como propósito serem representativas das geometrias produzidas pela empresa. Posto isto, houve um estudo de todas as peças do repertório da Delphi e optou-se pelas apresentadas na Figura 10.



a)



b)



c)



d)

Figura 10 - Peças selecionadas: a) Botão Rocker, b) Botão SK 25, c) Blenda SK 25 e d) Botão TL Knob

Uma vez que não foi possível a obtenção dos desenhos técnicos das peças foi esquematizado na Figura 11 as principais dimensões dos substratos.

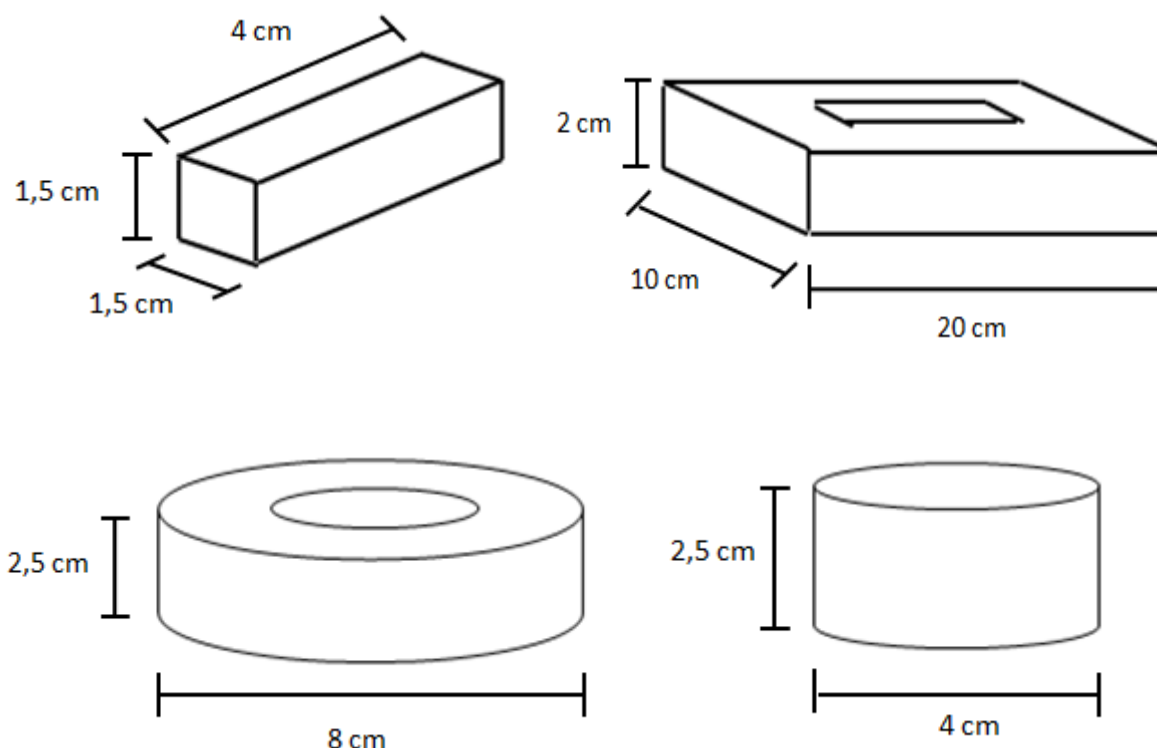


Figura 11 - Dimensões das peças selecionadas

Uma vez que são produzidas peças para autorrádio, os critérios utilizados para a seleção foram de uma blenda que serve como referência geométrica de todas as blendas produzidas pela Delphi, assim como botão SK25 foi para representar os botões com forma retangular. Os restantes substratos são representativos da geometria circular, sendo que a diferença entre eles refere-se ao buraco que o Rocker possui.

Os materiais constituintes do botão e blenda SK 25 é um PC/ABS de referência *Bayblend T65 XF black*, enquanto o botão TL Knob é uma peça bimaterial constituída por um PC que permite difusão de luz de grade *Lexan FXD 123R Grey* e outro PC preto *Makrolon 2805 black*. Por último, o botão Rocker também tem por base um PC mas de grade *Makrolon 2407*.

3.2. Equipamento utilizado

O local da realização da pintura foi numa sala com ambiente controlado, denominada *White Room*, na qual estão duas máquinas de pintura, sendo que a máquina

utilizada foi uma *Sprimag S-333* (Anexo A), que funciona com o sistema HVLP. Nesta, o braço que segura as pistolas movimenta-se no eixo X, enquanto o braço que suporta a rede desloca-se no eixo Y e possui movimento de rotação. Podem ser inseridas duas pistolas, mas neste caso só uma foi utilizada, pois o objetivo seria estudar a influência da alteração dos parâmetros sobre a espessura da tinta, assim como do número de demãos sobre o substrato, o que não seria possível com a colocação de duas pistolas.

Como demonstra a Figura 12, a posição da pistola pode ser alterada a nível de rotação (1), ângulo (2), distância lateral (3) e altura (4).

A cura da tinta foi efetuada através de convecção térmica, em estufas, a uma temperatura de 80 °C durante 30 minutos.



Figura 12 - Suporte de pistola

3.2.1. Medição de Espessura

A medição da espessura da camada de tinta final foi realizada através de um micrómetro intitulado *Positector 6000*, como está exemplificado na Figura 13. Este possui um íman na ponta de uma “caneta”, a qual se posiciona diretamente na tinta e o valor da espessura é determinado através da força atrativa entre a base metálica e o íman. Para uma maior camada menor é a força e vice-versa.

Este aparelho só permite efetuar medições em metal, daí que, previamente a pintura das peças, seja efetuado um revestimento de uma superfície metálica de forma a garantir que a espessura é a ideal para o substrato que se deseja pintar.



Figura 13 - Aparelho de medição de espessura

Este método de medição acarreta a necessidade de se utilizar uma base metálica para se obter os resultados e, visto que as peças selecionadas para o estudo são de plásticos, foi necessário revesti-las de um componente metálico, como demonstra a Figura 14.

O revestimento das peças foi efetuado com o intuito de reproduzir a geometria original destas. Desta forma, as condições de pintura e os valores obtidos, retratam as da forma original das peças.

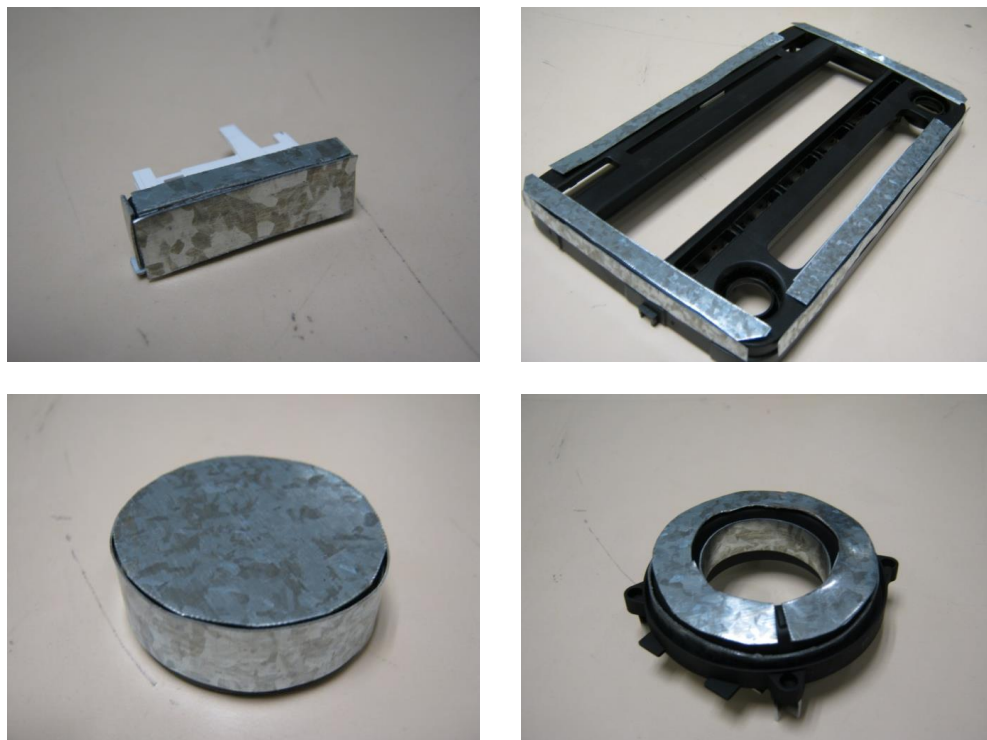


Figura 14 - Aparência das peças com o revestimento metálico

Previamente às pinturas realizadas houve uma limpeza, tanto para as peças como para as numa zona de carregamento exterior à *White Room*, numa primeira fase, com um pano isento de fibras, embebido em álcool isopropílico, com o objetivo de retirar sujidade que possa estar presente. Seguidamente, os substratos foram transportados para o local final da pintura e, aqui, foi direcionado ar ionizado sobre os mesmos para remover a possível carga estática que possa ter surgido durante o processo

Numa outra fase foi efetuado um ensaio em que se pretende estudar a influência das diferentes passagens da pistola sobre a espessura e a uniformidade desta. Para o efeito foram pintadas chapas com a dimensão de 10x10 cm com as mesmas condições estabelecidas anteriormente, mas com uma, duas e quatro demãos da pistola sobre o substrato.

O estudo foi realizado através da divisão da chapa em secções de 2x2 cm, resultando em 25 secções de medição por cada chapa pintada, como está representado na Figura 15

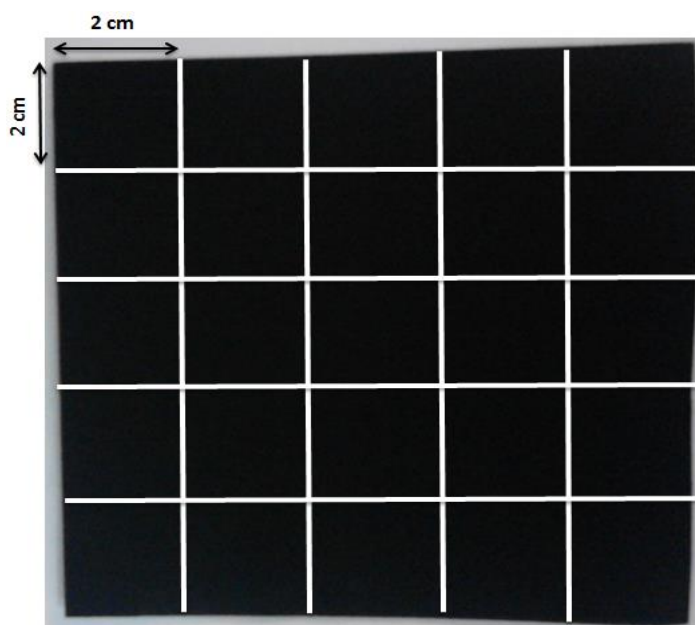


Figura 15 - Grelha de Medições

3.3. Condições de pintura

A seleção dos parâmetros mais influentes sobre a espessura final da tinta era para ser efetuada através de ensaios em que se via a influência de cada um sobre o valor da espessura. No entanto, face ao tempo disponível e ao grande número de parâmetros envolvidos no processo de pintura, não foi possível a realização destes, sendo que,

através da pesquisa bibliográfica efetuada e com o auxílio do orientador, foi determinado que os parâmetros a estudar seriam a distância e ângulo da pistola, o *Fan* e a atomização da tinta.

Assim, foram 13 condições de pintura estabelecidas apresentadas na Tabela 1, que resultaram da variação dos valores para cada parâmetro estudado até às condições limite dos mesmos.

Tabela 1 - Condições de pintura

	Dist. Pistola	Ang. Pistola	Fan	Atomização
1	9	10	3,5	3,5
2	10	10	3,5	3,5
3	11	10	3,5	3,5
4	12	10	3,5	3,5
5	13	10	3,5	3,5
6	10	8	3,5	3,5
7	10	9	3,5	3,5
8	10	11	3,5	3,5
9	10	12	3,5	3,5
10	10	10	3	3,5
11	10	10	4	3,5
12	10	10	3,5	3
13	10	10	3,5	4

A distância da pistola é medida em centímetros, enquanto cada unidade do ângulo da pistola corresponde um ângulo de 22,5 graus, sendo o valor correspondente ao valor 8 apresentado na tabela de 0 graus, isto é, está numa posição vertical e o máximo valor apresentado, representado pelo valor 12, retrata a posição da pistola a 90 graus, numa posição horizontal. Quanto ao *Fan* e a atomização, ambas são medidas em bar, esperando-se, teoricamente, que para maiores valores de pressão exercida o tamanho das gotículas seja mais reduzido, não havendo uma forma concreta de determinar o tamanho real destas.

A Figura 16 serve para esquematizar os parâmetros definidos.

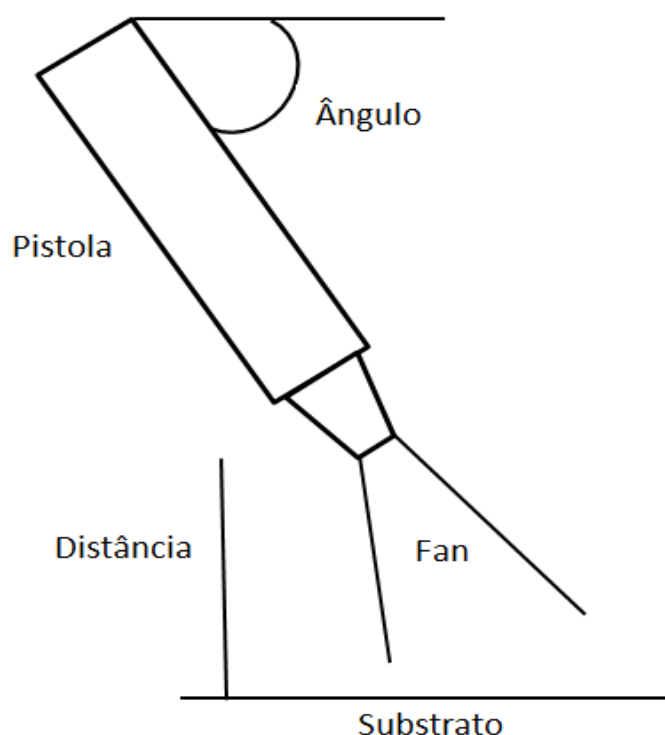


Figura 16 - Esquema dos parâmetros selecionados

A pintura das peças foi realizada com 4 demãos da pistola pelas mesmas e teve como volume de tinta dispensada, intitulado *flow*, de 104 cm^3 . Quanto ao outro estudo realizado, a primeira demão teve de *flow* 24 cm^3 , a segunda um acumulado de 52 cm^3 e o total das 4 demãos foi de 104 cm^3 , como aconteceu no ensaio anterior.

A tinta utilizada, em ambos os casos, foi uma *Techni-coat® 2-Pack-Basecoat for UV-Topcoat*, que possui como principais características as apresentadas na seguinte Tabela.

Tabela 2 - Características da tinta

Techni-coat® 2-Pack-Basecoat for UV-Topcoat

Cor	Preta
Densidade (20°C)	1,00-1,10 g/ml
Viscosidade na entrega	30-45 s em copo ISO de 6mm
Pressão da Pistola	2,5 – 3,5 bar (HP), > 4,5 bar (HVLP)
Método de aplicação	<i>Spray</i> alta pressão
Cura	Secagem em estufa (30-45 minutos a 70-80° C por fluxo de ar)
Espessura do filme	~ 10 – 25 μm
Consumo (teórico)	~ 300 – 400 m^2/kg a 1 μm de espessura de filme

4. RESULTADOS EXPERIMENTAIS E DISCUSSÃO

4.1. Resultados da pintura das peças

O critério de seleção das peças já foi referido neste trabalho mas um dos objetivos propostos era de estabelecer uma relação entre os diferentes planos dos substratos daí que as zonas estabelecidas para medição foram selecionadas com esse propósito.

Para cada uma das peças atrás apresentadas foram pintados 13 exemplos, um para cada condição determinada, o que resultou no revestimento de 52 peças.

4.1.1. Botão SK 25

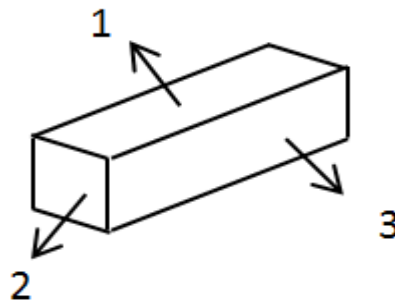
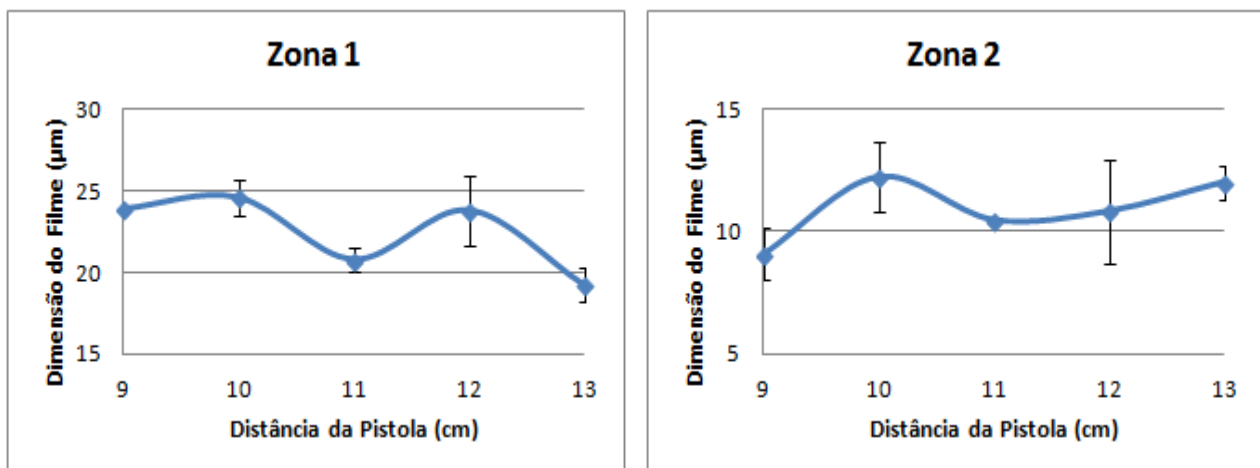


Figura 17 – Zonas de medição Botão SK 25

Os resultados obtidos na avaliação das condições atrás definidas sobre o Botão SK 25 são os seguintes:

- **Distância da Pistola**



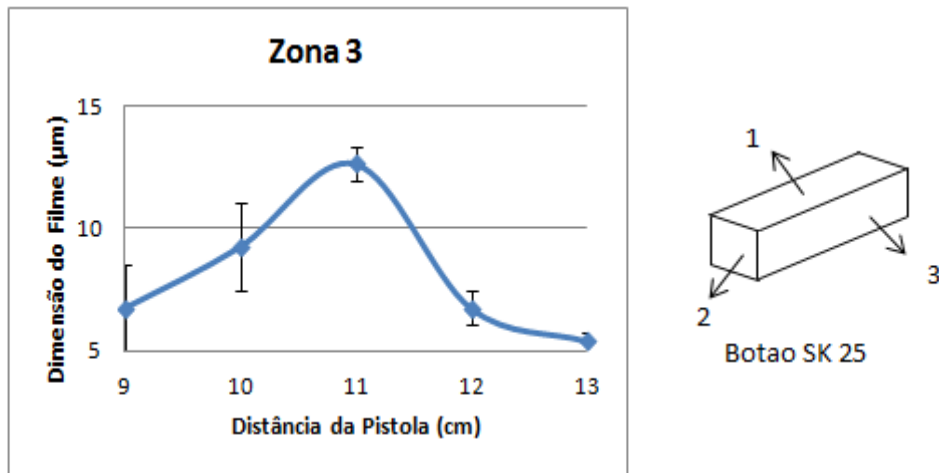
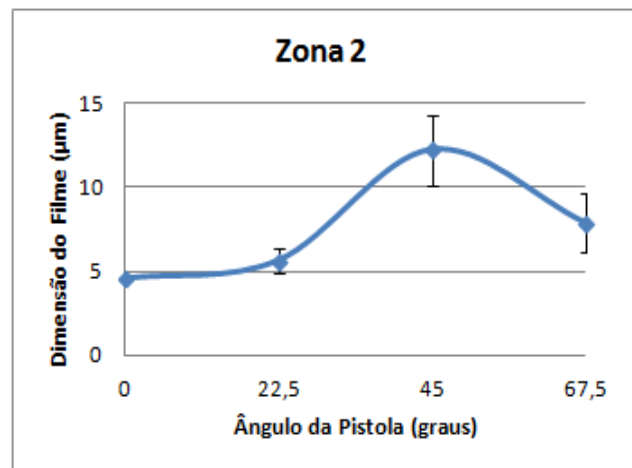
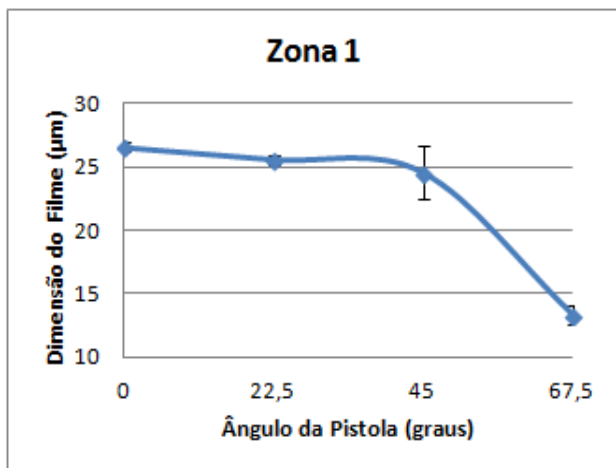


Figura 18 - Resultados da Distância da Pistola Botão SK 25

A análise dos gráficos aqui demonstrados na Figura 18 revela por um lado que a Zona 1 possui uma espessura superior às outras duas, o que era espectável, face a esta ser a zona que recebe a maior quantidade de tinta das três estudadas. Também se constata que os valores obtidos para as zonas 2 e 3 são de magnitude semelhante. Por outro lado verifica-se que tanto para a primeira e segunda zona existe uma maximização da espessura quando a pistola se encontra a 10 cm, enquanto para a zona 3 isto ocorre para o valor de 11 cm.

Está aqui retratado que a aproximação da pistola ao substrato não resulta em um aumento da espessura da tinta, contrariando assim a teoria apresentada anteriormente. O mesmo acontece para o afastamento da mesma, pois os valores mais elevados são obtidos para as distâncias intermédias.

- **Ângulo da pistola**



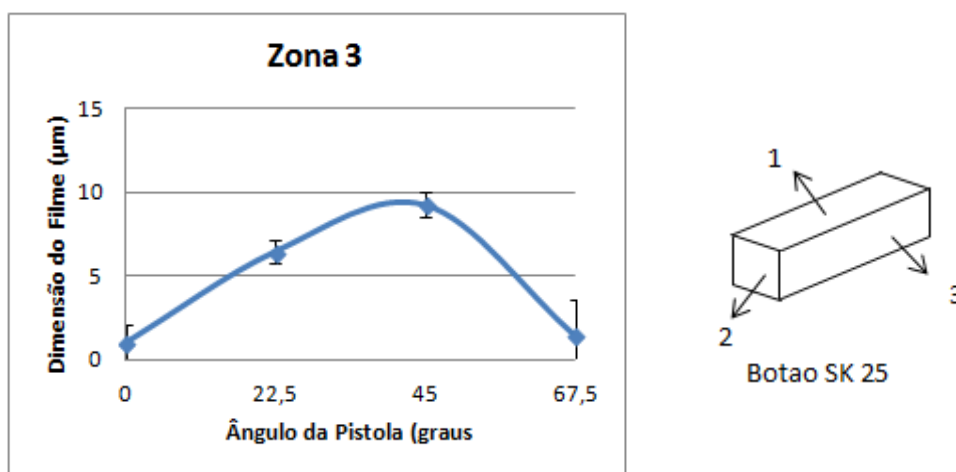


Figura 19 - Resultados do Ângulo da Pistola Botão SK 25

A colocação da pistola a 90 graus foi eliminada deste estudo, pois apenas havia vestígios da tinta sobre o substrato, os quais não tinham qualquer expressão para medição.

Os resultados apresentados na Figura 19 retratam o mesmo fenómeno que acontece para a distância da pistola, em que a primeira zona possui o maior valor em espessura da camada de tinta.

Como era previsível, para a Zona 1 o máximo valor de espessura ocorre para a posição da pistola a 0 graus, isto é, perpendicular ao substrato, havendo uma diminuição progressiva da espessura à medida que a pistola roda. Esta evolução tem um efeito contrário para as restantes zonas, uma vez que ocorre aumento da espessura até atingir o pico com a pistola a 45 graus.

Outra observação que se pode retirar e que, face às mesmas condições, a zona com maior superfície no plano vertical possui uma menor espessura em comparação com a de menor dimensão, o que revela que a concentração da tinta diminui com o aumento das superfícies.

Estranhamente, testemunha-se um elevado decréscimo da espessura nas zonas 2 e 3 para o ângulo de 67,5 graus, uma vez que era de esperar que estas zonas fossem favorecidas com esta disposição da pistola.

Assim, conclui-se que a condição mais favorável para a pintura do botão surge com a pistola a 45 graus.

- **Fan**

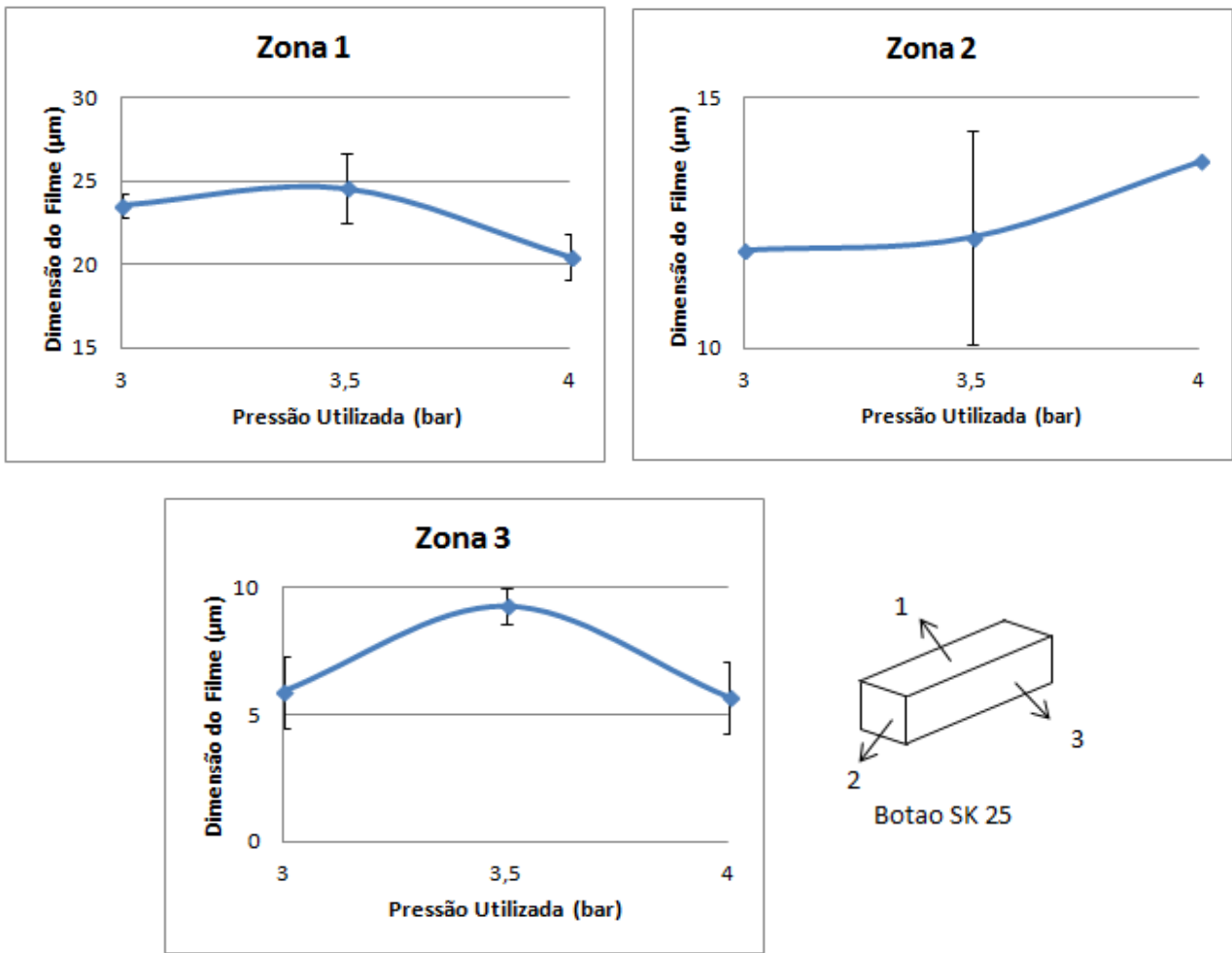


Figura 20 - Resultados do *Fan* Botão SK 25

A influência do *Fan* sobre a espessura da camada de tinta está representada na Figura 20 e verifica-se que a variação não é significativa para as 3 zonas estudadas tendo em conta os resultados obtidos para os parâmetros já apresentados, pois a máxima diferença acontece na zona 1 e nem atinge 5 μm .

Face aos resultados obtidos regista-se que o *Fan* não é um parâmetro com grande influência para a espessura na peça em questão.

- Atomização

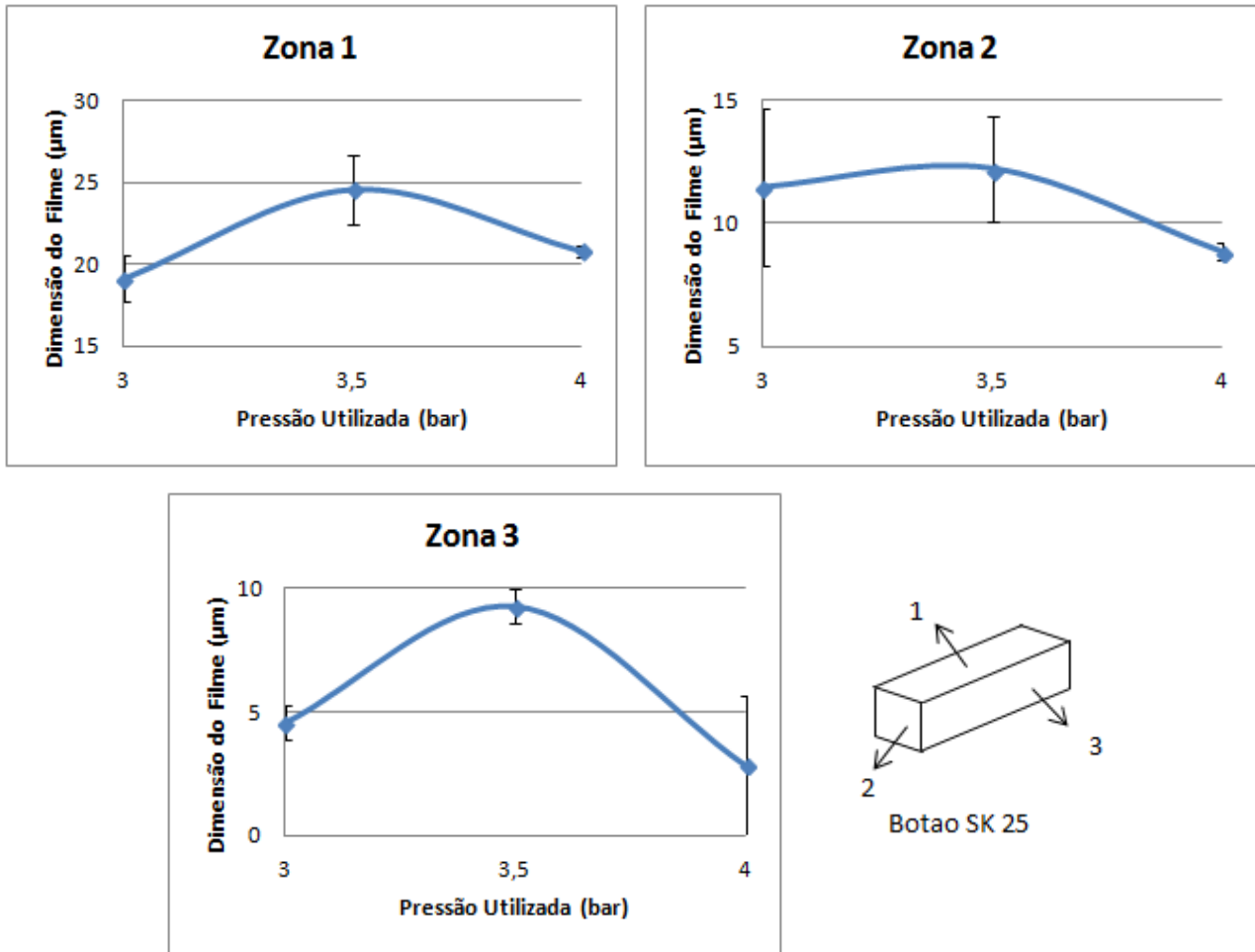


Figura 21 - Resultados da Atomização Botão SK 25

O comportamento parabólico da espessura da tinta com a alteração da atomização, demonstrado na Figura 21, vai de encontro com a teoria. Como se pode observar, os resultados máximos de espessura ocorrem para o valor de pressão intermédio, em toda a peça, o que é explicado pelo facto de a distância da pistola estar a 10 cm de altura em todo o estudo, altura que também é de posição média. Contudo, os desvios-padrão que surgem para as zonas 2 e 3 não permitem obter uma conclusão definitiva sobre este estudo.

Apesar da variação da espessura ser superior a do *Fan*, poderá se dizer que a importância da atomização na camada de tinta para o botão SK 25 está mais próxima desta do que a do ângulo e distância da pistola.

4.1.2. Blenda SK 25

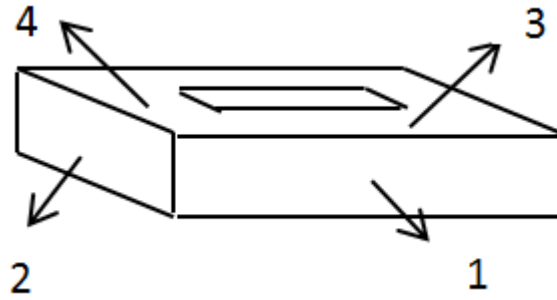


Figura 22 - Zonas de medição Blenda SK 25

A seguinte peça a ser estudada foi a blenda SK 25 e os resultados obtidos foram:

- **Distância da Pistola**

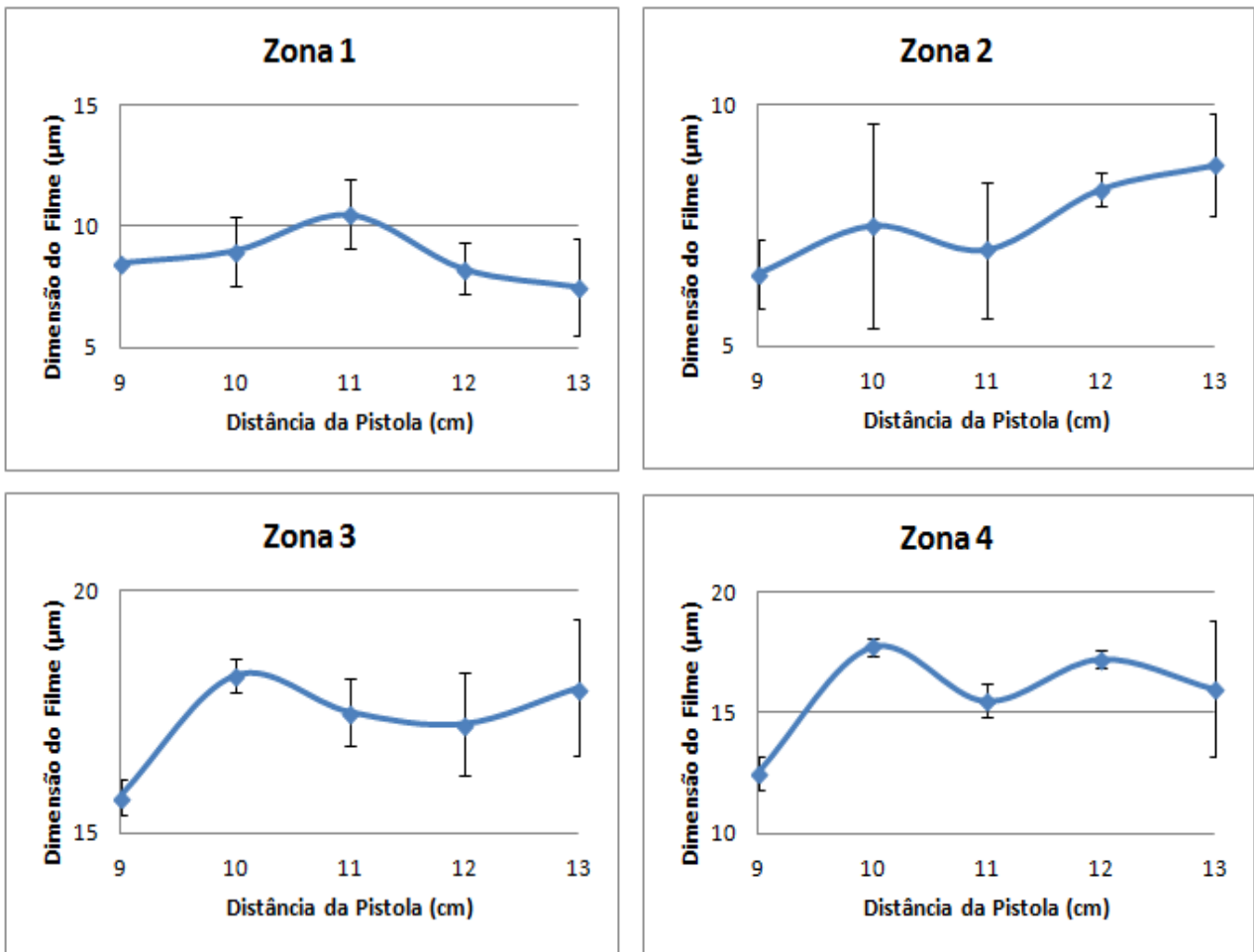


Figura 23 - Resultados da Distância da Pistola Blenda SK 25

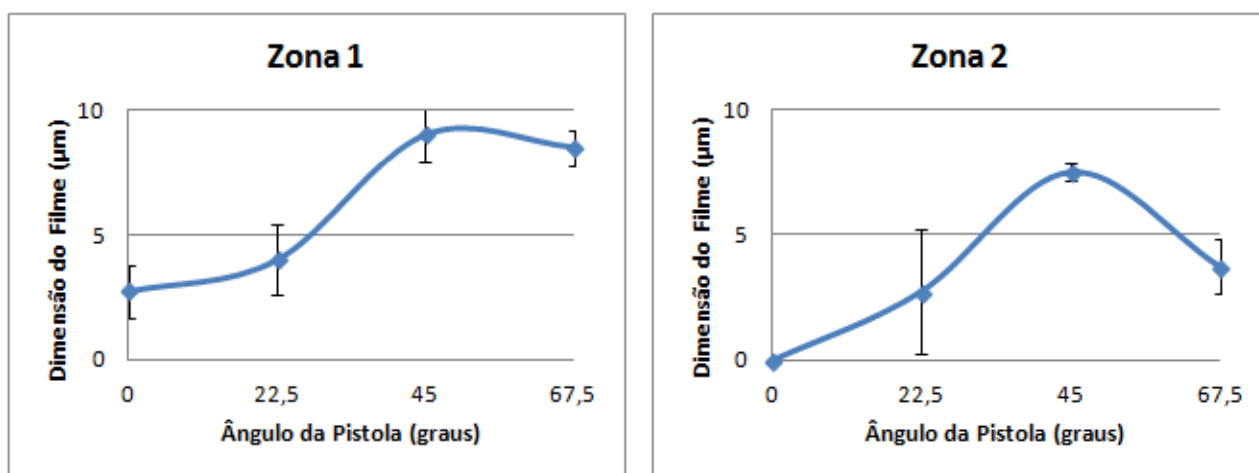
O efeito da variação da distância da pistola sobre a blenda SK 25 está apresentada na Figura 23 e o comportamento evidenciado pelas quatro zonas diferem.

A zona 1, em que o máximo é obtido para a distância de 11 cm, possui espessuras similares ao longo das diferentes distâncias, mas o facto de o desvio-padrão ser elevado para praticamente todos os resultados, retira alguma credibilidade a possíveis análises. O mesmo ocorre para a zona 2, apesar de aqui ser a 13 cm de altura que se verifica o valor mais alto da espessura. Em relação às restantes zonas, estas não apresentam grandes variações de espessura da camada de tinta para todo o estudo.

Quanto à relação entre os diferentes planos testemunha-se que os menores valores obtidos surgiram para as superfícies com menor dimensão, tal como aconteceu na peça anterior, corroborando as conclusões estabelecidas.

Os resultados obtidos no estudo da distância da pistola permitem também concluir que, para substratos de forma retangular, as superfícies com maior dimensão tendem a revelar menor espessura,

- **Ângulo da Pistola**



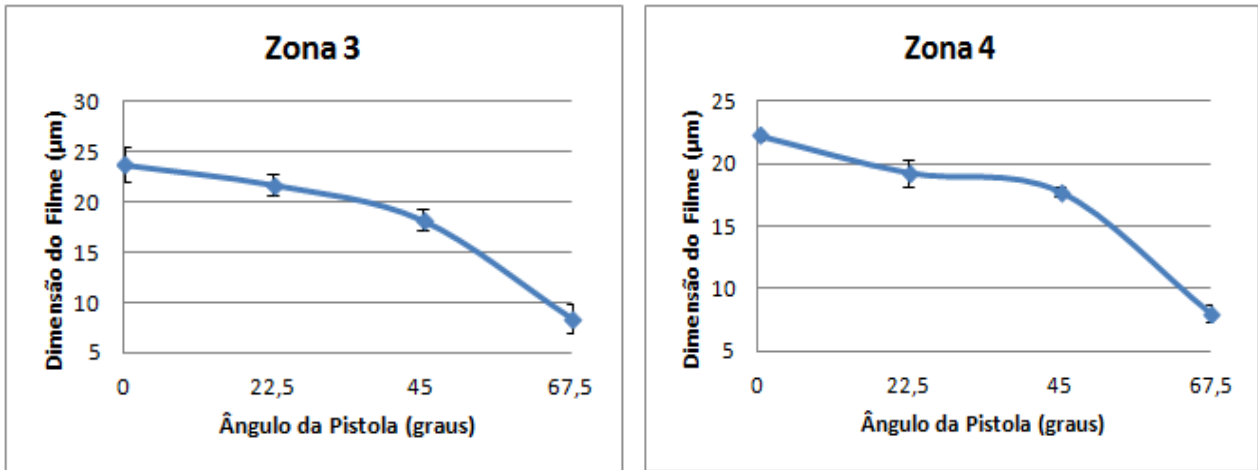
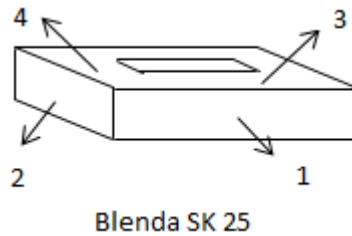


Figura 24 - Resultados do Ângulo da Pistola Blenda SK 25



A Figura 24 revela a evolução da espessura da tinta sobre a blenda SK 25 e, apesar de as dimensões desta serem consideravelmente superiores aos do botão SK 25, verifica-se que a relação entre as zonas dos diferentes planos possui um comportamento semelhante.

Uma vez mais regista-se que o pico da espessura surge para a face que está no topo do substrato, neste caso a zona 3 e 4, para o ângulo de 0 graus. As restantes zonas medidas também registam um aumento de espessura ao longo do estudo até atingirem o máximo para 45 graus, demonstrando que nas peças de geometria retangular a colocação da pistola a 67,5 graus é excessiva, como se pode ver pelos baixos valores obtidos em toda a superfície.

- **Fan**

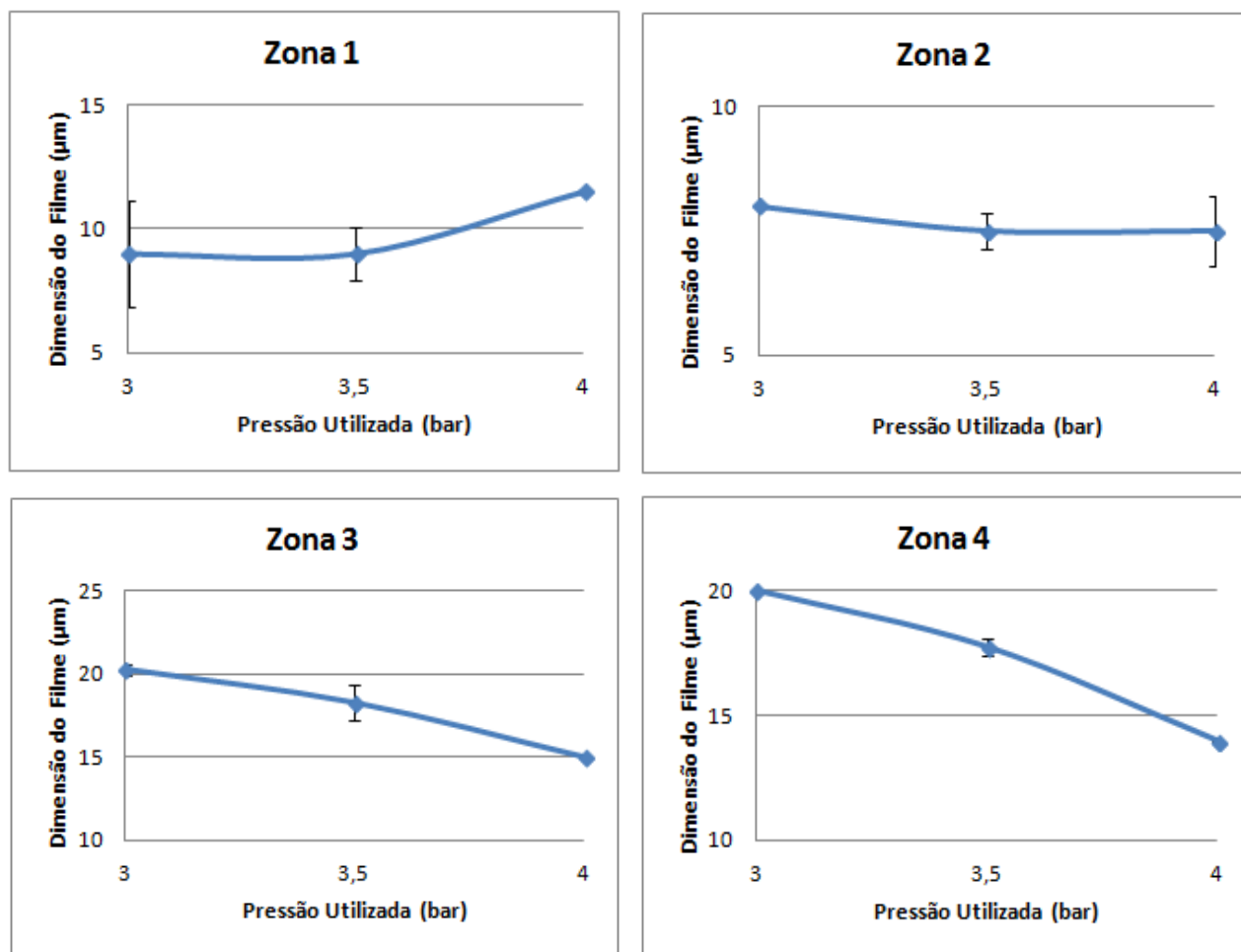
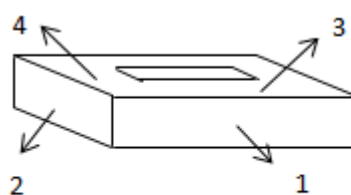


Figura 25 - Resultados do *Fan* Blenda SK 25



Blenda SK 25

A dimensão do leque da tinta dispensada altera a espessura da tinta para a blenda SK 25 como está patenteado na Figura 25.

Para as zonas 1 e 2 a diferença entre as espessuras para as três pressões testadas não é significativa, apesar de os resultados obtidos para primeira serem ligeiramente superiores aos da segunda. Porém, ao contrário do que aconteceu no caso anterior, foi para o valor mais baixo de *Fan* que se registou os filmes de maior dimensão, ocorrendo

um decréscimo deste para as restantes pressões. Isto revela que a concentração de tinta potencia a espessura para peças de maior dimensão.

Os resultados com menor expressão verificados para as zonas do plano horizontal revelam que as perdas neste caso são bastante superiores às do botão SK 25.

- **Atomização**

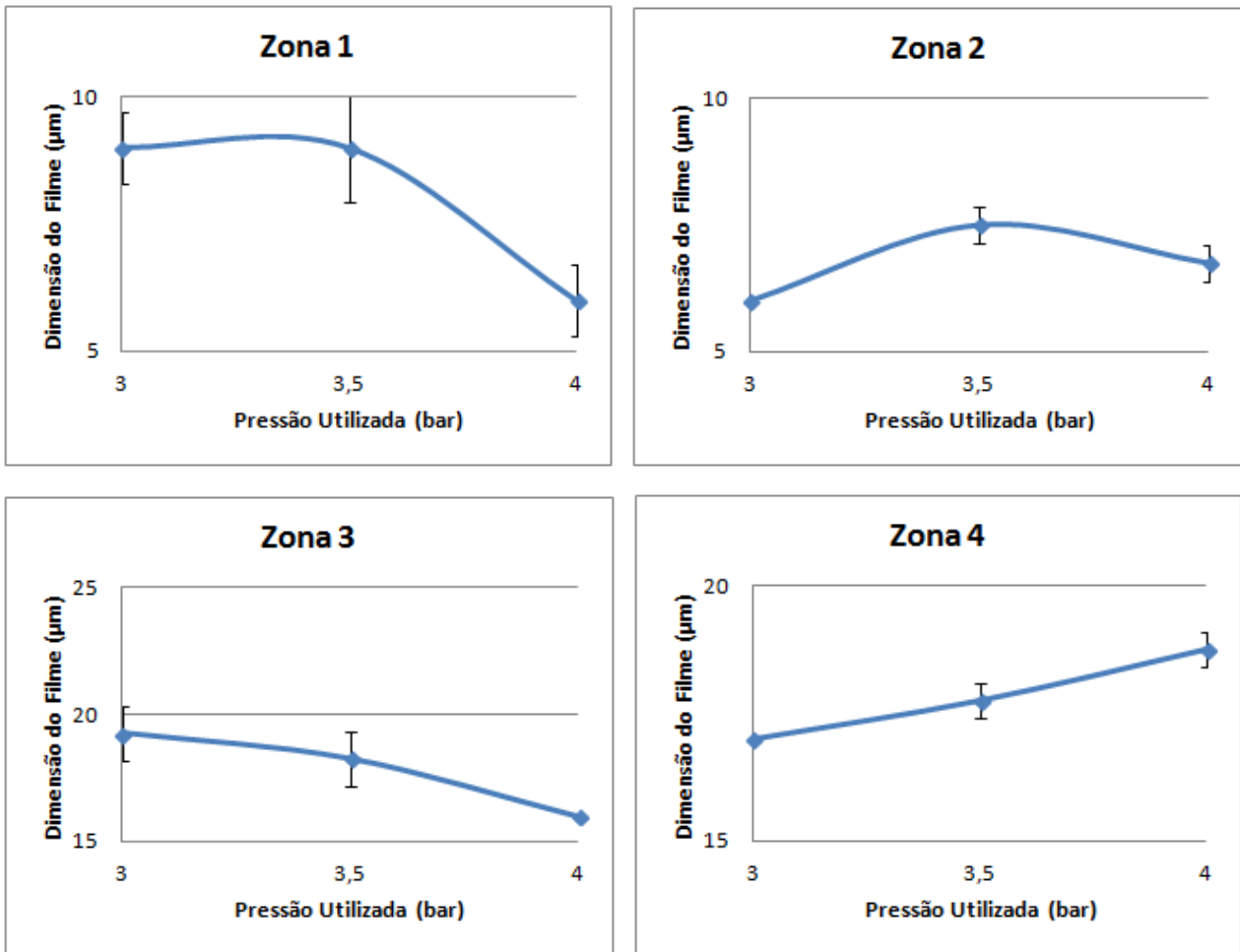
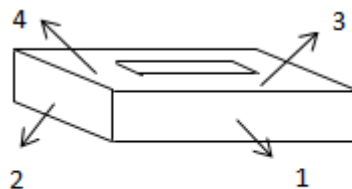


Figura 26 - Resultados da Atomização Blenda SK 25



Blenda SK 25

A Figura 26 revela que a atomização foi o parâmetro que menor influência teve sobre a espessura dos quatro testados. Este facto encontra-se patenteado na terceira e quarta zona, em que a diferença entre a maior e menor espessura não atinge os 5 μm . Teoricamente, estas seriam as que demonstrariam uma maior discrepância de valores.

No entanto, é de salientar a diferença de comportamento entre a zona 3 e a zona 4, em que para a primeira regista-se uma diminuição de espessura para uma menor dimensão das gotículas de tinta, fruto da maior pressão exercida, enquanto, estranhamente, a segunda evolui de forma contrária, uma vez que ambas estão na mesma superfície e daí que era espectável que revelassem a mesma evolução ao longo do estudo.

4.1.3. Rocker

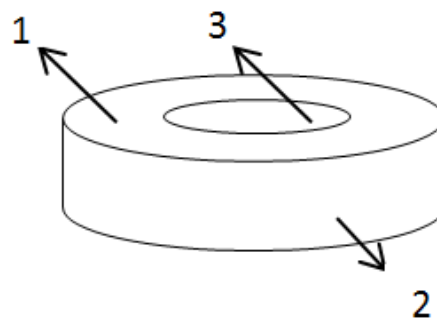
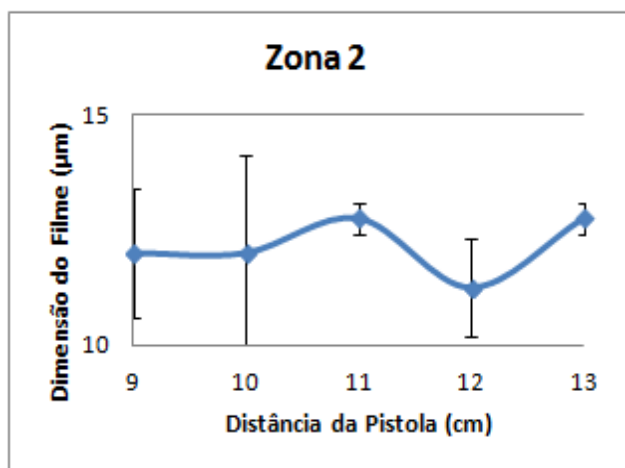
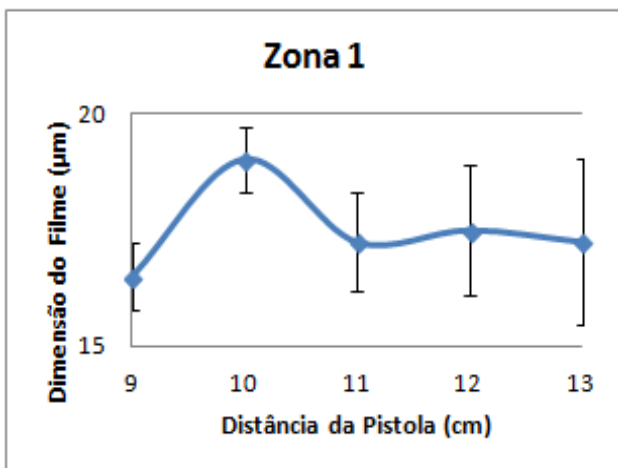


Figura 27 - Zonas de medição Rocker

O estudo sobre a importância dos 4 parâmetros determinados na camada final de tinta do Rocker está demonstrado nos seguintes resultados:

- **Distância da Pistola**



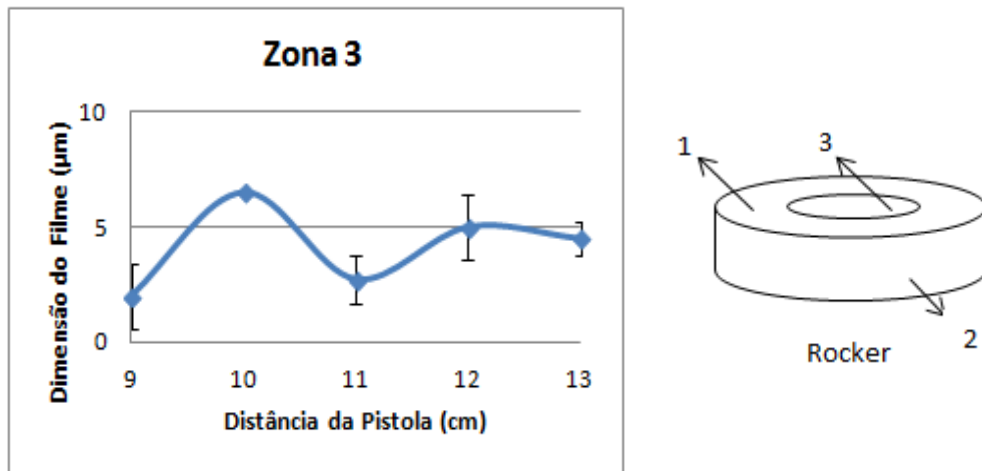


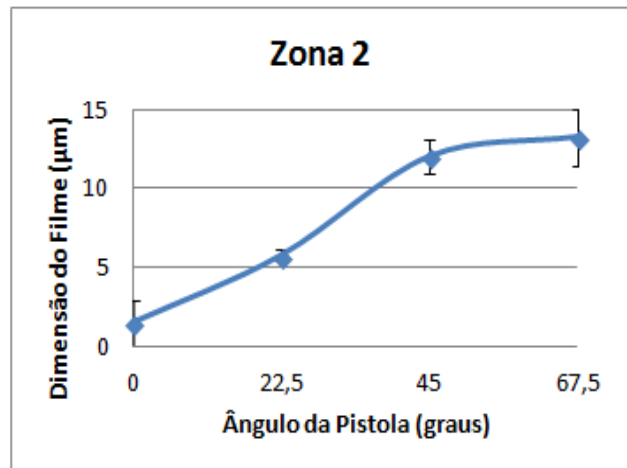
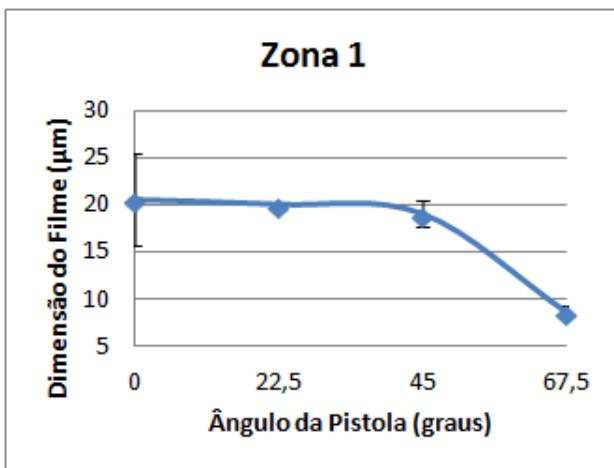
Figura 28 - Resultados da Distância da Pistola Rocker

O caso aqui exemplificado pela Figura 28 demonstra que, para a primeira zona, os resultados para as diferentes distâncias são de magnitude similar ocorrendo um ligeiro ascendente para a colocação da pistola a 10 cm.

Para a Zona 2 os filmes com valor superior surgem para 11 e 13 cm, apesar da proximidade entre as espessuras registadas. A Zona 3 é a que maior variação evidencia verificando-se um claro máximo para a segunda distância testada.

A distância da pistola não influenciou a espessura com a mesma magnitude do que nas outras peças já estudadas, pois os resultados obtidos, juntamente com os desvios-padrão associados aos mesmos, evidenciam uma perda de importância neste estudo face aos outros casos apresentados anteriormente.

- **Ângulo da Pistola**



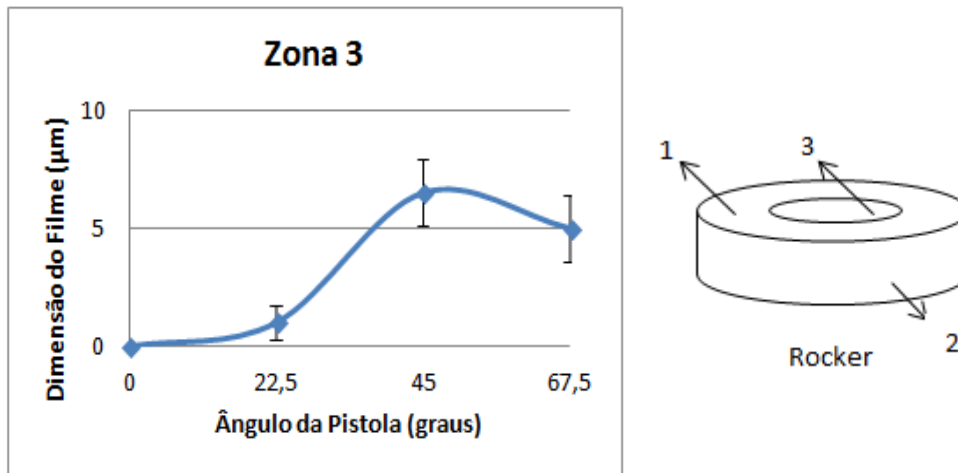


Figura 29 - Resultados do Ângulo da Pistola Rocker

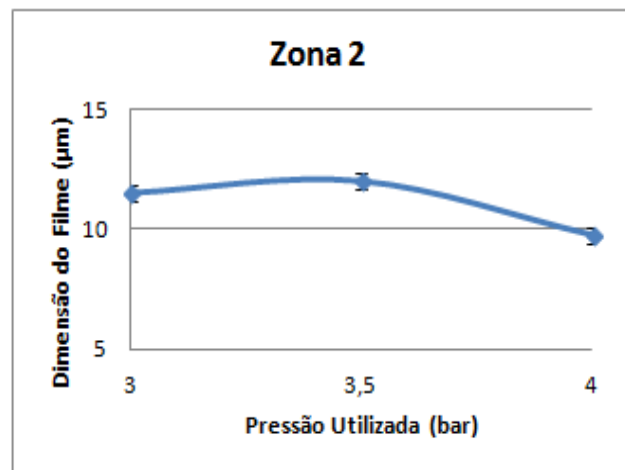
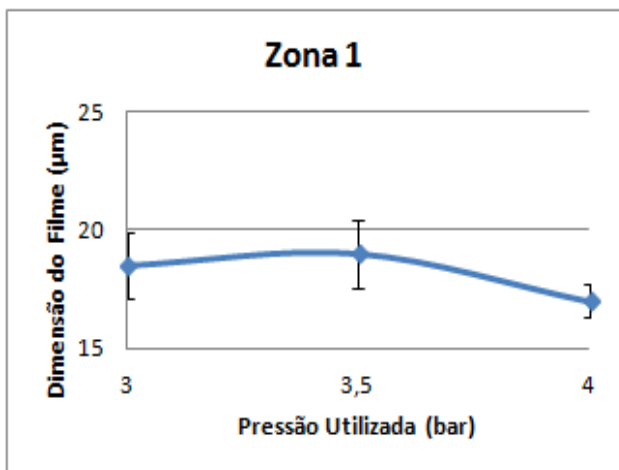
A influência do ângulo da pistola sobre a espessura, patenteada na Figura 29, vem de encontro aos resultados obtidos anteriormente, apesar da geometria circular.

Como tem sido norma, a espessura vai decrescendo na face horizontal com a rotação da pistola, enquanto as restantes zonas evoluem favoravelmente, apesar de para a zona 3 ocorrer um decréscimo para o ângulo de 67,5 graus.

Um aspeto a destacar é o baixo valor de espessura obtido para a pistola a 0 graus, na Zona 1, pois a previsão era que esta fosse superior face aos valores obtidos para as outras peças testadas.

Face aos resultados obtidos verifica-se que o ângulo que permite um cobrimento eficaz de toda a peça é de 45 graus.

- **Fan**



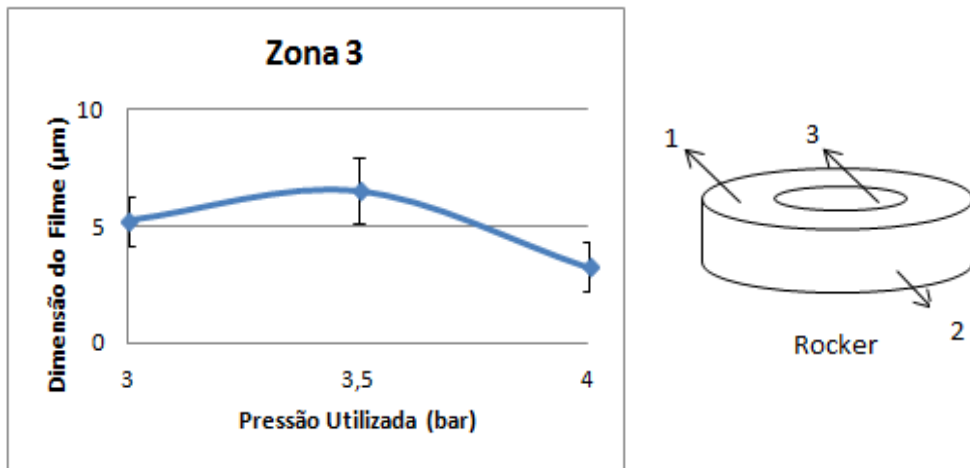
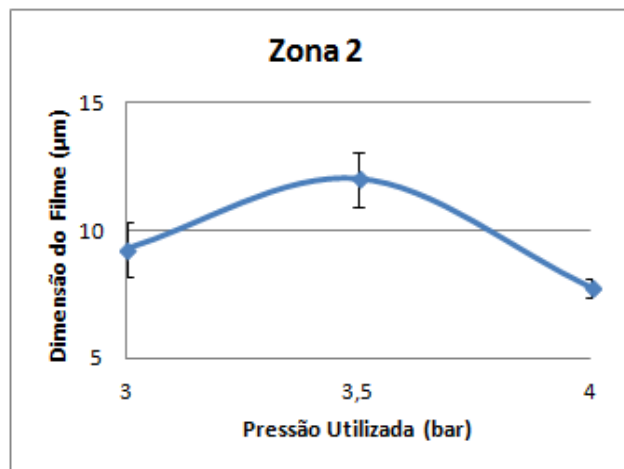
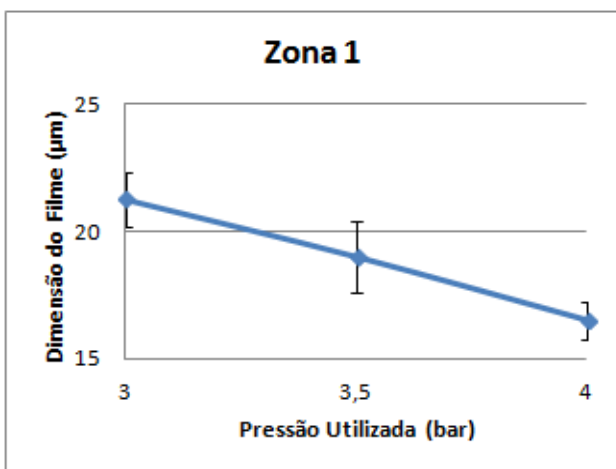


Figura 30 - Resultados do *Fan Rocker*

Os gráficos obtidos no estudo do *Fan* para a peça Rocker estão representados na Figura 30. Estes vão de encontro com o comportamento evidenciado para os outros substratos, o que revela que, em relação a este parâmetro, a geometria da peça não é significativa. Novamente, o intervalo da espessura para os leques estudados não é de grande magnitude, apesar de as maiores espessuras surgirem para as pressões intermédias em toda a peça.

As conclusões a retirar do efeito deste parâmetro sobre a pintura do Rocker não são concretos, pois, como se pode observar, os desvios-padrão obtidos são elevadas, o que revela uma instabilidade da espessura nas zonas medidas.

- **Atomização**



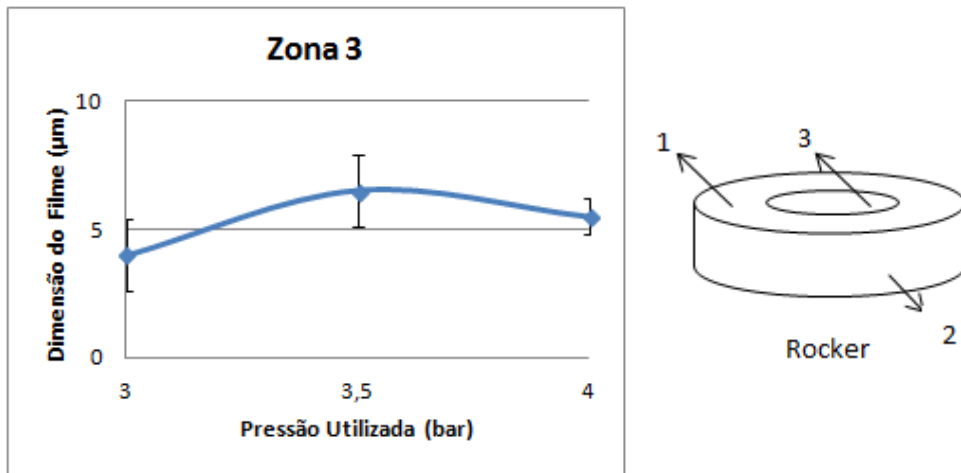


Figura 31 - Resultados da Atomização Rocker

A análise da influência da atomização, para este caso, está patenteada na Figura acima.

Para as Zonas 2 e 3 observa-se o pico da espessura para a pressão de 3,5 bar, apesar de nesta última o baixo valor do filme não permite uma análise precisa.

A evolução na Zona 1 revela que uma menor atomização potencia um aumento da espessura para peças deste tipo e, também, que esta, por possuir uma maior espessura face as outras superfícies, corrobora a teoria de que para uma mesma distância da pistola, as gotículas de maior tamanho provocam uma camada de tinta com maior dimensão.

4.1.4. TL Knob

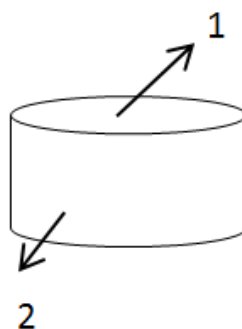


Figura 32 - Zonas de medição TL Knob

O TL Knob foi o último estudo a ser realizado e teve como resultados:

- Distância da Pistola

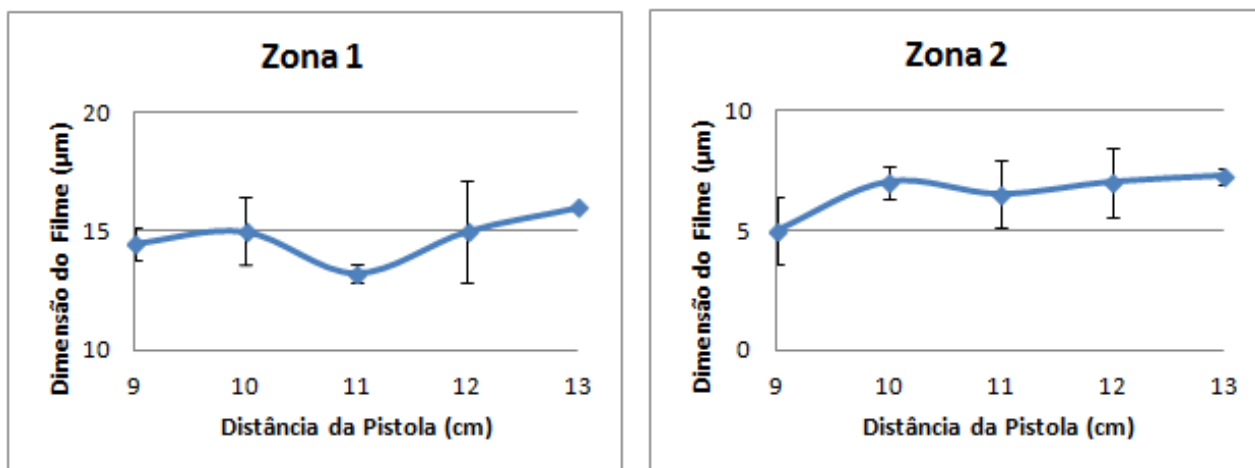
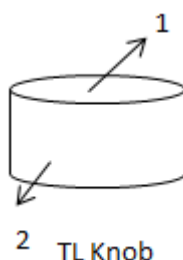


Figura 33 - Resultados da Distância da Pistola TL Knob



Este substrato foi o que menos zonas teve estudadas e não se justificava de outra forma face à sua geometria.

Em relação aos resultados obtidos na Figura 33 é de salientar o baixo valor de espessura para toda a peça, comportamento que não era previsto, pois comparado com o Rocker, que possui sensivelmente as mesmas dimensões, regista-se um ligeiro abaixamento geral deste ponto, fenómeno que ganha maiores proporções quando se compara com as peças de geometria retangular.

Outra observação pertinente que se pode retirar é a curta diferença entre o máximo e o mínimo valor da camada de tinta para Zona 1 que, em conjunto com o estudo do mesmo parâmetro na peça anterior, revela que a influência da distância da pistola sobre substratos de geometria circular não é tao significativa como para as retangulares.

Contrariamente ao que vem sendo registado, o filme com menor dimensão, para a primeira zona, aconteceu para o ponto intermédio e o máximo surgiu para a altura de 13 cm.

- **Ângulo da pistola**

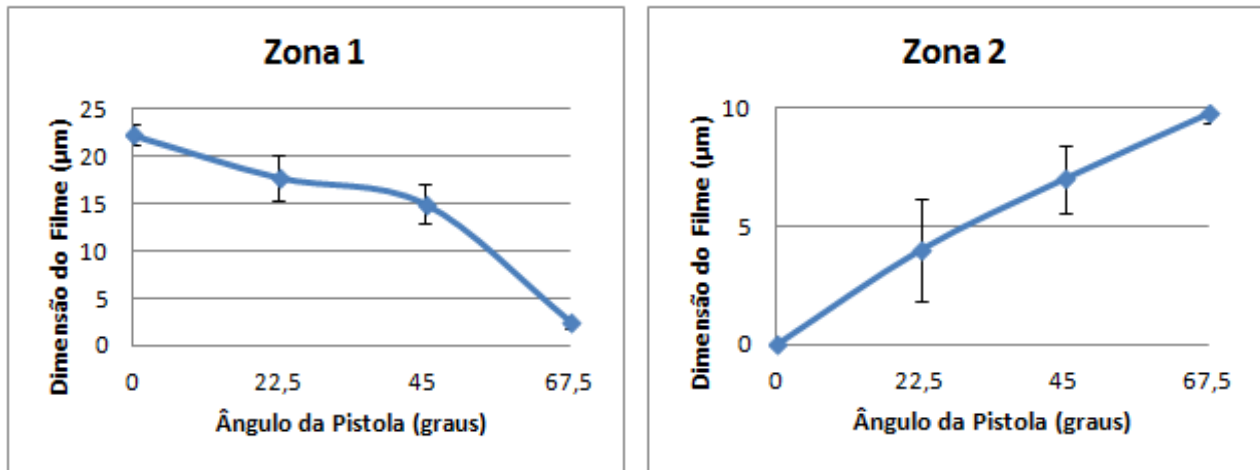
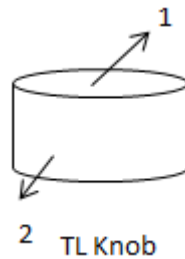


Figura 34 - Resultados do Ângulo da Pistola TL Knob



Em conformidade com os resultados anteriores, o ângulo da pistola é o parâmetro que maior peso tem sobre a espessura. Também aqui a relação entre as zonas de diferentes planos da peça mantém-se constante, acontecendo um decréscimo da camada de tinta com a rotação da pistola para a Zona 1 e o inverso para a Zona 2.

Confirma-se os baixos valores de espessura que já tinham sido registados para o estudo da distância da pistola, pois o resultado máximo para a Zona 2 é de 10 µm, valor demasiado baixo para as especificações necessárias no substrato em questão.

De salientar que o máximo valor de espessura, na segunda Zona, acontece para o ângulo de 67,5 graus, fenómeno que vem contrariar os resultados anteriores em que ocorreu uma ligeira descida.

- **Fan**

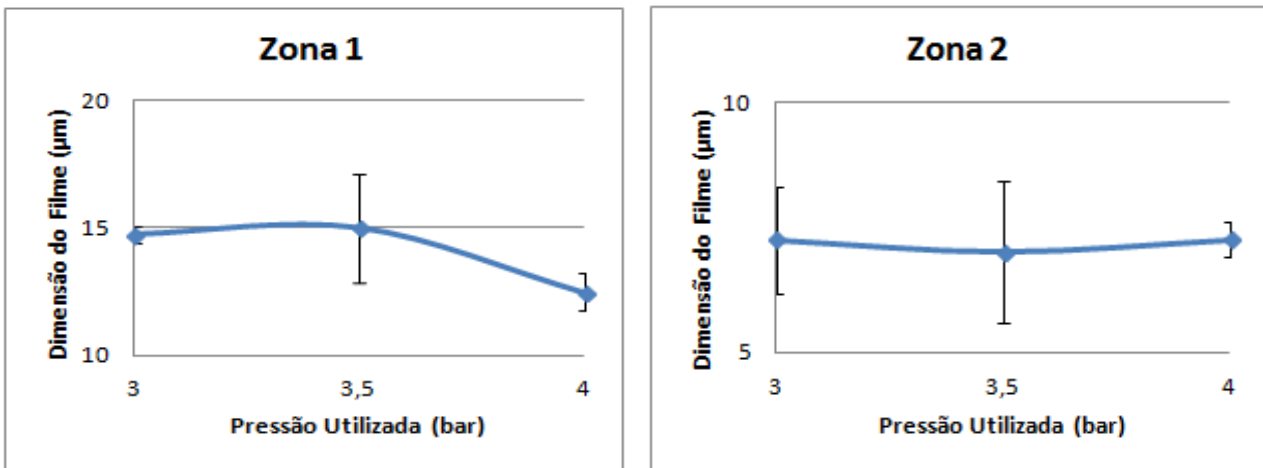
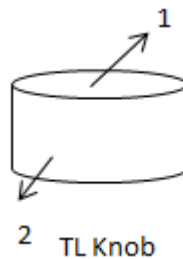


Figura 35 - Resultados do *Fan* TL Knob



A avaliação do *Fan* sobre a camada da tinta no TL Knob veio confirmar a baixa dimensão da camada de tinta sobre este substrato. Os valores de espessura obtidos em toda a superfície são de baixo valor, atingindo para a Zona 1 um pico de 15 µm, enquanto na Zona 2 o máximo obtido nem se aproxima dos 10 µm.

Novamente este parâmetro não gera uma grande variação da espessura, como se pode verificar na Figura 35, e, como os resultados da espessura são baixos, os desvios-padrão registados são, conseqüentemente, elevados

- **Atomização**

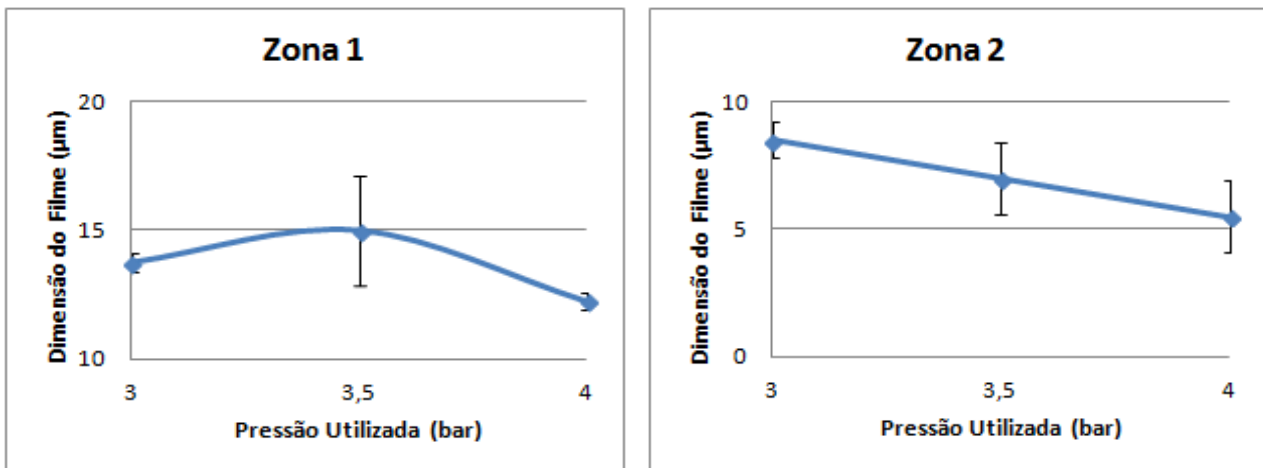


Figura 36 - Resultados da Atomização TL Knob

A Figura 36 retrata o efeito das 3 pressões de atomização testadas sobre a peça em estudo.

O comportamento revelado para ambas as Zonas é surpreendente, uma vez que, em comparação com o substrato anterior, houve uma troca de papéis, pois a Zona 1 regista o máximo de 15 μm para a pressão de 3,5 bar, enquanto para a outra superfície o pico de espessura acontece na pressão mais baixa testada.

Os resultados obtidos para este caso revelam que seria necessário a realização de um ensaio sobre uma peça da mesma geometria mas de maiores dimensões, devido a não se conseguir precisar a influência do buraco no Rocker sobre a espessura final da peça, na atomização.

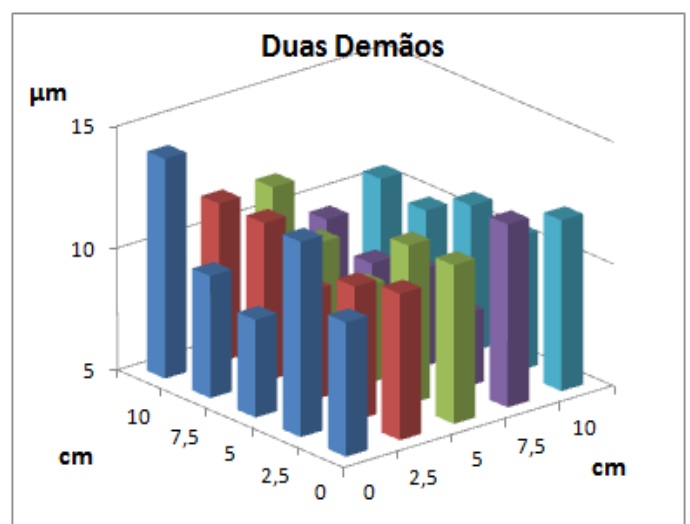
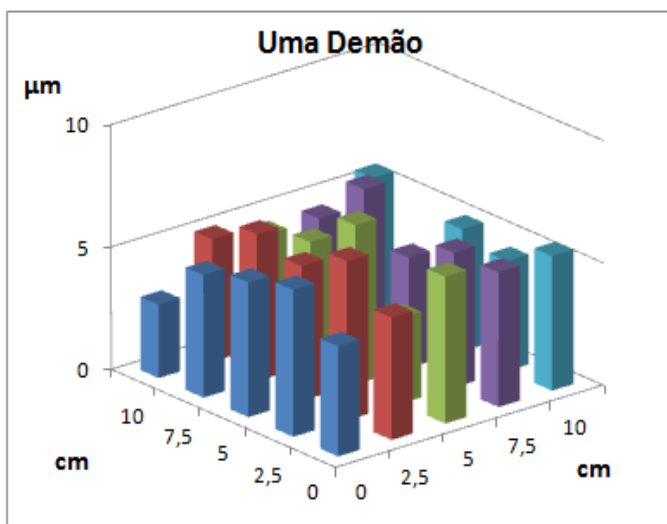
4.2. Resultados da pintura das chapas

A gama de resultados obtidos no ensaio anterior determinou que, para a análise da uniformidade da espessura, era necessário um estudo mais aprofundado. Assim foi idealizada uma malha de medições, representada na Figura 14, que permitiria uma visão 3D do filme.

As condições que foram determinadas para o estudo anterior também serviram de base neste, daí que foram pintadas 3 chapas para cada condição estabelecida, o que fez um total de 39 ensaios.

4.2.1. Estudo da Distância da Pistola

- **Condição 1**



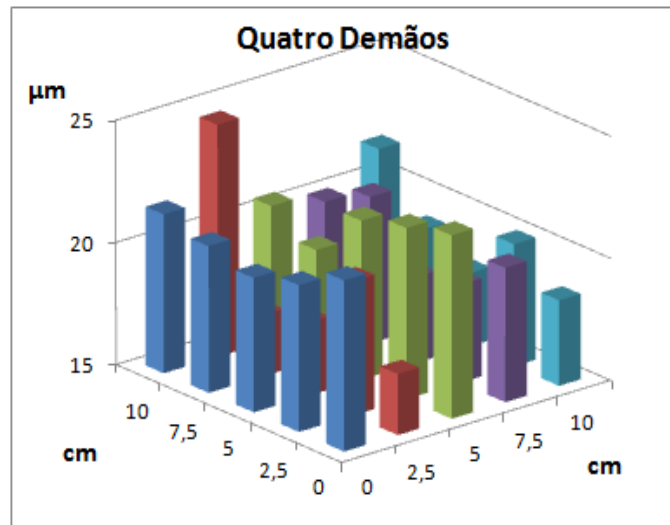


Figura 37 - Resultados 3D da Condição 1

A Condição 1, que corresponde à posição mais baixa da pistola, demonstra que um maior número de demãos desta sobre o alvo leva a uma maior variação das espessuras obtidas.

A Figura 37 retrata que com uma passagem existe um aumento da espessura do filme desde a periferia até ao centro do substrato, o que é natural face as maiores perdas que acontecem nos extremos.

Para duas demãos regista-se uma inversão do comportamento anterior. Como se pode verificar a variação de espessura sobre a superfície pintada é muito superior e os pontos mais altos surgem com o afastamento da zona central. Isto pode surgir devido à proximidade da pistola o que leva a um “ricochete” da tinta nas zonas com maior incidência daí a melhor adesão para outras zonas.

Por fim, com quatro demãos, onde seria esperado um nivelamento da espessura, vê-se que o relevo demonstrado é semelhante ao registado para o segundo caso, com o incremento de o intervalo de espessuras ser superior. De salientar que, estranhamente, parece haver um favorecimento da zona esquerda face à da direita.

- **Condição 2**

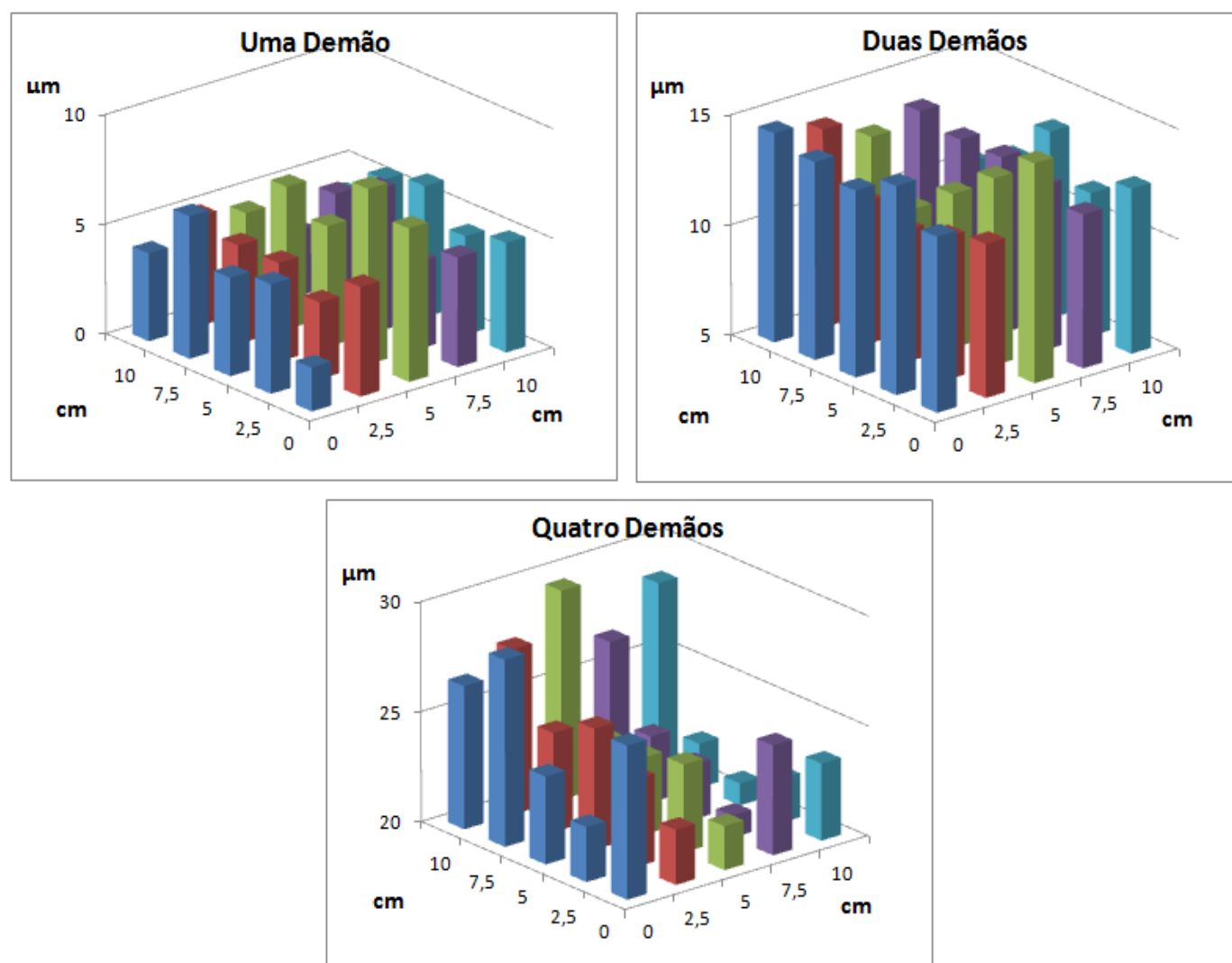


Figura 38 - Resultados 3D da Condição 2

A Figura 38 demonstra que o afastamento da pistola, para a primeira demão, leva a um aumento do desnível da espessura. Apesar de não ser tao evidente como o primeiro caso estudado, a espessura é mais baixa nos extremos.

Para duas demãos aconteceu a mesma inversão de perfil que na primeira condição, mas aqui a gama de valores é menor, registando-se apenas espessuras superiores a 10 μm .

Por fim, as 4 demãos revelam um perfil do filme com um claro desnivelamento. Como aconteceu para a anterior condição, o lado esquerdo do substrato possui um ascendente face ao lado contrário, fenómeno estranho pois era de esperar que um maior

número de passagens leva-se a uma estabilização e nivelamento da espessura ao longo da superfície.

A nível geral ocorreu um ligeiro aumento da espessura com o afastamento da pistola que vem de encontro com os resultados obtidos para o outro ensaio realizado.

- **Condição 3**

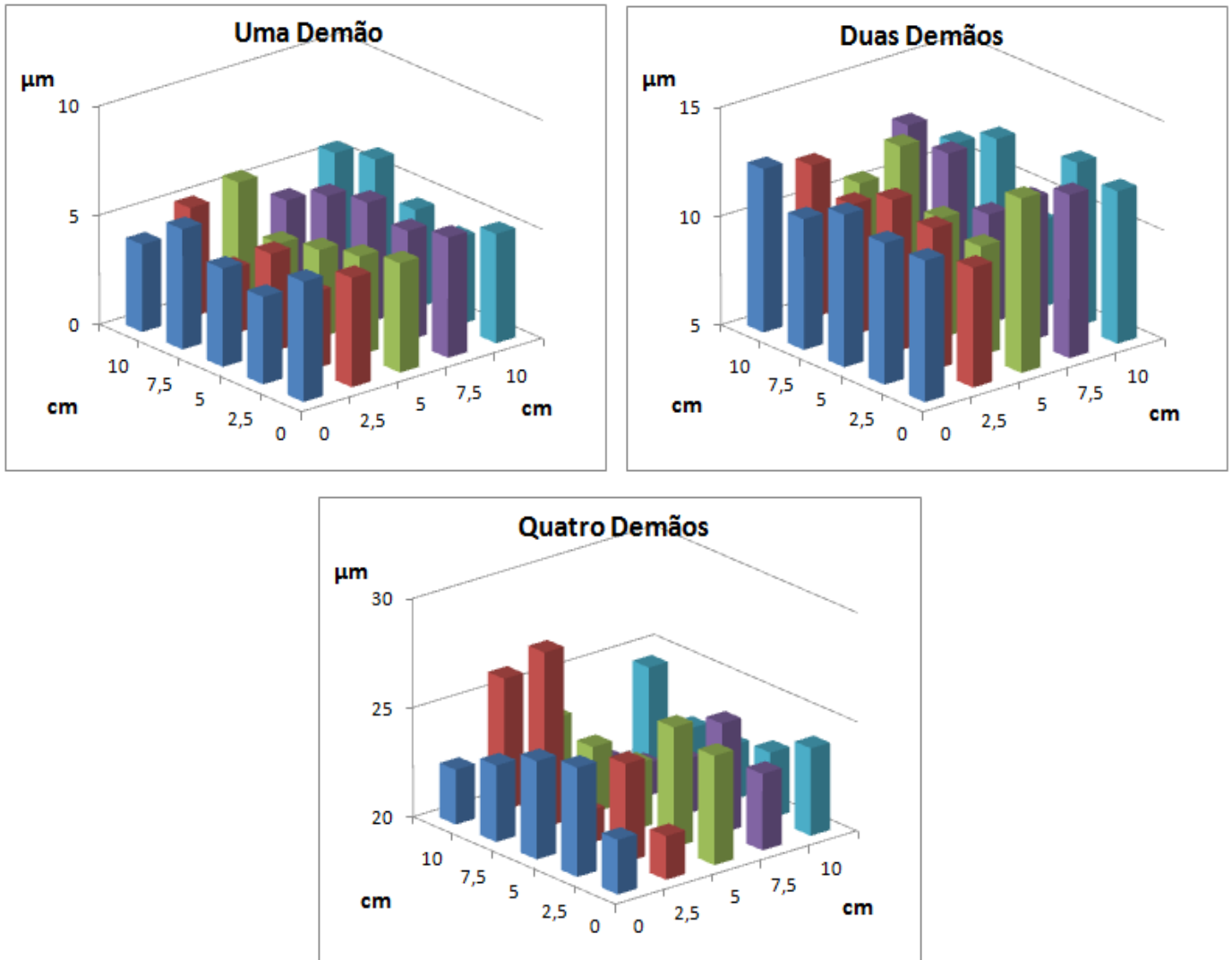


Figura 39 - Resultados 3D da Condição 3

A posição central da pistola demonstrou uma mudança do comportamento até aqui evidenciado para a primeira demão.

Como está patenteado na Figura 39, o que se verificou foi que os maiores valores de espessura surgiram nos extremos da superfície e não no centro.

Em relação às duas demãos regista-se que o perfil obtido é semelhante ao obtido na Condição 2, apesar de se verificar um maior equilíbrio da espessura em toda a superfície.

O ensaio final, como tem sido norma, foi o que revelou maior gama de resultados. Porém, face às outras condições já apresentadas, não existe um claro ascendente de uma zona face a outra para além de um nivelamento mais pronunciado.

Este resultado corrobora o teoricamente espectável, uma vez que, perante o que se registou na pintura das peças, este ponto seria o que conferiria um filme mais homogénea sobre o substrato.

Em suma, até ao momento, esta é a distância da pistola que melhor desempenho demonstrou para o objetivo de se conseguir uma espessura similar em toda superfície.

- **Condição 4**

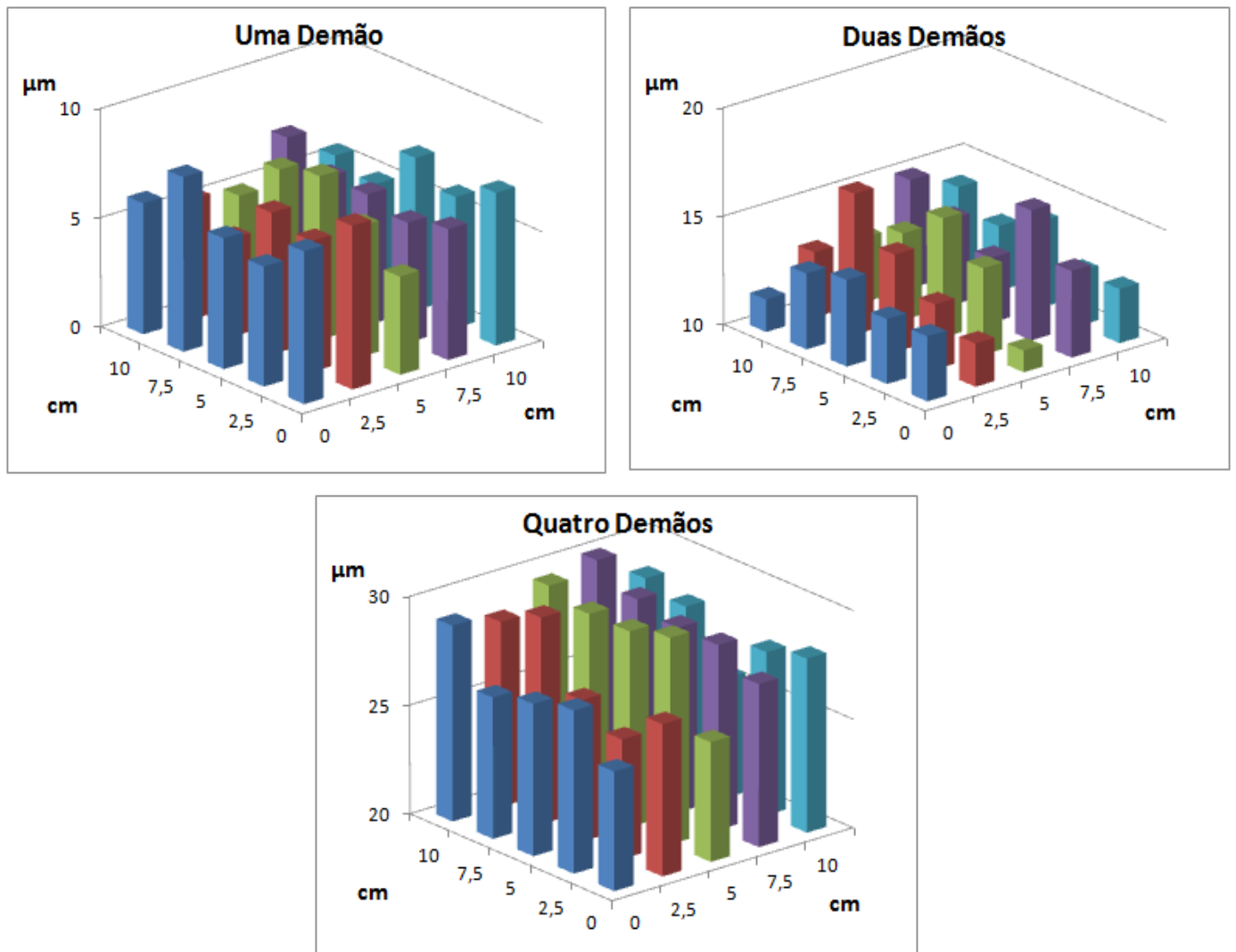


Figura 40 - Resultados 3D da Condição 4

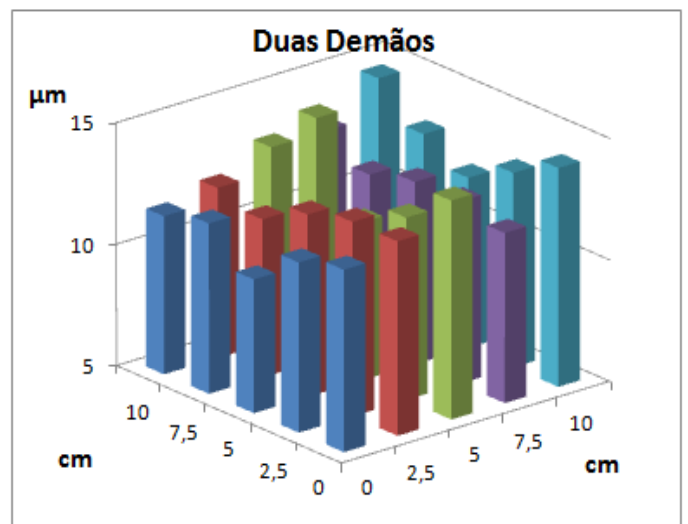
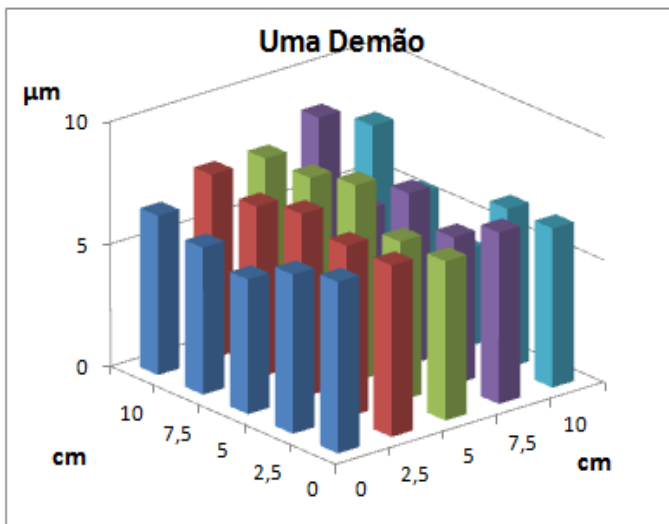
Os resultados demonstrados pela Figura apresentada demonstram que o sucessivo afastamento da pistola em relação ao alvo, confirma a tendência de que há uma predominância das zonas da periferia face ao centro, no que à primeira demão diz respeito.

Outro ponto a reter aqui é que a espessura do filme, em geral, é superior à condição anterior, pois poucos foram os pontos medidos com valor inferior a 5 μm (zona azul).

O segundo gráfico também registou um ligeiro aumento da camada de tinta mas com um perfil surpreendente. Ao contrário do que tem sido norma existe uma clara ascendência da zona central com uma queda significativa à medida que se desloca para os pontos mais remotos do substrato.

O último caso apresentado confirmou esta condição como a que obteve o filme com maior espessura. Apesar de já terem sido apresentados resultados superiores a 25 μm anteriormente, o que se verifica é que não existe nenhum ponto medido que tenha sido inferior a este. Também aqui é de registar que foi minimizada a variação de espessuras que tinha sido registada para as duas demãos e, claramente, esta é a condição que conferiu uma topografia mais balanceada ao longo da peça-alvo.

- **Condição 5**



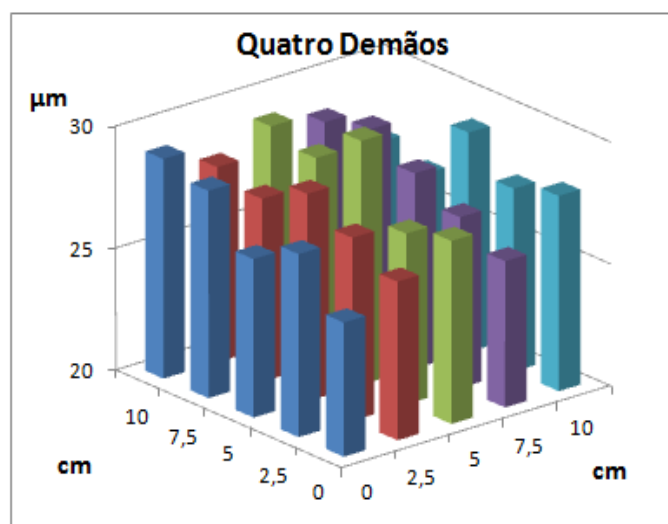


Figura 41 - Resultados 3D da Condição 5

A colocação da pistola a 13 cm de altura (distância máxima do sistema) revelou, para a primeira demão, um perfil mais homogêneo que os outros já apresentados, sem predominância de uma zona face a outra.

O primeiro gráfico apresentado demonstra um revestimento uniforme e com as espessuras registadas superiores a 5 μm , confirmando o maior nivelamento do filme nesta altura.

Os resultados obtidos das duas demãos aproximaram esta Condição das primeiras, em que os picos de espessura da camada surgem na periferia. Em comparação à distância de 12 cm existe um decréscimo da camada, confirmando que foi para essa colocação da pistola que surgiu a camada com maior expressão a nível de espessura.

O último gráfico possui uma superfície com uma estrutura similar às demonstradas para as maiores distâncias. O aspeto mais relevante a retirar é que, contrariamente ao esperado no início do trabalho, é para as alturas superiores da pistola que surgem os filmes com maior espessura.

A análise 3D dos filmes sobre a influência da distância permitiu verificar que, apesar dos valores semelhantes para as condições limite da colocação da pistola, os perfis correspondentes são muito diferentes, surgindo filmes com maior uniformidade para um maior afastamento da pistola ao alvo. Outro facto é que, a nível geral, o aumento do número de passagens promove topografias com maior gama de espessuras

4.2.2. Estudo do Ângulo da Pistola

- **Condição 6**

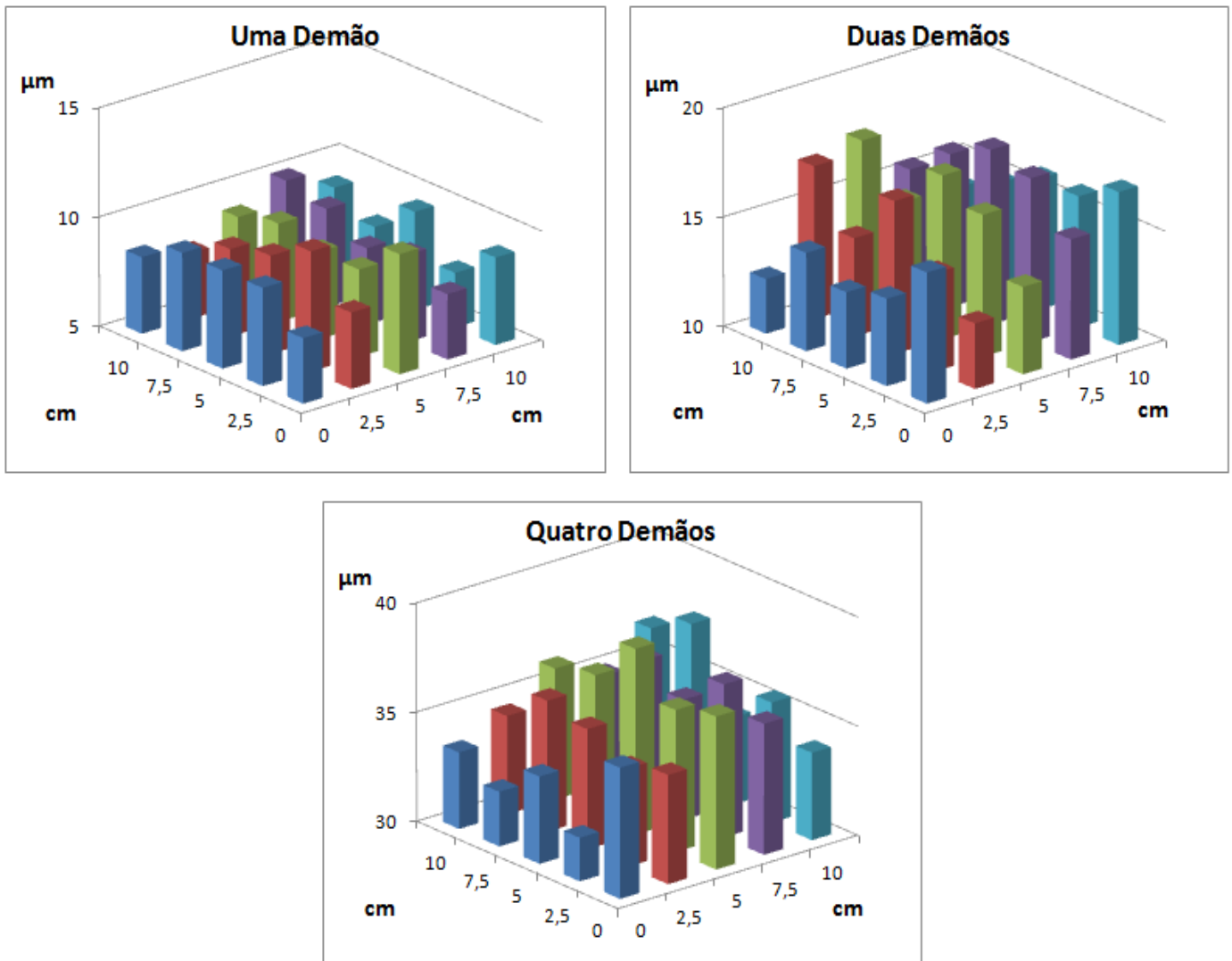


Figura 42 - Resultados 3D da Condição 6

A primeira condição onde é testada a influência da alteração do ângulo da pistola revela um comportamento da espessura, para uma demão, semelhante ao que vinha sendo hábito para as últimas distâncias da pistola testadas.

Como se pode verificar na Figura 42, existe um balanceamento da espessura ao longo da superfície, apesar de um pequeno ascendente da zona central face a periferia.

Para duas demãos, o perfil obtido não está de acordo com o esperado, teoricamente, pois existe um favorecimento de uma zona da peça face a outra, o que é

de estranhar para a colocação da pistola a 0 graus, em que deveria ocorrer um nivelamento das espessuras para uma superfície plana como a em questão.

O último gráfico obtido revelou uma grande variação de espessuras e, também, um elevado valor destas, fato este que vai de encontro ao espectável, pois esta colocação da pistola confere uma grande espessura ao substrato com esta geometria, como já tinha sido comprovado no ensaio anterior.

- **Condição 7**

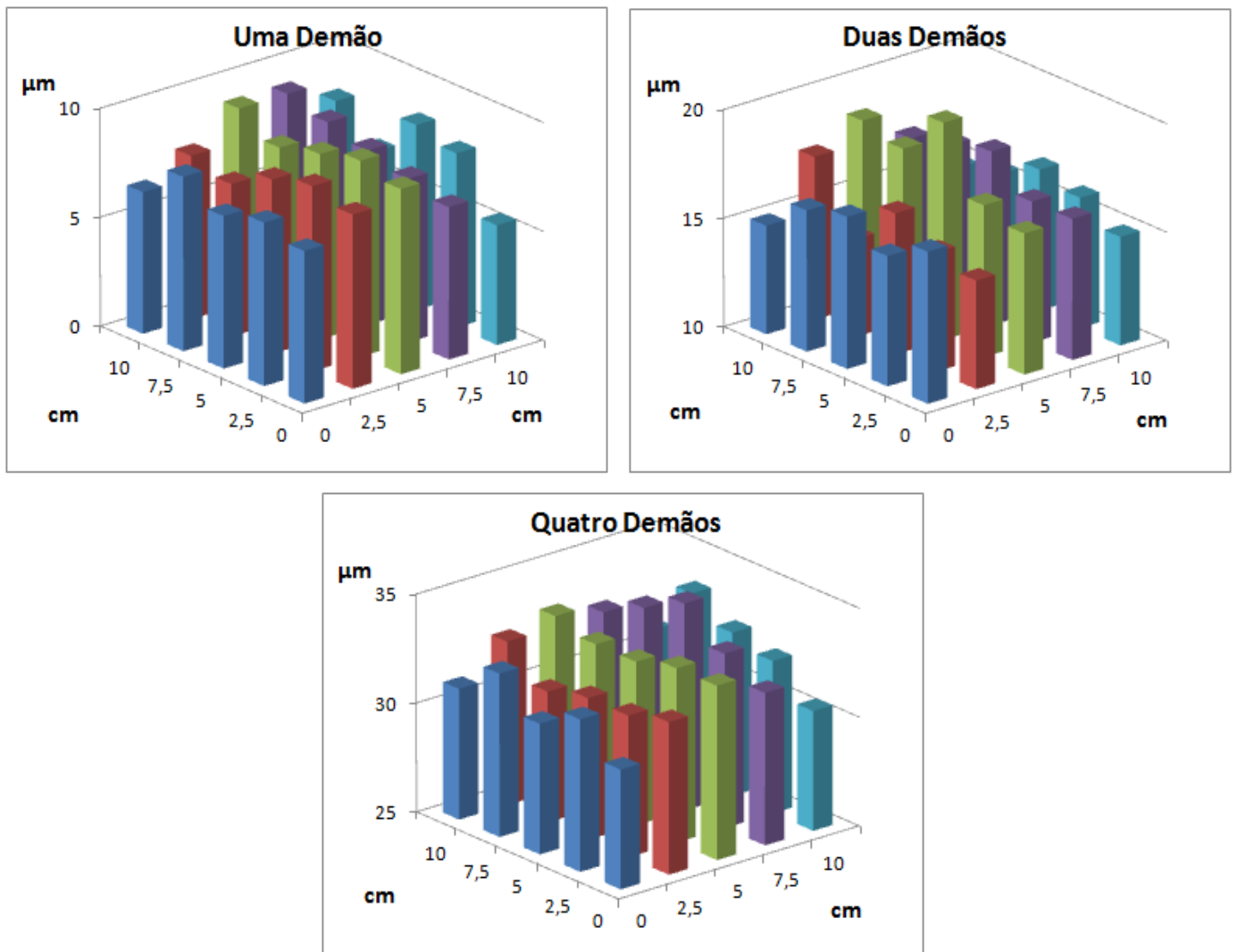


Figura 43 - Resultados 3D da Condição 7

A colocação da pistola de modo a perfazer um ângulo de 22,5 graus demonstrou que, numa primeira fase, a topografia obtida foi muito semelhante à anterior havendo apenas um decréscimo no máximo de espessura.

Com duas demãos efetuadas, o perfil alterou-se substancialmente em comparação, tanto para a primeira demão, como para a condição anterior. A modificação mais evidente é o aparecimento de um cume central e a diminuição abrupta da espessura deste para os extremos do substrato.

O gráfico da Figura 43, referente aos resultados das quatro passagens, revelou um nivelamento da espessura ao longo da superfície com um ligeiro ascendente do centro.

Como era previsível, houve uma diminuição geral do valor de espessura obtido face ao ângulo de 0 graus, mas, comparado ao estudo da distância da pistola, este ponto mostra que a camada de tinta que cobriu o substrato possui maior magnitude, uma vez que o máximo obtido aqui ultrapassa claramente os 30 μm , enquanto para o outro parâmetro este valor nunca foi ultrapassado.

- **Condição 8**

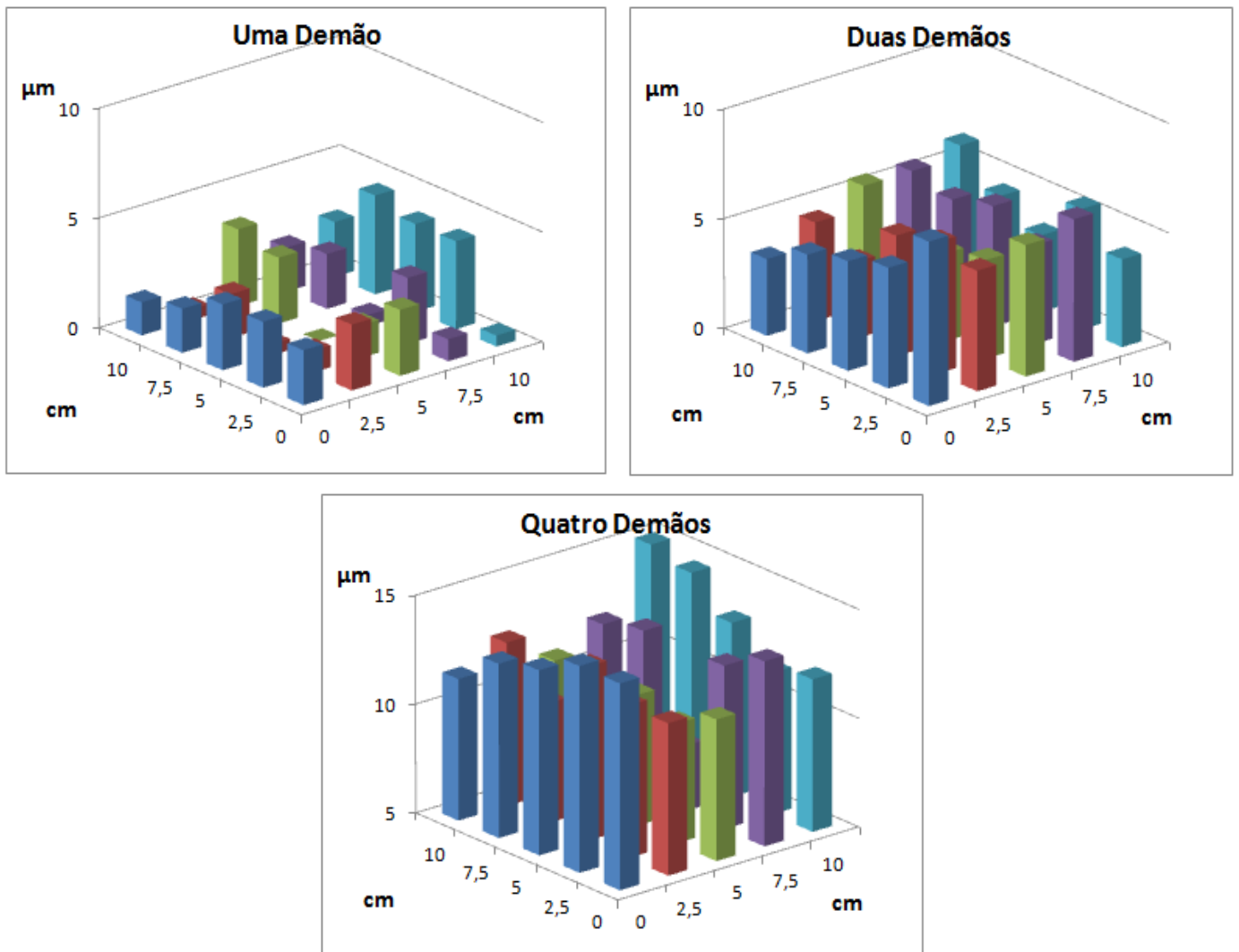


Figura 44 - Resultados 3D da Condição 8

Como aconteceu para a Condição 9, no ensaio anterior, em que as peças só continham vestígios de tinta, também aqui a conclusão evidente é que a colocação da pistola com um ângulo de 67,5 graus não pode ser considerado viável para a pintura deste tipo de superfícies.

Este fenómeno pode estar associado à distância da pistola durante a análise da influência do ângulo da pistola que não permitiu uma pintura eficaz.

O baixo valor de espessura que caracterizou este estudo não permite fazer uma análise aos perfis obtidos, daí que a única conclusão possível é que o ângulo em questão é demasiado elevado para que se possam efetuar pinturas que cumpram as especificações neste tipo de geometrias.

4.2.3. Estudo do Fan

- Condição 10

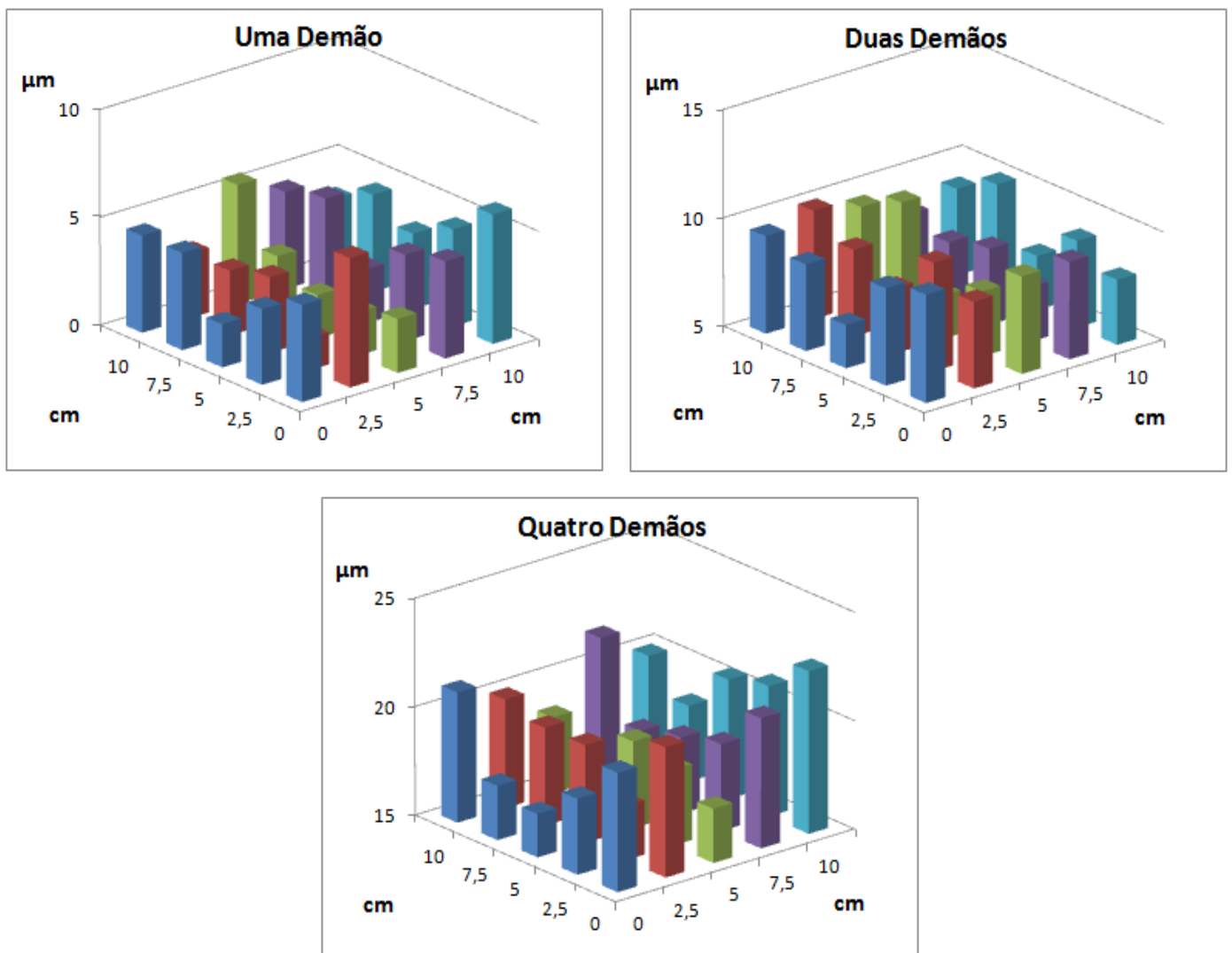


Figura 45 - Resultados 3D da Condição 10

A Figura 45 mostra como a pressão mais baixa conferida ao *Fan* influencia o comportamento da espessura.

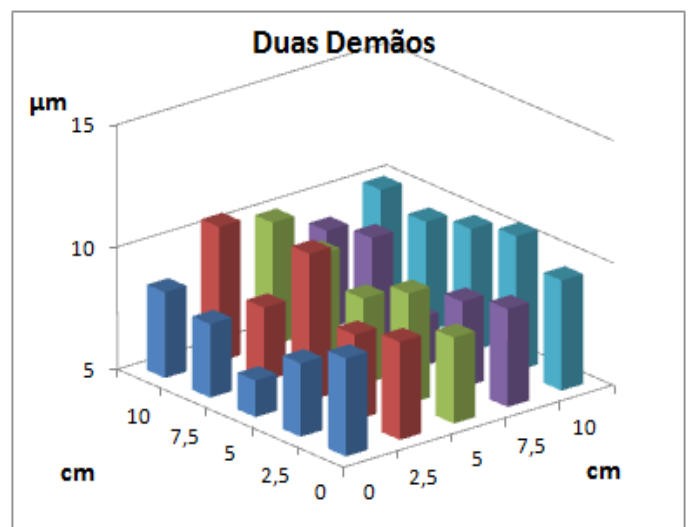
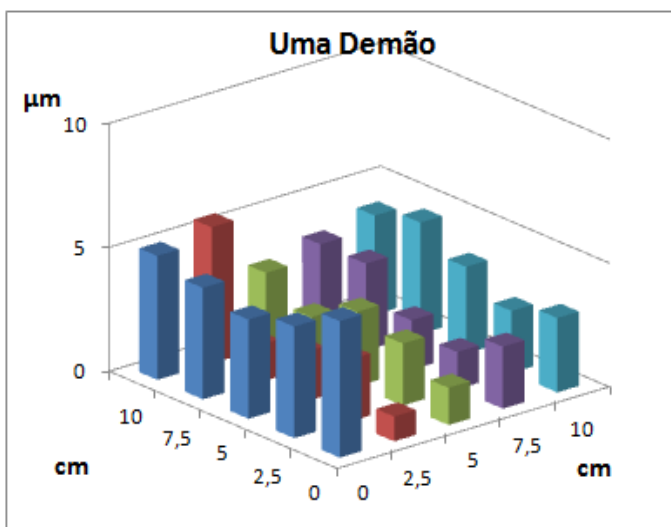
A primeira de demão demonstra uma topografia em que os valores de espessura gerados foram baixos, a nível geral e, também, que a zona central da chapa possui um filme com menor dimensão do que a periferia.

Com duas demãos, o baixo valor da camada de tinta mantém-se, registando-se apenas uma pequena parte com espessura superior a 10 μm , mas o perfil, apesar de manter uma ligeira supremacia dos extremos sobre o resto das zonas, sofreu uma alteração face ao primeiro caso, havendo um maior equilíbrio de espessuras e um filme mais homogéneo.

O último gráfico confirma a tendência dos anteriores e revelou um revestimento com baixa expressão. De facto, o que se verifica é que o máximo de espessura registado nem sequer se aproxima dos 25 μm , enquanto, para a pressão intermédia, representada na Condição 2, este valor é claramente ultrapassado.

Outro ponto de destaque foi o aparecimento das espessuras com maior expressão nos pontos mais remotos da superfície, confirmando que o aumento da dimensão do leque exponencia a dimensão do filme nestas zonas em detrimento das que estão no centro.

- **Condição 11**



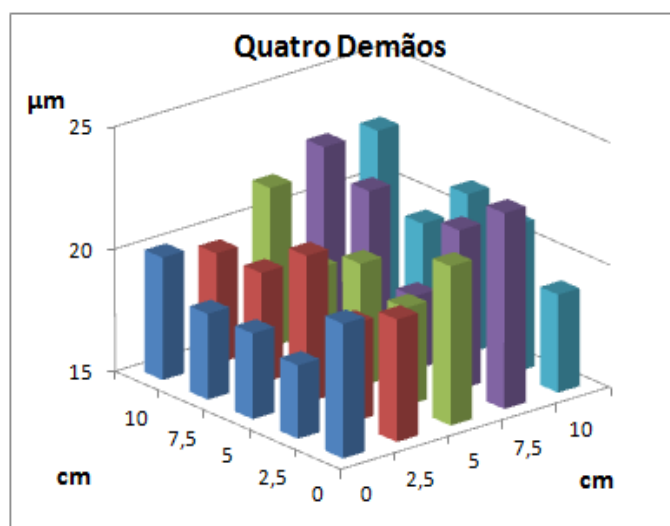


Figura 46 - Resultados 3D da Condição 11

O limite máximo do *Fan* revelou um comportamento semelhante ao obtido para a pressão mais baixa. A Figura acima exposta demonstra, no geral, que as espessuras são de menor magnitude em relação ao ponto central deste parâmetro.

Em maior detalhe, na primeira demão, o que se verifica é que existe um ascendente da zona lateral esquerda, onde surgem os picos do filme, em relação ao resto da superfície. Este fenómeno atribui-se à baixa espessura, o que beneficia o aparecimento deste tipo de perfis, como já se verificou anteriormente.

Para o segundo caso é de salientar uma distribuição mais uniforme da camada de tinta, sem claro benefício de um local específico do substrato, até pelo surgimento dos máximos para zonas sensivelmente equidistantes.

No que às quatro demãos diz respeito, o que se testemunha é que há um retrocesso no comportamento da espessura. A topografia obtida assemelha-se à do primeiro gráfico mas, aqui, a zona com maior espessura encontra-se no outro extremo do substrato.

Concluindo, confirma-se que, para superfícies planas, a pressão de 3,5 bar é a que regista um filme com espessura superior, de acordo com o que tinha sido verificado no ensaio transato.

4.2.4. Estudo da Atomização

- Condição 12

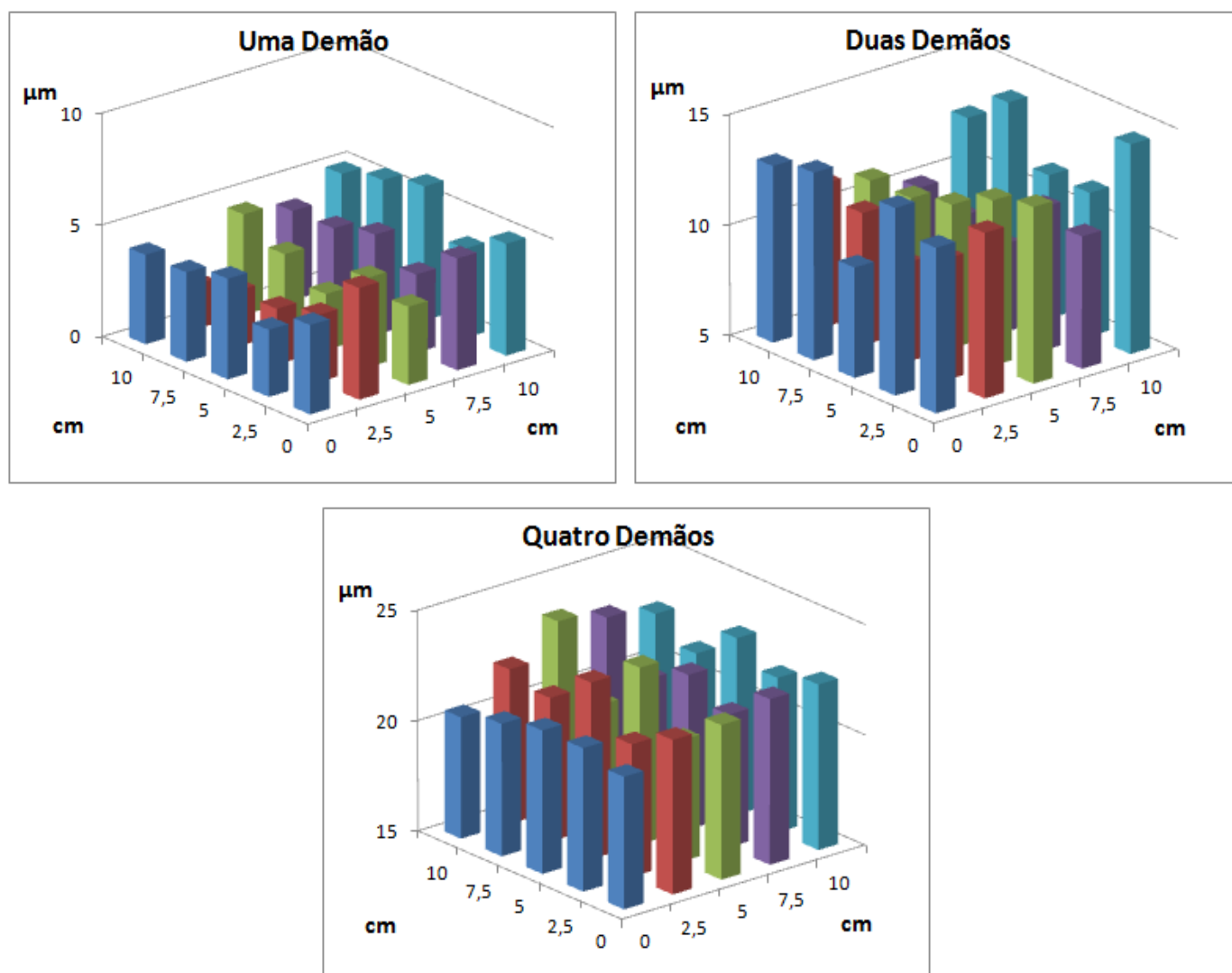


Figura 47 - Resultados 3D da Condição 12

O mais baixo valor da pressão na atomização revelou que, para uma primeira demão, há uma predominância da periferia face ao centro, apesar de não ser uma diferença com grande significado como em exemplos anteriores. A espessura máxima, aqui, surgiu numa zona específica, como se pode testemunhar na Figura 47.

O acrescento de uma demão seguiu o comportamento do primeiro gráfico, mas, neste exemplo, o desnível foi mais acentuado, surgindo diferenças substanciais entre os máximos e mínimos de espessura do filme.

O último número de demãos estudado demonstrou que, apesar do perfil obtido para duas demãos, este caso conduziu a um filme que pode ser considerado homogêneo, face às outras condições estudadas até aqui, e com todos os pontos a registarem valores superiores a 20 μm .

Em comparação com a Condição 2, a qual refere-se ao estudo da pressão média da atomização, como aconteceu para o *Fan*, denota-se que a espessura do filme é mais baixa, a nível geral, mas a camada de tinta é mais uniforme para uma e quatro demãos.

- **Condição 13**

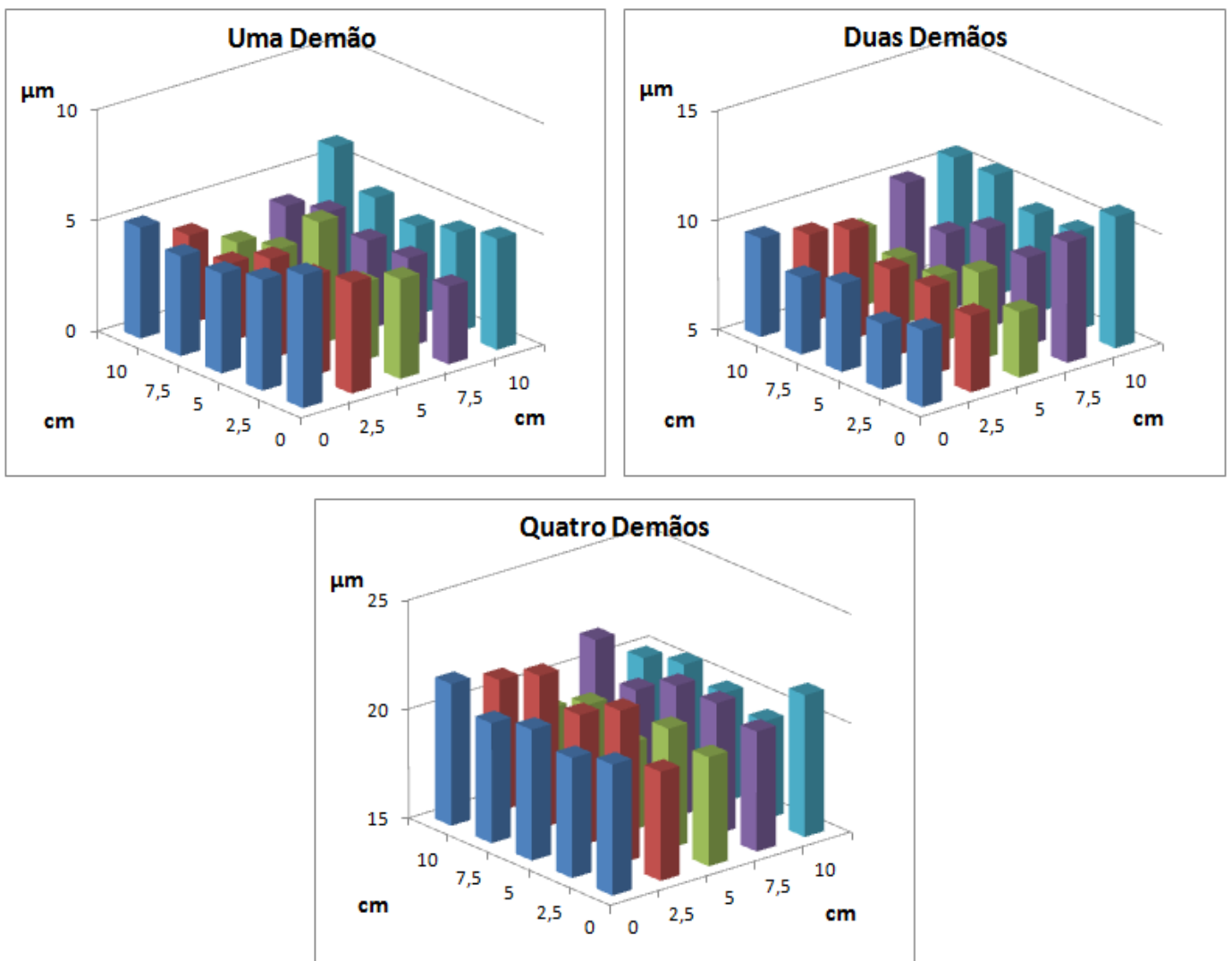


Figura 48 - Resultados 3D da Condição 13

A menor dimensão das gotículas de tinta, fruto da maior pressão exercida na atomização, resultou numa topografia nivelada, na primeira demão, havendo apenas dois pontos com ascendente face ao resto da superfície.

A Figura 48, em relação aos resultados da dupla demão, não contrariou o comportamento evidenciado no primeiro caso, contudo apresenta um maior desnível entre os valores apresentados para a zona central e a periferia.

Como aconteceu para a pressão de 3 bar, as quatro demãos demonstraram um perfil equilibrado, sem grandes variações de espessura em toda a superfície, comprovando que foram nas condições limite da atomização que surgiram as camadas de tinta mais uniformes mas, também, que a magnitude de espessuras é reduzida

Os resultados evidenciados no estudo da espessura revelaram que para o botão SK 25 a condição de pintura surge para a distância da pistola a 11 cm, perfazendo um ângulo de 45 graus e com um *Fan* e atomização de 3,5 BAR.

Em relação a blenda SK 25, a melhor condição para o revestimento acontece para a colocação da pistola a 11 cm de altura com um ângulo de 45 graus. A pressão ideal para o *Fan* e de 3 BAR, enquanto para a atomização é de 3,5 BAR.

Quanto ao Rocker, a distância da pistola mais apropriada para uma pintura eficaz é de 10 cm e um ângulo de 45 graus. O *Fan* e a atomização ideais são da mesma magnitude, 3,5 BAR.

Por fim, o melhor cobrimento do TL Knob é conseguido para uma altura da pistola de 10 cm com um angulo de 45 graus. A pressão de 3,5 BAR é a que melhor se ajusta tanto para o *Fan*, como para a atomização.

5. CONCLUSÃO

A dissertação realizada confirmou que a pintura de plásticos é uma área em que a previsão do comportamento da tinta sobre as peças é de grande dificuldade. Isto significa que a teoria existente sobre este campo ainda possui limitações, o que abre as portas a uma maior investigação sobre o *know-how* para um acabamento eficaz de peças plásticas.

Mais concretamente, a análise da influência dos parâmetros sobre a espessura do filme de tinta demonstrou que existe alguns pressupostos referentes a estudos anteriores que se confirmaram, mas outros em que os resultados foram significativamente diferentes do espectável.

A teoria sugeriu que para uma menor distância da pistola, a dimensão da camada de tinta que cobre os substratos é maximizada, devido a uma redução da quantidade de tinta que se perde no trajeto da pistola ao alvo, intitulado *overspray*. Os resultados obtidos comprovaram que isto não aconteceu para nenhuma dos casos e que, no geral, os valores registados para a maior distância testada eram da mesma magnitude que para a posição mais baixa possível para a pistola e, até, o surgimento de espessuras com maior expressão para as distâncias superiores.

Conclui-se que são as posições intermédias da pistola que permitem um cobrimento das peças com maior uniformidade.

O estudo do ângulo da pistola foi de encontro à bibliografia estudada e os resultados demonstraram que foi o parâmetro com maior importância, dos testados, sobre a espessura final da camada de tinta.

A principal conclusão a retirar daqui é que uma pintura que preencha todos os requisitos em toda a sua superfície, só é conseguida com a colocação da pistola a perfazer um ângulo de 45 graus, facto que é comprovado nos resultados 3D, em que o perfil de espessura mais homogéneo, para o maior número de passagens, acontece com esta disposição e isto para uma superfície plana.

A dimensão do leque não revelou a importância sobre a espessura que era espectável contabilizando a teoria disponibilizada sobre este parâmetro.

Concretamente, a previsão era de que para um *Fan* com uma pressão mais baixa, a espessura fosse superior, uma vez que a tinta está mais concentrada e isto não tem significativa repercussão sobre a dimensão das gotículas de tinta. O que aconteceu foi que a variação da espessura para as pressões testadas não foi da mesma magnitude que para a distância e ângulo da pistola, chegando a haver casos em que as diferenças foram, praticamente, insignificativas.

A geometria e dimensão das peças tiveram um papel na dimensão da espessura obtida, pois, apesar de não terem ocorrido grandes diferenças entre as pressões testadas, já os valores da espessura foram diferentes. No botão SK 25 as camadas de tinta são as que possuem maior expressão, enquanto o botão TL Knob demonstra os filmes com a espessura mais baixa.

A atomização foi o último parâmetro testado e o objetivo era testemunhar, para uma mesma distância, qual era o efeito que a dimensão das gotículas de tinta teria sobre a magnitude da espessura e uniformidade desta.

Na pintura das peças, o comportamento revelado foi que para zonas com maior superfície de pintura, como na Blenda SK 25 e no Rocker, existe um ascendente da espessura para pressões mais baixas, enquanto para faces menores o ponto intermédio era o que revelava melhores resultados. Isto demonstra que as perdas que possam surgir por um leque com maiores gotas de tinta, tais como escorrimento da tinta ou ressalto desta, são menores do que para uma nuvem criada por gotículas de baixa dimensão, que beneficia a secagem precoce da tinta e o *overspray*.

Concluindo, o trabalho realizado revelou que, ao nível dos parâmetros estudados, é necessário ter especial atenção a geometria que se quer pintar. O fator mais determinante é se a peça-alvo necessita de ser pintada em um ou dois planos, pois, se para o primeiro caso os requisitos da pintura são conseguidos para algumas condições testadas, no último, a gama de condições que permite obter um revestimento eficaz de todo substrato é muito mais apertado, geralmente só obtido para os pontos intermédios dos parâmetros testados.

5.1.Sugestão para trabalhos futuros

Os projetos que podem ser realizados futuramente que tenham por base o trabalho apresentado podem começar por explorar as limitações deste.

Uma das limitações mais evidentes foi na seleção dos parâmetros mais influentes sobre a espessura, que não foram determinados experimentalmente e este pode ser um dos aspetos que pode ser tido como ponto de partida para um trabalho. Outros exemplos são a realização do mesmo estudo mas com um maior número de peças, parâmetros, com diferentes tintas ou então sobre outro tipo de geometrias que não foram abordadas aqui.

Dentro da área da pintura, os assuntos de interesse são vários e, a nível de engenharia, um assunto pertinente a ser tratado seria a determinação da causa de um defeito. Um análise profunda de todo o percurso de uma peça numa empresa até se conseguir encontrar a razão para o surgimento desse defeito seria visto com bons olhos por uma empresa que tivesse uma maior incidência de problemas. Outra análise possível poderia ser a determinação do ambiente propício à pintura, isto é, a nível de humidade, temperatura etc.

Uma investigação possível seria a determinação da relação entre os parâmetros e o resultado final da pintura com o objetivo de descobrir equações e relações, para aplicação em *softwares* CAD, de forma a prever as melhores condições para a obtenção de uma pintura eficaz. Este tipo de trabalhos requerem grande ambição mas os proveitos que podem advir daqui são inúmeros.

- [1] U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (1994), *Alternative Control Techniques Document: Surface Coating of Automotive Transportation and Business Machine Plastic Parts*
- [2] Ed Cruchtlely, “101 reasons for contamination control in moulding, metallizing and spray coating of small plastic componentes”, Crutchley Consulting Limited August 2012, 3-4
- [3] Povoas, T. (2012) Aplicações de tintas em substratos plásticos. Texto não publicado
- [4]- Rose A. Ryntz, Phil V. Yaneff; in *Coating of Polymers and Plastics*, et al. Marcel Dekker, Inc., New York, 2003
- [5] Henrique Pinto (2012), “Implementação de pinturas de alto brilho piano black e redução da rejeição na área da pintura”; Relatório de Estágio, Engenharia de Polimeros, Universidade do Minho, Guimarães]
- [6] Alexander Kout, Heinrich Müller; “Parameter optimization for spray coating” in *Advances in Engineering Software 40*, 2009, 1078–1086
- [7] J. Antonio; “Optimal trajectory planning for spray painting” in *Proc IEEE Int Conf Robot Automat*, 1994, 2570–7.
- [8]- Artur Goldschmidt, Hans-Joachim Streitberger in *BASF Handbook on Basics of Coating Technology*, et al. Vincentz, Hannover, 2003
- [9]- Norma ASTM D823, “Standard Pratices for Producing Films of Uniform Thickness of Paint, Varnish, and Related Products on Test Panels”, 2001, 1-2
- [10]- Nga P. Pham, Joachim N. Burghartz, Pasqualina M. Sarro, “A Model for Film Thickness using Direct Spray Coating” in *Electronics Packaging Technology Conference*, 2003, 773-776
- [11]- ITW Finishing Technologies, “The ABC’s of Spray Equipment: A Working Guide to The Selection and Use of Spray Finishing Equipment” disponível em http://www.itwfinishing.com.au/docs/document_4383e4df15ce8.pdf acedido em 03/11/2012

- [12]- Arthur A. Tracton in *Coatings Technology Handbook, 3^a Edition*, et al. Taylor & Francis Group, 2010
- [13] “Industrial Painting and Coating: Regulatory Requirements and Pollution Prevention Ideas” disponível em <http://www.sbeap.org/publications/Paintbook.pdf>.
acedido em 24/10/2012
- [14] Van Iseghem, Lawrence C. in *Coating Plastics - Some Important Concepts from a Formulators Perspective*, et al. Van Technologies, Inc., Duluth, 2011
- [15] TW DeVilbiss, “Spray Gun Technique” disponível em <http://english.finishingbrands.eu/Editor/files/GUNTEQU01.pdf> acedido em 24/10/2012
- [16]- Heraldo S. Couto, “Atomização e Sprays”, disponível em <http://pt.scribd.com/doc/36558208/Heraldo-Silva-Couto-02-Atomizacao-Sprays> acedido em 24/10/2012
- [17]- Michael W. Plesniak, Paul E. Sojka, Anshul K. Singh, “Transfer efficiency for airless painting systems” in *Journal of Coating Technology and Research*, 1(2), 2004, 137-145
- [18]- U.S. Army Corps of Engineers in *Painting: New Construction and Maintenance*, Department of The Army, Washington, 1995
- [19] – Laurence W. Mckeen in *Fluorinated Coatings and Finishes Handbook: The Definitive User's Guide*, et al. William Andrew, 2006
- [20] – Huimin Liu in *Science and Engineering of Droplets:: Fundamentals and Applications* et al. William Andrew, 1999
- [21]- Veljko Potkonjak, Goran S. Dordevic´, Dragan Kostic´; Milan Rašic´, “Robotics and Autonomous Systems” in *Journal Elsevier*, 32, 2000 17–38
- [22]- Dr. Dmitri Kopeliovich, “Composition of Paints”, disponível em www.substech.com/dokuwiki/doku.php?id=composition_of_paints acedido em 03/11/2012

- [23]- Graco, Technical Communications Department, “Atomization”, Minneapolis, 1995
- [24]- Mark David Gottsegen in *Painter’s Handbook: Revised and Expanded* et al. Watson-Guptill, 2006
- [25]- *Applied Polymer Science: 21st Century: 21st Century* ed. C. Craver, C. Carraher et al. Elsevier Science, 2001
- [26]- Paul Crumpler, “Basics of Spray Painting” disponível em <http://infohouse.p2ric.org/ref/06/05671.htm> acessado em 4/11/2012
- [27]- D.M. Mattox, “Surface effects on the growth, adhesion and properties of reactively deposited hard coatings”, *Surface and Coatings Technology* Vol. 81, No. 8-16, 1996
- [28] “Secondary Operations Guide Assembly and Finishing of Engineering Plastics” disponível em http://www.dsm.com/en_US/downloads/dep/Secondary_Operations.pdf acessado em 23/10/2012
- [29]- Wei Xia, Sheng-Rui Yu, Xiao-Ping Liao, "Paint deposition pattern modeling and estimation for robotic air spray painting on free-form surface using the curvature circle method", *Industrial Robot: An International Journal*, Vol. 37 Iss: 2, pp.202 – 213, 2010
- [30]- Heping Chen, Weihua Sheng, Ning Xi, Mumin Song, Yifan Chen, "CAD-based automated robot trajectory planning for spray painting of free-form surfaces", *Industrial Robot: An International Journal*, Vol. 29 Iss: 5, pp.426 – 433, 2002

ANEXOS

Anexo A

1st Chapter | External Spray Guns

S-333 External Spray Gun



The external spray gun S-333 is suitable for all coating agents such as water based paints, solvent paints, UV-paints, soft paints, enamels, emulsions etc.

S-333 External spray gun



The spray gun S-333 may be fed either directly or by a paint circulation system. The piston seals are manufactured from non-reactive PTFE and hence require no adjustment or replacement. On activation of the spray gun, the control piston first moves to allow atomizing air to reach the nozzle before moving further to allow the paint to flow. Thus, ensuring that from the very start, the paint is properly atomized and the spray pattern is controlled.

S-333 without nozzle set	Part no.
Standard	52333333

S-333 External spray gun with lockable air cap



Now the well-proven spray gun S-333 is also available with a lockable air cap. The advantage is, after unscrewing, rinsing and re-installing the air cap, the cap is returned to exactly the same position it was before disassembly. Thus, the positioning of the air cap is absolutely reproducible, i.e. the same spray pattern at the same position is reproduced. Time-consuming adjustments after rinsing are no longer necessary.

S-333 without nozzle set	Part no.
with lockable air cap and nozzle circulation nipple	52333350