

UNIVERSIDADE DE TRÁS-OS-MONTES E ALTO DOURO

**ESTUDO E ADAPTAÇÃO DE UM PULVERIZADOR DE JACTO TRANSPORTADO À CULTURA DA
VINHA INSTALADA EM PATAMARES NA REGIÃO DEMARCADA DO DOURO**

FERNANDO A. SANTOS

VILA REAL, 1992

Este trabalho foi expressamente elaborado como dissertação original para o efeito de obtenção do grau de Doutor em Engenharia Agrícola, de acordo com o disposto no nº 1 do Artigo 8º do Decreto-Lei 378/70, de 18 de Agosto

Agradecimentos

A realização da presente dissertação de doutoramento foi possível graças à colaboração de várias pessoas às quais deixo aqui os meus sinceros agradecimentos.

Ao Prof. Doutor Torres Pereira, Magnífico Reitor da U.T.A.D., pela possibilidade concedida para aquisição de alguns dos meios materiais indispensáveis à execução dos trabalhos de campo.

Ao Prof. Doutor d'Argent de Albuquerque que, aceitando a orientação científica deste trabalho, mais uma vez manifesta total disponibilidade, já demonstrada quando da realização das Provas de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica, para correcção do manuscrito, permanentes sugestões e material posto à nossa disposição.

Ao Prof. Fernando Bianchi de Aguiar por todos os ensinamentos que nos proporcionou deste a entrada no então Instituto Universitário de Trás-os-Montes e Alto Douro e que se têm mantido ao longo destes anos, pela revisão desta tese e por todas as sugestões que tornaram a nossa tarefa menos árdua.

Ao Prof. Nuno Moreira, Coordenador Científico do Departamento de Fitotecnia e Engenharia Rural, pela ajuda prestada na estruturação do trabalho e revisão minuciosa do mesmo.

Ao Prof. Francisco Rego e ao colega João Bento pela ajuda prestada na interpretação estatística dos resultados dos ensaios.

Ao Prof. Fernando Martins e Prof. Nuno Magalhães pelas sugestões e revisão do trabalho.

Ao Prof. Fortunato da Fonseca pela disponibilidade de meios informáticos que permitiram efectuar as medições de análise de imagem.

Ao colega Vicente Seixas pela revisão do capítulo referente aos factores do meio.

Ao Engenheiro António Magalhães, responsável pela Qta de S.Luiz, pelas facilidades concedidas e por muitos dos ensinamentos práticos que nos proporcionou.

Ao colega Francisco Fevereiro pela ajuda prestada na recolha dos dados relativos aos ensaios de medição do cobre nas plantas.

À minha esposa pela minuciosa e paciente correcção ortográfica de todo o trabalho.

Ao Técnico Auxiliar José Luis Monteiro, funcionário do Departamento de Fitotecnia e Engenharia Rural, pela inteira disponibilidade sempre demonstrada durante a realização dos ensaios, preparação de todo o material e medições laboratoriais.

Ao Sr. Machado pela ajuda prestada na concepção e elaboração das alterações efectuadas no pulverizador.

Ao funcionário do Laboratório de Solos e Fertilidade da U.T.A.D., Sr. Fernando Fraga pela prontidão demonstrada na determinação das concentrações do cobre, o que nos permitiu efectuar todos os ensaios previstos.

À funcionária Áurea Queirós, do Laboratório de Culturas Arvenses pela preciosa ajuda prestada, quer na determinação das análises efectuadas no Laboratório de Solos e Fertilidade da U.T.A.D., quer na determinação das características dimensionais das folhas.

Ao desenhador José Carlos Rodrigues pela execução de todas as figuras do texto.

Aos funcionários da Reprografia da U.T.A.D., na pessoa do Sr. Emílio Santos, pelo cuidadoso trabalho de impressão e montagem da versão original.

A todos aqueles que com maior ou menor esforço tornaram possível a elaboração desta dissertação.

Resumo

A aplicação de pesticidas com pulverizadores de dorso e mais recentemente com pulverizadores accionados por tractor, têm sido as formas mais utilizadas para tratamento da cultura da vinha na Região Demarcada do Douro.

Considerando a boa eficiência dos tratamentos obtida com estes meios, os equipamentos referidos mantiveram-se durante muito tempo, tendo no entanto num passado recente, sido postos em causa, quer devido à escassez de mão-de-obra, com o seu conseqüente aumento de preço, quer à maior consciencialização do impacto ambiental a que os pesticidas conduzem.

Assim, para se reduzir a mão de obra e o volume de produtos aplicados, têm-se efectuado vários estudos com vista a obter uma maior deposição de calda nas plantas, por forma a aumentar a eficiência do trabalho e reduzir o volume por unidade de superfície.

No intuito de melhorarmos estes dois aspectos, e socorrendo-nos apenas dos equipamentos, foram efectuadas algumas adaptações a um pulverizador bastante vulgarizado na região, para se obter na planta uma distribuição mais regular da quantidade de calda e diminuir a contaminação do meio.

Para se atingirem estes objectivos efectuaram-se ensaios com duas versões de um pulverizador, utilizando-se um fungicida cúprico que permitiu comparar a quantificação e distribuição de cobre nas plantas. Estas determinações foram realizadas lavando-se as folhas com uma solução de água destilada e ácido clorídrico, sendo a medição do cobre efectuada com um espectrofotómetro de absorção atómica.

A eficácia da pulverização na versão em que se efectuaram as alterações foi posteriormente estudada utilizando a análise de imagem de folhas de papel hidrosensível previamente colocadas na planta e depois pulverizadas, para determinação da percentagem de área coberta (distribuição qualitativa). À semelhança dos ensaios anteriores, as determinações foram efectuadas em seis zonas da planta, definidas por três níveis e um plano que "divide" o bardo ao meio.

As perdas do produto aplicado foram determinadas utilizando um sistema semelhante ao anterior, que consistiu na colocação de folhas de papel hidrosensível na intercepção dos planos exterior e médio dos bardos com o solo. A tentativa de determinação do escoamento utilizando tabuleiros de recepção colocados na mesma posição das folhas de papel não permitiu quantificar as perdas pois eram, na maioria das situações, praticamente nulas.

Os resultados obtidos salientaram a importância que a distribuição dos bicos, em redor da copa das plantas, tem na homogeneidade da deposição, atenuando-se assim os problemas de sobre e sub-dosagem. A adaptação do equipamento à cultura permitiu também a redução do volume de calda, sem que isto afectasse de modo significativo, quer a taxa de cobertura das plantas, quer as perdas para o solo.

Abstract

The pesticides spraying, either by hand sprayers or by tractor mounted sprayers, has been widely used to treat vineyards in Demarcated Douro Region.

These techniques have a good work efficiency and the availability of cheap labor has prevented their disappearance; however, the increase of salaries, decrease of labor availability and the realisation that they are environmental harmful, these techniques have been questioned.

Thus, to address the labor shortage and to use smaller amounts of pesticides, a few studies are under way to better spraying and labor efficiencies and to reduce the pesticides volume per unit of area as well.

With this in mind, we introduced some modifications on a sprayer type, quite familiar in the Douro Region, to get more uniform and better located spray.

Comparative trials were conducted with the original sprayer and with the modified one, spraying with a copper based fungicide to evaluate the quantity and distribution pattern on the plants. The amount of copper was determined by atomic absorption spectrophotometry after washing the vine leaves with water solution of hyperchloric acid.

The modified sprayer was later studied by analysing the imprinted image on water sensitive paper pressed on the sprayed leaves to determine the proportion of covered area. Similarly to the early trials, the determination took place on six plant regions which are defined by three levels and a layer that split the row at the middle.

The liquid loss to the ground, was measured using a process similar to the one described above, laying on the ground and on the outer and middle row levels, the water sensitive paper sheets. The runoff determination using reception trays, laying in the same position as the paper sheets, was not possible because the run off is almost nule.

The results point out the importance of distributing the nozzles along the canopy to ensure the spraying homogeneity which, in turn, reduces dramatically the underspraying as well the overspraying.

The modified equipment to suit the crop characteristics allow us to spray somewhat lower volumes but still efficiently and with very little lost to the ground.

Índice geral

Introdução1
------------------	-----

Parte I - Revisão bibliográfica

Capítulo 1- Factores do meio que mais condicionam a realização dos tratamentos fitossanitários .....	..5
1.1- Introdução .....	..5
1.2- Efeitos dos factores do meio na realização dos tratamentos fitossanitários .....	..5
1.2.1- Factores meteorológicos .....	..5
1.2.1.1- O vento; sua intensidade e direcção .....	..5
1.2.1.2- A turbulência .....	..6
1.2.1.3- A temperatura .....	..6
1.2.1.4- A humidade .....	..7
1.2.2- A topografia .....	..8
1.2.3- As plantas .....	..8
1.2.3.1- Formas de condução da videira .....	..8
1.2.3.2- Aspectos morfológicos da videira .....	..9
1.3- Condições em que se devem efectuar os tratamentos tendo em consideração os factores meteorológicos .....	..10
1.4- Condições meteorológicas junto dos objectos .....	..14
1.5- Influência das forças do meio no transporte e deposição das gotas .....	..17
Capítulo 2- Algumas características dos pesticidas que influenciam o tratamento das culturas ... ..	..23
2.1- Introdução .....	..23
2.2- Constituição dos pesticidas .....	..23
2.2.1- As substâncias activas .....	..23
2.2.2- O diluente .....	..24
2.2.3- Os aditivos .....	..24
2.2.3.1- A homogeneidade da calda .....	..25
2.2.3.2- Os molhantes .....	..25
2.2.3.3- Os aderentes .....	..26
2.3- Algumas considerações relativas à formulação dos pesticidas .....	..27
2.3.1- Formulações de pesticidas para diluição em água .....	..27
2.3.1.1- Formulações aquosas .....	..27
2.3.1.1.1- Os concentrados para emulsão .....	..27
2.3.1.1.2- As suspensões concentradas .....	..29
2.3.1.1.3- Os concentrados solúveis .....	..30
2.3.1.2- Formulações não aquosas .....	..30

2.3.2.2.1- Pós molháveis	30
2.3.2.2.2- Os pós solúveis	31
2.3.2- Formulações sólidas para aplicação directa	31
2.3.2.1- Os pós	31
2.3.2.2- Os grânulados	32
2.4- Principais características físicas dos pesticidas e sua relação com a pulverização	33
2.4.1- A tensão superficial e a massa volúmica	33
2.4.2- A viscosidade e o índice de viscosidade	34
2.5- Importância das características físicas dos pesticidas no comportamento das gotas e seus depósitos nos objectos	36
2.6- Os diferentes tipos de tratamentos	37
2.7- Comportamento dos fungicidas ao nível das plantas	38
2.7.1- Fungicidas de contacto.....	38
2.7.2- Fungicidas penetrantes	38
2.7.3- Fungicidas sistémicos	39
2.8- Algumas relações entre os pesticidas e os factores ambientais	39
2.9- A escolha e concentração dos pesticidas.....	40
Capítulo 3- As diferentes técnicas de pulverização	43
3.1- Introdução	43
3.2- Diferentes técnicas de aplicação dos pesticidas	44
3.2.1- Os métodos tradicionais	44
3.2.2- A aplicação controlada das gotas	45
3.2.3- A aplicação electrostática.....	47
3.2.4- Os ultra-baixos volumes	48
3.2.5- Comparação das diferentes técnicas de aplicação	48
3.3- A pulverização nos sistemas tradicionais de aplicação dos pesticidas	51
3.3.1- Pulverização por pressão do líquido	51
3.3.2- Pulverização pneumática	52
3.4- O transporte das gotas até ao objecto	53
3.4.1- Transporte das gotas por jacto projectado	54
3.4.2- Transporte de gotas por jacto transportado	54
3.5- Principais tipos de pulverizadores tradicionais e suas características	55
3.5.1- Pulverizadores de jacto projectado	55
3.5.2- Pulverizadores pneumáticos	56
3.5.3- Pulverizadores de jacto transportado	56
3.6- Constituição de um pulverizador de jacto transportado.....	58
3.6.1- Reservatório ou depósito	58
3.6.2- Bomba	58

3.6.3- Os ventiladores	59
3.6.3.1- Ventiladores axiais	59
3.6.3.2- Ventiladores radiais	59
3.6.4- Regulador de pressão e o distribuidor	61
3.6.5- Os bicos	61
3.6.5.1- Bicos de fenda	62
3.6.5.2- Bicos de turbulência	62
3.6.6- Rampas de pulverização	64
3.7- A manutenção e regulação dos pulverizadores	65
3.7.1- Regulações a efectuar no circuito do ar	65
3.7.2- Regulações a efectuar ao nível do circuito da calda	66
3.7.2.1- Determinação do débito da bomba	66
3.7.2.2- Medição do débito real e de retorno do pulverizador.....	67
3.7.2.3- Ajustamento do débito real ao teórico	67
3.7.3- Escolha e verificação dos bicos	68
3.7.4- Largura de trabalho	69
3.7.5- Determinação da velocidade de trabalho	70
3.7.6- O volume de calda a aplicar por hectare	70
Capítulo 4- Caracterização de uma população de gotas	73
4.1- Introdução.....	73
4.2- Principais parâmetros utilizados pela escola francesa para caracterização de uma população de gotas	73
4.2.1- Diâmetro aritmético médio	74
4.2.2- Diâmetro de superfície médio	74
4.2.3- Diâmetro volumétrico médio	75
4.2.4- Diâmetro médio volume/superfície ou diâmetro Sautter	76
4.3- Principais parâmetros utilizados pela escola anglo-saxónica para caracterização de uma população de gotas	79
4.3.1- Diâmetro numérico mediano	79
4.3.2- Diâmetro volumétrico mediano.....	80
4.4- Parâmetros definidos nas normas ASAE para caracterização de uma população de gotas ...	82
4.5- Parâmetros mais utilizados pelas duas escolas para caracterização de uma população de gotas	82
4.6- Determinação das características dimensionais das gotas	83
4.6.1- Sistemas de medição por análise de imagem.....	83
4.6.1.1- Suportes para o estudo das gotas	84
4.6.1.2- A medição das gotas	84
4.6.2- Sistemas de medição baseados em raios laser	85

4.7- A deposição das gotas	87
4.7.1- Deposição por sedimentação	87
4.7.2- Deposição por impacto	88
4.7.3- Sedimentação vs impacto	90
4.8- Relação entre a pulverização da calda e a deposição das gotas nas folhas	91

Parte II - Trabalho experimental

Capítulo 5- Material e métodos	97
5.1- Introdução	97
5.2- Caracterização do material vegetal	97
5.3- Apresentação e caracterização do material utilizado	98
5.3.1- Equipamentos de medição	98
5.3.1.1- Anemómetro de palhetas	99
5.3.1.2- Espectrofotómetro de absorção atómica	99
5.3.1.3- Sistema de medição da área foliar	99
5.3.1.4- Medidor de débitos	99
5.3.1.5- Manómetro de precisão	99
5.3.1.6- Sistema de análise de imagem	99
5.3.1.7- Outro equipamento	100
5.3.2- Equipamentos agrícolas	100
5.3.2.1- O tractor	100
5.3.2.2- Pulverizador de jacto transportado com ventilador radial	100
5.3.2.2.1- Versão original	101
5.3.2.2.2- Versão alterada	102
5.4- Medições efectuadas em estação	104
5.4.1- Medições efectuadas com o tractor	104
5.4.2- Medições efectuadas com o pulverizador.....	105
5.4.2.1- Determinação da velocidade dos fluxos de ar do ventilador	105
5.4.2.1.1- Velocidade dos fluxos de ar para a versão original	105
5.4.2.1.2- Velocidades dos fluxos de ar para a versão alterada	107
5.4.2.1.3- Análise e comparação dos resultados relativos à caracterização dos fluxos de ar.....	108
5.4.2.2- Caracterização do circuito da calda do pulverizador	110
5.4.2.2.1- Determinação do débito da bomba	110
5.4.2.2.2- Medição do débito real e do retorno do pulverizador	110
5.4.2.2.3- Determinação do ângulo do jacto	111
5.4.2.2.4- Determinação dos débitos nas versões do pulverizador	113
5.4.2.2.4.1- Determinação dos débitos da versão original	113
5.4.2.2.4.2- Determinação dos débitos da versão alterada	114

5.4.2.2.4.3- Comparação dos débitos das duas versões.....	114
5.4.2.2.5- Determinação dos débitos por hectare	116
5.5- Medições efectuadas no campo para comparação das duas versões do pulverizador	117
5.5.1- Factores escolhidos para comparação das duas versões	117
5.5.1.1- Quantidade de calda depositada na planta	118
5.5.1.2- Perdas de calda por escorrimento	118
5.5.1.3- Eficiência biológica	118
5.5.2- Estudo comparativo das duas versões	119
5.5.2.1- Pressões de funcionamento	119
5.5.2.2- Bicos	119
5.5.2.3- Castas	119
5.5.2.4- Versões do pulverizador.....	120
5.5.2.5- Sectores da rampa	120
5.5.2.6- Velocidades de avanço	120
5.5.3- Análise estatística	120
5.6- Medições efectuadas para caracterização da pulverização da versão alterada	121
5.6.1- Caracterização da pulverização	121
5.6.1.1- Taxa de cobertura das diferentes partes das plantas	121
5.6.1.2- Determinação dos escorrimentos	122
5.6.1.3- O controlo biológico	123
5.6.2- Factores utilizados na caracterização da pulverização	123
5.6.3- Análise estatística	124
Capítulo 6- Resultados e discussão.....	125
6.1- Resultados dos ensaios de campo para comparação das versões.....	125
6.1.1- A pressão	126
6.1.2- Os bicos	131
6.1.3- As castas	137
6.1.4- As versões do pulverizador	142
6.1.5- Os sectores da rampa	147
6.1.6- A velocidade de deslocamento do tractor	152
6.2- Discussão dos resultados obtidos para comparação das versões	157
6.2.1- Pressão	158
6.2.2- Bicos	158
6.2.3- Castas	159
6.2.4- Versões do pulverizador	160
6.2.5- Os sectores da rampa	160
6.2.6- Relações de transmissão	161
6.3- Resultados dos ensaios relativos à utilização da versão alterada	163

6.3.1- Resultados relativos à percentagem de área coberta das plantas	164
6.3.2- Resultados das percentagens de área coberta do solo	165
6.3.3- Discussão dos resultados relativos à versão alterada	167
Capítulo 7- Conclusões	169
7.1- Algumas considerações sobre a metodologia utilizada e dados obtidos	169
7.2- Algumas conclusões sobre a adaptação dos equipamentos à cultura da vinha instalada em patamares com dois bardos	170
7.3- Principais limitações da versão alterada do pulverizador	171
7.3.1- A presença de "mancas" e curvas nos patamares	171
7.3.2- Não contenção da vegetação ou a despona das faces interiores dos bardos	172
7.3.3- A deficiente construção e manutenção dos patamares	172
7.4- Melhoramentos a introduzir nos equipamentos	173
7.4.1- Utilização de rodas de suporte.....	173
7.4.2- Utilização de sistemas sonoros	173
7.4.3- Utilização de um sistema hidráulico que ajustamento da distância das condutas exteriores às faces dos bardos.....	173
7.5- Estudos futuros.....	174
7.5.1- Utilização de diferentes volumes para cada situação.....	174
7.5.2- Utilização de regimes mais baixos da tomada de força	175
7.5.3- Determinação dos índices de retenção das gotas nas plantas	175
7.5.4- Determinação da dimensão das gotas	175
Bibliografia	177
Anexo 1- Quadros com os coeficientes de regressão e análise de variância relativos ao circuito do ar e calda do pulverizador	191
Anexo 2- Quadros com as médias, coeficientes de regressão e análise de variância das quantidades de cobre depositado nas plantas	205
Anexo 3- Quadros com a média e análise de variância da taxa de cobertura das plantas e perdas para o solo	243

Índice das figuras

Capítulo 1

- 1.1- Ângulo de contacto das gotas com a superfície das folhas (adaptado de Matthews, 1981)
- 1.2- Estrutura do vento e das correntes de turbulência nas diferentes condições atmosféricas (adaptado de Elliot e Wilson, 1983)
- 1.3- Diagrama da distribuição das zonas com movimento laminar e turbulento, na zona fronteira de uma folha (adaptado de Jones, 1983)

Capítulo 3

- 3.1- Influência da velocidade do fluxo de ar e do ângulo de incidência na deposição de cobre na cultura da vinha

Capítulo 5

- 5.1- Vista transversal de um patamar com as zonas das plantas onde foram feitas as medições
- 5.2- Vista posterior do pulverizador na sua versão original
- 5.3- Vista posterior do pulverizador na sua versão alterada
- 5.4 e 5.5- Colocação, direcção e distribuição dos jactos nas faces dos bardos na versão original (VO) e na versão alterada (VA) do pulverizador
- 5.6- Velocidade média do ar, em m.s^{-1} , para as diferentes condutas da versão original, medida à saída destas.
- 5.7- Velocidade média, em m.s^{-1} , obtida a 50 cm das condutas e a diferentes distâncias do solo.
- 5.8- Velocidade média do ar, em m.s^{-1} , para as diferentes condutas da versão alterada, medida à saída destas.
- 5.9 e 5.10 - Velocidade, em m.s^{-1} , do fluxo de ar na versão alterada, medida a 50 cm dos bucais e a diferentes distâncias do solo
- 5.11- Débitos do pulverizador, medidos e calculados, e da bomba do pulverizador, em L.min^{-1} , para os bicos de 1,0 mm, fazendo variar a pressão de funcionamento.
- 5.12- Débitos estimados para a versão original do pulverizador, sector esquerdo (RE), direito (RD), somatório dos dois (RE+RD) e total (RED) da rampa, utilizando bicos de 1 mm
- 5.13- Débitos estimados para para a versão original do pulverizador, o sector esquerdo (RE), direito (RD), somatório dos dois (RE+RD) e total (RED) da rampa, utilizando bicos de 1,6 mm.
- 5.14- Débitos estimados para o sector esquerdo (RE), direito (RD), somatório dos dois (RE+RD) e total (RED) da rampa, utilizando bicos de 1 mm, para a versão alterada do pulverizador.
- 5.15- Débitos estimados para o sector esquerdo (RE), direito (RD), somatório dos dois (RE+RD) e total (RED) da rampa, utilizando bicos de 1,6 mm, para a versão alterada do pulverizador.

Capítulo 6

- 6.1- Quantidade média de cobre, em $\mu\text{g.cm}^{-2}$, depositada nas diferentes zonas resultantes da variação da pressão e sua interação com as versões do pulverizador

- 6.2- Quantidade de cobre depositada nas faces dos bardos, em $\mu\text{g.cm}^{-2}$, considerando a pressão e sua interação com as versões do pulverizador
- 6.3- Quantidade média de cobre depositada nos diferentes níveis dos bardos, em $\mu\text{g.cm}^{-2}$, considerando o factor pressão e sua interação com as versões do pulverizador
- 6.4- Quantidade média de cobre depositada nos dois bardos, em $\mu\text{g.cm}^{-2}$, considerando o factor pressão e sua interação com as versões do pulverizador
- 6.5- Quantidade média de cobre, em $\mu\text{g.cm}^{-2}$, depositada nas diferentes zonas, resultantes da utilização dos diferentes bicos e sua interação com as versões do pulverizador
- 6.6- Quantidade média de cobre, em $\mu\text{g.cm}^{-2}$, depositada nas faces dos bardos em função do factor bicos e sua interação com as versões do pulverizador
- 6.7- Quantidade média de cobre, em $\mu\text{g.cm}^{-2}$, depositada nos diferentes níveis para o factor bicos e sua interação com as versões do pulverizador
- 6.8- Quantidade média de cobre depositada nos dois bardos, considerando o factor bicos e sua interação com as versões do pulverizador
- 6.9- Quantidade média de cobre, $\mu\text{g.cm}^{-2}$, depositada nas diferentes zonas das plantas relativas ao factor castas e sua interacção com as versões do pulverizador
- 6.10- Quantidade média de cobre, em $\mu\text{g.cm}^{-2}$, depositada nas diferentes faces das plantas considerando o factor castas e sua interação com as versões do pulverizador
- 6.11- Quantidade média de cobre, em $\mu\text{g.cm}^{-2}$, depositada nos diferentes níveis para o factor castas e sua a interação com as versões do pulverizador
- 6.12- Quantidade média de cobre, em $\mu\text{g.cm}^{-2}$, depositada nos dois bardos, considerando o factor castas e sua interação com as versões do pulverizador
- 6.13- Quantidade média de cobre, em $\mu\text{g.cm}^{-2}$, depositada nas diferentes zonas das plantas considerando o factor versões do pulverizador
- 6.14- Quantidade média de cobre, em $\mu\text{g.cm}^{-2}$, depositada nas faces dos bardos considerando o factor versões do pulverizador
- 6.15- Quantidade média de cobre, em $\mu\text{g.cm}^{-2}$, depositada nas diferentes faces das plantas com o factor versões do pulverizador
- 6.16- Quantidade média de cobre, em $\mu\text{g.cm}^{-2}$, depositada nos dois bardos, considerando o factor versões do pulverizador
- 6.17- Quantidade média de cobre, em $\mu\text{g.cm}^{-2}$, depositada nas diferentes zonas considerando os sectores da rampa e sua interação com as versões do pulverizador
- 6.18- Quantidade média de cobre, em $\mu\text{g.cm}^{-2}$, depositada nas faces considerando os sectores da rampa e a interação com as versões do pulverizador
- 6.19- Quantidade média de cobre, em $\mu\text{g.cm}^{-2}$, depositada nos diferentes níveis para o factor sectores da rampa e sua interação com as versões do pulverizador
- 6.20- Quantidade média de cobre, em $\mu\text{g.cm}^{-2}$, depositada nos bardos, considerando o factor sectores da rampa e sua interação com as versões do pulverizador

- 6.21- Quantidade média de cobre, em $\mu\text{g.cm}^{-2}$, depositada nas diferentes zonas, para as diferentes velocidades de deslocamento e sua interação com as versões do pulverizador
- 6.22- Quantidade média de cobre, em $\mu\text{g.cm}^{-2}$, depositada nas faces considerando o factor velocidades de deslocamento e sua interação com as versões do pulverizador
- 6.23- Quantidade média de cobre, em $\mu\text{g.cm}^{-2}$, depositada nos diferentes níveis das plantas para o factor velocidade de deslocamento e sua interação com as versões do pulverizador
- 6.24- Quantidade média de cobre, em $\mu\text{g.cm}^{-2}$, depositada nos dois bardos, considerando o factor velocidade de deslocamento e sua interação com as versões do pulverizador.
- 6.25- Taxa de cobertura média, em %, obtida nos diferentes patamares e zonas das plantas.
- 6.26- Taxa de cobertura média do solo, em %, nas zonas correspondentes à interceptação dos planos verticais das faces e plano médio com o solo nos diferentes patamares

Índice dos quadros

Capítulo 1

- 1.1- Diferentes categorias da estabilidade atmosférica , segundo Pasquill (1961)
- 1.2- Especificações e velocidades do vento para as forças (0 - 4) da escala de Beaufort
- 1.3- Relação entre o diâmetro das gotas, o tempo de equilíbrio, velocidade de sedimentação e distância de paragem, determinada a partir de uma velocidade inicial de 20 m.s^{-1} , para gotas de água, em situações de estabilidade e a $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Capítulo 2

Quadro 2.1- Modo de formulação dos principais pesticidas aplicados com diluição prévia em água

Capítulo 3

- 3.1- Designação e definição da quantidade de calda a aplicar, em L.ha^{-1} , para as culturas arvenses, arbustivas e arbóreas.
- 3.2- Volume de calda, em L.ha^{-1} , aconselhado para as técnicas tradicionais de aplicação
- 3.3- Dimensão das gotas e sua utilização para a aplicação controlada
- 3.4- Principais características dos diferentes tipos de pulverizadores que se baseiam na pulverização tradicional da calda
- 3.5- Comprimento dos ensaios em branco, em metros, para se obter uma área padrão de 50 m^2 , em diferentes compassos e instalações de vinha

Capítulo 4

- 4.1- Caracterização de uma população de gotas, considerando o número e volume das classes (N_j e V_j) relativamente ao total (N_g e V_g)
- 4.2- Classificação das gotas em função do seu DVM, expresso em μm
- 4.3- Principais critérios para execução dos tratamentos e os factores físicos e tecnológicos envolvidos.

Capítulo 5

- 5.1- Número médio de folhas, sua área e área total, e índice de área foliar para as castas Tinta da Barca e Touriga Nacional
- 5.2- Relações de transmissão (RT) e velocidades de deslocamento do tractor (v_t), em km.h^{-1} , com o pulverizador montado e a 2500 r.min^{-1} do motor
- 5.3- Velocidade média, em m.s^{-1} , determinada na versão original, à saída dos bucais e em quatro pontos distintos, correspondentes à posição dos ponteiros do relógio, e a média para cada bucal
- 5.4- Velocidade média do ar (v_a), em m.s^{-1} , determinada na versão original, a 50 cm das condutas e a diferentes distâncias do solo (d).
- 5.5- Velocidade média do ar, em m.s^{-1} , determinada na versão alterada, para as diferentes condutas, medidas à saída destas

XVIII

- 5.6- Velocidade do fluxo de ar (v_a), em $m.s^{-1}$, para a versão alterada, medida a 50 cm de distância dos bucais e a várias distâncias do solo (d)
- 5.7- Débitos do pulverizador, medidos e calculados, em $L.min^{-1}$, para os bicos de 1,0 mm, fazendo variar a pressão de funcionamento, em kPa.
- 5.8- Determinação da largura do jacto, em cm, obtida com uma pressão de 300 e 600 kPa e com pastilhas de 1,0 mm, em função da distância aos bicos, em cm.
- 5.9- Valor médio dos débitos, em $L.min^{-1}$, para a versão original com diferentes pressões, em kPa, e pastilhas de 1,0 e 1,6 mm
- 5.10- Valor médio dos débitos, em $L.min^{-1}$, para a versão alterada com diferentes pressões e bicos com pastilhas de 1,0 e 1,6 mm
- 5.11- Débitos, em $L.ha^{-1}$, para as duas versões do pulverizador

Capítulo 6

- 6.1- Quantidade média de cobre, em $\mu g.cm^{-2}$, depositada nas diferentes zonas, resultantes da variação da pressão e sua interacção com as versões do pulverizador
- 6.2- Valores de F e P relativos à quantidade de cobre depositada nas diferentes zonas de amostragem das plantas para o factor pressão e sua interacção com as versões do pulverizador
- 6.3- Valor médio de cobre e seu desvio padrão, em $\mu g.cm^{-2}$, e coeficiente de variação, em %, para o conjunto das zonas considerando as pressões e sua interacção com as versões do pulverizador
- 6.4- Quantidade de cobre depositada em cada face do bardo, em $\mu g.cm^{-2}$, considerando a pressão e sua interacção com as versões do pulverizador
- 6.5- Valores de F e P relativos à quantidade de cobre depositada nas faces das plantas para o factor pressão e sua interacção com a versões do pulverizador
- 6.6- Valor médio de cobre e seu desvio padrão, em $\mu g.cm^{-2}$, e coeficiente de variação, em %, para o conjunto das faces, para o factor pressão e interacção com as versões do pulverizador
- 6.7- Quantidade média de cobre depositada nos diferentes níveis dos bardos, em $\mu g.cm^{-2}$, considerando o factor pressão e sua interacção com as versões do pulverizador
- 6.8- Valores de F e P relativos à quantidade de cobre depositada nos diferentes níveis das plantas para o factor pressão e sua interacção com a versões do pulverizador
- 6.9- Valor médio de cobre e seu desvio padrão, em $\mu g.cm^{-2}$, e coeficiente de variação, em %, para os diferentes níveis e para o factor pressão e sua interacção com a versões do pulverizador
- 6.10- Quantidade média de cobre depositada nos dois bardos, em $\mu g.cm^{-2}$, considerando o factor pressão e sua interacção com a versões do pulverizador
- 6.11- Valores de F e P relativos à quantidade de cobre depositada nos bardos para o factor pressão e sua interacção com a versões do pulverizador
- 6.12- Valor médio de cobre e seu desvio padrão, em $\mu g.cm^{-2}$, e coeficiente de variação, em %, para os bardos considerando o factor pressão e sua interacção com a versões do pulverizador
- 6.13- Quantidade média de cobre, em $\mu g.cm^{-2}$, depositada nas diferentes zonas, resultantes da utilização dos diferentes bicos e sua interacção com as versões do pulverizador.

- 6.14- Valores de F e P relativos à quantidade de cobre depositada nas diferentes zonas das plantas, fazendo variar os bicos e da sua interacção com as versões do pulverizador
- 6.15- Valor médio e seu desvio padrão, em $\mu\text{g.cm}^{-2}$, e coeficiente de variação, em %, para as diferentes zonas das plantas, para o factor bicos e sua interacção com a versões do pulverizador
- 6.16- Quantidade de cobre, em $\mu\text{g.cm}^{-2}$, depositada nas faces dos bardos em função do factor bicos e sua interacção com as versões do pulverizador
- 6.17- Valores de F e P relativos à quantidade de cobre depositada nas faces dos bardos considerando o factor bicos e sua interacção com as versões do pulverizador
- 6.18- Valor médio de cobre e seu desvio padrão, em $\mu\text{g.cm}^{-2}$, e coeficiente de variação, em %, para o factor bicos e sua interacção com as versões do pulverizador
- 6.19- Quantidade média de cobre, em $\mu\text{g.cm}^{-2}$, depositada nos diferentes níveis para o factor bicos e sua interacção com as versões do pulverizador
- 6.20- Valores de F e P relativos à quantidade de cobre depositada nos diferentes níveis das plantas considerando o factor bicos e as sua interacção com as versões do pulverizador
- 6.21- Valor médio de cobre e seu desvio padrão, em $\mu\text{g.cm}^{-2}$, e coeficiente de variação, em %, para os diferentes níveis, para o factor bicos e as sua interacção com as versões do pulverizador
- 6.22- Quantidade média de cobre, em $\mu\text{g.cm}^{-2}$, depositada nos dois bardos, considerando o factor bicos e sua interacção com as versões do pulverizador
- 6.23- Os valores de F e P relativos à quantidade de cobre depositada nos dois bardos considerando o factor bicos e a sua interacção com as versões do pulverizador
- 6.24- Valor médio de cobre e seu desvio padrão, em $\mu\text{g.cm}^{-2}$, e coeficiente de variação, em %, relativos ao bardo, considerando o factor bicos e a sua interacção com as versões do pulverizador
- 6.25- Quantidade de cobre, $\mu\text{g.cm}^{-2}$, depositada nas diferentes zonas das plantas relativas ao factor castas e sua interacção com as versões do pulverizador
- 6.26- Valores de F e P relativos à quantidade de cobre depositada nas diferentes zonas das plantas considerando o factor castas e sua interacção com as versões do pulverizador
- 6.27- Valor médio de cobre e seu desvio padrão, em $\mu\text{g.cm}^{-2}$, e coeficiente de variação, em %, para o factor castas e sua interacção com as versões do pulverizador
- 6.28- Quantidade de cobre, em $\mu\text{g.cm}^{-2}$, depositada nas faces considerando o factor casta e sua interacção com as versões do pulverizador
- 6.29- Valores de F e P relativos à quantidade de cobre depositada nas faces das plantas considerando o factor castas e sua interacção com as versões do pulverizador
- 6.30- Valor médio de cobre e seu desvio padrão, em $\mu\text{g.cm}^{-2}$, e coeficiente de variação, em %, para as faces dos bardos considerando o factor castas e sua interacção com as versões do pulverizador.
- 6.31- Quantidade média de cobre, em $\mu\text{g.cm}^{-2}$, depositada nos diferentes níveis para o factor castas e sua interacção com as versões do pulverizador
- 6.32- Valores de F e P relativos à quantidade de cobre depositada nos diferentes níveis das plantas para o factor castas e sua interacção com as versões do pulverizador

6.33- Valor médio de cobre e seu desvio padrão, em $\mu\text{g.cm}^{-2}$, e coeficiente de variação, em %, para os diferentes níveis, para o factor castas e sua interacção com as versões do pulverizador.

6.34- Quantidade média de cobre, em $\mu\text{g.cm}^{-2}$, depositada nos dois bardos, considerando o factor castas e a interacção com as versões do pulverizador

6.35- Valores de F e P relativos à quantidade de cobre depositada nos bardos considerando o factor castas e sua interacção com as versões do pulverizador

6.36- Quantidade média de cobre e seu desvio padrão, em $\mu\text{g.cm}^{-2}$, e coeficiente de variação, em %, para os bardos, relativas ao factor castas e sua interacção com as versões do pulverizador

6.37- Quantidade média de cobre, em $\mu\text{g.cm}^{-2}$, depositada nas diferentes zonas das plantas considerando o factor versões do pulverizador

6.38- Valores de F e P relativos à quantidade de cobre depositada nas diferentes zonas das plantas com as versões do pulverizador

6.39- Valor médio de cobre e seu desvio padrão, em $\mu\text{g.cm}^{-2}$, e coeficiente de variação, em %, para a quantidade de cobre depositada nas diferentes zonas das plantas com as versões do pulverizador

6.40- Quantidade média de cobre, em $\mu\text{g.cm}^{-2}$, depositada nas faces considerando o factor versões do pulverizador

6.41- Valores de F e P relativos à quantidade de cobre depositada nas faces dos bardos com as versões do pulverizador

6.42- Valor médio de cobre e seu desvio padrão, em $\mu\text{g.cm}^{-2}$, e coeficiente de variação, em %, para as faces dos bardos considerando as duas versões do pulverizador

6.43- Quantidade média de cobre, em $\mu\text{g.cm}^{-2}$, depositada nos diferentes níveis para o factor versões do pulverizador

6.44- Valores de F e P relativos à quantidade de cobre depositada nos diferentes níveis das plantas considerando o factor versões do pulverizador

6.45- Valor médio de cobre e seu desvio padrão, em $\mu\text{g.cm}^{-2}$, e coeficiente de variação, em %, nos diferentes níveis das plantas para o factor versões do pulverizador

6.46- Quantidade média de cobre, em $\mu\text{g.cm}^{-2}$, depositada nos dois bardos, considerando o factor versões do pulverizador

6.47- Valores de F e P relativos à quantidade de cobre depositada nos diferentes bardos considerando o factor versões do pulverizador

6.48- Valor médio de cobre e seu desvio padrão, em $\mu\text{g.cm}^{-2}$, e coeficiente de variação, em %, nos bardos e para o factor versões do pulverizador

6.49- Quantidade de cobre, em $\mu\text{g.cm}^{-2}$, depositada nas diferentes zonas das plantas considerando o factor sectores da rampa e sua interacção com as versões do pulverizador

6.50- Valores de F e P relativos à quantidade de cobre depositada nas diferentes zonas da planta considerando o factor sectores da rampa e a sua interacção com as versões do pulverizador

6.51- Valor médio de cobre e seu desvio padrão, em $\mu\text{g.cm}^{-2}$, e coeficiente de variação, em %, para as zonas considerando o factor sectores da rampa e sua interacção com versões do pulverizador

- 6.52- Quantidade de cobre, em $\mu\text{g.cm}^{-2}$, depositada nas faces considerando os sectores da rampa e a interacção com as versões do pulverizador
- 6.53- Valores de F e P relativos à quantidade de cobre depositada nas diferentes faces considerando o factor sectores da rampa e sua interacção com as versões do pulverizador
- 6.54- Valor médio de cobre e seu desvio padrão, em $\mu\text{g.cm}^{-2}$, e coeficiente de variação, em %, para as faces, considerando o factor sectores da rampa e sua interacção com as versões do pulverizador
- 6.55- Quantidade média de cobre, em $\mu\text{g.cm}^{-2}$, depositada nos diferentes níveis para o factor sectores da rampa e sua interacção com as versões do pulverizador
- 6.56- Valores de F e P relativos à quantidade de cobre depositada nos níveis dos bardos considerando o factor sectores da rampa e sua interacção com as versões do pulverizador
- 6.57- Valor médio de cobre e seu desvio padrão, em $\mu\text{g.cm}^{-2}$, e coeficiente de variação, em %, para os diferentes níveis, considerando o factor sectores da rampa e sua interacção com as versões do pulverizador
- 6.58- Quantidade média de cobre, em $\mu\text{g.cm}^{-2}$, depositada nos bardos, considerando o factor sectores da rampa e sua interacção com as versões do pulverizador
- 6.59- Valores de F e P relativos à quantidade de cobre depositada nos dois bardos para o factor sectores da rampa e sua interacção com as versões do pulverizador.
- 6.60- Quantidade média de cobre, em $\mu\text{g.cm}^{-2}$, depositada nas diferentes zonas, para as diferentes velocidades de deslocamento e sua interacção com as versões do pulverizador.
- 6.61- Valores de F e P relativos à quantidade de cobre depositada nas zonas das plantas considerando o factor velocidade e sua interacção com as versões do pulverizador
- 6.62- Valor médio de cobre e seu desvio padrão, em $\mu\text{g.cm}^{-2}$, e coeficiente de variação, em %, para as diferentes zonas resultantes da variação da velocidade de deslocamento e sua interacção com as versões do pulverizador
- 6.63- Quantidade de cobre, em $\mu\text{g.cm}^{-2}$, depositada nas faces considerando o factor velocidade de deslocamento e sua interacção com as versões do pulverizador
- 6.64- Valores de F e P relativos à quantidade de cobre depositada nas faces dos bardos considerando o factor velocidade de deslocamento e sua interacção com as versões do pulverizador
- 6.65- Valor médio de cobre e seu desvio padrão, em $\mu\text{g.cm}^{-2}$, e coeficiente de variação, em %, para as faces dos bardos, considerando o factor relações de transmissão e sua interacção com as versões do pulverizador
- 6.66- Quantidade média de cobre, em $\mu\text{g.cm}^{-2}$, depositada nos diferentes níveis das plantas para o factor velocidade de deslocamento e sua interacção com as versões do pulverizador
- 6.67- Valores de F e P relativos à quantidade de cobre depositada nos diferentes níveis das plantas obtidos com as diferentes velocidades de deslocamento e sua interacção com versões do pulverizador
- 6.68- Valor médio de cobre e seu desvio padrão, em $\mu\text{g.cm}^{-2}$, e coeficiente de variação, em %, para os níveis das plantas, para o factor velocidade de deslocamento e sua interacção com as versões do pulverizador.

6.69- Quantidade média de cobre, em $\mu\text{g.cm}^{-2}$, depositada nos dois bardos, considerando o factor velocidade de deslocamento e sua interacção com as versões do pulverizador.

6.70- Valores de F e P relativos à quantidade de cobre depositada nos bardos considerando o factor velocidade e sua interacção com as versões do pulverizador

6.71- Valores médios de cobre e seu desvio padrão, em $\mu\text{g.cm}^{-2}$, e coeficiente de variação, em %, para os bardos, considerando o factor velocidade de deslocamento e sua interacção com as versões do pulverizador.

6.72- Taxa de cobertura média, em %, para as diferentes zonas das plantas e bardos nos vários patamares.

6.73- Factores utilizados, quantidade de calda, em L.ha^{-1} , e taxa de cobertura obtida na versão alterada.

6.74- Taxa de cobertura média do solo, em %, nos diferentes patamares.

Símbolos e abreviaturas utilizadas no texto

A1(2,3)	.....zona definida pelo nível 1 (2, 3) da face exterior do bardo interior do patamar
AB	.....bardo interior do patamar
B1(2,3)	.....zona definida pelo nível 1 (2, 3) da face interior do bardo interior do patamar
BC	.....bicos de pulverizador
BC10	.....bicos de pulverizador com diâmetro do orifício das pastilhas igual a 1,0 mm
BC16	.....bicos de pulverizador com diâmetro do orifício das pastilhas igual a 1,6 mm
BD	.....bucais direitos
BDn	.....bucal direito nº1 a nº 5, contados a partir do solo
BE	.....bucais esquerdos
BE n	.....bucal esquerdo nº 1 a nº 5, contados a partir do solo
BR	.....pressão de funcionamento, em kPa
BR3	.....pressão de 300 kPa
BR6	.....pressão de 600 kPa
C1(2,3)	.....zona definida pelo nível 1(2, 3) da face interior do bardo exterior do patamar
CD	.....bardo exterior do patamar
Coef.	.....coeficiente
CS	.....casta de videira
CV	.....coeficiente de variação
D1(2,3)	.....zona definida pelo nível 1 (2, 3) da face exterior do bardo exterior do patamar
d_a	.....diâmetro aritmético médio das gotas, em μm
d_g	.....diâmetro geométrico das gotas, em μm
DNM	.....diâmetro numérico mediano, em μm
D_p	.....débito do pulverizador, em $\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$
d_s	.....diâmetro de superfície médio, em μm
d_v	.....diâmetro volumétrico médio, em μm
$d_{v/s}$	.....diâmetro volume/superfície média, em μm
DVM	.....diâmetro volumétrico mediano, em μm
d	.....distância dos bucais ao solo, em cm
F	.....relação da variação entre amostras e dentro destas
FA	.....face exterior do bardo interior do patamar
Fact.	.....factores
FB	.....face interior do bardo interior do patamar
FC	.....face interior do bardo exterior do patamar
FD	.....face exterior do bardo exterior do patamar
gl	.....graus de liberdade
IAF	.....índice de área foliar
Incl.	.....inclinação, em 5%.
Int. Conf.	.....Intervalo de confiança

Int. fact.	interacção de factores
l	largura de trabalho, em m
m	coeficiente do débito global dos bicos
Méd.	valores médios
Mod.....	modelo
NMD.....	diâmetro numérico mediano, em μm
O.var.	origem da variação
P.....	probabilidade ou nível de significância
p (p1,p2)	pressão, em kPa
N.....	potência, em watts
PC	pulverizador centrífugo
PJP	pulverizador de jacto projectado
PJT	pulverizador de jacto transportado
PL	pulverizador
PP	pulverizador pneumático
Q	quantidade de calda a aplicar por hectare, em $\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}$
QM	quadrados médios
r^2	coeficiente de determinação simples
R^2	coeficiente de determinação múltipla
RD	sector direito da rampa
RE	sector esquerdo da rampa
RM.....	conjunto dos dois sectores da rampa
RT	relação de transmissão
RT5	5ª relação de transmissão
RT6	6ª relação de transmissão
S.....	erro padrão
SQ	soma de quadrados
$S_{y.x}$	erro padrão das regressões
t	tempo, em min
TB	Tinta da Barca
TDF.....	tomada de força
TN.....	Touriga Nacional
TO.....	Tinta Barroca
v_a	velocidade média do ar, em $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
VA	versão alterada do pulverizador
$v_{aA1(2,3)}$...	velocidade do ar na zona A1(2,3) da planta, em $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
$v_{aAA(BB)}$	velocidade média do ar na face A (B) do bardo AB, em $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
$v_{aAB(CD)}$	velocidade média do ar no bardo AB (CD), em $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
$v_{aAB1(2,3)}$..	velocidade média do ar no nível 1 (2,3) do bardo AB, em $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$

$v_{aB1(2,3)}$ velocidade do ar na zona B1(2,3) da planta, em $m.s^{-1}$

v_{aBDn} velocidade do ar, no bucal direito nº (1 a 5), em $m.s^{-1}$

$v_{aBE(D)n}$... velocidade do ar do bucal esquerdo (direito) nº e na posição nº, em $m.s^{-1}$

v_{aBEn} velocidade do ar, no bucal esquerdo nº (1 a 5), em $m.s^{-1}$

$v_{aC1(2,3)}$ velocidade do ar na zona C1(2,3) da planta, em $m.s^{-1}$

$v_{aCD1(2,3)}$... velocidade média do ar no nível 1 (2,3) do bardo CD, em $m.s^{-1}$

$v_{aD1(2,3)}$ velocidade do ar na zona D1(2,3) da planta, em $m.s^{-1}$

Var.Ind variável independente

$v_{aRE(D)d}$ velocidade do ar da rampa esquerda (direita) medida a d cm do solo, em $m.s^{-1}$

w_t velocidade tangencial do vento, em $m.s^{-1}$

VMD diâmetro volumétrico mediano, em μm

VO versão original do pulverizador

VP versão do pulverizador

v_t velocidade de trabalho, em $km.h^{-1}$

w velocidade do vento, em $m.s^{-1}$

Caracteres gregos e romanos

Δ diferença finita

Δw variação da velocidade do vento entre dois pontos, em $m.s^{-1}$

η_a viscosidade do ar, em $N.s.m^{-2}$

η_g viscosidade das gotas, em $N.s.m^{-2}$

η_l viscosidade dos líquidos, em $N.s.m^{-2}$

ρ_a massa volúmica do ar, em $kg.m^{-3}$

ρ_g massa volúmica das gotas, em $kg.m^{-3}$

ρ_l massa volúmica dos líquidos, em $kg.m^{-3}$

σ tensão superficial dos líquidos, em $N.m^{-1}$

T temperatura , em $^{\circ}C$

Introdução

O trabalho "Estudo e Adaptação de um Pulverizador de Jacto Transportado às Vinhas Instaladas em Patamares na Região Demarcada do Douro" realizado no Departamento de Fitotecnia e Engenharia Rural da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, encontra-se integrado num programa de estudos sobre esta região, e vem no seguimento de outros levados a cabo com o objectivo principal de estudar os problemas de mecanização da cultura da vinha.

Assim, depois de definidas as situações em que é possível a utilização da tracção directa, é fundamental estudar e adaptar os equipamentos que possam tirar partido desta, por forma a racionalizar todas as operações culturais.

A prioridade dada aos tratamentos fitossanitários prende-se com a sua importância nesta região, pois, na maioria das situações, estes são ainda realizados utilizando pulverizadores de dorso, o que acarreta normalmente grandes problemas, quer em termos de oportunidade dos mesmos, quer de mão de obra. Quando os tratamentos são realizados por equipamentos accionados pelo tractor, apresentam, na maioria das vezes, uma eficiência muito baixa, o que implica, para que haja um controlo aceitável das pragas e/ou doenças, a utilização de volumes de calda muito superiores aos teoricamente necessários, resultando daí problemas económicos, ambientais e de oportunidade de realização dos mesmos.

Nestas formas de luta directa, têm-se utilizado principalmente produtos químicos pela facilidade e oportunidade de aplicação, tendo a luta biológica suscitado ultimamente grande interesse devido às alterações do meio a que a utilização maciça de produtos químicos tem conduzido. As formas de luta indirecta, tiveram na Região Demarcada do Douro (RDD) uma grande importância quando do aparecimento da filoxera, pois através da utilização de porta-enxertos, desenvolveram-se formas resistentes a esta praga.

Para a luta directa a escolha dos produtos não oferece, hoje em dia, grande dificuldade, não acontecendo o mesmo com os equipamentos que, apesar de não terem tido grande evolução tecnológica, apresentam adaptações a determinadas situações específicas, como é, por exemplo, o caso dos pulverizadores anti-botrytis, os painéis recuperadores, os sistemas de pulverização intermitente e outros.

Assim, e nesta linha, o presente trabalho pretende contribuir para a adaptação de um pulverizador às condições específicas dos patamares de duas linhas da RDD, por forma a reduzir o volume, sem afectar a eficiência biológica dos tratamentos e aplicar o produto mais uniformemente nas plantas a tratar. Com este objectivo, escolheu-se um dos tipos de pulverizadores normalmente empregues nesta cultura, introduzindo-se-lhe várias alterações com vista a distribuir a substância activa (s.a.) nas faces interior e exterior dos bardos, para se maximizar a taxa de cobertura.

Este objectivo, aliado à escolha dos produtos químicos mais adequados, requer, quando as culturas apresentam uma certa especificidade, a introdução de algumas alterações no equipamento.

O estudo de um pulverizador para utilização numa dada cultura implica o conhecimento dos vários factores que influenciam os tratamentos, nomeadamente as condições ambientais, a cultura e

produtos utilizados, assim como os factores relativos à pulverização e à escolha do equipamento, pelo que na PARTE I do trabalho estes aspectos serão abordados.

Na PARTE II é feita a caracterização do material utilizado, apresentam-se as medições com ele efectuadas, os resultados dos ensaios de campo e respectiva discussão, tornando-se assim possível a comparação do pulverizador sem e com alterações, e portanto escolher a versão que permite melhor eficiência biológica e utilize volumes de calda mais baixos; a versão escolhida será posteriormente estudada para se conhecerem melhor as características que resultam da sua utilização.

PARTE I

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Capítulo 1

Factores do meio que mais condicionam a realização dos tratamentos fitossanitários.

1.1- Introdução

Até à década de 60 a cultura da vinha foi instalada segundo as curvas de nível com larguras de entre-linha muito reduzidas (1,2-1,5 metros), sendo os tratamentos fitossanitários efectuados com pulverizadores de dorso. A partir dessa data, e com a introdução dos patamares, principalmente os de duas linhas, tornou-se possível a utilização de equipamentos de tracção e, conseqüentemente, dos equipamentos por eles accionados. Esta nova forma de instalação conduziu, no entanto, a vários problemas, nomeadamente o tratamento das faces exteriores dos bardos e o combate das infestantes dos taludes, que ainda hoje se não encontram resolvidos. Com a implantação das vinhas "ao alto" pretende-se contornar estes problemas assim como reduzir a área útil que a instalação dos patamares acarreta.

Apesar dos inconvenientes que se reconhecem às vinhas instaladas em patamares, a sua área tem vindo a aumentar, pelo que urge estudar as melhores soluções de mecanização, nomeadamente os aspectos citados, para os quais este trabalho pretende contribuir.

Considerando a grande importância que os factores do meio têm na realização dos tratamentos das culturas, especialmente quando efectuados por equipamentos accionados pelos tractores, apresentam-se alguns dos seus aspectos mais importantes.

1.2- Efeitos dos factores do meio na realização dos tratamentos fitossanitários

Entre os principais factores do meio que condicionam a realização dos tratamentos fitossanitários encontram-se os factores meteorológicos, a topografia do local e as características da própria cultura..

1.2.1- Factores meteorológicos

Dos factores meteorológicos os que maior influencia têm na eficácia da pulverização são os seguintes:

- o vento;
- a turbulência;
- a temperatura;
- a humidade.

1.2.1.1- O vento; sua intensidade e direcção

O vento, caracterizado por apresentar fluxos laminares ou viscosos, forma-se devido a gradientes horizontais de pressão nas camadas inferiores da atmosfera, sendo tanto mais forte quanto maiores forem aqueles gradientes e menor a rugosidade da superfície.

Relativamente à sua direcção, quando a velocidade é baixa, é bastante variável, sendo influenciada pelas correntes de convecção e topografia do terreno, o que pode fazer com que parcelas relativamente próximas tenham ventos com direcções distintas. Estas características apresentam variações durante o dia, pois a velocidade e direcção têm menores oscilações durante a noite e primeiras e últimas horas do dia pelo que se aconselha a realização dos tratamentos nesses períodos; nem sempre esta é a melhor opção, pois os ventos mais intensos são mais facilmente previsíveis e espalham as gotas por grandes áreas, enquanto que as situações de brisa ligeira, com intensidades e direcções difíceis de conhecer, arrastam as gotas mais pequenas depositando-as em grandes concentrações em locais determinados.

Segundo Pasquill (1974) "spraying in the presence of an appreciable wind has at least the advantage that the direction of travel of spray will usually be definable" .

1.2.1.2- A turbulência

As correntes de turbulência resultam quer do atrito do vento com a superfície de um objecto, (solo, folha, etc), ou com outras camadas de ar situadas a diferentes altitudes (diferentes viscosidades) que lhe reduzem a intensidade, quer do aquecimento da superfície, solo ou vegetação, que atingindo temperaturas superiores às camadas mais afastadas, originam correntes de ar com sentido ascendente (Johnstone, 1978). O primeiro tipo de turbulência, designada por correntes de convecção de origem mecânica, tem a sua origem no vento, e o segundo, formado devido ao deslocamento vertical de grandes massas de ar, designa-se por correntes de convecção de origem térmica (Jones, 1983).

Em noites claras ou às primeiras horas da manhã, devido ao arrefecimento do solo provocado pela radiação, podem originar-se condições de instabilidade atmosférica com correntes de sentido descendente (Geiger, 1980).

Assim, e relativamente à turbulência resultante do vento, que é a mais frequente, formam-se correntes que apresentam pequenos remoinhos (turbilhões) junto às zonas de atrito e que vão aumentando à medida que se afastam delas; a velocidade destas correntes é considerada como a velocidade tangencial média dos remoinhos, pois resulta da resistência ao avanço do vento originada por um objecto ou outras camadas de ar (Geiger, 1980).

1.2.1.3- A temperatura

A temperatura influencia directa e indirectamente a realização dos tratamentos, pois a sua acção faz-se sentir quer na evaporação das gotas, com a consequente perda de massa e velocidade, da qual resulta uma maior tendência para o arrastamento (Elliot e Wilson, 1983), quer nas diferenças de temperatura entre as camadas de ar junto ao solo e as mais afastadas. Estas diferenças originam gradientes de temperatura responsáveis pelas correntes de convecção de origem térmica (Jones, 1983); o aumento da temperatura diurno, provoca também a diminuição da humidade relativa acelerando a evaporação das gotas.

1.2.1.4- A humidade

Sendo os produtos químicos utilizados em agricultura normalmente diluídos em água, a humidade relativa tem grande importância, pois o seu valor condiciona a evaporação das gotas, podendo conduzir a perdas apreciáveis da sua massa; estas perdas são tanto mais intensas quanto maior for a diferença de humidade entre o fluido pulverizado e o meio que o rodeia. A aplicação dos pesticidas em presença de orvalho atenua essa diferença e pode ajudar a sua distribuição, mas, devido ao aumento da diluição da substância activa (s.a.), pode tornar o tratamento ineficaz.

Relativamente a este factor Martin (1978) considera que sendo a água o principal diluente utilizado para aplicação dos pesticidas, a taxa de evaporação destes é condicionada por aquela podendo dizer-se que:

- a taxa de evaporação inicial da mistura, água + substância activa, é semelhante à da água pura;
- a taxa de evaporação da gota não é significativamente reduzida até que quase toda a água seja evaporada;
- o peso final da gota é sensivelmente igual ao da substância activa, tornando-se tão pequena que é facilmente arrastada pelas correntes de ar.

Considerando a temperatura e a humidade relativa, ensaios referidos por Johnstone (1978) permitiram relacionar as variações do tempo de vida de gotas de água com dimensões de 30 e 200 μm , sujeitas a 30 e 20°C, e a 50 e 80 % de humidade.

Ensaio realizado por Gohlich (1985) indicam que uma gota de 80 μm de DVM (4.3.2) passa para 35 μm durante um trajecto de 2 m a uma temperatura de 25°C e uma humidade relativa de 45%. Estudos efectuados por este autor e nestas condições indicam que as perdas são especialmente importantes para as gotas mais pequenas, pois estas evaporam-se mais rapidamente que as grandes por a sua superfície, relativamente ao volume, ser superior. Sendo estas perdas relativas muito grandes as gotas podem mesmo ficar reduzidas à substância activa; as gotas maiores são menos sensíveis, pois normalmente atingem o objecto antes que a massa evaporada seja importante.

Relativamente aos efeitos da evaporação das gotas na sua dispersão, Matthews (1979), divide-as em três grandes grupos:

- gotas pequenas (< 200 μm), que se evaporam completamente antes de se depositarem, ficando apenas o seu resíduo que tem uma baixa eficiência de deposição;
- gotas intermédias (200 a 400 μm), em que a evaporação reduz a sua massa, sendo a deriva ou deposição influenciada pelas correntes de ar ou pela força da gravidade;
- gotas grandes (> 400 μm), em que este fenómeno praticamente não altera a sua massa, antes de atingirem o objecto.

Considerando que uma parte importante da calda é pulverizada em gotas com diâmetros compreendidos entre 200 e 400 μm , o estudo das condições do meio que condicionam a evaporação é fundamental.

1.2.2- A topografia

A topografia tem grande importância na execução dos tratamentos das culturas, pois não só influencia directamente as correntes de ar devido à forma do relevo, influência passiva, como, pela variação da radiação solar, origina essas correntes, influência activa (Geiger, 1980). A intensidade das correntes, que resultam directamente da topografia, depende, entre outros factores, da inclinação e orientação da encosta, o que provoca diferenças mais ou menos acentuadas de temperatura e de pressão.

Para além destes factores a armação do terreno em patamares e o tipo de solo têm um peso muito importante nos fluxos de ar, pelo que um estudo exaustivo da topografia teria de incluir estes aspectos.

Considerando as características topográficas da Região Demarcada do Douro as brisas de encosta apresentam, geralmente, durante o dia um sentido ascendente e descendente à noite, verificando-se uma grande estabilidade às primeiras e últimas horas do dia.

1.2.3- As plantas

A cultura da vinha, para além de afectar as condições microclimáticas, nomeadamente a velocidade do vento, apresenta alguns aspectos com grande interesse para a eficiência dos tratamentos, entre os quais se incluem:

- a forma de condução das plantas;
- os aspectos morfológicos.

1.2.3.1- Formas de condução da videira

As várias formas de condução das videiras criam diferenças de distribuição das folhas que condicionam a penetração das correntes de ar no interior das plantas, assim como a área exposta.

Relativamente à facilidade de penetração das correntes de ar os fluxos criados pelos equipamentos devem permitir uma infiltração na copa por forma a que a massa de ar aí existente seja totalmente renovada (Pons, 1988) e para que as correntes de turbulência originadas no seu interior favoreçam a deposição das gotas (Gohlich, 1985).

No que respeita à retenção das gotas, a existência de uma parede contínua e compacta permite uma maior intercepção, diminuindo-se assim as perdas para a atmosfera.

1.2.3.2- Aspectos morfológicos da videira

A morfologia das castas apresenta diferentes características, quer no que respeita à expressão vegetativa e vigor, quer à dimensão e tipo de vilosidade das folhas.

Assim, para a expressão vegetativa, deve ter-se em consideração a determinação do índice de área foliar (IAF), relação entre a área foliar e a superfície plana de solo ocupada pela planta, para se estabelecer a sua relação com a distribuição da calda no seu interior; à medida que o volume da folhagem aumenta a penetração do fluido é mais difícil, o que implica que se diminua o diâmetro das gotas para que atinjam o interior da planta (Bryant, 1985).

Ensaio efectuado por este autor, em cereais, indicam que o aumento do IAF de 2,7 para 6,5 permite aumentar a taxa de cobertura de 65 para 90%, reduzindo-se assim a fracção de gotas que atingem o solo.

A expressão vegetativa condiciona também a espessura da zona de fronteira da copa (1.3), e portanto a distribuição dos fluxos de ar, laminares e turbulentos, ou seja, todos os movimentos das gotas e/ou vapores junto das plantas, Thom (1975).

Relativamente às folhas elas têm superfícies com diferentes estruturas que originam correntes de turbulência locais, determinantes para a deposição das gotas mais pequenas; as folhas das diferentes espécies, e mesmo as duas páginas das folhas de uma mesma casta, apresentam diferentes formas e dimensões das células epidérmicas, o que altera o seu microrelevo.

Gohlich (1979) obteve taxas de cobertura praticamente iguais em várias plantas, quando aplicou 300 L.ha⁻¹ e as gotas tinham um DVM de 300 µm, mas valores bastante diferentes quando reduziu os volumes para 32 L.ha⁻¹ e a dimensão das gotas para 100 µm.

Segundo Gohlich (1985) quando as doenças se desenvolvem na página inferior das folhas torna-se mais importante a aplicação de gotas pequenas (< 200 µm) pois estas atingem em maior quantidade essas zonas. Este autor considera também que as gotas de maior dimensão se depositam com mais frequência na periferia das copas, especialmente quando o transporte é feito por correntes de ar.

A posição das folhas, relativamente à trajectória do fluxo de ar, é também muito importante, pois influencia a quantidade de impactos, que aumentam com o abanar daquelas, provocado pela turbulência. Para velocidades muito elevadas as folhas podem ficar dispostas paralelamente ao fluxo, conduzindo a uma redução acentuada da área de intercepção e, conseqüentemente, de deposição.

Martin *et al.* (1987) em ensaios efectuados em oliveiras chegou à conclusão que a corrente de ar do ventilador não permite obter uma distribuição uniforme entre as duas páginas das folhas. Considerando estas como o objecto principal dos tratamentos com fungicidas, a retenção das gotas resulta, entre outros factores, dos diferentes tipos de cutícula da epiderme e indumento que influenciam a superfície daquelas.

A difusão dos pesticidas nas folhas faz-se de uma forma semelhante à verificada num meio semi-sólido, ou seja, com uma quebra acentuada da concentração na zona imediata às gotas, sendo

depois o decréscimo mais lento; Wyatt (1985) confirmou que a difusão está directamente relacionada com o perímetro das gotas.

Em ensaios efectuados com insecticidas e na cultura do tomateiro, Adams (1986) verificou que quando se aplicam gotas de 31 μm , apenas 1/12 de calda é necessária para se obter uma mortalidade de 50% (LD50), relativamente ao volume em que o diâmetro das gotas é de 108 μm , sendo necessário, contudo, um número de gotas três vezes superior.

As folhas, considerando a sua molhabilidade, dividem-se em dois grupos, definidos consoante o ângulo de contacto (ϕ), formado pela gota com a superfície de deposição, é maior ou menor que 90° (Mathews, 1981).

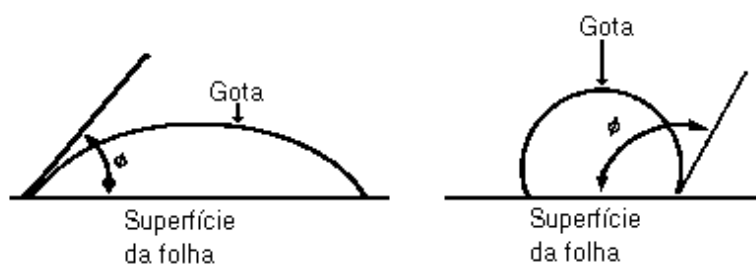


Figura 1.1- Ângulo de contacto (ϕ) das gotas com a superfície das folhas (adaptado de Mathews, 1981)

Assim, quando o ângulo de contacto é inferior a 90° , a cutícula não afecta a molhabilidade das folhas pois, a interface de contacto gota-folha é bastante grande; esta é função, entre outros factores, da rigidez da cutícula, o que, para gotas com elevada inércia, provoca o seu espalhamento. Segundo o mesmo autor para ângulos compreendidos entre os 90 e 110° , resultantes do impacto das gotas em folhas com uma superfície macia que dissipa a energia daquelas, a área de contacto diminui, podendo as gotas escorrer da zona onde se deu o impacto. Ângulos superiores a este último só se obtêm em folhas que tenham grande rugosidade, em que a superfície de contacto é muito pequena.

Do exposto constata-se que a complexa estrutura das videiras, quando consideradas sob o ponto de vista da aplicação dos produtos químicos, torna o estudo pormenorizado de cada factor morfológico muito difícil, pelo que se considera normalmente a planta como um todo, à qual se atribui um coeficiente de reflexão, em função das dimensões das gotas e velocidade do ar, que permite estimar a quantidade de calda não depositada (Mathews, 1981).

1.3- Condições em que se devem efectuar os tratamentos tendo em consideração os factores meteorológicos

As condições em que se devem fazer os tratamentos para reduzir os riscos de deriva das gotas, tendo em consideração os factores meteorológicos, devem ser estabelecidas tendo em atenção as principais interacções entre eles e o transporte e deposição das gotas

Como foi referido as correntes de ar podem deslocar-se com movimento laminar e/ou turbulento, resultando a sua velocidade, num dado local, do tipo de movimento e intensidade das

correntes, que originam condições atmosféricas que se definem como estáveis, neutras e instáveis (Elliot e Wilson, 1983).

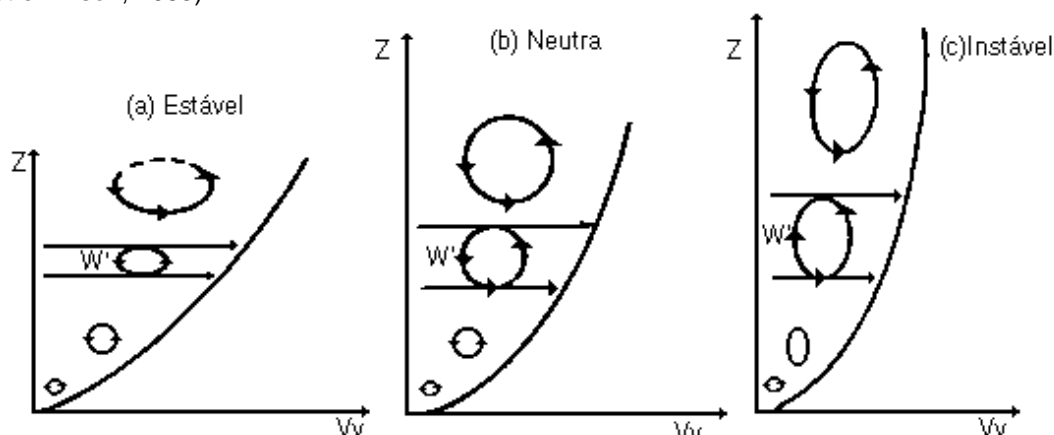


Figura 1.2- Estrutura do vento e das correntes de turbulência nas diferentes condições atmosféricas (adaptado de Elliot e Wilson, 1983).

Conforme se pode observar na figura 1.2, para a situação estável as correntes turbulentas originadas pelo vento apresentam uma velocidade muito baixa, ficando os remoinhos com uma forma achatada, podendo, em condições de grande estabilidade, não existirem. Relativamente à situação de instabilidade esta resulta da maior intensidade das correntes turbulentas ascendenciais, apresentando os remoinhos uma forma alongada com o eixo maior na vertical.

As condições atmosféricas neutras têm características intermédias das anteriores podendo o ar movimentar-se com a mesma facilidade na horizontal e na vertical, devido à turbulência ser originada quase exclusivamente pelo atrito do vento relativamente à superfície do solo e não pelo aquecimento deste. Nesta situação existe um equilíbrio entre a intensidade do vento e os dois tipos de turbulência sendo a velocidade tangencial, medida a 3 m do solo, cerca de 10% da velocidade do vento (Elliot e Wilson, 1983)

Assim, e considerando que a realização ou não dos tratamentos fitossanitários depende da estabilidade e instabilidade atmosférica, Elliot e Wilson (1983), utilizam a classificação de Pasquill (1961), que considera as condições de estabilidade dividida segundo várias categorias, de A a F, (quadro 1.1), dadas em função do vento e turbulência; a letra A corresponde às condições de instabilidade e F às de estabilidade atmosférica e a letra D à estabilidade neutra.

Quadro 1.1- Diferentes categorias da estabilidade atmosférica , segundo Pasquill (1961)

Força aproximada do vento	Velocidade do vento (m.s-1)	Sol			Céu coberto de nuvens	Noite (quantidade de nuvens no céu +de metade - de metade)	
		Intenso	Moderado	Ligeiro			
0 ou 1	<2	A	A - B	B	D	F	F
2	2 - 3	A-B	B	C	D	E	F
3	3 - 5	B	B - C	C	D	D	E
4	5 - 6	C	C - D	D	D	D	D

Fonte: Elliot e Wilson (1983).

Como se pode observar no quadro as categorias de estabilidade atmosférica dependem da velocidade do vento cuja intensidade é definida numa escala de 0 a 4, designada por força aproximada

do vento, sendo diferentes conforme a hora do dia e a nebulosidade existente. Assim, por exemplo, durante o dia quando o sol é intenso e a velocidade do ar é baixa ($<2 \text{ m.s}^{-1}$) existem condições para a deslocação de grandes massas de ar no sentido vertical originando instabilidade atmosférica. Para a mesma velocidade do vento, mas durante a noite, verificam-se condições de grande estabilidade.

Richardson (1920), definiu a estabilidade por um número adimensional (Ri), que traduz a interacção das correntes de convecção de origem térmica com as de origem mecânica. Ao nascer do dia as correntes de convecção são quase que exclusivamente mecânicas, mas, à medida que o Sol aquece a superfície, a convecção passa a ser dominada pelas correntes de origem térmica (Geiger, 1980); segundo este autor quanto mais instável estiver a atmosfera e menor for a velocidade do vento mais cedo se regista esta transição.

A equação que define Ri é a seguinte:

$$Ri = \frac{g}{T} \cdot \frac{\Delta T \cdot \Delta z}{\Delta v_v^2} \quad (1.1)$$

g- aceleração da gravidade, em m.s^{-2} ;

T- temperatura, em (°C);

ΔT - diferença de temperatura no intervalo Δz ;

Δz - diferença de altura entre os pontos de medição, em m;

Δv_v - diferença de velocidade do vento, em m.s^{-1} , no intervalo Δz

Considerando que a temperatura e as variações da velocidade do vento são facilmente determinadas o valor de Ri também o é, variando, segundo o mesmo autor, de +1, para condições de estabilidade com inversão de temperatura, até valores de -1, em condições de grande instabilidade, em que não existem trocas de calor com o exterior e em que a diminuição de temperatura com a altitude é bastante acentuada.

Mathews (1985), considera uma versão simplificada da equação anterior, em que a estabilidade atmosférica (EA) é dada por:

$$EA = \frac{T_2 - T_1}{v_v^2} \cdot 10^5 \quad (1.2)$$

em que:

T_2 - temperatura medida a 10 metros, em °C;

T_1 - temperatura medida a 2,5 metros, em °C;

v_v - velocidade do vento medida a 5 metros, em m.s^{-1}

Valores positivos de estabilidade atmosférica correspondem a condições de inversão térmica, que são as mais indicadas para aplicação de pesticidas, e os negativos traduzem as situações de correntes de turbulência ascendentes. Relativamente à importância da temperatura e humidade relativa

na realização ou não dos tratamentos esta depende directamente dos aspectos mencionados em 1.2.1.3 e 1.2.1.4., assim como à sua influência no vento.

Não se dispondo, para a maioria das situações, dos referidos dados, a decisão da realização ou não dos tratamentos é normalmente tomada por observação directa das condições do meio; a utilização de fumos pode dar uma indicação da trajectória das gotas embora a sedimentação tenha características muito diferentes (Elliot e Wilson, 1983).

Existem métodos relativamente simples, como é o caso da Beaufort Scale, (quadro 1.2) que, depois de devidamente testados e adaptados às condições particulares de uma dada região, podem dar indicações sobre a oportunidade de realização dos tratamentos. Esta escala estabelece, em função de várias especificações, como por exemplo o fumo, movimento das folhas e outras, diferentes forças que traduzem as condições de estabilidade atmosférica; o conhecimento destas forças por observação directa do meio permite quantificar, de uma forma relativa, a deriva das gotas.

Quadro 1.2- Especificações e velocidades do vento para as forças (0 - 4) da escala de Beaufort

Força	Descrição	Especificações em terra	Velocidades do vento a 10 m do solo			
			Médias (m.s ⁻¹)	Lmites (m.s ⁻¹)	Médias km.h ⁻¹)	Limites (km.h ⁻¹)
0	Calma	O fumo sobe verticalmente	0,0	0,0 - 0,5	0,0	<1
1	Briza muito ligeira	Direcção do vento detectada pela deriva do fumo, mas não pelos cataventos	0,8	0,3-1,5	3	1- 5
2	Briza ligeira	O vento sente-se nas faces; as folhas fazem um ligeiro ruído a mexerem-se; o cata-vento move-se.	2,4	1,6-3,3	9	6 - 11
3	Briza mais intensa	As folhas e os ramos pequenos movem-se constantemente; o vento estende as bandeiras mais leves	4,3	3,4 - 5,4	15	13 - 19
4	Briza moderada	Faz levantar poeira e papeis do chão; os ramos mais pequenos movem-se	6,7	5,5 - 7,9	24	20 - 28

Fonte: Elliot e Wilson (1983).

Assim, e em função das diferentes forças do vento, Elliot e Wilson (1983) consideram que:

- em situação calma, força 0, não é aconselhável efectuar tratamentos;
- em situação de briza muito ligeira, força 1, que oferece condições mais fáceis de previsão, em termos de deriva, embora seja necessário conhecer a velocidade e direcção do vento, deve-se evitar fazer tratamentos;
- situação de briza ligeira, força 2, é a situação ideal para se efectuarem os tratamentos;
- em situação de briza mais intensa, força 3, em que a direcção do vento é incerta, podendo apresentar variações importantes em espaços de tempo curtos, transportando uma parte importante da calda, deve-se evitar tratar as culturas;
- em situação de ventos fortes, força 4, correspondente a intensidade do vento superior a 5 - 6 m.s⁻¹, não é aconselhável realizarem-se tratamentos, pois dão-se grandes perdas por deriva.

1.4- Condições meteorológicas junto dos objectos

O movimento do ar que envolve um objecto é caracterizado por apresentar um fluxo laminar junto deste, seguido por uma zona com movimento turbulento, cujo limite é definido pela linha onde o ar começa a deslocar-se livremente. Esta zona, em que as correntes de ar são alteradas, designa-se por zona de fronteira de um objecto (boundary layer), e é caracterizada por a velocidade das correntes de ar ser, segundo Jones (1983), cerca de 99% da velocidade deste quando não sujeito ao atrito. Este autor considera que a altura da zona de fronteira corresponde a cerca de metade da espessura do objecto e que as transferências de calor e massa nesta zona se fazem perpendicularmente à superfície daquele.

Comparando a espessura da zona de fronteira em que o movimento é laminar com a que apresenta movimento turbulento, esta última é muito superior, pelo que as transferências entre esta zona e o meio envolvente dependem quase que exclusivamente das correntes de convecção.

Para a copa das plantas as correntes de ar e os processos de transferência tornam-se mais complexos sendo função quer da densidade quer da distribuição da folhagem em altura.

A distância a que uma gota pode penetrar na zona de fronteira dos objectos é definida por Mathews (1985), pela seguinte fórmula:

$$d_k = \frac{d_g^2 * v_g * \rho_l}{18 * \eta_a} \quad (1.3)$$

em que:

d_k - distância de penetração das gotas na zona de fronteira dos objectos (m);

d_g - diâmetro das gotas (m);

v_g - velocidade das gotas ($m.s^{-1}$);

ρ_l - massa volúmica das gotas ($kg.m^{-3}$);

η_a - viscosidade do ar ($N.s.m^{-2}$).

Esta distância apresenta alguma variação pois a superfície dos objectos (folhas) é normalmente bastante irregular o que pode originar correntes de turbulência que afastam as gotas da trajectória do impacto.

Representando graficamente a distribuição das correntes laminares e turbulentas na zona de fronteira de uma folha tem-se:

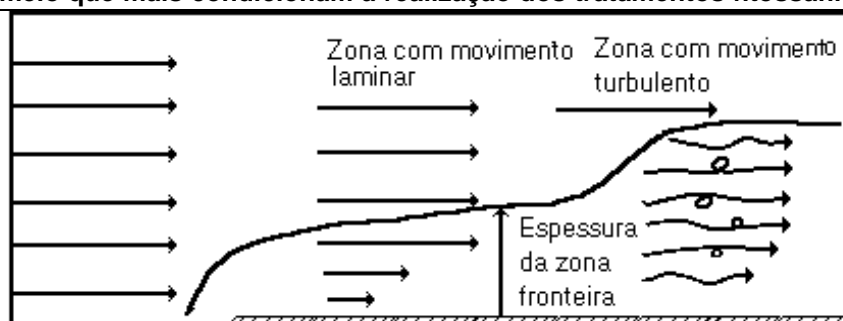


Figura 1.3- Diagrama da distribuição das zonas com movimento laminar e turbulento, na zona de fronteira de uma folha (adaptado de Jones, 1983)

Assim, e em resumo, o movimento nas camadas de ar junto a um objecto é laminar ou turbulento conforme o balanço entre as forças de inércia dos fluidos resultantes da diferença de velocidades, favorecendo a viscosidade o movimento laminar e portanto a estabilidade; a transição entre o movimento laminar e turbulento, na zona de fronteira, ocorre, segundo Jones (1983), quando o valor do número de Reynolds, que é adimensional, é superior a $10^4 - 10^5$. A constante de Reynolds é directamente proporcional à velocidade do movimento e à massa volúmica do fluido e inversamente proporcional à sua viscosidade (Geiger, 1980).

A equação que permite a sua determinação é a seguinte:

$$Re = \frac{v_v * d_n}{\eta_a} \quad (1.4)$$

em que:

v_v - velocidade do vento, em $m.s^{-1}$;

d_n - factor que traduz a dimensão do objecto, em m;

η_a - viscosidade do ar, em $N.s.m^{-2}$

Para se verificar a transição entre estes dois tipos de movimentos é necessário que o valor de d_n aumente o suficiente para que Re seja superior àqueles valores; para as folhas das plantas os valores críticos de Re são atingidos mais cedo devido à estrutura irregular da sua superfície Jones (1983); segundo este autor o factor d_n para as folhas das gramíneas é igual à largura da sua base e para as folhas circulares a 90% do seu diâmetro.

Para as grandes áreas, com superfícies planas, Jones (1983) considera a velocidade do vento dada por:

$$v_v = A * \ln \left(\frac{z}{k} \right) \quad (1.5)$$

em que:

z - altura em que foi efectuada a medição, em m;

k - coeficiente designado por comprimento de rugosidade;

A - inclinação obtida por $\frac{v_v}{\kappa}$ e em que $\kappa = 0,41$.

Para terrenos cultivados a velocidade do vento é dada por:

$$v_V = \frac{v_V}{\kappa} * \ln \left(\frac{z - d}{k} \right) \quad (1.6)$$

em que:

d- distância ao solo, em m, do plano em que se começa a fazer sentir a influência do vento.

Assim para a determinação da velocidade das correntes nas zona de fronteira é necessário ter em consideração, entre outros factores, a altura a que é feita, pois, devido ao atrito com a superfície do objecto (parcelas ou culturas), a velocidade é bastante variável. Em condições de estabilidade (ausência de correntes de convecção), é aproximadamente logarítmica dependendo, no entanto, da rugosidade da superfície (Jones, 1983).

Elliott e Wilson (1983), consideram a variação da velocidade tangencial do vento (v_{Vt}), determinada a partir da velocidade deste (v_V) e da altura (z) dada por:

$$v_{Vt} <> \frac{0.4 * z * \Delta v_V}{\Delta z} \quad (1.7)$$

em que:

Δv_V - variação da velocidade do vento no intervalo de altura Δz , com centro em z .

No que respeita à influência dos factores meteorológicos nas gotas depositadas nos objectos aquela faz-se sentir pela transferência da massa de ar e energia que ocorre na zona de fronteira e que é consequência do movimento térmico das moléculas (Geiger, 1980).

Assim para a superfície que se encontra exposta, o movimento do ar acelera aquelas transferências, sendo estas efectuadas por difusão nas correntes laminares, mantendo-se constante o gradiente de concentração, ou por turbulência; neste caso as correntes turbulentas transportam directamente vapor de água, CO₂ e calor, sendo estas transferências, que dependem também da forma e dimensão das folhas, cerca de 3 a 7 vezes mais intensas que as verificadas por difusão (Jones, 1983).

A evaporação das gotas depositadas nos objectos, que é importante quando se têm de realizar tratamentos em condições de tempo instável, é muito lenta de início, acelerando gradualmente à medida que diminui o seu diâmetro; esta evolução deve-se ao aumento da superfície da gota relativamente ao seu volume. Elliot e Wilson (1983) referem a seguinte fórmula relativamente ao tempo de duração de uma gota:

$$\Gamma = \frac{d_g^2}{80} * \Delta \theta \quad (1.8)$$

em que:

Γ - tempo de vida de uma gota, em s;

d_g - diâmetro geométrico da gota, em μm ;

$\Delta\theta$ - diferença psicrométrica, em °C

Assim, e em virtude de diferentes condições microclimáticas à superfície dos objectos, a taxa de evaporação das gotas é diferente podendo, em condições extremas, ficarem reduzidas ao seu depósito, que, caso se mantenha na planta, acaba por ser volatilizado ou arrastado pela água. A taxa de evaporação das gotas depende também da quantidade do depósito que contêm, sendo, para a mesma quantidade deste, tanto mais rápida quanto menor for a sua dimensão; o seu valor é diferente para cada tipo de pesticida e formulação (Mathews, 1979).

1.5- Influência das forças do meio no transporte e deposição das gotas

As principais forças que influenciam o movimento das gotas, fazendo com que estas se depositem no objecto ou sejam arrastadas para o exterior, são a força da gravidade e a resistência aerodinâmica do ar, sendo a velocidade de sedimentação atingida mais ou menos rapidamente conforme a inércia das gotas. Para além destes dois factores os efeitos electrostáticos, para as gotas carregadas electricamente, têm uma influência determinante na sua trajectória; a importância do ar deslocado pelas gotas, devido à diferença de densidades, pode ser desprezada.

A velocidade de sedimentação de uma gota é a velocidade que esta atinge quando se estabelece um equilíbrio entre a força da gravidade e a resistência aerodinâmica do ar. Este intervalo é medido em condições de quase ausência de vento dependendo o seu valor fundamentalmente do diâmetro das gotas; a forma esférica das gotas maiores, antes de atingirem a velocidade de sedimentação, pode ser alterada pela resistência do ar.

A força da gravidade actua sobre a massa das gotas, proporcionalmente ao cubo do seu diâmetro e à sua massa volúmica, e a resistência aerodinâmica ao movimento das gotas, resulta do efeito conjugado da viscosidade e turbulência do ar. Elliot e Wilson (1983) consideram que as gotas menores que 50 μm quando sujeitas a correntes de ar, praticamente não alteram o fluxo laminar destas pelo que a resistência ao seu movimento depende quase que exclusivamente da viscosidade do ar.

Considerando a força da gravidade e a resistência do ar o movimento das gotas mais pequenas obedece às lei de Stokes' ou seja, sofrem uma aceleração quando libertadas no ar que é contrariada pela atrito, até atingirem a velocidade de sedimentação. Esta lei é expressa pela seguinte fórmula:

$$v_s = \frac{g * d_g^2 * (\rho_l - \rho_a)}{18 * \eta_a} \quad (1.9)$$

em que:

v_s - velocidade de sedimentação, em m.s^{-1} ;

g - aceleração da gravidade, em m.s^{-2} ;

d_g - diâmetro geométrico da gota, em m;

ρ_a - massa volúmica do ar, em kg.m^{-3} ;

ρ_l - massa volúmica da gota, em kg.m^{-3} ;

η_a - viscosidade do ar, em N.s.m^{-2}

Considerando $k = (\rho_l - \rho_a) * g / 18 * \eta_a$, cujos valores se encontram tabelados, pois, para um dado local, depende apenas da temperatura e da massa volúmica das gotas, a equação pode ser apresentada de uma forma simplificada, ou seja:

$$v_s = k * d_g^2 \quad (1.10)$$

Relativamente às gotas de maior dimensão elas originam correntes de turbulência à sua passagem, formando-se como que uma "gota" constituída pela fase líquida e um invólucro de ar, assim como uma zona de depressão na face oposta ao sentido de deslocamento, que, juntamente com o aumento do volume, funciona como um "travão"; o movimento destas gotas não obedece às leis de Stokes' sendo o seu estudo feito experimentalmente.

O tempo necessário para se estabelecer o equilíbrio entre a força da gravidade e a resistência do ar é designado por Jardim *et al.* (1985), por tempo de relaxação (τ), e é definido como o tempo que as gotas demoram a atingir 63 % da velocidade de sedimentação; a distância percorrida durante esse tempo é designada por distância de paragem (stop distance).

Elliot e Wilson (1983) definem o tempo de relaxação como a relação entre a distância de paragem (d_p) e a velocidade inicial da gota, sendo a distância de paragem o percurso percorrido pelas gotas na horizontal, quando projectadas nesse sentido e em condições atmosféricas neutras, até se depositarem; o seu valor será tanto maior quanto maior forem as gotas e a sua velocidade inicial (v_i), sendo a componente horizontal da velocidade ao atingir a distância de paragem igual a zero.

Quando as gotas são projectadas na vertical acabam por atingir, devido à resistência do ar, a velocidade de sedimentação, sendo o tempo de equilíbrio o que corresponde à perda de velocidade até se obter esta velocidade.

O tempo de equilíbrio permite conhecer quanto tempo demora uma gota a ser influenciada pelas correntes de ar que a envolvem, sendo constante o seu valor para as gotas da mesma dimensão; o seu valor é dado por:

$$\tau = \frac{m}{3 * \pi * d_g * \eta_a} \quad \text{ou} \quad \tau = \frac{d_g^2 * \rho_l}{18 * \eta_a} \quad (1.11; 1.12)$$

em que :

τ - tempo de relaxação, em s;

m- massa da gota, em kg;

ρ_l - massa volúmica das gotas, em kg.m^{-3} ;

d_g - diâmetro das gotas, em m;

η_a - viscosidade do ar, N.s.m^{-2}

Para as gotas pequenas o tempo de equilíbrio é muito reduzido pelo que a sua velocidade de transporte resulta da velocidade do ar e da sua velocidade de sedimentação; as gotas grandes são menos influenciadas pelas correntes de turbulência.

Quando as gotas são transportadas por uma corrente, apresentam uma velocidade inicial bastante elevada, dependente das características do fluxo de ar do ventilador, sendo travadas pelo atrito com o ar.

Considerando o tempo de equilíbrio aplicado à lei de Stokes a fórmula 1.12 transforma-se em:

$$v_s = \frac{\tau * g * (\rho_l - \rho_a)}{\rho_l} \quad (1.13)$$

Elliot e Wilson (1983) consideram que em condições atmosféricas neutras a velocidade das correntes de turbulência verticais são cerca de 0,1 da velocidade do vento e que quando se deslocam ao longo ou através do vento o seu valor é duas vezes superior àquele. Considerando estes valores e conhecendo a velocidade do vento é possível prever, desde que se conheça a velocidade de queda das gotas (velocidade de sedimentação) se estas serão arrastadas pelas correntes de ar ou se serão atraídas para o solo pela força da gravidade; as trajectórias das gotas são condicionadas pela interacção da velocidade de sedimentação com a resultante da velocidade do vento e/ou turbulência.

Como o valor da componente vertical da velocidade do vento (v_v') depende das correntes de turbulência, cuja característica é a velocidade tangencial (v_{vt}), caso a velocidade de sedimentação (v_s) seja superior à da turbulência, verifica-se a deposição; por outro lado, para v_s inferior v_{vt} existe deriva sendo o movimento das gotas condicionado pelas correntes de turbulência. Segundo Elliot e Wilson (1983), a sedimentação das gotas prevalece quando $v_s \geq 3 * v_{vt}$ e a deriva quando $v_s \leq 0,3 * v_{vt}$.

Assim, em condições atmosféricas neutras, as gotas adquirem uma trajectória que resulta da força da gravidade e da velocidade das correntes locais sendo a sua velocidade de queda dada por:

$$v_{gg} = v_s + v_v' \quad (1.14)$$

em que:

v_{gg} - velocidade de queda das gotas sujeitas à acção da gravidade, em $m.s^{-1}$;

v_s - velocidade de sedimentação, em $m.s^{-1}$;

v_v' - componente vertical da velocidade do vento, em $m.s^{-1}$.

Quadro 1.3- Relação entre o diâmetro das gotas, tempo de equilíbrio, velocidade de sedimentação e distância de paragem, determinados a partir de uma velocidade inicial de 20 m.s⁻¹, para gotas de água, em situações de estabilidade e a 20°C.

Diâmetro (µm)	Tempo de relaxação (s)	Velocidade de sedimentação (m.s ⁻¹)	Distância de paragem (m)
10	0,00031	0,003	0,004
20	0,0012	0,012	0,012
50	0,0073	0,072	0,065
100	0,025	0,25	0,2
200	0,071	0,70	-
500	0,20	2,0	-

Fonte: Elliot e Wilson (1983).

Relativamente à distância (d) a que as gotas podem ser arrastadas quando libertadas de uma dada altura, Elliot e Wilson (1983) consideram que ela é dada por:

$$d = \frac{z * v_v}{v_s} \quad (1.15)$$

em que:

z- é a altura a gota foi libertada, em m.

O conhecimento deste valor é importante pois determina o tempo de transporte e consequentemente a variação da massa das gotas.

Em resumo pode dizer-se que a quase ausência de vento e turbulência conduz à estabilidade atmosférica, situação em que não existem limitações para a realização dos tratamentos, e a presença do vento à instabilidade. A primeira situação caracteriza-se pela deposição das gotas nas superfícies horizontais e a última pela deposição nas superfícies horizontais, verticais ou pelo seu arrastamento. Nas situações de instabilidade a opção de realização ou não dos tratamentos deve ser tomada depois de se fazer um "balanço" entre os factores ambientais e as características da pulverização, para se conhecer a trajectória das gotas; um estudo pormenorizado destas situações implica um conhecimento dos factores apresentados, por forma a poderem estabelecer-se modelos matemáticos que traduzam com precisão esses movimentos.

Estes modelos, devido à subjectividade que a sua elaboração acarreta, devem ser testados para ajustamento gradual dos resultados obtidos, devendo os factores considerados serem válidos para intervalos de tempo que permitam, pelo menos, a preparação da calda e execução do trabalho. Numa fase posterior podem incluir-se outros elementos, nomeadamente a dimensão das gotas, a concentração dos pesticidas a que as plantas apresentam maior sensibilidade e as diferenças entre elas assim como o número de horas em que é possível fazer os tratamentos na região.

Rutherford e Thompson (1981) elaboraram um modelo, que inclui os principais factores responsáveis pela deriva e que permite obter uma taxa de risco relativamente à oportunidade dos

tratamentos, devendo a decisão final, depois de ponderados estes aspectos, pertencer ao técnico responsável.

Considerando os objectivos do presente trabalho os ensaios foram efectuados às primeiras horas do dia não havendo assim praticamente interacção dos factores meteorológicos nas pulverizações efectuadas.

Capítulo 2

Algumas características dos pesticidas que influenciam o tratamento das culturas

2.1- Introdução

A aplicação dos pesticidas para controlo das pragas e doenças começou a ser feita no século XVIII com a utilização em campos de cereal de uma solução de sulfato de cobre, aplicado como herbicida, e de enxofre no combate ao míldio (Martin, 1978).

Estas aplicações, efectuadas na maioria das situações por pulverização de pesticidas normalmente diluídos em água, dependem, para além dos aspectos apresentadas no capítulo anterior, da sua constituição e formulação, que condicionam as suas características, e do tipo de tratamento e equipamento utilizados; por formulação entende-se a forma na qual um pesticida é apresentado para venda, e inclui quer as substâncias activas quer os constituintes inertes (ASAE, 1990).

2.2- Constituição dos pesticidas.

Os pesticidas utilizados nos tratamentos fitossanitários são constituídos fundamentalmente por:

- substância(s) activa(s);
- diluente;
- aditivos.

2.2.1- As substâncias activas

As substâncias activas (s.a.) são produtos químicos, sólidos ou líquidos, responsáveis pelo combate de pragas e/ou doenças que fazem parte das formulações dos pesticidas encontrando-se em pequena quantidade; estas substâncias são geralmente tóxicas, o que torna impossível a sua aplicação directa pelo perigo que daí resultaria.

As substâncias activas sólidas são geralmente insolúveis na água mas solúveis em determinados solventes orgânicos pelo que são normalmente diluídas nestes e só depois dispersas na água formando uma suspensão estável; as substâncias activas líquidas ou viscosas são geralmente pouco solúveis ou instáveis na água, pelo que é necessário dispersá-las homogeneamente para depois as pulverizar em pequenas gotas (Lecocq,1987).

As formulações podem apresentar uma ou mais substâncias activas para combater duas ou mais espécies afins ou mesmo espécies diferentes, designando-se respectivamente por formulações compostas ou mistas.

Relativamente à sua origem esta pode ser mineral (exemplo, cobre e enxofre), orgânica natural (exemplo, os derivados do petróleo e carvão), orgânica sintética e, mais raramente, de origem vegetal, e têm como principais características a sua eficácia, persistência, toxicidade, fitotoxicidade e

compatibilidade. A primeira destas características depende do número de pragas ou doenças em que pode ser utilizada, do estado de desenvolvimento destas e da dose necessária; a persistência condiciona os intervalos entre duas aplicações consecutivas; a toxicidade o intervalo entre a última aplicação e o consumo da produção; a fitotoxicidade o tipo de plantas a tratar e seu estado de desenvolvimento e a compatibilidade a possibilidade de se utilizarem em simultâneo vários produtos.

Assim, e em resumo, as principais características a que estes produtos devem obedecer são, segundo Martin (1973), as seguintes:

- relativamente às plantas, devem permitir uma eficácia no combate dos seus "inimigos" sem as afectar; a sensibilidade das plantas depende muito do seu desenvolvimento e estado vegetativo pelo que o pressuposto anterior deve verificar-se durante todo o seu ciclo;

- para as pessoas, os pesticidas devem poder ser manuseados sem resultar daí qualquer risco para a saúde;

- não devem afectar o meio ambiente o que pode acontecer, caso não se tomem os devidos cuidados, nomeadamente se for efectuado sempre o mesmo tipo de tratamento na mesma cultura;

- evitar que as pragas ou doenças, pela sua utilização consecutiva, se tornem resistentes;

- relativamente aos equipamentos, estes produtos não devem oferecer dificuldades de aplicação, pelo que as formulações utilizadas devem estar de acordo com o tipo de aplicação, ou seja, se é por pulverização, polvilhação ou fumigação.

2.2.2- O diluente

O diluente é normalmente uma matéria inerte, líquida ou sólida, onde a substância activa é dispersa e tem como principais objectivos facilitar a preparação dos pesticidas, tornar o manuseamento mais seguro e simples e proporcionar uma repartição mais homogénea da substância activa nos objectos a tratar. A sua escolha é feita geralmente por imperativos económicos pelo que a utilização de pós molháveis tem sido a solução mais adoptada pois é a menos dispendiosa e é facilmente manuseada (Martin, 1978).

Relativamente à acção dos diluentes sólidos no processo de pulverização ele é normalmente desprezível, pois a dimensão das suas partículas é de apenas algumas micras, embora em concentrações muito altas alterem a viscosidade da calda condicionando a pulverização; os diluentes líquidos não influenciam significativamente a pulverização (Martin, 1978).

2.2.3- Os aditivos

Juntamente com as substâncias activas e diluente os pesticidas contêm vários aditivos (adjuvantes), que são substâncias tensio-activas, como, por exemplo, os óleos vegetais e/ou minerais, polímeros, colóides e outros, que permitem melhorar a eficiência dos pesticidas pela alteração das suas propriedades físicas e físico-químicas (Martin, 1978).

Os aditivos diminuem a tensão superficial das gotas, facilitando a pulverização o que permite tratar uma maior superfície. Conforme a estrutura química e concentração dos aditivos a tensão

superficial da água onde são diluídos pode, segundo Elliot e Wilson (1983), ser reduzida de 70 N.m^{-1} para 25 N.m^{-1} . Esta redução dá-se de uma forma gradual, pois as moléculas dos aditivos demoram algum tempo a migrar e a orientarem-se na periferia das gotas; este intervalo de tempo é também função da estrutura e concentração dos aditivos estando, segundo o mesmo autor, compreendido entre 0,1 e 10 microsegundos. Considerando que o tempo de formação de uma gota é sensivelmente semelhante a este, é difícil prever se os aditivos que alteram a tensão superficial tem ou não alguma influência na formação da gota Elliot e Wilson (1983).

As principais alterações proporcionadas pelos aditivos são as seguintes:

- melhoria da homogeneidade da calda;
- melhor molhabilidade e aderência no objecto a tratar.

2.2.3.1- A homogeneidade da calda

A homogeneidade da calda depende muito dos aditivos utilizados nos pesticidas, os quais se designam por dispersantes ou emulsionantes, conforme se utilizam nas suspensões ou emulsões.

Os dispersantes, conforme o nome indica, permitem estabilizar a dispersão das partículas sólidas dos pesticidas na calda, evitando a sua sedimentação, e são obtidos a partir de celuloses e de substâncias coloidais; relativamente a estas últimas a sedimentação é contrariada, quer pelo aumento da viscosidade do diluente, quer pela absorção feita pelas partículas em suspensão de uma película de líquido que faz com que a sua massa volúmica fique semelhante à do meio envolvente (Martin, 1978).

Os emulsionantes têm uma função semelhante à dos dispersantes, ou seja, permitem manter as gotículas das emulsões separadas entre si por forma a evitar-se a sua coalescência; isto é conseguido pela alteração das características da interfase entre a fase dispersa e a contínua, ou seja, o pesticida e o diluente (água).

Os emulsionantes líquidos, que são geralmente sabões em que os radicais com polaridade se ligam às moléculas de água e os não polares ao óleo, formam um filme protector que evita a coalescência das gotículas. Os emulsionantes sólidos são mais facilmente molhados por um dos líquidos criando duas fases distintas (Martin, 1978); o líquido que apresenta um menor ângulo de contacto com as partículas sólidas constitui a fase contínua da emulsão.

2.2.3.2- Os molhantes

Os molhantes têm como principal função facilitar o contacto entre as gotas e a superfície de deposição, o que se consegue diminuindo a energia necessária para a formação da interfase líquido-sólido, melhorando-se assim a taxa de cobertura dos objectos (Martin, 1978). Quando esta molhabilidade não é perfeita, ou seja, quando a gota não se espalha completamente formando apenas um filme monomolecular, verifica-se um retracção daquela, originando-se uma superfície de contacto que é caracterizada pelo ângulo formado por esta superfície e pela tangente da gotícula; este ângulo (ver 1.2.3.2), caso a molhabilidade fosse total, seria igual a zero, .

Alguns destes aditivos aumentam a viscosidade das gotas, o que implica uma maior resistência à evaporação e arrastamento pelas chuvas, prolongando assim a sua permanência na superfície das folhas.

A redução da evaporação das gotas pela formação de um invólucro em torno da superfície ou a sua individualização através da deposição de um material à sua volta evita igualmente que estas se evaporem ficando apenas a substância activa.

Considerando que a partir dos 100 L.ha⁻¹ se verificam escorrimentos nas culturas com menor densidade de folhagem (Jonhstone, 1973) a utilização de aditivos que melhorem a adesividade é fundamental para reduzir essas perdas.

Os molhantes, diminuindo as forças internas dos líquidos que se opõem à pulverização, facilitam também esta operação.

Relativamente à influência destes aditivos nas gotas depositadas nos objectos pode dizer-se que ela se manifesta das seguintes formas (Martin, 1978):

- na molhabilidade do objecto que é condicionada pela área da interfase líquido-sólido quando o excesso de líquido é removido da superfície sólida;
- nas forças de capilaridade do líquido na superfície sólida que originam a sua difusão;
- na capacidade de penetração dos líquidos nas superfícies porosas.

Para além das características dos pesticidas a molhabilidade das folhas depende, como foi referido no capítulo anterior, do tipo de cutícula da epiderme, que sendo um meio semi-sólido, condiciona a difusão da substância activa fazendo com que a zona de influência desta seja diferente.

Quando parte dos componentes voláteis das gotas se evaporam estas ficam saturadas difundindo-se a substância activa para a cutícula; esta difusão depende da superfície de contacto gota-cutícula. Desde que a saturação das gotas seja atingida, qualquer aumento da concentração da calda não conduz a aumentos de eficiência do produto (Martin, 1978).

2.2.3.3- Os aderentes

A retenção das soluções num dado objecto dependem, para além da molhabilidade deste, da difusão daquelas, pelo que os aditivos que permitam melhorar esta propriedade funcionam como aderentes. A difusão por capilaridade dos líquidos nas superfícies sólidas depende da tensão superficial na interfase ar-líquido e líquido-sólido, que são opostas, e sólido-ar que favorecem a penetração dos líquidos, pelo que a penetração nas folhas depende deste balanço.

Relativamente à taxa de retenção ela depende da evaporação e viscosidade dos pesticidas, sendo diferente para as várias fases da calda como o demonstraram os ensaios referidos por Martin (1978), em que se obtiveram em certas emulsões escorridas das plantas, percentagens de óleo inferiores às aplicadas, devido à maior retenção desta fase pelas plantas.

Estes aditivos funcionam normalmente pela maior viscosidade conferida às formulações aquosas como o demonstram os ensaios referidos por Martin (1978); segundo este autor o aumento

da tenacidade das gotas pode ser contrariado por alguns emulsionantes que se utilizam para aumentar o seu poder molhante.

Relativamente aos resíduos dos depósitos Martin (1978), considera a sua tenacidade dependente da solubilidade e estabilidade das substâncias químicas e da dimensão das partículas; assim, quanto mais solúveis e estáveis forem as substâncias mais facilmente são diluídas e arrastadas pelas águas o mesmo acontecendo com as partículas de maiores dimensões.

Quanto à origem dos aderentes eles são obtidos quer através da refinação do petróleo bruto quer de plantas, como é o caso das sementes de algodão, que permitem obter aditivos com boas características relativamente à adesividade; os aditivos obtidos das resinas são muito utilizados nos fungicidas cúpricos.

Para além dos aditivos apresentados existem outros nomeadamente os estabilizantes das substâncias activas, os anti-espuma que se opõem à formação de bolhas de ar, os oleosos que melhoram a eficácia e selectividade do tratamento e os que aumentam o peso específico para reduzir a deriva e evaporação das gotas mais pequenas.

2.3- Algumas considerações relativas à formulação dos pesticidas

Os pesticidas utilizados em agricultura apresentam-se em diferentes tipos de formulações, conforme o modo de acção das substâncias activas, podendo ser aplicados diluídos num solvente, ou mais frequentemente, através da diluição prévia em água. Os primeiros são geralmente utilizados na aplicação de volumes ultra-baixos (ULV), como é o caso de alguns organofosforados líquidos que apresentam baixa volatibilidade e que são aplicados com volumes inferiores a 5 L.ha⁻¹.

2.3.1- Formulações de pesticidas para diluição em água

Conforme o estado físico destas formulações têm-se:

- formulações aquosas (líquidas);
- formulações não aquosas (sólidas).

2.3.1.1- Formulações aquosas

Os pesticidas que se apresentam como formulações aquosas formam, caso sejam insolúveis na água, uma emulsão, ou, se forem solúveis, uma solução verdadeira; estas últimas, que resultam da mistura de um líquido ou sal solúvel na água, são pouco frequentes.

Algumas destas formulações podem ser aplicadas em ULV, utilizando-se óleos ou água como diluente, sendo necessário, para este último caso, que a substância activa seja misturada com um agente emulsionante, que provoque a sua rápida emulsão.

2.3.1.1.1- Os concentrados para emulsão

Os concentrados para emulsão são soluções que, quando misturados com a água, formam emulsões, e que incluem na sua formulação agentes emulsionantes dissolvidos em óleos ou outros líquidos imiscíveis com a água. Estes, quando da preparação da calda, formam pequenos glóbulos, normalmente inferiores a 10 µm, que se encontram homogeneamente distribuídos na água, designando-se o solvente por fase dispersa e a água por fase contínua (Martin, 1978); quando a água representa a fase descontínua e o pesticida a contínua as emulsões designam-se por invertidas.

Segundo Mathews (1979) estes concentrados apresentam cerca de 25% p/v (peso/volume) de substância activa dependendo este valor da sua solubilidade no solvente.

Estes solventes, que são compostos orgânicos, funcionam como agentes emulsionantes hidrofílicos ou lipofílicos, formando-se assim emulsões com a água tanto mais instáveis quanto maior forem as diferenças entre as tensões superficiais das duas fases (dispersa e contínua). Quando se verifica um desequilíbrio nas emulsões estas fases separam-se ficando o pesticida à superfície ou depositado conforme o seu peso específico relativamente ao da água. A separação das duas fases da emulsão pode verificar-se também depois da pulverização, quando a água se evapora, ficando o pesticida nas folhas dando-se então a sua absorção ou remoção.

A estabilidade da calda depende da dureza e pH da água, assim como das condições em que as formulações foram armazenadas (as altas e baixas temperaturas alteram as formulações), sendo possível manter a homogeneidade desde que haja uma agitação permanente nos depósitos dos pulverizadores.

Relativamente à utilização dos concentrados para emulsão com vista à aplicação de pesticidas de contacto tem-se verificado uma grande relação entre as concentrações, a dimensão das gotas e formulações com o controlo biológico das doenças e pragas. Ensaio efectuado por Martin (1978) permitiram concluir que existe uma relação linear entre a taxa de mortalidade e a concentração do pesticida nas gotas, e que é dada por:

$$Y = a + b * X^\alpha \quad (2.1)$$

em que:

Y- taxa de mortalidade;

a- dose letal média, em µg.cm⁻²;

α- índice de variação;

X- concentração dos pesticida, em µg.cm⁻³

O coeficiente b da regressão representa a variação da mortalidade resultante da utilização de diferentes concentrações.

Relativamente à massa volúmica das gotas provenientes de uma emulsão Wyatt *et al.* (1985) realizaram várias experiências de modo a determinar a dose letal média (LD50) tendo os melhores resultados sido obtidos com gotas pequenas e com concentrações de 0,5 a 1,5%. Segundo estes

autores a dimensão e concentração das gotas estão relacionadas pelo que para cada valor da primeira existe uma concentração ideal de substância activa.

Nestes ensaios, e relativamente à difusão da substância activa das gotas, verificou-se que a mortalidade se dava segundo uma curva sigmóide, sendo de 100% junto à periferia das gotas, descendo rapidamente no primeiro milímetro e mais suavemente depois; este tipo de dispersão verifica-se em corpos semi-sólidos como a cutícula das folhas e permite determinar, desde que não haja interacção entre as gotas, a distância letal média (LS₅₀).

Para além dos aspectos apresentados, os ensaios efectuados por Wyatt *et al.* (1985) permitiram demonstrar que as diferentes espécies de plantas influenciam a eficiência dos tratamentos pois as gotas apresentam, em cada uma delas, perímetros muito variados que condicionam a difusão da substância activa e portanto a eficiência do tratamento; quanto maior for o perímetro maior será a difusão da substância activa. Observações mais pormenorizadas das gotas revelaram que estas apresentavam inclusões sólidas, formadas após a evaporação dos componentes mais voláteis, tornando-se o óleo saturado e com cristais originados a partir dos pesticidas. Nesta situação, e estando o óleo em contacto directo com a cutícula das folhas, a difusão da substância activa é condicionada pelo perímetro das gotas não se verificando uma maior eficiência biológica pelo aumento das concentrações.

Relativamente à concentração da substância activa na eficiência biológica os resultados dos ensaios efectuados por Martin (1978) revelaram uma influência bastante pequena daquele factor; estes ensaios mostraram que a área tratada por uma gota aumenta apenas 1,75 vezes para aumentos da concentração de cerca de 40 vezes. A concentração da substância activa nestes solventes, expressas em peso por volume, é normalmente a mais alta dependendo apenas da solubilidade do produto químico.

Segundo Lecocq (1987) as principais vantagens destas formulações devem-se à facilidade com que formam suspensões, à sua rápida diluição e à boa penetração nos vegetais; como principal inconveniente este autor refere os riscos de fitotoxicidade quando aplicadas a baixas temperaturas.

2.3.1.1.2- As suspensões concentradas

Na suspensão concentrada as partículas sólidas de matéria activa e de solventes estão finamente divididas na água; atendendo à sua constituição e apresentação pode considerar-se entre os concentrados para emulsão e os pós molháveis (Lecocq, 1987).

Estas formulações apresentam, devido à utilização de espessantes, uma elevada viscosidade durante o armazenamento e uma boa fluidez depois de agitadas, mesmo a baixas temperaturas, formando como que uma emulsão.

Como principais vantagens o referido autor aponta a ausência de solventes e sua substituição pela água, o que reduz os riscos de fitotoxicidade, e a facilidade da sua preparação; o principal inconveniente é a impossibilidade de as utilizar para todas as substâncias activas, pois exige uma fraca solubilidade e uma grande estabilidade na água.

2.3.1.1.3- Os concentrados solúveis

Os concentrados solúveis formam com a água uma solução verdadeira, pois a substância activa, líquida ou sólida, é solúvel na água ou num solvente miscível com esta; a sua principal vantagem é a facilidade com que se manipula e a compatibilidade com outros produtos.

Assim, e relativamente às formulações aquosas constata-se a necessidade de se conhecerem as principais características dos pesticidas que influenciam o espectro da pulverização, nomeadamente as físicas, de formulação, de escoamento, os diferentes tipos de aditivos e suas interacções e o comportamento das gotas depois de depositadas. Para além dos aspectos intrínsecos aos produtos e equipamentos é necessário ter em consideração o tipo de planta a tratar, a densidade da folhagem, a intensidade do ataque e as condições meteorológicas.

2.3.1.2- Formulações não aquosas

As formulações não aquosas apresentam-se geralmente em forma de pó ou granulos, sendo a sua aplicação efectuada depois de diluídas, geralmente em água, como uma solução verdadeira ou, mais frequentemente, uma suspensão; neste caso as formulações são insolúveis na água, mas molháveis e dispersam-se nesta.

Relativamente à sua constituição é baseada em hidrocarbonetos das séries parafínicas e nafténicas misturados com solventes, mantendo-se as suas características inalteráveis durante longos períodos por forma a não se modificarem as condições de aplicação.

2.3.1.2.1- Pós molháveis

Os pós molháveis formam com a água suspensões, que, para serem estáveis, necessitam da presença de aditivos para a sua dispersão.

Relativamente à dimensão das partículas, estas são muito pequenas, grande parte das quais inferiores a 5 μm , e constituídas, para além da substância activa, por aditivos que facilitam a sua dispersão na água (Martin, 1978). Segundo este autor estes aditivos evitam igualmente que as partículas se depositem e obstruam os orifícios de saída e aumentam a molhabilidade das partículas e dos objectos; a utilização de grandes concentrações de aditivos pode originar a formação de espuma o que altera as características da calda. Os diluentes utilizados nestas formulações são geralmente materiais inertes tais como a sílica sintética, argila e o caolino.

A diluição destes pesticidas na água deve permitir uma fácil dispersão, assim como a sua molhabilidade, por forma a não se formarem grânulos, pelo que se aconselha uma diluição prévia num dado volume de água, cerca de 5% da que se irá utilizar, sendo esta "pasta" posteriormente misturada com o restante volume.

2.3.1.2.2- Os pós solúveis

Os pós solúveis são constituídos de substâncias activas sólidas, finamente divididas, e aditivos que apresentam as mesmas características físicas que os aditivos dos pós molháveis.

Representando esquematicamente o modo de formulação dos principais produtos diluídos em água tem-se:

Quadro 2.1- Modo de formulação dos principais pesticidas aplicados com diluição prévia em água

substância activa				
sólida ou líquida		sólida		
+ água ou solvente solúvel em água	+solvente insolúvel em água	finamente pulverizada + água	+ aditivos	
concentrado solúvel	concentrado para emulsão	suspensão concentrada	pó molhável	pó solúvel
líquida			sólida	
pesticidas				

Fonte: Lecocq, J. (1987).

2.3.2- Formulações sólidas para aplicação directa

Para além das formulações sólidas dos pesticidas aplicados após diluição prévia em água existem outros que são utilizados directamente sob a forma de:

- pós;
- granulados.

2.3.2.1- Os pós

Os pós para aplicação directa têm diâmetros inferiores a 30 µm e contêm geralmente teores de substância activa inferiores a 10% (Martin, 1978). O exemplo mais conhecido é o enxofre utilizado principalmente no combate ao oídio, que, mediante a sua volatilização durante vários dias, permite a penetração dos vapores no fungo, alterando o seu metabolismo celular (Esmeraldo, 1989).

Champagnol (1983) considera este tipo de formulação adaptado ao tratamento dos cachos, principalmente quando há uma grande densidade de vegetação, pois a penetração do enxofre, devido à libertação de vapores, envolve praticamente todos os bagos, e é superior à da pulverização. Rey (1983) considera mesmo a possibilidade de, durante todo o ciclo vegetativo da videira, se aplicar apenas enxofre em pó em todos os tratamentos contra o oídio, pois permite reduzir o aparecimento de espécies de fungos resistentes aos fungicidas penetrantes.

Os diluentes mais utilizados nestes produtos são os minerais de argila que os tornam mais estáveis.

2.3.2.2- Os grânulados

As formulações em grânulos, menos vulgarizadas que as em pó, são principalmente utilizadas em aplicações no solo, desde que este tenha humidade suficiente para que a substância activa seja libertada lentamente e absorvida pelas plantas.

Este tipo de formulação apresenta alguns dos inconvenientes dos pós, nomeadamente a baixa concentração da substância activa, o que implica a utilização de volumes muito grandes e, portanto, elevados encargos de transporte e armazenamento. A sua principal vantagem é a precisão com que o pesticida pode ser aplicado, o que permite reduzir o teor de substância activa, e a facilidade de aplicação, nomeadamente com meios aéreos, mesmo em condições adversas.

Comparando os pesticidas em pó para utilização directa com os utilizados em pulverizações, as principais desvantagens dos primeiros prendem-se com os problemas de armazenamento pois, em presença da humidade, formam aglomerados que dificultam a sua aplicação, aos elevados encargos de transporte e armazenamento. Estes pós necessitam também de equipamentos específicos de difícil regulação e são, devido às suas reduzidas dimensões, necessárias para aderirem melhor às plantas e aumentar a taxa de cobertura, mais facilmente arrastados que as gotas (Kepner, 1978).

Richey *et al.* (1961) considera que as polvilhações estão mais dependentes das condições meteorológicas, o que limita o número de horas de aplicação diária, sendo também menor a percentagem de deposição nas folhas; estes aspectos podem ser parcialmente resolvidos carregando electricamente as partículas.

Relativamente às vantagens das polvilhações, a principal é, sem dúvida, a utilização directa, dispensando a utilização da água, o que torna também a sua aplicação mais económica.

Ensaio referidos por Martin (1978) permitiram concluir que a deposição das partículas em pó se dá em maior quantidade na página inferior das folhas devido à maior irregularidade da sua superfície, assim como nas folhas que se mantêm paralelas às correntes de ar do ventilador. Estes aspectos e a aplicação às primeiras horas do dia, em que as folhas ainda se apresentam húmidas, o que facilita a aderência, e em que não há praticamente vento, podem explicar em grande parte a eficácia das polvilhações no combate ao oídio na Região Demarcada do Douro.

No entanto considerando as vantagens e os inconvenientes mencionados, estes são normalmente superiores pelo que as polvilhações têm sido mais utilizadas no tratamento de sementes e em tratamentos de culturas em situações de grande estabilidade atmosférica.

Para além das formulações citadas os pesticidas podem apresentar-se no estado gasoso, quer como fumigantes, geralmente utilizados em desinfecções do solo, quer como vapor de água, utilizado também em solos e culturas.

2.4- Principais características físicas dos pesticidas e sua relação com a pulverização

A pulverização dos pesticidas é influenciada por inúmeros factores entre os quais se destacam os equipamentos utilizados, os factores hidrodinâmicos relativos à passagem da calda nos bicos e as características físicas da própria calda.

Relativamente a estas últimas, a mistura de diferentes formulações e/ou concentrações dos pesticidas com a água, assim como de diferentes substâncias activas e/ou aditivos, alteram as propriedades físicas da calda condicionando o espectro da pulverização. Estas situações tornam-se mais complexas se considerarmos que as características físicas actuam diferentemente conforme a zona do jacto onde se dá a pulverização, ou seja, se as gotas se formam da periferia (superfícies líquidas), do centro (filetes ou ligamentos líquidos) ou se resultam da interacção com as correntes de ar. Em alguns equipamentos, como por exemplo nos pulverizadores por pressão e centrífugos, a pulverização é feita quer a partir de filetes quer de superfícies líquidas obtendo-se assim uma maior complexidade nos processos de pulverização.

As principais características físicas dos pesticidas que influenciam a pulverização são:

- a tensão superficial e a massa volúmica;
- a viscosidade e o índice de viscosidade.

2.4.1- A tensão superficial e a massa volúmica

A tensão superficial dos líquidos, quando estes se encontram sujeitos a forças exteriores, como é o caso da pulverização, faz com que se formem pequenas gotas, pois a esfera é o sólido que apresenta menor superfície relativamente ao seu volume. Caso esta força seja relativamente elevada, pode dificultar a fragmentação das gotas tornando muito difícil a sua deposição nos objectos (Piazza, 1985).

Segundo Elliott e Wilson (1983) a redução da tensão superficial permite obter gotas mais pequenas, a não ser que o processo da sua formação se faça a partir de filetes líquidos, e a diminuição da massa volúmica conduza à formação de gotas maiores.

O limite superior da tensão superficial das formulações normalmente utilizadas é coincidente com a da água, ou seja $\pm 70 \text{ N.m}^{-1}$ e o inferior, que corresponde à tensão das caldas em que o diluente é o óleo, é de $\pm 30 \text{ N.m}^{-1}$. Mathews (1979) considera que uma baixa tensão superficial dos óleos permite uma maior penetração através dos estomas ou da cutícula das folhas.

Relativamente à massa volúmica da água e do óleo Elliott e Wilson (1983) consideram os seus valores como 1000 e 850 kg.m^{-3} , o que, juntamente com os dados da tensão superficial, permite obter valores de DVM (4.4.1) das gotas compreendidos entre 200 e 130-140 μm , respectivamente. Kepner *et al.* (1978) consideram que a diferença da massa volúmica dos pesticidas é normalmente pequena pelo que esta característica não altera significativamente a dimensão das gotas.

As fórmulas, segundo Elliott e Wilson (1983), que permitem obter os DVM em função destas características são as seguintes:

$$\sqrt[3]{\left(\frac{\sigma}{\rho_l}\right)^2} \quad \text{e} \quad \sqrt[2]{\frac{\sigma}{\rho_l}} \quad (2.2; 2.3)$$

em que:

σ - tensão superficial, em N.m⁻¹;

ρ_l - massa volúmica das gotas, em kg.m⁻³

Considerando que quanto menor for a tensão superficial maior será a penetração dos pesticidas nos estomas e cutícula das plantas, os óleos serão os solventes mais indicados para aplicação das substâncias activas (Matthews, 1983); os óleos minerais, para além destas características, têm ainda a vantagem de praticamente não corroerem os equipamentos.

Assim, a aplicação de pesticidas em cuja formulação se encontrem óleos minerais, permite diminuir as quantidades de substância activa pois estas são mais facilmente espalhadas e absorvidas, reduzindo-se a probabilidade de serem removidas por eventuais chuvas; esta eficácia pode ser diminuída se utilizarmos caldas com elevada concentração de substância activa, devido à toxicidade local que impede a absorção da substância activa.

Ensaio realizados por Dempsey (1985) mostraram que o aumento das concentrações com herbicidas conduzem a aumentos da percentagem de gotas de menor dimensão.

2.4.2- A viscosidade e o índice de viscosidade

A viscosidade dos pesticidas actua diferentemente conforme as condições em que se dá o escoamento nos bicos, alterando a dimensão das gotas e portanto a eficiência do tratamento.

Mathews (1979) considera que o aumento da viscosidade, juntamente com o aumento da tensão superficial, conduz à formação de gotas de maior dimensão, mas quando esta última diminui forma-se um número muito elevado de gotas mais pequenas. Este autor indica, para se conseguir uma boa pulverização, valores máximos de viscosidade de 15 centistokes (15*10⁴ m².s⁻¹), pois, para valores superiores, o ângulo do jacto diminui o que faz com que as gotas sejam maiores.

Kepner (1978) considera, no entanto, que o aumento da viscosidade implica um aumento da dimensão das gotas devido ao maior intervalo de tempo necessário para a sua desintegração; segundo este autor as caldas apresentam baixos valores de viscosidade dinâmica estando estes normalmente compreendidos entre 1 e 10 mPa.s, que são os valores correspondentes à água e a um óleo vegetal, pelo que estas diferenças não condicionam substancialmente a pulverização. Este autor considera igualmente que o aumento da viscosidade pode ser obtido pela junção de agentes espessantes e alguns emulsionantes, o que permite aumentar a dimensão das gotas reduzindo assim a deriva.

Elliot e Wilson (1983) referem que a viscosidade tem um efeito mais complexo que o da tensão superficial na dimensão das gotas, pois actua diferentemente conforme a pulverização se dá a partir de filetes (interior dos jactos) ou de superfícies líquidas (periferia dos jactos).

Assim, estes autores consideram que a dimensão das gotas obtidas a partir dos filetes líquidos é dada por:

$$DVM \propto \sqrt[6]{\frac{10 * \eta_l}{(d_f * \sigma * \rho_l)^{1/2}}} \quad (2.4)$$

em que:

η_l - viscosidade do líquido, em N.s.m²;

d_f - diâmetro dos filetes líquidos, em μ m, obtido por:

$$d_f = \sqrt[2]{D_f * \frac{2}{\pi * v_l}} \quad (2.5)$$

em que:

D_f - débito do líquido que dá origem a um filete, em mL.s⁻¹;

v_l - velocidade do líquido à saída do bico, em cm.s⁻¹;

enquanto que a partir de superfícies tem-se:

$$DVM \propto \sqrt[3]{\frac{D_f * s^2}{(J_l * \omega * \rho_l^2 * v_l^2)}} \quad (2.6)$$

em que:

s - secção de saída, em mm²;

J_l - comprimento da superfície líquida medida a partir do bico, em cm;

ω - ângulo do jacto, em radianos

Da equação 2.4, relativa à pulverização dos filetes líquidos, conclui-se que o DVM é proporcional a $\sqrt[6]{\eta_l}$ ou seja à viscosidade do líquido; a equação (2.6), relativa à pulverização de uma superfície líquida, não inclui a viscosidade pelo que a dimensão das gotas varia segundo o número de Reynolds (Re). Assim, segundo Elliott e Wilson (1983), quando este número é alto (fluxos turbulentos) as variações da viscosidade não alteram a dimensão das gotas; quando o fluxo passa de turbulento a laminar o aumento da viscosidade conduz à redução da dimensão das gotas e, para os fluxos laminares, valores baixos de Re, o aumento da viscosidade faz aumentar os DVM. O valor de Re depende da construção e geometria dos bicos assim como do desgaste e imperfeição dos mesmos e da rugosidade das condutas (Elliott e Wilson, 1983)

Considerando que os limites de Re para um dado bico são sempre os mesmos, estes autores consideram que a variação da dimensão das gotas com a viscosidade será mais pronunciada nos

bicos com orifícios pequenos, onde ligeiros aumentos da viscosidade provocam diminuições sensíveis de Re , do que em orifícios com maior diâmetro.

Assim, e em resumo, pode dizer-se que o aumento da viscosidade não conduz sempre a um aumento da dimensão das gotas ou à redução do número de gotas mais pequenas, pois as moléculas das diferentes fases da calda não apresentam um comportamento Newtoniano, o que faz com que esta característica só tenha importância quando relacionada com o local do jacto onde se dá a pulverização (Elliot e Wilson, 1983). Frost (1990) refere que o comportamento não Newtoniano das suspensões concentradas conduz a variações da viscosidade tornando a sua determinação muito difícil.

Kepner (1978) considera que a viscosidade diminui rapidamente à medida que a tensão de corte aumenta, fazendo com que, por exemplo, caldas bastante viscosas, portanto com baixa tensão de corte, tenham, quando da passagem pelo bico, onde a tensão de corte é alta, baixa viscosidade.

Para além desta característica, o índice de viscosidade, que é a variação da viscosidade com a temperatura, é muito importante, especialmente para os diluentes, pois permite utilizá-los com diferentes substâncias activas; muitos polímeros e macromoléculas aumentam a viscosidade dos pesticidas o que acarreta uma diminuição das perdas por deriva (Martin, 1978).

2.5- Importância das características físicas dos pesticidas no comportamento das gotas e seus depósitos nos objectos

Quando as gotas atingem os alvos, especialmente nas situações em que há impacto, as gotas maiores podem rebentar resultando perdas, quer por escorrimento quer por deriva. Como forma de minimizar esses fenómenos e quando se aplicam formulações aquosas, podem utilizar-se pesticidas com aditivos que diminuam a histerese do ângulo de contacto da trajectória das gotas com as folhas, o que diminui a tendência para que se dê aquele fenómeno.

Relativamente ao comportamento das gotas nos objectos a tendência para a utilização de menores volumes de calda faz com que o contacto directo das gotas com o alvo a tratar seja pouco provável, pelo que, para se conseguir um bom controlo das pragas e doenças, as características físicas do produto aplicado devem permitir a transferência deste, em quantidade suficiente, do local de impacto para a periferia.

Dado que as características físicas dos pesticidas são influenciadas quer pelo tipo de aditivos incorporados quer pelo tipo de formulação, aquelas condicionam o comportamento dos pesticidas nos objectos.

A forma das gotas, que define a superfície de contacto com o ar, por onde se volatiliza o pesticida, é função de vários factores tais como a sua dimensão, concentração e área ocupada. Esta depende, a princípio, da inércia do impacto e molhabilidade da superfície e depois da forma do depósito, que resulta da evaporação do diluente. A volatilização através da superfície das gotas dá-se, de início, de uma forma constante até que o depósito se torna tão fino que se começa a dividir em partes individuais (Herrington *et al*, 1984)

Em relação aos depósitos dos pesticidas nas plantas, que se formam quando da evaporação da fase líquida, são muito variáveis, sendo função da quantidade e concentração de calda aplicada por hectare, e diminuem à medida que se vão evaporando e/ou são removidos. Para os fungicidas, e considerando que se aplicam normalmente de 1- 2 kg por 100 litros de água, para $500 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$ a quantidade de pesticida aplicada será $50\text{-}100 \mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$. Na realidade os valores relativos às plantas são inferiores a estes, pois a área da vegetação é superior à superfície cadastral ocupada pela planta; o índice de área foliar (IAF) é para a vinha, segundo Musillami (1982), de 5.

Assim, em presença de um tão elevado número de factores que condicionam o comportamento das gotas e seus depósitos, é muito difícil calcular com precisão a quantidade destes que se evaporam podendo, no entanto, afirmar-se que :

- quanto maior for o depósito mais lentamente este se volatiliza;
- a presença de aditivos e/ou óleos que retardam a evaporação dos pesticidas nos concentrados para emulsão e soluções contrariam a formação de cristais reduzindo assim a volatilização; os pós molháveis, como apresentam os produtos químicos em partículas sólidas muito pequenas estão mais sujeitos à volatilização.

2.6- Os diferentes tipos de tratamentos

Embora a pulverização seja um processo pouco eficiente de tratamento das culturas, é, sem dúvida, o mais generalizado pois, apesar de tudo, permite um controlo eficaz das pragas e doenças com utilização dos sistemas convencionais de aplicação. Mathews (1981) calculou em laboratório que a quantidade necessária de produto químico para conseguir uma boa eficiência biológica é muito inferior (30-50%) à utilizada na prática. Esta eficiência depende, entre outros factores, da formulação dos pesticidas pois, por exemplo, segundo Kepner (1978), a aplicação directa de pós conduz a uma menor deposição aumentando os riscos de deriva.

Relativamente ao modo de acção dos fungicidas podemos considerá-los preventivos e curativos baseando-se esta distinção conforme são utilizados antes de se darem as infecções ou com as plantas já infectadas. Os tratamentos preventivos são geralmente mais eficazes pois impedem a instalação das pragas e ou doenças nas plantas, enquanto que os curativos contrariam o desenvolvimento dos fungos nos tecidos vegetais (efeito "stopant"); estes têm como principal inconveniente aumentarem a pressão de selecção (Esmeraldo, 1989).

A aplicação dos fungicidas em cada um destes tipos de tratamento é diferente pois, nos primeiros, é necessário que se mantenha a sua acção durante um determinado intervalo de tempo, sendo, os segundos, dependentes do contacto com a doença a tratar; existem, no entanto, já fungicidas que têm uma acção preventiva e curativa. Lafon (1978) aconselha a fazer os tratamentos curativos à semelhança dos preventivos, ou seja, com uma dada periodicidade.

No caso da vinha os tratamentos preventivos são os mais comuns pois permitem um melhor planeamento das actividades agrícolas, sendo necessário, para se obter uma boa eficiência, conhecer a biologia da doença por forma a saber qual a melhor altura de aplicação. Com estes tratamentos deve

obter-se uma barreira tóxica descontínua, através de uma rede homogénea de pontos, pois a formação de uma barreira contínua implica a utilização de volumes relativamente elevados de calda; estes conduzem a escorrimentos para o solo, fazendo com que o depósito nas plantas seja proporcional à concentração da calda mas independente do volume utilizado por hectare .

Considerando apenas os fungicidas, que são geralmente de origem mineral, à base de cobre e enxofre, ou orgânicos de síntese, e têm uma maior selectividade, remanescência e facilidade de emprego que os restantes grupos de pesticidas, actuam quer como preventivos quer como curativos, sendo as principais formas de comportamento ao nível das plantas por contacto, penetração e sistemica.

2.7- Comportamento dos fungicidas ao nível das plantas

Os pesticidas actuam diferentemente ao nível das plantas sendo também diferente a sua técnica de aplicação.

Assim, e conforme o seu comportamento tem-se:

2.7.1- Fungicidas de contacto

A aplicação dos fungicidas de contacto, também designados por clássicos ou de superfície, dos quais o cobre é o mais conhecido, deve ser efectuada, para que tenha a eficácia máxima, como tratamento preventivo e por forma a obter-se uma cobertura do objecto o mais completa e uniforme possível. A libertação dos esporos dos fungos dá-se geralmente de uma forma gradual sendo a penetração do micélio bastante rápida, o que faz com que a frequência das aplicações, especialmente em períodos de crescimento activo, tenha de ser grande tornando-se difícil a sua execução.

Relativamente à acção destes fungicidas esta é externa, não penetram nos tecidos vegetais, e não asseguram protecção dos órgãos da vinha formados depois da sua aplicação. O seu efeito é anulado desde que chova mais que 20 mm sendo o intervalo de aplicação de 10-12 dias; este depende, entre outros factores, do tipo de pesticida e da época de aplicação (Correia *et al.*, 1989).

2.7.2- Fungicidas penetrantes

Os fungicidas penetrantes utilizam-se em tratamentos curativos actuando por penetração, mais ou menos profunda, através das zonas de contacto com as plantas. Assim, não sendo transportados pela seiva, não protegem as partes destas que se desenvolvem posteriormente, pelo que não se aconselha a sua aplicação durante as fases de maior desenvolvimento vegetativo.

Segundo Correia *et al.* (1989) os fungicidas penetrantes à base de cymoxanil permitem anular a acção do míldio da videira desde que o tratamento seja efectuada nos 3-4 dias seguintes à contaminação, permacendo o seu efeito durante cerca de 12 dias.

Relativamente à penetração destes fungicidas, Boubals e Mur (1983), indicam que esta é feita rapidamente logo nas primeiras horas após a aplicação. Anónimo (1982) refere que a sua aplicação no tratamento do oídio dos cachos deve ser efectuada localizadamente e em ambas as faces dos bardos.

2.7.3- Fungicidas sistémicos

A utilização de fungicidas sistémicos, caracterizados por penetrarem nos tecidos e serem veiculados pela seiva, tem-se tornado prática corrente, pois permitem fazer um calendário dos tratamentos, em função do seu período de acção, assim como minimizar os efeitos negativos resultantes da falta de uniformidade da distribuição das gotas nas plantas.

Sendo sistémicos estes produtos penetram no interior das plantas minimizando assim o problema do arrastamento pelas chuvas e protegem as partes da planta formadas depois da sua aplicação, desde que estas coincidam com o seu período de acção; estes produtos podem ser aplicados como curativos desde que os tratamentos se façam dentro dos 2-3 dias seguintes à contaminação (Esmeraldo, 1989).

Para além destas formas de acção existem outras indirectas como as que utilizam o enxofre em que se dá a libertação de gases sulfurosos, dependendo a sua eficácia do próprio produto e das condições climatéricas, e as medidas profilácticas que atenuam as possibilidades de conservação e implantação das doenças nas vinhas.

Relativamente à fitotoxicidade é geralmente pequena podendo, em condições climatéricas favoráveis ou para alguns estados de desenvolvimento vegetativo, tornar-se bastante elevada.

Nos pesticidas utilizados no combate às pragas, insectos e ácaros, o seu modo de acção faz-se geralmente por intoxicação (contacto directo, ingestão, etc), por inalação dos vapores resultantes da vaporização do produto ou por asfixia e os herbicidas actuam quer por contacto directo com as infestantes quer por sistemica. Quanto à sua fitotoxicidade ela é, na maioria dos casos, superior à dos fungicidas pelo que são necessários maiores cuidados na sua aplicação e manuseamento.

Relativamente aos fungicidas sistémicos inibidores da biosíntese do ergosterol (IBE), actualmente muito utilizados, apresentam, segundo Boubals (1991), como principais vantagens as seguintes:

- utilização de doses muito pequenas o que permite reduzir substancialmente os custos;
- penetração nas plantas evitando-se o seu arrastamento pela água das chuvas;
- terem uma persistência bem definida o que permite uma calendarização dos tratamentos.

Como principais inconvenientes o referido autor apresenta a rapidez com que os fungos criam resistências, não podendo, portanto, a sua utilização ser intensiva; segundo este autor foi em Portugal, em 1988, que apareceram as primeiras raças de oídio resistentes aos produtos IBE; não se conhecem actualmente resistências quer relativamente ao enxofre, que continua a ser o melhor produto para controlo do oídio, quer ao dinocape.

2.8- Algumas relações entre os pesticidas e os factores ambientais

Após a aplicação dos pesticidas nas culturas estes ficam sujeitos às condições ambientais, verificando-se perdas por evaporação que são mais acentuadas quando o diluente é a água; estas perdas também ocorrem durante o transporte mas devido ao pequeno intervalo de tempo que se verifica desde a pulverização até se atingir a planta elas são geralmente insignificantes. Ensaio referidos por Elliot e Wilson (1983) indicam perdas por evaporação da ordem dos 40 % quando se aplicam herbicidas em condições adversas.

A evaporação dos pesticidas é função das características da camada de ar envolvente das gotas, nomeadamente a sua espessura, da saturação da concentração do vapor aí existente, da difusão dos vapores através do ar e da sua temperatura e de factores relativos à forma e distribuição dos depósitos.

Relativamente à concentração do vapor saturado e à sua difusão, estas são específicas de cada pesticida, pelo que não podem ser alteradas. A temperatura e espessura da camada envolvente de ar são condicionadas pelos factores climáticos e pela geometria das gotas, sendo a forma física do depósito dependente da parte sólida do pesticida, sua formulação, equipamentos utilizados e da sua interacção com as folhas.

Para a concentração do vapor saturado, Elliot e Wilson (1983) considera que este é definido por:

$$CVS = K * p * M \quad (2.7)$$

em que M é a massa molecular, $K = 5,475 * 10^{-5}$ a 20 °C e a pressão (p) em mmHg. O valor de CVS é dado em g.L⁻¹.

Para a difusão do vapor dos pesticidas no ar o referido autor considera que esta é proporcional a \sqrt{M} , e Hartley e Graham-Bryce (1980) que o seu valor é de 0,07 cm².s⁻¹.

2.9- A escolha e concentração dos pesticidas

Atendendo à complexidade das características físicas e químicas dos pesticidas, que não são normalmente do conhecimento do utilizador, este limita-se a fazer a sua escolha em função da doença e/ou praga a combater, do modo de acção, do preço e da facilidade de manuseamento e/ou aquisição.

Para além destes aspectos torna-se também importante saber se os produtos possíveis de serem aplicados em simultâneo são ou não compatíveis. Os pesticidas que apresentam o mesmo tipo de formulação podem ser geralmente utilizados em tratamentos mistos pois apresentam aditivos semelhantes. Em relação às diferentes formulações é necessário grandes precauções pois, embora seja possível aplicar um concentrado para emulsão com um pó molhável, já não o é com uma

suspensão (Lecocq, 1987). Este autor aconselha, caso não haja informações disponíveis relativamente à compatibilidade das formulações, fazer um teste em que se misturem numa proveta os produtos nas proporções a utilizar no campo e se espere uma hora para verificar a reacção.

Os pós molháveis, cuja utilização apresenta alguns riscos e dificuldades na preparação das caldas, são os mais divulgados, pois, para além das vantagens apresentadas, têm, em muitas situações, uma maior eficiência biológica. Matthews (1983), considera que se obtêm melhores resultados com este tipo de formulação no combate a larvas, porque a substância activa das emulsões é absorvida muito rapidamente pelas folhas. O grande número de solventes actualmente existente permite que os pós molháveis possam penetrar rapidamente nas pragas ou doenças pelo que, em termos de eficiência biológica, não existem grandes diferenças entre as principais formulações disponíveis.

Relativamente à concentração, geralmente expressas em kg(L).ha^{-1} para as aplicações no solo, e em kg(L).hl^{-1} para as culturas arbustivas e arbóreas, deve estar de acordo com as indicações do fabricante. A utilização de volumes inferiores podem originar um controlo insuficiente das pragas e/ou doenças e favorecer o desenvolvimento de resistências, e as concentrações superiores, para além de serem anti-económicas e aumentarem os riscos de desequilíbrio do meio ambiente, podem também conduzir ao desenvolvimento de resistências por aumentarem a pressão de selecção (Esmeraldo, 1989).

Para além destes aspectos negativos ensaios referidos por Dempsey (1985) na aplicação de herbicidas indicam que um aumento da concentração conduz a um acréscimo do número de gotas mais pequenas ($< 200 \mu\text{m}$) e a uma diminuição das maiores ($> 400 \mu\text{m}$), o que altera o espectro da pulverização e consequentemente a eficiência do tratamento.

Assim os utilizadores, dentro da gama de valores indicados pelo fabricante, e tendo em consideração a fitotoxicidade, os equipamentos utilizados e as próprias plantas, devem escolher as doses que melhor se ajustem a cada caso; estas indicações, quando expressas em kg(l)/hl têm normalmente como base a utilização de 1000 L.ha^{-1} , pelo que a concentração deve ser corrigida para os volumes a aplicar tendo em atenção, entre outros aspectos, a densidade da vegetação e o grau de infecção.

Ensaio efectuados por Wyatt (1985) indicaram que a concentração exacta de um pesticida depende muito da dimensão das gotas, afirmando Mathews (1979) que, em igualdade de situações, quanto menor for esta menor é a concentração da substância activa para se atingir a LD_{50} .

Capítulo 3

As diferentes técnicas de pulverização.

3.1- Introdução

"Os pulverizadores são máquinas que servem para espalhar, sob a forma de um jacto de finas gotículas e com a maior regularidade possível, uma calda (dilução em água ou, mais raramente, em óleo, de uma ou mais substâncias activas destinadas a combater os inimigos das culturas) sobre o solo ou sobre os órgãos aéreos das plantas" (Briosa, 1984).

Para além dos objectivos mencionados, estes equipamentos devem permitir a redução dos volumes de calda a aplicar por hectare assim como a diminuição das possibilidades de contaminação do meio ambiente, sem afectar a eficiência do tratamento.

Relativamente às vantagens proporcionadas pela redução dos volumes a aplicar por hectare destacam-se:

- redução da contaminação do meio;
- maior produtividade do trabalho;
- menor compactação do solo;
- melhor oportunidade do tratamento;
- redução das perdas de calda;
- menor consumo de água.

As vantagens da redução da contaminação do meio são óbvias e prendem-se fundamentalmente com o equilíbrio ecológico o que permite uma melhor qualidade de vida das pessoas.

Assim, e atendendo a que as reduções dos volumes e as perdas por deriva apresentam soluções opostas, como o demonstra a diminuição da dimensão das gotas e as altas velocidades de translação dos equipamentos, que favorecendo a diminuição dos volumes conduzem a maiores perdas para a atmosfera (Gohlich, 1979), é necessário procurar um equilíbrio entre estes dois objectivos, pelo que se aconselha:

- escolher os equipamentos que, para cada situação, utilizem a melhor técnica de aplicação dos pesticidas por forma a reduzir o espectro da população das gotas;
- melhorar os sistemas de transporte, especialmente das gotas mais pequenas, quer através de correntes de ar, quer utilizando cargas eléctricas.

Considerando que a eficiência biológica resultante da redução do volume, mantendo constante a quantidade de substância activa por hectare, apresenta resultados muito diferentes, em alguns casos mesmo contraditórios, não se conhecem, para a maioria das situações, a sua relação com as doenças, pesticidas e plantas; estas diferenças verificam-se principalmente porque a redução do volume altera a estrutura dos depósitos das gotas, isto é a sua dimensão e distribuição, condicionando o sucesso do tratamento.

Assim, e atendendo aos aspectos apresentados aconselha-se a proceder a esta redução de uma forma gradual, acompanhando-a sempre de estudos rigorosos para cada uma das situações.

3.2- Diferentes técnicas de aplicação dos pesticidas

A pulverização das gotas pode ser efectuada mediante diferentes técnicas das quais se destacam as que resultam da utilização da pressão e correntes de ar (pneumática), geralmente designados por métodos tradicionais (convencionais) de pulverização e dos métodos mais recentes, em que se incluem a aplicação controlada das gotas (CDA), de que a pulverização centrífuga é a mais conhecida, e a pulverização electrostática.

O aparecimento destes últimos métodos deve-se principalmente aos volumes relativamente elevados utilizados pelos primeiros, especialmente a pulverização por pressão, que, embora apresentem uma boa eficiência biológica, conduzem a uma grande contaminação do meio e são muito caros. Cayley (1986) indica que comparando a dose necessária para matar um insecto, multiplicada pelo número de insectos existentes numa dada área, com a que normalmente se aplica nessa mesma área para o seu combate, aquela é cerca de 1000 vezes superior à necessária, pelo que se desperdiçam 99,9 % da substância activa, o que, em termos de poluição e custos, tem um preço demasiado alto.

Relativamente à definição e volumes aplicados por hectare, para os diferentes tipos de culturas, considera-se:

Quadro 3.1- Designação e definição da quantidade de calda a aplicar, em L.ha⁻¹, para as culturas arvenses, arbustivas e arbóreas

Designação	Culturas arvenses	Culturas arbustivas e arbóreas
Altos volumes (HV)	> 600	> 1000
Médios volumes (MV)	100 - 600	300 - 1000
Baixos volumes (LV)	20 - 100	30 - 300
Muito baixos volumes (VLV)	5 - 20	20 - 30
Ultra-baixos volumes (ULV)	< 5	< 20

Fonte: Johnstone (1978a).

3.2.1- Os métodos tradicionais

Os métodos tradicionais encontram-se associados a pulverizações relativamente grosseiras e espectros latos, e utilizam bicos hidráulicos que debitam altos e médios volumes ou por bicos pneumáticos que aplicam médios e baixos volumes (Johnstone, 1978).

Considerando os volumes a aplicar por hectare na cultura da vinha, Vagny (1984) indica os seguintes valores:

Quadro 3.2- Volume de calda, em L.ha⁻¹, aconselhado para as técnicas tradicionais de aplicação.

Tipo de pulverização	Volumes
Pulverização centrífuga	10-20
Pulverização pneumática	60-300
Pulverização em jacto transportado	150-500
Pulverização em jacto projectado	400-2000

Fonte: Vagny (1984).

Consideram-se bicos hidráulicos aqueles em que a calda se encontra sob pressão sendo esta a principal responsável pela sua pulverização; os equipamentos que dispõem de ventiladores utilizam igualmente esta técnica, embora a velocidade do ar, de uma forma menos

significativa, contribua também para a pulverização (Kepner *et al.* 1978).

Nos bicos pneumáticos o escoamento da calda efectua-se à pressão atmosférica, ou próxima desta, sendo a pulverização provocada pelo "choque" com uma corrente de ar que se desloca a uma velocidade bastante elevada.

3.2.2- A aplicação controlada das gotas

A aplicação controlada das gotas (CDA) consiste na pulverização dos pesticidas em gotas com características dimensionais mais ou menos uniformes e cuja dimensão é função da natureza do objecto a tratar (Johnstone, 1978a). Este autor apresenta coeficientes de uniformidade para as populações resultantes da pulverização centrífuga de 1,3, a que correspondem coeficientes de variação de 53%, e, para os métodos tradicionais, valores de 2,0 com coeficientes de variação de 100-150%. Piazza (1985) indica que a homogeneidade dos espectros das gotas resultantes da pulverização centrífuga é 2 a 4 vezes superior à obtida pelos bicos de turbulência.

Neste tipo de aplicação, em que se utilizam normalmente volumes muito baixos, não existem gotículas muito pequenas nem muito grandes, o que permite reduzir as perdas por deriva e escorrimento aumentando-se assim a taxa de deposição nas plantas e a uniformidade da sua cobertura (Kepner *et al.* 1978). Quanto mais homogêneas forem as gotas mais fácil é obter as condições necessárias para o seu transporte até ao objecto a tratar.

A pulverização centrífuga consiste na colocação, a baixa pressão, de um dado volume de calda, num ou mais discos, cones ou cilindros, que, girando com grande velocidade, originam uma elevada energia cinética rotacional, que provoca a pulverização da calda; este método tem sido mais utilizado em tratamento de culturas baixas. A utilização de cones ou cilindros permite aumentar os débitos por unidade de superfície, o que nestes equipamentos é muito importante, pois a cobertura resultante da pulverização dos objectos é bastante reduzida, e adaptam-se melhor aos pulverizadores montados nos tractores (Cayley, 1986)

A variação da velocidade de rotação dos dispositivos de pulverização altera o diâmetro das gotas, ajustando-se assim ao tipo de pesticida, cultura e condições atmosféricas (Lafon, 1984). Estes podem chegar a ter um diâmetro médio de 10 µm (Piazza, 1985) e os volumes mínimos aplicados pelos pulverizadores de grande capacidade são, segundo Lafon (1984), de 25 L.ha⁻¹.

Os pulverizadores centrífugos manuais, também designados por pulverizadores de pilhas, têm tido uma grande divulgação para aplicação de herbicidas, pois utilizam volumes de 30 a 40 L.ha⁻¹

(Manterola, 1990), o que permite reduzir o tempo de aplicação, efectuando-se assim os tratamentos nas melhores condições, e diminuindo-se também a percentagem de perdas ocasionadas pela não realização das operações no momento mais oportuno (timeliness).

Relativamente à cultura de fruteiras e vinha a utilização desta técnica tem sido bastante reduzida, podendo, segundo Gohlich (1979), ser muito promissora desde que combinada com correntes de ar para transporte das gotas; ensaios efectuados por este autor, em vinhas, mostraram que a pulverização com bicos rotativos e transporte através de fluxos de ar, permite reduzir, quando comparadas com as técnicas convencionais, em cerca de 50% as perdas por deriva. Vagny (1989) refere este tipo de equipamento na aplicação de herbicidas na vinha utilizando cerca de 30 L.ha⁻¹.

Johnstone (1978) indica, para a aplicação controlada e diferentes situações, as seguintes dimensões das gotículas:

Quadro 3.3- Dimensão das gotas e sua utilização para aplicação controlada.

DVM (µm)	Utilização	Notas
> 500	Pulverização de herbicidas em que seja de temer a deriva das gotas	Utilizar apenas em pulverizações aéreas
200 - 500	Pulverização com pesticidas residuais em MV e LV	Utilizar com formulações aquosas em condições de alta temperatura e baixa humidade
125 - 250	Pulverização com pesticidas de contacto e residuais, em LV e VLV	Apresenta boa deposição, mas baixa densidade de impactos quando aplicadas em VLV
60 - 120	Pulverização com pesticidas de contacto e residuais, em VLV e ULV	Boa penetração nas copas. Possível volatilização das formulações, especialmente em aplicações aéreas
30 - 60	Pulverização com pesticidas de contacto contra insectos, em ULV	Baixa deposição em objectos com grandes dimensões. Tendência para a deriva.
<30	Pulverização contra mosquitos no estado adulto, em ULV	Pequeno ou nenhum efeito residual

Fonte: Johnstone (1978a).

A eventual utilização da pulverização centrífuga em regiões com elevada temperatura tem de ser efectuada com muito cuidado pois as gotículas, devido à sua reduzida dimensão, apresentam uma concentração muito elevada de pesticida, o que pode conduzir à queima das folhas. Esta técnica não é ainda suficientemente versátil para ser utilizada na maioria das situações sendo também bastante mais dispendiosa e os equipamentos que a utilizam de difícil manutenção (Thelwell, 1984).

3.2.3- A aplicação electrostática

A aplicação de cargas eléctricas para dispersão das partículas foi inicialmente utilizada na indústria automóvel, para pintura de veículos, sendo posteriormente introduzida na agricultura para aplicação de pesticidas em pó e, só mais tarde, devido à regressão que estes tem sofrido, nas pulverizações.

Assim, e ao nível destas, esta técnica consiste na aplicação de cargas eléctricas, positivas ou negativas, nas gotículas que, devido a terem o mesmo sinal, repelem-se e dispersam-se. Estas cargas induzem também à formação de cargas de sinal contrário nas plantas, electricamente neutras, que estando ligadas à terra, funcionam como condutoras, atraindo-as.

Este método permite assim aumentar a taxa de deposição das gotas nos objectos, pois diminui as perdas por deriva e melhora a uniformidade da distribuição, pois não se dá a coalescência das gotas (Miller, 1986).

As cargas eléctricas, embora possam ser utilizadas para pulverizar os líquidos (pulverização electrodinâmica), são empregues principalmente para carregar electricamente as gotas resultantes da pulverização hidráulica e centrífuga, dependendo a sua carga do tipo de bicos, das características da calda e tensão da corrente utilizada. Ensaio referidos por Martin (1978) permitem concluir que o sinal e intensidade da carga depende também da dimensão das partículas e da humidade atmosférica.

Relativamente à carga esta é especialmente importante nas gotas mais pequenas, pois, considerando o seu peso, apresentam mais energia eléctrica que as gotas de maior dimensão. Este aspecto é particularmente vantajoso porque a força da gravidade nas gotas grandes, é normalmente suficiente para provocar a sua deposição, o que não acontece com as gotas mais pequenas. Miller (1986) considera que as cargas eléctricas apenas influenciam a trajectória das gotas com diâmetros inferiores a 200 μm , pelo que a sua utilização é mais indicada para a pulverização centrífuga.

Os principais problemas existentes com a utilização de cargas eléctricas prendem-se com a penetração das gotas na copa das plantas e a deposição em zonas específicas desta. Assim, e como forma de minimizar estes problemas, têm-se efectuado estudos que permitam relacionar a intensidade das cargas eléctricas a utilizar com a velocidade das gotas por forma a obter-se um equilíbrio entre as duas que confira energia suficiente às gotas para atingirem os objectos; a deficiente penetração é mais acentuada com as gotas pequenas pois devido à sua pequena energia cinética são rapidamente atraídas pela vegetação. A colocação dos discos de pulverização na vertical permite aumentar a energia cinética das gotas melhorando a sua penetração na copa das culturas baixas (Cayley, 1986).

Relativamente a trabalhos já efectuados utilizando esta técnica destacam-se os seguintes:

- Vagny (1984) refere deposições de 91,6% de calda nas videiras, tendo-se melhorado significativamente a deposição nas faces inferiores das folhas;

- Herrington (1985) em cereais utilizando bicos de fenda 8003 e 8001, não obteve, com o primeiro tipo de bicos, qualquer diferença na deposição quando as gotículas se encontravam ou não

carregadas electricamente, mas para o segundo, devido à menor dimensão das gotas, as diferenças foram bastante grandes;

- Gohlich (1985), em ensaios efectuados em cereais, concluiu que as gotas com cargas eléctricas se depositam principalmente nas partes mais altas das plantas, ficando os estratos inferiores menos protegidos do que se utilizasse gotas neutras.

Do exposto conclui-se que a aplicação de cargas eléctricas às gotículas ainda apresenta muitos problemas, mas, considerando a crescente importância que se tem dado à redução dos volumes, nomeadamente a utilização dos ultra-baixos volumes, pensamos que é uma técnica muito promissora; Grffiths *et al.* (1986) consideram-na como o único meio para aplicação de feromonas para combate dos afídeos, em que se chegam a utilizar quantidades de substâncias activas inferiores a $1\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$.

3.2.4- Os ultra-baixos volumes

A pulverização a ultra-baixo volume (ULV) é caracterizada principalmente pelos reduzidos volumes a aplicar por unidade de superfície, o que implica que as gotículas sejam muito pequenas e os pesticidas utilizados sem diluição prévia; devido aos volumes utilizados a toxicidade dos pesticidas é geralmente muito baixa. Kepner *et al.* (1978) consideram como ULV todos os pesticidas que para serem aplicados não necessitam de ser diluídos previamente em água e cujos volumes variam de 9 a $0,59\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Assim, considerando os volumes envolvidos, as formulações dos pesticidas para este tipo de aplicação devem incluir solventes e aditivos que contrariem a volatilização das gotas para que estas não percam uma parte significativa da sua massa durante o transporte e para que permaneçam nos objectos tempo suficiente para que possam actuar. Devido às suas exigências em termos de aplicação, utiliza-se mais que um solvente por forma a aumentar-se a persistência da deposição facilitando-se assim a absorção pelo objecto a tratar. Estas aplicações requerem cuidados especiais no que respeita à regulação dos equipamentos, velocidade de trabalho, sensibilidade do operador e mesmo do tipo de objectos a tratar, como é o caso dos pomares com grande densidade de vegetação (Wills, 1988).

3.2.5- Comparação das diferentes técnicas de aplicação

Considerando os estudos efectuados para comparação das técnicas tradicionais e das de aplicação controlada sabe-se que as primeiras, embora permitam um controlo eficaz das pragas e doenças, são muito pouco eficientes. Este facto, juntamente com os altos volumes geralmente utilizados, tem contribuído para o desenvolvimento das técnicas CDA, que permitem reduções muito importantes nos volumes e uma maior uniformidade dos espectros.

Elliott e Wilson (1983) comparando as aplicações convencionais com as técnicas de aplicação controlada consideram que nas primeiras cerca de 10% do volume da calda aplicado se encontra pulverizado em gotas menores que $100\ \mu\text{m}$, e 25% em gotas maiores que $350\ \mu\text{m}$, o que faz com que

esses volumes sejam facilmente perdidos por deriva e escorrimento, respectivamente. Nas técnicas de aplicação controlada praticamente não se verificam perdas pois os espectros são mais homogêneos mas, em termos de eficiência biológica, estes autores consideram que não existem diferenças significativas relativamente às aplicações convencionais; os volumes de calda aplicados por unidade de superfície são inferiores às das aplicações convencionais.

Segundo Johnstone (1978) a aplicação de pesticidas utilizando pulverizadores com ventiladores centrífugos e com correntes de ar direccionadas, estão menos sujeitos às condições meteorológicas do que as gotas resultantes da pulverização centrífuga com correntes de ar contínuas.

Relativamente aos resultados biológicos, as opiniões divergem embora a maioria dos autores indique as aplicações tradicionais como mais eficientes. Assim, por exemplo:

- ensaios efectuados por Cooke *et al.* (1976), deram melhores resultados com a utilização dos bicos hidráulicos, embora as perdas tenham sido maiores; as técnicas de aplicação controlada foram biologicamente as menos eficientes e nem sempre desperdiçaram menos calda que as convencionais;

- trabalhos de Elliot (1980), no que respeita à aplicação de herbicidas, demonstraram que as técnicas de aplicação controlada não permitem qualquer redução das doses a aplicar por unidade de área e os de Evans (1979), com fungicidas, deram resultados semelhantes aos obtidos com a aplicação de altos volumes.

- ensaios realizados por Herrington (1981) no tratamento do míldio das macieiras indicaram que os pulverizadores centrífugos dão melhores resultados que os pulverizadores de jacto transportado, embora não tenham permitido um controlo eficaz da dimensão das gotas;

- ensaios efectuados por Butt *et al.* (1984), permitiram tirar conclusões semelhantes às anteriores pois os altos volumes foram mais eficientes no tratamento das culturas, uma vez que aumentando os volumes de 50 para 600 L.ha⁻¹, se reduziu substancialmente a intensidade das infecções; os altos volumes permitiram também obter uma maior deposição de substância activa nas plantas, o que possibilita a redução das concentrações utilizadas.

Assim pode afirmar-se que a técnica de aplicação controlada apresenta vantagens no que respeita à dimensão, número das gotas e sua retenção nas plantas, reduzindo-se portanto a deriva e escorrimentos, mas que, quando comparadas com os sistemas tradicionais de médio e alto volume, apresenta alguns inconvenientes, tais como:

- maior coeficiente de variação, quando se utilizam discos horizontais, especialmente nas zonas inferiores dos cereais (Robinson, 1984);

- dificuldade em combinar os diferentes discos numa rampa, por forma a conseguir-se uma distribuição uniforme;

- maior susceptibilidade ao vento, especialmente com os discos colocados horizontalmente; este inconveniente é atenuado quando os discos são colocados verticalmente;

- maior amplitude do movimento das rampas devido ao seu maior peso.

A utilização da técnica de aplicação controlada não tem assim revelado, no que respeita à eficiência biológica, grandes vantagens relativamente às tradicionais pelo que, até à data, a utilização destas se têm mantido na maioria dos pulverizadores. Estas para além de uma melhor distribuição ao longo da rampa, imprimem uma determinada velocidade às gotas, podendo mesmo utilizar fluxos de ar para o seu transporte, o que as torna menos susceptíveis aos factores meteorológicos. Piazza (1985) considera que actualmente apenas o transporte das gotas através de correntes de ar permite uma boa penetração no interior da vegetação.

O melhoramento dos métodos de aplicação tradicional por forma a reduzir os volumes tem, devido à cada vez maior sensibilidade ecológica das populações, sido objecto de grande interesse, não sendo, no entanto, ainda bem conhecidos. Verifica-se, no entanto, a necessidade de se melhorar o transporte das gotas, quer por correntes de ar, quer por cargas eléctricas; a diminuição do volume pode ser conseguida pela redução do número de bicos, o que poderá conduzir a uma distribuição heterogénea, ou pela utilização de jactos intermitentes.

A eventual utilização destes métodos, depois de resolvidos os aspectos mecânicos relacionados com a aplicação de médios e baixos volumes, pode vir a rivalizar com a aplicação controlada, devendo, no entanto, a sua introdução ser gradual por forma a evitar-se que o inócuo das doenças, especialmente quando se trata de ataques muito fortes, se vá acumulando ao longo dos anos dando origem à formação de condições favoráveis ao seu desenvolvimento e/ou tornando difícil o seu controlo. Em anos em que a intensidade das infecções é pequena a aplicação de baixos ou altos volumes têm normalmente a mesma eficácia (Esmeraldo, 1989).

A redução da área coberta, resultante da diminuição do volume utilizado, embora não afecte a quantidade de substância activa depositada, antes pelo contrário pois os escorrimentos são menores, é considerada, por alguns autores, como menos eficiente na contenção das pragas e doenças.

Em função do exposto os equipamentos para aplicação de médios e altos volumes são ainda as soluções mais aconselháveis para a maioria das situações, sendo necessário, no entanto, proceder a estudos cuidadosos, nomeadamente no que respeita à redução do volume e suas consequências nos depósitos e retenção nas plantas, sem alterar inicialmente as doses de substância activa, por forma a conhecerem-se com rigor os seus efeitos biológicos. Devem também ser feitos estudos com os diferentes tipos de pulverizadores com interesse para a cultura, utilizando várias formulações e volumes de calda, para se conhecerem os espectros de pulverização e as perdas por deriva e escorrimentos.

3.3- A pulverização nos sistemas tradicionais de aplicação dos pesticidas

A pulverização nos sistemas tradicionais de aplicação dos pesticidas consiste na divisão da calda em gotículas, como resultado da sua passagem forçada por um orifício ou do choque de um filete líquido com uma corrente de ar.

Estas técnicas têm como principal objectivo obter gotas com diâmetros que permitam um controlo eficaz das pragas e/ou doenças e que conduzam ao mínimo de perdas para o meio; a

minimização destas permite uma maior deposição nos objectos a tratar e consequentemente a utilização de doses mais baixas. Estes objectivos são extremamente importantes pois a quantidade de calda que será utilizada no controlo biológico das pragas ou doenças é apenas uma pequena parte do volume aplicado por hectare, pelo que só naquelas condições é possível aumentar esta percentagem.

3.3.1- Pulverização por pressão do líquido

Esta técnica consiste em conferir ao líquido uma dada pressão e fazê-lo passar pelo bico, cujo interior apresenta uma forma geométrica mais ou menos complexa, o que provoca a sua pulverização e transporte. Estes dois processos (pulverização e transporte) são concorrentes em termos de energia, pelo que a melhoria de um deles influencia negativamente o outro.

Richey *et al.* (1961) consideram que a intensidade da pulverização resulta, entre outros factores, do diferencial da velocidade entre o líquido e o ar que o rodeia, sendo a energia remanescente utilizada para o transporte.

Mathews (1979) considera que este tipo de pulverização resulta da desintegração dos jactos que à saída dos bicos apresentam a forma de uma fina folha líquida, em gotas de diferentes tamanhos, e que é condicionada pelas diferentes características físicas dos líquidos e dos bicos, pressão de funcionamento e condições do meio.

Considerando o diâmetro do orifício das pastilhas (d_0), em milímetros, o débito de um bico, D_b , em litros por minuto ($L \cdot \text{min}^{-1}$) e a pressão (p), em kPa, tem-se:

$$D_b = m * d_0^2 * \sqrt{\frac{p}{100}} \quad (3.1)$$

em que m é o coeficiente de débito global do bico, variando o seu valor de 0,16 a 0,62, conforme o seu tipo (Musillami, 1982); segundo este autor os coeficientes de débito global dependem das características geométricas e dimensionais dos diferentes constituintes dos bicos e das propriedades físicas e químicas dos líquidos. A pulverização é tanto mais fina quanto menor for m e d_0 , e maior for a pressão. O aumento da pressão implica uma maior velocidade de escoamento da calda aumentando-se assim o diferencial relativamente à velocidade das gotas, o que implica uma maior libertação de energia que se traduz numa pulverização mais intensa.

Considerando $k = m * d_0^2$, tem-se:

$$D_b = k * \sqrt{\frac{p}{100}} \quad (3.2)$$

em que a pulverização é tanto mais fina quanto menor for k e maior for a pressão, tornando-se o espectro mais homogéneo; a partir de determinados valores de pressão a redução do diâmetro das gotas deixa de ser significativo (Musillami, 1982).

A variação da dimensão das gotas, para uma mesma pressão e bicos, depende, segundo este autor de vários factores, tais como:

- da maior ou menor perfeição com que os orifícios das pastilhas são feitos;
- das características geométricas e dimensionais dos bicos; estes aspectos são muito importantes nas câmaras de turbulência e nos canais em forma de hélice, dos repartidores dos jactos cónicos.

Para os pulverizadores com vários bicos a homogeneidade das gotas e débitos individuais, implica que, para além das condições anteriores, haja uma mesma pressão em todos eles; isto consegue-se desde que as condutas tenham iguais perdas de carga para o que é necessário um acabamento das mesmas o mais perfeito possível.

Em conclusão, para obtenção de um mesmo grau de pulverização, deve actuar-se quer no diâmetro das pastilhas quer na pressão de funcionamento. Assim, por exemplo, utilizando bicos de 1 mm a 500 kPa tem-se uma pulverização semelhante à obtida com bicos de 1,8 mm a 3000 kPa, embora, neste último caso, o débito seja 7 a 8 vezes superior (Musillami, 1982).

3.3.2- Pulverização pneumática

A pulverização pneumática obtém-se pelo choque da calda, que se escoia por gravidade ou sujeita a uma pressão baixa, com uma corrente de ar, que assegura igualmente o seu transporte, resultando, à semelhança do processo anterior, a intensidade da pulverização da diferença entre a velocidade da corrente de ar e a do líquido (Richey *et al.* 1961).

A fórmula que permite relacionar o diâmetro volume/superfície ($d_{v/s}$) das gotas (4.2.4) com as características das correntes de ar e líquidos foi estabelecida, em laboratório, por Nukiyama e Tanasawa, em 1939, e é a seguinte:

$$d_{v/s} = \frac{585 * \sqrt{\sigma}}{v_a * \sqrt{\rho_l}} + 597 * \left(\frac{\eta_l}{\sqrt{\sigma} * \rho} \right)^{0,45} * \left(1000 * \frac{D_p}{D_a} \right)^{1,5} \quad (3.3)$$

em que:

- D_a débito do ar, em $m^3.s^{-1}$;
- D_p débito do pulverizador, em $L.min^{-1}$;
- v_a velocidade do ar, em $m.s^{-1}$;
- σ tensão superficial da calda, em $N.m^{-1}$;
- ρ_l massa volúmica da calda, em $kg.m^{-3}$;
- η_l viscosidade dinâmica da calda, em $N.s.m^{-2}$

Considerando os volumes de ar e calda envolvidos o segundo termo da expressão, quando $D_a / D_p > 2000$, tem um valor muito baixo, pelo que o diâmetro médio volume/superfície depende

praticamente apenas da velocidade do ar, tensão superficial da calda e sua massa volúmica (Musillami, 1982). Jacquet (1991) considera que para se obter uma boa pulverização pneumática é necessário que a relação líquido / volume de ar seja de 1 / 15000 e que a velocidade deste seja superior a 120 m/s.

Martin (1978) refere que o quadrado da diferença entre a velocidade do ar e líquido necessário para a formação das gotas, varia com o quociente entre a tensão superficial do líquido e o diâmetro dos filetes que se formam a partir deste.

Comparando as quantidades de energia envolvidas nestes dois processos de pulverização constata-se que a quantidade de energia necessária pela pulverização pneumática é muito superior à da pulverização por pressão. Se reportarmos a energia dispendida ao hectare, esta situação pode-se inverter, desde que as reduções nos volume de calda aplicada por pulverização pneumática possa compensar o diferencial de energia envolvida (Musillami, 1982).

3.4- O transporte das gotas até ao objecto

Após a pulverização da calda e com a energia ainda existente e/ou a resultante de correntes de ar, naturais ou originadas pelos ventiladores, as gotas são transportadas até ao objecto, resultando, da sua deposição, uma exposição temporária na superfície vegetal.

A velocidade das gotas, especialmente das mais pequenas, é afectada pelo ar que penetra no interior do jacto como resultado do atrito da superfície líquida que se forma antes da pulverização, com o ar envolvente, e da transferência de energia das gotas maiores para esse mesmo ar (Thelwell, 1984). As gotas de menor dimensão, devido à rápida dissipação dessa energia, fazem parte deste percurso sob a influência da força da gravidade e/ou da resultante daquelas correntes.

O melhoramento das técnicas de transporte, permite aumentar a penetração e distribuição da pulverização no interior da planta, possibilitando assim a redução da quantidade a aplicar.

O estudo do transporte das gotas só recentemente tem sido efectuado com bastante rigor, fruto da tecnologia dos sistemas de medição laser, que permitem a determinação simultânea do diâmetro e da velocidade das gotas, conhecendo-se assim a energia cinética das mesmas, e portanto, o seu alcance. Young (1985), utilizando esta técnica, calculou em 8 m.s^{-1} a velocidade de uma gota de 250 μm proveniente de um bico de fenda à pressão de 296 kPa e a 40 cm de distância; o aumento da pressão e débito conduziu a um acréscimo da velocidade, diminuindo esta à medida que as gotas se afastam do bico. As velocidades determinada com este equipamento afastam-se, no entanto, das obtidas no campo, pois aqui os tratamentos são realizados em translação, a vários m.s^{-1} , o que, segundo Gohlich (1979), reduz a velocidade das gotas.

Relativamente aos meios utilizados para transporte das gotas os métodos tradicionais são divididos em:

- transporte por jacto projectado;
- transporte por jacto transportado.

3.4.1- Transporte das gotas por jacto projectado

O transporte das gotas por jacto projectado, que deu o nome ao tipo de pulverizadores que o utiliza, consiste em comprimir a uma determinada pressão, um dado volume de calda, sendo a energia fornecida (E), por litro, dada por:

$$E = p \quad (3.4)$$

em que a pressão (p) é expressa em kPa e E em Joules; uma parte desta energia é gasta no bico para pulverizar a calda e a restante é utilizada no transporte das gotas, sob a forma de energia cinética (Musillami, 1982).

As gotas, devido à resistência do ar, sofrem uma desaceleração que, segundo este autor, pode ser traduzida por uma fórmula intermédia das seguintes:

$$y = k * \frac{v_g}{d_g^2} \quad \text{e} \quad y = k * \frac{v_g^2}{d_g} \quad (3.5; 3.6)$$

indicadoras de que a desaceleração é directamente proporcional à velocidade das gotas (v_g) e inversamente proporcional ao seu diâmetro (d_g).

3.4.2- Transporte de gotas por jacto transportado

Esta forma de transporte das gotas é utilizada quer pelos pulverizadores de jacto transportado quer pelos pneumáticos e consiste na obtenção de um fluxo de ar húmido, resultante da corrente de ar e da calda pulverizada, que faz o transporte das gotas; estas, especialmente as que se encontram no interior do jacto, são bastante estáveis, não se evaporando facilmente, pois estão em contacto com as gotas da periferia do fluido, o que permite que o seu diâmetro seja bastante pequeno.

As correntes de ar utilizadas para transporte das gotas, que podem ser contínuas ou direccionadas, são geradas por diferentes tipos de ventiladores, pelo que apresentam características diferentes; os sistemas de ar direccionados são os que permitem reduzir em maior escala a deriva das gotas e transportá-las até mais longe (Gohlich, 1985).

No transporte por jacto transportado, e à semelhança do caso anterior, o ar dificulta o movimento do fluido, sendo o seu alcance tanto mais importante quanto maior for a velocidade inicial deste. Assim, a energia (E) fornecida ao ar, por unidade de tempo, para uma massa (M_a) de ar, expressa em kg, segundo Musillami (1982), é dada por:

$$E = \frac{1}{2} * M_a * v_a^2 \quad \text{ou seja} \quad v_a^2 = \frac{2 * E}{M_a}; \quad (3.7; 3.8)$$

esta expressão permite concluir que, com a mesma energia, quando se aumenta duas vezes a velocidade do ar o seu débito é dividido por 4.

Assim, considerando a mesma energia dispendida, o débito e a velocidade variam em sentidos contrários, pelo que, ou se obtém um débito pequeno com grande velocidade (secção de saída pequena), ou um débito grande mas com pequena velocidade (secção de saída grande); ensaios realizados por Mathews (1979) em pomares demonstraram melhor penetração da calda no interior da copa utilizando grandes volumes de ar a baixas velocidades.

Comparando a pulverização e o transporte dos dois processos apresentados pode afirmar-se que o transporte por jacto transportado permite uma maior uniformidade de distribuição da calda, mas é bastante exigente em termos de energia por unidade de volume pulverizado; este aspecto pode, no entanto, ser atenuado e/ou contrariado desde que a diminuição do volume por unidade de superfície seja suficiente para fazer face ao maior consumo de energia.

3.5- Principais tipos de pulverizadores tradicionais e suas características

A opção por um dos diferentes tipos de pulverizadores convencionais na Região Demarcada do Douro, implica que sejam apresentadas algumas das suas características mais importantes por forma a escolher-se o que melhor se adapta a cada situação.

3.5.1- Pulverizadores de jacto projectado

Os pulverizadores de jacto projectado (PJP) são caracterizados por:

- a pulverização ser efectuada por pressão da calda;
- depositarem altos volume de calda por unidade de superfície;
- terem fraca penetração no interior das copas;
- terem espectros de pulverização latos, com predomínio das gotas grandes.

Estes equipamentos, geralmente equipados com bicos de fenda, são normalmente utilizados para aplicações no solo ou em culturas baixas, conseguindo-se uma repartição homogénea da calda; a sua utilização com bicos de jacto cónico é efectuada nas culturas arbustivas e arbóreas mas com uma baixa uniformidade de cobertura (Richey *et al.*, 1961).

Na vinha estes equipamentos utilizam-se para aplicação de herbicidas, realização de tratamentos de inverno e desfolha química, para o que é necessário dispor respectivamente de barras horizontais, painéis recuperadores e jactos intermitentes (Vagny, 1989).

3.5.2- Pulverizadores pneumáticos

Os pulverizadores pneumáticos (PP) são caracterizados por:

- a pulverização resultar do choque de uma corrente de ar com um filete de calda;
- os fluxos de ar terem velocidades muito elevadas;

- a pulverização originar a formação de gotas bastante pequenas.

Sendo os débitos de ar relativamente baixos, embora com altas velocidades, são muito sensíveis ao vento o que não permite uma boa penetração na folhagem densa, a não ser que os bicos estejam dispostos regularmente por toda a zona a tratar. Nesta situação Bourdier *et al.* (1987) consideram que os tratamentos contra o oídio utilizando enxofre molhável são os que permitem obter melhores resultados; segundo estes autores, estes resultados aproximam-se dos obtidos com o enxofre em pó.

3.5.3- Pulverizadores de jacto transportado

Nos pulverizadores de jacto transportado (PJT) a pulverização é conseguida submetendo a calda a uma determinada pressão que, quando da sua queda brusca provocada pela saída para o exterior, conduz à divisão em pequenas gotas.

O transporte destas gotículas é assegurado por correntes de ar, originadas por um ventilador, podendo as suas trajectórias ser paralelas, radiais ou tangenciais ao eixo de rotação, designando-se assim o pulverizador como de ventilador axial, radial ou tangencial. O ar, para além de transportar as gotículas, pulveriza também a calda, havendo mesmo equipamentos que são estudados para que a pulverização seja obtida quer pela pressão da calda quer pela pressão do ar (Hislop, 1986).

O aparecimento deste tipo de equipamento deve-se, segundo Young (1985), à necessidade que houve de assegurar o transporte das gotas mais pequenas até aos objectos, sendo utilizados na cultura da vinha para aplicação de fungicidas, acaricidas e outros.

As principais características que os distinguem dos outros dois tipos, são, relativamente aos PJP:

- permitem utilizar volumes por hectare bastante inferiores, pois a sua pulverização é mais intensa; esta é possível devido ao sistema de transporte das gotículas pelas correntes de ar, pois, caso contrário, a energia cinética seria demasiado baixa para que as gotas atingissem os objectos;
- formarem, depois da pulverização, uma corrente de ar húmido que minimiza as perdas por evaporação das gotículas, especialmente das que se encontram no seu interior, pois não se encontram em contacto directo com o ar envolvente mais seco ;
- formarem correntes de ar que deslizam e penetram no interior das plantas que ficam com um movimento complexo característico, típico dos meios fluidos contínuos, que, caso tenham energia suficiente, transportam para o interior das copas as gotículas; as folhas, devido às correntes de ar, são fortemente agitadas podendo as páginas inferiores ficarem expostas.

Relativamente aos PP os principais aspectos que os permitem distinguir dos PJT são:

- a dificuldade de se conseguir nos PP uma regulação eficaz dos débitos, pois a pressão a que está sujeita a calda, é muito pequena o que faz com que ligeiras variações da mesma impliquem

diferenças muito acentuadas dos débitos; estas são particularmente graves quando as saídas da calda têm posições muito distantes;

- os PP formam gotículas de dimensão muito reduzida o que torna o transporte até à planta difícil acarretando, normalmente, grandes perdas para a atmosfera;

- a quantidade de energia necessária para a pulverização pneumática, por unidade de volume, é superior à pulverização por pressão, embora, quando reportada ao hectare, desde que a diminuição do volume a aplicar seja significativa, possa permitir reduções da energia dispendida por unidade de superfície; este aspecto aplica-se também à comparação dos PJT com os PJP.

Do exposto podemos dizer que os PJT representam, em termos de características, uma situação intermédia, entre os PJP e os PP, podendo geralmente funcionar como PJP, desde que se desligue o ventilador, ou aproximarem-se dos PP, especialmente no início do desenvolvimento vegetativo, desde que funcione o ventilador e se considerem os mesmos volumes de calda.

Resumindo as principais características destes pulverizadores tem-se:

Quadro 3.4- Principais características dos diferentes tipos de pulverizadores que se baseiam na pulverização tradicional da calda

Tipo de pulverizadores	Pulverizadores de jacto projectado	Pulverizadores de jacto transportado	Pulverizadores pneumáticos
Dimensão das gotas (μm)	150 - 500	150 - 400	50 - 100
Volumes /ha ($\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}$)	300 - 1000	100 - 300	50 - 100
Bombas	êmbolo êmbolo-membrana	êmbolo êmbolo-membrana	centrífuga êmbolo-membrana
Turbina		helicoidal	centrífuga
Volume ($\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$)		30000	7500
Vel. do ar ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)		200	400
Potência (kW)	2 - 5	7 - 25	11 - 30

Fonte: Leppert, B. (1985).

Para além das diferenças apontadas dos PJT relativamente aos outros tipos mais comuns, e considerando que a distribuição da calda nas plantas assim como a diminuição das perdas por deriva, são dois aspectos fundamentais em qualquer tratamento, pensamos que este tipo de pulverizador apresenta boas características para ser utilizado na aplicação de fungicidas. A utilização nas vinhas deste tipo de equipamentos com condutas da calda e ar individualizadas, permite fazer as alterações necessárias para se colocarem os bicos distribuídos em volta das plantas, sensivelmente à mesma distância destas, o que faz reduzir as perdas para a atmosfera e solo.

3.6- Constituição de um pulverizador de jacto transportado

Um PJT consta basicamente de:

- reservatório;
- bomba;

- ventilador;
- regulador de pressão e distribuidor;
- bicos de pulverização.
- rampa de pulverização

3.6.1- Reservatório ou depósito

Considerando-se as diferentes formas de instalação e compassos das vinhas na Região Demarcada do Douro, pensamos que a capacidade do reservatório deve ser inferior a 300 L.

A calda no reservatório deve estar permanentemente a ser agitada para manter a sua uniformidade, utilizando-se quer sistemas mecânicos quer hidráulicos; estes são mais utilizados mas para pulverizadores que funcionem com pressões muito altas os sistemas mecânicos são mais aconselhados pois são menos exigentes em energia (Kepner *et al.* 1978).

A agitação é tanto mais importante quanto mais baixos for o volume a aplicar por unidade de superfície.

3.6.2- Bomba

É o órgão mais importante dos pulverizadores, pois permite conferir à calda a pressão necessária à pulverização. Esta é conseguida com diferentes valores de pressão, que podem ir até aos 4000-5000 kPa, sendo, no entanto, os valores mais altos utilizados apenas quando estes equipamentos funcionam como sendo de jacto projectado (ventilador desligado); o débito das bombas deve ser, quando a agitação é hidráulica, superior em 10 a 15 %, ao débito dos bicos para que alguma da calda retorne ao depósito (Kepner *et al.* 1978).

Existem numerosos tipos de bombas para este tipo de pulverizadores sendo as mais frequentes as de êmbolo com dupla membrana, pois permitem atingir pressões suficientes sendo maior a sua longevidade

3.6.3- Os ventiladores

A concepção dos ventiladores é extremamente importante, pois sendo o ar um meio muito pouco eficiente para o transporte de energia, é preciso maximizar o seu desempenho por forma a reduzir a potência necessária ao seu funcionamento (Furness, 1991).

A escolha deste elemento condiciona o desempenho dos diferentes jactos de ar em termos de penetração na copa das plantas, sendo a sua distribuição melhorada quando se aumenta o volume de ar. Os fluxos de ar devem permitir a substituição do ar existente no interior da copa, para o que, para uma mesma quantidade de energia, é necessário que a relação volume/velocidade seja o maior possível, devendo, no entanto, esta última ser suficiente para assegurar o transporte das gotas a toda a copa. Segundo Kepner *et al.* (1978) a eficiência de um ventilador depende da capacidade que tem para fazer chegar o ar carregado de gotículas a todas as partes da planta.

Furness (1991) indica igualmente que a utilização de altos volumes de ar a baixas velocidades necessita de menos potência e, devido à menor intensidade das correntes de turbulência no interior da copa, melhoram a penetração no interior desta, da qual resulta uma maior uniformidade dos depósitos.

Relativamente aos ventiladores que equipam os PJT normalmente empregues na cultura da vinha da Região Demarcada do Douro eles são de dois tipos:

- ventiladores axiais ;
- ventiladores radiais.

3.6.3.1- Ventiladores axiais

Estes ventiladores são constituídos por várias pás em que o rebordo que "corta" o ar é arredondado e o oposto mais fino e afiado e caracterizam-se por formarem correntes de ar com baixa velocidade (10 a 40 m.s⁻¹) mas com altos débitos (2 a 16 m³.s⁻¹), sendo aquelas direccionadas segundo um sector circular de cerca de 270° (Mathews, 1972).

Relativamente às suas "performances" estas dependem, para além da sua dimensão, da forma, número de pás e do seu ângulo com a direcção de rotação; quanto maior for este ângulo maior é o volume de ar mas mais baixa é a sua velocidade. Esta pode ser aumentada, dentro de certos limites, aumentando o número de pás, o orifício de entrada do ar, a velocidade de rotação e a distância do topo das pás à superfície interna do "carter" do ventilador (Mathews, 1972).

3.6.3.2- Ventiladores radiais

Estes ventiladores, também designados por centrífugos, consistem basicamente numa roda com várias pás dispostas radialmente que gira no interior de um "carter". Estas pás podem apresentar três formas conforme a sua curvatura, no sentido da rotação, seja direita ou para trás (Mathews, 1972)

Segundo este autor o volume de ar e sua velocidade dependem da configuração das pás e do seu regime, produzindo, no entanto, correntes de alta velocidade (até 75 m.s⁻¹), mas com baixo débito (até 4,8 m³.s⁻¹), sendo direccionadas para os objectos. A velocidade destas correntes, como refere Elliot (1983,) diminuem rapidamente à medida que nos afastamos das saídas, sendo esta diminuição tanto mais acentuada quanto menor for a velocidade inicial e maior o orifício daquelas; estas correntes não permitem também uma boa penetração nas copas densas, a não ser que os bicos estejam regularmente distribuídos na sua periferia.

A diferença de velocidade e débito destes dois ventiladores deve-se fundamentalmente à diferente concepção, especialmente a secção de aspiração, o número e tipo de pás e ao regime de funcionamento.

Para além das características apresentadas, específicas de cada um destes elementos, os fluxos de ar apresentam trajectórias diferentes, pois nos ventiladores axiais o ar é acelerado na mesma direcção em que é aspirado, enquanto nos radiais é projectado segundo um ângulo de 90° em

relação à aspiração; esta mudança de direcção é a principal causa da perda de energia dos fluxos nestes ventiladores.

Relativamente à velocidade do ar nos PJT para transporte das gotas, Planas (1988), considera que o seu valor mínimo é de 3 m.s^{-1} .

Os caudais dos ventiladores são obtidos por:

$$D_a = \overline{v_a} * S_a * 3600 \quad (3.9)$$

em que:

D_a - é o débito do ar, em $\text{m}^3.\text{h}^{-1}$;

$\overline{v_a}$ - é a velocidade média do ar, em m.s^{-1} ;

S_a - é a secção de saída do ar, em m^2

Segundo Wills (1988) o ar impulsionado pelos ventiladores deve substituir integralmente o que se encontra no interior da copa, pois, caso isto não se verifique, a distribuição do pesticida não abrange toda a planta, fazendo mesmo com que altas concentrações deste não melhorem a eficiência biológica dos tratamentos. Assim a velocidade de ar tem de ser suficientemente elevada para "varrer" toda a copa, qualquer que seja a velocidade de translação do equipamento, para o que é necessário conjugar o volume de ar e o débito da calda, para se obter uma cobertura total da vegetação em apenas uma passagem do equipamento; quanto maior for a velocidade de translação menor será a penetração do ar (Val *et al.*, 1988).

Pons (1988) considera que o caudal de ar necessário para o tratamento de uma cultura, com um PJT, é dado por:

$$D_a = 1000 * v_t * h * \frac{l}{3} \quad (3.10)$$

em que:

v_t - velocidade de deslocamento, em km.h^{-1} ;

h - altura da vegetação, em m;

l - largura de trabalho, em m.

Relativamente à potência necessária para o seu accionamento, Planas (1987) propõe a seguinte expressão para a sua determinação:

$$N = D_a * \overline{v_a}^2 * \frac{\rho_a}{2g} \quad (3.11)$$

em que:

N - potência, em watts;

ρ_a - massa volúmica do ar, em kg.m^{-3} ($\rho_a = 11,812$);

g - constante da gravidade, em m.s^{-2} ($g = 9,807$)

Embora a exigência em potência dos ventiladores seja pequena os pulverizadores apresentam normalmente a possibilidade de se interromper o seu movimento, o que se utiliza, por exemplo, quando do enchimento do reservatório.

3.6.4- Regulador de pressão e o distribuidor

O regulador de pressão permite, como o próprio nome indica, fazer variar a pressão dentro de certos limites, para que seja possível ajustar o volume de calda por unidade de superfície. Esta variação é conseguida fazendo com que o débito da bomba, mantendo-se constante as condições de funcionamento, seja desigualmente repartido pelo reservatório, através de um circuito de retorno, e bicos; o débito da bomba terá de ser sempre superior ao somatório do caudal do circuito de retorno e do débito do pulverizador.

Considerando que este elemento é, na maioria das vezes, o único instrumento de medida do pulverizador é fundamental que esteja em óptimas condições de funcionamento e que apresente uma grande precisão dentro dos valores normalmente utilizados (Planas, 1987).

O distribuidor é um elemento formado por uma ou mais torneiras, que permite conduzir a calda para os diferentes sectores da rampa de pulverização e, caso estes estejam fechados, para o reservatório.

3.6.5- Os bicos

Os bicos são os elementos colocados nas extremidades dos circuitos hidráulicos e cuja função principal é realizar, por pressão, a pulverização dos líquidos.

Relativamente aos bicos utilizados nos PJT eles são classificados conforme a forma do jacto em dois grupos principais que são os bicos de fenda, que produzem jactos em leque, e os de turbulência, que originam jactos cónicos.

3.6.5.1- Bicos de fenda

Os bicos de fenda são caracterizados por o seu orifício ser rectangular ou elíptico, o que conduz ao choque de dois filetes líquidos no seu interior, conferindo ao jacto uma forma achatada, em leque, e atingirem a folhagem em apenas uma direcção pois a trajectória das gotas, devido à sua dimensão, praticamente não se altera (Richey *et al*, 1961).

Segundo Musillami (1972) a forma mais ou menos achatada dos jactos em leque resulta, para além da forma da fenda, da pressão de funcionamento, correspondendo às pressões mais baixas (± 100 kPa) uma configuração mais arredondada e às mais altas (± 400 kPa) uma forma mais achatada com maior ângulo de abertura. Segundo este autor pressões superiores a esta última praticamente não aumentam o ângulo do jacto conduzindo, no entanto, a uma pulverização mais intensa da calda.

Os equipamentos onde estes bicos são montados utilizam-se geralmente em culturas baixas ou aplicações no solo, pois, segundo Richey *et al.*(1961) permitem, nestas situações, uma boa uniformidade de cobertura a baixas pressões (< 300 kPa); na sua montagem a sobreposição dos

diferentes jactos consecutivos é facilmente conseguida não havendo, no entanto, interferência entre eles devido ao ângulo que formam com a perpendicular ao deslocamento do equipamento ou à sua montagem em quicôncio. A maior uniformidade deve-se também, segundo Kepner *et al.* (1978) à menor sensibilidade destes bicos às oscilações das barras de pulverização.

Existem ainda os chamados bicos de fenda de baixa pressão que permitem obter os mesmos débitos e ângulos que os convencionais, mas a uma pressão inferior (Mathews, 1979), assim como uma menor percentagem de gotas mais pequenas (< 200 µm) e uma maior percentagem das grandes (> 400 µm) (Dempsey *et al.*, 1985).

Relativamente à sua caracterização dimensional esta faz-se em função do ângulo nominal do jacto e do débito. No que respeita aos ângulos eles variam entre os 60 e 110° sendo as gotas destes últimos, mantendo constante o débito, mais pequenas o que aumenta a sua propensão para a deriva e evaporação (Kepner, 1978); segundo Dempsey *et al.* (1985) a utilização de diferentes soluções conduz a pequenas variações dos ângulos dos jactos. Os débitos são determinados à pressão de referência de 300 kPa (Lecocq, 1989); assim, por exemplo, um bico 8004 apresentará um jacto com um ângulo de 80° e um débito de 4 L.min⁻¹ àquela pressão.

Relativamente aos coeficientes de débito global estes bicos apresentam valores bastante elevados, pois a sua estrutura geométrica é muito simples o que conduz a perdas de carga mínimas (Musillami, 1982).

3.6.5.2- Bicos de turbulência

Os bicos de turbulência são caracterizados por os jactos apresentarem a forma de um cone, oco ou maciço, e são utilizados normalmente nos PJT, para aplicações de fungicidas e insecticidas em pomares e vinhas, pois a sua pulverização é mais intensa que a anterior. Furness (1991) indica a utilização deste tipo de bicos, com bons resultados, nas barras de pulverização em pulverizadores de jacto projectado no tratamento de culturas arvenses na Austrália.

A constituição destes bicos é a seguinte:

- um repartidor;
- uma câmara de turbulência;
- as pastilhas.

O repartidor, cuja forma se assemelha a um disco ou tambor, apresenta condutas helicoidais que imprimem um movimento rotativo aos filetes líquidos que o atravessam e é responsável pela forma do jacto em cone oco; esta forma resulta da acção rotativa da calda que ao sair do bico apresenta um movimento radial, como resultado da velocidade tangencial, de que resulta uma superfície líquida em forma de cone, que depois se pulveriza.

As gotas resultantes desta pulverização apresentam duas direcções, uma para a frente devido à tensão superficial do líquido e a outra segundo um ângulo recto devido ao aumento da circunferência da geratriz do cone (Richey *et al.*, 1971). No caso de se verificar uma fraca turbulência ou na ausência do repartidor o cone deixa de ser oco, para se tornar maciço, pois a resultante das duas forças

formam, com o eixo do bico, um ângulo pequeno. A pulverização neste caso é grosseira, e o coeficiente de débito global bastante grande (0,6) (Misillami, 1972).

Caso o repartidor tenha um orifício central para além das condutas helicoidais, o filete líquido que o transpõe é pulverizado preenchendo o cone tornando-o maciço (Kepner, 1978); este tipo de jacto obtém-se também quando as pastilhas têm orifícios muito pequenos, quando os bicos apresentam um grande movimento turbilhonar e quando se aumenta a secção dos canais helicoidais do repartidor (Musillami, 1972).

Kepner (1978) considera que os repartidores conduzem a perdas de pressão acentuadas o que implica que os aumentos do débito sejam proporcionalmente inferiores aos aumentos das dimensões dos orifícios das pastilhas. Segundo Olivier (1988) quanto maior for a câmara de turbulência maior é o alcance e dimensão das gotas.

Relativamente ao ângulo dos jactos cónicos ele é condicionado principalmente pela câmara de turbulência variando os seus valores entre os 60 e 95°, diminuindo, segundo Kepner (1978), quando a pressão diminui. Este autor considera também que o aumento dos orifícios das pastilhas, mantendo o mesmo repartidor, aumenta o ângulo do jacto.

Quanto às pressões de funcionamento estes bicos trabalham com valores compreendidos entre os 200 e 2000 kPa e produzem gotas com um DVM de 120 a 300 µm; a dimensão das gotas e o ângulo do jacto dependem dos factores que interferem na energia cinética dos filetes líquidos, tais como, a pressão de funcionamento, dimensão dos orifícios das pastilhas, número e dimensão dos orifícios do repartidor e da profundidade da câmara de turbulência (Mathews, 1979). Estas relações são, segundo este autor, as seguintes:

- a diminuição do orifício das pastilhas, utilizando o mesmo repartidor, diminui o ângulo do jacto;
- quanto menor forem os orifícios do repartidor maior será o movimento de rotação do filete líquido e portanto maior o ângulo do jacto e menores as gotas.
- o aumento da pressão, para um mesmo repartidor e pastilha, aumenta o ângulo e diminui as dimensões das gotas;
- o aumento da profundidade da câmara de turbulência (distância entre o repartidor e a pastilha), diminui o ângulo do jacto e aumenta as dimensões das gotas.

A utilização destes bicos é aconselhada para tratamento das culturas arbustivas e arbóreas pois as gotas produzidas aproximam-se das folhas por diferentes direcções o que permite uma razoável penetração na copa.

Para além das diferenças apresentadas relativamente aos dois tipos de bicos Kepner (1978) considera que para uma mesma pressão, débito e ângulo do jacto os bicos de turbulência permitem obter gotas mais pequenas que os bicos em leque. Este autor considera igualmente que, nos jactos cónicos e de leque, fazendo variar a pressão em 50%, dentro da gama de valores de 170 kPa a 690 kPa, os DVM variam entre 10 e 30 %; para os bicos de turbulência e para pressões inferiores a 690

kPa o DVM é proporcional ao inverso da raiz quadrada da pressão. Riádigos (1988) considera que os jactos cónicos apresentam gotas mais pequenas no seu interior.

Richey *et al* (1961) consideram que para pressões inferiores a 280 kPa, a uniformidade de cobertura das folhas é superior com a pulverização dos jactos em leque, mas, para valores de pressão superiores os jactos cónicos permitem uma melhor uniformidade.

3.6.6- Rampas de pulverização

As rampas ou barras de pulverização são estruturas onde estão montados os bicos, podendo também servir de suporte às condutas do ar quando elas existem, por forma a direccionarem-se para se obter uma maior uniformidade de distribuição.

A forma destes elementos é muito variada, dependendo do tipo de cultura a que se destinam, sendo, para a cultura da vinha, geralmente em forma de U invertido ou semi-circulares.

Relativamente à distância à cultura a tratar deve ter-se em consideração o espaço que separa os bicos, o ângulo do jacto e sua sobreposição, para se obter a melhor uniformidade da distribuição da calda. Esta é mais afectada quando a distância à cultura é inferior à ideal do que quando é superior (Kepner *et al.* 1978).

Os bicos podem não estar montados directamente em rampas mas em emissores hidráulicos portáteis, designados genericamente por pistolas. Esta solução é muito corrente no tratamento das fruteiras, tendo, no entanto, vários inconvenientes, nomeadamente as perdas de carga resultantes do envelhecimento do interior das mangueiras, que são normalmente bastante compridas, a grande proximidade do operador ao jacto e originarem gotas muito grandes. Este último aspecto encontra-se parcialmente resolvido com a utilização de pistolas nebulizadoras que apresentam, à altura do bico, um difusor plástico que, por efeito de Venturi, permite obter gotas mais pequenas (Manterola, 1990).

3.7- A manutenção e regulação dos pulverizadores

A manutenção dos equipamentos é indispensável e deve ser cuidadosa a fim de ter o material pronto a ser utilizado em qualquer altura, sendo necessário, para o efeito, observarem-se alguns cuidados relativamente ao seu estado geral, nomeadamente:

- o estado das condutas dos circuitos da calda e do ar;
- a limpeza do circuito da calda;
- a lubrificação das transmissões, articulações, bomba, etc.;
- a tensão das correias e sua protecção;
- a pressão do amortecedor de ar, que, caso não se disponha de indicações do fabricante, deve ser 0,6 a 0,8 da pressão de trabalho;

Depois de efectuadas as operações de manutenção procede-se à sua regulação, tendo como principais objectivos:

- que o volume de pesticida aplicado corresponda ao escolhido;

- que o pesticida seja aplicado no local desejado e de uma forma homogênea.

Nos PJT estes objectivos são conseguidos actuando ao nível do circuito do ar e da calda, pelo que se apresentam algumas considerações sobre a forma como devem ser efectuadas.

3.7.1- Regulações a efectuar no circuito do ar

As regulações a efectuar ao nível deste circuito têm como objectivo a distribuição dos fluxos de ar e determinação da sua velocidade e volume, por forma a ajustá-los às condições da cultura; na maioria dos equipamentos estes parâmetros não podem ser alterados, havendo, no entanto, equipamentos em que isto é possível, quer pela alteração da posição das condutas de saída do ar quer pela variação da posição e/ou número das pás do ventilador.

Relativamente aos fluxos de ar direccionados, que contrariamente aos contínuos, conduzem a uma desigual distribuição da velocidade e volume do ar proveniente das várias condutas, permitem uma melhor incidência dos fluxos nas plantas. Gohlich (1979) considera que as velocidades terminais do ar que permitem maior deposição de calda nas videiras, medida nas duas páginas das folhas, se situa entre os 6 - 8 m.s⁻¹, sendo a deposição superior quando se fazem incidir os jactos segundo ângulos de 45°.

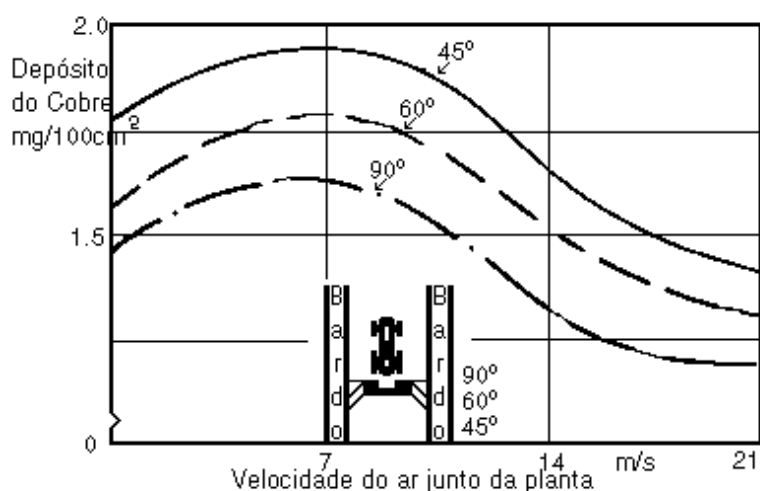


Figura 3.1- Influência da velocidade do fluxo de ar e do ângulo de incidência na deposição de cobre na cultura da vinha.

3.7.2- Regulações ao nível do circuito da calda

Antes de se proceder às regulações neste circuito é necessário conhecer e determinar alguns parâmetros, por forma a saber se o equipamento escolhido se ajusta às condições dos tratamentos.

Entre estes parâmetros destaca-se:

- a determinação do débito da bomba;
- a escolha e verificação dos bicos;

- a largura de trabalho.

3.7.2.1- Determinação do débito da bomba

O débito da bomba (D_b) de qualquer pulverizador em que a agitação da calda no reservatório é hidráulica deve ser 20 % superior ao débito máximo dos bicos (Richey *et al*, 1961); esta diferença permite também fazer face ao desgaste dos bicos antes de se proceder à sua substituição. A determinação do seu valor permite saber se para determinada situação o débito é suficientemente elevado para aplicar o volume necessário.

Esta determinação faz-se utilizando equipamentos de medição próprios ou, na sua ausência, da seguinte forma:

- enche-se completamente o reservatório do pulverizador;
- desmonta-se a ligação da conduta de retorno à saída da bomba;
- põe-se o tractor a funcionar para se obter as 540 r.min⁻¹ na tomada de força;
- faz-se funcionar a bomba durante alguns minutos;
- mede-se o volume de água necessário para repôr o nível inicial.

O débito da bomba, em L.min⁻¹, é dado pela fórmula seguinte:

$$D_b = \frac{V}{t} \quad (3.12)$$

em que:

- V- volume da água, em L;
- t- tempo, em min.

O valor assim obtido deve ser sempre superior ao débito real, para que haja retorno de parte da calda para o reservatório, mas não demasiado grande, pois pode provocar a deterioração das condutas ou mesmo a alteração da substância activa.

O volume do retorno para que se verifique uma boa homogeneização da calda deve ser cerca de 5% do volume do reservatório, desde que este tenha uma capacidade inferior a 500 L, e de 10% para valores superiores (Kepner *et al.*, 1978).

3.7.2.2- Medição do débito real e de retorno do pulverizador

A medição do débito real (D_p) e de retorno (D_a) do pulverizador deve ser realizada com os bicos que se vão utilizar e repetida sempre que se altere a pressão de funcionamento.

A realização desta operação consiste no seguinte:

- fazer funcionar o pulverizador e inspecionar se todos os bicos debitam regularmente e não apresentam fugas;
- regular a pressão, segundo as instruções do fabricante, para se obter o débito desejado;
- interromper a alimentação das rampas;

- encher completamente o reservatório;
- fazer rodar a tomada de força a 540 r.min⁻¹;
- fazer funcionar as rampas durante alguns minutos (t);
- medir o volume de água gasto (V).

A determinação do débito real (D_p) será dada por:

$$D_p = \frac{V}{t} \quad (3.13)$$

e o de retorno (D_a) por:

$$D_a = D_b - D_p \quad (3.14)$$

3.7.2.3- Ajustamento do débito real ao teórico

O ajustamento do débito real de pulverização deve ser feito desde que seja inferior ao débito indicado pelo construtor (D_c), que é calculado laboratorialmente e não entra em linha de conta com as perdas de carga nas condutas nem com as quebras devido à abertura e fecho das torneiras durante o trabalho. Estas perdas, que resultam do atrito do líquido com as paredes internas das condutas assim como aos estrangulamentos normalmente existentes nos circuitos, podem ser detectadas comparando as pressões obtidas ao nível do manómetro do distribuidor com as medidas nos bicos; as perdas aumentam com o comprimento das condutas, sua rugosidade interna e velocidade do fluido e diminuem com o aumento do diâmetro das condutas e da temperatura, devido à redução da viscosidade, sendo independente da pressão (Richey *et al*, 1961)

Assim, para se proceder a este ajustamento é necessário utilizar pressões de funcionamento superiores às indicadas, o que se consegue com:

- a utilização do regulador de pressão, até se obter um débito real igual ao teórico;
- calculando a nova pressão, utilizando a fórmula seguinte, que traduz a variação dos débitos

em função da $\sqrt[2]{p}$:

$$p_2 = p_1 * \left(\frac{D_c}{D_p} \right)^2 \quad (3.15)$$

em que:

- p_2 é a nova pressão de funcionamento;
- p_1 é a pressão inicial.

A utilização desta fórmula implica que se considere que o coeficiente de débito dos bicos seja constante o que não é completamente verdadeiro pois a variação da pressão conduz a pequenas diferenças dos seus valores (Musillami, 1972)

3.7.3- Escolha e verificação dos bicos

A escolha dos bicos faz-se tendo em atenção as pressões de funcionamento normalmente aconselhadas, e por forma a obter-se o valor de débito desejado.

As pressões de funcionamento aconselhadas, em kPa, dos bicos normalmente utilizados na cultura da vinha são as seguintes:

- bicos de fenda- 200 a 300;
- bicos de turbulência- 200 a 2000;

Assim, com as tabelas fornecidas pelos fabricantes, onde, para cada tipo de bico, são apresentados os débitos em função da pressão, em $L \cdot min^{-1}$, selecciona-se o calibre e a pressão necessária, dentro dos limites apresentados, para se obter os valores desejados. A variação da pressão implica variações no tamanho das gotículas pelo que se deve ter em consideração o tipo de tratamento a realizar; quando a sua influência se torna negativa é preferível mudar de calibre.

Relativamente às aplicações dos bicos elas são fundamentalmente as seguintes:

- bicos de fenda, para distribuição sobre um solo nu ou fracamente recoberto. Exemplo, a aplicação de herbicidas ou fungicidas sistémicos;

-bicos de turbulência, para cobertura de vegetação desenvolvida, especialmente em viticultura e arboricultura. Exemplo, aplicação de fungicidas e insecticidas;

Com a verificação dos bicos pretende-se:

- certificarmo-nos se todos os bicos são do mesmo tipo, ângulo e calibre; caso isto não aconteça é preferível mudar todo o conjunto por forma a não ter bicos novos e usados em funcionamento simultâneo;

-detectar possíveis diferenças nos débitos.

Relativamente às primeiras verificações para além da análise visual deve determinar-se o ângulo do jacto, o que pode ser efectuado quer através de fotografia quer directamente como se apresenta em 5.3.2.2.3.

Para detectar possíveis diferenças de débito é necessário recolher a água de cada bico, durante um determinado tempo e comparar os volumes obtidos em cada um deles. Wills (1988) e Planas (1987) consideram que a substituição dos bicos deve ser efectuada quando a diferença dos seus débitos, relativamente aos bicos novos com as mesmas características, é superior a 10%. A diferença, resultante da taxa de desgaste dos bicos (T_U), deve ser efectuada por comparação dos débitos e não pelos abaixamentos de pressão que o desgaste dos bicos acarreta, pois este é inferior aos aumentos dos débitos (Misillami, 1982)

Esta taxa é obtida por:

$$T_U(\%) = \frac{\text{débito dos bicos usados} - \text{débito dos bicos novos}}{\text{débito dos bicos novos}} * 100 \quad (3.16)$$

Para além dos inconvenientes apresentados o desgaste dos bicos reduz o ângulo dos jactos, alterando o espectro das gotas e a sua repartição nos objectos (Lecocq, 1989).

A utilização de bicos de baixa pressão (LP) permite obter débitos semelhantes aos utilizados para aplicação de baixos volumes, mas a baixa pressão, diminuindo a fracção das gotas mais pequenas, aumentando as de maior diâmetro, reduzindo-se assim o número de gotas por litro; embora se aceite que a diminuição do número de gotas diminua a eficiência biológica dos tratamentos, existem interacções complexas entre o tipo de produtos utilizados e as plantas, que tornam pouco claros os seus efeitos. A maior dimensão dos orifícios dos bicos LP fazem com que estes sejam menos susceptíveis ao entupimento.

3.7.4- Largura de trabalho

Considera-se a largura de trabalho útil (l) para a cultura da vinha instalada em patamares de duas linhas igual à largura destes.

Depois de conhecidos os factores acima referidos é necessário, para a regulação do circuito da calda, determinar:

- a velocidade de trabalho, tendo em conta a cultura, o estado do terreno e do material; esta velocidade deve ser obtida com o regime motor que corresponda ao regime normalizado da tomada de força.
- o volume de calda a aplicar por hectare em função da cultura, pulverizador, tipo de tratamento e produto a utilizar.

3.7.5- Determinação da velocidade de trabalho

Para determinar a velocidade real de trabalho (v_t) é preciso:

- calibrar a pressão dos pneus em função da massa do pulverizador cheio de água;
- encher o reservatório do pulverizador até meio da sua capacidade;
- marcar no campo uma distância (e), em metros ;
- percorrer o trajecto definido, com a relação de transmissão escolhida;
- medir, com precisão o tempo (t), em segundos, gasto a percorrer aquela distância.

A velocidade, em $m.s^{-1}$, é dada por:

$$v_t = \frac{e}{t} \quad (3.17)$$

3.7.6- O volume de calda a aplicar por hectare

O débito por hectare previamente definido é obtido quer através de cálculos quer mediante a realização de ensaios prévios. Relativamente ao primeiro utiliza-se a fórmula a seguir mencionada que

permite obter, mantendo constante a velocidade e largura de trabalho, o débito do pulverizador, que dá o volume de calda por hectare desejado.

$$D_p = \frac{Q * v_t * l}{600} \quad (3.18)$$

em que:

D_p - débito do pulverizador, em $L \cdot \text{min}^{-1}$;

Q - volume de calda a aplicar por hectare, em $L \cdot \text{ha}^{-1}$;

v_t - a velocidade de trabalho, em $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$;

l - largura de trabalho, em m.

Assim para se obter o volume de calda por hectare desejado é necessário escolher o calibre dos bicos e pressão de funcionamento para que o débito real do pulverizador, para uma determinada velocidade de deslocamento e largura de trabalho, permita obter aquele volume.

Relativamente aos ensaios em branco define-se previamente uma determinada área, por exemplo 50 m^2 , que, mediante a sua pulverização, permite obter um dado débito real do pulverizador. Comparando o volume gasto neste ensaio com o débito por hectare desejado, mas reportado à área mencionada, vai-se ajustando o débito do pulverizador por forma a obter-se este volume.

Para os diferentes compassos e instalações da vinha a referida área é obtida com os seguintes comprimentos dos ensaios em branco.

Quadro 3.5- Comprimento dos ensaios em branco, em metros, para se obter uma área padrão de 50 m^2 , em diferentes compassos e instalações da vinha

Compassos (m)	Vinhas contínuas	Vinhas contínuas	Vinhas em patamares	Vinhas em patamares
	1 lado	2 lados	1 lado	2 lados
1,8	55,56	27,78	27,78	13,90
1,9	52,63	26,32	26,32	13,20
2,0	50,00	25,00	25,00	12,50
2,1	47,62	23,81	23,81	11,90
2,2	45,45	22,73	22,73	11,40

Assim, para escolher o débito do pulverizador que melhor se ajusta à quantidade de calda a aplicar na cultura, determinam-se, em função da pressão e dentro dos limites apresentados, os débitos, em $L \cdot \text{min}^{-1}$, para cada tipo de bico.

A regulação dos débitos dos pulverizadores utilizando os ensaios em branco tem algumas limitações pois aqueles, devido às constantes variações do regime do motor, apresentam oscilações, o que faz com que a aplicação da calda seja irregular.

Assim, e como forma de se contornar esta situação, podem-se utilizar controladores de débito, constituídos por um captor de velocidades, um debitómetro e uma calculadora electrónica, que, mediante a integração da largura de trabalho, calculam o débito instantâneo, permitindo ao

operador efectuar as correcções necessárias (Vernet,1990). Este tipo de dispositivos de medição pode funcionar como regulador electrónico de débitos, desde que a calculadora permita comparar os valores medidos com o volume por hectare desejado. Quando estes valores se afastam a calculadora envia impulsos eléctricos para o regulador de pressão de forma a ajustar esta para que o débito permaneça constante.

Capítulo 4

Caracterização de uma população de gotas

4.1- Introdução

Para além dos principais aspectos do meio, pesticidas e equipamentos que interferem no tratamento das culturas, a eficiência biológica destes depende das características do espectro da pulverização, que condicionam a quantidade de calda depositada assim como a uniformidade da sua distribuição.

Relativamente a esta caracterização ela pode ser efectuada durante o transporte das gotas ou depois de depositadas, pelo que serão abordadas igualmente as diferentes formas de deposição e alguns dos factores envolvidos.

A caracterização de uma população de gotas tem, segundo Barrufet (1988), os seguintes objectivos:

- permitir escolher o método de pulverização para os diferentes pesticidas, que permita um controlo das pragas e/ou doenças e que limite as possibilidades de deriva e contaminação;
- permitir estabelecer modelos teóricos das trajectórias das gotas e teorias de predição relativamente ao seu transporte e deposição nos objectos.

Para o estudo do espectro da pulverização utilizam-se diferentes parâmetros os quais podem ser determinados depois da deposição das gotas nos objectos, através de sistemas de análise de imagem, ou durante o seu transporte, utilizando sistemas de raios laser. Para se proceder a esta caracterização é necessário conhecer quer os diâmetros das gotas quer a tendência da sua distribuição e dispersão, o que implica que se efectuem medições de diferentes amostras representativas dessa população.

Estes estudos permitem constatar igualmente que existem diferenças dimensionais bastante grandes dentro de uma população de gotas obtida por pulverização por pressão, que são condicionadas principalmente pelo grupo das gotas pequenas ($< 200 \mu\text{m}$) e grandes ($> 400 \mu\text{m}$). Uma apreciação subjectiva de uma população de gotas pode ser efectuada colocando na horizontal os bicos e analisando o alcance das gotículas; as mais pequenas depositam-se rapidamente enquanto que maiores distâncias são atingidas à medida que o seu diâmetro aumenta.

Relativamente aos parâmetros estes são definidos por duas escolas, a francesa e a anglo-saxónica, que passamos a apresentar.

4.2- Principais parâmetros utilizados pela escola francesa para caracterização de uma população de gotas.

Esta escola considera os seguintes parâmetros para caracterização da dimensão média das gotas de uma população:

- diâmetro aritmético médio;

- diâmetro da superfície médio;
- diâmetro volumétrico médio;
- diâmetro volume/superfície médio.

4.2.1- Diâmetro aritmético médio

O diâmetro aritmético médio (d_a) é o diâmetro correspondente ao valor que se obtém calculando a média aritmética dos diâmetros de diferentes classes de gotas (Musillami, 1982), ou seja:

$$d_a = \sum_{i=1}^h \frac{N_i \cdot d_i}{N_g} \quad (4.1)$$

em que:

- N_i - número de gotas da classe i ;
- d_i - diâmetro aritmético médio da classe i ;
- N_g - número total de gotas.
- h - número de classes

Este diâmetro corresponde ao valor obtido pelo somatório dos diâmetros das gotas dividido pelo seu número; esta característica, para espectros muito heterogêneos, como os das pulverizações agrícolas, tem um interesse reduzido pois o seu valor é geralmente bastante pequeno devido ao grande número de gotículas de reduzidas dimensões

Relativamente à dispersão das gotas esta pode, segundo Jonhstone (1978), ser caracterizada pelo desvio padrão aritmético, δ_a , que é dado por:

$$\delta_a = \sqrt{\sum_{i=1}^h \frac{N_i \cdot (d_i - d_a)^2}{N_g}} \quad (4.2)$$

do qual é possível determinar o coeficiente de variação da população (CV):

$$CV = \frac{\delta_a}{d_a} \cdot 100 \quad (4.3)$$

4.2.2- Diâmetro de superfície médio

O diâmetro de superfície médio (d_s) de uma população é o equivalente ao diâmetro que se obteria numa população de igual número de gotas e em que a área de deposição destas fossem todas

iguais (Musillami, 1982); este diâmetro corresponde ao valor obtido pelo quociente da área ocupada por todas as gotas pelo seu número.

A equação que permite obter o seu valor é a seguinte:

$$d_s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^h (N_i \cdot d_i^2)}{N_g}} \quad (4.4)$$

4.2.3- Diâmetro volumétrico médio

O diâmetro volumétrico médio (d_v) de uma população de gotas é o diâmetro equivalente ao que se obteria com uma população que tivesse o mesmo número de gotas e em que estas fossem todas iguais (Musillami, 1982); corresponde ao diâmetro da gota cujo volume é a média aritmética dos volumes de todas as gotas da população.

O valor deste diâmetro é superior ao aritmético e de superfície, e caracteriza o grau de divisão da calda, pelo que permite saber qual o número de gotas produzidas com um dado volume, ou seja, a densidade de impactos numa dada área. A equação que permite a sua determinação é a seguinte:

$$d_v = \sqrt[3]{\frac{\sum_{i=1}^h (N_i \cdot V_i)}{N_g}} \quad \text{ou} \quad d_v = \sqrt[3]{\frac{\sum_{i=1}^h (N_i \cdot d_i^3)}{N_g}} \quad (4.5)$$

À semelhança do parâmetro anterior pode determinar-se o desvio padrão aritmético do volume, assim como o seu coeficiente de variação (Johnstone, 1978).

A determinação do número de gotas (N_g), através do conhecimento do diâmetro volumétrico médio, resultantes da pulverização de um dado volume, por exemplo 1 litro, é dada por:

$$N_g = \frac{1.91 \cdot 10^{15}}{d_v^3}; \quad (4.6)$$

uma gota de diâmetro d_v tem um volume de $1/6 \cdot \pi \cdot d_v^3$, ou seja, $\pm 1/1,91 \cdot d_v^3$; $1L = 10^{15} \mu m^3$.

A fórmula (4.6) permite conhecer a densidade de impactos teóricos numa dada área, a qual é inversamente proporcional ao cubo do diâmetro das gotas; caso nos reportemos ao cm^2 , tem-se:

$$N_g/cm^2 = \frac{1.91 \cdot 10^7 \cdot Q}{d_v^3} \quad (4.7)$$

em que Q é a quantidade de calda aplicada em $L \cdot ha^{-1}$.

Esta fórmula dá o número de impactos obtidos numa superfície plana, pelo que é necessário introduzir um factor de correcção pois, a superfície das folhas é superior àquela; considerando o índice de área foliar (IAF) para a vinha como 5 (Musillami,1982), tem-se:

$$N_g/cm^2 = \frac{1.91 * 10^7 * Q}{d_v^3 * IAF} \quad (4.8)$$

A determinação da superfície coberta pelas gotas (S_g), a partir da fórmula 4.6, poderá então ser obtida por:

$$S_g/cm^2 = \frac{0.149 * Q * d_v^2}{IAF * d_v^3} \quad (4.9)$$

Atendendo a que o diâmetro do impacto da gota (d_d) é sempre superior ao seu diâmetro (d_g), diferença que depende fundamentalmente da tensão superficial do líquido e grau de higroscopicidade das folhas, é necessário considerar o coeficiente de espalhamento (spread factor) E , dado pela relação entre o diâmetro da gota antes e depois de atingir o objecto, ou seja:

$$E = \frac{d_d}{d_g} \quad (4.10)$$

o que faz com que a equação anterior (4.9) seja alterada para:

$$S_g/cm^2 = \frac{0.149 * Q * d_v^2}{E^2 * IAF * d_v^3} \quad (4.11)$$

Este coeficiente, considerando o diâmetro das gotas normalmente encontrado nas pulverizações (5 a 1200 μm), que corresponde a uma dinâmica dimensional de 240 vezes, faz com que o impacto tenha valores de 6,4 a 3000 μm (Miralle, 1987).

4.2.4- Diâmetro médio volume/superfície ou diâmetro Sautter

O diâmetro médio volume/superfície ($d_{v/s}$), utilizado inicialmente no estudo da combustão dos combustíveis líquidos, onde a superfície de contacto com o ar é muito importante, só mais tarde foi considerado na caracterização da pulverização dos pesticidas, pois permite calcular a superfície da gota sujeita à evaporação quer durante o seu transporte quer depois de depositada.

O seu valor é o equivalente ao diâmetro de uma população de gotas todas iguais, obtidas a partir de um volume igual ao da população a caracterizar, e com a mesma superfície global. É superior ao diâmetro anterior, pois trata-se do equivalente a uma área, quantificando o seu número o grau de cobertura da pulverização relativo a um dado volume, ou seja a % da superfície coberta.

A fórmula que permite obter o seu valor é dada por:

$$d_{v/s} = \frac{\sum_{i=1}^h (N_i \cdot d_i^3)}{\sum_{i=1}^h (N_i \cdot d_i^2)} \tag{4.12}$$

Considerando os parâmetros dimensionais apresentados a escola francesa utiliza, quando a população tem um espectro lato, o diâmetro volumétrico médio e o diâmetro volume/superfície médio e, para uma pulverização muito fina, apenas o diâmetro volumétrico, pois é o único que permite conhecer o número de impactos por unidade de superfície (Musillami, 1982). A percentagem de área coberta nestas condições, mesmo quando se aumenta o volume aplicado, é muito baixa, pelo que para um tratamento ser eficaz é necessário uma densidade de impactos muito grande.

Assim, Musillami (1982) caracteriza uma população de gotas comparando os valores dos seus diâmetros médios com os valores apresentados no quadro 4.1, que definem várias classes em função do número e volume das gotas.

Quadro 4.1- Caracterização de uma população de gotas, considerando o número e volume das classes (N_i e V_i) relativamente ao total (N_g e V_g)

Características das gotas	$0 < d_g < d_a$ Classe I	$0 < d_g < d_v$ Classe II	$0 < d_g < d_{v/s}$ Classe III	$0 < d_g < 2d_{v/s}$ Classe IV
N_i / N_g (%)	60-62	77-80	88-90	99,5
V_i / V_g (%)	4-8	18	36-39	90-94

Fonte: Musillami (1982).

Da análise do quadro constata-se que, por exemplo, a classe I, inclui as gotículas com diâmetro inferior ao diâmetro aritmético ($0 < d_g < d_a$) e representa cerca de 60% do número total da população embora o seu volume seja de apenas 4-8%; considerando os aerossóis e utilizando um bico de fenda, o seu número representa cerca de 25-40 % do total da população, embora o seu volume seja de apenas $7 \cdot 10^{-3}$ a $2,8 \cdot 10^{-2}$ % do volume total (Miralle, 1987).

A Classe IV ($0 < d_g < 2d_{v/s}$) apresenta um espectro mais lato incluindo 99,5 % do número total das gotas e 90-94 % do seu volume; as gotas formadas com o restante volume (6-10%), são muito grandes sendo as principais responsáveis pelas perdas por escorrimento.

Segundo Musillami (1982), para uma análise da repartição do volume de uma pulverização deve ser considerado o diâmetro volume/superfície, indicando a norma francesa NF U26-110 também o diâmetro volumétrico mediano (DVM).

Estes valores representam assim diferentes tipos de diâmetros médios baseados nas médias aritméticas dos diâmetros, da área ou volume das gotas consideradas individualmente ou em relação com outras como é o caso do diâmetro volume/superfície médio.

Relativamente à representação gráfica da população ela é feita utilizando-se diagramas de frequências em que se representam, no eixo das abcissas, as diferentes classes dimensionais em que se dividiu a população e, no eixo das ordenadas, o número de gotas de cada classe. Conforme o tipo de pulverização ou a forma como é feita a amostragem a distribuição pode ser simétrica, assimétrica, para as gotas grandes ou pequenas, ou multi-modal (Jonhstone, 1978b).

Para Herrington (1981) a maioria das curvas representativas de uma população de gotas obtidas com os equipamentos agrícolas são incluídas no primeiro tipo.

Relativamente à homogeneidade da pulverização a representação gráfica da distribuição do diâmetro das gotas em função do seu número, superfície ou volume, não permite obter uma função normal, pelo que, para o seu estudo, é necessário considerar três parâmetros, sendo qualquer um dos estudados, utilizado para caracterização da pulverização e os outros dois para caracterizar cada um dos lados da curva; estes representam as gotas de menores e maiores dimensões.

Para o estudo da distribuição Musillami (1982) representa as equações que caracterizam o diâmetro aritmético e volume/superfície pela seguinte fórmula geral:

$$d_i = \frac{\sum (N_g * d^i)}{\sum (N_g * d^{i-1})} \quad (4.13)$$

Considerando i igual a 1,2,3, obtêm-se as seguintes equações:

$$d_1 = \frac{\sum (N_g * d_g)}{N_g}; \quad d_2 = \frac{\sum (N_g * d_g^2)}{(N_g * d_g)}; \quad d_3 = \frac{\sum (N_g * d_g^3)}{\sum (N_g * d_g^2)} \quad (4.14; 4.15; 4.16)$$

que traduzem o diâmetro aritmético médio, a relação entre o diâmetro/superfície médio e o aritmético e o diâmetro volume/superfície médio.

A comparação destas equações mediante as relações, d_1 / d_3 e d_2 / d_3 , permite o estudo da homogeneidade da pulverização, traduzindo a primeira o peso relativo das gotas mais pequenas, representadas por d_a e a segunda a homogeneidade das gotas traduzida pela área coberta. À medida que as relações apresentadas se aproximam da unidade a homogeneidade das gotas, que é uma característica adimensional, torna-se maior.

Duas populações que tenham a mesma relação d_1 / d_3 a que tem maior homogeneidade é a que apresenta um valor de d_2 / d_3 mais elevado, pois a sua projecção no eixo das ordenadas aproxima-se da obtida pela relação anterior. Para uma mesma relação d_2 / d_3 a que tiver menor valor de d_1 / d_3 é a que tem maior homogeneidade (Musillami, 1982).

Atendendo que as duas relações estão correlacionadas é possível o estudo da uniformidade da população apenas com uma delas. Musillami (1982) considera a seguinte expressão baseada no diâmetro volumétrico médio e volume/superfície para determinar a homogeneidade:

$$H(\%) = 100 * \frac{\sum (N_i * d_i^2)^2}{\sum (N_i * d_i) * \sum (N_i * d_i^3)} \quad (4.17)$$

que, segundo este autor, varia de 65 a 85%, conforme se trate de uma pulverização grosseira ou fina; o seu valor é sempre inferior ou igual a 1.

4.3- Principais parâmetros utilizados pelo escola anglo-saxónica para caracterização de uma população de gotas

Esta escola caracteriza as populações de gotas considerando diferentes diâmetros medianos, ou seja os diâmetros que permitem dividir uma população em duas partes iguais, no que respeita ao seu número, diâmetro, área coberta ou volume; os valores mais utilizados são o diâmetro numérico e volumétrico.

4.3.1- Diâmetro numérico mediano

O diâmetro numérico mediano (DNM) de uma população de gotas é o diâmetro que permite dividir o número de gotas em duas partes iguais, ou seja, 50% do número total de gotas tem um diâmetro superior àquele valor e 50% inferior.

Relativamente à distribuição cumulativa considera-se que a percentagem acumulada é dada por:

$$P_i = \sum_{i=1}^h (N_i / N_g) * 100; \quad (4.18)$$

em que:

- P_i - percentagem acumulada;
- N_i- número de gotas da classe i;
- N_g- número total de gotas (N_g= Σ N_i)
- h- número de classes consideradas

sendo o diagrama de frequências representado por uma linha recta; o valor do DNM depende principalmente das gotas mais pequenas.

4.3.2- Diâmetro volumétrico mediano

À semelhança do DNM o diâmetro volumétrico mediano (DVM) divide uma população em duas partes que têm o mesmo volume; o seu valor depende fundamentalmente das gotas grandes, pois estas apresentam um aumento de volume muito superior à variação do diâmetro. Quando existe uma percentagem elevada de gotas grandes o DVM não dá ideia do espectro da população, pois o volume ocupado pelas gotas pequenas é muito reduzido embora o seu número seja muito grande.

Relativamente à sua representação cumulativa tem-se:

$$P_i = \frac{\sum_{i=1}^h (N_i \cdot V_i)}{\sum_{i=1}^h (N_i \cdot V_i)} * 100 \quad \text{ou} \quad P_i = \frac{\sum_{i=1}^i (N_i \cdot d_i^3)}{\sum_{i=1}^h (N_i \cdot d_i^3)} * 100 \quad (4.19; 4.20)$$

Considerando este parâmetro, Mathews (1979) divide as gotas de acordo com os valores apresentados no quadro 4.2.

Quadro 4.2- Classificação das gotas em função do DVM, expresso em μm .

<50	aerossois
51 - 100	gotas muito finas
101 - 200	gotas finas
201 - 400	gotas médias
> 400	gotas grandes

Fonte: Mathews (1979).

Relativamente aos valores dos diâmetros medianos o DVM é superior ao DNM, pois um pequeno número de gotas grandes contribui muito para aumentar o DVM não alterando praticamente o segundo, enquanto que o aumento do número de gotas pequenas tem um efeito contrário, ou seja, não altera sensivelmente o DVM embora

altere significativamente o DNM (Kepner *et al.* 1978).

Herrington (1981), obteve valores de 15-30 μm para o DNM e 78 μm para o DVM, com pulverizadores centrífugos.

Assim a relação entre o DVM e o DNM, cujos valores dependem principalmente das gotas grandes e pequenas, indica a variação do espectro, sendo este tanto mais homogêneo quanto mais esta relação se aproximar da unidade.

Johnstone (1978b) considera que a distribuição normal logarítmica destes diâmetros medianos, que permite representar a maioria dos espectros dimensionais das gotas, juntamente com a sua representação gráfica, que são rectas com a mesma inclinação, torna possível determinar os diâmetros geométricos médios das gotas (d_g). Assim, o diâmetro numérico e volumétrico são dados por:

$$\overline{d_g} (N) = \sqrt[N_g]{d_1^{N_1} \dots d_i^{N_i} \dots d_h^{N_h}} \quad (4.21)$$

$$\overline{d_g} (V) = \sqrt[3N_g]{d_1^{3N_1} \dots d_i^{3N_i} \dots d_h^{3N_h}} \quad (4.22)$$

Segundo Johnstone (1978b) o desvio padrão geométrico, considerando a dispersão da distribuição, é obtido por:

$$\delta_g = \frac{d_{84}}{d_{50}} = \frac{d_{50}}{d_{16}} \quad (4.23)$$

onde d_{84} , d_{50} e d_{16} são a dimensão para baixo das quais se encontram 84, 50 e 16 % do número (volume) das gotas. O coeficiente de variação é dado por:

$$CV_g = \frac{\delta_g}{d_{50}} * 100 \quad (4.24)$$

sendo os valores diferentes conforme d_{50} é referente ao DNM ou ao DVM.

Para além destes dois parâmetros principais utilizam-se também a sua relação, ou seja, DVM / DNM (R), que traduz a dispersão das gotas, assim como $V(10)$ e $V(90)$ que representam os diâmetros que permitem obter 10 e 90 % do seu volume total.

Relativamente à homogeneidade da população (R), e para a distribuição normal logarítmica, o seu valor, segundo Johnstone (1978b), é dado por:

$$R = e^3 (\ln * \delta_g)^2 \quad (4.25)$$

o que, para os bicos hidráulicos, cónicos ou de leque, dá valores compreendidos entre 2 e 3 ($\delta_g = 1,65$ e 1,8); quanto mais próximo da unidade estiver o valor de R maior é a uniformidade das gotas (Lecocq, 1991)

Quanto à representação gráfica da distribuição das gotas da população esta é diferente da escola francesa pois utiliza frequências acumuladas, ou seja, no eixo das abcissas considera a dimensão das gotas e no eixo das ordenadas os valores acumulados do número (volume) de gotas. Este tipo de representação é, segundo Johnstone (1978b) mais fácil de interpretar sendo as curvas simétricas representadas por rectas, as assimétricas por curvas do segundo grau, e as bi ou multi-modais por curvas do terceiro grau.

4.4- Parâmetros definidos nas normas ASAE para caracterização de uma população de gotas

Segundo as normas ASAE S327.1 as características dimensionais das gotas são definidas da seguinte forma:

- D_{10} diâmetro aritmético médio;
- D_{20} diâmetro da superfície médio;
- D_{30} diâmetro volumétrico médio;
- D_{32} diâmetro volume/superfície médio;
- D_{43} diâmetro sobre-volume médio;

em que os índices dos diâmetros representam os valores de p e q da seguinte fórmula:

$$D(p-q) = \frac{\sum D_i^p}{\sum D_i^q} \quad (4.26)$$

o que permite, por exemplo, obter para o diâmetro aritmético médio a seguinte expressão:

$$D_{10} = \frac{\sum D_i}{n} \quad (4.27)$$

Relativamente aos diâmetros medianos as mesmas normas consideram:

- $D_{V.5}$ = diâmetro volumétrico mediano;
- $D_{A.5}$ = diâmetro da área mediano;
- $D_{L.5}$ = diâmetro geométrico mediano;
- $D_{N.5}$ = diâmetro numérico mediano.

Para além destes diâmetros medianos as normas ASAE consideram ainda os $D_{V.1}$ e $D_{V.9}$ que correspondem ao valor que permite obter 10 e 90 % do volume total das gotas.

4.5- Parâmetros mais utilizados pelas duas escolas para caracterização de uma população de gotas

Dos parâmetros apresentados os autores franceses consideram o diâmetro aritmético médio (d_a) e o diâmetro de Sauter ($d_{v/s}$) e os ingleses o diâmetro numérico mediano (DNM) e o diâmetro volumétrico mediano (DVM) para caracterizarem as fracções constituídas pelas gotas pequenas e grandes, respectivamente. A caracterização destes grupos é fundamental para qualquer uma das escolas, quer pela influência que têm na análise estatística das populações quer pelas consequências práticas que daí resultam. Assim, por exemplo, para a escola francesa não considerar as gotas pequenas implica que o diâmetro aritmético médio aumente de 31 para 48 % e, para a inglesa, que o diâmetro numérico mediano aumente de 50 para 82 % (Miralle,1987).

Relativamente à uniformidade das populações, tanto mais homogêneas quanto mais os coeficientes se aproximam da unidade, a exclusão dos aerossóis conduz a variações dos coeficientes de homogeneidade (H) de 4-7% na escola francesa e de 37-45% na inglesa (R); estas variações mantêm-se na escola francesa quando se aumenta a pressão sendo 3 a 4 vezes superior na inglesa (Miralle,1987).

Comparando os valores do diâmetro volumétrico mediano com os parâmetros equivalentes da escola francesa tem-se, segundo Mussilami (1982):

$$DVM = 1,15 d_{v/s} \text{ e } DVM = 1,5 d_v \quad (4.28; 4.29)$$

4.6- Determinação das características dimensionais das gotas

A determinação da dimensão das gotas pode ser feita utilizando várias técnicas, desde as mais antigas, que incluem os microscópios de bolso com um retículo, (Mathews, 1979), até às mais modernas que utilizam a fotografia de alta velocidade, a holografia, a pesquisa (scanning) automática das amostras por a análise de imagem e os raios laser.

O primeiro método, que é utilizado no campo, permite apenas dividir as gotas em aerossóis, gotas muito finas, finas, médias ou grosseiras enquanto as técnicas mais recentes, além de fornecerem grande quantidade de dados em intervalos de tempo muito curtos, fazem a análise estatística dos mesmos, nomeadamente a dimensão das gotas e sua distribuição em diferentes classes (histogramas).

Actualmente o método mais utilizados pela escola francesa é a análise de imagem, que equipa o CEMAGREF- Centre National du Machinisme Agricole, du Génie Rural, des Eaux et des Forêts, e os raios laser pela escola anglo-saxónica que equipam o AFRC- Agricultural Food Research Council; este sistema, embora óptico, não é considerado como de análise de imagem visto não se obter qualquer imagem das gotas.

4.6.1- Sistemas de medição por análise de imagem

Os sistemas de análise de imagem, apoiados em meios informáticos e inicialmente desenvolvidos para aplicação em teledetecção e medicina, são semelhantes aos sistemas informáticos clássicos, ou seja, são basicamente constituídos por um processador central, que gere as informações de diferentes módulos e por uma unidade de tratamento de imagem; esta consta de uma memória de imagem e de uma memória processadora, sendo a primeira reconfigurável por forma a analisar imagens de dimensão diferente (Miralles, 1987).

Este método, para além da dimensão dos impactos, que são as marcas da exposição transitória das gotas num suporte, permite também o estudo dos depósitos dos produtos deixados pela evaporação do líquido; é necessário haver contraste entre as gotas e/ou depósitos com o substrato para se fazerem estas medições.

Segundo Kepner (1978) a utilização de analisadores de imagem juntamente com luz estroboscópica permite a determinação das dimensões das gotas em transporte.

4.6.1.1- Suportes para estudo das gotas

Os ensaios para determinação da dimensão das gotas, utilizando sistemas de análise de imagem, podem ser feitos no campo ou em laboratório, sendo, no primeiro caso, as folhas e o papel hidrosensível os suportes mais utilizados; estes podem ser utilizados directamente ou depois de fotografados. A utilização das folhas implica que haja contraste entre a coloração da calda e a planta pelo que o papel hidrosensível se torna mais prática para determinar a distribuição das gotas na copa das plantas.

Em laboratório os suportes mais utilizados são as lâminas de vidro cobertas com óxido de magnésio, as placas de Petri com duas camadas líquidas, o papel hidro ou óleo-sensível e as lâminas de vidro com silicone; segundo a Norma 68-055-82 quando da pulverização destes suportes não se devem utilizar velocidades de deslocamento dos bicos superiores a 3 m.s^{-1} (Miralles, 1987).

Relativamente às lâminas de vidro cobertas com óxido de magnésio permitem analisar os depósitos das gotas, especialmente os de diâmetro compreendido entre 20 e 200 μm , pois, quando do seu impacto, formam pequenas crateras (Miralle, 1987).

As placas de Petri, com duas camadas líquidas consiste em colocar duas camadas de massa volúmica e viscosidade diferentes, não miscíveis com o produto do tratamento, cujas gotas permanecem entre aquelas, não se alterando assim a sua forma e não se evaporando; estas gotas são normalmente coloridas para melhorar o seu contraste relativamente ao meio. Barrufet (1988) indica a espessura de 2 mm para a camada oleosa inferior e 1,5 mm para a superior, e considera que se devem analisar pelo menos 2000 gotas em cada ensaio.

O papel hidro ou óleo-sensível existente no mercado tem uma cor amarela ou cinzenta, reagindo instantaneamente ao impacto das gotas, tornando-se preto ou azul nessas zonas.

As lâminas de vidro com silicone são impregnadas de uma fina camada desta substância, em que se depositam as gotas sob a forma de uma calote esférica. Esta técnica permite obter fotografias das lâminas, sendo depois os negativos utilizados para as determinações, para se evitar os erros cometidos pela evaporação das gotas; este inconveniente verifica-se também quando o suporte são as folhas.

4.6.1.2- A medição das gotas

A medição do diâmetro das gotas depende, especialmente para as de menor dimensão, da precisão de resolução dos equipamentos utilizados, assim como da dinâmica dimensional das gotas, ou seja, da variação da dimensão entre as mais pequenas e as maiores (Miralle 1987).

A evaporação das gotas é diferente conforme os suportes utilizados, o que pode conduzir a uma subavaliação da dimensão das gotas, pelo que se aconselha a realização dos ensaios em atmosfera saturada ou então a utilização de fotografias.

Para as lâminas de vidro cobertas com óxido de magnésio as crateras resultantes dos impactos têm um diâmetro que é função do coeficiente de espalhamento que é, como refere Barrufet (1978), para esta situação, de 1,15; este permite, pelo seu inverso (0,87), obter o diâmetro das gotas através do conhecimento do diâmetro das crateras. Para gotas de 15 a 20 μm e 10 a 15 μm , estes valores são de 0,8 e 0,75, respectivamente, e para as gotas com diâmetro superior a 200 μm dá-se, normalmente, pulverização pelo que esses valores são difíceis de determinar (Western *et al.*, 1985)

Para as lâminas de vidro cobertas de silicone os coeficientes de espalhamento são muito estáveis em todo o espectro dimensional sendo o inverso do seu valor para a água de 0,78, o que, considerando a variação dimensional das gotas (5 a 1200 μm), permite obter gotas de 6,4 a 1538 μm (Miralle, 1987).

Considerando as folhas como suporte, os valores medidos são bastante heterogêneos, o que, conduziu ao aparecimento de inúmeras técnicas de coloração, nomeadamente a mistura com quelatos de ferro e sódio fluorescente. Para um estudo estatístico das diferenças de diâmetro nestas situações é necessário utilizar amostras com áreas significativas, normalmente quadrados com 25 mm de lado, pelo que são necessárias várias observações, por forma a percorrer-se toda a área (Miralle, 1987). Esta metodologia, devido ao tempo necessário, torna indispensável a utilização de suportes fotosensíveis, especialmente quando os produtos utilizados são voláteis.

Para o papel hidro-sensível (CIBA-GEIGY), o inverso do coeficientes de espalhamento para a água varia, segundo Miralle (1987), entre 0,67 para as gotas mais finas e 0,4 para as maiores, o que faz com que o diâmetro dos impactos varie de 7,5 a 3000 μm , o que corresponde a uma dinâmica dimensional de 400 vezes. Segundo Val (1988) a utilização deste papel permite inclusivamente quantificar a dose de calda depositada nas plantas mas os resultados obtidos são bastante imprecisos, pelo que aconselha a juntar àquela uma substância fluorescente procedendo depois à sua medição; Val (1988) refere esta técnica para determinação da percentagem de superfície coberta.

4.6.2- Sistemas de medição baseados em raios laser

Estes sistemas de medição, inicialmente desenvolvidos para determinação da pulverização do gasóleo e estudo das nuvens, foram adaptados para a pulverização agrícola, sendo hoje possível utilizá-los para medir a dimensão, velocidade, densidade e trajectória das gotas. Esta caracterização permite determinar quer a dimensão das gotas quer a sua tendência para a deriva ou escorrimentos (Western *et al.*, 1985).

O princípio de funcionamento destes sistemas consiste na utilização de um feixe de raios, que depois de passar por um conjunto de lentes forma um feixe de raios paralelos de luz monocromática (raios laser), com um diâmetro de cerca de 10 mm. Estes feixes ao cruzarem as partículas a medir, sofrem difracção segundo vários ângulos, dependentes do diâmetro das gotículas, formando, num conjunto de foto-diodos receptores, anéis concêntricos, alternadamente brilhantes e escuros. Os maiores ângulos de difracção correspondem às partículas de menor dimensão mas a cada uma delas corresponde apenas um único ângulo e intensidade de luz (Sevilla, 1986).

Estes equipamentos permitem também, mediante a variação da distância focal, variar o ângulo dos raios difractados podendo-se assim analisar com mais rigor as gotas com dimensões semelhantes. Segundo Riádigos (1988) a intensidade da energia luminosa recebida nos foto-diodos pode ser integrada utilizando-se o método dos mínimos quadrados não lineares o que permite determinar a distribuição dos tamanhos que melhor se ajuste a cada feixe de difracção.

Durante a análise dimensional das partículas estas encontram-se em movimento permanente pelo que a determinação da sua dimensão é feita em todos os planos sendo o resultado a média das áreas determinadas com as diferentes orientações.

Relativamente à metodologia utilizada na determinação do espectro dimensional consiste numa amostragem de diferentes zonas do jacto, pois considera-se que em cada local deste as gotas têm as

mesmas características dimensionais (Young, 1985); assim, por exemplo, para um jacto de leque as gotas da periferia têm um diâmetro bastante grande quando comparadas com as do interior, mas semelhantes entre si; a dimensão das gotas depende da formulação da calda e da distância ao bico.

Para o mesmo tipo de jacto, pode considerar-se a amostra de uma população como os valores obtidos colocando os bicos em frente dos raios laser por forma a que estes interceptem o jacto segundo o seu maior eixo. Os valores obtidos com este método não são directamente transpostos para as condições reais, pois as folhas são sujeitas a um volume de calda proveniente de mais de um bico e não a um segmento de nuvem, mas o conhecimento da distribuição da massa das gotas permite saber, de uma forma aproximada, a uniformidade da deposição na planta.

A utilização destes equipamentos, relativamente aos de análise de imagem, têm algumas vantagens, sendo de realçar a rapidez, quantidade e tipo de dados medidos, assim como permitirem fazer as medições durante o seu trajecto gotas. Esta vantagem evita o espalhamento resultante do impacto contra o objecto e a redução da dimensão das gotículas durante o seu transporte (Gohlich, 1985). Estes equipamentos podem também ser utilizados para determinação da área dos impactos desde que se faça incidir o feixe de raios laser nessa superfície.

A caracterização dimensional das gotas, obtidas com os diferentes bicos, é fundamental mas insuficiente se não conhecermos o desempenho do equipamento no campo, nomeadamente no transporte das gotas, e os fenómenos da deposição destas.

4.7- A deposição das gotas

Como foi mencionado o estudo da população pode ser efectuado durante o transporte ou depois da deposição das gotas nos objectos, sendo necessário, nesta última situação, conhecer como esta se processa.

Assim, na fase terminal do transporte das gotas, quando estas se aproximam do campo de influência do objecto, dá-se a sua deposição (ou atracção) através da sedimentação, impacto (intercepção) ou das duas em simultâneo.

A deposição depende fundamentalmente da dimensão das gotas, velocidade do vento e do tipo, forma e disposição do objecto; considera-se que há intercepção quando o diâmetro do objecto é igual ou inferior ao diâmetro geométrico da gota. Segundo Elliot *et al.* (1983) a deposição das gotas faz-se por sedimentação, impacto ou as duas em simultâneo, conforme a velocidade terminal das gotas na altura de atingirem o objecto.

À semelhança da pulverização o estudo do espectro dimensional das gotas depositadas é importante pois permite integrar nos resultados, toda a dinâmica da fixação das gotas sobre o objecto, nomeadamente a sua coalescência, escorregamento, espalhamento, etc. Este espectro permite também conhecer a relação entre a dimensão das gotas e a permanência dos depósitos dos pesticidas, pois quanto mais pequenas forem as gotas mais tempo permanece a substância activa nas plantas (Gohlich, 1979)

Para o estudo do fenómeno da deposição consideram-se as gotas individualmente utilizando-se na sua caracterização diferentes técnicas, nomeadamente os raios laser que se fazem incidir na zona da deposição. A utilização recente da tecnologia do jacto de tinta (Ink Jet), semelhante à utilizada nas impressoras dos computadores, permite a obtenção de gotas praticamente com as mesmas características dimensionais, o que tornou o estudo dos fenómenos dinâmicos da deposição mais fácil pois é possível a sua reprodução, utilizando diferentes objectos. O princípio de funcionamento desta técnica consiste na aplicação de uma descarga eléctrica num disco piezoeléctrico, que é a parede da câmara onde se encontra a tinta, fazendo com que esta seja expulsa.

4.7.1- Deposição por sedimentação

Na deposição por sedimentação as gotas apresentam uma trajectória que é definida pela força da gravidade e velocidade das correntes de ar. Este tipo de deposição dá-se principalmente nos objectos com disposição horizontal, mas para as gotas muito pequenas este fenómeno só se verifica desde que não haja vento, o que normalmente acontece durante a noite, ou em culturas sob abrigo.

O estudo deste fenómeno, em que a velocidade obedece à lei de Stokes (ver 1.5), assim como dos restantes factores envolvidos, permite determinar a massa de calda depositada.

Segundo Elliot *et al.* (1983) a massa de calda depositada por sedimentação (M_{GS}) é obtida por:

$$M_{GS} = C_{mg} * v_s * A_h \tag{4.30}$$

em que:

- M_{GS} - massa das gotas depositadas por sedimentação, na unidade de área, em $kg.m^{-2}$;
- C_{mg} - concentração da massa das gotas num dado volume da corrente de ar, em $kg.m^{-3}$;
- A_h - área da projecção horizontal do objecto, em m^2 ;
- v_s - velocidade de sedimentação, em $m.s^{-1}$

Assim a massa obtida por sedimentação é proporcional à concentração das gotas, à superfície onde se deposita e ao diâmetro das gotas.

Relativamente ao número de gotas depositadas desta forma (N_{GS}), e segundo aquele autor, ele é dado por:

$$N_{GS} = C_{ng} * v_s * A_h \tag{4.31}$$

como:

$$C_{mg} = \frac{\pi * d_g^3}{6} * \rho_l * C_{ng} \tag{4.32}$$

tem-se:

$$N_{gs} = \frac{6}{\pi * d_g^3 * \rho_l} * C_{mg} * v_s * A_h \quad (4.33)$$

o que permite concluir que o número de gotas depositado por sedimentação é inversamente proporcional ao seu diâmetro.

Do exposto pode concluir-se que a maior deposição de massa de calda consegue-se com gotas grandes e a maior cobertura com gotas pequenas, pelo que a opção, em termos de diâmetro das gotas, tem de ser feita em função da deposição resultante do impacto destas.

4.7.2- Deposição por impacto

A deposição por impacto resulta da interacção de vários factores, entre os quais se destacam a dimensão e velocidade das gotas e a dimensão e posição do objecto; conforme estes factores o impacto pode originar ricochete ou fragmentação das gotas, com as perdas daí resultantes, ou a deposição nos objectos.

Para se evitar a reflexão ou fragmentação das gotas é necessário criar as condições que contrariem o seu rebentamento para o que se aconselha:

- não pulverizar com as plantas húmidas;
- utilizar caldas com aditivos molhantes;
- evitar as condições de pulverização que conduzam à formação de gotas grandes;
- não utilizar altos volumes de calda por hectare.

Relativamente à deposição por impacto, especialmente importante para os aerossóis (<50 µm), dá-se quando as gotas são transportadas no seio de uma corrente de ar e o objecto se apresenta na sua trajectória; no caso desta situação não se verificam os aerossóis, devido ao aumento da velocidade da corrente de ar nas imediações das folhas, resultante da diminuição da secção do fluxo, têm tendência a acompanhar a corrente desviando-se dos objectos.

Segundo Elliot *et al.* (1983) as gotas de diâmetro muito pequeno (< 20 µm) apenas se depositam por impacto quando a sua velocidade é suficientemente grande para penetrar na zona de fronteira do objecto, ou quando são filtradas pela pubescência das folhas. Martin (1978) calculou em apenas 2 % as gotículas com diâmetro inferior a 8 µm retidas em arames de 1mm.

Como resultado da deposição por impacto obtém-se uma eficiência na apanha das gotas, definida como a relação entre o número de gotas que ficam retidas no objecto e o que ficaria caso a corrente de ar não fosse deflectida; esta eficiência aumenta com o acréscimo da dimensão e velocidade das gotas e diminuição do tamanho dos objectos (Richardson, 1960; Dorman, 1966). Segundo Kepner (1978) uma eficiência de 100% de gotas de uma dada dimensão significa que a corrente de ar que as transporta, quando atravessa uma dada superfície foliar, fica sem nenhuma gota daquela dimensão.

A área exposta dos objectos, caso estes sejam folhas, pode ser alterada pelas correntes de ar, chegando mesmo a coincidir com a espessura das folhas quando estas ficam dispostas

paralelamente às correntes;; esta posição é temporária pois as folhas nestas condições estão permanentemente em movimento.

Segundo Elliot *et al.* (1983) a determinação da eficiência de apanha (E_g) é feita indirectamente considerando a energia de uma partícula adimensional (P_1) dada por:

$$P_1 = \frac{v_s}{g} * \frac{v_a}{D_n} * \frac{\rho_l}{(\rho_l - \rho_a)} \quad (4.34)$$

em que:

D_n - diâmetro efectivo do objecto normal ao fluxo de ar, em m;

v_a - velocidade do ar, em $m.s^{-1}$.

g - aceleração da gravidade, em $m.s^{-2}$;

ρ_l - massa volúmica das gotas, em $kg.m^{-3}$;

ρ_a - massa volúmica do ar, em $kg.m^{-3}$.

Aquele autor considera que a relação entre a eficiência da apanha das gotas por impacto e P_1 deve ser representada gráficamente pois matematicamente é muito difícil de o fazer, porque os limites superior e inferior de E_g são obtidos com altos e baixos números de Reynolds.

Assim, aumentando o valor de E_g proporcionalmente à energia da gota, a relação entre a massa depositada por impacto é proporcional quer à velocidade do ar quer ao diâmetro das gotas e inversamente proporcional ao diâmetro efectivo do objecto normal ao fluxo de ar.

A massa obtida com esta deposição (M_{gi}) é dada por:

$$M_{gi} = C_{mg} * E_g * v_a * A_v \quad (4.35)$$

em que:

M_{gi} - massa das gotas depositada por impacto, em $kg.m^{-2}$;

A_v - área da projecção vertical do objecto, em m^2 .

Considerando a eficiência de apanha o número de gotas (N_{gi}) é dada por:

$$N_{gi} = C_{ng} * E_g * v_a * A_v \quad (4.36)$$

substituindo-se C_{ng} , obtido a partir da fórmula 4.29, tem-se:

$$N_{gi} = \frac{6}{\pi * d_g^3 * \rho_l} * C_{mg} * E_g * v_a * A_v \quad (4.37)$$

Desta equação pode concluir-se que o número de gotas depositadas por impacto depende da diminuição progressiva do seu diâmetro, até que se verifique um decréscimo da sua apanha (E_g), que torne este balanço negativo.

A deposição por interceptação é significativa apenas quando a dimensão dos objectos é semelhante ao das gotas contribuindo então para a eficiência de apanha; esta contribuição é proporcional a d_g / D_n .

4.7.3- Sedimentação vs impacto

Sendo a deposição das gotas originada quer por sedimentação quer por impacto, e sendo aquela condicionada pela velocidade das gotas e posição dos objectos, pode comparar-se as quantidades depositadas por cada uma destas formas, mediante a seguinte equação (Elliot *et al.* 1983):

$$\frac{M_{gs}}{M_{gi}} = \frac{C_{mg} * v_s * A_h}{C_{mg} * E_g * v_a * A_v} \quad ; \quad \frac{M_{gs}}{M_{gi}} = \frac{v_s}{v_a} * \frac{A_h}{A_v} \quad (4.38; 4.39)$$

que indica que a importância da deposição por sedimentação é oposta à deposição por impacto, pois depende da relação entre a velocidade terminal da gota (v_s) e a velocidade do ar (v_a), assim como das projecções horizontal e vertical da área dos objectos.

Assim, pode considerar-se que a deposição por sedimentação ocorre quando as gotas são grandes, não exista praticamente vento ou, caso este ocorra, que não seja suficientemente intenso para provocar correntes de turbulência que arraste as gotas, e o objecto tenha uma superfície grande e se disponha na horizontal; as gotas de menor dimensão podem também depositar-se desta forma desde que não exista vento e $A_h/A_v > 1$.

Relativamente à deposição por impacto é especialmente importante quando as gotas são pequenas, os ventos fortes e quando a área do objecto, normal à corrente de ar, não apresente dimensão que reduza o valor da eficiência de apanha.

A quantidade de calda depositada por sedimentação e impacto (M_g) por unidade de tempo (t), segundo Elliot *et al.* (1983), obtida por:

$$\frac{M_g}{t} = \frac{M_{gs}}{t} + \frac{M_{gi}}{t} = C_{ng}(v_s * A_h + E_g * v_a * A_v) \quad (4.40)$$

o que permite constatar a complementaridade da deposição conseguida através dos dois processos.

Relativamente à quantidade de impactos por unidade de superfície, principal responsável pela eficiência biológica dos tratamentos, aquele autor considera-a igual a:

$$C_{ng} \ll \frac{A_h}{d_g} + A_v * \frac{1}{d_g^3} f\left(\frac{v_a * d_g}{D_n}\right) \quad (4.41)$$

ou seja, o número de gotas depositadas é função da sedimentação e do impacto, dependendo o seu número, para o primeiro caso, da projecção horizontal da área do objecto e do diâmetro das gotas, e, para o segundo, do diâmetro das gotas, da área da projecção vertical e largura do objecto e da velocidade do ar.

4.8- Relação entre a pulverização da calda e a deposição das gotas nas folhas

Relativamente ao transporte das gotas finas, muito finas e aerossóis, o principal inconveniente é a facilidade com que são arrastadas pelo vento. As suas trajectórias são semelhante às das correntes de ar, movendo-se à volta dos obstáculos, sendo apenas filtradas pelas protuberâncias de menor dimensão.

Estas gotas têm como principais vantagens o serem mais atraídas pelas culturas, como provam ensaios realizados em cereais, utilizando água, (Bengtsson, 1961), depositarem-se em maior quantidade na página inferior das folhas, penetrarem mais para o interior das plantas; este efeito é mais pronunciado nos pulverizadores de jacto transportado (Gohlich, 1985), sendo a sua observação, especialmente das gotas mais pequenas, apenas possível mediante a utilização de técnicas especiais, nomeadamente quando o suporte recebe uma camada de negro de fumo ou de magnésio.

As gotas grandes têm como principal inconveniente a falta de aderência nos objectos originando escorrimentos para as partes inferiores das plantas e/ou solo, com as consequentes perdas de calda e problemas de toxicidade que daí resultam, e conduzem também a uma baixa taxa de cobertura dos objectos; uma gota com um diâmetro de 500 μm tem o mesmo volume que 244 gotas de 80 μm . A utilização de equipamentos que permitam uma maior homogeneidade do diâmetro das gotículas, por forma a reduzir o seu número permite resolver parcialmente este problema.

Assim, e atendendo a que as gotas de menor dimensão são as que têm maior interesse em termos da eficiência dos tratamentos, a deposição por impacto é especialmente importante pelo que todos os factores que incrementem a retenção das gotas nos objectos, devem ser considerados.

Entre estes factores destaca-se a tensão superficial dos pesticidas, o diâmetro e velocidade das gotas e o seu ângulo de contacto no objecto; Mathews (1985), refere que em ensaios efectuados em ervilheiras a diminuição daqueles factores aumenta a retenção pelas folhas.

Relativamente às características dos pesticidas, Richey *et al.* (1961) consideram que a utilização de caldas oleosas permite obter uma produção mais regular e homogénea de gotas muito finas, não voláteis e aderentes, melhorando-se assim a repartição e fixação das substâncias activas nos objectos. Para as gotas mais pequenas, este autor considera que elas permitem uma cobertura mais uniforme dos objectos, embora tenham menos possibilidades de serem interceptadas, devido à sua menor energia cinética que não lhes permite penetrar na zona de fronteira; quanto maior for a velocidade mais dificilmente as gotas são deflectidas.

O ricochete das gotas maiores depende principalmente da sua energia cinética e da molhabilidade do objecto, pois para aquela se dar é necessário que a gota tenha energia suficiente para se espalhar sobre a área que ocuparia em condições de equilíbrio estático, e ainda, para a sua

contração. Caso não haja energia suficiente para a gota ser reflectida, a energia residual dissipa-se através da sua viscosidade; as gotas de diâmetro inferiores a 150 μm não têm geralmente energia suficiente para ultrapassar a coesão das moléculas da superfície e as forças de viscosidade pelo que este fenómeno não ocorre.

Como foi referido em 1.2.3.2 a não molhabilidade do objecto pelas gotas deve-se ao grande ângulo de contacto da gota com o objecto e por uma baixa histerese entre aquele ângulo e o formado pela reflexão.

Para além dos aspectos relacionados com a energia das gotas e da molhabilidade da superfície do objecto, a forma deste e o vento, influenciam a deposição das gotas, pois, para as plantas em que a exposição vertical é superior à horizontal, como é o caso da vinha, a deposição dá-se fundamentalmente por impacto e intercepção, pelo que é desejável que as gotas sejam pequenas (< 200 μm). Para os aerossóis é necessário que as correntes de ar dos ventiladores tenham grande velocidade e que a deposição se faça por impacto.

Para além dos aspectos mencionados que relacionam a intensidade da pulverização com a deposição das gotas, é necessário também que estas estejam bem distribuídas no objecto pois a obtenção de gotas individualizadas permite aumentar a taxa de cobertura deste. Este aspecto é especialmente importante quando se utilizam pesticidas de contacto que, juntamente com a zona de acção das gotas, permite estimar qual o volume a aplicar; o conhecimento exacto deste volume é impossível pois as gotas têm dimensões diferentes e apenas uma parte é depositada na cultura.

A obtenção de gotas de diferente dimensão implica que o volume a aplicar seja aumentado, o que não significa uma melhor taxa de cobertura ao nível da planta, pois as gotas de maior dimensão podem depositar-se apenas nas zonas mais expostas da planta.

A taxa de cobertura do objecto, como o atestam os ensaios efectuados por Gohlich (1979), será maior com gotas de 150 μm de DVM, utilizando 32 $\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}$, do que com gotas de 350 μm de obtidas com 320 $\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}$; estes ensaios permitiram concluir também que inicialmente as gotas mais pequenas têm maior concentração de pesticida, embora, passados 30 dias, os seus depósitos sejam praticamente iguais.

Comparando a dimensão das gotas com a penetração na copa das plantas, ensaios realizados por Gohlich (1985), indicam, especialmente nas culturas em que é importante atingir-se a página inferior das plantas, que as gotas com DVM inferior a 100 μm depositam-se em maior quantidade nessa página, o que não acontece com as de dimensão superior. Ensaio realizado pelo mesmo autor, em cereais, indicam que as gotas de maior dimensão depositam-se preferencialmente na parte superior das plantas, e que essa deposição é mais acentuada quando se utilizam sistemas de transporte por correntes de ar.

Allen *et al.* (1981) concluíram igualmente que os tratamentos feitos contra o míldio da macieira eram mais eficientes, para os mesmos volumes aplicados por hectare, quando as gotas eram mais pequenas.

Assim, e em resumo, pode dizer-se que, para além da pulverização propriamente dita, o transporte das gotas até ao objecto e sua deposição, as condições meteorológicas, a acção

biológica dos pesticidas, em que a formação dos depósitos é muito importante, e ainda a distribuição da calda, que depende principalmente dos equipamentos utilizados, devem ser considerados quando da aplicação dos pesticidas.

Gohlich (1979) relaciona os critérios para execução dos tratamentos, ou seja, a definição correcta dos objectos, a taxa de cobertura necessária, a dimensão e espaçamento das gotas e a qualidade dos produtos químicos, com os factores físicos e tecnológicos, apresentados no quadro 4.3.

A complexidade resultante de todos estes processos tem levado vários estudiosos à elaboração de modelos matemáticos e simulações em computador, estabelecendo-se teorias de predição que têm dado bons resultados no tratamento das florestas nos EUA (Barry et Ekblad, 1983) e em cereais em Inglaterra (Bach, 1985).

Quadro 4.3- Principais critérios para execução dos tratamentos e os factores físicos e tecnológicos envolvidos.

Critérios de realização de tratamentos		Factores físicos		Factores tecnológicos
Tipo do objecto	→	Trajecória das gotas e o comportamento do impacto	→	Tipo do bico
				Dimensão do bico
Taxa de cobertura (%)	→	Quantidade de calda aplicada	→	Distância à cultura a tratar
		Espectro das gotículas		Pressão da calda
Dimensão das gotas e seu espalhamento	→	Factor de espalhamento	→	Velocidade da calda
				Inclinação dos bicos e direcção do ar
Quantidade de s.a. por unidade de área	→	Concentração da calda	→	Velocidade dos fluxos de ar
				Condições climáticas
				Características físicas da calda
				Concentração da calda e sua estabilidade no reservatório

Fonte: Gohlich, H. (1979).

PARTE II

TRABALHO EXPERIMENTAL

Capítulo 5

Material e métodos

5.1- Introdução

Neste capítulo faz-se a caracterização do material vegetal e agrícola, incluindo as determinações efectuadas para o seu melhor conhecimento, assim como a apresentação da metodologia utilizada.

5.2- Caracterização do material vegetal

Os ensaios de campo foram realizados na Quinta de S.Luiz, situada na Região Demarcada do Douro, sub-região de Cima Corgo, próximo da povoação de Adorigo, nos anos de 1989 e 1990, tendo-se, no primeiro ano, comparado as versões do pulverizador e, no segundo, aprofundado alguns aspectos da pulverização, com a versão escolhida.

Os patamares onde foram efectuadas as medições têm quatro metros de largura, duas linhas, com um compasso de 2,0 m de distância da entre-linha e 1,10 m de planta a planta e taludes com 200% de declive. Estes patamares são servidos por estradas transversais que permitem o acesso aos equipamentos motorizados.

O material vegetal utilizado foram as castas Tinta da Barca (TB), Touriga Nacional (TN) e Tinta Barroca (TO), tendo-se efectuado os ensaios do primeiro ano com as duas primeiras castas e os relativos à versão escolhida com a última.

A forma de condução, em cordão bilateral Royat, e poda das castas são semelhantes, pelo que as paredes da vegetação apresentam sensivelmente a mesma área, embora as suas características morfológicas sejam diferentes. Estas castas apresentam vigor vegetativo distintos, tendo a Tinta da Barca um porte vertical e a Touriga Nacional retumbante; a dimensão e número das folhas é também muito diferente sendo as da primeira casta em menor número mas de maior dimensão.

Determinações efectuadas na segunda quinzena de Julho, em quinze plantas, deram os seguintes valores, relativamente ao número e área das folhas:

Quadro 5.1- Número médio de folhas, sua área e área total, e índice de área foliar para as castas Tinta da Barca e Touriga Nacional.

Castas	Nº de folhas	Área/ folha (cm ²)	Área total/planta (m ²)	IAF
TB	525	173	9,0	4
TN	587	111	6,5	3

Medições efectuadas por Vagny (1984) relativas à casta Riesling indicaram variações na área foliar durante o ciclo vegetativo da planta de 0,07 a 7,54 m².

Para a casta Tinta Barroca não foram efectuadas estas determinações, podendo, no entanto, afirmar-se que os seus valores estão compreendidos entre os das castas anteriores.

Relativamente à colocação dos arames encontram-se a 60, 90 e 120 cm do solo, sendo a largura do bardo, com a vegetação amarrada e no máximo desenvolvimento vegetativo, de cerca de 50-60 cm.

Para se efectuarem as medições relativas à pulverização considerou-se a planta dividida em seis zonas, definidas por dois planos horizontais, que estabelecem três níveis diferentes (1- inferior, 2- médio e 3- superior), e um plano vertical definido pelos arames que divide a planta "ao meio". Considerando que a distribuição da vegetação no plano vertical está compreendida entre os 40 e 150 cm, os planos horizontais foram definidos a 80 e 110 cm do solo, ficando os três níveis de medição a <80, 80-110 e >110 cm.

Assim, para os dois bardos de cada patamar, têm-se doze zonas as quais são designadas pelas combinações das letras A, B, C, e D e pelos números 1, 2 e 3, sendo as letras A e B relativas às faces exterior e interior do bardo interior do patamar e C e D das faces interior e exterior do bardo exterior (Figura 5.1).

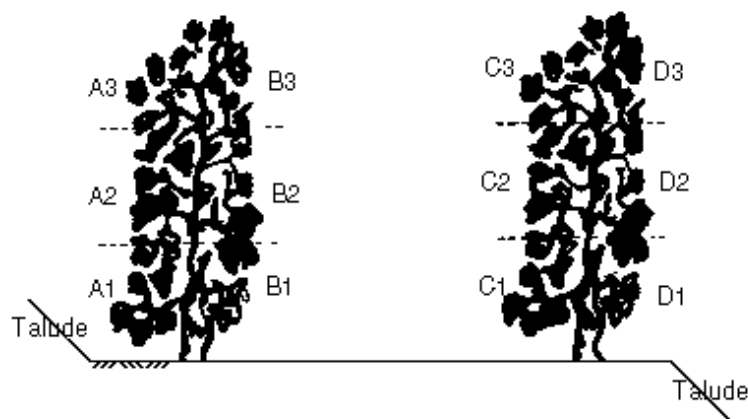


Figura 5.1- Vista transversal de um patamar com as zonas das plantas onde foram feitas as medições.

5.3-Apresentação e caracterização do equipamento utilizado

A apresentação e caracterização do equipamento é feita considerando separadamente os equipamentos de medição e agrícolas.

5.3.1- Equipamentos de medição

Destes equipamentos destacam-se:

- dois anemómetros de palhetas;
- um espectrofotómetro de absorção atómica;
- um medidor de área foliar;
- um medidor de débitos;
- um manómetro de precisão;
- um sistema de análise de imagem;

- outros equipamentos.

5.3.1.1- Anemómetro de palhetas

O anemómetro de palhetas marca Lambrecht, modelo 1416 K50, com indicador digital, Meteo Digit 916, permite medir velocidades do ar compreendidas entre os 0,7 e os 50 m.s⁻¹; estas podem ser efectuadas individualmente ou como médias de 10 ou 60 s. A não existência de um sistema automático de registo impossibilita a anotação das diferentes leituras, pois a cadência no mostrador digital é muito elevada (3 medições por segundo), pelo que a velocidade é dada pelos valores médios obtidos naqueles intervalos.

5.3.1.2- Espectrofotómetro de absorção atómica

O espectrofotómetro de absorção atómica, marca Perkin-Elmer, modelo 2380, existente no Laboratório de Solos e Fertilidade da UTAD, foi utilizado para determinar a concentração de cobre das amostras, resultante da lavagem das folhas, sendo o seu valor dado em miligramas de cobre por litro da solução.

5.3.1.3- Sistema de medição da área foliar

O sistema de medição da área foliar "AREA METER", marca DELTA-T, modelo T, existente no Laboratório de Culturas Arvenses, foi utilizado na medição da área das folhas das plantas, sendo o seu valor dado em cm², com aproximação às décimas.

5.3.1.4- Medidor de débitos

O medidor de débitos marca Quantitest, modelo G 1043, permite determinar o débito nos diferentes pontos do circuito da calda, nomeadamente o da bomba e do pulverizador; a diferença, destes dá o débito do retorno. Para estas determinações o equipamento é montado respectivamente à saída da bomba e depois do distribuidor, sendo a calda, após passagem pela escala graduada que dá o débito, conduzida para o reservatório.

5.3.1.5- Manómetro de precisão

O manómetro de precisão marca Manotest, modelo G 1044, permite conhecer a pressão de funcionamento em qualquer zona do circuito da calda, nomeadamente ao nível dos bicos, o que possibilita a regulação do sistema de compensação das duas semi-rampas e a detecção de possíveis irregularidades ou desgaste dos bicos.

5.3.1.6- Sistema de análise de imagem

O sistema de análise de imagem consiste num conjunto de uma câmara video e de um computador com uma placa gráfica e "software" específico que permite, para além da captação da

imagem e determinação da sua área, fazer variar o contraste entre os objectos a medir e a superfície em que estes se encontram. Este último aspecto é particularmente importante quando se pretende determinar a área coberta pelas gotas em papel hidrosensível pois estas, devido à sua difusão, formam uma coroa circular cuja coloração deve ser atenuada por forma a não ser incluída na medição a efectuar.

5.3.1.7- Outro equipamento

Para além do equipamento atrás especificado utilizaram-se cronómetros, bandeirolas, tabuleiros para recolha da calda escorrida das plantas, fitas métricas, contentores para lavagem das folhas, tabuleiros para transporte, etc.

5.3.2- Equipamentos agrícolas

Os equipamentos agrícolas são:

- um tractor vinhateiro de quatro rodas motrizes iguais;
- um pulverizador de jacto transportado, com ventilador radial;

5.3.2.1- O tractor

O tractor utilizado nos ensaios é da marca Ferrari modelo 95 RS e tem como principais características as seguintes:

- Motor Diesel com três cilindros, marca Lombardini, modelo 11 LD 625-3
- Potência nominal ao volante motor 29 kW @ 3000 r.min⁻¹;
- Regime do motor de 2500 r.min⁻¹ para obtenção da velocidade de 540 r.min⁻¹ da TDF;
- Largura máxima e mínima, respectivamente 1,25 e 1,11 m;
- Massa total 1160 kg.

Para além das características mencionadas destacam-se ainda a rigidez do quadro (tractor não articulado) e a distribuição de massas nos eixos motrizes, cerca de 780 kg no trem dianteiro e 380 kg no traseiro. Esta repartição permite uma boa estabilidade longitudinal o que é particularmente importante no acesso aos patamares das vinhas de encosta.

5.3.2.2- Pulverizador de jacto transportado com ventilador radial.

O pulverizador utilizado é da marca Hardi, modelo 320 Mini SPV e tem como principais características as seguintes:

- Bomba marca Hardi, modelo 320;
- Débito da bomba (TDF- 540 r.min⁻¹) 45 L.min⁻¹
- Distribuidor modelo BK 180;
- Pressão máxima de funcionamento da bomba 2500 kPa;

- Ventilador radial; determinações efectuadas a 540 r.min^{-1} da TDF :
 - débito $11000 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$;
 - velocidade do ar 47 m.s^{-1} ;
 - potência necessária 12 kW;
 - área dos bucais $61,2 \text{ cm}^2$
- Reservatório (capacidade) 300 L;
- Massa do pulverizador 178 kg
- Conduatas de ar do ventilador, 5 para cada lado.

A utilização deste pulverizador, tal como é fornecido pelo fabricante, para tratamento das faces interiores dos bardos dos patamares com duas linhas, não permite a utilização dos cinco pares de conduatas pois a altura da vegetação não é suficiente. Esta utilização implicava que as conduatas estivessem muito juntas, o que tornava difícil a sua fixação no espaço disponível e conduzia a uma grande sobreposição dos jactos o que afectaria a uniformidade da distribuição.

5.3.2.2.1- Versão original

Como forma de se adaptar o pulverizador às condições da vinha instalada em patamares de duas linhas foram utilizados apenas os quatro pares inferiores das conduatas, sendo o quinto (o mais afastado do solo) retirado, tapando-se-lhe as saídas no corpo do ventilador; o pulverizador, nesta situação, é designado por versão original (VO).

As alterações e regulações efectuadas na versão original do pulverizador (VO) constaram da colocação das conduatas de saída do ar e calda por forma a que os jactos ficassem paralelos ao solo e formassem um ângulo de 45° , para trás, com o plano da direcção de avanço do tractor. A distância das conduatas ao solo, encontrando-se o quadro do pulverizador a 10-12 cm deste, era de 50, 75, 100 e 125 cm.

A regulação da orientação dos jactos de ar segundo este ângulo é obtida amarrando fios de lã à saída dos bucais, que, quando o ventilador se encontra em movimento, se dispõem paralelamente ao solo, definindo-se assim um plano vertical com este, onde é medido aquele ângulo. A colocação dos fios paralelamente ao solo é obtida colocando-se, no plano vertical e a uma determinada distância dos bucais, uma régua graduada junto aos fios.

A distância que separa os bucais da parede da vegetação, considerando que a espessura do bardo é de cerca de 50 cm e que o comprimento da entre-linhas é de 2 m, é de aproximadamente 25 cm.

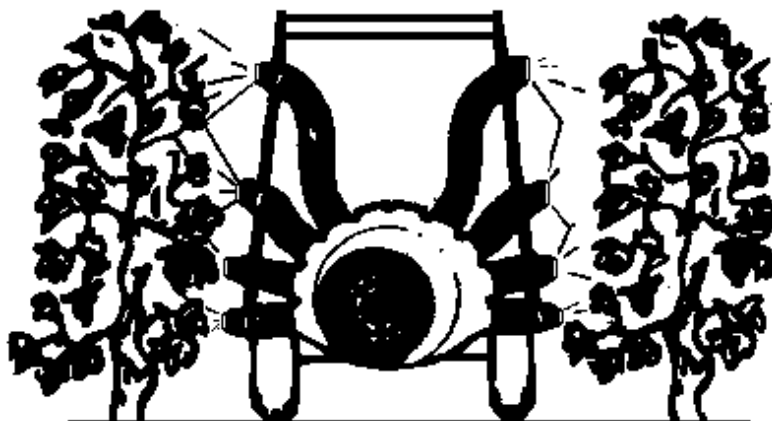


Figura 5.2- Vista posterior do pulverizador na sua versão original

5.3.2.2.2- Versão alterada

Para a utilização dos cinco pares de condutas foi construída uma estrutura de suporte que permite a distribuição dos bicos pelas duas faces dos bardos; esta solução designa-se por versão alterada (VA).

Assim as principais modificações foram as seguintes:

- colocação de dois pares de condutas fazendo um ângulo de 30° com o plano de deslocamento do tractor; este ângulo, medido quando o ventilador está imobilizado, aumenta para cerca de 45° quando este funciona ao regime normalizado da tomada de força, devido à rotação da estrutura de suporte das condutas. Estes bucais estão colocados a 140 e 80 cm do solo e direccionados para os 120 e 60 cm, medidos também a partir do solo mas no plano médio da vegetação; esta incidência do jacto de cima para baixo, atendendo ao seu ângulo (ver 5.3.2.2.3), permite obter a melhor distribuição possível da calda nas faces dos bardos;

- utilização dos três pares de condutas inferiores para tratamento das faces interiores com ângulos iguais aos da versão original mas direccionadas para os 50, 85 e 120 cm, medidos a partir do solo e no plano médio da vegetação, para se obter uma melhor distribuição dos jactos na parede da vegetação;

- montagem de um macaco hidráulico que permite o levantamento da estrutura e condutas exteriores por forma a que estas passem por cima dos bardos.

Assim, com a disposição dos bicos nestas posições, verifica-se uma convergência entre os jactos de ar o que provoca uma maior turbulência ao nível da folhagem, e, conseqüentemente, uma maior deposição das gotas (Sevilla, 1986). Leppert (1985) considera fundamental para a eficácia do tratamento a pulverização das duas faces das videiras com este tipo de equipamentos, qualquer que seja o seu modo de condução.

É de salientar a convergência dos jactos ao nível dos cachos o que permite, a utilização deste equipamento em tratamentos localizados, como, por exemplo, as podridões.

Com vista à melhoria da mobilidade, a estrutura que suporta as condutas exteriores é articulada o que permite a sua "recolha" para trás do tractor, diminuindo-se assim a largura do conjunto, o que facilita o transporte e a transposição das árvores que existam nas cabeceiras dos patamares.

Para além desta articulação os pendurais onde se fixam os bucais têm movimentos verticais, quer no sentido longitudinal quer transversal, relativamente ao deslocamento, o que diminui grandemente a probabilidade de estragos na vegetação e/ou equipamentos pois a sua rotação, caso os bucais se prendam na vegetação, permite ao operador imobilizar o tractor antes dos danos se verificarem. Este "sistema de segurança" é particularmente importante quando a vegetação nas faces exteriores se encontra tombada e em patamares que apresentem curvas pois, neste caso, o sector da rampa correspondente ao bardo interior da curva aproxima-se das plantas.

Considerando que a largura do bardo é de 50 cm, a distância que separa os bucais das suas paredes é de 25 e 45 cm para os interiores e exteriores, respectivamente. Esta última distância pode ser aumentada cerca de 30 cm para cada lado, pelo afastamento dos pendurais onde estão fixos os bucais exteriores, mas a posição destes tem de ser corrigida pois nesta situação os fluxos de ar passam a incidir nas zonas mais baixas dos bardos.

Assim a distância entre os planos longitudinais que passam pelos bicos e que tratam as faces de um bardo é de 120 cm (± 60 cm).

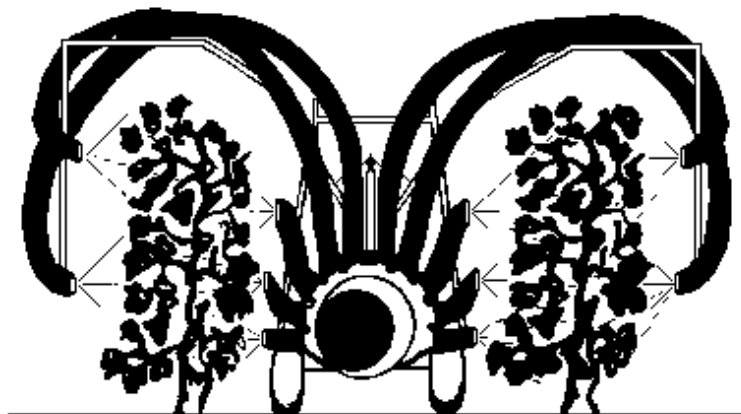


Figura 5.3- Vista posterior do pulverizador na sua versão alterada

Considerando as características dimensionais do pulverizador, a altura dos bardos e o ângulo de abertura dos jactos de 55° , a colocação e direcção das condutas, para se distribuir a calda o mais regularmente possível nas paredes da vegetação, é a seguinte:

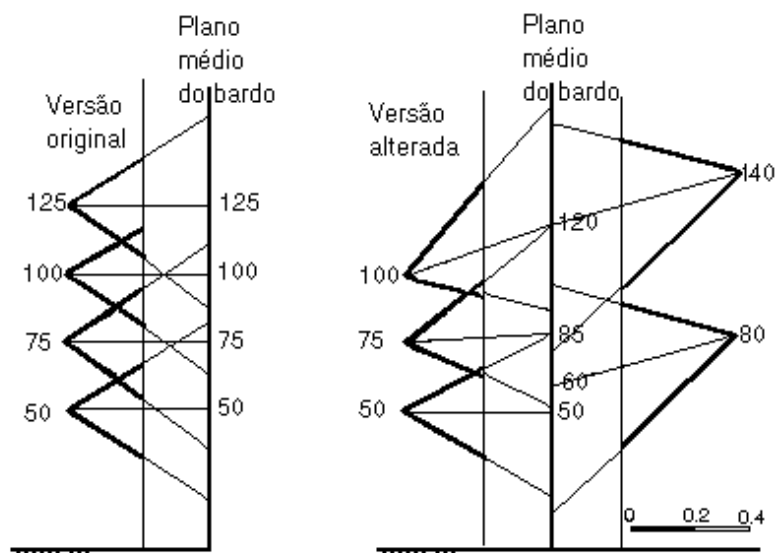


Figura 5.4 e 5.5- Colocação, direcção e distribuição dos jactos nas faces dos bardos na versão original (VO) e na versão alterada (VA) do pulverizador

5.4- Medições efectuadas em estação

Para além dos aspectos já apresentados, foram feitas algumas medições, com vista a uma melhor caracterização dos equipamentos agrícolas, tendo em consideração as situações específicas dos ensaios.

5.4.1- Medições efectuadas com o tractor

Os ensaios efectuados com o tractor tiveram como objectivo a determinação da velocidade de deslocamento ao regime normalizado da tomada de força (2500 r.min^{-1} do motor), com os mesmos pneus e pressão utilizados no campo e com o pulverizador montado. Este tinha metade da capacidade do reservatório com água para que a massa fosse semelhante à média da massa obtida quando em trabalho no campo; esta massa influencia o raio dinâmico de rolamento e portanto o perímetro efectivo dos pneus, condicionando assim a velocidade de deslocamento (Santos, 1989).

As relações de transmissão (RT) utilizadas foram as que permitiram obter velocidades de translação compatíveis com a cultura e já por nós testadas em trabalhos anteriores com outros equipamentos (Bianchi de Aguiar e Santos, 1988).

Quadro 5.2- Relações de transmissão (RT) e velocidades de deslocamento do tractor (v_t), em km.h⁻¹, com o pulverizador montado e a 2500 r.min⁻¹ do motor

RT	v_t
4 ^a	2,34
5 ^a	3,58
6 ^a	4,14
7 ^a	5,25

inferiores a 6% (Bianchi de Aguiar e Santos, 1988).

O conhecimento destes valores permite calcular o débito do pulverizador por hectare, que é ligeiramente inferior ao obtido na prática pois não se considera o escorregamento dos órgãos de locomoção em trabalho. Em ensaios por nós efectuados em patamares, utilizando o mesmo tractor e com um pulverizador de 200 L, obtiveram-se valores de escorregamento,

5.4.2- Determinações efectuadas com o pulverizador

Atendendo às alterações efectuadas neste equipamento e às condições em que os ensaios de campo foram realizados foi necessário proceder a várias determinações relativas ao circuito do ar e calda.

5.4.2.1- Determinação da velocidade dos fluxos de ar do ventilador

As determinações da velocidade dos fluxos de ar do ventilador (v_a) foram efectuadas nos seguintes locais:

- à saída das condutas, em quatro pontos diferentes definidos como 0, 3, 6 e 9, por analogia com a posição dos ponteiros no mostrador de um relógio, considerando-se a velocidade do ar em cada conduta a média destes valores;
- a 50 cm de distância dos bicos e a diferentes alturas, nos planos verticais definidos pelos fios de lã presos à saída das condutas.

A determinação da velocidade a 50 cm dos bucais é muito importante, pois permite estimar as velocidades do fluxo de ar nas faces dos bardos que, devido ao valor relativamente baixo da pressão no circuito da calda, terá de assegurar o transporte das gotas de forma a verificar-se a deposição destas em toda a copa das plantas.

5.4.2.1.1- Velocidade dos fluxos de ar para a versão original

Relativamente à versão original as velocidades foram determinadas para os diferentes bucais, referenciados por N1 a N4, conforme a sua posição relativamente ao solo, e por Qn (0, 3, 6, 9) em analogia com os quadrantes definidos pelos ponteiros do relógio.

Quadro 5.3- Velocidade média do ar, em m.s^{-1} , determinada na versão original, à saída dos bucais e em quatro pontos distintos, correspondentes à posição dos ponteiros do relógio, e a média para cada bucal

Qn	Bucalis esquerdos					Bucalis direitos				
	0	3	6	9	Méd.	0	3	6	9	Méd.
N1	30,4	34,4	44,4	41,9	37,8	15,6	41,4	38,0	36,0	32,8
N2	38,6	27,9	21,4	42,9	32,7	39,9	37,9	31,4	27,8	34,2
N3	31,6	27,0	16,0	33,3	27,0	38,9	33,5	34,8	33,3	35,1
N4	38,0	32,8	23,2	13,5	26,9	38,5	34,0	36,0	36,8	36,3

Representando graficamente as velocidades para as quatro condutas de cada sector tem-se:

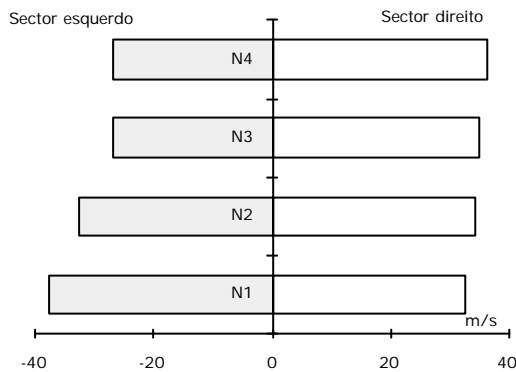


Figura 5.6- Velocidade média do ar, em m.s^{-1} , para as diferentes condutas da versão original, medidas à saída destas.

Como se pode observar existem diferenças importantes entre os vários pontos de medição em cada bucal o que se reflecte na média da velocidade do ar das várias condutas; estas discrepâncias são mais acentuadas no sector esquerdo da rampa (RE).

Segundo Planas (1988), se os fluxos de ar forem irregulares os processos de transporte e deposição são alterados; assim, considerando as diferenças da velocidade nas várias condutas, prevêem-se diferenças em

termos de eficiência com a utilização de um ou outro sector da rampa.

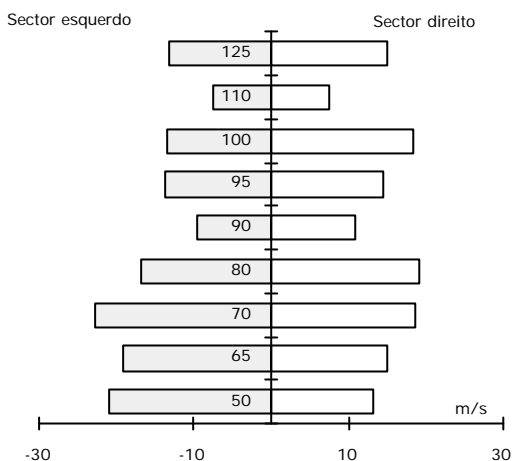
Os valores médios para as quatro condutas são, para a RE de $31,1 \text{ m.s}^{-1}$ e para a RD de $34,7 \text{ m.s}^{-1}$.

Relativamente à velocidade medida a 50 cm das saídas, representada por $v_{aRE}(D)_d$, em que d é a distância ao solo, tem-se:

Quadro 5.4- Velocidade média do ar (v_a), em m.s^{-1} , determinada na versão original, a 50 cm das condutas e a diferentes distâncias do solo (d).

d	50	65	70	80	90	95	100	110	125
v_{aRE}	20,9	19,1	22,7	16,8	9,5	13,8	13,6	7,5	13,1
v_{aRD}	13,1	15	18,6	19,2	10,8	14,5	18,5	7,6	15,1

Representando graficamente estas velocidades tem-se:



Como se pode observar as velocidades apresentam vários "picos" correspondentes às medições efectuadas na direcção dos jactos de ar, diminuindo rapidamente a velocidade quando nos afastamos desses pontos; a utilização de bucais com uma forma cónica permitiria atenuar essas variações melhorando inclusivamente a distribuição da calda. Os valores médios, considerando as distâncias ao solo são, para a RE de 15,2 m.s⁻¹ e para a RD de 14,7 m.s⁻¹, o

Figura 5.7- Velocidade média, em m.s⁻¹, obtida a 50 cm das condutas e a diferentes distâncias do solo.

5.4.2.1.2- Velocidade dos fluxos de ar para a versão alterada

Para a versão alterada do pulverizador fizeram-se as mesma medições que para a original, sendo a velocidade determinada a 50 cm dos bucais definida por $v_P(AB,C,D)$, conforme os planos longitudinais em que foi medida. Os planos referentes às letras A e D encontram-se distanciados 50 cm dos bicos que tratam as faces exteriores (esquerda e direita), sendo as letras B e C relativas às faces interiores.

Quadro 5.5- Velocidade média do ar, em m.s⁻¹, determinada na versão alterada, para as diferentes condutas e medida à saída destas.

Qn	Bucais esquerdos					Bucais direitos				
	0	3	6	9	Méd.	0	3	6	9	Méd.
N1	24,7	32,6	44,9	38,0	35,0	38,6	38,6	31,1	36,2	36,1
N2	31,1	29,7	17,7	41,9	30,1	35,8	35,8	23,7	26,2	30,4
N3	33,0	29,5	21,9	23,2	26,9	30,3	29,8	30,7	31,5	30,6
N4	25,5	29,7	37,3	30,3	30,7	27,7	30,0	33,5	26,8	29,5
N5	24,3	30,4	37,4	34,2	31,6	26,5	37,0	37,4	26,5	31,9

Representando graficamente a velocidade média do ar, em m.s⁻¹, para as diferentes condutas, medida à saída destas, tem-se:

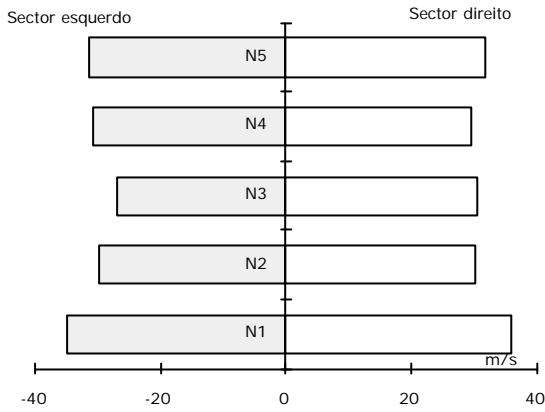


Figura 5.8- Velocidade média do ar, em $m.s^{-1}$, para as diferentes condutas da versão alterada, medidas à saída destas.

Relativamente à velocidade média do ar de cada uma das condutas, apresenta pequenas diferenças sendo a média do sector esquerdo da rampa de $30,9 m.s^{-1}$ e do sector direito de $31,7 m.s^{-1}$.

Considerando as velocidades determinadas a 50 cm dos bucais, distância que separa os bucais do plano médio dos bardos, quando estes estão distanciados de 2 metros, verifica-se uma diminuição da sua intensidade, pois os fluxos interferem entre si. Como se pode observar no quadro e gráfico anexos, os

valores médios considerando as distâncias ao solo são, para a RE de $11,2 m.s^{-1}$, e para a RD de $11,7 m.s^{-1}$, o que corresponde a cerca de um terço dos medidos à saída das condutas.

Quadro 5.6- Velocidade do fluxo de ar (v_a), em $m.s^{-1}$, para a versão alterada, medida a 50 cm de distância dos bucais e a várias distâncias do solo (d)

d	Sectores interiores						Sectores exteriores				
	50	65	80	95	110	125	60	65	95	115	125
v_{aB}/v_{aA}	14,9	14,8	10,6	9,9	9,8	2,6	16,5	15,2	1,6	15,7	12,1
v_{aC}/v_{aD}	19,8	16,8	11,5	12,9	10,8	4,0	14,9	11,1	2,8	12,8	12,3

Representando graficamente estes valores tem-se:

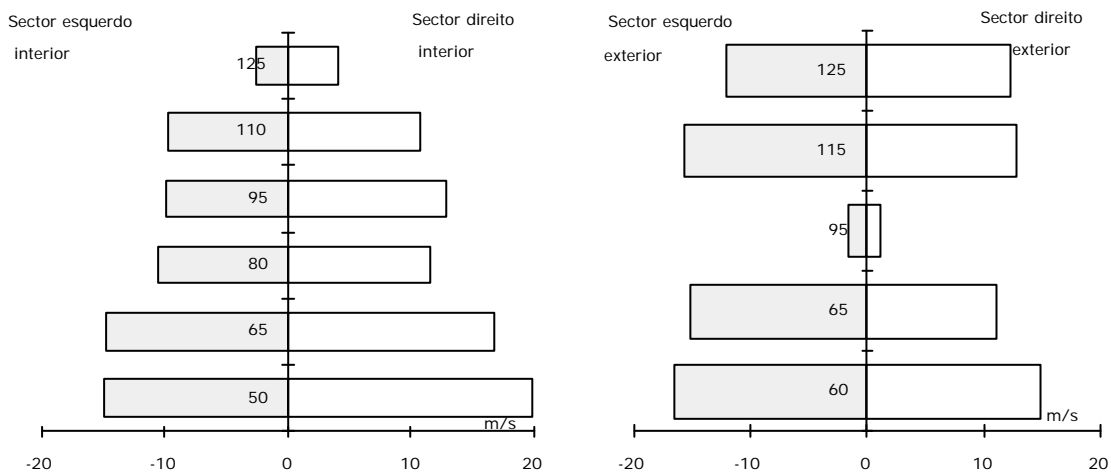


Figura 5.9 e 5.10 - Velocidade, em $m.s^{-1}$, do fluxo de ar na versão alterada, medida a 50 cm dos bucais e a diferentes distâncias do solo

5.4.2.1.3- Análise e comparação dos resultados relativos à caracterização dos fluxos de ar

Considerando a velocidade determinada à saída das condutas constata-se o seguinte:

- na versão original o sector esquerdo da rampa apresenta um decréscimo da velocidade do ar à medida que nos afastamos do solo, sendo a diferença entre a conduta N1 e N4 bastante grande, 37,8 e 26,9 m.s⁻¹, respectivamente;

- relativamente às condutas do sector direito estas têm velocidades mais uniformes, não havendo, no entanto, qualquer relação com a distância ao solo;

- para a versão alterada os dois sectores apresentam variações muito semelhantes, que se traduzem por uma diminuição da velocidade entre as condutas N1 e N3, que tratam as faces interiores dos bardos, e um aumento da N4 para a N5, que tratam as faces exteriores.

Comparando estes resultados observa-se que a versão alterada apresenta velocidades médias mais baixas sendo menor a sua variação. Para os caudais, determinados utilizando a fórmula 3.9, o valor dos débitos de ar são de 5800 m³.h⁻¹ para a versão original e 7000 m³.h⁻¹ para a versão alterada, o que corresponde a um aumento de 20%.

Relativamente às velocidades determinadas a 50 cm de distância dos bucais estabeleceram-se regressões entre estas e as distâncias ao solo, para conhecer a sua distribuição em altura.

Assim, para a versão original tem-se:

$$\begin{aligned} - v_{aRE50} &= 43,65 - 0,51 * d + 0,002 * d^2 & r^2 &= 0,53; P= 0,044 \\ - v_{aRD50} &= 8,31 + 0,20 * d - 0,001 * d^2 & r^2 &= 0,00; P=0,770 \end{aligned}$$

Para a versão alterada as regressões são as seguintes:

$$\begin{aligned} - v_{aPA50} &= 97,64 - 1,97 * d + 0,011 * d^2 & r^2 &= 0,61; P= 0,390 \\ - v_{aPB50} &= 12,69 + 0,12 * d - 0,0015 * d^2 & r^2 &= 0,89; P= 0,039 \\ - v_{aPC50} &= 25,12 - 0,096 * d - 0,0005 * d^2 & r^2 &= 0,89; P= 0,039 \\ - v_{aPD50} &= 98,49 - 2,03 * d + 0,011 * d^2 & r^2 &= 0,75; P= 0,250 \end{aligned}$$

em que:

- $v_{aRE(D)50}$ é a velocidade, em m.s⁻¹, determinada a 50 cm do sector esquerdo (RE) ou direito (RD) da rampa;

- $v_{aPA(B,C,D)50}$ é a velocidade, em m.s⁻¹, determinada no plano vertical A (B, C, D) a 50 cm dos bucais.

- d é a distância ao solo, em cm

Da análise destes valores pode concluir-se que:

- para a versão original, em que as medições foram determinadas em dois planos verticais, a variação da velocidade é muito grande havendo "picos" correspondentes às distâncias que se encontram nos mesmos planos horizontais das saídas de ar e "fossos" entre esses valores;

- para a versão alterada, em que as medições foram efectuadas em quatro planos verticais, a velocidade medida nos planos exteriores apresenta os dois picos na direcção das condutas, chegando

praticamente a anular-se no seu intervalo. Relativamente aos planos interiores a velocidade diminui à medida que nos afastamos do solo;

- a versão original apresenta uma distribuição "em faixas horizontais" com velocidades mais altas nos extremos, e a versão alterada, uma distribuição semelhante, só que em mais níveis; nesta versão as duas condutas com maior volume de ar incidem na zona dos cachos. Comparando os coeficientes de determinação verifica-se que a velocidade na versão alterada é mais uniforme, mas os níveis de significância indicam que as suas variações são praticamente independentes das distâncias ao solo. Estas dependem fundamentalmente da posição das condutas no ventilador.

Considerando que:

- a deposição localizada da calda no interior da copa está directamente relacionada com a velocidade do fluxo de ar nessa zona, sendo aquela inversamente proporcional à velocidade do ar medida depois de atravessar a folhagem e que os altos volumes, mais que a velocidade do ar, conduzem a uma maior uniformidade da deposição da calda (Giles, 1991);

- a uniformidade dos fluxos de ar condicionam a distribuição da calda nas plantas (Sevilla, 1986);

- as correntes de ar com maior caudal são menos sujeitos à influência das correntes de ar exteriores (Planas, 1988);

- a maior deposição da calda se obtém com velocidades de $6-8 \text{ m.s}^{-1}$ (Goelich, 1979)

podemos afirmar que a versão alterada apresentará uma maior uniformidade na distribuição dos pesticidas, sendo esta superior nas faces interiores.

Os resultados da análise de regressão simples (ANREG) e análise de variância (ANOVA) das regressões relativas às velocidades determinadas à saída e a 50 cm dos bucais, encontram-se no anexo 1, quadros A1.1 a A1.20

5.4.2.2- Caracterização do circuito da calda do pulverizador

Para caracterização do circuito da calda foram efectuadas as seguintes determinações:

5.4.2.2.1- Determinação do débito da bomba

A determinação do débito da bomba (D_b) fez-se utilizando o medidor Quantitest apresentado anteriormente; o valor obtido foi de 41 L.min^{-1} , quando toda a calda passa pelo retorno principal e 39 L.min^{-1} , quando se utilizam também os retornos individuais das condutas.

5.4.2.2.2- Medição do débito real e do retorno do pulverizador

A medição do débito real (D_p) e do retorno (D_a) do pulverizador foi efectuada utilizando o medidor Quantitest e fazendo variar a pressão de funcionamento por forma a obter-se uma curva que

permita relacionar o débito do pulverizador com o da bomba; os valores dos débitos são obtidos pela diferença do débito da bomba e do retorno.

Os valores da pressão utilizados foram 300, 500, 700, 1000 e 1200 kPa, e os bicos de turbulência tinham pastilhas de 1,0 mm e difusores cinzentos. Estes elementos são identificados em função da sua cor em azul, cinzento, preto e branco; à medida que se passa da cor azul para a branca a pulverização torna-se mais grosseira.

O ajustamento dos débitos calculados, em L/min, relativamente à pressão, em kPa, foi feito utilizando a seguinte equação do 2º grau :

$$D_p = 38,52 - 1,70 * \frac{P}{100} + 0,05 * \left(\frac{P}{100}\right)^2 \quad r^2 = 0,999$$

Quadro 5.7- Débitos do pulverizador, medidos e calculados, em L.min⁻¹, para os bicos de 1,0 mm, fazendo variar a pressão de funcionamento, em kPa.

Pressão	Retorno medidos	Retorno calculados	Débitos medidos	Débitos calculados
0	38,5	38,52	2,5	2,48
300	34,0	33,87	7,0	7,13
500	31,0	31,27	10,0	9,73
700	29,0	29,07	12,0	11,93
1000	26,5	26,52	14,5	14,48
1200	25,0	25,32	16,0	15,68

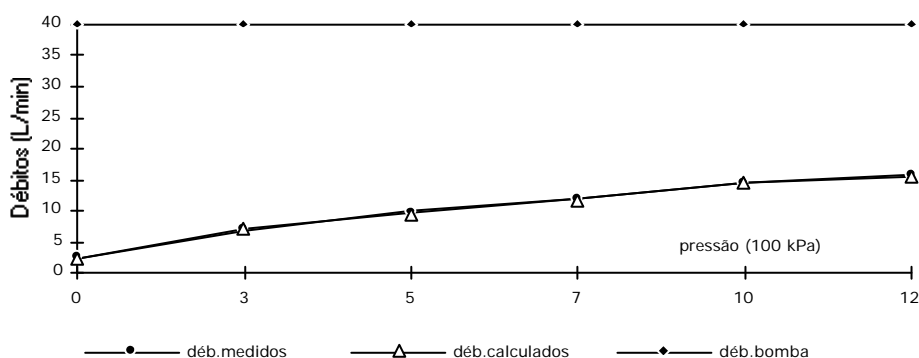


Figura 5.11- Débitos do pulverizador, medidos e calculados, e da bomba do pulverizador, em L.min⁻¹, para os bicos de 1,0 mm, fazendo variar a pressão de funcionamento.

Os resultados da análise de regressão (ANREG) e análise de variância (ANOVA) destes valores encontram-se no anexo 1, quadros A1.21 e A1.22

5.4.2.2.3- Determinação do ângulo do jacto

A determinação do ângulo do jacto é fundamental pois permite posicionar as condutas por forma a distribuir-se a calda o mais regularmente possível nas faces dos bardos. Estes ensaios foram efectuados apenas com os bicos de 1,0 mm, pois são os que permitem obter o débito por hectare

aconselhado para a cultura (ver Quadro 3.1); a utilização de bicos de maior débito possibilitava, no entanto, devido ao aumento da velocidade de escoamento, um maior ângulo de abertura (Kepner *et al.* 1978).

Para a determinação do ângulo do jacto utilizou-se uma superfície de madeira que se colocou paralelamente à conduta de saída do ar, junto ao bico, onde, depois de alguns segundos de pulverização, fica a marca do jacto.

As equações de regressão que melhor ajustaram os valores da largura do jacto à distância ao bico, para as pressões de 300 e 600 kPa, foram as seguintes:

$$l_{j3} = 15,38 + 0,72 * d_3 \quad r^2 = 0,98;$$

$$l_{j6} = 13,52 + 0,78 * d_6 \quad r^2 = 0,99$$

em que:

- $l_{j3(6)}$ é a largura do jacto obtida com 300 e 600 kPa de pressão;
- $d_{3(6)}$ é a altura do jacto, em cm, medida desde o bico até ao ponto de medição da sua largura, obtida com a pressão de 300 e 600 kPa.

Os valores medidos, que são semelhantes aos calculados, para estas pressões e bicos são os seguintes:

Quadro 5.8- Determinação da largura do jacto, em cm, obtida com uma pressão de 300 e 600 kPa e com pastilhas de 1,0 mm, em função da distância aos bicos, em cm.

Distância ao bico (cm)	Largura do jacto (300 kPa)	Largura do jacto (600 kPa)
0	0	0
10	10	10
20	20	20
30	30	30
40	40	40
50	50	50
60	60	60
70	70	72
80	80	82

Como se pode observar no quadro 5.8 existe um ligeiro aumento da largura do jacto quando se aumenta a pressão, podendo considerar-se, no entanto, que para as pressões utilizados nos ensaios o ângulo é de 55°. Os resultados da análise de regressão e variância destes valores encontram-se no anexo 1, quadros A1.23 e A1.26.

Determinações efectuadas por Dempsey (1985) indicaram que o aumento de pressão implica um ligeiro acréscimo do ângulo do jacto e uma diminuição da dimensão das gotas. Musillami (1982) considera que os aumentos de pressão para além das pressões de funcionamento de 300-500 kPa não alteram significativamente o ângulo do jacto de um dado bico.

5.4.2.2.4- Determinação dos débitos nas versões do pulverizador

A determinação do débito nas duas versões do pulverizador foram efectuadas utilizando as pressões de 300, 600, 900 e 1200 kPa e para os bicos de 1,0 e 1,6 mm.

A utilização de um desigual número de bicos entre as duas versões implica que sejam feitos pequenos ajustamentos no sistema de compensação da pressão, pois a redução do número daqueles conduz a aumentos na pressão dos circuitos de saída.

Relativamente aos bicos utilizados nestas determinações apresentam pastilhas fabricadas em material sintético e difusores que permitem obter jactos cónicos ocós constituídos por gotículas muito finas. Este indica igualmente que à pressão de 500 kPa estes bicos produzem gotículas com um DVM compreendido entre os 215 e 385 μm , sendo os débitos por bico, para pressões de 300 e 600 kPa, e para as pastilhas de 1,0 mm de 0,75 e 1,27 $\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$ e para as de 1,6mm de 1,06 e 1,80 $\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$.

Ensaio efectuados por Riádigos (1988) com bicos com câmara de turbulência permitiram concluir que as gotículas que se formam no interior do jacto são mais pequenas, em cerca de 35-40%, que as da periferia; o diâmetro das gotas aumentava à medida que se afastavam do bico.

Para se proceder à determinação do débito ligaram-se mangueiras a cada um dos bicos o que permitiu recolher em baldes, a água de cada um deles; o tempo de recolha da água foi de meio minuto. Os volumes obtidos em cada repetição foram pesados numa balança, sendo depois, mediante o conhecimento da massa volúmica da água, determinados o débito dos bicos.

Nestas determinações foram considerados separadamente os totais da rampa, os dois sectores e o somatório destes o que permitiu fazer a distinção entre sector esquerdo e direito e comparar o seu somatório com o total.

5.4.2.2.4.1- Determinação dos débitos na versão original

Relativamente aos débitos da versão original para diferentes pressões e bicos os valores obtidos foram os seguintes:

Quadro 5.9- Valor médio dos débitos, em $\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$, para a versão original com diferentes pressões, em kPa, e pastilhas de 1,0 e 1,6 mm

Sector da rampa	Bicos	Pressões, em kPa			
		300	600	900	1200
RE	1,0	2,8	3,9	4,9	5,5
	1,6	4,4	6,4	7,8	9,0
RD	1,0	2,7	3,8	4,7	5,4
	1,6	4,4	6,2	7,6	8,8
RE+RD	1,0	5,5	7,7	9,6	10,9
	1,6	8,8	12,6	15,4	17,8
RED	1,0	5,6	7,7	9,5	10,9
	1,6	9,0	12,4	15,6	18,0

Dos valores obtidos verifica-se que existe uma grande simetria entre os sectores da rampa e entre o somatório destes e o débito total; esta simetria é conseguida devido ao sistema de compensação do débito para cada um dos sectores.

Comparando o débito entre os dois bicos verifica-se um aumento entre os 58 e 65 %, quando se passa dos bicos de 1,0 para 1,6 mm, correspondendo as percentagens mais altas aos valores mais elevados da pressão, pois estas conduzem a perdas de carga relativas mais acentuadas nos bicos mais pequenos.

5.4.2.2.4.2- Determinação dos débitos da versão alterada

Os débitos da versão alterada para diferentes pressões e bicos são os seguintes:

Quadro 5.10- Valor médio dos débitos, em $L \cdot \text{min}^{-1}$, para a versão alterada com diferentes pressões e bicos com pastilhas de 1,0 e 1,6 mm

Sector da rampa	Bicos	Pressões, em kPa			
		300	600	900	1200
RE	1,0	3,6	5,0	6,1	6,9
	1,6	5,8	8,1	9,8	11,3
RD	1,0	3,6	5,0	6,1	7,0
	1,6	5,6	7,9	9,7	11,2
RE+RD	1,0	7,2	10,0	12,2	13,9
	1,6	11,4	16,0	19,5	22,5
RED	1,0	7,3	10,2	12,1	13,8
	1,6	11,5	16,0	19,7	22,7

A simetria referida para a versão original e a variação nos aumentos dos débitos com a pressão verificam-se também nesta versão; estes aumentos situam-se entre os 60 e 65%. Os débitos determinados são ligeiramente inferiores aos indicados no livro de instruções do pulverizador pois os dados fornecidos pelo fabricante referem-se a débitos obtidos em laboratório, em que não se verificam perdas de carga nas condutas.

5.4.2.2.4.3- Comparação dos débitos das duas versões

Para comparação dos débitos das duas versões foram efectuadas análises de regressão e de variância com os valores determinados, cujos resultados se encontram no anexo 1, quadros A1.27 a A1.50.

Para o ajustamento dos valores escolheu-se uma equação linear multiplicativa, utilizada igualmente por Martin *et al.* (1987); a intercepção da equação com o eixo das ordenadas é dada pelo logaritmo de a . Estes ajustamentos são normalmente feitos considerando que os débitos são proporcionais à raiz quadrada da pressão; Kepner *et al.* (1978) refere que os bicos que têm orifícios com uma construção geométrica semelhante apresentam débitos proporcionais à sua secção.

A fórmula da equação utilizada é a seguinte:

$$D_p = a * \left(\frac{p}{100} \right)^b \quad (5.1)$$

em que:

D_p - débito do pulverizador, em $L \cdot \text{min}^{-1}$;

a- intercepção do eixo dos Y;

p- pressão, em kPa.

b- inclinação da curva.

Representando graficamente os valores estimados (e) com este tipo de equação tem-se:

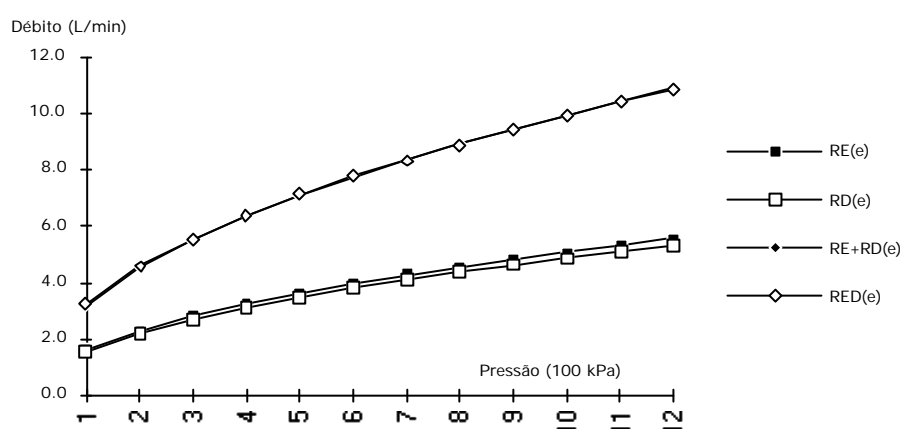


Figura 5.12- Débitos estimados para a versão original do pulverizador, sector esquerdo (RE), direito (RD), somatório dos dois (RE+RD) e total (RED) da rampa, utilizando bicos de 1 mm.

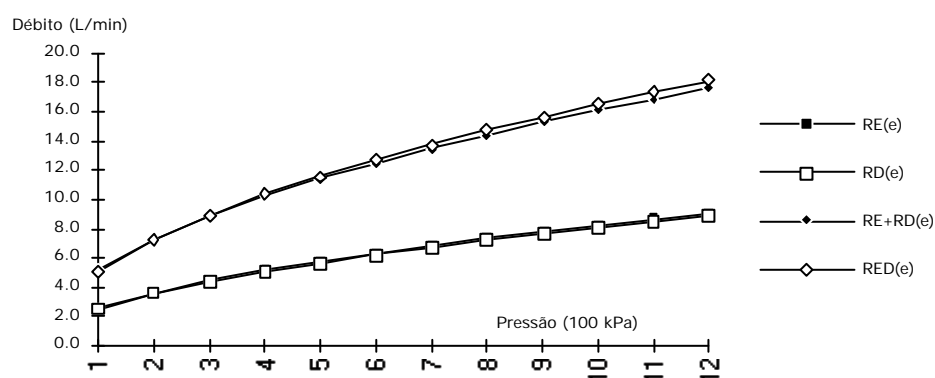


Figura 5.13- Débitos estimados para a versão original do pulverizador, sector esquerdo (RE), direito (RD), somatório dos dois (RE+RD) e total (RED) da rampa, utilizando bicos de 1,6 mm.

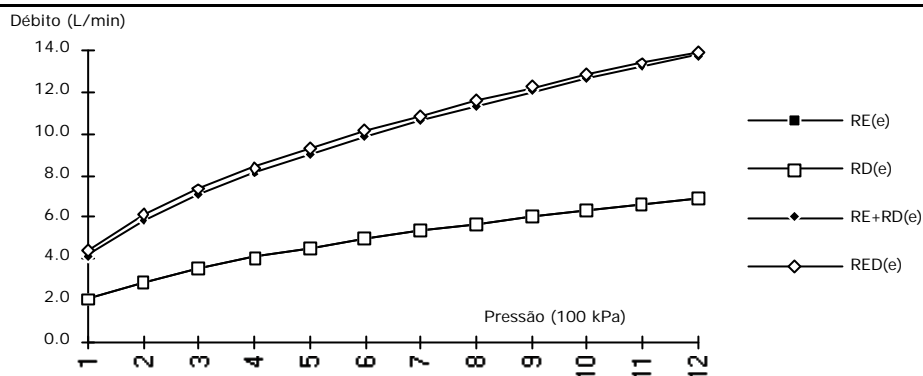


Figura 5.14- Débitos estimados para o sector esquerdo (RE), direito (RD), somatório dos dois (RE+RD) e total (RED) da rampa, utilizando bicos de 1 mm, para a versão alterada do pulverizador.

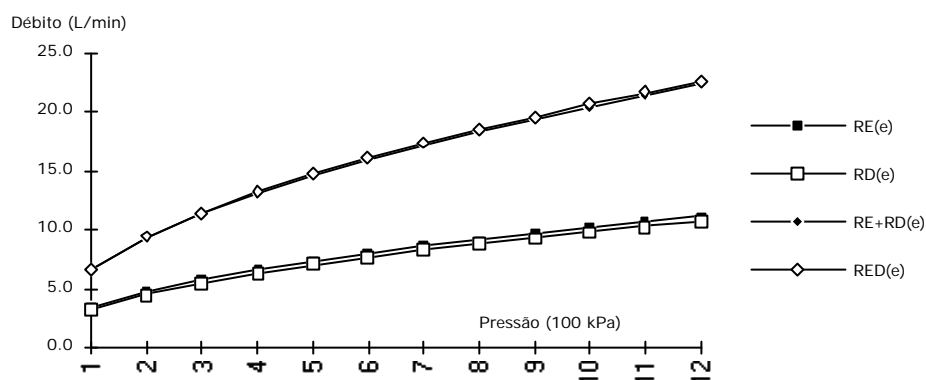


Figura 5.15- Débitos estimados para o sector esquerdo (RE), direito (RD), somatório dos dois (RE+RD) e total (RED) da rampa, utilizando bicos de 1,6 mm, para a versão alterada do pulverizador.

5.4.2.2.5- Cálculo dos débitos por hectare

Relativamente aos débitos calculados por hectare, a partir da equação 3.18, e para uma largura de patamar de 4 metros, tem-se:

Quadro 5.11- Débitos, em $L \cdot ha^{-1}$, para as duas versões do pulverizador.

VP	Vel. ($km \cdot h^{-1}$)	Pressão (kPa)	Bicos (mm)	Débito (Bico) ($L \cdot min^{-1}$)	Débitos (ha) ($L \cdot ha^{-1}$)	Débito (Bico) ($L \cdot ha^{-1}$)
VO	3,58	300	1	5,58	233,80	29,22
			1,6	8,96	375,42	46,93
VA	4,14	600	1	7,74	324,30	40,54
			1,6	12,4	519,55	64,94
	3,58	300	1	5,58	202,17	25,27
			1,6	8,96	324,64	40,58
VA	4,14	600	1	7,74	280,43	35,05
			1,6	12,4	449,28	56,16
	3,58	300	1	7,30	305,87	30,59
			1,6	11,53	483,10	48,31
	4,14	600	1	10,19	426,96	42,70
			1,6	15,99	669,97	67,00
4,14	300	1	7,30	264,49	26,45	
		1,6	11,53	417,75	41,78	
4,14	600	1	10,19	369,20	36,92	

	1,6	15,99	579,350	57,93
--	-----	-------	---------	-------

Dos valores apresentados no quadro 5.11 constata-se as seguintes variações no débito por hectare:

- quando se muda dos bicos de 1,0 para 1,6 mm, aumenta cerca de 60%;
- quando se aumenta a velocidade 3,58 para 4,14, a que corresponde um aumento de 16%, o débito diminui em igual percentagem;
- quando se passa da versão original para a versão alterada, aumenta cerca de 30 %;
- quando se aumenta a pressão de 300 para 600 kPa, aumentam cerca de 40%, nas duas versões.

5.5- Medições efectuadas no campo para comparação das duas versões do pulverizador

Para a realização dos ensaios comparativos das duas versões foram efectuados vários tratamentos em duas parcelas consistindo cada um deles de 4 trajectos de 30-35 m, separados de 2,5 a 3 m, sendo os dois primeiros efectuados num sentido, com uma pressão de 300 e 600 kPa e os outros dois em sentido contrário e com as mesmas pressões, o que permite a pulverização do mesmo bardo com o outro sector da rampa.

A separação dos quatro trajectos de cada ensaio resultou da necessidade de se alterar o nível dos factores entre cada um deles e também para se obterem condições de estabilidade no funcionamento dos equipamentos.

Assim, em cada patamar, para além do factor pressão e sectores da rampa considerou-se ainda um terceiro (dimensão dos bicos, castas, versões do pulverizador ou velocidade de deslocamento) o que permitiu ter, para cada um destes últimos, quatro grupos de valores; considerando-se todos os factores obtêm-se 64 tratamentos.

A substância activa do fungicida utilizado era o cobre, p.c. "Rhodax", (1,5 a 2 kg de p.c. por e hl de água), que, não obstante os dados do fabricante indicarem 20 % de sulfato de cobre, análises por nós efectuadas em laboratório, demonstraram a existência de apenas cerca de 9,5 % daquele elemento; a quantidade utilizada foi a indicada na embalagem, ou seja 2 kg de sulfato de cobre por 100 litros de água.

A escolha do cobre resultou deste elemento não acarretar qualquer problema para as plantas (Justes *et al.* 1990), por ser facilmente determinado no espectrofotómetro e por permitir estudar simultaneamente a eficiência biológica contra o míldio; a sua acção faz-se sentir também noutras doenças, nomeadamente o oídio (Champagnol, 1983).

5.5.1.- Factores escolhidos para comparação das duas versões

Para comparação dos resultados dos ensaios efectuados com as duas versões foram utilizados os seguintes factores:

- quantidade de calda depositada na planta;
- perdas de calda por escorrimento;

- eficiência biológica.

5.5.1.1- Quantidade de calda depositada na planta

A metodologia seguida nestas determinações baseou-se na recolha de cerca de 80 folhas em cada uma das seis partes em que se "dividiu" a planta, sendo uma superfície limitada daquelas lavada com 20 ml de uma mistura de água destilada e ácido clorídrico a 1 % para tornar o cobre mais solúvel. A lavagem foi feita pressionando, com a palma da mão, a página superior das folhas, sensivelmente a meio, contra a boca dos contentores de 50 ml, cuja área é de 8,70 cm², e agitando cerca de 20 vezes. Esta operação foi efectuada apenas na página superior, pois na inferior, devido às nervuras é difícil manter a estanqueidade do contentor.

A quantidade do cobre removida das folhas de cada uma das zonas, foi determinada com o espectrofotómetro de absorção atómica, que dá os resultados em mg de cobre por litro (ppm), sendo estes valores convertidos para o volume utilizado na lavagem (20 ml), e depois para o cm². Os valores obtidos directamente do espectrofotómetro são assim divididos por 0,435 (50 * 8,70 / 1000) para serem convertidos em µg.cm⁻².

A determinação do cobre foi também feita em folhas recolhidas antes de se efectuarem as pulverizações, por forma a saber se este elemento se encontrava presente. Esta hipótese era pouco provável pois o número de patamares disponíveis era suficientemente grande, o que permitia a realização de pulverizações, utilizando cobre, muito espaçadas no tempo; os tratamentos intermédios foram efectuados com produtos que não continham aquele elemento.

5.5.1.2- Perdas de calda por escurrimto

A quantidade de calda aplicada por hectare deve permitir, para além do controlo satisfatório das pragas e doenças, que não se verifiquem perdas quer por deriva quer por escurrimto. Relativamente às perdas por deriva não foram efectuadas quaisquer medições, pois não dispomos de equipamento para o fazer, mas, para a determinação dos escurrimto, foram colocados no solo e no alinhamento do plano médio da vegetação, vários recipientes, com uma área de 394 cm², que permitiram recolher as perdas para o solo provenientes do escurrimto das folhas e as resultantes do transporte directo pelos fluxos de ar.

5.5.1.3- Eficiência biológica

Considerando-se que existe uma relação entre a quantidade de pesticida depositada nas plantas e o grau de infecção destas, embora haja outros factores, tais como a taxa de cobertura, que podem influenciar esta relação (Western *et al.* 1985), a utilização de diferentes equipamentos conduzirá a resultados distintos. Assim a determinação do volume de calda a aplicar dependerá do equipamento, não sendo, no entanto, igual para todos os produtos pois existem interacções complexas entre os tipo de substância activa utilizada, nomeadamente a sua volatilização, difusão ou remoção e a cultura (Dempsey 1985).

A determinação da eficiência biológica foi avaliada nos dias imediatos aos tratamentos, pela percentagem das folhas atacadas por míldio, nas diferentes zonas em que se considerou a planta dividida.

5.5.2- Estudo comparativos das duas versões.

O estudo comparativo das duas versões foi feita considerando os seguintes aspectos:

- pressão do circuito da calda;
- dimensão dos bicos;
- castas;
- versões do pulverizador;
- sectores da rampa;
- velocidade de deslocamento;

Todos estes factores apresentam dois níveis que, para efeito de estudo estatístico, se designaram por 0 e 1.

5.5.2.1- Pressões de funcionamento

As pressões de funcionamento (BR) utilizadas nestes ensaios foram de 300 e 600 kPa, pois, segundo dados do construtor e para este tipo de bicos, para obter uma boa pulverização, deve-se trabalhar com pressões compreendidas entre os 250 e 2500 kPa.

A utilização de pressões muito baixas, para além de serem difíceis de se medirem, apresentam alguns inconvenientes, nomeadamente uma maior heterogeneidade do espectro da pulverização (Combella, 1984), uma diminuição do ângulo do jacto (Kepner *et al.* 1978) e as perdas de carga que eventualmente se verifiquem nos diferentes bicos têm uma importância relativa muito acentuada.

5.5.2.2- Bicos

Os bicos (BC) utilizados nos ensaios de campo foram os anteriormente caracterizados, ou seja bicos com câmara de turbulência com pastilhas de 1,0 e 1,6 mm de diâmetro.

5.5.2.3- Castas

A utilização das duas castas (CS) já mencionadas permite conhecer a influência da sua morfologia na captura das gotas, o que implicará, caso isto se verifique, que se utilizem diferentes concentrações de substância activa por forma a evitarem-se problemas de fitotoxicidade.

5.5.2.4- Versões do pulverizador

As versões do pulverizador (VP) são, o principal factor do presente estudo que tem como objectivo quantificar as diferenças dos parâmetros comparativos resultantes da utilização de uma ou outra versão.

5.5.2.5- Sectores da rampa

A inclusão dos sectores da rampa (RM), mesmo depois de nos ensaios em estação se ter obtido uma simetria quase total do débito dos dois sectores, prende-se com as variações verificadas ao nível do circuito do ar, que poderão conduzir a diferenças no transporte e deposição das gotas.

5.5.2.6- Velocidades de avanço

As velocidades de avanço escolhidas foram os 3,58 e 4,14 km/h correspondentes à 5ª e 6ª relações de transmissão, pois são as permitem obter a maior velocidade de translação, sem pôr em causa a condução do tractor e reduzir as oscilações dos sectores terminais dos suportes das condutas, por forma a não tocarem nos bardos.

5.5.3- Análise estatística

Para se efectuar a análise estatística da quantidade de cobre medida nas diferentes zonas das plantas começou por fazer-se a média dos diferentes tratamentos, o que permite reduzir o número de medições de 15536 para 768, pois, em cada tratamento, foram efectuadas 20 repetições.

A análise estatística dos tratamentos consistiu na análise de variância, o que permitiu conhecer o valor médio de cobre depositado em cada uma das zonas da planta em função dos diferentes factores e interacções com as versões do pulverizador.

As médias permitem igualmente conhecer a tendência de variação na deposição do cobre para os diferentes níveis dos factores e a análise de variância a sua significância. Esta é dada pela determinação das relações da variação entre as várias amostras e a variação dentro destas (F) e pela probabilidade ou nível de significância da ocorrência (P).

Nesta análise foram determinados também os coeficientes de variação (CV) dos depósitos de cobre, que são dados pela relação entre o desvio padrão e a média, e que indicam a uniformidade de distribuição na planta. Estes coeficientes serão utilizados para comparar os sistemas de aplicação pois, quanto menores forem maior é a regularidade da distribuição e portanto a eficácia dos tratamentos (Cooke *et al.*, 1983).

Para além da análise e determinações relativas às diferentes zonas, aquelas também foram efectuadas considerando as zonas agrupadas segundo as faces, níveis e bardos. O conhecimento da distribuição da calda para estas situações é importante quando se aplicam pesticidas cuja acção se

faz por sistemias ou pela libertação de vapores, pois o pesticida depositado num dado local pode fazer sentir os seus efeitos nas zonas vizinhas.

A análise de variância foi efectuada com níveis de confiança de 95 %.

5.6- Medições efectuadas para caracterização da pulverização da versão alterada

Para se proceder a um estudo mais pormenorizado da versão alterada, foram efectuados vários ensaios numa parcela com a casta Tinta Barroca, com características semelhantes às das castas anteriores.

Para realização destes ensaios foram escolhidos quatro patamares da periferia da parcela e na parte mais baixa da encosta, por forma a minimizarem-se os efeitos dos tratamentos dos patamares anexos, especialmente os resultantes do arrastamento da calda pelo vento.

Relativamente aos tratamentos estes foram efectuados tendo em consideração os intervalos indicados nas embalagens dos pesticidas e as indicações das estações de aviso da região.

O fungicida utilizado foi um anti-oidio cuja substância activa é o dinocape p.c. "Dinothane" (50 ml de p.c. por 1 hl de água). Este fungicida, segundo indicações do fabricante, tem principalmente uma acção curativa, o que implica um contacto directo com o fungo, embora apresente também uma acção preventiva, durante oito a dez dias após o tratamento, pela libertação de vapores. Esmeraldo *et al.* (1989) referem que o dinocape e o enxofre foram, até há uns anos atrás, as únicas substâncias activas empregues contra o oídio.

A utilização de um fungicida que actua principalmente por contacto permite maximizar a importância do desempenho do equipamento, pois o controlo da doença, com este tipo de produtos, é bastante mais difícil do que com os fungicidas sistémicos. A escolha do oídio deveu-se ao insucesso verificado no ano anterior com o mildio em que as condições meteorológicas não permitiram o seu desenvolvimento.

5.6.1- Caracterização da pulverização

Para apreciação da pulverização resultante da utilização da versão alterada consideraram-se os seguintes aspectos:

- taxa de cobertura das diferentes partes das plantas;
- perdas por escorrimento para o solo.
- controlo biológico do oídio;

5.6.1.1- Taxa de cobertura das diferentes partes das plantas

Dos vários métodos disponíveis para determinação da taxa de cobertura das plantas utilizámos o que se baseia nas faixas de papel hidrosensível. Este método consiste basicamente na colocação das faixas de papel nas plantas a tratar pois, quando em contacto com a água mudam de

cor, permitindo assim conhecer a percentagem de área pulverizada; estas faixas, cuja dimensão é de 75 x 50 mm, são amarelas passando a azul nas zonas de contacto com as gotas.

Este papel é pouco sensível ao espalhamento das gotículas (Sevilla, 1986), havendo, no entanto, alguns autores que consideram que a sua utilização embora permita quantificar o grau de cobertura das plantas os resultados são mais rigorosos, quando se utilizam substâncias fluorescentes misturadas com a calda. No nosso caso este método implicaria a utilização de câmaras escuras para guardar as amostras, pois o local de ensaios encontra-se bastante afastado dos laboratórios onde se poderiam realizar as medições.

Assim, para se efectuarem estas determinações agrafaram-se as faixas de papel nas folhas obedecendo a sua distribuição ao mesmo esquema utilizado na determinação do cobre. Para cada um dos ensaios e repetições foram colocados três conjuntos de faixas em cada uma das seis zonas das plantas que, depois de secas, eram recolhidas e identificadas conforme a sua localização.

A determinação da percentagem da área com coloração azul, resultante do impacto das gotas, foi determinada utilizando o sistema de análise de imagem anteriormente apresentado, tendo-se efectuado previamente três "filtragens" para realçar as zonas de impacto directo, diferenciando-as assim da coroa circular resultante da difusão do líquido no papel; estas coroas ficavam com a mesma coloração das zonas não atingidas não sendo incluídas na imagem cuja área se media.

As imagens assim obtidas eram gravadas em registo magnético sendo depois utilizadas no programa de análise de imagem propriamente dito que dá directamente a percentagem de área a azul relativamente à área do papel.

A não determinação da dimensão das gotas utilizando esta técnica prendeu-se com a sua pouca fiabilidade e grande morosidade, pois, devido à sobreposição das gotas no papel hidrosensível, é muito difícil a sua individualização. Saunders e Tate (1985) referem que com esta metodologia não é possível efectuar mais que três-quatro medições por dia.

5.6.1.2- Determinação dos escorrimentos

Não tendo os ensaios do ano anterior (1990), utilizando recipientes, dado escorrimentos de calda para o solo que permitissem a sua quantificação, decidiu-se utilizar a mesma técnica empregue na determinação da taxa de cobertura das plantas.

Assim, colocaram-se transversalmente aos bardos, suportes de madeira em que se colaram as faixas de papel procedendo-se depois à determinação das taxas de cobertura.

A posição das faixas de papel nos suportes corresponde à intercepção dos planos das faces dos bardos e do seu plano médio com aqueles suportes; estas intercepções são definidas em cada um dos bardos, AB e CD, como interiores (I), médias (M) e exteriores (E), conforme a sua posição relativamente à entre-linha.

5.6.1.3- O controlo biológico

O controlo biológico da doença foi feita considerando as normas da European and Mediterranean Plant Protection Organization (1976), relativas à *Uncinula necator* (oídio) quer no que respeita às folhas quer aos cachos.

5.6.2- Factores utilizados na caracterização da pulverização

A aplicação de volumes relativamente baixos de calda por hectare na Região Demarcada do Douro é particularmente importante pois verificam-se condições de escassez e dificuldade de acesso aos pontos de abastecimento de água. A aplicação de altos volumes permite, no entanto, uma maior uniformidade dos depósitos, ou seja, uma melhor qualidade da pulverização, e menor variação das quantidades aplicadas, embora, devido às escorrências, a quantidade de substância activa possa ser menor (Val, 1988).

Assim, considerando as condições do meio e a uniformidade esperada com a versão alterada, que nos permite pensar numa redução significativa do volume a aplicar por unidade de superfície, decidiu-se que apenas os bicos de menor débito deveriam ser utilizados, pelo que se ensaiaram só os de 1,0 mm.

Os bicos de menor débito permitem também assegurar uma pulverização mais intensa da calda, o que é importante para se obter uma maior uniformidade de cobertura e melhor penetração no interior da planta (Bryant, 1985), embora requeiram cuidados especiais, fundamentalmente os débitos de ar, para que não se verifiquem perdas por deriva.

Relativamente às variáveis testadas apenas se consideram a pressão e velocidade, pois, para além dos bicos, foram os que revelaram maior importância e permitem obter volumes compreendidos entre os 250 e os 450 L.ha⁻¹, o que está de acordo com os débitos aconselhados para este tipo de equipamento, quadro 3.2.

A escolha das pressões e velocidades devem permitir obter os débitos desejados, tendo-se, no entanto, em consideração, que:

- o aumento de pressão, embora conduza a um acréscimo dos débitos, diminui o DVM das gotas aumentando a proporção das mais pequenas o que permite uma maior retenção pelas plantas e maior penetração no interior da copa à medida que o IAF aumenta (Western *et al.*1985). Caso o aumento da velocidade das gotas seja muito grande a retenção pode ser prejudicada pois estas podem ser arrastadas pelas correntes de ar ou fragmentarem-se no momento do impacto;

- a velocidade, com pulverizadores de jacto transportado, não deve ultrapassar 4 km.h⁻¹ (Pons, 1989), para que a uniformidade da deposição da calda não seja afectada. A utilização de velocidades relativamente baixas é necessária no nosso caso, pois, de outra forma, a estrutura de suporte dos bicos exteriores oscila muito o que afecta negativamente a distribuição da calda.

Aplicações de menores volumes, para além de apresentarem maior dificuldade de aplicação e riscos de deriva, conduzem, como o demonstraram os ensaios efectuados por Herrington *et al.*

(1984), a uma diminuição da taxa de cobertura. Este autor obteve diminuições desta taxa de quatro vezes, como resultado da redução de volumes de 500 L.ha^{-1} para 50 L.ha^{-1} .

Richey *et al.* (1961) referem também que a aplicação de volumes muito baixos, em que a calda está muito concentrada, implicam regulações muito precisas, caso contrário torna-se muito difícil distribuí-la uniformemente; este autor considera mesmo que se podem provocar grandes perdas de calda e ou estragos nas plantas.

5.6.3- Análise estatística

A análise estatística das taxas de cobertura das plantas e solo foram efectuadas seguindo-se a mesma metodologia dos ensaios comparativos das versões.

Relativamente ao número de medições efectuadas no campo (864) estas foram agrupados em 72 valores médios, pois o número de repetições em cada tratamento foi de 12. A análise de variância da taxa de cobertura foi efectuada considerando os volumes aplicados nos patamares, sendo possível, no entanto, conhecer a importância dos factores utilizados.

Capítulo 6

Resultados e discussão

Neste capítulo serão apresentados, analisados e discutidos os resultados relativos aos ensaios comparativos das duas versões do pulverizador e os efectuados com a versão alterada.

Atendendo aos objectivos em vista as determinações foram efectuados em condições semelhantes, pois estas, como foi referido no capítulo 1, têm uma grande importância nos resultados dos tratamentos. Foram também utilizados sempre os mesmos pesticidas para que, tanto na comparação das versões como no estudo da versão alterada, este factor não influenciasse os resultados.

6.1- Resultados dos ensaios de campo para comparação das versões

Dos resultados dos ensaios para comparação das duas versões do pulverizador apenas os relativos à deposição da calda nas plantas, medições quantitativas, são apresentados.

As perdas por escorrimento foram para a maioria das situações muito baixas pois o tempo decorrido entre a pulverização e a medição permitia a secagem das gotículas recolhidas nos tabuleiros; constatou-se, contudo, que as perdas, embora reduzidas, eram superiores na versão original pois a concentração de calda na extremidade das folhas era mais frequente com esta versão.

Relativamente ao número de folhas infectadas este foi praticamente nulo pois as condições do meio não foram favoráveis ao desenvolvimento da doença (míldio), como se pode comprovar em todas as parcelas da exploração.

A quantidade de calda depositada e sua uniformidade de distribuição na planta, são dois aspectos fundamentais a considerar em qualquer tratamento, pois só assim se pode atingir todas as zonas da planta e calcular com rigor os volumes a utilizar para cada situação; a versão do pulverizador que se aproxime mais destes objectivos será a melhor.

Para além da maior probabilidade de eficácia dos tratamentos a uniformidade da distribuição da calda, quer em altura quer em profundidade, permite reduzir substancialmente o volume normalmente aplicado, sem perda da eficácia. Quando a distribuição é irregular, para se aplicarem quantidades suficientes em determinadas zonas da planta, depositam-se volumes superiores aos necessários noutras.

Os resultados obtidos com a análise de variância, relativos à comparação das versões, encontram-se no anexo 2, quadro A2.1 a A2.48.

A média das quantidades de cobre depositadas, os valores de F, P e CV relativamente aos factores considerados para as zonas, faces, níveis e bardos são apresentados nos pontos seguintes.

6.1.1- A pressão

A quantidade média de cobre relativamente à pressão (BR) de 300 e 600 kPa para as diferentes zonas das plantas são as seguintes:

Quadro 6.1- Quantidade média de cobre, em $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, depositada nas diferentes zonas, resultantes da variação da pressão e sua interacção com as versões do pulverizador

VP	BR	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3
-	300	2,81	2,42	2,53	7,64	7,84	3,42	7,74	6,78	3,59	2,80	2,48	2,76
	600	3,58	3,08	3,53	9,83	9,70	4,52	9,91	9,24	4,71	3,79	3,00	3,62
	300	0,78	1,04	0,81	8,59	9,78	5,29	8,66	8,42	5,63	0,82	0,91	0,88
VO	600	0,98	1,22	1,17	11,14	11,80	6,96	11,48	10,93	7,02	1,03	1,16	1,15
	300	4,85	3,80	4,24	6,70	5,90	1,54	6,82	5,15	1,54	4,78	4,04	4,63
VA	600	6,19	4,93	5,90	8,53	7,60	2,08	8,35	7,55	2,40	6,55	4,84	6,07

Representando graficamente estes valores tem-se:

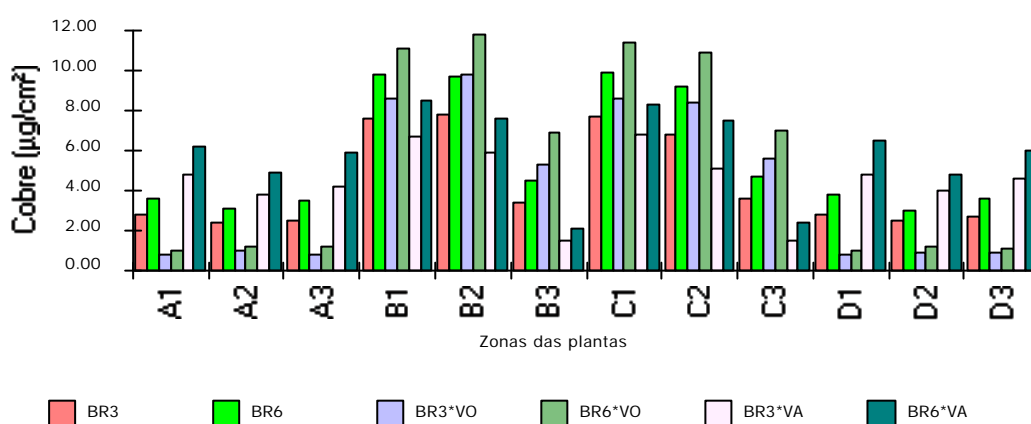


Figura 6.1- Quantidade média de cobre, em $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, depositada nas diferentes zonas, resultantes da variação da pressão e sua interacção com as versões do pulverizador

Considerando os valores de F e P para este factor e sua interacção com as versões do pulverizador tem-se:

Quadro 6.2- Valores de F e P relativos à quantidade de cobre depositada nas diferentes zonas de amostragem das plantas para o factor pressão e sua interacção com as versões do pulverizador

F / P	Fact.	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3
F	BR	14,05	2,609	13,11	19,10	10,60	8,254	12,20	24,90	5,54	14,45	2,874	13,97
	BR*VP	7,736	1,384	5,550	0,519	0,073	2,132	1,067	0,012	0,315	8,857	0,808	6,476
P	BR	0,000	0,112	0,000	0,000	0,002	0,005	0,001	0,000	0,022	0,000	0,096	0,000
	BR*VP	0,007	0,244	0,022	0,482	0,791	0,150	0,306	0,912	0,583	0,004	0,382	0,013

Como se pode observar no quadro 6.2 a diferença entre os valores de cobre resultantes da variação da pressão são, excepto nas zonas A2 e D2, significativamente diferentes; para a interacção das pressões com as versões do pulverizador as diferenças apenas são significativas nas zonas A1, A3, D1 e D3, em que se faz sentir a influência das condutas exteriores da versão alterada. É de realçar a importância das zonas A1 e D1 pois é nestas que se encontram a maioria dos cachos, e portanto onde os ataques têm maior impacto económico.

Relativamente à uniformidade dos depósitos de cobre nas diferentes zonas têm-se os seguintes valores médios, desvios padrão e coeficientes de variação:

Quadro 6.3- Valor médio de cobre e seu desvio padrão, em $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, e coeficiente de variação, em %, para o conjunto das zonas considerando as pressões e sua interacção com as versões do pulverizador

VP	BR	Méd.	S	CV
–	300	4,40	2,23	51
	600	5,71	2,84	50
VO	300	4,30	3,62	84
	600	5,50	4,62	84
VA	300	4,50	1,61	36
	600	5,92	2,00	34

Como se pode observar no quadro 6.3 a variação da pressão, dentro dos limites utilizados, não altera a uniformidade da distribuição entre as diferentes zonas. Para as interacções com as versões dos pulverizadores verificam-se situações muito diferentes sendo a uniformidade bastante maior com a versão alterada.

Para os valores de cobre agrupados segundo as faces tem-se:

Quadro 6.4- Quantidade de cobre depositada em cada face do bardo, em $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, considerando a pressão e sua interacção com as versões do pulverizador

VP	BR	FA	FB	FC	FD
–	300	2,59	6,30	6,04	2,68
	600	3,40	8,02	7,95	3,47
VO	300	0,88	7,89	7,57	0,87
	600	1,12	9,97	9,81	1,12
VA	300	4,29	4,71	4,50	4,48
	600	5,67	6,07	6,10	5,82

Representando graficamente estes valores tem-se:

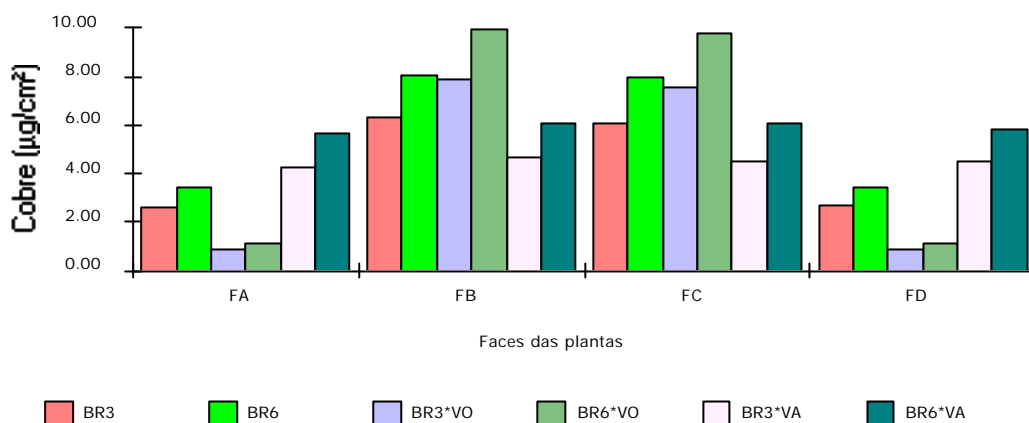


Figura 6.2- Quantidade de cobre depositada nas faces dos bardos, em $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, considerando a pressão e sua interacção com as versões do pulverizador.

Para os valores de F e P tem-se:

Quadro 6.5- Valores de F e P relativos à quantidade de cobre depositada nas faces das plantas para o factor pressão e sua interacção com as versões do pulverizador

F / P	Fact.	FA	FB	FC	FD
F	BR	12,995	29,442	34,665	15,043
	BR*VP	6,376	1,282	0,975	7,163
P	BR	0,0007	0,0000	0,0000	0,0003
	BR*VP	0,0147	0,2628	0,3384	0,0099

A variação de pressão de 300 para 600 kPa, permite rejeitar com segurança a hipótese nula, mas quando se consideram a interacção com as versões do pulverizador os valores das faces interiores não são significativamente diferentes, sendo-o, no entanto, os das faces exteriores.

Para a uniformidade da distribuição do cobre nas diferentes faces dos bardos tem-se os seguintes valores médios, desvios padrão e coeficientes de variação:

Quadro 6.6- Valor médio de cobre e seu desvio padrão, em $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, e coeficiente de variação, em %, para o conjunto das faces, para o factor pressão e interacção com as versões do pulverizador.

VP	BR	Méd.	S	CV
-	3	4,40	1,80	40
	6	5,71	2,30	40
VO	3	4,30	3,40	80
	6	5,50	4,40	80
VA	3	4,50	0,10	3
	3	5,92	0,20	3

Os coeficientes de variação da deposição do cobre para o factor pressão não são significativamente diferentes, mas quando se comparam os valores em cada uma das versões verifica-se uma maior uniformidade na interacção com a versão alterada.

Para os diferentes níveis dos bardos os valores são os seguintes:

Quadro 6.7- Quantidade média de cobre depositada nos diferentes níveis dos bardos, em $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ considerando o factor pressão e sua interacção com as versões do pulverizador

VP	BR	AB1	AB2	AB3	CD1	CD2	CD3
-	300	5,23	5,13	2,97	5,27	4,63	3,17
	600	6,71	6,39	4,03	6,85	6,12	4,16
VO	300	4,68	5,41	3,05	4,74	4,66	3,26
	600	6,06	6,51	4,06	6,26	6,04	4,09
VA	300	5,77	4,85	2,89	5,80	4,59	3,09
	600	7,36	6,27	3,99	7,45	6,20	4,24

Representando graficamente estes valores tem-se:

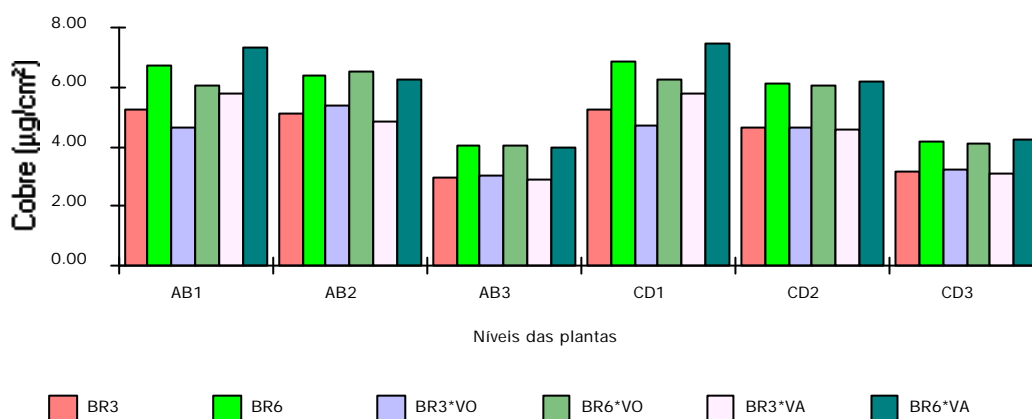


Figura 6.3- Quantidade média de cobre depositada nos diferentes níveis dos bardos, em $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ considerando o factor pressão e sua interacção com as versões do pulverizador

Os valores de F e P para esta situação são os seguintes:

Quadro 6.8- Valores de F e P relativos à quantidade de cobre depositada nos diferentes níveis das plantas para o factor pressão e sua interacção com a versões do pulverizador

F / P	Fact.	AB1	AB2	AB3	CD1	CD2	CD3
F	BR	25,128	10,364	17,403	18,675	19,914	12,225
	BR*VP	0,126	0,171	0,034	0,033	0,112	0,315
P	BR	0,0000	0,0022	0,0001	0,0001	0,0000	0,0010
	BR*VP	0,7276	0,6857	0,8558	0,8589	0,7433	0,5830

A pressão conduz a diferenças significativas na deposição do cobre mas quando considerada com as versões do pulverizador os valores não são significativamente diferentes, pelo que não se verificaram diferenças importantes resultantes da utilização de uma ou outra versão.

Considerando os depósitos de cobre nas diferentes faces têm-se os seguintes valores médios, desvio padrão e coeficiente de variação:

Quadro 6.9- Valor médio de cobre e seu desvio padrão, em $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, e coeficiente de variação, em %, para os diferentes níveis e para o factor pressão e sua interacção com as versões do pulverizador

VP	BR	Méd.	S	CV
-	300	4,40	1,00	22
	600	5,71	1,20	20
VO	300	4,30	0,90	20
	600	5,50	1,00	19
VA	300	4,50	1,20	26
	600	5,92	1,40	23

A uniformidade da distribuição para os três níveis, fazendo variar a pressão e para a interacção com as versões do pulverizador, é praticamente igual.

Quando se consideram os dois bardos os valores são os seguintes:

Quadro 6.10- Quantidade média de cobre depositada nos dois bardos, em $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, considerando o factor pressão e sua interacção com as versões do pulverizador

VP	BR	AB	CD
-	300	4,44	4,36
	600	5,71	5,71
VO	300	4,38	4,22
	600	5,54	5,46
VA	300	4,50	4,49
	600	5,87	5,96

Representando graficamente estes valores tem-se:

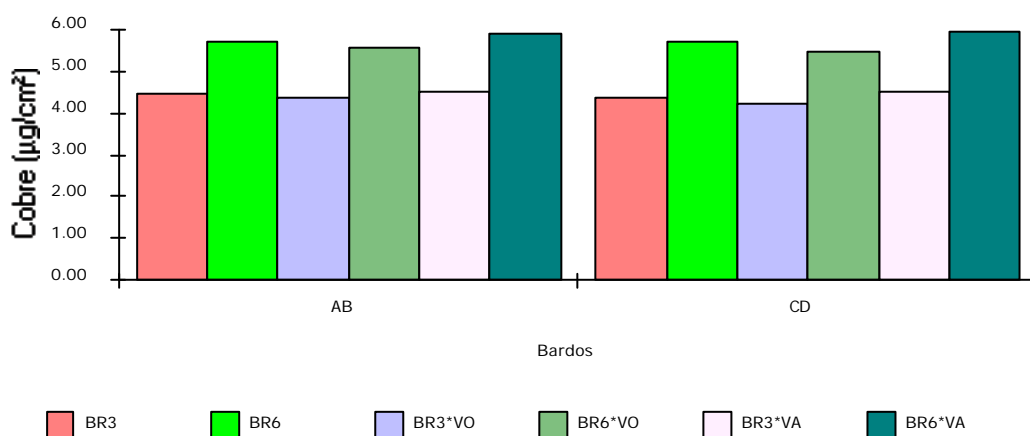


Figura 6.4- Quantidade média de cobre depositada nos dois bardos, em $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, considerando o factor pressão e sua interacção com as versões do pulverizador.

Os valores de F e P para os dois bardos são os seguintes:

Quadro 6.11- Valores de F e P relativos à quantidade de cobre depositada nos bardos para o factor pressão e sua interacção com as versões do pulverizador

F / P	Fact.	AB	CD
F	BR	28,751	32,871
	BR*VP	0,196	0,226
P	BR	0,0000	0,0000
	BR*VP	0,6645	0,6415

Para as pulverizações ao nível do bardo a variação da pressão conduz a valores de cobre significativamente diferentes; isto não se verifica quando se considera a interacção com as versões do pulverizador.

Para os valores de cobre nos bardos têm-se os seguintes valores médios, desvio padrão e coeficiente de variação:

Quadro 6.12- Valor médio de cobre e seu desvio padrão, em $\mu\text{g.cm}^{-2}$, e coeficiente de variação, em %, para os bardos considerando o factor pressão e sua interacção com as versões do pulverizador

VP	BR	Méd.	S	CV
-	300	4,40	0,04	0,9
	600	5,71	0,00	0,0
VO	300	4,30	0,08	1,9
	600	5,50	0,04	0,7
VA	300	4,50	0,01	0,1
	600	5,92	0,00	0,8

Ao nível do bardo não existem diferenças na distribuição da calda.

6.1.2- Os bicos

Os valores de cobre obtidos nas várias zonas com os bicos (BC) são:

Quadro 6.13- Quantidade média de cobre, em $\mu\text{g.cm}^{-2}$, depositada nas diferentes zonas, resultantes da utilização de diferentes bicos e sua interacção com as versões do pulverizador.

VP	BC	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3
-	10	2,38	1,97	2,19	7,22	7,37	3,28	7,75	6,69	3,35	2,46	1,93	2,22
	16	4,01	3,52	3,87	10,25	10,17	4,65	9,90	9,34	4,94	4,13	3,55	4,15
VO	10	0,62	0,83	0,66	8,10	9,24	5,38	8,15	8,06	5,28	0,75	0,86	0,76
	16	1,14	1,43	1,32	11,63	12,34	6,88	11,99	11,29	7,37	1,11	1,21	1,27
VA	10	4,15	3,12	3,72	6,35	5,50	1,19	7,36	5,31	1,42	4,18	3,00	3,68
	16	6,88	5,61	6,42	8,88	7,80	2,43	7,81	7,39	2,52	7,16	5,88	7,03

Representando graficamente estes valores tem-se:

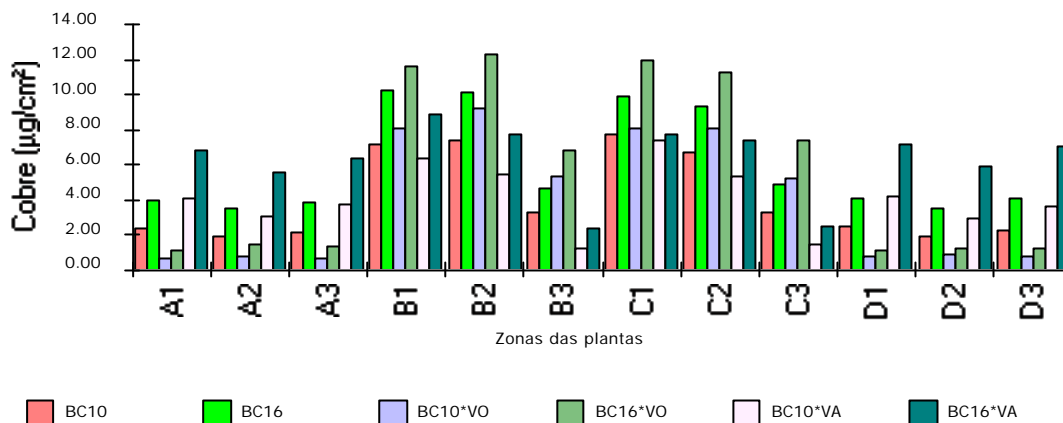


Figura 6.5- Quantidade média de cobre, em $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, depositada nas diferentes zonas, resultantes da utilização dos diferentes bicos e sua interacção com as versões do pulverizador.

Relativamente aos valores de F e P para o cobre depositado nas zonas tem-se:

Quadro 6.14- Valores de F e P relativos à quantidade de cobre depositada nas diferentes zonas das plantas, fazendo variar os bicos e da sua interacção com as versões do pulverizador

F / P	Fact.	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3
F	BC	61,59	2,60	36,38	16,77	23,50	12,06	12,26	28,61	11,56	40,06	25,80	70,19
	BC*VP	28,22	4,93	13,76	1,00	0,200	0,10	6,777	1,354	1,092	24,30	15,22	39,00
P	BC	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000
	BC*VP	0,000	0,030	0,000	0,321	0,661	0,747	0,012	0,249	0,300	0,000	0,000	0,000

Quando se consideram apenas os bicos as diferenças dos valores de cobre obtidas são significativas, mas comparando essas diferenças entre as duas versões do pulverizador elas apenas são significativas para as zonas das faces exteriores.

Para os valores médios, desvio padrão e coeficiente de variação tem-se:

Quadro 6.15- Valor médio e seu desvio padrão, em $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, e coeficiente de variação, em %, para as diferentes zonas das plantas, para o factor bicos e sua interacção com as versões do pulverizador

VP	BC	Méd.	S	CV
-	10	4,07	2,30	57
	16	6,04	2,77	46
VO	10	4,06	3,48	86
	16	5,75	4,77	83
VA	10	4,08	1,76	43
	16	6,32	1,91	30

Embora a diferença dos coeficientes de variação dos depósitos seja pequena quando se considera a versão original ela já é acentuada para a média das pressões e interacção com a versão alterada.

Considerando os dados agrupados por forma a conhecermos a distribuição da calda nas diferentes faces dos bardos, tem-se:

Quadro 6.16- Quantidade de cobre, em $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, depositada nas faces dos bardos em função do factor bicos e sua interacção com as versões do pulverizador

VP	BC	FA	FB	FC	FD
-	10	2,18	5,96	5,93	2,20
	16	3,80	8,36	8,05	3,94
VO	10	0,70	7,57	7,16	0,79
	16	1,30	10,28	10,22	1,20
VA	10	3,66	4,35	4,69	3,62
	16	6,31	6,44	5,90	6,69

Representando graficamente estes valores tem-se:

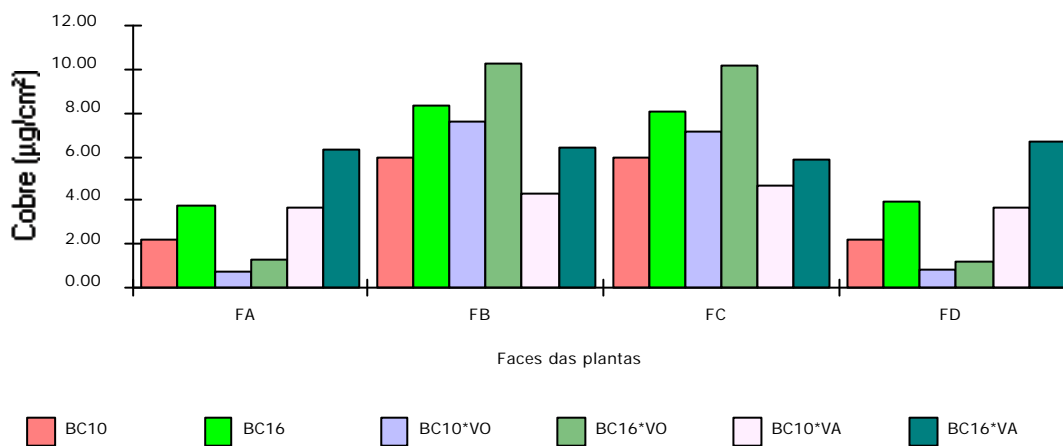


Figura 6.6- Quantidade média de cobre, em $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, depositada nas faces dos bardos em função do factor bicos e sua interacção com as versões do pulverizador

Os valores de F e P para esta situação são os seguintes:

Quadro 6.17- Valores de F e P relativos à quantidade de cobre depositada nas faces dos bardos considerando o factor bicos e sua interacção com as versões do pulverizador

F / P	Fact.	FA	FB	FC	FD
F	BC	50,659	55,960	43,342	70,684
	BC*VP	20,091	0,864	7,582	41,158
P	BC	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	BC*VP	0,0000	0,3667	0,0081	0,0000

A mudança de bicos com pastilhas de 1,0 para 1,6 mm, implica variações significativas na quantidade de cobre depositado nas faces das plantas, mas quando se considera a interacção com as versões do pulverizador as diferenças apenas são significativas nas faces exteriores dos bardos e na face interior do bardo exterior. Considerando os diferentes valores de F é de admitir que os depósitos nesta face não sejam significativamente diferentes.

Relativamente aos valores médios, desvio padrão e coeficiente de variação tem-se:

Quadro 6.18- Valor médio de cobre e seu desvio padrão, em $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, e coeficiente de variação, em %, para o factor bicos e sua interacção com as versões do pulverizador

VP	BC	Méd.	S	CV
-	10	4,07	1,9	46
	16	6,04	2,2	36
VO	10	4,06	3,3	82
	16	5,75	4,5	78
VA	10	4,08	0,5	11
	16	6,34	0,3	4,5

A comparação dos dois tipos de bicos, isoladamente ou em cada uma das versões, indicam uma maior uniformidade nos bicos de maior débito. Quando se comparam a interacção dos bicos com as versões do pulverizador verifica-se uma grande heterogeneidade dos valores com a versão original relativamente aos da versão alterada.

Para os diferentes níveis têm-se os seguintes valores:

Quadro 6.19- Quantidade média de cobre, em $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, depositada nos diferentes níveis para o factor bicos e sua interacção com as versões do pulverizador

VP	BC	AB1	AB2	AB3	CD1	CD2	CD3
-	10	4,80	4,67	2,73	5,11	4,31	2,79
	16	7,13	6,84	4,26	7,01	6,44	4,55
VO	10	4,36	5,04	3,02	4,50	4,46	3,02
	16	6,38	6,88	4,10	6,55	6,25	4,32
VA	10	5,24	4,31	2,45	5,77	4,16	2,55
	16	7,88	6,80	4,43	7,48	6,64	4,77

Representando graficamente estes valores tem-se:

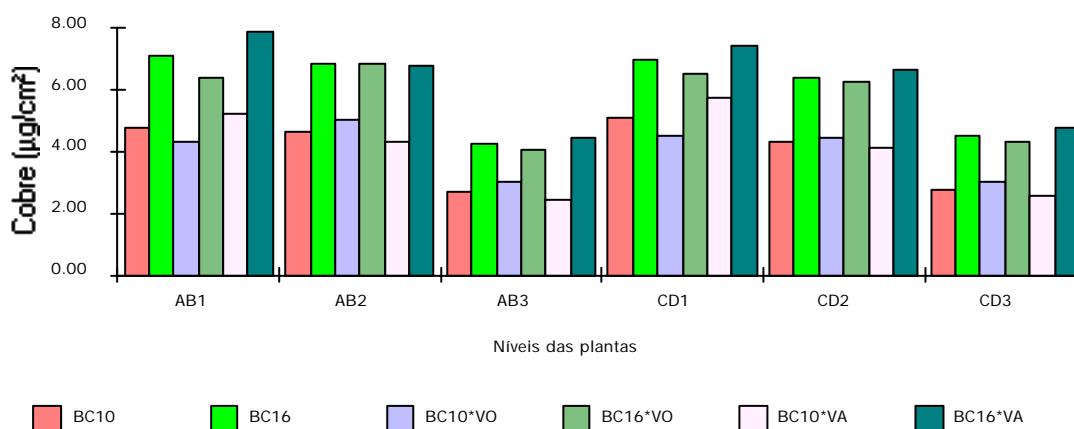


Figura 6.7- Quantidade média de cobre, em $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, depositada nos diferentes níveis para o factor bicos e sua interacção com as versões do pulverizador

Os valores de F e P são os seguintes:

Quadro 6.20- Valores de F e P relativos à quantidade de cobre depositada nos diferentes níveis das plantas considerando o factor bicos e as sua interacção com as versões do pulverizador

F / P	Fact.	AB1	AB2	AB3	CD1	CD2	CD3
F	BC	61,017	30,028	35,430	27,321	39,614	39,177
	BC*VP	0,995	0,680	3,199	0,210	0,901	2,746
P	BC	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	BC*VP	0,3337	0,4220	0,0795	0,6537	0,3571	0,1035

Os valores de cobre depositados resultantes da utilização de um ou outro tipo de bicos são significativamente diferentes, mas estas diferenças deixam de ser significativas quando se utiliza a mesma pressão numa ou noutra versão.

Para os valores médios, desvio padrão e coeficiente de variação tem-se:

Quadro 6.21- Valor médio e desvio padrão de cobre, em $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, e coeficiente de variação, em %, para os diferentes níveis, para o factor bicos e sua interacção com as versões do pulverizador

VP	BC	Méd.	S	CV
-	10	4,07	1,0	23
	16	6,04	1,2	19
VO	10	4,07	0,8	19
	16	5,75	1,1	19
VA	10	4,08	1,2	30
	16	6,33	1,3	20

Contrariamente ao observado nas zonas e faces a interacção com a versão original apresenta uma homogeneidade ligeiramente superior à obtida com a versão alterada; relativamente aos bicos a uniformidade é superior nos de maior débito, embora quando aplicados na versão original o seu comportamento seja semelhante.

Relativamente aos valores obtidos nos dois bardos tem-se:

Quadro 6.22- Quantidade média de cobre, em $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, depositada nos dois bardos, considerando o factor bicos e sua interacção com as versões do pulverizador

VP	BC	AB	CD
-	10	4,07	4,07
	16	6,08	6,00
VO	10	4,14	3,98
	16	5,79	5,71
VA	10	4,00	4,16
	16	6,37	6,30

Representando graficamente tem-se:

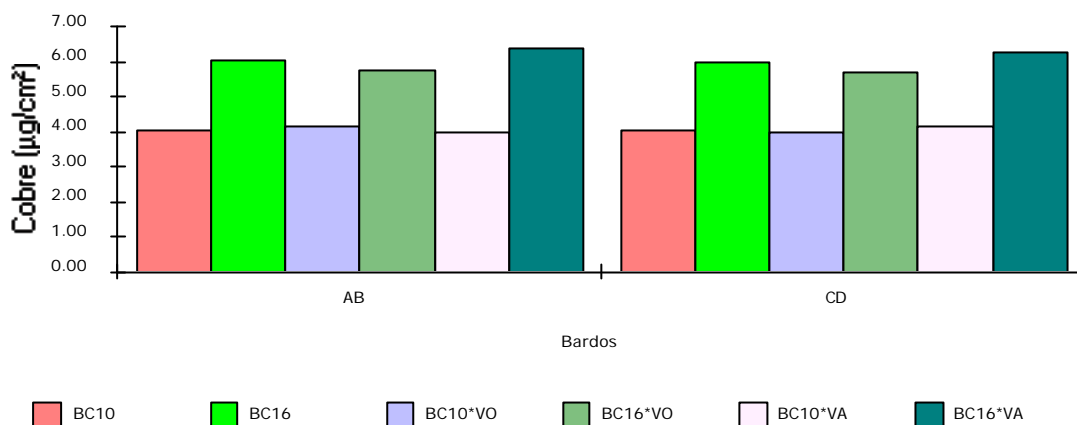


Figura 6.8- Quantidade média de cobre depositada nos dois bardos, considerando o factor bicos e sua interação com as versões do pulverizador

Os valores de F e P resultantes da análise estatística são os seguintes:

Quadro 6.23- Valores de F e P relativos à quantidade de cobre depositada nos dois bardos considerando o factor bicos e sua interação com as versões do pulverizador

F / P	Fact.	AB	CD
F	BC	70,821	66,736
	BC*VP	2,284	0,763
P	BC	0,0000	0,0000
	BC*VP	0,1368	0,3956

A utilização de um ou outro tipo de bicos implica diferenças significativas nos depósitos de cobre, mas quando comparamos estas diferenças nas duas versões os resultados são semelhantes.

Para os valores médios, desvio padrão e coeficiente de variação relativos ao bardo tem-se:

Quadro 6.24- Valor médio e desvio padrão, em $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, e coeficiente de variação, em %, relativos ao bardo, considerando o factor bicos e a sua interação com as versões do pulverizador

VP	BC	Méd.	S	CV
-	10	4,07	0,00	0,0
	16	6,04	0,04	0,7
VO	10	4,06	0,08	2,0
	16	5,75	0,04	0,7
VA	10	4,08	0,08	2,0
	16	6,34	0,04	0,6

Como se pode verificar ao nível dos bardos não existem diferenças significativas na distribuição das quantidades de cobre.

6.1.3- As castas

Os valores de cobre determinados nas diferentes zonas, considerando o factor castas (CS) foram os seguintes:

Quadro 6.25- Quantidade de cobre, $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, depositada nas diferentes zonas das plantas relativas ao factor castas e sua interacção com as versões do pulverizador

VP	CS	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3
-	TB	3,41	2,79	3,03	8,92	8,58	4,28	9,01	8,11	4,57	3,45	2,69	2,97
	TN	2,98	2,70	3,03	8,55	8,96	3,66	8,64	7,91	3,72	3,15	2,78	3,40
VO	TB	1,02	1,01	0,91	10,54	11,00	6,81	10,74	10,27	7,01	0,98	1,01	0,86
	TN	0,74	1,25	1,07	9,18	10,58	5,44	9,40	9,08	5,64	0,87	1,06	1,17
VA	TB	5,82	4,57	5,14	7,31	6,16	1,75	7,27	5,96	2,14	5,91	4,38	5,09
	TN	5,21	4,16	5,00	7,92	7,34	1,87	7,89	6,74	1,80	5,42	4,50	5,62

Representando graficamente estes valores tem-se:

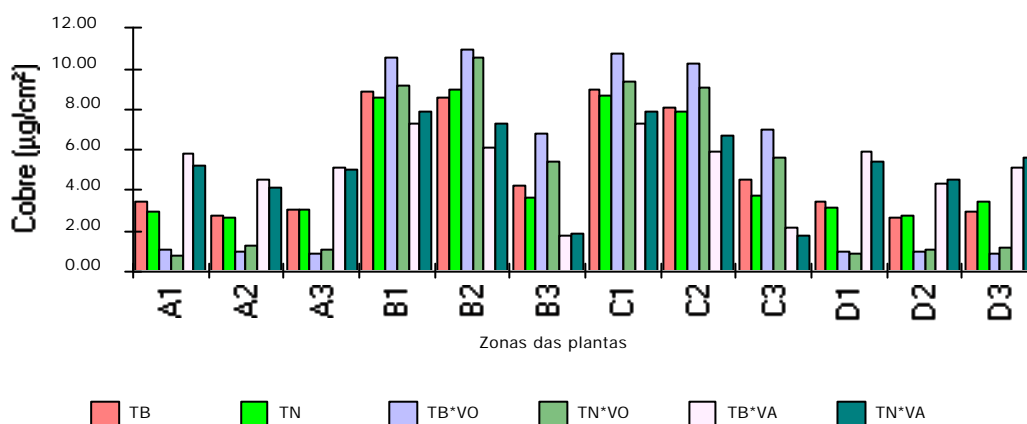


Figura 6.9- Quantidade média de cobre, $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, depositada nas diferentes zonas das plantas relativas ao factor castas e sua interacção com as versões do pulverizador.

Considerando os valores de F e P tem-se:

Quadro 6.26- Valores de F e P relativos à quantidade de cobre depositada nas diferentes zonas das plantas considerando o factor castas e sua interacção com as versões do pulverizador.

F/P	Fact.	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3
F	CS	4,894	0,081	0,000	0,610	0,416	2,916	0,271	0,204	2,973	1,483	0,020	3,396
	CS*VP	0,753	0,812	0,229	3,784	2,161	3,753	2,789	3,956	1,171	0,628	0,003	0,359
P	CS	0,031	0,780	0,998	0,446	0,528	0,093	0,610	0,658	0,090	0,228	0,889	0,071
	CS*VP	0,398	0,381	0,639	0,057	0,147	0,058	0,100	0,052	0,284	0,440	0,956	0,558

O factor castas, isoladamente ou em interacção com as versões do pulverizador, não condiciona a deposição da calda pois os valores de deposição do cobre não são significativamente diferentes; não foram considerados os diferentes IAF das castas.

Relativamente às médias, desvios padrão e coeficientes de variação tem-se:

Quadro 6.27- Valor médio de cobre e seu desvio padrão, em $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, e coeficiente de variação, em %, para o factor castas e sua interacção com as versões do pulverizador

VP	CS	Méd.	S	CV
-	TB	5,15	2,54	49
	TN	4,96	2,54	51
VO	TB	5,18	4,40	85
	TN	4,62	3,66	83
VA	TB	5,13	1,67	33
	TN	5,29	1,96	37

O factor castas não conduz a diferenças na distribuição da calda nas zonas das plantas. Comparando a interacção de cada casta com as versões do pulverizador verifica-se uma maior homogeneidade com a versão alterada.

Para as diferentes faces dos bardos os valores obtidos são:

Quadro 6.28- Quantidade de cobre, em $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, depositada nas faces considerando o factor castas e sua interacção com as versões do pulverizador

VP	CS	FA	FB	FC	FD
-	TB	3,08	7,26	7,23	3,04
	TN	2,90	7,06	6,76	3,11
VO	TB	0,98	9,45	9,34	0,95
	TN	1,02	8,40	8,04	1,03
VA	TB	5,18	5,07	5,12	5,13
	TN	4,79	5,71	5,48	5,18

Representando graficamente estes valores tem-se:

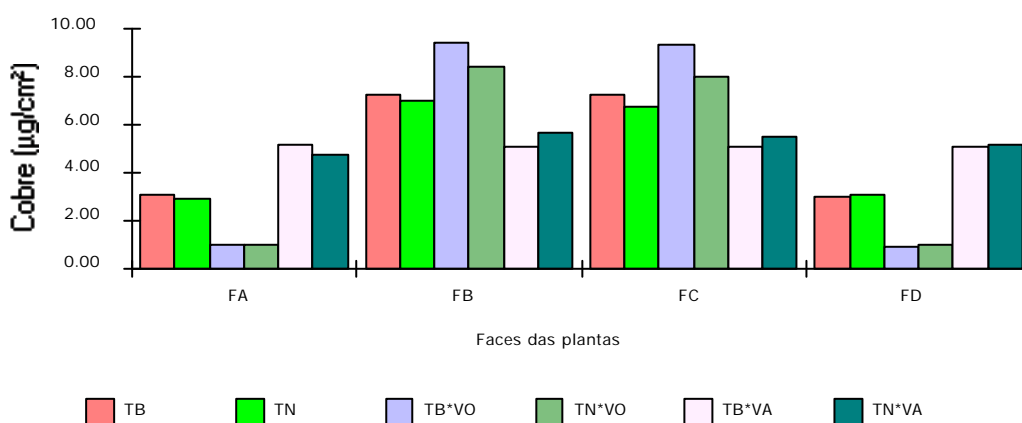


Figura 6.10- Quantidade média de cobre, em $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, depositada nas diferentes faces das plantas considerando o factor castas e sua interacção com as versões do pulverizador.

Considerando os valores de F e P tem-se:

Quadro 6.29- Valores de F e P relativos à quantidade de cobre depositada nas faces das plantas considerando o factor castas e sua interacção com as versões do pulverizador

F / P	Fact.	FA	FB	FC	FD
F	CS	0,712	0,510	1,960	0,061
	CS*VP	1,008	7,255	6,725	0,020
P	CS	0,4116	0,4861	0,1674	0,8091
	CS*VP	0,3201	0,0095	0,0123	0,8905

As diferenças do cobre depositado nas faces dos bardos e resultantes da pulverização de uma ou outra casta não são significativas. Para a interacção com as versões do pulverizador verificam-se diferenças significativas nos depósitos das faces interiores, sendo os valores obtidos superiores na versão normal.

Para os valores médios de cobre, seus desvio padrão e coeficientes de variação tem-se:

Quadro 6.30- Valor médio de cobre e seu desvio padrão, em $\mu\text{g.cm}^{-2}$, e coeficiente de variação, em %, para as faces dos bardos considerando o factor castas e sua interacção com as versões do pulverizador.

VP	CS	Méd.	S	CV
-	TB	5,15	2,1	41
	TN	4,96	2,0	39
VO	TB	5,18	4,2	81
	TN	4,62	3,6	78
VA	TB	5,13	0,0	0,8
	TN	5,29	0,3	6,5

A variação da distribuição dos depósitos é semelhante nas várias situações, embora a interacção da casta Tinta da Barca com a versão alterada indique uma maior regularidade, quando comparada com a interacção com a casta Touriga Nacional.

Para os três níveis que se consideraram nos bardos tem-se:

Quadro 6.31- Quantidade média de cobre, em $\mu\text{g.cm}^{-2}$, depositada nos diferentes níveis para o factor castas e sua interacção com as versões do pulverizador

VP	CS	AB1	AB2	AB3	CD1	CD2	CD3
-	TB	6,17	5,68	3,65	6,23	5,40	3,77
	TN	5,76	5,83	3,35	5,90	5,35	3,56
VO	TB	5,78	6,00	3,86	5,86	5,64	3,94
	TN	4,96	5,92	3,25	5,14	5,07	3,40
VA	TB	6,56	5,36	3,44	6,59	5,17	3,61
	TN	6,57	5,75	3,44	6,66	5,62	3,71

Representando graficamente estes valores tem-se:

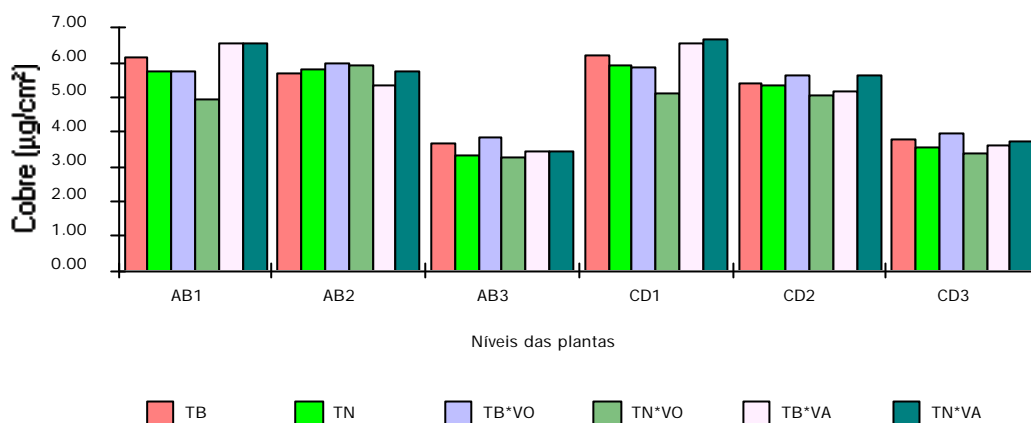


Figura 6.11- Quantidade média de cobre, em $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, depositada nos diferentes níveis para o factor castas e sua interacção com as versões do pulverizador

Considerando os valores de F e P tem-se:

Quadro 6.32- Valores de F e P relativos à quantidade de cobre depositada nos diferentes níveis das plantas para o factor castas e sua interacção com as versões do pulverizador

F / P	Fact.	AB1	AB2	AB3	CD1	CD2	CD3
F	CS	2,050	0,105	1,680	0,767	0,071	0,491
	CS*VP	1,822	0,369	1,460	1,293	2,072	1,328
P	CS	0,1582	0,7505	0,2006	0,3944	0,7934	0,4939
	CS*VP	0,1829	0,5527	0,2323	0,2607	0,1560	0,2544

As diferenças obtidas nos vários níveis, com a variação do factor castas e sua interacção com as versões do pulverizador, não são significativas.

Para os valores médios, desvio padrão e coeficiente de variação tem-se:

Quadro 6.33- Valor médio de cobre e seu desvio padrão, em $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, e coeficiente de variação, em %, para os diferentes níveis, para o factor castas e sua interacção com as versões do pulverizador

VP	CS	Méd.	S	CV
-	TB	5,15	1,1	21
	TN	4,96	1,1	22
VO	TB	5,18	0,9	18
	TN	4,62	1,0	21
VA	TB	5,12	1,3	24
	TN	5,29	1,3	24

Relativamente à homogeneidade da distribuição o factor castas e sua interacção com as versões do pulverizador não conduzem a diferenças significativas.

Considerando os bardos os valores obtidos são os seguintes:

Quadro 6.34- Quantidade média de cobre, em $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, depositada nos dois bardos, considerando o factor castas e a interacção com as versões do pulverizador

VP	CS	AB	CD
–	TB	5,17	5,13
	TN	4,98	4,93
VO	TB	5,21	5,14
	TN	4,71	4,54
VA	TB	5,12	5,12
	TN	5,25	5,33

Representando graficamente estes valores tem-se:

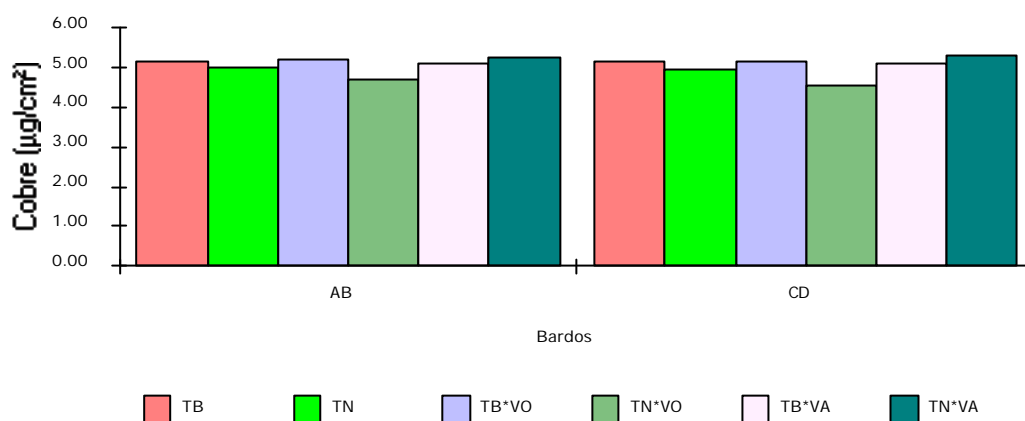


Figura 6.12- Quantidade média de cobre, em $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, depositada nos dois bardos, considerando o factor castas e sua interacção com as versões do pulverizador.

Os valores de F e P são os seguintes:

Quadro 6.35- Valores de F e P relativos à quantidade de cobre depositada nos bardos considerando o factor castas e sua interacção com as versões do pulverizador

F / P	Fact.	AB	CD
F	CS	0,777	0,737
	CS* VP	1,771	2,982
P	CS	0,3915	0,4037
	CS* VP	0,1891	0,0902

As diferenças da quantidade de calda depositada ao nível dos bardos não são significativas.

Os valores médios de cobre, seu desvio padrão e coeficiente de variação são os seguintes:

Quadro 6.36- Quantidade média de cobre e seu desvio padrão, em $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, e coeficiente de variação, em %, para os bardos, relativas ao factor castas e sua interacção com as versões do pulverizador

VP	CS	Méd.	S	CV
–	TB	5,15	0,02	0,4
	TN	4,96	0,02	0,5
VO	TB	5,18	0,03	0,7
	TN	4,63	0,08	1,8
VA	TB	5,12	0,00	0,0
	TN	3,32	0,04	0,8

Não se verificam diferenças de distribuição ao nível dos bardos para as diferentes castas e suas interacções com as versões do pulverizador.

6.1.4- As versões do pulverizador

As versões do pulverizador (VP) permitem obter, para as diferentes zonas, as seguintes quantidades de cobre:

Quadro 6.37- Quantidade média de cobre, em $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, depositada nas diferentes zonas da planta considerando o factor versões do pulverizador

VP	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3
VO	0,88	1,13	0,99	9,86	10,79	6,13	10,07	9,67	6,32	0,93	1,03	1,02
VA	5,52	4,36	5,07	7,61	6,75	1,81	7,58	6,35	1,97	5,67	4,41	5,35

Representando graficamente estes valores tem-se:

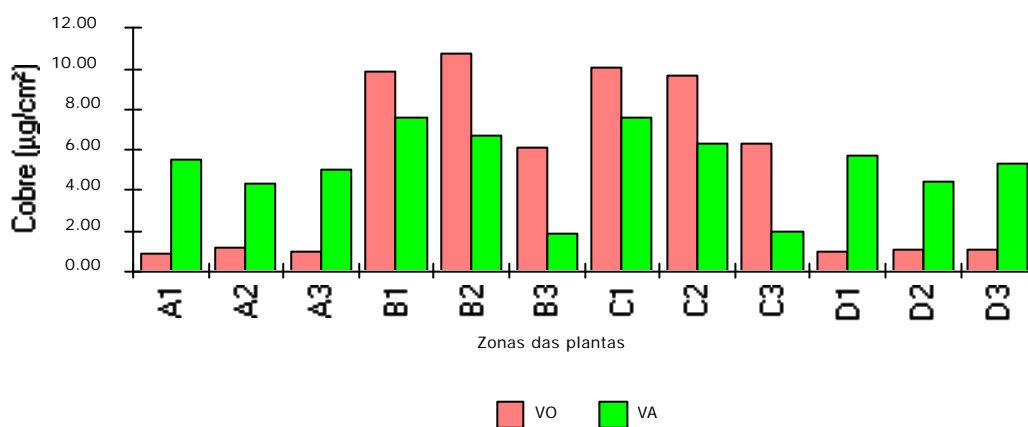


Figura 6.13- Quantidade média de cobre, em $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, depositada nas diferentes zonas das plantas considerando o factor versões do pulverizador

Os valores de F e P são os seguintes:

Quadro 6.38- Valores de F e P relativos à quantidade de cobre depositada nas diferentes zonas das plantas com as versões do pulverizador

F / P	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3
F	510,40	63,52	215,69	20,10	48,89	126,27	16,02	45,64	83,58	331,54	121,41	354,98
P	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

A utilização de uma ou outra versão do pulverizador implica diferenças significativas na deposição de cobre nas diferentes zonas da planta, sendo particularmente importantes nas zonas A1 e D1, que correspondem às zonas de localização dos cachos, e A3 e D3.

Relativamente à uniformidade da distribuição tem-se:

Quadro 6.39- Valor médio de cobre e seu desvio padrão, em $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, e coeficiente de variação, em %, para a quantidade de cobre depositada nas diferentes zonas das plantas com as versões do pulverizador

VP	Méd.	S	CV
VO	4,90	4,12	84
VA	5,20	1,80	35

A utilização da versão alterada permite uma maior uniformidade na aplicação da calda nas diferentes partes das plantas.

Considerando as zonas agrupadas em faces, os valores são os seguintes:

Quadro 6.40- Quantidade média de cobre, em $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, depositada nas faces dos bardos considerando o factor versões do pulverizador

VP	FA	FB	FC	FD
VO	1,00	8,93	8,69	0,99
VA	4,98	5,39	5,30	5,15

Representando graficamente estes valores tem-se:

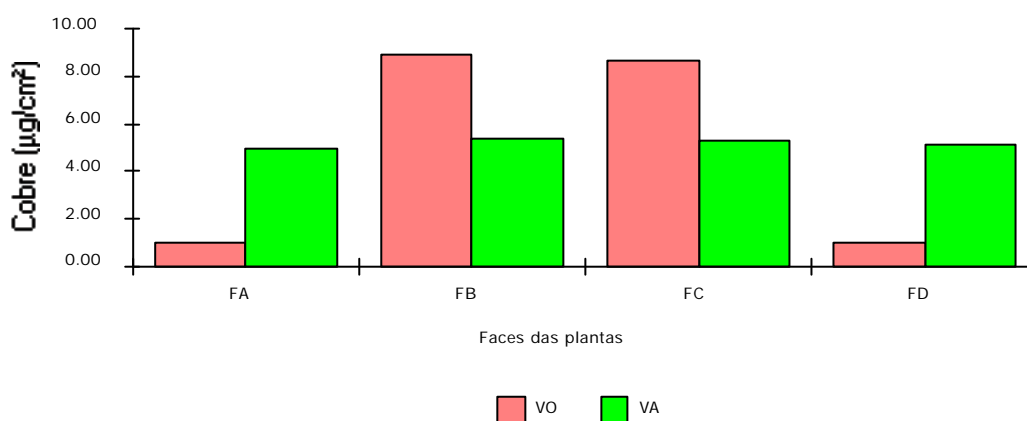


Figura 6.14- Quantidade média de cobre, em $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, depositada nas faces dos bardos considerando o factor versões do pulverizador

Os valores de F e P são os seguintes:

Quadro 6.41- Valores de F e P relativos à quantidade de cobre depositada nas faces dos bardos com as versões do pulverizador

F / P	FA	FB	FC	FD
F	314,15	124,46	108,41	415,85
P	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Os valores obtidos nas diferentes faces pelas duas versões são significativamente diferentes; estas diferenças são mais acentuadas nas faces exteriores.

Relativamente à homogeneidade da distribuição da calda na planta tem-se:

Quadro 6.42- Valor médio de cobre e seu desvio padrão, em $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, e coeficiente de variação, em %, para as faces dos bardos considerando as duas versões do pulverizador.

VP	Méd.	S	CV
VO	4,90	3,9	80
VA	5,21	0,2	3

A variação da distribuição dos depósitos de calda nas diferentes faces dos bardos obtida com as duas versões é muito diferente. Para a versão original a diferença entre as faces interior e exterior são de cerca de 800%, enquanto que na versão alterada estas são praticamente nulas.

Para os níveis dos bardos tem-se:

Quadro 6.43- Quantidade média de cobre, em $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, depositada nos diferentes níveis com o factor versões do pulverizador

VP	AB1	AB2	AB3	CD1	CD2	CD3
VO	5,36	5,96	3,56	5,50	5,35	3,67
VA	6,57	5,56	3,44	6,62	5,40	3,66

Representando graficamente estes valores tem-se:

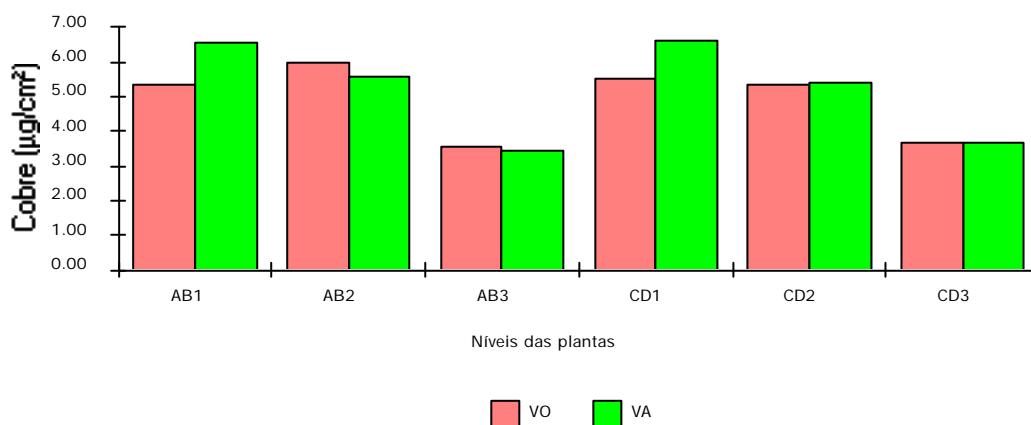


Figura 6.15- Quantidade média de cobre, em $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, depositada nas diferentes faces das plantas com o factor versões do pulverizador

Considerando os valores de F e P tem-se:

Quadro 6.44- Valores de F e P relativos à quantidade de cobre depositada nos diferentes níveis das plantas considerando o factor versões do pulverizador

F / P	AB1	AB2	AB3	CD1	CD2	CD3
F	16,379	1,062	0,219	9,468	0,015	0,001
P	0,0002	0,3074	0,6469	0,0033	0,9030	0,9722

As quantidades de calda depositadas nos dois níveis superiores não apresentam diferenças significativas nas duas versões; ao nível dos cachos essas diferenças são significativas.

Relativamente aos valores médios, desvio padrão e coeficiente de variação tem-se:

Quadro 6.45- Valor médio de cobre e seu desvio padrão, em $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, e coeficiente de variação, em %, nos diferentes níveis das plantas para factor versões do pulverizador

VP	Méd.	S	CV
VO	4,90	0,9	19
VA	5,21	1,3	24

Para a distribuição vertical da calda nas plantas a versão original apresenta um ligeiro aumento na homogeneidade dos valores de cobre; estas diferenças podem eventualmente ser atenuadas com um maior rigor no direccionamento das condutas na versão alterada.

Considerando os bardos obtêm-se os seguintes valores:

Quadro 6.46- Quantidade média de cobre, em $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, depositada nos dois bardos, considerando o factor versões do pulverizador

VP	AB	CD
VO	4,96	4,84
VA	5,19	5,23

Representando graficamente estes valores tem-se:

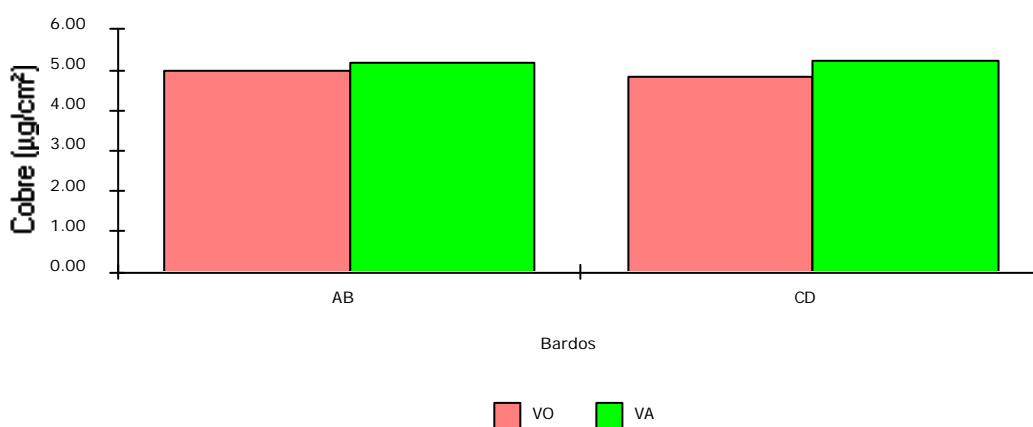


Figura 6.16- Quantidade média de cobre, em $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, depositada nos dois bardos, considerando o factor versões do pulverizador

Os valores de F e P para esta situação são os seguintes:

Quadro 6.47- Valores de F e P relativos à quantidade de cobre depositada nos diferentes bardos considerando o factor versões do pulverizador

F / P	AB	CD
F	0,907	2,667
P	0,3554	0,1085

Não é significativamente diferente a quantidade de cobre depositada nos bardos pelas duas versões do pulverizador.

Para os valores médios, desvio padrão e coeficiente de variação tem-se:

Quadro 6.48- Valor médio de cobre e seu desvio padrão, em $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, e coeficiente de variação, em %, nos bardos para o factor versões do pulverizador

VP	Méd.	S	CV
VO	4,90	0,06	1,2
VA	5,21	0,02	0,4

Considerando o bardo como unidade de amostragem existe uma grande uniformidade de distribuição da calda quando se considera o factor versões do pulverizador.

6.1.5- Os sectores da rampa

Os valores de cobre obtidos nas diferentes zonas com os sectores da rampa, são:

Quadro 6.49- Quantidade de cobre, em $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, depositada nas diferentes zonas das plantas considerando o factor sectores da rampa e sua interacção com as versões do pulverizador

VP	RM	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3
-	RE	3,38	3,05	3,16	9,07	9,08	4,29	8,98	7,70	4,35	3,06	2,31	3,11
	RD	3,02	2,45	2,90	8,41	8,46	3,64	8,67	8,33	3,94	3,53	3,17	3,26
VO	RE	0,87	1,28	1,09	10,13	11,41	6,61	10,10	9,32	6,86	0,89	0,83	0,93
	RD	0,89	0,98	0,89	9,59	10,17	5,64	10,04	10,02	5,78	0,96	1,23	1,11
VA	RE	5,88	4,82	5,24	8,00	6,74	1,98	7,87	6,07	1,84	5,24	3,78	5,30
	RD	5,15	3,91	4,90	7,23	6,76	1,64	7,29	6,62	2,10	6,10	5,10	5,41

Representando graficamente estes valores tem-se:

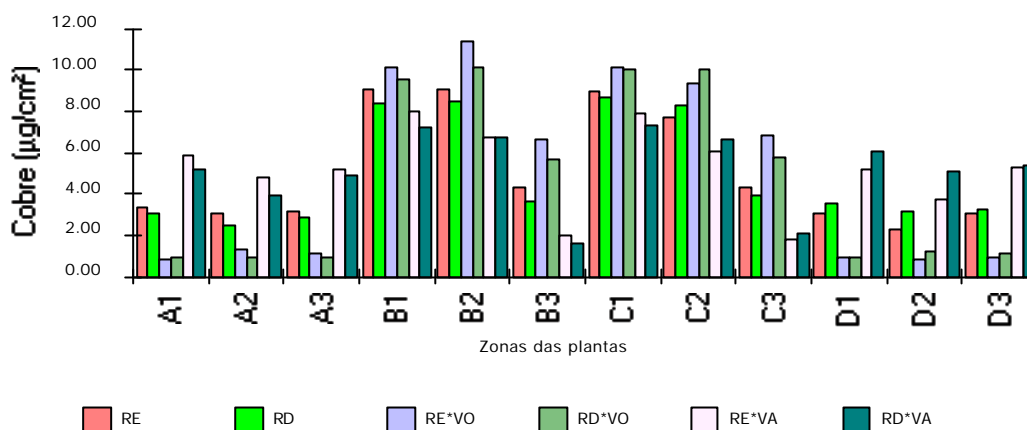


Figura 6.17- Quantidade média de cobre, em $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, depositada nas diferentes zonas considerando os sectores da rampa e sua interacção com as versões do pulverizador

Os valores de F e P são os seguintes:

Quadro 6.50- Valores de F e P relativos à quantidade de cobre depositada nas diferentes zonas da planta considerando o factor sectores da rampa e a sua interacção com as versões do pulverizador

F / P	Fact.	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3
F	RM	0,912	1,296	0,088	0,451	0,183	2,164	0,956	0,351	1,189	1,247	4,941	0,029
	RM*VP	0,290	0,124	0,543	0,200	2,653	1,561	0,633	0,524	1,343	0,203	0,438	1,721
P	RM	0,354	0,260	0,770	0,512	0,675	0,147	0,343	0,562	0,280	0,269	0,030	0,867
	RM*VP	0,598	0,730	0,472	0,661	0,109	0,217	0,438	0,480	0,251	0,659	0,517	0,195

Da análise do quadro 6.50 constata-se que o factor sectores da rampa não condiciona a deposição do cobre nas diferentes zonas das plantas.

Relativamente à distribuição tem-se:

Quadro 6.51- Valor médio de cobre e seu desvio padrão, em $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, e coeficiente de variação, em %, para as zonas considerando o factor sectores da rampa e sua interacção com versões do pulverizador

VP	RM	Méd.	S	CV
-	RE	5,13	2,61	51
	RD	4,98	2,49	50
	RE	5,03	4,23	84
VO	RD	4,78	4,03	84
	RE	5,23	1,88	36
VA	RD	5,18	1,78	34

A uniformidade da distribuição não foi afectada pelo factor sectores da rampa, mas quando se comparam nas duas versões observou-se uma maior uniformidade na interacção com a versão alterada.

Relativamente aos valores determinados para as faces tem-se:

Quadro 6.52- Quantidade de cobre, em $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, depositada nas faces considerando os sectores da rampa e a interacção com as versões do pulverizador

VP	RM	FA	FB	FC	FD
-	RE	3,19	7,48	7,01	2,83
	RD	2,79	6,84	6,98	3,32
VO	RE	1,08	9,38	8,76	0,88
	RD	0,92	8,47	8,62	1,10
VA	RE	5,31	5,57	5,26	4,77
	RD	4,65	5,21	5,34	5,54

Representando graficamente estes valores tem-se:

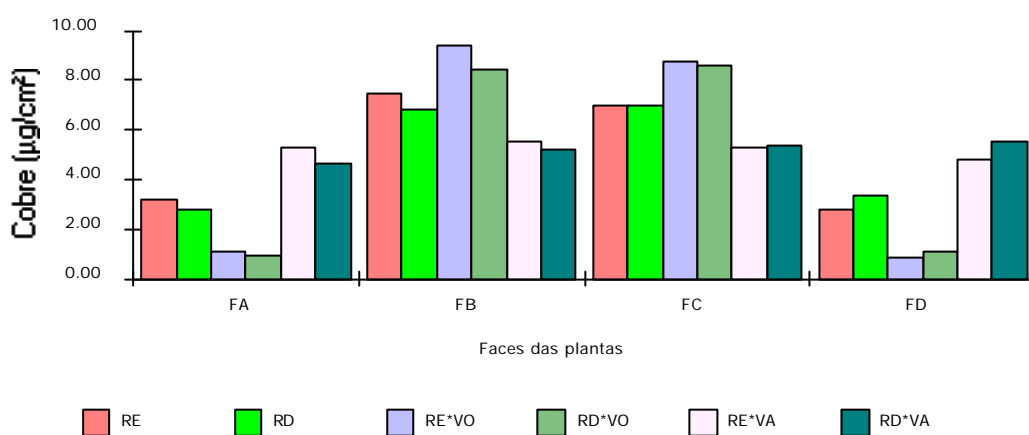


Figura 6.18- Quantidade média de cobre, em $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, depositada nas faces considerando os sectores da rampa e a interacção com as versões do pulverizador

Os valores de F e P para esta situação são os seguintes:

Quadro 6.53- Valores de F e P relativos à quantidade de cobre depositada nas diferentes faces considerando o factor sectores da rampa e sua interacção com as versões do pulverizador

F / P	Fact.	FA	FB	FC	FD
F	RM	1,206	1,454	0,732	2,354
	RM*VP	0,005	2,961	0,094	0,001
P	RM	0,277	0,233	0,405	0,131
	RM*VP	0,943	0,091	0,764	0,974

A diferença entre os valores de cobre determinados nas faces resultantes da pulverização com o sector esquerdo ou direito e para a interacção com as versões do pulverizador não é significativa.

Para a variação da distribuição entre as faces tem-se:

Quadro 6.54- Valor médio de cobre e seu desvio padrão, em $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, e coeficiente de variação, em %, para as faces, considerando o factor sectores da rampa e sua interacção com as versões do pulverizador

VP	RM	Méd.	S	CV
-	RE	5,13	2,1	41
	RD	4,98	1,9	39
VO	RE	5,03	4,1	81
	RD	4,78	3,8	79
VA	RE	5,23	0,3	5,5
	RD	5,19	0,3	6,4

Não há diferenças significativas na uniformidade da deposição de cobre tratando com um ou outro sector da rampa, mas relativamente à interacção verifica-se uma maior uniformidade com a versão alterada.

Relativamente aos valores obtidos nos diferentes níveis tem-se:

Quadro 6.55- Quantidade média de cobre, em $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, depositada nos diferentes níveis para o factor sectores da rampa e sua interacção com as versões do pulverizador

VP	RM	AB1	AB2	AB3	CD1	CD2	CD3
-	RE	6,22	6,06	3,73	6,02	5,00	3,73
	RD	5,72	5,46	3,27	6,10	5,75	3,60
VO	RE	5,50	6,34	3,85	5,49	5,08	3,90
	RD	5,24	5,58	3,27	5,50	5,63	3,45
VA	RE	6,94	5,78	3,61	6,56	4,93	3,57
	RD	6,19	5,33	3,27	6,69	5,86	3,75

Representando graficamente estes valores tem-se:

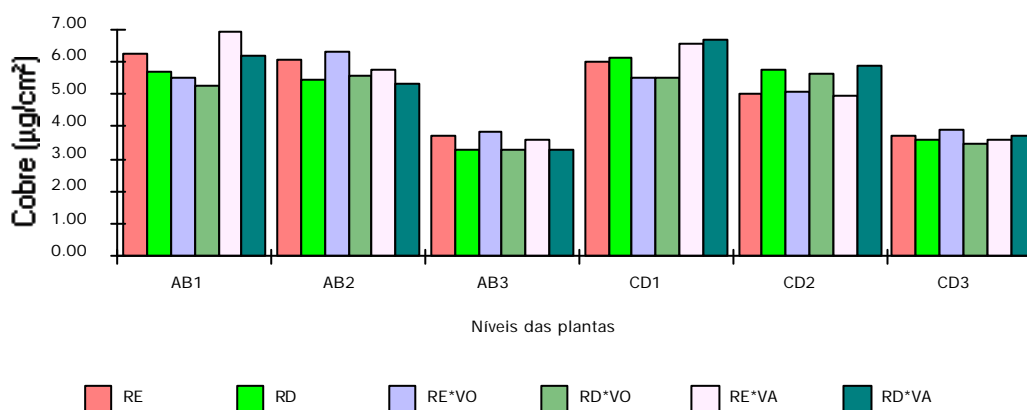


Figura 6.19- Quantidade média de cobre, em $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, depositada nos diferentes níveis para o factor sectores da rampa e sua interacção com as versões do pulverizador.

Os valores de F e P para os diferentes níveis são os seguintes:

Quadro 6.56- Valores de F e P relativos à quantidade de cobre depositada nos níveis dos bardos considerando o factor sectores da rampa e sua interacção com as versões do pulverizador

F / P	Fact.	AB1	AB2	AB3	CD1	CD2	CD3
F	RM	0,813	0,815	1,640	0,188	2,150	0,971
	RM*VP	0,037	1,017	1,832	0,266	0,051	0,195
P	RM	0,380	0,380	0,206	0,671	0,148	0,339
	RM*VP	0,850	0,317	0,181	0,613	0,823	0,665

Não se verificam diferenças significativas na quantidade de cobre depositada nos diferentes níveis dos bardos.

Relativamente à uniformidade da distribuição da calda na vertical tem-se:

Quadro 6.57- Valor médio de cobre e seu desvio padrão, em $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, e coeficiente de variação, em %, para os diferentes níveis, considerando o factor sectores da rampa e sua interacção com as versões do pulverizador.

VP	RM	Méd.	S	CV
-	RE	5,13	1,1	21
	RD	4,98	1,1	22
VO	RE	5,03	0,9	18
	RD	4,78	1,0	21
VA	RE	5,23	1,3	25
	RD	5,18	1,3	24

A distribuição vertical da calda não apresenta diferenças quando se comparam os dois sectores da rampa, quer isoladamente quer em interacção com as versões do pulverizador.

A análise dos valores obtidos nos bardos dão os seguintes resultados:

Quadro 6.58- Quantidade média de cobre, em $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, depositada nos bardos, considerando o factor sectores da rampa e sua interacção com as versões do pulverizador

VP	RM	AB	CD
-	RE	5,34	4,92
	RD	4,81	5,15
VO	RE	5,23	4,82
	RD	4,70	4,86
VA	RE	5,44	5,02
	RD	4,93	5,44

Representando graficamente estes valores tem-se:

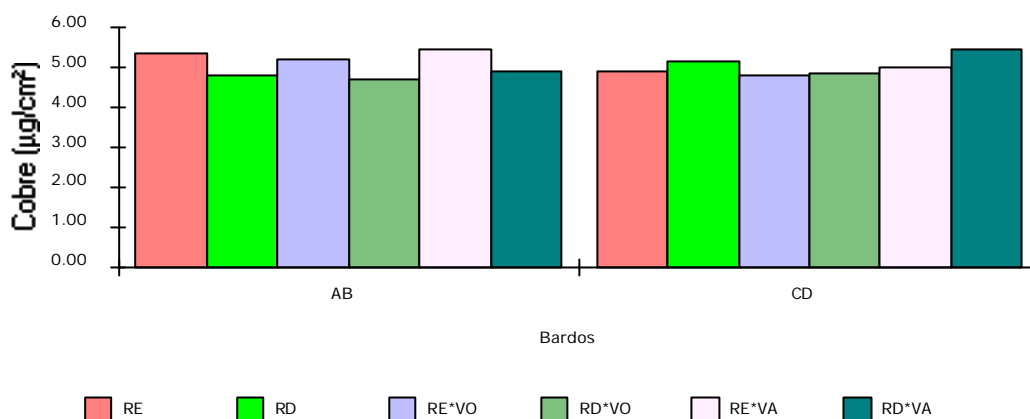


Figura 6.20- Quantidade média de cobre, em $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, depositada nos bardos, considerando o factor sectores da rampa e sua interacção com as versões do pulverizador

Os valores de F e P neste caso são os seguintes:

Quadro 6.59- Valores de F e P relativos à quantidade de cobre depositada nos dois bardos para o factor sectores da rampa e sua interacção com as versões do pulverizador.

F / P	Fact.	AB	CD
F	RM	1,777	0,005
	RM*VP	1,257	0,039
P	RM	0,188	0,842
	RM*VP	0,267	0,847

Os valores de cobre determinados nos bardos não são significativamente diferentes quer se pulverize com um ou outro sector da rampa ou versão do pulverizador.

6.1.6- A velocidade de deslocamento do tractor

Os valores médios de cobre, para as diferentes zonas, em função da 5ª ($3,58 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) e 6ª ($4,14 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) relações de transmissão (RT) são:

Quadro 6.60- Quantidade média de cobre, em $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, depositada nas diferentes zonas, para as diferentes velocidades de deslocamento e sua interacção com as versões do pulverizador.

VP	RT	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3
-	RT5	3,89	3,14	3,63	9,96	10,11	4,31	10,22	9,48	4,63	4,01	3,29	3,48
	RT6	2,51	2,35	2,43	7,51	7,43	3,63	7,43	6,54	3,66	2,58	3,29	2,89
VO	RT5	1,15	1,54	1,30	11,15	12,90	6,13	11,69	11,77	6,77	1,36	1,46	1,46
	RT6	0,61	0,72	0,68	8,57	8,68	6,12	8,45	7,58	5,88	0,50	0,61	0,58
VA	RT5	6,62	4,74	5,97	8,78	7,32	2,49	8,75	7,19	2,49	6,67	5,13	5,50
	RT6	4,41	3,99	4,17	6,45	6,18	1,13	6,41	5,51	1,45	4,67	3,78	5,20

Representando graficamente estes valores tem-se:

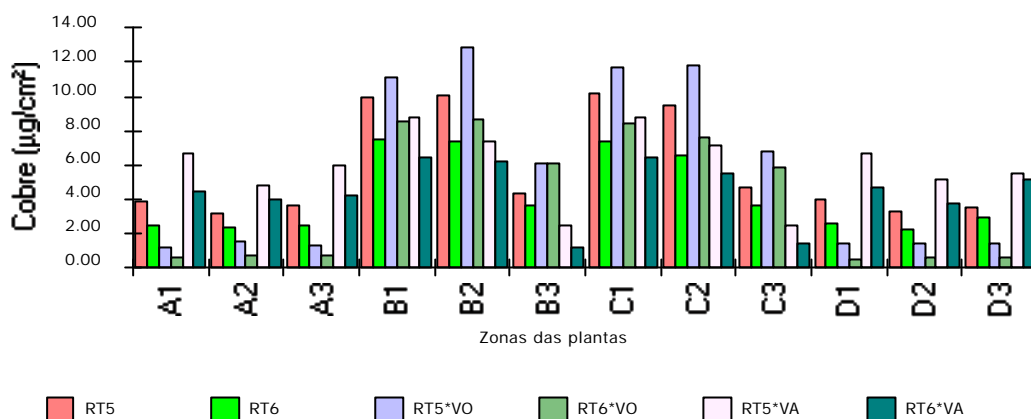


Figura 6.21- Quantidade média de cobre, em $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, depositada nas diferentes zonas, para as diferentes velocidades de deslocamento e sua interação com as versões do pulverizador.

Comparando os valores depositados em cada zona através dos valores de F e P para saber se eles são ou não diferentes tem-se:

Quadro 6.61- Valores de F e P relativos à quantidade de cobre depositada nas zonas da planta considerando o factor velocidade e sua interação com as versões do pulverizador

F / P	Fact.	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3
F	RT	44,100	3,532	18,655	23,435	21,616	2,837	20,580	34,962	4,397	29,333	11,832	6,625
	RT*VP	15,907	0,030	4,595	0,812	6,802	3,079	0,388	6,366	0,022	4,437	0,458	1,311
P	RT	0,000	0,065	0,000	0,000	0,000	0,098	0,000	0,0000	0,040	0,000	0,0010	0,012
	RT*VP	0,000	0,864	0,036	0,812	0,011	0,085	0,542	,0147	0,883	0,040	,5086	0,257

Os valores de cobre obtidos com as duas velocidades de translação são, no geral, significativamente diferentes. Comparando os seus valores nas duas versões apenas nas zonas superior e inferior das faces exteriores, excepto a D3, e na zona média das interiores, eles são significativamente diferentes.

Considerando a distribuição da calda tem-se:

Quadro 6.62- Valor médio de cobre e seu desvio padrão, em $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, e coeficiente de variação, em %, para as diferentes zonas resultantes da variação da velocidade de deslocamento e sua interação com as versões do pulverizador

VP	RT	Méd.	S	CV
-	RT5	5,85	2,93	50
	RT6	4,26	2,15	51
	RT5	5,72	4,82	83
VO	RT6	4,08	3,56	87
	RT5	5,97	1,97	33
VA	RT6	4,44	1,67	38

O aumento da velocidade de translação que se obtém quando se passa da 5ª para a 6ª relação de transmissão implica um ligeiro acréscimo da heterogeneidade da distribuição. Comparando a interacção a versão alterada apresenta uma maior uniformidade.

Relativamente aos valores determinados para as faces tem-se:

Quadro 6.63- Quantidade de cobre, em $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, depositada nas faces considerando o factor velocidade de deslocamento e sua interacção com as versões do pulverizador

VP	RT	FA	FB	FC	FD
-	RT5	3,55	8,13	8,11	3,59
	RT6	2,43	6,19	5,88	2,55
VO	RT5	1,33	10,06	10,80	1,42
	RT6	0,67	7,79	6,14	0,56
VA	RT5	5,78	6,20	7,30	5,77
	RT6	4,19	4,58	4,46	4,54

Representando graficamente estes valores tem-se:

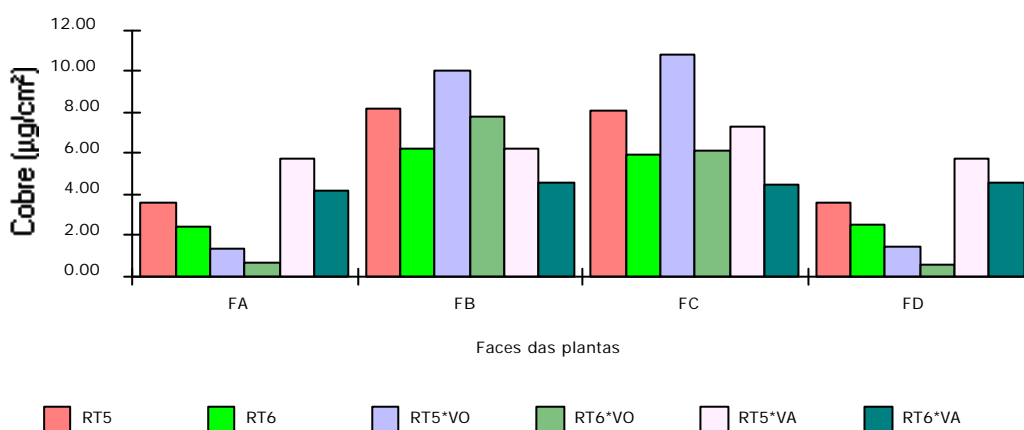


Figura 6.22- Quantidade média de cobre, em $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, depositada nas faces considerando o factor velocidades de deslocamento e sua interacção com as versões do pulverizador

Os valores de F e P são os seguintes:

Quadro 6.64- Valores de F e P relativos à quantidade de cobre depositada nas faces dos bardos considerando o velocidade de deslocamento e sua interacção com as versões do pulverizador

F / P	Fact.	FA	FB	FC	FD
F	RT	24,324	36,390	47,479	25,087
	RT*VP	3,972	0,977	2,544	0,652
P	RT	0,000	0,000	0,000	0,000
	RT*VP	0,051	0,338	0,116	0,436

Comparando a quantidade de cobre depositada nas faces com as duas relações de transmissão os valores obtidos são significativamente diferentes; relativamente à interacção com as versões do pulverizador as diferenças nos depósitos resultantes da alteração das velocidades não são significativas.

Relativamente à homogeneidade da distribuição tem-se:

Quadro 6.65- Valor médio de cobre e seu desvio padrão, em $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, e coeficiente de variação, em %, para as faces dos bardos, considerando o factor velocidades de deslocamento e sua interacção com as versões do pulverizador

VP	RT	Méd.	S	CV
-	RT5	5,85	2,3	39
	RT6	4,26	1,8	42
VO	RT5	5,90	4,5	77
	RT6	3,79	3,2	85
VA	RT5	6,26	0,6	10
	RT6	4,44	0,2	3

A utilização da relação de transmissão mais elevada diminui a uniformidade da distribuição, embora se observe uma ligeira melhoria com a relação mais alta na versão alterada.

Para os valores obtidos nos diferentes níveis tem-se:

Quadro 6.66- Quantidade média de cobre, em $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, depositada nos diferentes níveis das plantas para o factor velocidades de deslocamento e sua interacção com as versões do pulverizador

VP	RT	AB1	AB2	AB3	CD1	CD2	CD3
-	RT5	6,93	6,63	3,97	7,12	6,39	4,06
	RT6	5,01	4,89	3,03	5,01	4,36	3,28
VO	RT5	6,15	7,22	3,72	6,52	6,61	4,12
	RT6	4,59	4,70	3,40	4,47	4,10	3,23
VA	RT5	7,70	6,03	4,23	7,71	6,16	4,00
	RT6	5,43	5,08	2,65	5,54	4,63	3,33

Representando graficamente estes valores tem-se:

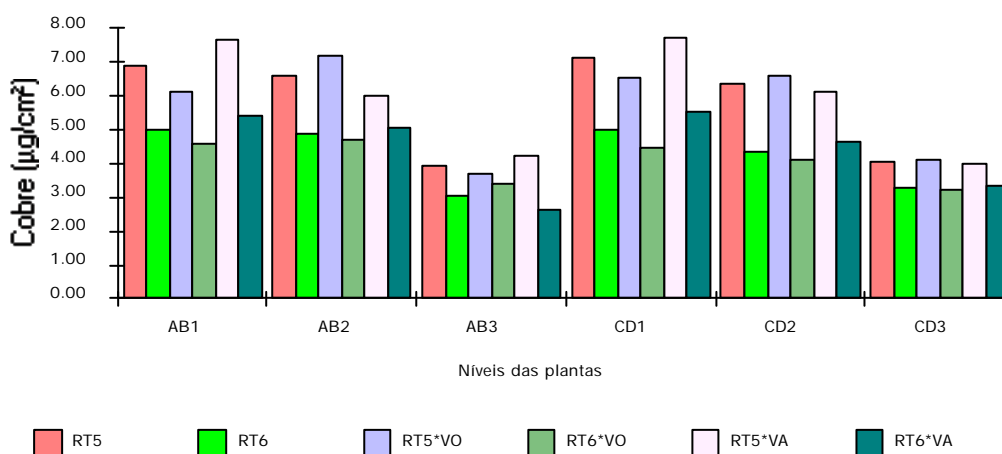


Figura 6.23- Quantidade média de cobre, em $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, depositada nos diferentes níveis das plantas para o factor velocidade de deslocamento e sua interacção com as versões do pulverizador

Considerando os valores de F e P para os diferentes níveis tem-se:

Quadro 6.67- Valores de F e P relativos à quantidade de cobre depositada nos diferentes níveis das plantas obtidos com as diferentes velocidades de deslocamento e sua interacção com as versões do pulverizador

F / P	Fact.	AB1	AB2	AB3	CD1	CD2	CD3
F	RT	41,186	19,140	13,337	33,427	35,403	7,879
	RT*VP	1,394	3,989	6,303	0,049	2,389	0,115
P	RT	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007
	RT*VP	0,243	0,051	0,015	0,828	0,128	0,739

Os valores obtidos nos diferentes níveis com as duas relações de transmissão são significativamente diferentes; para a interacção com as versões do pulverizador não se verifica uma diferença significativa dos valores.

Para a regularidade da distribuição tem-se:

Quadro 6.68- Valor médio de cobre e seu desvio padrão, em $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, e coeficiente de variação, em %, para os níveis da planta, para o factor velocidade de deslocamento e sua interacção com as versões do pulverizador

VP	RT	Méd.	S	CV
-	RT5	5,85	1,3	23
	RT6	4,26	0,8	19
VO	RT5	5,72	1,3	23
	RT6	4,08	0,6	14
VA	RT5	5,97	1,5	25
	RT6	4,44	1,1	25

As variações na distribuição vertical são pequenas ou nulas, como é o caso da interacção com a versão alterada. Para as versões o grau de uniformidade da distribuição é semelhante.

Para os valores relativos aos bardos tem-se:

Quadro 6.69- Quantidade média de cobre, em $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, depositada nos bardos, considerando o factor velocidade de deslocamento e sua interacção com as versões do pulverizador

VP	RT	AB	CD
-	RT5	5,84	5,85
	RT6	4,31	4,22
VO	RT5	5,70	5,75
	RT6	4,23	3,93
VA	RT5	5,99	5,95
	RT6	4,39	4,50

Representando graficamente tem-se:

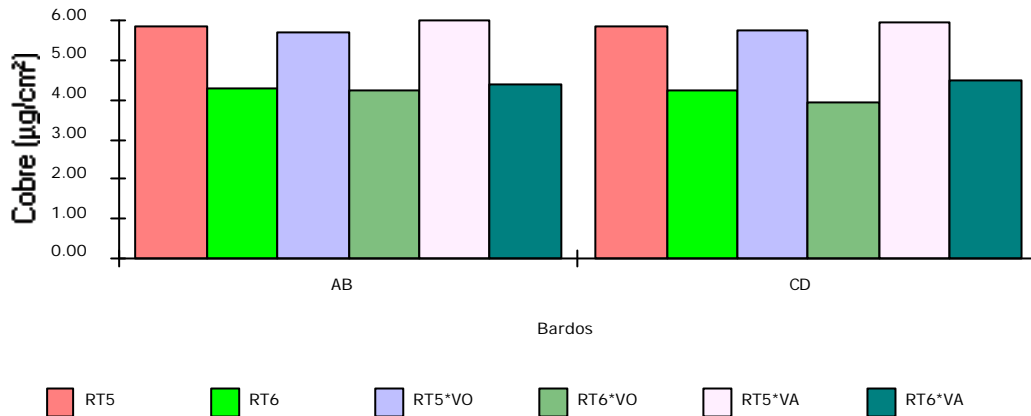


Figura 6.24- Quantidade média de cobre, em $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, depositada nos dois bardos, considerando o factor velocidade e sua interacção com as versões do pulverizador.

Os valores de F e P são os seguintes:

Quadro 6.70- Valores de F e P relativos à quantidade de cobre depositada nos bardos considerando o factor velocidade e sua interacção com as versões do pulverizador

F / P	Fact.	AB	CD
F	RT	40,978	47,785
	RT*VP	0,082	0,563
P	RT	0,000	0,000
	RT*VP	0,779	0,464

Mantêm-se as diferenças ao nível dos bardos fazendo variar a velocidade mas na interacção com as versões do pulverizador a deposição de cobre não é significativamente afectada.

Para a uniformidade da distribuição tem-se:

Quadro 6.71- Valor médio de cobre e seu desvio padrão, em $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$, e coeficiente de variação, em %, para os bardos, considerando o factor velocidade de deslocamento e sua interacção com as versões do pulverizador

VP	RT	Méd.	S	CV
-	RT5	5,85	0,005	0,1
	RT6	4,27	0,045	1,1
	RT5	5,73	0,025	0,4
VO	RT6	4,08	0,15	3,7
	RT5	5,97	0,02	0,3
VA	RT6	4,45	0,055	1,2

Ao nível do bardo a utilização das relações de transmissão e interacções com as versões do pulverizador não acarretam diferenças na distribuição da calda.

6.2- Discussão dos resultados obtidos na comparação das versões

Os resultados obtidos nos ensaios para comparação das versões são válidos apenas para as condições em que foram efectuados, pois diferentes situações apresentam características próprias o que conduz a alterações nas determinações. Dempsey (1985), considera que o coeficiente de variação de uma população de gotas depende do tipo de substância activa utilizada, conduzindo a heterogeneidade da dimensão das gotas a diferenças de distribuição nas plantas, o que não permite a extrapolação dos resultados para outras situações. Nestes ensaios efectuados por este autor não se verificou qualquer relação entre a concentração dos pesticidas e os coeficientes de variação da população das gotas, embora as concentrações mais altas tenham aumentado a percentagem das gotas com diâmetros inferiores a 100 μm e diminuído a percentagem das gotas maiores que 300 μm . Estas variações no espectro são, segundo (Frost, 1990), provocadas pela alteração dos fluxos de calda nos bicos resultante da variação das características físicas dos produtos.

Considerando a quantidade de calda depositada nas plantas, é possível conhecer a influência de cada um dos factores e/ou interacção com as versões do pulverizador nos depósitos, assim como na uniformidade de distribuição. A quantidade de calda depositada não permite estimar a percentagem de área coberta, pois esta depende do número e dimensão das gotas por unidade de área (Bryant, 1985).

Assim, para determinação da quantidade de calda e uniformidade de distribuição foram efectuadas os ensaios anteriormente apresentados, podendo concluir-se, para cada um dos factores, o seguinte:

6.2.1- Pressão

A análise dos resultados obtidos fazendo variar a pressão de 300 para 600 kPa indica um acréscimo de deposição de cerca de 30% de calda nas plantas, sendo a diferença do depósito, quando se considera a variação média da pressão, significativa para praticamente todas as zonas; para as versões do pulverizador a significância só se observa nas zonas inferiores e superiores das faces exteriores. Os valores de cobre obtidos com a versão alterada foram superiores.

A uniformidade não é praticamente influenciada pela variação da pressão, mas, para a interacção com as versões do pulverizador observam-se grandes diferenças, sendo maior com a versão alterada.

Para as faces dos bardos a pressão conduz a diferenças significativas na quantidade de calda depositada, mas para a interacção apenas as faces exteriores apresentam valores significativamente diferentes; estes são superiores com a versão alterada. O coeficiente de variação com uma ou outra pressão é semelhante, mas muito diferentes nas duas versões, apresentando uma maior uniformidade ($CV= 3$) na versão alterada.

Para os níveis dos bardos as quantidades de calda são significativamente diferentes, mas deixam de o ser quando se considera a interacção com as versões do pulverizador, pelo que se torna

indiferente tratar com uma ou outra versão. A uniformidade da distribuição da calda é semelhante considerando o factor isoladamente ou a sua interacção.

Considerando a pulverização do bardo constatam-se as mesmas variações observadas nos níveis.

Em resumo, o aumento da pressão de 300 para 600 kPa, altera significativamente a quantidade de calda depositada nas plantas, mas, quando se comparam as mesmas pressões nas duas versões, as diferenças observam-se principalmente nas zonas e faces dos bardos. Relativamente à uniformidade esta é ligeiramente superior com a pressão mais alta, sendo muito superior para as zonas e faces quando se utiliza a versão alterada; para as outras situações é sensivelmente igual.

Indicando os débitos determinados em estação aumentos de cerca de 40% pode afirmar-se que as perdas de calda no campo, resultantes do aumento da pressão, são de 10%.

6.2.2- Bicos

Verifica-se um aumento médio de cerca de 55% de cobre quando se passa dos bicos de 1,0 para 1,6 mm, sendo a diferença significativa em todas as zonas da planta. Para as versões do pulverizador aquelas só são significativas para as zonas situadas nas faces exteriores dos bardos. A uniformidade de distribuição é superior nos bicos de maior débito quando utilizados na versão alterada.

Relativamente às faces a quantidade de cobre depositada com os dois tipos de bicos são significativamente diferentes, mas, para a interacção com as versões do pulverizador, apenas os valores das faces exteriores são diferentes. O coeficiente de variação da deposição indica uma maior uniformidade nos bicos de maior débito. Para a interacção com as versões do pulverizador a uniformidade é superior na versão alterada.

Para as zonas agrupadas segundo os níveis, a interacção deste factor com as versões não indicam diferenças significativas na quantidade de calda depositada; para os bicos considerados isoladamente a diferença é significativa. Relativamente à homogeneidade observa-se uma ligeira melhoria de distribuição na interacção com a versão original. Esta pode resultar do choque dos jactos de ar na versão alterada, que incidem alternadamente a diferentes níveis nas paredes da vegetação; esta situação é semelhante à observada com o factor pressão.

Para os bardos também não se constata diferenças significativas nas quantidades e uniformidade de distribuição da calda.

Do exposto conclui-se que a mudança de bicos conduz a resultados qualitativos semelhantes aos observados com a variação da pressão.

Comparando os resultados da uniformidade de distribuição estes estão de acordo com os observados por Lecocq (1989) que refere que os bicos de maior débito permitem obter uma maior uniformidade, pois sendo as gotas maiores verificam-se menos perdas por deriva.

Kepner (1978) considera que o aumento do diâmetro das pastilhas dos bicos, mantendo constantes as restantes condições de funcionamento, permite aumentar o ângulo do jacto tornando assim a distribuição mais homogénea.

6.2.3- Castas

Comparando os valores de cobre depositados nas diferentes zonas das duas castas, não são, na maioria das situações, significativamente diferentes; esta constatação observa-se quer consideremos o valor médio quer numa ou noutra versão. Relativamente à uniformidade não se verifica igualmente diferenças.

Para as faces dos bardos a quantidade de cobre depositada numa ou noutra casta não são significativamente diferentes, mas comparando os valores obtidos com uma ou outra versão são significativamente diferentes nas faces interiores, sendo superiores com a versão original. A uniformidade de distribuição na versão alterada é superior à verificada nas outras situações. A maior deposição nas faces interiores obtida com a versão original deve-se à utilização de mais um bico, o que aumenta a diferença relativamente às outras faces, o que faz com que se verifique uma baixa uniformidade quando se consideram todas elas.

Relativamente aos níveis e bardos o factor castas isoladamente ou em cada uma das versões não altera significativamente os valores depositados e sua uniformidade.

Em resumo pode afirmar-se que as castas não interferem significativamente na deposição da calda e na uniformidade de distribuição, mas quando se comparam as interações com as versões do pulverizador a versão alterada conduz a uma maior uniformidade.

A não interferência das castas na deposição e uniformidade do cobre deve-se, possivelmente, ao mesmo tipo de condução das plantas. Caso esta fosse diferente o volume da copa condicionaria a penetração das gotículas e conseqüentemente a sua distribuição (Bryant, 1985).

6.2.4- Versões do pulverizador

Considerando as zonas das plantas verificam-se diferenças significativas dos valores de cobre obtidos com uma ou outra versão, sendo o aspecto mais saliente a diferença observada nas zonas exteriores ao nível dos cachos. Relativamente à uniformidade dos depósitos a versão alterada apresenta uma distribuição mais regular.

Para as faces dos bardos verificam-se igualmente diferenças significativas nos depósitos e sua uniformidade; a uniformidade, quando comparada com a obtida para as diferentes zonas, é superior nesta situação.

Relativamente aos níveis a diferença apenas é significativa para o nível inferior, onde se situam a maioria dos cachos, sendo a uniformidade de distribuição ligeiramente superior com a versão original. Este facto deve-se a que na versão alterada a zona dos cachos é pulverizada com um par de bicos o que conduz a uma deposição de cobre bastante grande quando comparada com os restantes níveis, fazendo com que a distribuição no plano vertical seja menos homogênea com esta solução.

Para tratamento ao nível dos bardos é indiferente a utilização de uma ou outra versão.

Comparando os valores de cobre constata-se que existe uma maior deposição com a versão alterada, cerca de 6%, que é função quer das diferenças nas versões quer do maior débito da versão alterada (+ 25%).

Relativamente à importância da pulverização das zonas dos cachos, o controlo do oídio com fungicidas penetrantes só é possível caso se tratem as duas faces dos bardos (Anónimo, 1982).

6.2.5- Os sectores da rampa

Comparando os valores de cobre obtidos nas diferentes zonas com um ou outro sector da rampa, assim como para a sua interacção com as versões do pulverizador, não se observam diferenças significativas. Relativamente à uniformidade os valores dos coeficientes de variação são praticamente iguais.

Para as zonas agrupadas em faces, níveis ou bardos continua a não se verificar diferenças significativas nos depósitos e sua uniformidade de distribuição.

Em resumo pode afirmar-se que a quantidade de calda depositada e sua homogeneidade de distribuição, como resultado da pulverização com o sector esquerdo ou direito, não são significativamente diferentes pelo que se pode efectuar os tratamentos num ou noutro sentido.

Estes resultados não estão de acordo com os mencionados por vários autores, nomeadamente Sevilla (1986), que considera que a uniformidade dos fluxos de ar condiciona a distribuição da calda na copa das plantas. A não constatação desta relação prende-se, quanto a nós, com a proximidade da vegetação relativamente às saídas do ar, o que faz com que a energia cinética das gotas conferida pela pressão não seja significativamente influenciada pelos fluxos de ar.

6.2.6- Velocidades de avanço

Quando se passa de 3,58 para 4,14 km.h⁻¹ verifica-se uma diminuição do débito por hectare de cerca de 27%, o que conduz, para a maioria das situações, a valores de cobre depositados nas plantas significativamente diferentes.

Assim, e relativamente às diferentes zonas constata-se que, no geral, os depósitos são significativamente diferentes, mas quando se compara a variação da velocidade nas versões do pulverizador, apenas os valores das zonas superior e inferior das faces exteriores e intermédia das faces interiores são diferentes. Relativamente à uniformidade de distribuição, embora não se verifiquem diferenças significativas, a velocidade mais baixa conduz à sua melhoria. Comparando os valores obtidos nas duas versões observa-se uma maior uniformidade com a versão alterada.

Para as faces este factor implica igualmente diferenças significativas nos depósitos, mas a interacções com as versões do pulverizador não são significativamente diferentes. Relativamente à uniformidade, e contrariamente ao verificado para as zonas, a velocidade mais alta, na versão alterada, é superior (coeficiente de variação mais baixo).

Para os níveis e bardos as diferenças quando se altera a velocidade, continuam a verificar-se, mas para a interacção não são significativas. A uniformidade dos depósitos é semelhante para todas as situações.

Do exposto conclui-se que a interacção com a versão alterada permite uma deposição significativamente superior nalgumas zonas das plantas, nomeadamente as exteriores ao nível dos cachos, assim como uma maior uniformidade quando se considera a planta como um todo. Relativamente às outras situações, e para a interacção com as versões do pulverizador, as diferenças não são significativas; a uniformidade, considerando as faces, é muito superior na interacção com a versão alterada, sendo semelhante nas restantes situações.

Relativamente à maior heterogeneidade de distribuição na velocidade mais alta ela está de acordo com os resultados obtidos por diferentes autores, nomeadamente Mathews (1979) e Gohlich (1979) que concluíram que a uniformidade da deposição nas plantas é melhorada quando se utilizam velocidades mais baixas. Gohlich e Selcan (1982), no tratamento de culturas baixas, concluíram que a dimensão longitudinal da nuvem deixada pela pulverização é sensivelmente proporcional à velocidade de avanço o que demonstra bem a influência desta na deriva das gotas.

Elliot (1983) demonstrou que quanto maior for a velocidade de trabalho maiores são as oscilações dos equipamento montados o que origina correntes de turbulência que alteram a trajectória das gotas, e conseqüentemente a homogeneidade da distribuição.

Relativamente às velocidades aconselhadas Planas (1988) concluiu que a variação da velocidade de deslocamento é menos importante nos pulverizadores de jacto projectado, não devendo, no entanto, usarem-se velocidades superiores a 6 km.h^{-1} ; segundo este autor nos pulverizadores de jacto transportado e pneumáticos as velocidade não devem ser superior a $4,5 \text{ km.h}^{-1}$ e, nos pneumáticos com canhão a $2,5 \text{ km.h}^{-1}$. Pons (1989) não aconselha a utilização de velocidades superiores a 4 km.h^{-1} , no tratamento de fruteiras com pulverizadores de jacto transportado, pois conduzem a uma maior heterogeneidade na cobertura e pior penetração nas plantas.

Atendendo às análises e comparações efectuadas para cada um dos factores podemos afirmar que:

- as castas e os sectores da rampa não condicionam praticamente a deposição do cobre nas plantas, pelo que os resultados podem ser extrapolados para as outras castas e a pulverização efectuada em qualquer sentido;

- a distribuição do cobre está intimamente relacionada com as versões do pulverizador;

- nos restantes factores, pressão, bicos e relações de transmissão, verifica-se, em cada uma das versões, uma relação muito estreita entre os níveis destes factores e a deposição do cobre. Para a uniformidade de distribuição nas zonas e faces, a versão alterada é sempre superior, mas para os níveis e bardos as diferenças são pequenas.

Assim, e em função do exposto, pode concluir-se que a versão alterada permite um melhor controlo biológicos das pragas e doenças assim como menores escorrimentos. A relação entre a uniformidade da pulverização ao nível das plantas e o controlo biológico das doenças foi obtido em diferentes estudos, nomeadamente nos efectuados por Western *et al.* (1985). Este autor considera,

no entanto, que existem outros factores importantes, nomeadamente a taxa de cobertura, que podem interferir nessa relação.

Verificando-se uma boa uniformidade na distribuição da calda é possível reduzir os volumes a aplicar por unidade de superfície, diminuindo-se assim as perdas.

Relativamente à deposição de calda nas diferentes situações, verifica-se uma certa analogia, tendo em consideração as condições de realização dos ensaios, com os valores obtidos por Gohlich (1979) em videiras, utilizando pulverizadores de jacto transportado com características semelhantes às do equipamento utilizado, ou seja, com condutas colocadas segundo ângulos de 45°, relativamente à trajectória de deslocamento, e com velocidades terminais dos fluxos de ar de cerca de 7 m.s⁻¹ (ver fig. 3.1). Este autor determinou também a quantidade de cobre depositada por pulverizadores de jacto transportado em cereais, utilizando 400 L.ha⁻¹, com uma pressão de 250 kPa a 3 e 8 km.h⁻¹, obtendo valores médios de 3,9 e 3,8 µg/cm².

Ensaio efectuados por Justes *et al.* (1990) em laranjeiras, comparando diferentes tipos de pulverizadores, indicaram que a distribuição da calda, medida pela determinação do cobre, permitiu obter uma melhor penetração com os pulverizadores de jacto transportado utilizando médios volumes, com baixas velocidades dos fluxos de ar, portanto numa situação semelhante à obtida com a versão alterada. Os baixos valores de cobre depositados nas plantas, menos de metade dos obtidos nos nossos ensaios, resultaram, segundo o autor, da dimensão e compassos da cultura, que não permitiu um transporte eficaz das gotículas pelos jactos de ar.

Ensaio realizados por Val (1988) em laranjeiras demonstraram que os pulverizadores de jacto transportado permitem obter deposições superiores aos outros equipamentos normalmente utilizados (pulverizadores de jacto projectado com bicos oscilantes ou mangueiras e pulverizadores pneumáticos). Estas diferenças são mais acentuadas quando se comparam as zonas exteriores da copa verificando-se, no entanto, uma diminuição para o interior destas, que é mais importante com os outros equipamentos.

Em ensaios efectuados por Herrington *et al.* (1984) no tratamento do míldio, obtiveram-se maior quantidade de fungicida retido nas plantas com 50 L.ha⁻¹, do que com 500-800 L.ha⁻¹, embora estes últimos volumes tenham permitido um melhor controlo biológico da doença. Nestes ensaios os autores demonstraram também que a cobertura dos objectos é um dos aspectos mais importantes no controlo do míldio das macieiras, sendo os coeficientes de variação, quer em termos de quantidade dos depósitos (doses) quer em qualidade (cobertura) mais elevados quando se utilizam volumes mais baixos.

Em determinações efectuadas em videiras, Anónimo (1983), obteve, quando tratou apenas as faces interiores dos bardos, que considerou como tendo 100% de deposição, valores médios nas faces exteriores de 58%, o que é muito superior aos valores por nós obtidos (10%). A explicação para este facto deve estar relacionada com a colocação, no equipamento por nós utilizado, das condutas segundo o ângulo de 45°, o que permite um maior trajecto no interior da folhagem e da maior densidade da vegetação.

Allen *et al.* (1986) no tratamento do míldio das macieiras obtiveram, com um pulverizador de jacto transportado, trabalhando às pressões de 2760 e 620 kPa, 1,8 e 1,7 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ de cobre; o DVM das gotas foi de 120 e 180 μm e os níveis de infecção com míldio de 13 e 27%. Ensaio efectuados por estes autores, utilizando bicos de menor débito mas em maior número, para manter o volume por hectare, permitiram aumentar o depósito de cobre, de 2,8 para 2,9 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, embora os resultados, em termos de eficiência biológica, não tenham sofrido grandes alterações (24 e 27%).

6.3- Resultados dos ensaios efectuados com a versão alterada

A percentagem de área coberta e sua uniformidade são condicionadas nos pulverizadores de jacto projectado e transportado, por factores intrínsecos ao equipamento e às plantas, e nos pulverizadores pneumáticos fundamentalmente pela velocidade do ar (Musillami, 1982). Assim, considerando que o equipamento e plantas são os mesmos, é possível determinar a importância das condições de realização naqueles factores.

6.3.1- Resultados relativos à percentagem de área coberta das plantas

Considerando que a estrutura dos depósitos é função quer da dimensão das gotas quer da distância que as separa (Gohlich, 1979), pode-se afirmar que nos ensaios comparativos foi determinada a primeira destes aspectos, e nestes a uniformidade da deposição.

Relativamente à análise dos dados dos ensaios para determinação das percentagens de cobertura, aquela foi feita considerando os valores médios medidos em cada um dos patamares, sendo os resultados, para cada uma das zonas, os seguintes:

Quadro 6.72- Taxa de cobertura média, em %, para as diferentes zonas das plantas e bardos nos vários patamares.

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	Méd.
Pat.1	36,48	28,13	26,67	49,01	47,42	22,49	54,40	48,18	29,18	31,38	27,72	30,56	35,97
Pat.2	28,29	13,98	15,47	39,56	34,72	19,08	47,15	37,95	19,14	24,83	21,28	25,57	27,25
Pat.3	42,57	30,15	35,40	62,15	56,73	28,60	60,35	55,17	32,50	36,40	30,80	36,01	42,23
Pat.4	35,05	22,78	22,17	46,89	43,01	19,40	52,40	45,24	23,10	29,92	25,83	29,89	32,97

Representando graficamente a taxa de cobertura das diferentes zonas das plantas tem-se:

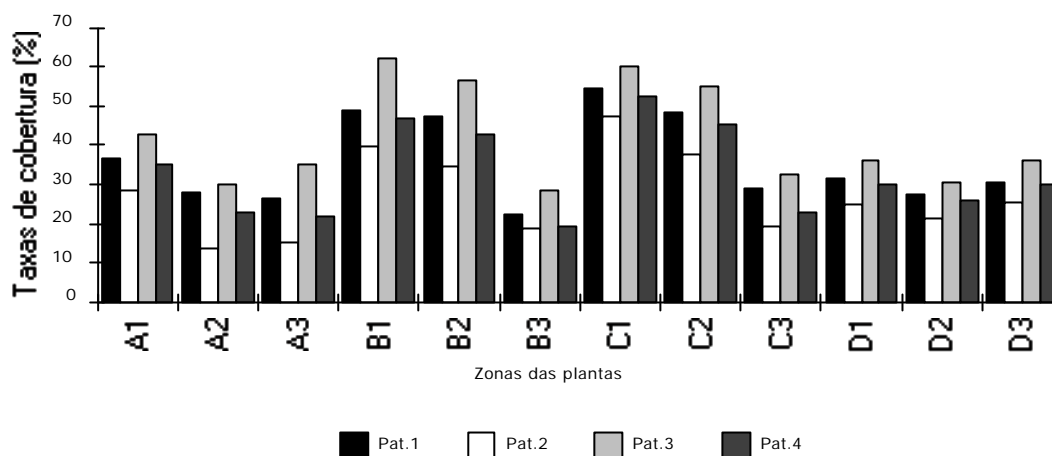


Figura 6.25- Taxa de cobertura, em %, obtidas nos diferentes patamares e zonas das plantas.

Como se pode observar a variação da velocidade e pressão conduzem a variações da taxa de cobertura entre as diferentes zonas de 14 para 62%, sendo os valores mais elevados obtidos ao nível dos cachos; a determinação da relação entre a taxa de cobertura e grau de infecção não foi possível pois não se verificaram quaisquer ataques de oídio.

Comparando os factores utilizados, os volumes de calda aplicados, em $L \cdot ha^{-1}$ e as taxas de cobertura (TC) tem-se:

Quadro 6.73- Factores utilizados, quantidades de calda, em $L \cdot ha^{-1}$, e taxa de cobertura obtida na versão alterada.

Pat.	RT	BR	$L \cdot ha^{-1}$	TC
Pat.1	5	3	306	35,97
Pat.2	6		265	27,25
Pat.3	5	6	427	42,23
Pat.4	6		369	32,97

Da análise do quadro 6.73 pode-se concluir que:

- passando da relação mais baixa para a mais alta a quantidade de calda diminui cerca de 15% e a taxa de cobertura de 30%;

- passando da pressão mais baixa para a mais alta, aumenta-se o débito em 40% e a taxa de cobertura em cerca de 20%.

Assim, e em função destes dados observa-se que, para uma mesma variação do débito, o aumento da velocidade conduz a reduções mais acentuadas nas taxas de cobertura que as pressões, pelo que este factor deve ser utilizado preferencialmente na regulação do débito do pulverizador.

6.3.2- Resultados das percentagens de área coberta do solo

A análise dos resultados das percentagens de área coberta do solo é efectuada de uma forma análoga à utilizada para as plantas sendo os seus valores apresentados no quadro 6.74.

Quadro 6.74- Taxa de cobertura média do solo, em %, nos diferentes patamares.

	ABI	ABM	ABE	CDI	CDM	CDE	Méd.
Pat.1	19,3	40,8	30,6	16,5	28,7	20,0	26,0
Pat.2	15,6	20,6	16,7	14,4	23,2	16,3	17,8
Pat.3	24,1	42,6	35,1	28,0	32,3	28,2	31,7
Pat.4	23,9	41,0	33,9	26,6	31,8	27,0	30,7

Representando graficamente as médias dos valores das taxas de cobertura tem-se:

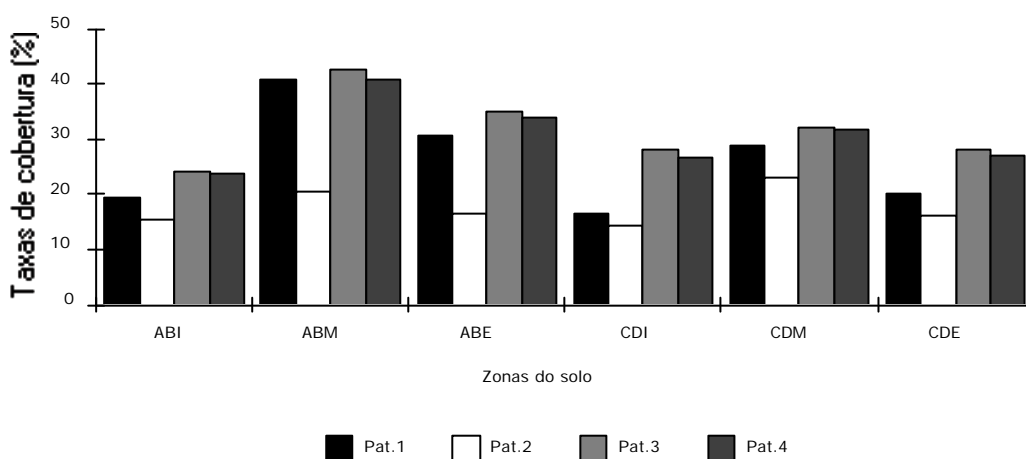


Figura 6.26- Taxa de cobertura média do solo, em %, nas zonas correspondentes à intercepção dos planos verticais das faces dos bardos e plano médio com o solo nos diferentes patamares

Analisando a taxa de cobertura das faixas de papel hidrosensível colocadas no solo, pode afirmar-se que à medida que o débito por hectare aumenta as perdas para o solo aumentam também, aproximando-se os seus valores dos observados nas taxas de cobertura das plantas.

6.3.3- Discussão dos resultados relativos à versão alterada

Relativamente à taxa média de cobertura das plantas varia entre os 27 e os 42 %, o que corresponde a um aumento de 55% enquanto o débito aumenta cerca de 61%: as percentagens mais altas coincidem com as zonas dos cachos.

Comparando estes resultados com os obtidos nos ensaios realizados por Val (1988), em laranjeiras e no combate ao míldio, em que a taxa de cobertura no interior da copa varia de 7 a 13% e no exterior de 20 a 35%, pensamos que é possível, embora as culturas sejam diferentes, um controlo eficaz da doença. Para além destes dados este autor determinou as dimensões das gotas

depositadas no exterior e interior da copa, tendo obtido valores compreendidos entre 230 e 330 μm , e entre 150 e 250 μm , respectivamente.

Ensaio efectuado por Justes *et al.* (1990) com pulverizadores de jacto transportado em laranjeiras, utilizando 2440 e 1220 $\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}$, permitiram obter, no interior da copa, taxas de cobertura de 30 - 40 % e 15 - 20%, respectivamente. Embora o volume mais baixo tenha conduzido a uma diminuição da taxa de cobertura o número de impactos foi superior, o que melhorou a eficiência biológica dos tratamentos.

Combella *et al.* (1984) indicam que a utilização de pressões baixas conduz a maiores variações na distribuição pelo que, considerando os valores por nós utilizados, poder-se-ia aumentar a uniformidade da distribuição utilizando pressões mais altas, sem, no entanto, nos afastarmos muito dos débitos por hectare aplicados.

Gohlich (1985) considera que o sucesso biológico resultante da aplicação dos pesticidas é muito influenciada pela taxa de cobertura dos objectos, sendo esta função, entre outros factores, do volume utilizado, pelo que a determinação deste é muito importante para estimar com precisão o débito a aplicar para se atingir aquele objectivo.

Herrington (1984) determinou a eficiência biológica resultante da utilização de diferentes volumes por hectare, mantendo constantes as doses, tendo obtido melhores resultados com os altos volumes devido à maior área de cobertura e uniformidade do espectro da pulverização. Comparando as quantidades de substância activa depositada nas plantas obteve valores mais altos com baixos volumes pois as perdas por escorrimento foram inferiores.

Allen *et al.* (1986) em tratamentos do míldio das macieiras com pulverizadores de jacto transportado, utilizando volumes de 600, 150, 100 e 50 $\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}$, obtiveram diferentes níveis de infecção, conforme as variedades, sendo, na maioria das situações, os valores mais altos obtidos com os volumes mais baixos; a incidência do míldio variou de cerca 50 e 10 %, para os volumes mais baixos e altos.

Boubals (1991) em ensaios efectuados com pulverizadores pneumáticos, em vinhas, utilizando 100 $\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}$, obteve 690 impactos por centímetro quadrado com velocidades de 4,5 $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$, e apenas 92 a 6,5 $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$. A uniformidade das gotas nesta última situação foi muito inferior à primeira, o que implicou uma diminuição da taxa de cobertura.

Relativamente à penetração das gotículas no interior da copa Young (1985) considera que esta vai diminuindo mas, atendendo à cultura em estudo, sua forma de condução, características dimensionais e número das gotículas projectadas, pensamos que não se verificarão quaisquer problemas em termos de penetração no interior das videiras.

Do exposto a opção final do volume a utilizar, por forma a obter-se uma taxa de cobertura que permita uma boa eficiência biológica do tratamento, deve ser determinado para cada situação, pois a sua variação e a da substância activa podem não conduzir a diferenças significativas, como comprovam os testes efectuados, em cereais por Cooke *et al.* (1983).

Os débitos a aplicar por unidade de superfície devem ser obtidos fazendo variar, dentro de determinados limites, a pressão e só depois as relações de transmissão. A pressão tem, no entanto,

o inconveniente de ser necessário grandes variações para alterar significativamente o débito, pois este é função da raiz quadrada daquela .

Relativamente às perdas para o solo e considerando que os ensaios efectuados com vista à recolha volumétrica dos escorrimentos deram valores praticamente nulos pode concluir-se que as perdas se devem às gotículas mais pequenas que, embora em número bastante elevado, como o demonstram a taxa de cobertura, representam um volume pequeno; atendendo à trajectórias dos fluxos de ar, pensamos que as perdas para a atmosfera deverão ser ainda inferiores às recolhidas no solo.

Os resultados por nós obtidos estão de acordo com os encontrados em citrinos por Justes *et al.* (1991), em que se obtiveram, com pulverizadores de jacto transportado, perdas inferiores a 1,5% do volume aplicado; a utilização de pulverizadores de jacto projectado, com pistolas, originaram escorrimentos compreendidos entre os 20 e 30 %. Estas comparações não consideram os índices de área foliar das culturas.

Ensaio efectuado por Planas (1988), em citrinos, indicaram que as perdas para o solo se devem na quase totalidade ao transporte das gotas por acção directa do ventilador.

Val (1988), em tratamentos em laranjeiras, obteve perdas por escorrimento da ordem dos 25% do volume aplicado utilizando pulverizadores de jacto projectado, não tendo praticamente significado os valores resultantes da utilização de pulverizadores de jacto transportado; segundo este autor as perdas, para este último caso, resultam da evaporação e deriva das gotas.

Capítulo 7

Conclusões

Considerando os estudos e ensaios efectuados pode afirmar-se que um trabalho desta índole não se esgota nos temas aqui apresentados pelo que, para além das conclusões possíveis, se apresentam algumas soluções que a prática demonstrou como muito úteis assim como linhas de trabalho que permitem aprofundar alguns aspectos dos tratamentos da vinha instalada nestas condições.

7.1- Algumas conclusões sobre a metodologia utilizada e dados obtidos

Relativamente à metodologia seguida pensamos que, dentro dos condicionalismos existentes, foi ajustada, pois a determinação do cobre através da espectrofotometria, é uma técnica que, apesar de trabalhosa, é muito divulgada, o que permite a utilização de um grande número de amostras, havendo ainda a vantagem de se dispor de equipamento necessário.

As determinações baseadas na análise de imagem envolvem a utilização de meios mais complexos o que torna os cálculos bastante morosos, pelo que foi necessário reduzir o número de amostras. Estas determinações fornecem, no entanto, os dados mais importantes, pois a taxa de cobertura e sua uniformidade são fundamentais no controlo das doenças. Esta afirmação é defendida por vários autores, nomeadamente:

- Planas (1987) segundo o qual a utilização de folhas de papel hidrosensível permite determinar a proporção de superfície coberta por pulverização, o escorrimento, ausência total de pesticidas sobre determinadas zonas, assim como o número de gotas por unidade de superfície e sua dimensão;

- Val (1988) utilizou esta técnica para análise da distribuição de gotas em diferentes zonas da planta mas agrupou os valores obtidos em cinco classes (0-20-40-60-80-100), conforme a superfície coberta, sendo o valor 100 atribuído à área total da folha de papel.

Relativamente a outras técnicas é de salientar as que se baseiam na utilização de uma câmara escura iluminada com luz ultravioleta, que permite fotografar os impactos resultantes da pulverização da calda, à qual se adiciona uma substância fluorescente. Esta técnica, segundo Stonehouse (1991), é de fácil aplicação e permite obter os registos fotográficos no campo .

À semelhança do que se tem verificado para a maioria dos estudos que envolvem uma certa complexidade e morosidade, têm-se elaborado modelos para predicção ou análise de distribuição das gotas, tendo-se verificado, no entanto, que a sua abordagem teórica é extremamente complexa pelo que é necessário proceder à realização de ensaios nas diferentes situações (Bache, 1985).

Relativamente aos dados obtidos, os do primeiro ano não deixam dúvidas sobre a necessidade de uma distribuição o mais homogénea possível dos bicos em torno das plantas, para que não se verifiquem problemas de sub ou sobredosagem com todas as consequências negativas que daí resultam.

Para além dos aspectos relativos à uniformidade de distribuição da calda a utilização de todos os bicos neste tipo de pulverizadores é muito importante pois, caso contrário, em virtude da obstrução de algumas das saídas do ar, as características deste circuito são alteradas o que torna a velocidade e débito dos fluxos bastante irregulares. A obstrução de algumas condutas de ar faz com que a velocidade, ao regime normalizado da tomada de força, possa ser demasiado alta nas restantes condutas o que conduz a perdas para a atmosfera, podendo, inclusivamente, afectar mecanicamente as partes mais sensíveis das plantas.

A pulverização da face interior dos bardos, quando as plantas se encontram no início do desenvolvimento vegetativo, conduz a uma sobreposição dos jactos, com perdas importantes de calda; este aspecto torna-se mais grave devido à inexistência de correntes de ar de sentido contrário que permitam um aumento da turbulência que diminua a velocidade das correntes no interior das plantas.

Considerando a versão alterada e relativamente à taxa de cobertura das zonas mais propensas ao ataque dos fungos, pensamos que é suficiente para um controlo efectivo, especialmente se forem utilizados fungicidas penetrantes ou sistémicos. As determinações efectuadas não foram infelizmente elucidativas neste aspecto, pois praticamente não se verificaram infecções nas plantas onde se efectuaram os ensaios, embora a comparação com outros trabalhos nos permita fazer estas afirmações.

7.2- Algumas conclusões sobre a adaptação dos equipamentos à cultura da vinha instalada em patamares com dois bardos

Os pulverizadores de jacto transportado existentes no mercado português e normalmente utilizados na cultura da vinha, não estão adaptados aos patamares de duas linhas, pois, entre outros inconvenientes, permitem apenas tratar as faces interiores dos bardos.

Relativamente ao pulverizador estudado foram efectuadas várias alterações por forma a ultrapassar algumas das suas limitações. A primeira é a dificuldade da utilização racional dos cinco pares de condutas, que, embora se ajustem ao tratamento de fruteiras, não permite uma distribuição homogénea nas faces dos bardos, devido à sobreposição dos jactos; este aspecto é particularmente evidente durante o início do ciclo vegetativo da cultura.

Assim, e como forma de se contornar este problema pode-se optar por obstruir o par superior das condutas, solução geralmente utilizada pelos viticultores, ficando o equipamento apenas com quatro condutas de cada lado. Esta alteração não implica uma heterogeneidade da distribuição da calda na face do bardo, pois o comprimento do trajecto das gotas é relativamente pequeno, não sendo a sua trajectória significativamente alterada pelas correntes de ar; a utilização destes equipamentos em fruteiras deve ter em consideração estes aspectos.

Sendo esta solução a mais simples não nos parece, no entanto, a mais ajustada pelo que se optou pela utilização dos cinco pares de bicos, utilizando os dois superiores para pulverizar as faces

exteriores dos bardos, procedendo-se a ensaios comparativos com estas duas soluções, com vista a estudar a distribuição da calda nas plantas, a eficiência biológica e os escorrimentos para o solo.

A comparação dos resultados obtidos com estas duas versões do pulverizador e relativos à distribuição da calda nas plantas, realçam a importância da colocação das condutas em volta da copa; os coeficientes de variação dos valores de cobre depositados nas plantas, indicam uma maior uniformidade de distribuição com a versão que utiliza os cinco pares de condutas.

Relativamente ao escorrimento, ao nível das folhas e no plano vertical das faces interiores, aquele foi mais acentuado na versão original, pois a calda acumulava-se em maior quantidade na extremidade daquelas; não se verificaram, no entanto, escorrências significativas para o solo. Com a versão alterada não se observam praticamente deposições na extremidade das folhas nem perdas para o solo.

Assim, e considerando que uma melhor distribuição contraria a sub e sobredosagem dos produtos, procedeu-se ao estudo da determinação da taxa de cobertura em diferentes zonas da planta e em diferentes situações. Foram igualmente determinadas a taxa de cobertura do solo correspondente à projecção vertical das plantas.

Apesar do insucesso relativo a alguns dos objectivos que nos propusémos determinar a introdução de alterações permitiu um melhor desempenho do equipamento, havendo, no entanto, alguns melhoramentos a introduzir.

Assim, e à semelhança do efectuado com o pulverizador em estudo, pensamos que a utilização deste tipo de equipamentos, nos patamares de duas linhas, deve ter em consideração os aspectos anteriormente referidos, o que pressupõe a introdução de alterações nos equipamentos, por forma a melhorarem-se as suas "performances".

7.3- Principais limitações da versão alterada do pulverizador.

Entre os principais problemas observados no tratamento da cultura da vinha com a versão alterada destacam-se as seguintes:

- a presença de "mancas" e curvas nos patamares ;
- a não contenção da vegetação ;
- a deficiente construção e manutenção dos patamares

7.3.1- A presença de "mancas" e curvas nos patamares

A presença de "mancas", bardos com um comprimento inferior ao do patamar, obriga a paragens para levantar as condutas exteriores; esta operação é efectuada utilizando um circuito hidráulico accionado pelo tractor. Estas interrupções resultam do aumento da distância da entre-linha devido à presença da "manca", o que faz com que os bucais exteriores se aproximem das faces exteriores dos bardos.

Para continuar a pulverização é necessário recuar até à zona onde o tratamento foi suspenso, aproximando-se um dos pendurais da face interior de um dos bardos. Nesta situação apenas um dos

bardos exteriores do patamar e a "manca" são pulverizados, sendo depois tratado o outro bardo apenas com um sector da rampa; considera-se que existe apenas uma "manca".

Para além da diminuição da eficiência de campo resultante destas paragens, verificam-se sobredosagens quando da imobilização do pulverizador, pois, normalmente, não se utilizam bicos anti-gota; estas perdas ocorrem também na mudança de patamar o que acarreta um acréscimo do débito por hectare assim como uma maior contaminação do solo.

A existência de curvas nos patamares implica que os bucais exteriores da rampa, correspondentes à zona interior da curva, se aproximem das plantas. Caso estas estejam tombadas para esse lado ou o terreno apresente irregularidades resultantes, por exemplo, da mobilização com escarificadores, pode acontecer que esses terminais se prendam na vegetação obrigando a parar e ao afastamento manual do pendural. Este é articulado permitindo a sua rotação por forma a poder-se parar o tractor sem danificar o pulverizador e/ou plantas.

7.3.2- Não contenção da vegetação ou a despona das faces interiores dos bardos

A não contenção da vegetação provoca um grande desenvolvimento da copa o que altera a distribuição da calda, podendo mesmo interferir com os bucais de saída do ar. Este aspecto tem-se verificado ultimamente com mais frequência nas parcelas em que se procede à despona mecânica das faces interiores dos bardos, o que faz com que as plantas "tombem" para o exterior dificultando a passagem, dos bucais exteriores. A operação de despona mecânica é muito recente pelo que terá de ser melhor estudada por forma a atingir os seus objectivos sem, no entanto, condicionar os restantes trabalhos.

7.3.3- A deficiente construção e manutenção dos patamares

A deficiente construção e manutenção dos patamares, nomeadamente a existência de declive lateral nas entre-linhas, mais frequentes junto às estradas de acesso, faz com que as condutas exteriores, devido à articulação dos pendurais, se aproximem dos bardos podendo prender-se nestes ou nos esteios terminais.

Outro dos problemas que ocorre com alguma frequência é a não existência de folgas entre os bardos interiores e os taludes, o que acontece, por exemplo, quando há desabamento de terras, o que faz com que os pendurais onde estão fixos os bucais exteriores rodem alterando a direcção do jacto da calda.

7.4- Melhoramentos a introduzir no equipamento

Para além das alterações efectuadas pensamos que o desempenho do pulverizador será ainda melhorado com a introdução de:

- rodas de suporte;
- sistemas sonoros

- um sistema hidráulico que permita o ajustamento da distância das condutas exteriores relativamente às faces dos bardos.

7.4.1- Utilização de rodas de suporte

A montagem de rodas de tancharia nestes equipamentos anula a necessidade da regulação em altura e reduz as oscilações com a consequente diminuição da amplitude dos movimentos dos pendurais de suporte das condutas o que altera a uniformidade de distribuição da calda na planta. A presença destas rodas evita também os riscos de desequilíbrio longitudinal do conjunto, especialmente nas manobras para mudança de patamar, tornando mais segura e cómoda a condução.

É de salientar que a utilização de rodas de tancharia foi já por nós ensaiada anteriormente, em pulverizadores e nesta cultura tendo-se obtido muito bons resultados.

7.4.2- Utilização de avisadores sonoros

A utilização de avisadores sonoros que alertem o operador quando da rotação da estrutura de suporte é importante se se pretende utilizar o pulverizador durante muito tempo, pois, caso contrário, é necessária uma atenção permanente para detectar quando as condutas exteriores se prendem nas plantas. Este problema é mais frequente nas curvas dos patamares e com a estrutura relativa ao interior da curva, podendo, no entanto, ser diminuído com a utilização de protecções, tipo patim, por forma a desviar a estrutura da vegetação.

7.4.3- Utilização de um sistema hidráulico para ajustamento da distância das condutas exteriores às faces dos bardos

É, sem dúvida, a alteração que maior vantagem traria pois evitava-se uma grande parte dos problemas resultantes da apreensão das condutas exteriores nas plantas. Esta alteração permitiria também o ajustamento da distância dos pendurais à entre-linha, que é necessário fazer quando do aparecimento das "mancas".

A não inclusão deste melhoramento prendeu-se com os encargos que esta solução acarreta, pois, para além do sistema hidráulico para fazer deslizar os sectores da rampa, é necessário a montagem de um sistema de distribuição no tractor para o seu accionamento.

7.5- Estudos futuros

A utilização de um pulverizador com as características propostas parece-nos a solução "ideal" para aplicação de fungicidas nas condições em estudo, devendo, no entanto, aprofundar-se ainda alguns aspectos entre os quais destacamos:

- utilização de diferentes volumes para cada situação;
- utilização de regimes da tomada de força mais baixos;
- determinação dos índices de retenção das gotas nas plantas;

- determinação da dimensão das gotículas.

7.5.1- Utilização de diferentes volumes para cada situação

Mathews (1979) define a dosagem a aplicar em cada situação em função, entre outros factores, da superfície a tratar, do grau de infecção anterior, do desenvolvimento vegetativo da cultura e das condições meteorológicas.

Assim, considerando que a tendência actual é para a diminuição do volume por hectare, para o que se utilizam aditivos cada vez mais elaborados, capazes de aumentar a eficiência das substâncias activas, e equipamentos que distribuem mais uniformemente a calda nas plantas, torna-se cada vez mais importante o conhecimento do débito mínimo que permita um controlo eficaz das pragas e/ou doenças.

Relativamente à dose da substância activa Western *et al.* (1985), em ensaios efectuados em cereais, aconselham a utilizar a mesma dose de herbicida, quer este seja aplicado por pulverizadores de jacto projectado ou centrífugos. Para fruteiras e aplicação de insecticidas, estes autores aconselham a reduzir quer o volume quer a dose com este último tipo de equipamento; para os fungicidas não aconselham estas reduções, devido à diminuição da taxa de cobertura que a diminuição do volume acarreta.

Vagny (1984) considera que a dose da substância activa deve ser corrigida em função do volume a aplicar por hectare, pois os valores normalmente indicados pelos fabricantes referem-se à aplicação de 1000 L.ha⁻¹, com pulverizadores de jacto projectado; a dose por hectare corresponde à dose por hectolitro multiplicada por 10.

Pensamos que seria importante efectuar estudos semelhantes com os equipamentos empregues na cultura da vinha, tendo em consideração a densidade dos impactos, sua dimensão e difusão assim como a dose da substância activa.

Para além do estudo da variação do volume na eficiência biológica dos tratamentos, seria importante analisar a sua influência ao nível da eficiência de campo. Audsley (1986) elaborou um programa para explorações cerealíferas, que permite testar a influência de 34 factores na eficiência de campo, simulando assim diferentes situações e determinando os principais estrangulamentos em cada uma delas.

7.5.2- Utilização de regimes mais baixos da tomada de força

Com a utilização de regimes mais baixos da tomada de força pretende-se adaptar o débito do ar e sua velocidade ao volume da copa, para que esta seja totalmente "varrida", sem, no entanto, haver desperdício de energia. Considerando as diferenças de volume e densidade da copa durante o ciclo vegetativo pensamos que a redução do regime, especialmente no início do desenvolvimento vegetativo, seria suficiente para criar correntes de ar que permitissem o transporte das gotas a todas as partes da planta e diminuíssem os estragos que os fluxos de ar podem conduzir especialmente nas partes mais jovens das plantas.

Ensaio efectuado por Planas (1988) com regimes de 400 r.min⁻¹, em macieiras, conduziram a diminuições de deposição da calda apenas nas zonas mais afastadas das saídas do ventilador.

Planas (1988) refere igualmente como velocidade mínima do ar para transporte das gotas, no tratamento dos citrinos, os 3 m.s⁻¹.

Considerando os ensaios efectuados por Gohlich (1979), em vinhas, compreende-se a importância do ajustamento da velocidade do ar, para além do direccionamento dos jactos e disposição dos bicos, na deposição da calda.

7.5.3- Determinação dos índices de retenção das gotas nas plantas

Relativamente aos índices de retenção, ou seja à relação da quantidade de calda depositada na planta e a aplicada, era necessário conhecer as perdas para o solo e atmosfera, o que implicaria a utilização de equipamento específico. Estas determinações podem ser efectuadas de uma forma menos rigorosa comparando o número de gotas depositadas numa dada área relativamente ao número de gotas resultantes da pulverização do volume de calda aplicado naquela área (Herrington, 1985).

7.5.4- Determinação da dimensão das gotas

A determinação da dimensão das gotas pode ser efectuada de diferentes formas, nomeadamente as folhas de papel hidrosensível ou, com mais rigor, com a utilização de um filme de polietileno coberto com vaselina. Este, depois de pulverizado, é fotografado, sendo a dimensão das gotas efectuada com um analisador óptico.

Justes *et al.* (1990) consideram que com a utilização destes meios é possível determinar diâmetros superiores a 40 µm assim como o número de impactos, o que permite conhecer a taxa de cobertura e sua uniformidade, nas amostras.

A utilização de analisadores electrónicos que fazem a leitura automática da dimensão e número de gotas, assim como a sua interpretação estatística, permite, no entanto, uma maior precisão dos dados.

Assim, e em resumo, pode afirmar-se que sem grandes alterações ao nível da forma de instalação da cultura e sua condução é possível encontrar um equipamento que permita, mediante algumas alterações, adaptar-se à cultura da vinha instalada em patamares de duas linhas da Região Demarcada do Douro, sendo, no entanto, necessário estudar as diferentes situações, quer em relação às condições de execução dos tratamentos, quer às castas, produtos químicos e estrutura dos depósitos.

Bibliografia

- Adams, A. (1986). Using electrostatics to exploit the biological effectiveness of very small insecticides droplets. *Science, Sprays and Sprayers*, 16-17. Agricultural and Food Research Council. London.
- Agulhon, R.; Vagny, P. (1986). Conditions d' application des fongicides sur la vigne. *Progrès Agricoles et Viticole* **6**: 156-159
- Agulhon, R. (1987). Protection raisonnée du vignoble. *Progrès Agricole et Viticole* **21**: 463-466
- Agulhon, R.; Schmid,A. (1988). La lutte intégrée en viticulture. *Progrès Agricoles et Viticole* **7**: 169-175
- Agulhon, R. (1989). La résistance aux fongicides un des problèmes majeurs. *La France Viticole* **58**: 75-76
- Allen, J.; Austin, D.; Butt, D. (1986). Improving the efficiency of top fruit spraying. *Science, Sprays and Sprayers*, 8-9. Agricultural and Food Research Council. London
- Almeida, J. Aguiar, F.; Magalhães,N. (1982). Mecanização das vinhas de encosta. Contribuição para o estudo da vinha ao alto. Régua. ADVID.
- American Society of Agricultural Enginners (1984). Terminology and definitions for agricultural chemical applications. *ASAE S* **327.1**: 224-225. St. Joseph. ASAE.
- American Society of Agricultural Enginners (1984). Guide for preparing field sprayer calibration procedures. *ASAE EP* **367.1**:272-273. St. Joseph. ASAE.
- American Society of Agricultural Enginners (1984). Calibration and distribution pattern testing of agricultural aerial application equipment. . *ASAE EP* **367.1**:288-290. St. Joseph. ASAE.
- Anónimo (1979). Compte rendu de la table ronde sur l' organisation rationnelle de la lutte contre les ennemis de la vigne et nouveaux produits de traitement. *Progrès Agricoles et Viticole* **24**: 501-512
- Anónimo (1980). Quelques indications sur les nouveaux fongicides actifs contre le mildiou de la vigne. *Progrès Agricoles et Viticole* **9**: 184
- Anónimo (1981). Traitements des vignes: les erreurs à éviter. *Progrès Agricoles et Viticole* **3**: 70
- Anónimo (1982). Mise au point annuelle pour la lutte contre le Mildiou de la vigne. *Progrès Agricoles et Viticole* **7**: 161-165
- Anónimo (1982). L' Oidium pose de graves problemes a la viticulture. *Progrès Agricoles et Viticole* **22**: 521- 527
- Anónimo (1984). Evolution de la lute contre le mildiou de la vigne. Conséquences de l'utilisation des produits systémiques. *Progrès Agricoles et Viticole* **22**: 525- 530

Anónimo (1985). Poudrages et poudreuses en viticulture. Progrès Agricoles et Viticole **4**: 95-98

Anónimo (1988). La lutte chimique contre le mildiou de la vigne en 1988. Progrès Agricoles et Viticole **6**: 153-154

Anónimo (1988). Traitements d'hiver de la vigne. Progrès Agricole et Viticole **3**: 55-64

Anónimo (1990). Éclaircissage chimique par pulvérisation d'éthéphon. Progrès Agricoles et Viticole **7**: 170-171

Anónimo (1991). Nouvelles données pour le désherbage de prélevée de la vigne. Progrès Agricoles et Viticole **5**: 103-106

Argillier, J. (1989). Le cordon bilatéral de royat. Transformation des gobelets en vigne palissée. Progrès Agricoles et Viticole **10**: 235-242

Audsley, E. (1986). Using operational research models to improve sprayer performance. Science, Sprays and Sprayers 4-5. Agricultural and Food Research Council. London

Bache, D.H. (1985). Prediction and analysis of spray penetration into plant canopies. BCPC Monogram **28**: 183-190

Barrufet, J.M. (1988). Utilization del systema de analisis de imagen optomax V en el estudio experimental de boquillas de pulverizacion. Feria Internacional de la Maquinaria Agrícola **88**: 223-232

Beau, C. (1983). Travail du sol, désherbage et protection du vignoble. Tracteurs et Machines Agricoles **810**: 43-44

Beau, C. (1983). Un ULM à vocation agricole. Tracteurs et Machines Agricoles **810**: 44-45

Becker, H. (1978). Mise en ouvre des produits nouveaux de lutte contre le botrytis dans le réencépagement des vignobles. Progrès Agricoles et Viticole **19**: 549-550

Bernard, J. (1989). La pourriture grise des raisins. Histoire d'une redécouverte. Progrès Agricoles et Viticole **17**: 374-378

Bellile, F.; Lacouture, J.; Sarrazin, J.; Courlit, Y.; Menard, E. (1984). Les produits anti-mildiou: vigne. Leurs caractéristiques - leur modes d'emploi. Progrès Agricoles et Viticole **7**: 179-181

Bernard, A.; Mur, G.; Chalies, C. (1984). Etude structurale de la feuille d'Aramon et de Carignan en relation avec le développement de l'Oidium. Progrès Agricoles et Viticole **7**: 192-196

Bianchi de Aguiar, F. (1987). Comportamento à tracção do tractor de rasto nos novos sistemas de cultura da vinha na Região Demarcada do Douro. Vila Real. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.

- Bianchi de Aguiar, F.; Santos, F. (1989). Mecanização das vinhas de encosta da Região Demarcada do Douro. Vila Real. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.
- Billy, G. (1983). Protection des cultures. Les produits pour demain. Tracteurs et Machines Agricoles **804**: 63-66
- Bordovsky, J.; Lyle, W. (1985). Quantitative spray deposition analysis using a lithium salt. American Society of Agricultural Engineers Paper **1510**: 1-12
- Bourdier, L.; Agulhon, R. (1987). Le soufre dans la protection du vignoble français. Polyvalence d' action et sécurité. Progrès Agricole et Viticole **12**: 193-296
- Boubals, D. (1978). La biologie du mildiou en rapport avec le mode d' action des nouveaux fongicides. Progrès Agricoles et Viticole **8**: 241-247
- Boubals, D. (1978). Les recherches sur les nouveaux fongicides anti-mildiou. Progrès Agricoles et Viticole **20**:567-569
- Boubals, D. (1979). En année de fort mildiou, comment pourrait-on protéger la vigne avec les nouveaux fongicides?. Progrès Agricoles et Viticole **1**: 16-18
- Boubals, D. (1980). Les fongicides pour lutter contre l' Oidium de la vigne. Progrès Agricoles et Viticole **10**: 205-206
- Boubals, D. (1980). Conclusions pratiques pour la lutte contre l' Oidium et l' Escoriose. Progrès Agricoles et Viticole **22**: 459-465
- Boubals, D.; Mur, G. (1983). Difficultés concernat des fongicides viticoles. Progrès Agricoles et Viticole **4**: 109-113
- Boubals, D. (1984). Le cuivre dans la protection sanitaire de la vigne. Evolution et perspective. Progrès Agricoles et Viticole **7**: 182-191
- Boubals, D. (1987). Les viticulteurs face a la multiplication des produits de traitement de la vigne. Progrès Agricole et Viticole **5**: 110-111
- Boubals, D. (1987). L' Oidium de la vigne a travers le monde. Progrès Agricoles et Viticole **7**: 167-169
- Boubals, D. (1987). Dans la lutte contre l' Oidium de la vigne, les californiens rencontrent des difficultes. Progrès Agricole et Viticole **11**: 261-262
- Boubals, D. (1990). La protection raisonnée de la vigne (1). Sur des contraintes encore à lever. Progrès Agricoles et Viticole **18**: 389-392
- Boubals, D. (1991). Dernières évolutions en matière de matériels viticoles. Progrès Agricoles et Viticole **2**: 39-43

- Boubals, D. (1991). Pour lutter contre l'Oidium de la vigne. Il ne faut pas abandonner le soufre. Progrès Agricoles et Viticole **3**: 53-57
- Bourdier, L.; Agulhon, R. (1987). Le soufre dans la protection du vignobles français. Polyvalence d'action et sécurité. Progrès Agricoles et Viticole **12**: 293-296
- Bouron, H. (1978). Guide-line for biological evaluation of fungicides. EPPO.
- Bosch, F. (1990). Precauciones en el empleo de productos fitosanitarios. Hardi Rama **B**: 3-5
- BP Agriculture (1973). Agriculture et protection de l' environnement. B.P. **110**: 1-24
- BP Agriculture (1976). Traitements de la vigne. B.P. **117**: 1-24
- BP Agriculture (1977). Traitements des arbres fruitiers. B.P. **119**: 1-23.
- BP Agriculture (1978). Précautions d' emploi des produits antiparasitaires. B.P. **124**: 1-24
- BP Agriculture (1989). Contôles électroniques sur les machines à travail de précision. B.P. **153**: 1-24
- Branas, J. (1984). Histoire et fonctions du cuivre dans la viticulture de qualité. Progrès Agricoles et Viticole **22**: 521-523
- Brechbuhler, C. (1987). La pourriture grise et les problèmes de résistance. Progrès Agricole et Viticole **15-16**: 337-340
- Briosa, F. (1984). Glossário ilustrado de mecanização agrícola. Lisboa. Fotogravura União.
- Bryant, J.E.; Courshee, R.J. (1985). The effect of volume of application from hydraulic nozzles on the partitioning of pesticide spray in cereal canopy. BCPC Monogram **28**: 201-210
- Bugaret, Y. (1987). Comment lutter efficacement contre l' Escoriose de la vigne. Progrès Agricole et Viticole **5**: 121-126
- Cabanis, J.; Cooper, J.; Dubernet, M. (1991). Les résidus phytosanitaires dans les vins. Progrès Agricoles et Viticole **8**: 181-185
- Campbell, D. (1986). Minimising soil compaction by spraying vehicles. Science, Sprays and Sprayers, 20-21. Agricultural and Food Research Council. London
- Carbonneau, A. (1980). Recherche sur systèmes de conduite de la vigne: essai de maîtrise du microclimat et de la plante entière pour produire économiquement du raisin de qualité. Station de Recherches de Viticulture. Pont de la Maye.
- Caudwell, A.; Larrue, J.; Valat, C.; Grenan, S. (1990). Les traitements à l' eau chaude des bois de vigne atteints de la flavescence dorée. Progrès Agricoles et Viticole **12**: 281-286

- Cayley, G.; Griffiths, D.; Pye, B. (1986). Exploiting new concepts in sprayer technology. *Science, Sprays and Sprayers*, 10-11. Agricultural and Food Research Council. London
- Centre National du Machinisme Agricole, du Genie Rural, des Eaux et des Forets. (1986). J'entretien et je régle mon pulvérisateur. Antony. CEMAGREF.
- Centre National du Machinisme Agricole, du Genie Rural, des Eaux et des Forets (1988). Les matériel pour la protection des cultures. *B.T.M.E.A.*, **28**: 46-52.
- Centre National du Machinisme Agricole, du Genie Rural, des Eaux et des Forets (1989). Materiel de protection des cultures. *B. T. M. E. A.*, **36**: 22-33.
- Centre National du Machinisme Agricole, du Genie Rural, des Eaux et des Forets (1989). Les matériels pour la protection des cultures. *B.T.M.E.A.*, **39**: 31-38.
- Centre National du Machinisme Agricole, du Genie Rural, des Eaux et des Forets (1982). Livre du Maitre. Les Matériels de Protection des Cultures. 3 ème Édition. 4 ème Partie. Antony. CEMAGREF.
- Centre National du Machinisme Agricole, du Genie Rural, des Eaux et des Forets (1965). Livre du Maitre. Reglage et entretien des machines agricoles. Tome 4. Antony. CEMAGREF
- Centre National du Machinisme Agricole, du Genie Rural, des Eaux et des Forets (1976). L'exique méthodique illustrée du machinisme agricole. Antony. CEMAGREF
- Chaler, G.; Vernet, C.; Leppert, B. (1986). 10^e SITEVI. Causerie technique. Les dispositifs économiseurs de bouille. *Progrès Agricoles et Viticole* **24**: 581-583
- Chaler, G.; Vidal, G. (1988). La lutte contre les ennemis de la grape. *Progrès Agricole et Viticole* **4**: 91-96
- Champagnol, F. (1983). Observations sur l'Oidium dans le vignoble de l' Aude. *Progrès Agricoles et Viticole* **21**: 549-553
- Champagnol, F.; Bruno, G.; Fabre, F.; Jacquet, O. (1985). La bouillie bordelaise en pepiniere viticole. *Progrès Agricoles et Viticole* **6**: 148-150
- Champagnol, F. (1989). Maîtrise des rendements et qualité. *Progrès Agricoles et Viticole* **4**: 91-98
- Chansiaux, M. (1985). A volumes reduits - hautes technicités. *Vitetechnique* **86**: 30-31
- Clement, P. (1978). Mise au point bibliographique sur les fongicides systémiques. *Progrès Agricoles et Viticole* **5**: 105-108
- Clerjeau, R. (1984). Traitements préventifs: simplicité d'abord. *Progrès Agricoles et Viticole* **22**: 534-537

- Clerjeau, R. (1988). La résistance des parasites de la vigne aux fongicides. Quels risques ? Quels moyens de lutte ?. Progrès Agricoles et Viticole **12**: 307-310
- Clerjeau, R. (1988). Le midiou en 1988: les enseignements d' une catastrophe prévisible. Progrès Agricoles et Viticole **20**: 456-459
- Cooke, B.K.; Herrington, P.J.; Jones, K.G.; Western, N.M.; Woodley, S.E.; Chapple, A.C.; Hislop, E.C. (1983). A comparison of alternative spray techniques in cereals. Bristol. University of Bristol. 298 - 309
- Combella, J.H.; Richardson, R.G. (1984). Effect of changing droplet trajectory on collection efficiency. BCPC Monogram **28**: 227-233.
- Comino, J.A.; Gilles, D.K. (1990). Droplet size and spray pattern characteristics of an electronic flow controller for spray nozzles. Journal of Agricultural Engineering Research, **47**: 249-267
- Cormis, L.; Buys, M.; Carbonnel, M. (1988). Les résidus herbicides dans la vigne. Progrès Agricole et Viticole **4**: 97-102
- Correia, J.P.; Ruivo, M.M.; Victório, M.J.; Sotero, M.L. (1989). Como tentar resolver os problemas fitossanitários do míldio da videira. 1º Simpósio da viticultura do Alentejo: 197-205. Évora. D.G.A.A.
- Dempsey, C.R.; Combella, J.H.; Richardson, R.G. (1985). The effect of nozzle type and 2,4-D concentration on spray collection by wheat and weeds. BCPC Monogram **28**: 235-240
- Derksen, R.; Bode, L. (1985). Droplet size comparisons from rotary atomizers. ASAE. Paper **1509**: 1-14
- Desaché, F.; Cantagrel, R. (1989). Résultats d' expérimentation et enseignements à retenir de l' année 1988 pour la lutte contre le midiou, en Charentes. Progrès Agricoles et Viticole **5**: 111-113
- Dubos, B.; Gall, D.; Mur, G. (1989). Les maladies du bois: Esca et Eutypa. Incidences économiques, symptômes et moyens de lutte. Progrès Agricoles et Viticole **6**: 143-147
- Dubos, B.; Gali, D.; Planas, R.; Payan, J. (1991). L' Eutypiose: où en est-on ?. Progrès Agricoles et Viticole **12**: 277-281
- Ducange, M. (1988). Le pulvérisateur, le premier outil de l' exploitation. Cultivar **228**: 56-58
- Ducro, J. (1988). La protección anti-gelada dos cultivos. Feria Internacional de la Maquinaria Agrícola **88**: 247-251.
- Dumartin, M.; Leppert, M. (1986). Pretailleuse pour vignes palissées. Progrès Agricoles et Viticole **1**: 12-13
- Dumartin, M.; Leppert, M. (1988). Les travaux en vert. Progrès Agricoles et Viticole **5**: 116-120

- Dumartin, P.; Lemoine, B.; Marcorelles, S. (1990). Les travaux en vert de la vigne. Progrès Agricoles et Viticole **6**: 143-144
- Elliot, G.; Wilson, B. (1983). The influence of weather on the efficiency and safety of pesticides application. London. BCPC Publications.
- Esmeraldo, C.M. (1989). Meios de luta química contra o oídio da videira (*Uncinula necator*). Notas técnicas sobre os grupos de fungicidas homologados em Portugal para o combate à doença. 1º Simpósio da viticultura do Alentejo: 183-195. Évora. Sapec Agroquímica
- Freydier, M.; Cugier, J.; Cormis, L.; Foulonneau, C. (1989). Influences oenologiques éventuelles des traitements phytosanitaires et conséquences sur l' emploi des pesticides. Progrès Agricoles et Viticole **11**: 260-265
- Frost, A. (1986). Designing spray boom suspension systems. Science, Sprays and Sprayers, 2-3. Agricultural and Food Research Council. London
- Frost, A. (1990). A pesticide injection metring system for use on agricultural spraying machines. Journal of Agricultural Engineering Research, **46**: 55-70.
- Furness, G.O. (1991). A comparison of a simple bluff plate and axial fans for air - assisted, high - speed, low volume spray application to wheat and sunflowers plants. Journal of Agricultural Engineering Research, **48**: 57-75
- Geiger, R. (1980). Manual de microclimatologia. O clima da camada de ar junto ao solo. Lisboa. Fundação Calouste Gulbenkian.
- Giles, D.; Comino, J. (1990). Droplet Size and Spray Pattern Characteristics of an Electronic Flow Controller for Spray Nozzles. Journal of Agricultural Engineering Research **47**: 249-267
- Giles, D.; Salem, E.; Bagheri, N. (1991). Turbulent Jet Flow Characteristics of a Dual-Port, Air Atomozation Spray Nozzle. Journal of Agricultural Engineering Research **49**: 133-149
- Gloker, O. (1985). Pulvérisation, les choix des constructeurs. Tracteurs et Machines Agricoles **828**:23-25
- Godwin, R. (1984). Mechanical methods of chiminal aplication. Silsoe. Silsoe College
- Goffre, M.; Morel, M. (1988). Pulvérisation l' électronique et la précision des applications viticole. L' électrostatique au serce de la pulvérisation. Progrès Agricoles et Viticole **9**: 231-234
- Gohlich, H. (1979). A contribution to the demands of reduced application rates and reduced drift. British crop protection conference, 767-775.
- Gohlich, H. (1985). Deposition and penetration of spray. BCPC Monogram **28**:173-182

- Griffiths, D.; Pickett, J. (1986). Electrostatic sprayers for behaviour-controlling chemicals. Science, Sprays and Sprayers, 18-19. Agricultural and Food Research Council. London
- Gutierrez, J. (1989). «Fíloxera» destruí a vinha portuguesa. Alimentar **19**: 31-32
- Han, Y.; Bode, L.; Hummel, J. (1985). Controlling chemical application rate with bypass spray nozzles. American Society of Agricultural Engineers **1505**: 1-20
- Herrington, P.J.; Hislop, N.M.; Western, K.G.; Jones, K.G.; Cooke, B.K.; Woodley, S.E.; Chapple, A.C. (1984). Spray factors and fungicidal control of apple powdery mildew. Bristol. University of Bristol.
- Hislop, E. (1986). Improving the performance of spray delivery systems. Science, Sprays and Sprayers, 6-7. Agricultural and Food Research Council. London
- Jacquet, O. (1991). Dernières évolutions en matière de matériels viticoles. Progrès Agricoles et Viticole **2**: 39-43
- Jahn, B.; Bode, L. (1985). Use of laser imaging system for agricultural spray analysis. American Society of Agricultural Engineers, Paper **1504**: 1-16
- Jamet, P. (1991). Residus de pesticide, le rôle du sol. Cultivar **291**: 29 - 30
- Jara, P. (1985). Slot injection herbicides. American Society of Agricultural Engineers Paper **1515**: 1-17.
- Jardim, M.; Pereira, M. (1985). Terminologia, Símbolos e Unidades de Grandezas Físico-Químicas. Escolar editora
- Johnstone, D.R. (1978a). The influence of physical and meteorological factors on the deposition and drift of spray droplets of controlled size. Symposium on controlled drop application, 43-57.
- Johnstone, D.R. (1978b). Statistical description of spray drop size for controlled drop application. Symposium on controlled drop application, 35-41.
- Jones, H.G. (1983). Plants and microclimate. A quantitative approach to environmental plant physiology. Cambridge. University Press.
- Justes, F., Sanchez, S., Ibañez, R., Val, L., Garcia, C. (1990). Measurement of spray deposition and efficiency of pesticides application in citrus orchards. Journal of Agricultural Engineering Research, **46**: 187-196
- Kepner, R.; Bainer, R.; Barger, E. (1978). Principles of farm machinery 3th edition. Connecticut. AVI Publishing Company, INC.
- Lacombe, J. (1988). Hardi: ou vend une technique d'adaptation. Tracteurs et Machines Agricoles **880**: 14-16

- Lafon, R.; Bugaret, Y.; Bulit, J. (1978). Progrès récents dans la lutte contre le mildiou. Progrès Agricoles et Viticole **8**: 231-237
- Laffont, J., Rateau, A. (1984). Pulverisations et pulverisateurs. Paris. La Nouvelle Librairie.
- Lafon, P. (1983). Hardi mise sur les bas volumes. Tracteurs et Machines Agricoles **811**: 47
- Lafon, P. (1984). Protection des cultures. Tracteurs et Machines Agricoles **816**: 35-39
- Lafon, P. (1985). Protection des cultures. Tracteurs et Machines Agricoles **827**: 37-40
- Lafon, P. (1987). Pulverisateurs viticoles. La technologie passe mal. Tracteurs et Machines Agricoles **878**: 35-36
- Lafon, P. (1988). Pulverisateurs: de qualité à revendre. Tracteurs et Machines Agricoles **880**: 30-35
- Lafon, R.; Steva, H.; Cartolaro, P. (1990). Stratégie de lutte contre l' Oidium. Les risques de résistance aux fongicides. Progrès Agricoles et Viticole **4**: 99-102
- Lamas, R. (1988). Influência del desgaste de la boquilha en la poblacion de gotas. Feria Internacional de la Maquinaria Agrícola **88**: 209-222.
- Laws, S.; Cooper, S. (1985). Depositional characteristics of charged droplets applied by an orchard air-blast sprayer. American Society of Agricultural Engineers Paper **1511**: 1-15
- Lecocq, J. (1987). Pulverisation et service. Tracteurs et Machines Agricoles **876**: 44-47
- Lecocq, J. (1989). Buses à fente vers de volume réduit. Tracteurs et Machines Agricoles **893**: 46-50
- Lecocq, J. (1989). Suspensions des rampes de pulverisateurs. Tracteurs et Machines Agricoles **894**: 23-26.
- Lecointre, M.; Badier, M. (1989). Essai d' éclaircissage chimique par pulvérisation d' acide gibbérellique ou par pulvérisation d' éthéphion en 1988. Progrès Agricoles et Viticole **3**: 65-69
- Lecomb, Y. (1988). Hardi: on vend une technique d' application. Tracteurs et Machines Agricoles **880**: 14-16.
- Leppert, B. (1985). Les appareils de traitements. Vititechnique **86**: 27- 29
- Leppert, B.; Pradier, L. (1991). Epamprage chimique de la vigne. Progrès Agricoles et Viticole **12**: 283-285
- Little, T.M.; Hills, F.J. (1977). Agricultural experimentation design and analysis. New York. John Willy and Sons
- Manterola, L. (1990). La mecanización de los tratamientos fitosanitarios en el cultivo de cítricos. Máquinas y Tractores Agrícolas **7**: 30-33

- Marcelin, H.; Vidal, G.; Pujol, B. (1985). Interet des soufrages insecticides dans la lutte contre l' Eudemis de la vigne. Progrès Agricoles et Viticole **13-14**: 329-330
- Marcelin, H.; Vidal, G. (1987). Efficacité pratique des insecticides contre les tordeuses de la vigne. Progrès Agricole et Viticole **23**: 539-542
- Martin, H. (1978). The scientific principles of crop protection. 6 th edition. London. Edward Arnold.
- Martin, L. (1985). Normes internationales pour les unités et les mesures. Tracteurs et Machines Agricoles **828**: 31-34
- Martin, M.; Perez, P.; Castillo, N.; Piedra, A.; Latorres, G. (1987). Calidad de aplicación de tratamientos cupricos en olivos. Feria Internacional de la Maquinaria Agrícola **87**: 109-114.
- Mathews, G.A. (1979). Pesticides application methods. London. Butler & Tanner.
- McFarlane, N. (1989). L'avenir des produits de traitement des cultures. Hardi Rama **F**: 20-23
- Miller, P. (1986). The engineering design and evaluation of electrostatic spraying systems. Science, Sprays and Sprayers, 14-15. Agricultural and Food Research Council. London
- Miralles, A. (1987). L'analyse d'image en pulvérisation agricole. Montpellier. Centre National du Machinisme Agricole, du Génie Rural, des Eaux et des Forêts
- Molot, B. (1986). La modélisation du mildiou de la vigne. Vers une approche d' une lutte raisonnée ?. Progrès Agricoles et Viticole **15-16**: 375-377
- Molot, M.; Strizyk, M.; Boureau, M. (1987). L' utilisation des techniques de modélisation dans la protection des vignes. Progrès Agricole et Viticole **1**: 17-21
- Molot, B. (1987). La modélisation de la pourriture grise de la vigne par système d' E.P.I. Progrès Agricole et Viticole **15-16**: 355-358
- Molot, B. (1988). Le mildiou dans le Gard en 1988. Origines des echecs. Progrès Agricoles et Viticole **22**: 531-532
- Moncomble, M.; Molot, M. (1988). La pourriture grise et les phénomènes de résistance. Progrès Agricoles et Viticole **10**: 251-255
- Morny, A. (1990). La pulvérisation redémarre au quart de tour. Tracteurs et Machines Agricoles **910**: 10-21
- Musillami, S. (1982). Généralités sur les pulvérisations. 1^{ème} Edition. Antony. Centre National du Machinisme Agricole, du Génie Rural, des Eaux et des Forêts
- Mur, G. (1978). Étude du mode d' action des nouveaux fongicides anti-mildiou pénétrants et systémiques. Progrès Agricoles et Viticole **20**: 570-585

- Mur, G.; Vergnes, D.; Boubals, D. (1980). Essais de fongicides dans la lutte préventive contre l' Escoriose de la vigne. *Progrès Agricoles et Viticole* **22**: 456-458
- Mur, G. (1986). Recherche de fongicides actifs sur les champignons *Eutypa Armeniaca* et *Stereum Hirsutum*. *Progrès Agricoles et Viticole* **6**: 160-161
- Mur, G. (1988). Les maladies du bois de la vigne. *Progrès Agricoles et Viticole* **24**: 575-577
- Mur, G. (1990). L' effet du cuivre sur le développement du champignon *Eutypa Lata*. *Progrès Agricoles et Viticole* **22**: 502-503
- Mur, G.; Branás, J. (1991). Les maladies du vieux bois. Apoplexie et Eutypiose. *Progrès Agricoles et Viticole* **5**: 108-114
- Novoa, D.; Vidal, G.; Vernet, S. (1988). Lutte contre les vers de la grappe par poudrage. Interet pratique des soufres insecticides. *Progrès Agricole et Viticole* **3**: 67-68
- Oliver, J. (1988). Primeros resultados del programa de revision de equipos para tratamientos fitosanitarios emprendido en la comunidad valenciana. *Feria Internacional de la Maquinaria Agrícola* **88**: 233-238.
- Payan, J.; Sommier, P.; Vagny, P.; Vernet, S. (1986). 9^e SITEVI. Le poudrage. Traitements et poudreuses de nouvelle génération. *Progrès Agricoles et Viticole* **7**: 185-188
- Payan, J. (1987). Mise en evidence de l' action curative du soufre dans la lutte contre l' Oidium de la vigne. *Progrès Agricole et Viticole* **12**: 291-292
- Payan, J.; Cugier, J.; Vernet, C. (1989). Produits et matériels de lutte contre l' Oidium de la vigne. *Progrès Agricoles et Viticole* **5**: 115-119
- Payant, J.; Bugaret, Y. (1990). Excoriose de la vigne. *Progrès Agricoles et Viticole* **2**: 52-54
- Planas, S.; Pons, L. (1987). Resultados parciales del programa de revision de las maquinaria de tratamientos fitosanitarios en cataluna. *Feria Internacional de la Maquinaria Agrícola* **87**: 101-107.
- Planas, S. (1988). Cracterization de ventiladores de pulverizadores hidroneumáticos. *Feria Internacional de la Maquinaria Agrícola* **88**:187-198.
- Piazza, O. (1985). Evolution des techniques d'application. *Vitetchnique* **86**: 30-31
- Pons, L. (1988). Pulverizadores hidroneumáticos: evaluation del rendimiento mecánico. *Feria Internacional de la Maquinaria Agrícola* **88**: 239-246.
- Pons, L. (1989). Revision de la maquinaria de tratamientos fitosanitarios en las principales zonas frutícolas de la Catalunya. *Hardi Rama* **E**:18-19

- Rey, D. (1983). Oidium 1983. Dans les vignobles de l' Aude. Progrès Agricoles et Viticole **21**: 554-557
- Reynier, A. (1980). La lutte intégrée au vignoble et la formation des hommes. Progrès Agricoles et Viticole **17**: 340-342
- Reynier, A. (1986). Manual de Viticultura. Coleção Euroagro, Publicações Europa-América. Gráfica Europam, Lda. Sintra
- Riádigos, R. (1987). Analisis de una poblacion de gotas producidas por uma boquilla utilizando luz laser Fraunhofer. Feria Internacional de la Maquinaria Agrícola **87**: 117-127.
- Riádigos, L.; Luis, R. (1988). Influencia del desgaste de la boquilla de pulverizacion hidraulica en la poblacion de gotas resultante. Feria Internacional de la Maquinaria Agrícola **88**: 211-222
- Richey, C., Jacobson, P.; Hall, C. (1961). Agricultural enginners' hand book. New York. McGraw-Hill Book Company.
- Riffiod, G.; Brechbuler; Sarrazin; Rouas. (1985). Phenomenes de resistance aux fongicides et aux herbicides. Progrès Agricoles et Viticole **8**: 197-206
- Riffiod, G.; Beaune, S. (1987). L' Oidium de la vigne. Progrès Agricole et Viticole **24**: 551-555
- Rocque, B.; Bova, F. (1990). Protection raisonnée du vignoble: les avertissements agricoles. Progrès Agricoles et Viticole **13-14**: 309-311
- Rozier, J.; Cathala, J. (1988). Les matériaux de palissage. Le piquet de vigne. Progrès Agricoles et Viticole **5**: 123-126
- Rozier, J.; Magnen, C. (1988). Évolution des techniques de désherbage , phénomène de résistance, produits ... Progrès Agricoles et Viticole **10**: 260-266
- Santos, F. (1988). O pneumático na agricultura. Vida Rural **21**: 54-58
- Santos, F. (1989). Os pulverizadores; sua escolha, regulação e manutenção. Vila Real. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
- Saunders, W.; Tate, R. (1985). Droplet size data for agricultural spray nozzles: twenty years later. American Society of Agricultural Engineers Paper **1512**: 1-12.
- Schmid, A.; Raboud, G.; Antonin, P.; Raymond, J. (1980). Traitements des vignes par hélicoptères. Résultats en Valais en 1979. Progrès Agricoles et Viticole **7**: 148-150
- Schmid, A.; Agulhon, R. (1987). La lutte intégrée en viticulture. Progrès Agricole et Viticole **1**: 9-15
- Sevilla, F. (1986). Les principaux laboratoires d'essais «pulvérisation» en Europe et en France. Bulletin Technique du Machinisme et de l' Équipement Agricoles **12**: 21-28

- Smith, H.P.; Wilkes, L.H. (1976). Farm Machinery and Equipments. Sixth Edition. Texas. McGraw-Hill Book Company
- Stonehouse, J.M. (1990). A camera mount for the photography of spray tracer deposits in the field. *Journal of Agricultural Engineering Research*, **47**: 207-211
- Thelwell, N. (1984). Droplet formation. Plant Protection Division. Fernhurst. Surrey.
- Torrès, P. (1989). Un choix important pour la qualité des vins: densité de plantation et mode de conduite du vignoble. *Progrès Agricoles et Viticole* **9**: 213-216
- Touzeau, J. (1987). Les actions secondaires du soufre sur les maladies et les ravageurs de la vigne. *Progrès Agricole et Viticole* **12**: 296-300
- Truel, P. (1983). Notes sur les cepages du Portugal et leur synonyme (suite) Region du Douro. *Progrès Agricoles et Viticole* **22**: 574-587
- Truel, P. (1984). Notes sur les cepages du Portugal et leur synonyme (suite) Region du Douro. *Progrès Agricoles et Viticole* **6**: 158-165
- Vagny, M. (1984). La reduction du volume/hectare dans les traitements viticoles effectués par pulvérisation - Evolution des techniques terrestres et aériennes. *Progrès Agricole et Viticole* **24**: 587-594
- Vagny, P. (1987). Polyvalence obligée pour le pulvérisateur. *Tracteurs et machines agricoles* **878**: 36-39
- Vagny, P. (1987). Sulfatage ou sulfatologie?. La reduction du volume/hectare et la precision des applications dans les traitements viticoles. *Progrès Agricole et Viticole* **22**: 507-511
- Vagny, P. (1989). La mécanisation intégrale presque possible. *La France Viticole* **58**: 85-86
- Vagny, P. (1989). Les pulvérisateurs s'adaptent. *La France Viticole* **58**: 88-89
- Vagny, P.; Agulhon, R. (1989). " Pulvé verte". *Progrès Agricoles et Viticole* **22**: 513-515
- Val, L. (1988). Penetracion y tamaño de gota de distintos sistemas de distribución de productos fitosanitarios en cultivos cítricos. *Feria Internacional de la Maquinaria Agrícola* **88**: 199-207.
- Vergnes, A. (1980). Quelques observations sur des effets de produits de traitement contre l' Oidium. *Progrès Agricoles et Viticole* **22**: 558-559
- Vergnes, A.; Pistre R. (1980). Observations sur des produits de traitement contre l' Oidium de la vigne. *Progrès Agricoles et Viticole* **22**: 454-455
- Vergnes, A.; Pistre R. (1982). Sur les traitements contre l' Oidium. *Progrès Agricoles et Viticole* **22**: 528-530

- Vernet, S. (1982). L' Oidium en 1982. Leçons a tirer. Progrès Agricoles et Viticole **24**: 598-599
- Vernet, C. (1990). Pulvérisation viticole. Matrise de la précision. Tracteurs et Machines Agricoles **902**: 28-29
- Western, N.M.; Hislop,E.C.; Herrington,P.J.; Woodley,S.A. (1985). Relationships of hydraulic nozzle and spinning disc spray characteristics to retention and distribution in cereals. BCPC Monogram **28**:191-199.
- Wilks, S.; Smith, H. 1976. Farm machinery and equipment. 6th edition. Texas. McGRAW-HILL BOOK COMPANY.
- Wills,J. (1987). Sprayer nozzle tips capacity information. A.E.S. Tennessee. University of Tennessee.
- Wills,J. (1988). A guide to proper sprayer calibration. A.E.S. Tennessee. University of Tennessee.
- Wyatt,I.J.; Abdalla,M.R.; Palmer, A. (1985). Localized activity of ULV pesticide droplets against sedentary pests. BCPC Monogram **28**: 261-266.
- Young,B.W. (1985). Pesticides application - how can we improve our understanding and control the process?. BCPC Monogram **28**: 163-171

ANEXO 1

**QUADROS COM OS COEFICIENTES DE REGRESSÃO E ANÁLISE
DE VARIÂNCIA RELATIVOS AO CIRCUITO DO AR E CALDA DO
PULVERIZADOR**

Quadro A1.1- Parâmetros da análise de regressão para a velocidade do ar, em m/s, determinada à saída dos bucais esquerdos da versão original relativamente ao número das condutas

Var.ind.	Coef.	$S_{y.x}$	t	P
Const.	46,95	3,86	12,16	0,052
N	-10,09	3,52	2,87	0,210
N^2	1,25	0,69	1,80	0,320

$r^2 = 0,93$

Quadro A1.2- Análise de variância da regressão linear simples da velocidade do ar, em m/s, à saída dos bucais esquerdos para a versão original relativamente ao número das condutas

O.var.	SQ	gl	QM	F	P
Mod.	79,98	2	39,99	20,80	1,530
Erro	1,92	1	1,92		
Total	81,90	3			

$r^2 = 0,98$

Quadro A1.3- Parâmetros da análise de regressão para a velocidade do ar, em m/s, determinada à saída dos bucais direitos da versão original relativamente ao número das condutas

Var.ind.	Coef.	$S_{y.x}$	t	P
Inter.	31,75	0,18	178,9	0,000
Incl.	1,14	0,65	17,59	0,003

$r^2 = 0,997$

Quadro A1.4- Análise de variância da regressão linear simples da velocidade do ar, em m/s, à saída dos bucais direitos para a versão original e relativamente ao número das condutas

O.var.	SQ	gl	QM	F	P
Mod.	6,50	1	6,50	309,40	0,003
Erro	0,04	2	0,02		
Total	6,54	3			

$r^2 = 0,99$

Quadro A1.5- Parâmetros da análise de regressão para a velocidade do ar, em m/s, determinada a 50 cm dos bucais esquerdos da versão original relativamente à distância ao solo, em cm.

Var.ind.	Coef.	$S_{y.x}$	t	P
Const.	43,65	16,66	2,62	0,04
d	-0,51	0,39	-1,28	0,25
d^2	0,002	0,002	0,86	0,42

$$r^2 = 0,53$$

Quadro A1.6- Análise de variância da regressão linear simples da velocidade do ar, em m/s, a 50 cm dos bucais esquerdos da versão original relativamente à distância ao solo, em cm.

O.var.	SQ	gl	QM	F	P
Mod.	133,85	2	66,93	5,47	0,044
Erro	73,36	6	12,23		
Total	207,21	8			

$$r^2 = 0,65$$

Quadro A1.7- Parâmetros da análise de regressão para a velocidade do ar, em m/s, determinada a 50 cm dos bucais direitos na versão original e relativamente à distância ao solo, em cm.

Var.ind.	Coef.	$S_{y.x}$	t	P
Const.	8,31	20,25	0,41	0,69
d	0,20	0,48	0,41	0,69
d^2	-0,001	0,003	-0,49	0,64

$$r^2 = 0,00$$

Quadro A1.8- Análise de variância da regressão da velocidade do ar, em m/s, a 50 cm dos bucais direitos na versão original e relativamente à distância ao solo, em cm.

O.var.	SQ	gl	QM	F	P
Mod.	9,95	2	4,98	0,28	0,77
Erro	108,40	6	18,07		
Total	118,37	8			

$$r^2 = 0,08$$

Quadro A1.9- Parâmetros da análise de regressão para a velocidade do ar, em m/s, determinada à saída dos bucais esquerdos da versão alterada, relativamente ao número das condutas

Var.ind.	Coef.	S _{y.x}	t	P
Const.	42,02	3,53	11,91	0,007
N	-8,59	2,69	-3,19	0,086
N ²	1,33	0,44	3,02	0,094

$r^2 = 0,68$

Quadro A1.10- Análise de variância da regressão da velocidade do ar, em m/s, à saída dos bucais esquerdos da versão alterada relativamente ao número das condutas

O.var.	SQ	gl	QM	F	P
Mod.	28,56	2	14,28	5,27	0,160
Erro	5,42	2	2,71		
Total	33,97	4			

$r^2 = 0,84$

Quadro A1.11- Parâmetros da análise de regressão da velocidade do ar, em m/s, determinada à saída dos bucais direitos da versão alterada relativamente ao número das condutas

Var.ind.	Coef.	S _{y.x}	t	P
Const.	41,94	2,46	17,04	0,0034
N	-7,32	1,88	-3,90	0,06
N ²	1,06	0,31	3,47	0,074

$r^2 = 0,81$

Quadro A1.12- Análise de variância da regressão da velocidade do ar à saída dos bucais direitos da versão alterada relativamente ao número das condutas

O.var.	SQ	gl	QM	F	P
Mod.	24,51	2	12,25	9,31	0,097
Erro	2,63	2	1,32		
Total	27,14	4			

$r^2 = 0,90$

Quadro A1.13- Parâmetros da análise de regressão da velocidade do ar, em m/s, determinada a 50 cm dos bucais esquerdos exteriores, relativamente à distância ao solo, em cm.

Var.ind.	Coef.	$S_{y.x}$	t	P
Const.	97,64	49,00	1,99	0,18
d	-1,97	1,15	-1,71	0,23
d^2	0,01	0,006	1,68	0,24

$$r^2 = 0,22$$

Quadro A1.14- Análise de variância da regressão da velocidade do ar determinada a 50 cm dos bucais esquerdos exteriores, relativamente à distância ao solo, em cm.

O.var.	SQ	gl	QM	F	P
Mod.	92,50	2	46,25	1,55	0,39
Erro	59,60	2	29,80		
Total	152,11	4			

$$r^2 = 0,61$$

Quadro A1.15- Parâmetros da análise de regressão para a velocidade do ar determinada a 50 cm dos bucais esquerdos interiores, relativamente à distância ao solo, em cm.

Var.ind.	Coef.	$S_{y.x}$	t	P
Const.	12,69	10,42	1,22	0,31
d	0,12	0,25	0,47	0,67
d^2	-0,002	0,001	-1,06	0,37

$$r^2 = 0,81$$

Quadro A1.16- Análise de variância da regressão da velocidade do ar determinada a 50 cm dos bucais esquerdos interiores, relativamente à distância ao solo, em cm.

O.var.	SQ	gl	QM	F	P
Mod.	89,48	2	44,74	11,56	0,039
Erro	11,61	3	3,87		
Total	101,09	5			

$$r^2 = 0,89$$

Quadro A1.17- Parâmetros da análise de regressão da velocidade do ar determinada a 50 cm dos bucais direitos interiores, relativamente à distância ao solo, em cm.

Var.ind.	Coef.	$S_{y.x}$	t	P
Const.	25,12	12,59	2,00	0,14
d	-0,10	0,30	-0,31	0,77
d^2	-0,0005	0,002	-0,28	0,79

$$r^2 = 0,81$$

Quadro A1.18- Análise de variância da regressão da velocidade do ar determinada a 50 cm dos bucais direitos interiores, relativamente à distância ao solo, em cm.

O.var.	SQ	gl	QM	F	P
Mod.	131,02	2	65,51	11,59	0,039
Erro	16,95	3	5,65		
Total	147,97	5			

$$r^2 = 0,89$$

Quadro A1.19- Parâmetros da análise de regressão para a velocidade do ar determinada a 50 cm dos bucais direitos exteriores, relativamente à distância ao solo, em cm..

Var.ind.	Coef.	$S_{y.x}$	t	P
Const.	98,49	35,76	2,75	0,11
d	-2,03	0,84	-2,42	0,14
d^2	0,01	0,004	2,36	0,14

$$r^2 = 0,50$$

Quadro A1.20- Análise de variância da regressão da velocidade do ar determinada a 50 cm dos bucais direitos exteriores, relativamente à distância ao solo, em cm.

O.var.	SQ	gl	QM	F	P
Mod.	96,02	2	48,01	3,03	0,25
Erro	31,73	2	15,87		
Total	127,75	4			

$$r^2 = 0,75$$

Quadro A1.21- Parâmetros da análise de regressão linear dos débitos da bomba, em L.min⁻¹, em função da pressão de funcionamento, em kPa/100.

Var.ind.	Coef.	S _{y.x}	t	P
Cont.	38,52	0,173	222,61	0,000
p	-1,70	0,065	-26,14	0,000
p ²	0,049	0,005	9,49	0,002

$$r^2 = 0,999$$

Quadro A1.22- Parâmetros da análise de variância da regressão linear dos débitos da bomba, em L.min⁻¹, em função da pressão de funcionamento, em kPa/100

O,var.	SQ	gl	QM	F	P
Mod.	124,73	2	62,36	1844,3	0,000
Erro	0,10	3	0,034		
Total	124,83	5			

$$r^2 = 0,999$$

Quadro A1.23- Parâmetros da análise de regressão linear da largura do jacto, relativamente à distância, em cm, ao bico de 1,0 mm para a pressão de 3 kPa/100.

Var.ind.	Coef.	S _{y.x}	t	P
Inter.	15,38	3,74	4,11	0,009
Incl.	0,72	0,07	10,21	0,000

$$r^2 = 0,999$$

Quadro A1.24- Parâmetros da análise de variância da largura do jacto, em cm, relativamente à distância, em cm, ao bico de 1,0 mm, para a pressão de 3 kPa/100.

O,var.	SQ	gl	QM	F	P
Mod.	1083,19	1	1083,19	104,25	0,000
Erro	51,95	5	10,39		
Total	1135,14	6			

$$r^2 = 0,98$$

Quadro A1.25- Parâmetros da análise de regressão linear da largura do jacto, em cm, relativamente à distância, em cm, ao bico de 1,0 mm para a pressão de 6 kPa/100.

Var.ind.	Coef.	S _{y.x}	t	P
Inter.	13,52	2,57	5,257	0,006
Incl.	0,78	0,05	16,904	0,000

$$r^2 = 0,999$$

Quadro A1.26- Parâmetros da análise de variância da largura do jacto, em cm, relativamente à distância, em cm, ao bico de 1,0 mm, para a pressão de 6 kPa/100.

O.var.	SQ	gl	QM	F	P
Mod.	855,36	1	855,36	285,73	0,000
Erro	11,97	4	2,99		
Total	867,33	5			

$r^2 = 0,99$

Quadro A1.27- Parâmetros da análise de regressão multiplicativa ($Y=a \cdot X^b$) dos débitos obtidos com a versão original com bicos de 1,0 mm.

Var.ind.	Coef.	$S_{y.x}$	t	P
Inter.(*)	1,19	0,01	116,42	0,000
Incl.	0,48	0,005	93,28	0,000

(*) A Inter. é igual ao logaritmo de a

Quadro A1.28- Análise de variância da regressão multiplicativa ($Y=a \cdot X^b$) dos débitos obtidos com a versão original com bicos de 1,0 mm.

O.var.	SQ	gl	QM	F	P
Mod.	0,254	1	0,254	8702,2	0,000
Erro	0,000	2	0,000		
Total	0,254	3			

$r^2 = 0,999$

Quadro A1.29- Parâmetros da análise de regressão multiplicativa ($Y=a \cdot X^b$) dos débitos obtidos com o sector esquerdo da rampa da versão original, com bicos de 1,0 mm.

Var.ind.	Coef.	$S_{y.x}$	t	P
Inter.(*)	0,50	0,0004	118,14	0,000
Incl.	0,49	0,002	225,46	0,000

(*) A Inter. é igual ao logaritmo de a

Quadro A1.30- Análise de variância da regressão multiplicativa ($Y=a \cdot X^b$) dos débitos obtidos com o sector esquerdo da rampa da versão original, com bicos de 1,0 mm.

O.var.	SQ	gl	QM	F	P
Mod.	0,256	1	0,256	50831,9	0,000
Erro	0,000	2	0,000		
Total	0,256	3			

$r^2 = 0,999$

Quadro A1.31- Parâmetros da análise de regressão multiplicativa ($Y=a \cdot X^b$) dos débitos obtidos com o sector direito da rampa da versão original, com bicos de 1,0 mm.

Var.ind.	Coef.	$S_{y.x}$	t	P
Inter.(*)	0,46	0,000	412,26	0,000
Incl.	0,49	0,000	878,23	0,000

(*) A Inter. é igual ao logaritmo de a

Quadro A1.32- Análise de variância da regressão multiplicativa ($Y=a \cdot X^b$) dos débitos obtidos com o sector direito da rampa da versão original, e com bicos de 1,0 mm.

O.var.	SQ	gl	QM	F	P
Mod.	0,27	1	0,27	771286,7	0,000
Erro	0,00	2	0,00		
Total	0,27	3			

$r^2= 0,999$

Quadro A1.33- Parâmetros da análise de regressão multiplicativa ($Y=a \cdot X^b$) para os débitos obtidos com a versão original, com bicos de 1,6 mm.

Var.ind.	Coef.	$S_{y.x}$	t	P
Inter.(*)	1,63	0,028	58,87	0,000
Incl.	0,51	0,014	35,82	0,000

(*) A Inter. é igual ao logaritmo de a

Quadro A1.34- Análise de variância da regressão multiplicativa ($Y=a \cdot X^b$) para os débitos obtidos com a versão original, com bicos de 1,6 mm.

O.var.	SQ	gl	QM	F	P
Mod.	0,28	1	0,277	1283,14	0,0008
Erro	0,0004	2	0,0002		
Total	0,277	3			

$r^2= 0,999$

Quadro A1.35- Parâmetros da análise de regressão multiplicativa ($Y=a \cdot X^b$) para os débitos obtidos com o sector esquerdo da rampa da versão original, com bicos de 1,6 mm.

Var.ind.	Coef.	$S_{y.x}$	t	P
Inter.(*)	0,933	0,016	59,30	0,0003
Incl.	0,510	0,0008	63,65	0,0003

(*) A Inter. é igual ao logaritmo de a

Quadro A1.36- Análise de variância da regressão multiplicativa ($Y=a \cdot X^b$) para os débitos obtidos com o sector esquerdo da rampa da versão original e com bicos de 1,6 mm.

O.var.	SQ	gl	QM	F	P
Mod.	0,282	1	0,282	4051,86	0,000
Erro	0,0001	2	0,000		
Total	0,283	3			

$r^2= 0,999$

Quadro A1.37- Parâmetros da análise de regressão multiplicativa ($Y=a \cdot X^b$) para os débitos obtidos com o sector direito da rampa da versão original e com bicos de 1,6 mm.

Var.ind.	Coef.	$S_{y.x}$	t	P
Inter. (*)	0,91	0,000	134,36	0,000
Incl.	0,51	0,000	146,02	0,000

(*) A Inter. é igual ao logaritmo de a

Quadro A1.38- Análise de variância da regressão multiplicativa ($Y=a \cdot X^b$) para os débitos obtidos com o sector direito da rampa da versão original, com bicos de 1,6 mm.

O.var.	SQ	gl	QM	F	P
Mod.	0,278	1	0,278	21320	0,000
Erro	0,000	2	0,000		
Total	0,278	3			

$r^2= 0,999$

Quadro A1.39- Parâmetros da análise de regressão multiplicativa ($Y=a \cdot X^b$) para os débitos obtidos com a versão alterada e bicos de 1,0 mm.

Var.ind.	Coef.	$S_{y.x}$	t	P
Inter. (*)	1,43	0,006	210,15	0,000
Incl.	0,48	0,003	139,13	0,000

(*) A Inter. é igual ao logaritmo de a

Quadro A1.40- Análise de variância da regressão multiplicativa ($Y=a \cdot X^b$) para os débitos obtidos com a versão alterada e bicos de 1,0 mm.

O.var.	SQ	gl	QM	F	P
Mod.	0,253	1	0,253	19358,4	0,000
Erro	0,000	2	0,000		
Total	0,253	3			

$r^2= 0,999$

Quadro A1.41- Parâmetros da análise de regressão multiplicativa ($Y=a \cdot X^b$) para os débitos obtidos com o sector esquerdo da versão alterada e com bicos de 1,0 mm.

Var.ind.	Coef.	$S_{y.x}$	t	P
Inter. (*)	0,74	0,006	113,34	0,000
Incl.	0,48	0,003	145,53	0,000

(*) A Inter. é igual ao logaritmo de a

Quadro A1.42- Análise de variância da regressão multiplicativa ($Y=a \cdot X^b$) para os débitos obtidos com o sector esquerdo da versão alterada e com bicos de 1,0 mm.

O.var.	SQ	gl	QM	F	P
Mod.	0,254	1	0,254	21180,3	0,000
Erro	0,000	2	0,000		
Total	0,254	3			

$r^2 = 0,999$

Quadro A1.43- Parâmetros da análise de regressão multiplicativa ($Y=a \cdot X^b$) para os débitos obtidos com o sector direito da versão alterada e com bicos de 1,0 mm.

Var.Ind.	Coef.	$S_{y.x}$	t	P
Inter. (*)	0,74	0,012	57,66	0,000
Incl.	0,48	0,001	73,84	0,000

(*) A Inter. é igual ao logaritmo de a

Quadro A1.44- Análise de variância da regressão multiplicativa ($Y=a \cdot X^b$) para os débitos obtidos com o sector esquerdo da versão alterada, com bicos de 1,0 mm.

O.var.	SQ	gl	QM	F	P
Mod.	0,25	1	0,253	5451,74	0,000
Erro	0,001	2	0,000		
Total	0,26	3			

$r^2 = 0,999$

Quadro A1.45- Parâmetros da análise de regressão multiplicativa ($Y=a \cdot X^b$) para os débitos obtidos versão alterada e com bicos de 1,6 mm.

Var.Ind.	Coef.	$S_{y.x}$	t	P
Inter. (*)	1,90	0,013	149,02	0,000
Incl.	0,49	0,006	75,23	0,000

(*) A Inter. é igual ao logaritmo de a

Quadro A1.46- Análise de variância da regressão multiplicativa ($Y=a \cdot X^b$) para os débitos obtidos versão alterada, com bicos de 1,6 mm.

O.var.	SQ	gl	QM	F	P
Mod.	0,26	1	0,26	5660,1	0,000
Erro	0,00	2	0,00		
Total	0,26	3			

$r^2 = 0,999$

Quadro A1.47- Parâmetros da análise de regressão multiplicativa ($Y=a \cdot X^b$) dos débitos obtidos com o sector esquerdo da rampa da versão alterada e com bicos de 1,6 mm.

Var.Ind.	Coef.	$S_{y,x}$	t	P
Inter.(*)	1,22	0,004	265,34	0,000
Incl.	0,48	0,002	205,56	0,000

(*) A Inter. é igual ao logaritmo de a

Quadro A1.48- Análise de variância da regressão multiplicativa ($Y=a \cdot X^b$) dos débitos obtidos com o sector esquerdo da rampa da versão alterada e com bicos de 1,6 mm.

O.var.	SQ	gl	QM	F	P
Mod.	0,253	1	0,253	42251,1	0,000
Erro	0,000	2	0,000		
Total	0,253	3			

$r^2 = 0,999$

Quadro A1.49- Parâmetros da análise de regressão multiplicativa ($Y=a \cdot X^b$) dos débitos obtidos com o sector direito da rampa da versão original e com bicos de 1,6 mm.

Var.Ind.	Coef.	$S_{y,x}$	t	P
Inter.(*)	1,18	0,002	474,02	0,000
Incl.	0,50	0,001	393,03	0,000

(*) A Inter. é igual ao logaritmo de a

Quadro A1.50- Análise de variância da regressão multiplicativa ($Y=a \cdot X^b$) dos débitos obtidos com o sector direito da rampa da versão original, com bicos de 1,6 mm.

O.var.	SQ	gl	QM	F	P
Mod.	0,27	1	0,27	154476	0,000
Erro	0,00	2	0,00		
Total	0,27	3			

$r^2 = 0,999$

ANEXO 2

**QUADROS COM AS MÉDIAS, COEFICIENTES DE REGRESSÃO E
ANÁLISE DE VARIÂNCIA DAS QUANTIDADES DE COBRE
DEPOSITADO NAS PLANTAS**

Quadro A2.1- Tabela da média e desvio padrão dos valores de cobre, em $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, depositados na zona A1 das plantas, para os diferentes factores e sua interacção com as versões do pulverizador.

Niv.fact.	Nm	Méd.	S	Inter.Conf.(95%)
BR3	32	2,811	0,455	2,520 - 3,103
BR6	32	3,581	0,537	3,290 - 3,873
BC10	32	2,383	0,406	2,091 - 2,674
BC16	32	4,010	0,545	3,719 - 4,302
TB	32	3,418	0,508	3,126 - 3,710
TN	32	2,975	0,494	2,683 - 3,267
VO	32	0,876	0,107	0,585 - 1,168
VA	32	5,516	0,383	5,225 - 5,808
RE	32	3,374	0,521	3,082 - 3,665
RD	32	3,019	0,481	2,727 - 3,311
RT5	32	3,886	0,533	3,594 - 4,178
RT6	32	2,507	0,436	2,215 - 2,799
BR3 * VO	16	0,777	0,173	0,365 - 1,190
BR3 * VA	16	4,846	0,524	4,433 - 5,258
BR6 * VO	16	0,976	0,126	0,564 - 1,388
BR6 * VA	16	6,187	0,522	5,774 - 6,599
BC10 * VO	16	0,617	0,085	0,205 - 1,030
BC10 * VA	16	4,148	0,509	3,736 - 4,561
BC16 * VO	16	1,136	0,176	0,724 - 1,549
BC16 * VA	16	6,884	0,313	6,472 - 7,296
TB * VO	16	1,015	0,183	0,603 - 1,427
TB * VA	16	5,821	,514	5,409 - 6,234
TN * VO	16	0,738	0,105	0,326 - 1,151
TN * VA	16	5,212	0,575	4,799 - 5,624
VO * RE	16	0,865	0,139	0,453 - 1,278
VO * RD	16	0,888	0,166	0,476 - 1,309
VA * RE	16	5,883	0,514	5,471 - 6,296
VA * RD	16	5,149	0,570	4,737 - 5,562
VO * RT5	16	1,148	0,170	0,736 - 1,561
VO * RT6	16	0,605	0,092	0,192 - 1,018
VA * RT5	16	6,623	0,387	6,211 - 7,036
VA * RT6	16	4,409	0,542	3,997 - 4,822
Total	64	3,196	0,102	2,990 - 3,403

Quadro A2.2- Resultados da análise de variância dos valores de cobre, em $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, depositados na zona A1 das plantas

O.var.	SQ	gl	QM	F	P
Mod.	430,456	6	71,742	106,313	0,0000
BR	9,482	1	9,482	14,051	0,0004
BC	1,567	1	41,567	61,597	0,0000
CS	3,303	1	3,302	4,894	0,0314
VP	44,429	1	344,429	510,397	0,0000
RM	0,615	1	0,615	0,912	0,3542
RT	29,760	1	29,760	44,100	0,0000
Inter.fact.	36,160	5	7,232	10,717	0,0000
BR * VP	5,220	1	5,220	7,736	0,0075
BC * VP	19,048	1	19,048	28,227	0,0000
CS * VP	0,508	1	0,509	0,753	0,3989
VP * RM	0,195	1	0,196	0,290	0,5982
VP * RT	10,734	1	10,734	15,907	0,0002
Erro	35,091	52	0,674		
Tot.(corr.)	501,707	63			

Quadro A2.3- Tabela da média e desvio padrão dos valores de cobre, em $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, depositados na zona A2 das plantas, para os diferentes factores e sua interacção com as versões do pulverizador.

Niv.fact.	Nm	Méd.	S	Inter.Conf.(95%)
BR3	32	2,419	0,366	1,843 - 2,995
BR6	32	3,075	0,494	2,499 - 3,651
BC10	32	1,974	0,349	1,398 - 2,551
BC16	32	3,519	0,474	2,943 - 4,096
TB	32	2,790	0,459	2,214 - 3,366
TN	32	2,704	0,418	2,128 - 3,280
VO	32	1,129	0,136	0,553 - 1,706
VA	32	4,364	0,445	3,788 - 4,941
RE	32	3,047	0,465	2,471 - 3,623
RD	32	2,447	0,403	1,871 - 3,023
RT5	32	3,144	0,360	2,567 - 3,720
RT6	32	2,350	0,495	1,774 - 2,926
BR3 * VO	16	1,040	0,195	0,226 - 1,855
BR3 * VA	16	3,798	0,513	2,983 - 4,612
BR6 * VO	16	1,218	0,194	0,404 - 2,033

BR6 * VA	16	4,931	0,716	4,116 - 5,745
BC10 * VO	16	0,828	0,161	0,013 - 1,624
BC10 * VA	16	3,121	0,550	2,306 - 3,936
BC16 * VO	16	1,431	0,197	0,617 - 2,246
BC16 * VA	16	5,608	0,556	4,793 - 6,422
TB * VO	16	1,007	0,156	0,192 - 1,822
TB * VA	16	4,573	0,650	3,758 - 5,388
TN * VO	16	1,252	0,225	0,437 - 2,066
TN * VA	16	4,156	0,625	3,341 - 4,971
VO * RE	16	1,276	0,224	0,461 - 2,090
VO * RD	16	0,983	0,155	0,169 - 1,793
VA * RE	16	4,818	0,654	4,004 - 5,633
VA * RD	16	3,910	0,602	3,096 - 4,725
VO * RT5	16	1,543	0,203	0,729 - 2,358
VO * RT6	16	0,716	0,112	0,985 - 1,531
VA * RT5	16	4,744	0,391	3,929 - 5,558
VA * RT6	16	3,985	0,804	3,170 - 4,799
Total	64	2,747	0,202	2,340 - 3,154

Quadro A2.4- Resultados da análise de variância dos valores de cobre, em $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, depositados na zona A2 das plantas

O.var.	SQ	gl	QM	F	P
Mod.	226,113	6	37,685	14,298	0,0000
BR	6,876	1	6,876	2,609	0,1123
BC	36,631	1	36,631	13,898	0,0005
CS	0,212	1	0,212	0,081	0,7807
VP	67,434	1	167,434	63,524	0,0000
RM	3,414	1	3,414	1,296	0,2602
RT	9,308	1	9,308	3,532	0,0658
Inter.fact.	19,444	5	3,888	1,475	0,2138
BR * VP	3,646	1	3,646	1,384	0,2448
BC * VP	12,999	1	12,999	4,932	0,0307
CS * VP	2,1413	1	2,141	0,812	0,3812
VP * RM	0,3261	1	0,326	0,124	0,7302
VP * RT	0,079	1	0,079	0,030	0,8649
Erro	137,060	52	2,635		
Tot.(corr.)	382,618	63			

Quadro A2.5- Tabela da média e desvio padrão dos valores de cobre, em $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, depositados na zona A3 das plantas, para os diferentes factores e sua interacção com as versões do pulverizador.

Niv.fact.	Nm	Méd.	S	Inter.Conf.(95%)
BR3	32	2,526	0,386	2,132 - 2,921
BR6	32	3,532	0,532	3,138 - 3,927
BC10	32	2,187	0,344	1,793 - 2,582
BC16	32	3,871	0,533	3,477 - 4,266
TB	32	3,027	0,495	2,632 - 3,421
TN	32	3,032	0,451	2,638 - 3,426
VO	32	0,990	0,117	0,595 - 1,384
VA	32	5,069	0,408	4,675 - 5,463
RE	32	3,161	0,470	2,767 - 3,555
RD	32	2,898	0,475	2,504 - 3,292
RT5	32	3,633	0,492	3,239 - 4,027
RT6	32	2,4262	0,427	2,031 - 2,820
BR3 * VO	16	0,814	0,154	0,256 - 1,371
BR3 * VA	16	4,239	0,451	3,681 - 4,797
BR6 * VO	16	1,165	0,172	0,608 - 1,723
BR6 * VA	16	5,899	0,627	5,342 - 6,457
BC10 * VO	16	0,658	0,125	0,100 - 1,216
BC10 * VA	16	3,717	0,402	3,159 - 4,274
BC16 * VO	16	1,321	0,164	0,764 - 1,879
BC16 * VA	16	6,422	0,531	5,864 - 6,979
TB * VO	16	0,913	0,154	0,355 - 1,471
TB * VA	16	5,1401	0,628	4,583 - 5,698
TN * VO	16	1,066	0,180	0,508 - 1,624
TN * VA	16	4,998	0,541	4,441 - 5,556
VO * RE	16	1,0864	0,183	0,528 - 1,644
VO * RD	16	0,8934	0,150	0,336 - 1,451
VA * RE	16	5,236	0,555	4,678 - 5,793
VA * RD	16	4,9030	0,613	4,345 - 5,460
VO * RT5	16	1,3016	0,164	0,744 - 1,859
VO * RT6	16	0,678	0,132	0,120 - 1,235
VA * RT5	16	5,965	0,501	5,407 - 6,522
VA * RT6	16	4,174	0,574	3,616 - 4,731
Total	64	3,029	0,138	2,751 - 3,308

Quadro A2.6- Resultados da análise de variância dos valores de cobre, em $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, depositados na zona A3 das plantas.

O.var.	SQ	gl	QM	F	P
Mod.	351,304	6	58,550	47,422	0,000
BR	16,190	1	16,190	13,114	0,000
BC	44,920	1	44,920	36,383	0,000
CS	0,000	1	0,000	0,000	0,998
VP	66,303	1	266,303	215,689	0,000
RM	0,108	1	0,108	0,088	0,770
RT	23,032	1	23,032	18,655	0,000
Inter.fact.	29,898	5	5,979	4,843	0,001
BR * VP	6,852	1	6,852	5,550	0,022
BC * VP	16,994	1	16,994	13,764	0,000
CS * VP	0,283	1	0,283	0,229	0,639
VP * RM	0,669	1	0,669	0,543	0,472
VP *RT	5,673	1	5,673	4,595	0,036
Erro	64,202	52	1,234		
Tot.(corr.)	445,405	63			

Quadro A2.7- Tabela da média e desvio padrão dos valores de cobre, em $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, depositados na zona B1 das plantas, para os diferentes factores e sua interacção com as versões do pulverizador.

Niv.fact.	Nm	Méd.	S	Inter.Conf.(95%)
BR3	32	7,642	0,567	6,930 - 8,354
BR6	32	9,834	0,493	9,122 - 10,545
BC100	32	7,223	0,481	6,510 - 7,934
Bc16	32	10,253	0,512	9,541 - 10,965
TB	32	8,924	0,504	8,211 - 9,635
TN	32	8,552	0,621	7,840 - 9,264
VO	32	9,862	0,567	9,150 - 10,574
VA	32	7,614	0,488	6,901 - 8,352
RE	32	9,065	0,547	8,353 - 9,776
RD	32	8,411	0,579	7,699 - 9,122
RT5	32	9,965	0,527	9,253 - 10,676
RT6	32	7,511	0,516	6,799 - 8,222
BR3 * VO	16	8,586	0,790	7,579 - 9,592
BR3 * VA1	16	6,698	0,765	5,691 - 7,705

BR6 * VO	16	11,139	0,699	10,132 - 12,146
BR6 * VA	16	8,529	0,537	7,522 - 9,535
BC10 * VO	16	8,098	0,695	7,091 - 9,104
BC10 * VA	16	6,348	0,609	5,341 - 7,354
BC16 * VO	16	11,627	0,657	10,620 - 12,633
BC16 * VA	16	8,880	0,634	7,873 - 9,886
TB * VO	16	10,540	0,548	9,533 - 11,547
TB * VA	16	7,307	0,634	6,300 - 8,313
TN * VO	16	9,184	0,984	8,177 - 10,191
TN * VA	16	7,921	0,756	6,914 - 8,927
VO * READ	16	10,133	0,766	9,125 - 11,139
VO * RD	16	9,592	0,856	8,585 - 10,598
VA * RE	16	7,998	0,707	6,991 - 9,004
VA * RD	16	7,230	0,683	6,223 - 8,236
VO * RT5	16	11,148	0,697	10,140 - 12,154
VO * RT6	16	8,577	0,790	7,570 - 9,583
VA * RT5	16	8,782	0,691	7,775 - 9,788
VA * RT6	16	6,445	0,571	5,438 - 7,451
Total	64	8,738	0,251	8,234 - 9,241

Quadro A2.8- Resultados da análise de variância dos valores de cobre, em $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, depositados na zona B1 das plantas.

O.var.	SQ	gl	QM	F	P
Mod.	405,069	6	67,511	16,775	0,000
BR	76,870	1	76,870	19,100	0,000
BC	144,322	1	144,322	35,860	0,000
CS	2,454	1	2,454	0,610	0,447
VP	80,897	1	80,897	20,101	0,000
RM	1,814	1	1,814	0,451	0,512
RT	94,317	1	94,317	23,435	0,000
Inter.fact.	22,385	5	4,477	1,112	0,365
BR * VP	2,088	1	2,088	0,519	0,482
BC * VP	4,028	1	4,028	1,001	0,322
CS * VP	15,229	1	15,229	3,784	0,057
VP * RM	0,804	1	0,804	0,200	0,662
VP * RT	0,236	1	0,236	0,059	0,812
Erro	209,278	52	4,025		
Tot.(corr.)	636,732	63			

Quadro A2.9- Tabela da média e desvio padrão dos valores de cobre, em $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, depositados na zona B2 das plantas, para os diferentes factores e sua interacção com as versões do pulverizador.

Niv.fact.	Nm	Méd.	S	Inter.Conf.(95%)
BR3	32	7,839	0,588	7,026 - 8,650
BR6	32	9,702	0,709	8,890 - 10,514
BC10	32	7,373	0,634	6,560 - 8,184
BC16	32	10,168	0,613	9,355 - 10,980
TB	32	8,578	0,741	7,765 - 9,390
TN	32	8,963	0,595	8,150 - 9,774
VO	32	10,791	0,642	9,979 - 11,603
VA	32	6,750	0,479	5,937 - 7,561
RE	32	9,075	0,743	8,263 - 9,887
RD	32	8,466	0,589	7,653 - 9,277
RT5	32	10,111	0,706	9,298 - 10,922
RT6	32	7,430	0,538	6,617 - 8,242
BR3 * VO	16	9,782	0,754	8,633 - 10,930
BR3 * VA	16	5,895	0,595	4,746 - 7,043
BR6 * VO	16	11,800	0,998	10,651 - 12,948
BR6 * VA	16	7,604	0,705	6,455 - 8,752
BC10 * VO	16	9,245	0,827	8,096 - 10,393
BC10 * VA	16	5,501	0,715	4,352 - 6,649
BC16 * VO	16	12,338	0,836	11,189 - 13,486
BC16 * VA	16	7,998	0,478	6,850 - 9,147
TB * VO	16	11,001	0,907	9,852 - 12,149
TB * VA	16	6,155	0,813	5,006 - 7,303
TN * VO	16	10,582	0,934	9,433 - 11,730
TN * VA	16	7,344	0,490	6,195 - 8,492
VO * RE	16	11,409	1,000	10,260 - 12,557
VO * RD	16	10,173	0,806	9,024 - 11,321
VA * RE	16	6,741	0,743	5,592 - 7,889
VA * RD	16	6,758	0,629	5,609 - 7,906
VO * RT5	16	12,901	0,795	11,752 - 14,049
VO * RT6	16	8,681	0,690	7,532 - 9,829
VA * RT5	16	7,321	0,627	6,172 - 8,469
VA * RT6	16	6,179	0,715	5,030 - 7,327
Total	64	8,770	0,286	8,196 - 9,344

Quadro A2.10- Resultados da análise de variância dos valores de cobre, em $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, depositados na zona B2 das plantas.

O.var.	SQ	gl	QM	F	P
Mod.	560,201	6	93,367	17,824	0,000
BR	55,547	1	55,547	10,604	0,002
BC	123,147	1	123,147	23,509	0,000
CS	2,177	1	2,177	0,416	0,529
VP	261,327	1	261,327	49,888	0,000
RM	0,957	1	0,957	0,183	0,675
RT	113,232	1	113,232	21,616	0,000
Inter.fact.	64,527	5	12,905	2,464	0,045
BR * VP	0,381	1	0,381	0,073	0,791
BC * VP	1,049	1	1,049	0,200	0,661
CS * VP	11,319	1	11,319	2,161	0,148
VP * RM	13,896	1	13,896	2,653	0,109
VP * RT	35,631	1	35,631	6,802	0,012
Erro	272,390	52	5,238		
Tot.(corr.)	897,118	63			

Quadro A2.11- Tabela da média e desvio padrão dos valores de cobre, em $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, depositados na zona B3 das plantas, para os diferentes factores e sua interacção com as versões do pulverizador.

Niv.fact.	Nm	Méd	S	Inter.Conf.(95%)
BR3	32	3,416	0,430	2,871 - 3,961
BR6	32	4,520	0,559	3,974 - 5,065
BC10	32	3,282	0,473	2,736 - 3,827
BC16	32	4,654	0,513	4,109 - 5,199
TB	32	4,279	0,564	3,733 - 4,824
TN	32	3,657	0,439	3,112 - 4,202
VO	32	6,126	0,402	5,581 - 6,671
VA	32	1,810	0,234	1,264 - 2,355
RE	32	4,294	0,522	3,748 - 4,839
RD	32	3,643	0,488	3,097 - 4,187
RT5	32	4,310	0,497	3,764 - 4,855
RT6	32	3,626	0,512	3,081 - 4,171
BR3 * VO	16	5,294	0,457	4,523 - 6,065
BR3 * VA	16	1,539	0,293	0,767 - 2,309

BR6 * VO	16	6,958	0,607	6,187 - 7,729
BR6 * VA	16	2,081	0,362	1,310 - 2,852
BC10 * VO	16	5,376	0,516	4,605 - 6,147
BC10 * VA	16	1,187	0,269	0,416 - 1,958
BC16 * VO	16	6,876	0,573	6,105 - 7,647
BC16 * VA	16	2,433	0,321	1,661 - 3,204
TB * VO	16	6,811	0,600	6,039 - 7,581
TB * VA	16	1,747	0,319	0,976 - 2,518
TN * VO	16	5,442	0,497	4,671 - 6,212
TN * VA	16	1,873	0,353	1,101 - 2,636
VO * RE	16	6,609	0,566	5,838 - 7,380
VO * RD	16	5,643	0,563	4,872 - 6,414
VA * RE	16	1,978	0,302	1,207 - 2,749
VA * RD	16	1,642	0,363	0,870 - 2,413
VO * RT5	16	6,130	0,703	5,358 - 6,900
VO * RT6	16	6,123	0,419	5,351 - 6,893
VA * RT5	16	2,490	0,294	1,719 - 3,261
VA * RT6	16	1,130	0,281	0,359 - 1,900
Total	64	3,968	0,192	3,582 - 4,353

Quadro A2.12- Resultados da análise de variância dos valores de cobre, em $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, depositados na zona B3 das plantas.

O.var.	SQ	gl	QM	F	P
Mod.	366,475	6	61,079	25,874	0,000
BR	19,485	1	19,485	8,254	0,006
BC	28,489	1	28,489	12,069	0,001
CS	6,883	1	6,883	2,916	0,094
VP	298,077	1	298,077	126,272	0,000
RM	5,108	1	5,108	2,164	0,147
RT	6,696	1	6,696	2,837	0,098
Inter.fact.	23,899	5	4,780	2,025	0,090
BR * VP	5,032	1	5,032	2,132	0,150
BC * VP	0,255	1	0,255	0,108	0,747
CS * VP	8,860	1	8,860	3,753	0,058
VP * RM	3,685	1	3,685	1,561	0,217
VP * RT	7,269	1	7,269	3,079	0,085
Erro	122,751	52	2,361		
Tot.(corr.)	513,125	63			

Quadro A2.13- Tabela da média e desvio padrão dos valores de cobre, em $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, depositados na zona C1 das plantas, para os diferentes factores e sua interacção com as versões do pulverizador.

Niv.fact.	Nm	Méd.	S	Inter.Conf.(95%)
BR3	32	7,739	0,586	6,856 - 8,621
BR6	32	9,912	0,602	9,029 - 10,794
BC10	32	7,754	0,588	6,871 - 8,636
BC16	32	9,897	0,602	9,014 - 10,779
TB	32	9,007	0,556	8,124 - 9,889
TN	32	8,644	0,686	7,761 - 9,526
VO	32	10,070	0,622	9,187 - 10,952
VA	32	7,581	0,543	6,698 - 8,463
RE	32	8,985	0,569	8,102 - 9,867
RD	32	8,666	0,676	7,783 - 9,548
RT5	32	10,219	0,588	9,337 - 11,101
RT6	32	7,431	0,557	6,549 - 8,313
BR3 * VO	16	8,663	0,765	7,414 - 9,910
BR3 * VA	16	6,816	0,849	5,568 - 8,064
BR6 * VO	16	11,477	0,867	10,229 - 12,725
BR6 * VA	16	8,346	0,648	7,098 - 9,594
BC10 * VO	16	8,153	0,714	6,904 - 9,400
BC10 * VA	16	7,355	0,948	6,107 - 8,603
BC16 * VO	16	11,987	0,775	10,739 - 13,235
BC16 * VA	16	7,807	0,560	6,559 - 9,054
TB * VO	16	10,740	0,826	9,491 - 11,987
TB * VA	16	7,274	0,444	6,026 - 8,522
TN * VO	16	9,400	0,927	8,152 - 10,648
TN * VA	16	7,888	1,004	6,640 - 9,135
VO * RE	16	10,098	0,827	8,849 - 11,345
VO * RD	16	10,042	0,958	8,794 - 11,290
VA * RE	16	7,872	0,701	6,624 - 9,120
VA * RD	16	7,290	0,846	6,042 - 8,537
VO * RT5	16	11,691	0,740	10,443 - 12,939
VO * RT6	16	8,448	0,838	7,200 - 9,696
VA * RT5	16	8,748	0,770	7,499 - 9,995
VA * RT6	16	6,414	0,666	5,166 - 7,662
Total	64	8,825	0,311	8,201 - 9,449

Quadro A2.14- Resultados da análise de variância dos valores de cobre, em $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, depositados na zona C1 das plantas.

O.var.	SQ	gl	QM	F	P
Mod.	380,477	6	63,413	10,252	0,000
BR	75,500	1	75,500	12,206	0,001
BC	75,831	1	75,831	12,260	0,001
CS	1,679	1	1,679	0,271	0,610
VP	99,105	1	99,105	16,022	0,000
RM	5,912	1	5,912	0,956	0,343
RT	127,298	1	127,298	20,580	0,000
Inter.fact.	73,562	5	14,712	2,379	0,051
BR * VP	6,600	1	6,600	1,067	0,306
BC * VP	41,919	1	41,919	6,777	0,012
CS * VP	17,253	1	17,253	2,789	0,101
VP * RM	3,914	1	3,914	0,633	0,438
VP * RT	2,398	1	2,398	0,388	0,543
Erro	321,645	52	6,185		
Tot.(corr.)	775,6837	63			

Quadro A2.15- Tabela da média e desvio padrão dos valores de cobre, em $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, depositados na zona C2 das plantas, para os diferentes factores e sua interacção com as versões do pulverizador.

Niv.fact.	Nm	Méd.	S	Inter.Conf.(95%)
BR3	32	6,783	0,542	6,084 - 7,481
BR6	32	9,240	0,625	8,541 - 9,938
BC10	32	6,683	0,453	5,984 - 7,382
BC16	32	9,340	0,681	8,641 - 10,038
TB	32	8,114	0,610	7,415 - 8,812
TN	32	7,910	0,640	7,210 - 8,608
VO	32	9,674	0,651	8,975 - 10,372
VA	32	6,349	0,425	5,650 - 7,047
RE	32	7,698	0,560	6,999 - 8,396
RD	32	8,325	0,680	7,626 - 9,023
RT5	32	9,479	0,647	8,780 - 10,177
RT6	32	6,544	0,475	5,845 - 7,242
BR3 * VO	16	8,419	0,825	7,430 - 9,406

BR3 * VA	16	5,148	0,423	4,160 - 6,136
BR6 * VO	16	10,930	0,927	9,942 - 11,918
BR6 * VA	16	7,550	0,612	6,561 - 8,537
BC10 * VO	16	8,058	0,598	7,070 - 9,045
BC10 * VA	16	5,309	0,489	4,320 - 6,296
BC16 * VO	16	11,291	1,022	10,302 - 12,278
BC16 * VA	16	7,389	0,602	6,401 - 8,376
TB * VO	16	10,267	0,741	9,279 - 11,255
TB * VA	16	5,960	0,607	4,972 - 6,948
TN * VO	16	9,081	1,074	8,093 - 10,069
TN * VA	16	6,738	0,598	5,749 - 7,725
VO * RE	16	9,323	0,776	8,334 - 10,310
VO * RD	16	10,026	1,063	9,037 - 11,013
VA * RE	16	6,074	0,582	5,085 - 7,061
VA * RD	16	6,624	0,630	5,636 - 7,612
VO * RT5	16	11,766	0,881	10,777 - 12,753
VO * RT6	16	7,583	0,625	6,595 - 8,570
VA * RT5	16	7,192	0,505	6,204 - 8,180
VA * RT6	16	5,506	0,630	4,517 - 6,493
Total	64	8,012	0,246	7,517 - 8,505

Quadro A2.16- Resultados da análise de variância dos valores de cobre, em $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, depositados na zona C2 das plantas.

O.var.	SQ	gl	QM	F	P
Mod.	526,198	6	87,700	22,623	0,000
BR	96,546	1	96,546	24,906	0,000
BC	110,908	1	110,908	28,610	0,000
CS	0,789	1	0,789	0,204	0,659
VP	176,937	1	176,937	45,644	0,000
RM	1,363	1	1,363	0,351	0,562
RT	135,530	1	135,530	34,962	0,000
Inter.fact.	48,305	5	9,661	2,492	0,043
BR * VP	0,048	1	0,048	0,012	0,913
BC * VP	5,250	1	5,250	1,354	0,250
CS * VP	15,334	1	15,334	3,956	0,052
VP * RM	2,032	1	2,032	0,524	0,480
VP * RT	24,678	1	24,678	6,366	0,015
Erro	201,578	52	3,876		

Tot.(corr.)	776,08	63
-------------	--------	----

Quadro A2.17- Tabela da média e desvio padrão dos valores de cobre, em $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, depositados na zona C3 das plantas, para os diferentes factores e sua interacção com as versões do pulverizador.

Niv.fact.	Nm	Méd.	S	Inter.Conf.(95%)
BR3	32	3,586	0,501	2,909 - 4,262
BR6	32	4,708	0,576	4,031 - 5,383
BC10	32	3,351	0,486	2,675 - 4,027
BC16	32	4,942	0,571	4,266 - 5,618
TB	32	4,575	0,511	3,898 - 5,250
TN	32	3,719	0,575	3,042 - 4,395
VO	32	6,324	0,491	5,648 - 7,000
VA	32	1,969	0,237	1,293 - 2,645
RE	32	4,352	0,587	3,675 - 5,027
RD	32	3,942	0,505	3,265 - 4,617
RT5	32	4,631	0,530	3,954 - 5,307
RT6	32	3,663	0,555	2,986 - 4,338
BR3 * VO	16	5,630	0,646	4,673 - 6,585
BR3 * VA	16	1,542	0,254	0,585 - 2,498
BR6 * VO	16	7,019	0,718	6,062 - 7,975
BR6 * VA	16	2,397	0,380	1,440 - 3,352
BC10 * VO	16	5,280	0,645	4,324 - 6,236
BC10 * VA	16	1,423	0,254	0,466 - 2,378
BC16 * VO	16	7,369	0,659	6,412 - 8,324
BC16 * VA	16	2,516	0,359	1,559 - 3,472
TB * VO	16	7,012	0,386	6,056 - 7,968
TB * VA	16	2,137	0,369	1,181 - 3,093
TN * VO	16	5,637	0,886	4,680 - 6,592
TN * VA	16	1,801	0,305	0,845 - 2,757
VO * RE	16	6,865	0,708	5,908 - 7,820
VO * RD	16	5,784	0,676	4,827 - 6,740
VA * RE	16	1,839	0,290	0,882 - 2,795
VA * RD	16	2,100	0,383	1,143 - 3,055
VO * RT5	16	6,772	0,710	5,815 - 7,727
VO * RT6	16	5,877	0,683	4,921 - 6,833
VA * RT5	16	2,490	0,211	1,534 - 3,446
VA * RT6	16	1,448	0,390	0,492 - 2,404

Total	64	4,147	0,238	3,668 - 4,624
-------	----	-------	-------	---------------

Quadro A2.18- Resultados da análise de variância dos valores de cobre, em $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, depositados na zona C3 das plantas.

O.var.	SQ	gl	QM	F	P
Mod.	395,127	6	65,854	18,136	0,000
BR	20,136	1	20,136	5,545	0,022
BC	42,003	1	42,003	11,568	0,001
CS	10,795	1	10,795	2,973	0,091
VP	303,470	1	303,470	83,576	0,000
RM	4,318	1	4,318	1,189	0,281
RT	15,964	1	15,964	4,397	0,041
Inter.fact.	14,549	5	2,910	0,801	0,554
BR * VP	1,144	1	1,144	0,315	0,583
BC * VP	3,967	1	3,967	1,092	0,301
CS * VP	4,251	1	4,251	1,171	0,284
VP * RM	4,878	1	4,878	1,343	0,252
VP * RT	0,081	1	0,081	0,022	0,883
Erro	188,816	52	3,631		
Tot.(corr.)	598,492	63			

Quadro A2.19- Tabela da média e desvio padrão dos valores de cobre, em $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, depositados na zona D1 das plantas, para os diferentes factores e sua interacção com as versões do pulverizador.

Niv.fact.	Nm	Méd.	S	Inter.Conf.(95%)
BR3	32	2,802	0,443	2,432 - 3,171
BR6	32	3,792	0,588	3,422 - 4,161
BC10	32	2,462	0,418	2,092 - 2,831
BC16	32	4,132	0,582	3,762 - 4,501
TB	32	3,447	0,541	3,077 - 3,816
TN	32	3,147	0,514	2,777 - 3,516
VO	32	0,927	0,127	0,557 - 1,296
VA	32	5,667	0,424	5,297 - 6,036
RE	32	3,065	0,526	2,695 - 3,434
RD	32	3,529	0,528	3,159 - 3,898
RT5	32	4,012	0,526	3,642 - 4,381
RT6	32	2,581	0,498	2,211 - 2,950

BR3 * VO	16	0,819	0,168	0,296 - 1,341
BR3 * VA	16	4,785	0,509	4,262 - 5,307
BR6 * VO	16	1,034	0,192	0,511 - 1,556
BR6 * VA	16	6,549	0,616	6,026 - 7,072
BC10 * VO	16	0,746	0,160	0,223 - 1,268
BC10 * VA	16	4,178	0,551	3,655 - 4,701
BC16 * VA	16	1,107	0,191	0,584 - 1,629
BC16 * VA	16	7,156	0,380	6,633 - 7,678
TB * VO	16	0,982	0,190	0,459 - 1,505
TB * VA	16	5,911	0,604	5,388 - 6,433
TN * VO	16	0,871	0,173	0,348 - 1,393
TN * VA	16	5,424	0,609	4,900 - 5,946
VO * RE	16	0,891	0,186	0,368 - 1,413
VO * RD	16	0,963	0,178	0,440 - 1,485
VA * RE	16	5,239	0,691	4,716 - 5,761
VA * RD	16	6,095	0,491	5,572 - 6,617
VO * RT5	16	1,357	0,193	0,834 - 1,879
VO * RT6	16	0,496	0,069	0,026 - 1,018
VA * RT5	16	6,668	0,409	6,145 - 7,190
VA * RT6	16	4,667	0,665	4,144 - 5,189
Total	64	3,297	0,130	3,035 - 3,558

Quadro A2.20- Resultados da análise de variância dos valores de cobre, em $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, depositados na zona D1 das plantas.

O.var.	SQ	gl	QM	F	P
Mod.	455,370	6	75,895	69,982	0,000
BR	15,679	1	15,679	14,458	0,000
BC	43,444	1	43,444	40,060	0,000
CS	1,608	1	1,608	1,483	0,229
VP	359,548	1	359,548	331,536	0,000
RM	1,352	1	1,352	1,247	0,269
RT	31,811	1	31,811	29,333	0,000
Inter.fact.	42,161	5	8,432	7,775	0,000
BR * VP	9,605	1	9,605	8,857	0,004
BC * VP	26,355	1	26,355	24,302	0,000
CS * VP	0,681	1	0,681	0,628	0,440
VP * RM	0,220	1	0,220	0,203	0,659
VP * RT	4,812	1	4,812	4,437	0,040

Erro	1,084	
Tot.(corr.)	553,9243	63

Quadro A2.21- Tabela da média e desvio padrão dos valores de cobre, em $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, depositados na zona D2 das plantas, para os diferentes factores e sua interacção com as versões do pulverizador.

Niv.fact.	Nm	Méd.	S	Inter.Conf.(95%)
BR3	32	2,475	0,405	2,036 - 2,914
BR6	32	3,000	0,447	2,560 - 3,438
BC10	32	1,929	0,330	1,489 - 2,367
BC16	32	3,546	0,467	3,107 - 3,985
TB	32	2,694	0,392	2,254 - 3,132
TN	32	2,781	0,463	2,341 - 3,219
VO	32	1,033	0,121	0,594 - 1,472
VA	32	4,442	0,408	4,002 - 4,880
RE	32	2,308	0,378	1,868 - 3,746
RD	32	3,167	0,462	2,728 - 3,606
RT5	32	3,292	0,379	2,853 - 3,731
RT6	32	2,183	0,453	1,743 - 2,616
BR3 * VO	16	0,910	0,164	0,289 - 1,531
BR3 * VA	16	4,040	0,571	3,419 - 4,661
BR6 * VO	16	1,156	0,176	0,535 - 1,777
BR6 * VA	16	4,843	0,585	4,221 - 5,463
BC10 * VO	16	0,856	0,151	0,234 - 1,476
BC10 * VA	16	3,001	0,523	2,380 - 3,622
BC16 * VO	16	1,211	0,182	0,589 - 1,831
BC16 * VA	16	5,882	0,374	5,260 - 6,502
TB * VO	16	1,006	0,146	0,385 - 1,627
TB * VA	16	4,381	0,485	3,760 - 5,002
TN * VO	16	1,060	0,197	0,439 - 1,680
TN * VA	16	4,502	0,673	3,880 - 5,122
VO * RE	16	0,834	0,152	0,213 - 1,455
VO * RD	16	1,232	0,178	0,611 - 1,853
VA * RE	16	3,781	0,528	3,160 - 4,401
VA * RD	16	5,102	0,594	4,481 - 5,722
VO * RT5	16	1,457	0,151	0,836 - 2,078
VO * RT6	16	0,609	0,116	0,011 - 1,229
VA * RT5	16	5,127	0,349	4,505 - 5,747

VA * RT6	16	3,756	0,711	3,135 - 4,377
Total	64	2,737	0,155	2,426 - 3,047

Quadro A2.22- Resultados da análise de variância dos valores de cobre, em $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, depositados na zona D2 das plantas.

O.var.	SQ	gl	QM	F	P
Mod.	259,521	6	43,253	28,253	0,000
BR	4,400	1	4,400	2,874	0,096
BC	39,507	1	39,507	25,806	0,000
CS	0,031	1	0,031	0,020	0,890
VP	185,874	1	185,874	121,412	0,000
RM	7,565	1	7,565	4,941	0,031
RT	18,114	1	18,114	11,832	0,001
Inter.fact.	26,585	5	5,317	3,473	0,009
BR * VP	1,237	1	1,237	0,808	0,382
BC * VP	23,300	1	23,300	15,220	0,000
CS * VP	0,005	1	0,005	0,003	0,956
VP * RM	0,671	1	0,671	0,438	0,518
VP * RT	0,702	1	0,702	0,458	0,509
Erro	79,608	52	1,531		
Tot.(corr.)	365,7142	63			

Quadro A2.23- Tabela da média e desvio padrão dos valores de cobre, em $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, depositados na zona D3 das plantas, para os diferentes factores e sua interacção com as versões do pulverizador.

Niv.fact.	Nm	Méd.	S	Inter.Conf.(95%)
BR3	32	2,755	0,428	2,428 - 3,081
BR6	32	3,615	0,523	3,288 - 3,941
BC10	32	2,221	0,325	1,893 - 2,547
BC16	32	4,150	0,551	3,822 - 4,476
TB	32	2,974	0,457	2,647 - 3,300
TN	32	3,396	0,508	3,069 - 3,722
VO	32	1,018	0,129	0,690 - 1,344
VA	32	5,353	0,386	5,025 - 5,679
RE	32	3,113	0,477	2,785 - 3,439
RD	32	3,258	0,491	2,931 - 3,584
RT5	32	3,480	0,423	3,153 - 3,807

RT6	32	2,890	0,533	2,563 - 3,216
BR3 * VO	16	0,880	0,172	0,418 - 1,342
BR3 * VA	16	4,630	0,509	4,167 - 5,091
BR6 * VO	16	1,155	0,193	0,693 - 1,616
BR6 * VA	16	6,075	0,537	5,613 - 6,537
BC10 * VO	16	0,761	0,155	0,299 - 1,222
BC10 * VA	16	3,680	0,360	3,218 - 4,141
BC16 * VO	16	1,274	0,190	0,812 - 1,735
BC16 * VA	16	7,025	0,338	6,563 - 7,486
TB * VO	16	0,862	0,166	0,400 - 1,323
TB * VA	16	5,086	0,490	4,623 - 5,547
TN * VO	16	1,173	0,196	0,711 - 1,634
TN * VA	16	5,619	0,606	5,157 - 6,081
VO * RE	16	0,928	0,166	0,466 - 1,389
VO * RD	16	1,107	0,201	0,645 - 1,596
VA *RE	16	5,297	0,527	4,835 - 5,758
VA *RD	16	5,408	0,582	4,946 - 5,869
VO * RT5	16	1,459	0,184	0,996 - 1,920
VO * RT6	16	0,576	0,096	0,114 - 1,038
VA * RT5	16	5,502	0,402	5,040 - 5,964
VA * RT6	16	5,203	0,673	4,741 - 5,664
Total	64	3,185	0,115	2,954 - 3,415

Quadro A2.24- Resultados da análise de variância dos valores de cobre, em $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, depositados na zona D3 das plantas.

O.var.	SQ	gl	QM	F	P
Mod.	380,513	6	63,419	74,873	0,000
BR	11,835	1	11,835	13,973	0,001
BC	59,454	1	59,454	70,193	0,000
CS	2,877	1	2,877	3,396	0,071
VP	300,674	1	300,674	354,980	0,000
RM	0,024	1	0,024	0,029	0,868
RT	5,611	1	5,611	6,625	0,013
Inter.fact.	40,785	5	8,157	9,630	0,000
BR * VP	5,485	1	5,485	6,476	0,014
BC * VP	33,050	1	33,050	39,020	0,000
CS * VP	0,304	1	0,304	0,359	0,558
VP * RM	1,458	1	1,458	1,721	0,195

VP * RT	1,111	1	1,111	1,311	0,257
Erro	44,045	52	0,847		
Tot.(corr.)	465,342	63			

Quadro A2.25- Tabela da média e desvio padrão dos valores de cobre, em $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, depositados na face FA das plantas, para os diferentes factores e sua interacção com as versões do pulverizador.

Niv.fact.	Nm	Méd.	S	Inter.Conf.(95%)
BR3	32	2,586	0,380	2,267 - 2,905
BR6	32	3,397	0,494	3,078 - 3,716
BC10	32	2,182	0,347	1,863 - 2,501
BC16	32	3,801	0,486	3,482 - 4,120
TB	32	3,079	0,458	2,760 - 3,398
TN	32	2,904	0,434	2,585 - 3,223
VO	32	0,999	0,107	0,680 - 1,318
VA	32	4,984	0,363	4,665 - 5,303
RE	32	3,194	0,463	2,875 - 3,513
RD	32	2,788	0,427	2,469 - 3,107
RT5	32	3,555	0,431	3,236 - 3,874
RT6	32	2,428	0,439	2,109 - 2,747
BR3 * VO	16	0,878	0,157	0,426 - 1,329
BR3 * VA	16	4,295	0,430	3,843 - 4,476
BR6 * VO	16	1,120	0,144	0,669 - 1,572
BR6 * VA	16	5,673	0,544	5,222 - 6,124
BC10 * VO	16	0,701	0,116	0,250 - 1,153
BC10 * VA	16	3,663	0,438	3,211 - 4,114
BC16 * VO	16	1,297	0,149	0,845 - 1,748
BC16 * VA	16	6,305	0,344	5,854 - 6,756
TB * VO	16	0,979	0,151	0,528 - 1,430
TB * VA	16	5,178	0,508	4,727 - 5,630
TN * VO	16	1,019	0,157	0,568 - 1,470
TN * VA	16	4,789	0,529	4,338 - 5,240
VO * RE	16	1,076	0,169	0,625 - 1,527
VO * RD	16	0,922	0,134	0,471 - 1,373
VA * RE	16	5,313	0,509	4,862 - 5,764
VA * RD	16	4,655	0,520	4,203 - 5,106
VO * RT5	16	1,331	0,149	0,880 - 1,783
VO * RT6	16	0,667	0,102	0,215 - 1,118

VA * RT5	16	5,778	0,296	5,327 - 6,229
VA * RT6	16	4,190	0,610	3,738 - 4,641
Total	64	2,991	0,112	2,766 - 3,217

Quadro A2.26- Resultados da análise de variância dos valores de cobre, em $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, depositados na face FA das plantas.

O.var.	SQ	gl	QM	F	P
Mod.	328,261	6	54,710	67,652	0,000
BR	10,509	1	10,509	12,995	0,001
BC	40,968	1	40,968	50,659	0,000
CS	0,576	1	0,576	0,712	0,412
VP	254,055	1	254,055	314,152	0,000
RM	0,975	1	0,975	1,206	0,277
RT	19,670	1	19,670	24,324	0,000
Int.fact.	25,546	5	5,109	6,318	0,000
BR * VP	5,156	1	5,156	6,376	0,015
BC * VP	16,247	1	16,247	20,091	0,000
CS * VP	0,815	1	0,815	1,008	0,320
VP * RM	0,004	1	0,004	0,005	0,943
VP * RT	3,212	1	3,212	3,972	0,052
Erro	42,052	52	0,809		
Total (corr.)	395,859	63			

Quadro A2.27- Tabela da média e desvio padrão dos valores de cobre, em $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, depositados na face FB das plantas, para os diferentes factores e sua interacção com as versões do pulverizador.

Niv.fact.	Nm	Méd	S	Inter.Conf.(95%)
BR3	32	6,299	0,459	5,849 - 6,749
BR6	32	8,019	0,503	7,569 - 8,468
BC10	32	5,959	0,446	5,509 - 6,409
BC16	32	8,359	0,469	7,909 - 8,808
TB	32	7,260	0,554	6,810 - 7,710
TN	32	7,058	0,451	6,608 - 7,507
VO	32	8,927	0,442	8,477 - 9,376
VA	32	5,391	0,339	4,941 - 5,841
RE	32	7,478	0,522	7,028 - 7,928
RD	32	6,840	0,482	6,390 - 7,289

RT5	32	8,129	0,489	7,679 - 8,578
RT6	32	6,189	0,460	5,739 - 6,639
BR3 * VO	16	7,887	0,560	7,251 - 8,523
BR3 * VA	16	4,711	0,471	4,075 - 5,347
BR6 * VO	16	9,966	0,591	9,330 - 10,602
BR6 * VA	16	6,072	0,436	5,436 - 6,708
BC10 * VO	16	7,573	0,528	6,937 - 8,209
BC10 * VA	16	4,345	0,442	3,709 - 4,981
BC16 * VO	16	10,280	0,533	9,644 - 0,916
BC16 * VA	16	6,437	0,364	5,801 - 7,073
TB * VO	16	9,451	0,606	8,814 - 0,087
TB * VA	16	5,070	0,512	4,434 - 5,706
TN * VO	16	8,403	0,635	7,767 - 9,039
TN * VA	16	5,712	0,445	5,076 - 6,349
VO * RE	16	9,384	0,627	8,748 - 10,020
VO * RD	16	8,469	0,621	7,833 - 9,106
VA * RE	16	5,572	0,498	4,936 - 6,209
VA * RD	16	5,210	0,470	4,574 - 5,846
VO * RT5	16	10,060	0,542	9,423 - 10,696
VO * RT6	16	7,794	0,585	7,158 - 8,430
VA * RT5	16	6,198	0,445	5,562 - 6,834
VA * RT6	16	4,585	0,435	3,949 - 5,221
Total	64	7,159	0,158	6,841 - 7,477

Quadro A2.28- Resultados da análise de variância dos valores de cobre, em $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, depositados na face FB das plantas.

O.var.	SQ	gl	QM	F	P
Mod.	402,586	6	67,098	41,757	0,000
BR	47,310	1	47,310	29,442	0,000
BC	89,922	1	89,922	55,960	0,000
CS	0,819	1	0,819	0,510	0,486
VP	199,985	1	199,985	124,456	0,000
RM	2,336	1	2,336	1,454	0,233
RT	58,474	1	58,474	36,390	0,000
Int.fact.	21,335	5	4,267	2,655	0,033
BR * VP	2,060	1	2,060	1,282	0,263
BC * VP	1,389	1	1,389	0,864	0,367
CS * VP	11,658	1	11,658	7,255	0,010

VP * RM	4,758	1	4,758	2,961	0,091
VP * RT	1,570	1	1,570	0,977	0,338
Erro	83,558	52	1,607		
Total (corr.)	507,479	63			

Quadro A2.29- Tabela da média e desvio padrão dos valores de cobre, em $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, depositados na face FC das plantas, para os diferentes factores e sua interacção com as versões do pulverizador.

Niv.fact.	Nm	Méd.	S	Int.Conf.(95%)
BR3	32	6,036	0,448	5,574 - 6,498
BR6	32	7,953	0,513	7,491 - 8,415
BC10	32	5,930	0,426	5,468 - 6,392
BC16	32	8,060	0,518	7,598 - 8,522
TB	32	7,232	0,516	6,770 - 7,694
TN	32	6,758	0,502	6,295 - 7,220
VO	32	8,690	0,480	8,227 - 9,152
VA	32	5,300	0,328	4,838 - 5,762
RE	32	7,012	0,502	6,550 - 7,474
RD	32	6,978	0,520	6,516 - 7,440
RT5	32	8,110	0,479	7,648 - 8,572
RT6	32	5,880	0,461	5,417 - 6,342
BR3 * VO	16	7,570	0,600	6,917 - 8,224
BR3 * VA	16	4,502	0,394	3,849 - 5,156
BR6 * VO	16	9,809	0,651	9,155 - 0,462
BR6 * VA	16	6,097	0,452	5,444 - 6,751
BC10 * VO	16	7,164	0,542	6,510 - 7,817
BC10 * VA	16	4,696	0,502	4,042 - 5,349
BC16 * VO	16	10,215	0,589	9,562 - 0,869
BC16 * VA	16	5,904	0,379	5,250 - 6,557
TB * VO	16	9,340	0,582	8,686 - 9,993
TB * VA	16	5,124	0,413	4,470 - 5,777
TN * VO	16	8,039	0,745	7,386 - 8,693
TN * VA	16	5,476	0,519	4,822 - 6,129
VO * RE	16	8,762	0,674	8,108 - 9,415
VO * RD	16	8,617	0,704	7,964 - 9,271
VA * RE	16	5,262	0,424	4,608 - 5,915
VA * RD	16	5,338	0,514	4,684 - 5,991
VO * RT5	16	10,076	0,561	9,423 - 0,730

VO * RT6	16	7,303	0,616	6,649 - 7,956
VA * RT5	16	6,143	0,346	5,490 - 6,797
VA * RT6	16	4,456	0,479	3,803 - 5,110
Total	64	6,995	0,163	6,668 - 7,321

Quadro A2.30- Resultados da análise de variância dos valores de cobre, em $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, depositados na face FC das plantas.

O.var.	SQ	gl	QM	F	P
Mod.	399,657	6	66,610	39,277	0,000
BR	58,789	1	58,789	34,665	0,000
BC	73,504	1	73,504	43,342	0,000
CS	3,324	1	3,324	1,960	0,167
VP	183,849	1	183,849	108,408	0,000
RM	1,241	1	1,241	0,732	0,405
RT	80,520	1	80,520	47,479	0,000
Int.fact.	30,722	5	6,144	3,623	0,007
BR * VP	1,654	1	1,654	0,975	0,338
BC * VP	12,858	1	12,858	7,582	0,008
CS * VP	11,405	1	11,405	6,725	0,012
VP * RM	0,159	1	0,159	0,094	0,764
VP * RT	4,315	1	4,315	2,544	0,117
Erro	88,187	52	1,696		
Total (corr.)	518,566	63			

Quadro A2.31- Tabela da média e desvio padrão dos valores de cobre, em $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, depositados na face FD das plantas, para os diferentes factores e sua interacção com as versões do pulverizador.

Niv.fact.	Nm	Méd.	S	Int.Conf.(95%)
BR3	32	2,677	0,405	2,388 - 2,967
BR6	32	3,469	0,501	3,179 - 3,758
BC10	32	2,204	0,332	1,914 - 2,493
BC16	32	3,942	0,516	3,653 - 4,232
TB	32	3,038	0,446	2,748 - 3,328
TN	32	3,108	0,476	2,819 - 3,398
VO	32	0,992	0,118	0,703 - 1,282
VA	32	5,154	0,364	4,864 - 5,443
RE	32	2,828	0,441	2,539 - 3,118

RD	32	3,318	0,476	3,028 - 3,607
RT5	32	3,595	0,427	3,305 - 3,885
RT6	32	2,551	0,475	2,262 - 2,841
BR3 * VO	16	0,870	0,155	0,460 - 1,279
BR3 * VA	16	4,485	0,469	4,075 - 4,895
BR6 * VO	16	1,115	0,177	0,706 - 1,525
BR6 * VA	16	5,823	0,517	5,413 - 6,232
BC10 * VO	16	0,788	0,153	0,378 - 1,197
BC10 * VA	16	3,620	0,404	3,210 - 4,030
BC16 * VO	16	1,197	0,169	0,788 - 1,607
BC16 * VA	16	6,688	0,263	6,278 - 7,097
TB * VO	16	0,950	0,156	0,541 - 1,360
TB * VA	16	5,126	0,466	4,716 - 5,535
TN * VO	16	1,035	0,181	0,625 - 1,444
TN * VA	16	5,182	0,573	4,772 - 5,591
VO * RE	16	0,884	0,159	0,475 - 1,294
VO * RD	16	1,101	0,175	0,691 - 1,510
VA * RE	16	4,772	0,525	4,363 - 5,182
VA * RD	16	5,535	0,501	5,125 - 5,945
VO * RT5	16	1,424	0,161	1,015 - 1,834
VO * RT6	16	0,560	0,080	0,151 - 0,970
VA * RT5	16	5,766	0,312	5,356 - 6,175
VA * RT6	16	4,542	0,631	4,132 - 4,951
Total	64	3,073	0,102	2,868 - 3,278

Quadro A2.32- Resultados da análise de variância dos valores de cobre, em $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, depositados na face FD das plantas.

O.var.	SQ	gl	QM	F	P
Mod.	354,528	6	59,088	88,688	0,000
BR	10,023	1	10,023	15,043	0,000
BC	47,093	1	47,093	70,684	0,000
CS	0,040	1	0,040	0,061	0,809
VP	277,059	1	277,059	415,849	0,000
RM	1,568	1	1,568	2,354	0,131
RT	16,714	1	16,714	25,087	0,000
Int.fact.	32,757	5	6,551	9,833	0,000
BR * VP	4,772	1	4,772	7,163	0,010
BC * VP	27,422	1	27,422	41,158	0,000

CS * VP	0,013	1	0,013	0,020	0,891
VP * RM	0,001	1	0,001	0,001	0,974
VP * RT	0,434	1	0,434	0,652	0,432
Erro	34,645	52	0,666		
Total (corr.)	421,930	63			

Quadro A2.33- Tabela da média e desvio padrão dos valores de cobre, em $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, depositados no nível AB1 das plantas, para os diferentes factores e sua interacção com as versões do pulverizador.

Niv.fact.	Nm	Méd.	S	Inter.Conf.(95%)
BR3	32	5,227	0,380	4,808 - 5,646
BR6	32	6,708	0,330	6,289 - 7,127
BC10	32	4,803	0,322	4,384 - 5,222
BC16	32	7,132	0,311	6,713 - 7,551
TB	32	6,171	0,315	5,752 - 6,590
TN	32	5,764	0,432	5,345 - 6,183
VO	32	5,370	0,323	4,950 - 5,789
VA	32	6,565	0,401	6,146 - 6,984
RE	32	6,220	0,373	5,801 - 6,639
RD	32	5,715	0,380	5,296 - 6,134
RT5	32	6,926	0,339	6,506 - 7,345
RT6	32	5,009	0,338	4,590 - 5,429
BR3 * VO	16	4,682	0,462	4,089 - 5,275
BR3 * VA	16	5,772	0,585	5,179 - 6,365
BR6 * VO	16	6,058	0,392	5,465 - 6,651
BR6 * VA	16	7,358	0,489	6,765 - 7,951
BC10 * VO	16	4,358	0,374	3,765 - 4,951
BC10 * VA	16	5,248	0,513	4,655 - 5,841
BC16 * VO	16	6,382	0,392	5,789 - 6,975
BC16 * VA	16	7,882	0,414	7,289 - 8,475
TB * VO	16	5,778	0,351	5,185 - 6,371
TB * VA	16	6,564	0,516	5,971 - 7,157
TN * VO	16	4,961	0,534	4,369 - 5,554
TN * VA	16	6,566	0,632	5,973 - 7,159
VO * RE	16	5,499	0,435	4,906 - 6,092
VO * RD	16	5,240	0,489	4,647 - 5,833
VA * RE	16	6,941	0,564	6,348 - 7,534
VA * RD	16	6,190	0,574	5,597 - 6,783
VO * RT5	16	6,148	0,403	5,555 - 6,741

VO * RT6	16	4,591	0,432	3,998 - 5,184
VA * RT5	16	7,703	0,482	7,110 - 8,296
VA * RT6	16	5,427	0,511	4,835 - 6,020
Total	64	5,967	0,148	5,671 - 6,264

Quadro A2.34- Resultados da análise de variância dos valores de cobre, em $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, depositados no nível AB1 das plantas.

O.var.	SQ	gl	QM	F	P
Mod.	207,283	6	34,547	24,742	0,000
BR	35,087	1	35,087	25,128	0,000
BC	85,199	1	85,199	61,017	0,000
CS	2,863	1	2,863	2,050	0,158
VP	22,870	1	22,870	16,379	0,000
RM	1,136	1	1,136	0,813	0,381
RT	57,509	1	57,509	41,186	0,000
Int.fact.	5,965	5	1,193	0,854	0,518
BR * VP	0,176	1	0,176	0,126	0,728
BC * VP	1,390	1	1,390	0,995	0,334
CS * VP	2,544	1	2,544	1,822	0,183
VP * RM	0,052	1	0,052	0,037	0,850
VP * RT	1,946	1	1,946	1,394	0,243
Erro	72,608	52	1,396		
Total (corr.)	285,856	63			

Quadro A2.35- Tabela da média e desvio padrão dos valores de cobre, em $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, depositados no nível AB2 das plantas, para os diferentes factores e sua interacção com as versões do pulverizador

Niv.fact.	Nm	Méd.	S	Inter.Conf.(95%)
BR3	32	5,129	0,316	4,574 - 5,684
BR6	32	6,389	0,417	5,833 - 6,944
BC10	32	4,674	0,357	4,119 - 5,229
BC16	32	6,844	0,309	6,289 - 7,399
TB	32	5,684	0,408	5,129 - 6,239
TN	32	5,834	0,364	5,278 - 6,389
VO	32	5,961	0,368	5,405 - 6,516
VA	32	5,557	0,401	5,002 - 6,112
RE	32	6,061	0,429	5,506 - 6,616
RD	32	5,457	0,331	4,901 - 6,012
RT5	32	6,627	0,319	6,072 - 7,183
RT6	32	4,890	0,386	4,335 - 5,446
BR3 * VO	16	5,412	0,462	4,626 - 6,197
BR3 * VA	16	4,847	0,436	4,062 - 5,632
BR6 * VO	16	6,509	0,555	5,724 - 7,295

BR6 * VA	16	6,268	0,639	5,483 - 7,053
BC10 * VO	16	5,036	0,476	4,251 - 5,822
BC10 * VA	16	4,311	0,532	3,526 - 5,096
BC16 * VO	16	6,885	0,469	6,099 - 7,670
BC16 * VA	16	6,803	0,418	6,018 - 7,588
TB * VO	16	6,004	0,510	5,219 - 6,789
TB * VA	16	5,364	0,643	4,579 - 6,150
TN * VO	16	5,917	0,549	5,132 - 6,702
TN * VA	16	5,750	0,496	4,965 - 6,535
VO * RE	16	6,343	0,583	5,557 - 7,128
VO * RD	16	5,579	0,449	4,793 - 6,364
VA * RE	16	5,780	0,641	4,995 - 6,565
VA * RD	16	5,335	0,498	4,549 - 6,120
VO * RT5	16	7,222	0,451	6,437 - 8,008
VO * RT6	16	4,699	0,381	3,913 - 5,484
VA * RT5	16	6,032	0,413	5,247 - 6,818
VA * RT6	16	5,082	0,681	4,297 - 5,867
Total	64	5,759	0,196	5,366 - 6,151

Quadro A2.36- Resultados da análise de variância dos valores de cobre, em $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, depositados no nível AB2 das plantas.

O.var.	SQ	gl	QM	F	P
Mod.	153,965	6	25,661	10,480	0,000
BR	25,378	1	25,378	10,364	0,002
BC	73,527	1	73,527	30,028	0,000
CS	0,257	1	0,257	0,105	0,751
VP	2,602	1	2,602	1,062	0,307
RM	1,997	1	1,997	0,815	0,380
RT	46,868	1	46,868	19,140	0,000
Int.fact.	15,554	5	3,111	1,270	0,291
BR * VP	0,418	1	0,418	0,171	0,686
BC * VP	1,666	1	1,666	0,680	0,422
CS * VP	0,903	1	0,903	0,369	0,553
VP * RM	2,491	1	2,491	1,017	0,318
VP * RT	9,767	1	9,767	3,989	0,051
Erro	127,329	52	2,449		
Total (corr.)	296,848	63			

Quadro A2.37- Tabela da média e desvio padrão dos valores de cobre, em $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, depositados no nível AB3 das plantas, para os diferentes factores e sua interacção com as versões do pulverizador

Niv.fact.	Nm	Méd.	S	Inter.Conf.(95%)
BR3	32	2,972	0,207	2,613 - 3,330
BR6	32	4,026	0,280	3,668 - 4,385
BC10	32	2,735	0,215	2,376 - 3,094
BC16	32	4,263	0,235	3,904 - 4,622
TB	32	3,653	0,284	3,294 - 4,012
TN	32	3,345	0,239	2,986 - 3,704
VO	32	3,558	0,225	3,199 - 3,917
VA	32	3,440	0,298	3,081 - 3,799
RE	32	3,728	0,246	3,369 - 4,086
RD	32	3,270	0,275	2,912 - 3,629
RT5	32	3,972	0,250	3,613 - 4,331
RT6	32	3,026	0,250	2,667 - 3,385
BR3 * VO	16	3,054	0,260	2,547 - 3,562
BR3 * VA	16	2,889	0,331	2,382 - 3,397
BR6 * VO	16	4,062	0,328	3,555 - 4,570
BR6 * VA	16	3,991	0,465	3,483 - 4,498
BC10 * VO	16	3,017	0,288	2,510 - 3,525
BC10 * VA	16	2,452	0,313	1,945 - 2,960
BC16 * VO	16	4,099	0,295	3,591 - 4,606
BC16 * VA	16	4,428	0,372	3,920 - 4,935
TB * VO	16	3,862	0,359	3,355 - 4,370
TB * VA	16	3,444	0,446	2,937 - 3,952
TN * VO	16	3,254	0,260	2,747 - 3,762
TN * VA	16	3,436	0,409	2,928 - 3,943
VO * RE	16	3,848	0,310	3,340 - 4,355
VO * RD	16	3,268	0,319	2,761 - 3,776
VA * RE	16	3,607	0,390	3,100 - 4,115
VA * RD	16	3,272	0,458	2,765 - 3,780
VO * RT5	16	3,716	0,373	3,208 - 4,223
VO * RT6	16	3,401	0,259	2,893 - 3,908
VA * RT5	16	4,228	0,332	3,720 - 4,735
VA * RT6	16	2,652	0,416	2,145 - 3,159
Total	64	3,499	0,126	3,245 - 3,753

Quadro A2.38- Resultados da análise de variância dos valores de cobre, em $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, depositados no nível AB3 das plantas.

O.var.	SQ	gl	QM	F	P
Mod.	72,895	6	12,149	11,878	0,000
BR	17,800	1	17,800	17,403	0,000
BC	36,239	1	36,239	35,430	0,000
CS	1,719	1	1,719	1,680	0,201
VP	0,224	1	0,224	0,219	0,647
RM	1,677	1	1,677	1,640	0,206
RT	13,642	1	13,642	13,337	0,001
Int.fact.	12,132	5	2,426	2,372	0,052
BR * VP	0,035	1	0,035	0,034	0,856
BC * VP	3,272	1	3,272	3,199	0,080
CS * VP	1,494	1	1,494	1,460	0,232
VP * RM	1,874	1	1,874	1,832	0,182
VP * RT	6,447	1	6,447	6,303	0,015
Erro	53,187	52	1,023		
Total (corr.)	138,214	63			

Quadro A2.39- Tabela da média e desvio padrão dos valores de cobre, em $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, depositados no nível CD1 das plantas, para os diferentes factores e sua interacção com as versões do pulverizador

Niv.fact.	Nm	Méd.	S	Inter.Conf.(95%)
BR3	32	5,271	0,357	4,751 - 5,790
BR6	32	6,852	0,377	6,332 - 7,371
BC10	32	5,108	0,402	4,589 - 5,627
BC16	32	7,014	0,299	6,495 - 7,534
TB	32	6,227	0,331	5,707 - 6,746
TN	32	5,896	0,445	5,376 - 6,415
VO	32	5,498	0,357	4,979 - 6,018
VA	32	6,624	0,402	6,105 - 7,143
RE	32	6,025	0,362	5,506 - 6,544
RD	32	6,098	0,423	5,578 - 6,617
RT5	32	7,116	0,322	6,597 - 7,635
RT6	32	5,006	0,366	4,487 - 5,526
BR3 * VO	16	4,741	0,441	4,007 - 5,475
BR3 * VA	16	5,800	0,543	5,066 - 6,535
BR6 * VO	16	6,256	0,505	5,521 - 6,990

BR6 * VA	16	7,448	0,533	6,713 - 8,182
BC10 * VO	16	4,449	0,423	3,715 - 5,184
BC10 * VA	16	5,767	0,656	5,032 - 6,501
BC16 * VO	16	6,547	0,447	5,813 - 7,282
BC16 * VA	16	7,481	0,375	6,747 - 8,216
TB * VO	16	5,861	0,492	5,127 - 6,595
TB * VA	16	6,592	0,439	5,858 - 7,327
TN * VO	16	5,136	0,516	4,401 - 5,870
TN * VA	16	6,656	0,690	5,921 - 7,390
VO * RE	16	5,494	0,469	4,760 - 6,228
VO * RD	16	5,502	0,553	4,768 - 6,237
VA * RE	16	6,556	0,532	5,821 - 7,290
VA * RD	16	6,693	0,621	5,958 - 7,427
VO * RT5	16	6,524	0,432	5,790 - 7,259
VO * RT6	16	4,472	0,446	3,738 - 5,207
VA * RT5	16	7,708	0,442	6,973 - 8,442
VA * RT6	16	5,541	0,563	4,806 - 6,275
Total	64	6,061	0,183	5,694 - 6,428

Quadro A2.40- Resultados da análise de variância dos valores de cobre, em $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, depositados no nível CD1 das plantas.

O.var.	SQ	gl	QM	F	P
Mod.	191,777	6	31,963	14,923	0,000
BR	39,998	1	39,998	18,675	0,000
BC	58,517	1	58,517	27,321	0,000
CS	1,643	1	1,643	0,767	0,394
VP	20,280	1	20,280	9,468	0,003
RM	0,402	1	0,402	0,188	0,671
RT	71,595	1	71,595	33,427	0,000
Int.fact.	3,863	5	0,773	0,361	0,873
BR * VP	0,070	1	0,070	0,033	0,859
BC * VP	0,449	1	0,449	0,210	0,654
CS * VP	2,770	1	2,770	1,293	0,261
VP * RM	0,570	1	0,570	0,266	0,614
VP * RT	0,104	1	0,104	0,049	0,829
Erro	111,375	52	2,142		
Total (corr.)	307,014	63			

Quadro A2.41- Tabela da média e desvio padrão dos valores de cobre, em $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, depositados no nível CD2 das plantas, para os diferentes factores e sua interação com as versões do pulverizador

Niv.fact.	Nm	Méd.	S	Inter.Conf.(95%)
BR3	32	4,629	0,325	4,155 - 5,103
BR6	32	6,120	0,376	5,646 - 6,594
BC10	32	4,306	0,279	3,832 - 4,780
BC16	32	6,443	0,362	5,969 - 6,917
TB	32	5,404	0,330	4,930 - 5,878
TN	32	5,345	0,417	4,871 - 5,819
VO	32	5,354	0,370	4,880 - 5,828
VA	32	5,395	0,382	4,921 - 5,869
RE	32	5,003	0,333	4,529 - 5,477
RD	32	5,746	0,404	5,272 - 6,220
RT5	32	6,385	0,310	5,911 - 6,859
RT6	32	4,364	0,348	3,890 - 4,838
BR3 * VO	16	4,664	0,482	3,994 - 5,335
BR3 * VA	16	4,594	0,450	3,924 - 5,265
BR6 * VO	16	6,043	0,518	5,373 - 6,714
BR6 * VA	16	6,196	0,562	5,526 - 6,867
BC10 * VO	16	4,457	0,352	3,786 - 5,127
BC10 * VA	16	4,155	0,442	3,485 - 4,826
BC16 * VO	16	6,251	0,577	5,580 - 6,921
BC16 * VA	16	6,635	0,452	5,965 - 7,306
TB * VO	16	5,637	0,413	4,966 - 6,307
TB * VA	16	5,171	0,523	4,500 - 5,841
TN * VO	16	5,071	0,619	4,400 - 5,741
TN * VA	16	5,620	0,570	4,949 - 6,290
VO * RE	16	5,078	0,432	4,408 - 5,749
VO * RD	16	5,629	0,606	4,959 - 6,299
VA * RE	16	4,927	0,520	4,257 - 5,598
VA * RD	16	5,863	0,552	5,193 - 6,533
VO * RT5	16	6,611	0,496	5,941 - 7,282
VO * RT6	16	4,096	0,329	3,426 - 4,766
VA * RT5	16	6,159	0,379	5,489 - 6,830
VA * RT6	16	4,631	0,619	3,961 - 5,301
Total	64	5,374	0,167	5,039 - 5,710

Quadro A2.42- Resultados da análise de variância dos valores de cobre, em $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, depositados no nível CD2 das plantas.

O.var.	SQ	gl	QM	F	P
Mod.	177,943	6	29,657	16,617	0,000
BR	35,542	1	35,542	19,914	0,000
BC	70,701	1	70,701	39,614	0,000
CS	0,127	1	0,127	0,071	0,793
VP	0,028	1	0,028	0,015	0,903
RM	3,837	1	3,837	2,150	0,149
RT	63,185	1	63,185	35,403	0,000
Int.fact.	9,892	5	1,978	1,109	0,367
BR VP	0,199	1	0,199	0,112	0,743
BC VP	1,608	1	1,608	0,901	0,357
CS VP	3,699	1	3,699	2,072	0,156
VP RM	0,092	1	0,092	0,051	0,824
VP RT	4,264	1	4,264	2,389	0,128
Erro	92,806	52	1,785		
Total (corr.)	280,642	63			

Quadro A2.43- Tabela da média e desvio padrão dos valores de cobre, em $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, depositados no nível CD3 das plantas, para os diferentes factores e sua interacção com as versões do pulverizador

Niv.fact.	Nm	Méd.	S	Inter.Conf.(95%)
BR3	32	3,170	0,240	2,768 - 3,573
BR6	32	4,161	0,279	3,759 - 4,564
BC10	32	2,786	0,227	2,384 - 3,188
BC16	32	4,546	0,223	4,144 - 4,948
TB	32	3,774	0,238	3,372 - 4,176
TN	32	3,558	0,306	3,155 - 3,960
VO	32	3,671	0,266	3,269 - 4,073
VA	32	3,661	0,284	3,259 - 4,063
RE	32	3,732	0,270	3,330 - 4,134
RD	32	3,600	0,279	3,197 - 4,002
RT5	32	4,056	0,225	3,653 - 4,458
RT6	32	3,276	0,302	2,874 - 3,678
BR3 * VO	16	3,255	0,344	2,686 - 3,824
BR3 * VA	16	3,086	0,345	2,517 - 3,655
BR6 * VO	16	4,087	0,389	3,518 - 4,656

BR6 * VA	16	4,236	0,412	3,667 - 4,805
BC10 * VO	16	3,021	0,355	2,452 - 3,589
BC10 * VA	16	2,551	0,282	1,982 - 3,120
BC16 * VO	16	4,321	0,333	3,752 - 4,890
BC16 * VA	16	4,770	0,298	4,202 - 5,339
TB * VO	16	3,937	0,261	3,368 - 4,506
TB * VA	16	3,611	0,404	3,043 - 4,180
TN * VO	16	3,405	0,464	2,836 - 3,974
TN * VA	16	3,710	0,411	3,142 - 4,279
VO * RE	16	3,896	0,396	3,327 - 4,465
VO * RD	16	3,446	0,360	2,877 - 4,015
VA * RE	16	3,568	0,376	2,999 - 4,137
VA * RD	16	3,754	0,436	3,185 - 4,323
VO * RT5	16	4,115	0,357	3,546 - 4,684
VO * RT6	16	3,227	0,372	2,658 - 3,796
VA * RT5	16	3,996	0,284	3,427 - 4,565
VA * RT6	16	3,326	0,487	2,757 - 3,894
Total	64	3,666	0,142	3,382 - 3,950

Quadro A2.44- Resultados da análise de variância dos valores de cobre, em $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, depositados no nível CD3 das plantas.

O.var.	SQ	gl	QM	F	P
Mod.	76,991	6	12,832	9,984	0,000
BR	15,711	1	15,711	12,225	0,001
BC	50,351	1	50,351	39,177	0,000
CS	0,632	1	0,632	0,491	0,494
VP	0,002	1	0,002	0,001	0,972
RM	1,248	1	1,248	0,971	0,339
RT	10,126	1	10,126	7,879	0,007
Int.fact.	6,236	5	1,247	0,970	0,445
BR * VP	0,405	1	0,405	0,315	0,583
BC * VP	3,529	1	3,529	2,746	0,104
CS * VP	1,707	1	1,707	1,328	0,254
VP * RM	0,251	1	0,251	0,195	0,665
VP * RT	0,148	1	0,148	0,115	0,739
Erro	66,830	52	1,285		
Total (corr.)	150,057	63			

Quadro A2.45- Tabela da média e desvio padrão dos valores de cobre, em $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, depositados no bardo AB , para os diferentes factores e sua interação com as versões do pulverizador.

Niv.fact.	Nm	Méd.	S	Inter.Conf.(95%)
BR3	32	4,400	0,260	4,079 - 4,720
BR6	32	5,709	0,291	5,389 - 6,030
BC10	32	4,069	0,255	3,748 - 4,389
BC16	32	6,040	0,228	5,720 - 6,361
TB	32	5,152	0,283	4,832 - 5,472
TN	32	4,957	0,315	4,637 - 5,277
VO	32	4,902	0,270	4,582 - 5,222
VA	32	5,207	0,325	4,887 - 5,527
RE	32	5,242	0,309	4,922 - 5,562
RD	32	4,867	0,287	4,547 - 5,187
RT5	32	5,847	0,220	5,527 - 6,167
RT6	32	4,262	0,302	3,942 - 4,582
BR3 * VO	16	4,301	0,344	3,848 - 4,754
BR3 * VA	16	4,498	0,400	4,045 - 4,951
BR6 * VO	16	5,502	0,367	5,050 - 5,955
BR6 * VA	16	5,916	0,458	5,463 - 6,369
BC10 * VO	16	4,056	0,311	3,604 - 4,509
BC10 * VA	16	4,081	0,416	3,628 - 4,534
BC16 * VO	16	5,747	0,331	5,295 - 6,200
BC16 * VA	16	6,333	0,308	5,880 - 6,786
TB * VO	16	5,180	0,358	4,727 - 5,633
TB * VA	16	5,125	0,451	4,672 - 5,577
TN * VO	16	4,624	0,403	4,171 - 5,077
TN * VA	16	5,290	0,482	4,837 - 5,743
VO * RE	16	5,044	0,403	4,592 - 5,497
VO * RD	16	4,759	0,369	4,306 - 5,212
VA * RE	16	5,440	0,477	4,987 - 5,892
VA * RD	16	4,975	0,449	4,522 - 5,428
VO * RT5	16	5,723	0,323	5,270 - 6,176
VO * RT6	16	4,081	0,327	3,628 - 4,534
VA * RT5	16	5,971	0,306	5,518 - 6,424
VA * RT6	16	4,443	0,515	3,990 - 4,896
Total	64	5,054	0,113	4,828 - 5,281

Quadro A2.46- Resultados da análise de variância dos valores de cobre, em $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, depositados no bardo AB.

O.var.	SQ	gl	QM	F	P
Mod.	130,749	6	21,791	24,470	0,000
BR	25,604	1	25,604	28,751	0,000
BC	63,070	1	63,070	70,821	0,000
CS	0,692	1	0,692	0,777	0,392
VP	0,808	1	0,808	0,907	0,355
RM	1,582	1	1,582	1,777	0,188
RT	36,493	1	36,493	40,978	0,000
Int.fact.	4,586	5	0,917	1,030	0,410
BR * VP	0,175	1	0,175	0,196	0,665
BC * VP	2,034	1	2,034	2,284	0,137
CS * VP	1,577	1	1,577	1,771	0,189
VP * RM	1,120	1	1,120	1,257	0,267
VP * RT	0,073	1	0,073	0,082	0,779
Erro	46,309	52	0,891		
Total (corr.)	181,643	63			

Quadro A2.47- Tabela da média e desvio padrão dos valores de cobre, em $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, depositados no bardo CD , para os diferentes factores e sua interacção com as versões do pulverizador.

Niv.fact.	Nm	Méd.	S	Inter.Conf.(95%)
BR3	32	4,400	0,260	4,079 - 4,720
BR6	32	5,709	0,291	5,389 - 6,030
BC10	32	4,069	0,255	3,748 - 4,389
BC16	32	6,040	0,228	5,720 - 6,361
TB	32	5,152	0,283	4,832 - 5,472
TN	32	4,957	0,315	4,637 - 5,277
VO	32	4,902	0,270	4,582 - 5,222
VA	32	5,207	0,325	4,887 - 5,527
RE	32	4,867	0,287	4,547 - 5,187
RD	32	5,242	0,309	4,922 - 5,562
RT5	32	5,847	0,220	5,527 - 6,167
RT6	32	4,262	0,302	3,942 - 4,582
BR3 * VO	16	4,301	0,344	3,848 - 4,754
BR3 * VA	16	4,498	0,400	4,045 - 4,951
BR6 * VO	16	5,502	0,367	5,050 - 5,955

BR6 * VA	16	5,916	0,458	5,463 - 6,369
BC10 * VO	16	4,056	0,311	3,604 - 4,509
BC10 * VA	16	4,081	0,416	3,628 - 4,534
BC16 * VO	16	5,747	0,331	5,295 - 6,200
BC16 * VA	16	6,333	0,308	5,880 - 6,786
TB * VO	16	5,180	0,358	4,727 - 5,633
TB * VA	16	5,125	0,451	4,672 - 5,577
TN * VO	16	4,624	0,403	4,171 - 5,077
TN * VA	16	5,290	0,482	4,837 - 5,743
VO * RE	16	4,759	0,369	4,306 - 5,212
VO * RD	16	5,044	0,403	4,592 - 5,497
VA * RE	16	4,975	0,449	4,522 - 5,428
VA * RD	16	5,440	0,477	4,987 - 5,892
VO * RT5	16	5,723	0,323	5,270 - 6,176
VO * RT6	16	4,081	0,327	3,628 - 4,534
VA * RT5	16	5,971	0,306	5,518 - 6,424
VA * RT6	16	4,443	0,515	3,990 - 4,896
Total	64	5,054	0,113	4,828 - 5,281

Quadro A2.48- Resultados da análise de variância dos valores de cobre, em $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, depositados no bardo CD.

O.var.	SQ	gl	QM	F	P
Mod.	135,125	6	22,521	25,231	0,000
BR	29,340	1	29,340	32,871	0,000
BC	59,567	1	59,567	66,736	0,000
CS	0,658	1	0,658	0,737	0,404
VP	2,381	1	2,381	2,667	0,109
RM	0,005	1	0,005	0,005	0,943
RT	42,652	1	42,652	47,785	0,000
Int.fact.	4,059	5	0,812	0,910	0,482
BR * VP	0,202	1	0,202	0,226	0,642
BC * VP	0,681	1	0,681	0,763	0,396
CS * VP	2,661	1	2,661	2,982	0,090
VP * RM	0,035	1	0,035	0,039	0,847
VP * RT	0,503	1	0,503	0,563	0,464
Erro	46,414	52	0,893		
Total (corr.)	185,598	63			

ANEXO 3

QUADROS COM A MÉDIA E ANÁLISE DE VARIÂNCIA DA TAXA DE COBERTURA DAS PLANTAS E PERDAS PARA O SOLO

Quadro A3.1- Tabela da média e desvio padrão da taxa de cobertura, em %, da zona A1 das plantas para os diferentes factores

Niv.Fact.	Nm	Méd.	S	Inter.Conf.(95%)
RT5	8	39,635	4,516	29,065 - 50,205
RT6	8	33,338	4,979	22,768 - 43,907
BR3	8	32,499	5,824	21,929 - 43,068
BR6	8	40,474	3,092	29,904 - 51,044
RT5 * BR3	4	36,703	8,133	21,756 - 51,651
RT5 * BR6	4	42,567	4,828	27,619 - 57,515
RT6 * BR3	4	28,294	8,963	13,346 - 43,242
RT6 * BR6	4	38,381	4,288	23,434 - 53,329
Total	16	36,486	3,429	29,012 - 43,960

Quadro A3.2- Resultados da análise de variância da taxa de cobertura, em %, para a zona A1 das plantas.

O.var.	SQ	gl	QM	F	P
Fact.	413,076	2	206,538	1,098	0,365
RT	158,636	1	158,636	0,843	0,386
BR	254,440	1	254,440	1,352	0,268
Int.Fact.	17,847	1	17,847	0,095	0,767
RT * BR	17,847	1	17,847	0,095	0,767
Erro	2258,069	12	188,172		
Total (Corr)	2688,992	15			

Quadro A3.3- Tabela da média e desvio padrão da taxa de cobertura, em %, da zona A2 das plantas para os diferentes factores.

Niv.Fact.	Nm	Méd.	S	Inter.Conf.(95%)
RT5	8	26,992	4,352	18,712 - 35,272
RT6	8	20,043	3,533	11,763 - 28,323
BR3	8	18,907	3,277	10,628 - 27,187
BR6	8	28,128	4,250	19,848 - 36,407
RT5 * BR3	4	23,838	5,710	12,129 - 35,547
RT5 * BR6	4	30,146	7,010	18,437 - 41,856
RT6 * BR3	4	13,977	1,135	2,267 - 25,686
RT6 * BR6	4	26,109	5,695	14,400 - 37,819
Total	16	23,517	2,686	17,663 - 29,372

Quadro A3.4- Resultados da análise de variância da taxa de cobertura, em %, para a zona A2 das plantas

O.var.	SQ	gl	QM	F	P
Fact.	533,226	2	266,613	2,309	0,142
RT	193,166	1	193,166	1,673	0,220
BR	340,060	1	340,060	2,945	0,112
Int.Fact.	33,924	1	33,924	0,294	0,603
RT * BR	33,924	1	33,924	0,294	0,603
Erro	1385,621	12	115,468		
Total (Corr)	1952,771	15			

Quadro A3.5- Tabela da média e desvio padrão da taxa de cobertura, em %, da zona A3 das plantas para os diferentes factores.

Niv.Fact.	Nm	Méd.	S	Inter.Conf.(95%)
RT5	8	31,838	6,878	20,374 - 43,303
RT6	8	22,776	3,094	11,311 - 34,241
BR3	8	21,875	4,682	10,411 - 33,340
BR6	8	32,739	5,691	21,274 - 44,204
RT5 * BR3	4	28,282	8,453	12,068 - 44,496
RT5 * BR6	4	35,395	11,869	19,181 - 51,609
RT6 * BR3	4	15,469	1,867	-0,745 - 31,683
RT6 * BR6	4	30,083	2,363	13,869 - 46,297
Total	16	27,307	3,720	19,200 - 35,414

Quadro A3.6- Resultados da análise de variância da taxa de cobertura, em %, para a zona A3 das plantas

O.var.	SQ	gl	QM	F	P
Fact.	800,587	2	400,294	1,808	0,206
RT	328,513	1	328,513	1,484	0,247
BR	472,075	1	472,075	2,132	0,170
Int.Fact.	56,262	1	56,262	0,254	0,629
RT * BR	56,262	1	56,262	0,254	0,629
Erro	2656,702	12	221,392		
Total (Corr)	3513,552	15			

Quadro A3.7- Tabela da média e desvio padrão da taxa de cobertura, em %, da zona B1 das plantas para os diferentes factores.

Niv.Fact.	Nm	Méd.	S	Inter.Conf.(95%)
RT5	8	53,613	5,866	44,882 - 62,343
RT6	8	46,141	3,113	37,410 - 54,871
BR3	8	42,319	4,337	33,588 - 51,049
BR6	8	57,435	3,600	48,704 - 66,165
RT5 * BR3	4	45,079	8,206	32,732 - 57,426
RT5 * BR6	4	62,146	6,686	49,799 - 74,493
RT6 * BR3	4	39,558	3,920	27,211 - 51,905
RT6 * BR6	4	52,723	0,987	40,376 - 65,070
Total	16	49,877	2,833	43,703 - 56,050

Quadro A3.8- Resultados da análise de variância da taxa de cobertura, em %, para a zona B1 das plantas

O.var.	SQ	gl	QM	F	P
Fact.	1137,305	2	568,652	4,429	0,036
RT	223,340	1	223,340	1,740	0,212
BR	913,965	1	913,965	7,119	0,021
Int.Fact.	15,226	1	15,226	0,119	0,740
RT * BR	15,226	1	15,226	0,119	0,740
Erro	1540,631	12	128,386		
Total (Corr)	2693,162	15			

Quadro A3.9- Tabela da média e desvio padrão da taxa de cobertura, em %, da zona B2 das plantas para os diferentes factores.

Niv.Fact.	Nm	Méd.	S	Inter.Conf.(95%)
RT5	8	48,808	3,731	42,930 - 54,686
RT6	8	42,616	4,051	36,738 - 48,493
BR3	8	37,807	2,658	31,929 - 43,684
BR6	8	53,618	2,854	47,739 - 59,495
RT5 * BR3	4	40,889	3,157	32,576 - 49,201
RT5 * BR6	4	56,728	3,629	48,415 - 65,040
RT6 * BR3	4	34,725	4,084	26,412 - 43,037
RT6 * BR6	4	50,507	4,287	42,194 - 58,819
Total	16	45,712	1,907	41,556 - 49,868

Quadro A3.10- Resultados da análise de variância da taxa de cobertura, em %, para a zona B2 das plantas

O.var.	SQ	gl	QM	F	P
Fact.	1153,300	2	576,650	9,910	0,003
RT	153,385	1	153,385	2,636	0,130
BR	999,915	1	999,915	17,183	0,001
Int.Fact.	0,003	1	0,003	0,000	0,994
RT * BR	0,003	1	0,003	0,000	0,994
Erro	698,290	12	58,191		
Total (Corr)	1851,592	15			

Quadro A3.11- Tabela da média e desvio padrão da taxa de cobertura, em %, da zona B3 das plantas para os diferentes factores.

Niv.Fact.	Nm	Méd.	S	Inter.Conf.(95%)
RT5	8	24,386	3,877	17,059 - 31,713
RT6	8	22,157	2,870	14,8308 - 29,484
BR3	8	19,624	3,172	12,297 - 26,951
BR6	8	26,919	3,125	19,592 - 34,245
RT5 * BR3	4	20,169	4,560	9,807 - 30,531
RT5 * BR6	4	28,603	6,124	18,241 - 38,964
RT6 * BR3	4	19,080	5,094	8,717 - 29,441
RT6 * BR6	4	25,235	2,483	14,873 - 35,596
Total	16	23,272	2,377	18,090 - 28,452

Quadro A3.12- Resultados da análise de variância da taxa de cobertura, em %, para a zona B3 das plantas

O.var.	SQ	gl	QM	F	P
Fact.	232,710	2	116,355	1,287	0,312
RT	19,872	1	19,872	0,220	0,653
BR	212,838	1	212,838	2,354	0,151
Int.Fact.	5,191	1	5,191	0,057	0,817
RT * BR	5,191	1	5,191	0,057	0,817
Erro	1085,046	12	90,420		
Total (Corr)	1322,946	15			

Quadro A3.13- Tabela da média e desvio padrão da taxa de cobertura, em %, da zona C1 das plantas para os diferentes factores.

Niv.Fact.	Nm	Méd.	S	Inter.Conf.(95%)
RT5	8	58,342	1,964	52,097 - 64,587
RT6	8	52,275	3,814	46,030 - 58,520
BR3	8	51,741	3,263	45,495 - 57,985
BR6	8	58,877	2,598	52,631 - 65,121
RT5 * BR3	4	56,331	2,268	47,499 - 65,162
RT5 * BR6	4	60,353	3,187	51,521 - 69,185
RT6 * BR3	4	47,151	5,522	38,318 - 55,982
RT6 * BR6	4	57,400	4,461	48,568 - 66,231
Total	16	55,309	2,026	50,892 - 59,724

Quadro A3.14- Resultados da análise de variância da taxa de cobertura, em %, para a zona C1 das plantas

O.var.	SQ	gl	QM	F	P
Fact.	350,908	2	175,454	2,671	0,110
RT	147,229	1	147,229	2,241	0,160
BR	203,679	1	203,679	3,101	0,104
Int.Fact.	38,771	1	38,771	0,590	0,465
RT * BR	38,771	1	38,771	0,590	0,465
Erro	788,265	12	65,689		
Total (Corr)	1177,944	15			

Quadro A3.15- Tabela da média e desvio padrão da taxa de cobertura, em %, da zona C2 das plantas para os diferentes factores.

Niv.Fact.	Nm	Méd.	S	Inter.Conf.(95%)
RT5	8	51,807	4,455	43,913 - 59,700
RT6	8	43,469	2,933	35,576 - 51,362
BR3	8	43,198	3,059	35,304 - 51,091
BR6	8	52,079	4,293	44,185 - 59,971
RT5 * BR3	4	48,447	3,778	37,284 - 59,610
RT5 * BR6	4	55,167	8,416	44,004 - 66,329
RT6 * BR3	4	37,949	3,322	26,785 - 49,111
RT6 * BR6	4	48,990	2,965	37,827 - 60,153
Total	16	47,638	2,561	42,056 - 53,219

Quadro A3.16- Resultados da análise de variância da taxa de cobertura, em %, para a zona C2 das plantas

O.var.	SQ	gl	QM	F	P
Fact.	593,534	2	296,767	2,828	0,099
RT	278,068	1	278,068	2,650	0,130
BR	315,466	1	315,466	3,006	0,109
Int.Fact.	18,682	1	18,682	0,178	0,685
RT * BR	18,682	1	18,682	0,178	0,685
Erro	1259,254	12	104,938		
Total (Corr)	1871,469	15			

Quadro A3.17- Tabela da média e desvio padrão da taxa de cobertura, em %, da zona C3 das plantas para os diferentes factores.

Niv.Fact.	Nm	Méd.	S	Inter.Conf.(95%)
RT5	8	28,375	3,021	19,838 - 36,910
RT6	8	22,373	4,592	13,837 - 30,908
BR3	8	21,696	4,600	13,160 - 30,232
BR6	8	29,051	2,787	20,515 - 37,586
RT5 * BR3	4	24,249	3,714	12,177 - 36,320
RT5 * BR6	4	32,500	4,178	20,428 - 44,571
RT6 * BR3	4	19,144	8,978	7,072 - 31,215
RT6 * BR6	4	25,602	3,297	13,530 - 37,673
Total	16	25,374	2,769	19,338 - 31,409

Quadro A3.18- Resultados da análise de variância da taxa de cobertura, em %, para a zona C3 das plantas

O.var.	SQ	gl	QM	F	P
Fact.	360,430	2	180,215	1,469	0,269
RT	144,075	1	144,075	1,174	0,300
BR	216,355	1	216,355	1,763	0,209
Int.Fact.	3,212	1	3,212	0,026	0,876
RT * BR	3,212	1	3,212	0,026	0,876
Erro	1472,621	12	122,718		
Total (Corr)	1836,263	15			

Quadro A3.19- Tabela da média e desvio padrão da taxa de cobertura, em %, da zona D1 das plantas para os diferentes factores.

Niv.Fact.	Nm	Méd.	S	Inter.Conf.(95%)
RT5	8	36,063	1,581	31,862 - 40,262
RT6	8	28,625	2,437	24,424 - 32,824
BR3	8	30,279	2,810	26,079 - 34,479
BR6	8	34,408	1,810	30,208 - 38,608
RT5 * BR3	4	35,728	1,377	29,787 - 41,667
RT5 * BR6	4	36,398	3,113	30,458 - 42,337
RT6 * BR3	4	24,831	3,895	18,891 - 30,770
RT6 * BR6	4	32,419	1,719	26,478 - 38,358
Total	16	32,344	1,363	29,373 - 35,313

Quadro A3.20- Resultados da análise de variância da taxa de cobertura, em %, para a zona D1 das plantas

O.var.	SQ	gl	QM	F	P
Fact.	289,492	2	144,746	4,871	0,028
RT	221,299	1	221,299	7,448	0,018
BR	68,193	1	68,193	2,295	0,156
Int.Fact.	47,853	1	47,853	1,611	0,229
RT * BR	47,853	1	47,853	1,611	0,229
Erro	356,557	12	29,713		
Total (Corr)	693,902	15			

Quadro A3.21- Tabela da média e desvio padrão da taxa de cobertura, em %, da zona D2 das plantas para os diferentes factores.

Niv.Fact.	Nm	Méd.	S	Inter.Conf.(95%)
RT5	8	28,651	3,345	23,044 - 34,256
RT6	8	23,556	1,247	17,949 - 29,161
BR3	8	23,891	2,552	18,284 - 29,496
BR6	8	28,316	2,586	22,709 - 33,921
RT5 * BR3	4	26,504	4,936	18,575 - 34,431
RT5 * BR6	4	30,798	4,977	22,870 - 38,726
RT6 * BR3	4	21,278	1,216	13,350 - 29,206
RT6 * BR6	4	25,834	1,525	17,905 - 33,761
Total	16	26,103	1,819	22,139 - 30,067

Quadro A3.22- Resultados da análise de variância da taxa de cobertura, em %, para a zona D2 das plantas

O.var.	SQ	gl	QM	F	P
Fact.	182,158	2	91,079	1,721	0,220
RT	103,833	1	103,833	1,962	0,187
BR	78,325	1	78,325	1,480	0,247
Int.Fact.	0,068	1	0,068	0,001	0,972
RT * BR	0,068	1	0,068	0,001	0,972
Erro	635,201	12	52,933		
Total (Corr)	817,427	15			

Quadro A3.23- Tabela da média e desvio padrão da taxa de cobertura, em %, da zona D3 das plantas para os diferentes factores.

Niv.Fact.	Nm	Méd.	S	Inter.Conf.(95%)
RT5	8	35,801	6,711	21,920 - 49,681
RT6	8	28,982	5,116	15,101 - 42,862
BR3	8	30,580	7,002	16,699 - 44,460
BR6	8	34,203	4,956	20,322 - 48,083
RT5 * BR3	4	35,590	11,562	15,960 - 55,220
RT5 * BR6	4	36,011	8,742	16,381 - 55,641
RT6 * BR3	4	25,569	8,853	5,938 - 45,198
RT6 * BR6	4	32,394	6,001	12,764 - 52,024
Total	16	32,391	4,504	22,576 - 42,206

Quadro A3.24- Resultados da análise de variância da taxa de cobertura, em %, para a zona D3 das plantas

O.var.	SQ	gl	QM	F	P
Fact.	238,524	2	119,262	0,368	0,700
RT	186,012	1	186,012	0,573	0,472
BR	52,512	1	52,512	0,162	0,699
Int.Fact.	41,018	1	41,018	0,126	0,732
RT * BR	41,018	1	41,018	0,126	0,732
Erro	3894,214	12	324,518		
Total (Corr)	4173,756	15			

Quadro A3.25- Tabela da média e desvio padrão da taxa de cobertura, em %, da zona ABI do solo para os diferentes factores.

Niv.Fact.	Nm	Méd.	S	Inter.Conf.(95%)
RT5	8	21,699	2,516	15,527 - 27,871
RT6	8	20,332	3,453	13,733 - 26,930
BR3	8	17,727	2,714	11,128 - 24,325
BR6	8	23,979	2,696	17,806 - 30,150
RT5 * BR3	4	19,348	2,952	10,618 - 28,076
RT5 * BR6	4	24,051	4,139	15,322 - 32,780
RT6 * BR3	4	15,566	5,481	5,486 - 25,645
RT6 * BR6	4	23,906	4,095	15,176 - 32,635
Total	16	21,061	2,047	16,553 - 25,568

Quadro A3.26- Resultados da análise de variância da taxa de cobertura, em %, para a zona ABI do solo.

O.var.	SQ	gl	QM	F	P
Fact.	158,273	2	79,136	1,258	0,322
RT	12,353	1	12,353	0,196	0,671
BR	151,288	1	151,288	2,406	0,149
Int.Fact.	12,209	1	12,209	0,194	0,673
RT * BR	12,209	1	12,209	0,194	0,673
Erro	691,708	11	62,883		
Total (Corr)	862,189	14			

Quadro A3.27- Tabela da média e desvio padrão da taxa de cobertura, em %, da zona ABM do solo para os diferentes factores.

Niv.Fact.	Nm	Méd.	S	Inter.Conf.(95%)
RT5	8	41,710	3,068	35,137 - 48,282
RT6	8	32,262	4,829	25,236 - 39,288
BR3	8	32,142	5,113	25,116 - 39,168
BR6	8	41,815	2,647	35,242 - 48,387
RT5 * BR3	4	40,810	4,746	31,515 - 50,104
RT5 * BR6	4	42,610	4,568	33,315 - 51,904
RT6 * BR3	4	20,585	4,591	9,852 - 31,317
RT6 * BR6	4	41,020	3,379	31,725 - 50,314
Total	16	37,301	2,180	32,501 - 42,100

Quadro A3.28- Resultados da análise de variância da taxa de cobertura, em %, para a zona ABM do solo.

O.var.	SQ	gl	QM	F	P
Fact.	735,045	2	367,523	5,155	0,026
RT	385,742	1	385,742	5,411	0,040
BR	401,794	1	401,794	5,636	0,037
Int.Fact.	320,512	1	320,512	4,496	0,058
RT * BR	320,512	1	320,512	4,496	0,058
Erro	784,243	11	71,295		
Total (Corr)	1839,801	14			

Quadro A3.29- Tabela da média e desvio padrão da taxa de cobertura, em %, da zona ABE do solo para os diferentes factores.

Niv.Fact.	Nm	Méd.	S	Inter.Conf.(95%)
RT5	8	32,879	2,591	27,041 - 38,715
RT6	8	26,515	4,347	20,274 - 32,754
BR3	8	24,642	4,107	18,402 - 30,882
BR6	8	34,517	2,105	28,680 - 40,354
RT5 * BR3	4	30,634	3,259	22,379 - 38,889
RT5 * BR6	4	35,123	4,165	26,868 - 43,378
RT6 * BR3	4	16,653	6,403	7,120 - 26,184
RT6 * BR6	4	33,911	1,757	25,656 - 42,166
Total	16	29,909	1,936	25,646 - 34,171

Quadro A3.30- Resultados da análise de variância da taxa de cobertura, em %, para a zona ABE do solo.

O.var.	SQ	gl	QM	F	P
Fact.	551,596	2	275,798	4,904	0,030
RT	187,532	1	187,532	3,335	0,095
BR	400,395	1	400,395	7,120	0,022
Int.Fact.	150,523	1	150,523	2,677	0,130
RT * BR	150,523	1	150,523	2,677	0,130
Erro	618,606	11	56,237		
Total (Corr)	1320,725	14			

Quadro A3.31- Tabela da média e desvio padrão da taxa de cobertura, em %, da zona CDI do solo para os diferentes factores.

Niv.Fact.	Nm	Méd.	S	Inter.Conf.(95%)
RT5	8	22,278	2,936	16,877 - 27,678
RT6	8	20,497	3,456	15,096 - 25,897
BR3	8	15,463	1,790	10,062 - 20,863
BR6	8	27,312	2,749	21,911 - 32,712
RT5 * BR3	4	16,517	1,329	8,879 - 24,155
RT5 * BR6	4	28,039	4,042	20,400 - 35,676
RT6 * BR3	4	14,408	3,528	6,770 - 22,045
RT6 * BR6	4	26,586	4,310	18,948 - 34,223
Total	16	21,387	1,752	17,568 - 25,206

Quadro A3.32- Resultados da análise de variância da taxa de cobertura, em %, para a zona CDI do solo.

O.var.	SQ	gl	QM	F	P
Fact.	574,328	2	287,164	5,845	0,017
RT	12,690	1	12,690	0,258	0,626
BR	561,639	1	561,639	11,433	0,006
Int.Fact.	0,431	1	0,431	0,009	0,928
RT * BR	0,431	1	0,431	0,009	0,928
Erro	589,516	12	49,126		
Total (Corr)	1164,275	15			

Quadro A3.33- Tabela da média e desvio padrão da taxa de cobertura, em %, da zona CDM do solo para os diferentes factores.

Niv.Fact.	Nm	Méd.	S	Inter.Conf.(95%)
RT5	8	30,480	1,786	24,305 - 36,653
RT6	8	27,511	3,693	21,336 - 33,684
BR3	8	25,957	2,855	19,782 - 32,131
BR6	8	32,033	2,582	25,859 - 38,207
RT5 * BR3	4	28,672	3,090	19,939 - 37,403
RT5 * BR6	4	32,288	1,776	23,555 - 41,019
RT6 * BR3	4	23,242	4,857	14,510 - 31,973
RT6 * BR6	4	31,779	5,284	23,047 - 40,511
Total	16	28,995	2,003	24,629 - 33,360

Quadro A3.34- Resultados da análise de variância da taxa de cobertura, em %, para a zona CDM do solo.

O.var.	SQ	gl	QM	F	P
Fact.	182,962	2	91,481	1,425	0,279
RT	35,261	1	35,261	0,549	0,481
BR	147,701	1	147,701	2,300	0,155
Int.Fact.	24,220	1	24,220	0,377	0,557
RT * BR	24,220	1	24,220	0,377	0,557
Erro	770,524	12	64,210		
Total (Corr)	977,706	15			

Quadro A3.35- Tabela da média e desvio padrão da taxa de cobertura, em %, da zona CDE do solo para os diferentes factores.

Niv.Fact.	Nm	Méd.	S	Inter.Conf.(95%)
RT5	8	24,133	3,336	17,221 - 31,045
RT6	8	21,634	3,552	14,722 - 28,545
BR3	8	18,156	2,245	11,244 - 25,067
BR6	8	27,611	3,573	20,699 - 34,523
RT5 * BR3	4	20,049	3,374	10,274 - 29,823
RT5 * BR6	4	28,218	5,426	18,443 - 37,992
RT6 * BR3	4	16,263	3,123	6,488 - 26,037
RT6 * BR6	4	27,005	5,466	17,230 - 36,779
Total	16	22,884	2,243	17,996 - 27,770

Quadro A3.36- Resultados da análise de variância da taxa de cobertura, em %, para a zona CDE do solo.

O.var.	SQ	gl	QM	F	P
Fact.	382,617	2	191,308	2,378	0,135
RT	24,990	1	24,990	0,311	0,593
BR	357,627	1	357,627	4,445	0,057
Int.Fact.	6,622	1	6,622	0,082	0,782
RT * BR	6,622	1	6,622	0,082	0,782
Erro	965,539	12	80,462		
Total (Corr)	1354,778	15			