



**ANA CAROLINA DE
PINHO SACRAMENTO**

**DESENVOLVIMENTO DE SOLUÇÕES PARA A
REDUÇÃO DE PARTÍCULAS NO PRODUTO
TOPSERIES[®]**



**ANA CAROLINA DE
PINHO SACRAMENTO**

**DESENVOLVIMENTO DE SOLUÇÕES PARA A
REDUÇÃO DE PARTÍCULAS NO PRODUTO
TOPSERIES[®]**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Química, realizada sob a orientação científica da Doutora Sarah Lagorsse Pontes, Responsável pelo Departamento de Desenvolvimento de Produto da Amorim *TopSeries*[®], S.A. e da Doutora Carmen Sofia da Rocha Freire Barros Investigadora Principal do CICECO-Instituto de Materiais de Aveiro, Universidade de Aveiro.

“C’est le temps que tu as perdu pour ta rose qui fait ta rose si importante”
- Antoine de Saint Exupéry

Aos meus pais por eu ser a sua rosa.

o júri

presidente

Doutor Carlos Manuel Santos da Silva

Professor Auxiliar do Departamento de Química da Universidade de Aveiro.

Doutor Fernão Domingos de Montenegro Baptista Malheiro de Magalhães

Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Química da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Doutora Sarah Lagorsse de Ribeiro Pontes

Responsável pelo Departamento de Desenvolvimento de Produto da Unidade *TopSeries®*.

agradecimentos

Gostaria de agradecer, em primeiro lugar, aos meus pais por me apoiarem ao longo do desenvolvimento deste projeto, permitirem realizar este curso e, acima de tudo, por me fazerem tão feliz.

Aos meus padrinhos por todo o apoio e carinho que me deram.

À Dr^a Sarah Pontes por todo o tempo que despendeu para me ajudar, por tudo o que me ensinou e por permitir que este estágio fosse realizado num ambiente tão simpático e acessível.

À Ângela Dias por tudo o que me disponibilizou e por toda a ajuda que me deu.

À professora Carmen Freire por toda a orientação, sugestões e apoio oferecidos ao longo deste trabalho.

Ao João Nogueira por todo o tempo, paciência e ajuda que me deu no desenvolvimento do meu projeto.

A todos os trabalhadores desta unidade que se mostraram tão disponíveis, simpáticos e abertos a partilhar os seus conhecimentos comigo.

À Mariana, Sandra, Ju e Maria Inês por todos os momentos partilhados ao longo destes 5 anos, todos os risos, brincadeiras e choros que permitiram que estes anos passados em Aveiro fossem dos melhores que já vivi.

Ao Zé, por todo o companheirismo, brincadeiras e conversas que partilhámos.

Ao Tim por todo o apoio, paciência e força que me deu ao longo destes 5 meses de estágio.

E, por último, às novas amizades: à Ana Fraga que tornou estes 5 meses muito mais divertidos e que fez com que houvesse um pouco mais deste estágio que eu levasse comigo.

palavras-chave

Cortiça, pó, despoeiramento, rolhas de disco, teor de pó em garrafa, coluna de aspiração e microfibras

resumo

A presente dissertação, realizada em âmbito empresarial na unidade de negócios TopSeries®, teve como principais objetivos: o estudo do comportamento de rolhas microaglomeradas com diferentes características e tratamentos quando colocadas em contacto com soluções de alto teor alcoólico por um longo período de tempo; o desenvolvimento e validação de novos corpos técnicos com baixa libertação de pó, usando uma nova metodologia de quantificação de pó em garrafa; por último, o anteprojecto de um novo sistema para o despoeiramento de rolhas na linha de produção. Também foram feitos testes de forma a validar um novo método de quantificação de pó - teor de pó em dois passos - que permitisse separar a fração de partículas de tratamento de superfície do pó de cortiça. No que diz respeito ao primeiro objetivo, os testes de envelhecimento, feitos através de maceração de rolhas microaglomeradas em contacto com uma solução alcoólica por períodos de uma semana a quatro meses, verificou-se que as rolhas com tratamento de superfície à base de parafina, apresentam uma maior degradação no aspeto visual e uma maior libertação de pó (0,227 mg/rolha). Este valor é muito elevado quando comparado com o melhor resultado obtido com um novo tratamento de superfície testado (0,013 mg/rolha).

Relativamente ao segundo objetivo desta dissertação, foi desenvolvido um método de quantificação de pó no qual uma rolha é inserida numa garrafa contendo água ou uma solução etanólica a 50 % e que é, posteriormente, colocada na posição horizontal e em permanente agitação (de forma a reproduzir condições de transporte). Obtiveram-se valores de 0,108 mg de partículas/rolha e 0,224 mg/rolha, para o tipo de rolha com menor libertação de partículas e maior libertação de partículas, respetivamente. Este novo método em garrafa permitiu testar e validar uma nova gama de rolhas - rolhas de disco - que mostraram ter um elevado desempenho, ou seja, apresentaram baixos valores de libertação de pó, entre os 0,025 mg/rolha e os 0,115 mg/rolha, para os topos de melhor classe e pior, respetivamente. Finalmente, foi projetada uma coluna de despoeiramento em linha para rolhas de cortiça. O sistema é composto por um sistema de aspiração forte e um tecido de microfibras. Os valores obtidos indicam uma redução entre 25 %-80 % consoante o tempo de despoeiramento. No desenvolvimento desta tecnologia, foi ainda realizado um levantamento dos potenciais pontos de formação de pó no processo, sendo um dos mais críticos a zona antes da lavagem das rolhas.

Em relação ao teste de teor de pó em dois passos, verificou-se que este seria uma boa opção para ser futuramente testada como alternativa ao teste de quantificação de pó atual.

Com este trabalho foi possível criar e otimizar um novo método de quantificação de pó mais representativo das condições reais de utilização do produto e com este estudar o comportamento de rolhas de disco e perceber até que ponto estas seriam um boa solução para a diminuição do pó no produto final; selecionar dois novos tratamentos para reduzir o problema da libertação de partículas e degradação do aspeto visual das rolhas microaglomeradas; e, por último, o desenvolvimento de uma nova tecnologia para o despoeiramento de rolhas em linha a instalar antes ou após o tratamento de superfície. Foi ainda realizado um estudo de viabilidade económica da coluna de despoeiramento projetada.

keywords

Cork, dust, dusting, disk stoppers, dust quantification in bottle, suction column and microfibers.

abstract

The present dissertation, made in the company *TopSeries*[®], had as major goals: the study of the behavior of microagglomerate stoppers with different technical features and treatments when placed in contact with solutions with high alcohol content for a long period of time; the development and validation of new technical bodies with low dust release, using a new dust quantification methodology in a bottle; lastly, the development and outline of a new system for stopper dusting in the production line. Another test, named dust quantification using two steps, that had as goal the separation of dust and treatment released when treated stoppers were used, was also made.

Regarding the first goal, the aging tests, made using microagglomerate stoppers that were placed in contact with solutions with high alcohol content for periods of time of one week up to four months, it was verified that stoppers with surface treatment made with paraffin show a major degradation in terms of visual aspect and a bigger dust release (0,227 mg/stopper). This value is very high if compared with the best result obtained in this test with a new surface treatment (0,013 mg/stopper).

In the second goal of this dissertation it was developed a new dust quantification method where the stopper is inserted in a bottle, that already has water or a solution with 50 % of alcohol, that is placed in the horizontal and submitted to stirring (as a way to reproduce the real transportation conditions). The values obtained were 0,108 mg/stopper and 0,224 mg/stopper, for the stopper with least and most particles release, respectively.

With this new method, it was possible to test and validate a new kind of stoppers – disk stoppers – that shown a high performance related to low dust release values. Those values were between 0,025 and 0,115 mg/stopper, for the best and worst class tops, respectively. Finally, it was projected a dusting column of cork stoppers. The system has a strong suction system and microfibers fabric. Values obtained indicate a reduction between 25 % and 80 % depending on the dusting time. For this technology development, it was made a study of the biggest points, in the process, of dust formation. One that had the biggest amount of dust was the section before the stopper wash.

Regarding the dust quantification using two steps test, it was verified that this could be a good option as an alternative for the standard dust quantification test.

With this work, it was possible to create and optimize a new dust quantification method, more representative of the real use of the product and, with this method, study the behavior of disk stoppers and realise if those were a good solution for dust reduction in the final product; select two new treatments that could minimize the particles release and the visual aspect degradation; and the development of a new stopper dusting technology that could be installed before or after the surface treatment zone. Finally, it was made an economic feasibility study for the dusting column designed.

Índice

Índice	xiii
Índice de Figuras	xv
Índice de Tabelas	xix
Nomenclatura.....	xxi
Enquadramento.....	1
i. O problema	1
ii. Enquadramento da empresa Amorim TopSeries ^{®[1][2]}	2
Estado da arte.....	5
i. As rolhas ^[2]	8
ii. Processo de produção de rolhas de cortiça ^[7]	9
iii. O despoeiramento	13
iv. Metodologias para determinação de teor de pó	15
Materiais e métodos.....	17
Materiais.....	17
Métodos.....	17
i. Teste de envelhecimento	18
ii. Teste de absorção com alteração de temperatura	19
iv. Teste do teor de tratamento de superfície	20
v. Teste de teor de pó standard	21
vi. Teste de teor de pó em 2 passos	22
vii. Teste de teor de pó em garrafa.....	23
viii. Tecnologias para o despoeiramento	24
Análise e discussão de resultados.....	27
i. Envelhecimento	27
ii. Testes de absorção com e sem temperatura.....	36
iii. Teste de teor de pó em dois passos.....	41
iv. Desenvolvimento e validação de uma nova gama de rolhas técnicas – rolhas com disco	42
v. Rolhas com novos tratamentos testados – S1 e S2.....	46
vi. Teor de pó nos vários pontos do processo.....	47
vii. Avaliação de novas tecnologias para o despoeiramento	48
Conclusões e sugestões.....	59
Referências	61

Anexo A – Tabelas e Figuras	63
Anexo B – Exemplos de cálculos	81
Anexo C – Estrutura do Grupo Amorim, S.A.	83
Anexo D – Desenhos técnicos	85

Índice de Figuras

Figura 1 – Tipos de rolhas comercializados no grupo AMORIM: a) rolha aglomerada; b) Advantec®; c) NeutroCork®; d) Twin Top Evo®; e) Twin Top®; f) Spark®; g) Helix®; h) Acquamark®; i) rolha natural; j) Advantec Colors®; l) Rolha capsulada. ^[2]	3
Figura 2 – Classes de rolhas fabricadas na unidade TopSeries®.	4
Figura 3 – Sobreiro (acima) e pormenor de pranchas de cortiça (abaixo).	5
Figura 4 – Esquema com a composição da cortiça.	6
Figura 5 – Estrutura hipotética da suberina. ^[4]	6
Figura 6 – Modelo proposto para lenhina da madeira. ^[4]	7
Figura 7 – Vários tipos de rolhas. Da esquerda para a direita: natural colmatada, natural e aglomerada.	8
Figura 8 – Esquema dos processos de produção de rolhas de cortiça (a verde: etapa usada só em alguns tipos de rolhas.)	9
Figura 9 - Rolha boleada (esquerda) vs rolha chanfrada (direita).	11
Figura 10 – Rolhas colmatadas à esquerda e pormenor da mesma rolha, também colmatada, à direita.	13
Figura 11 – Montagem experimental da tecnologia de despoeiramento de aspiração e escovas.	14
Figura 12 – Metodologia seguida para quantificação de pó.	16
Figura 13 – Metodologia para o teste de envelhecimento	19
Figura 14 – Sequência do método standard de determinação de teor de pó.	22
Figura 15 – Colocação das garrafas no ensaio de teor de pó em garrafa.	24
Figura 16 -Sequência do teste de ultra-sons e comparação entre o líquido obtido quando em contacto com as rolhas despoeiradas e despoeiradas com ultra-sons.	24
Figura 17 – Montagem do equipamento de despoeiramento com escovas e aspiração.	25
Figura 18 – Pano de microfibras antes e depois de usar.	26
Figura 19 – Aparência das rolhas depois de estarem em contacto com uma solução de alto teor alcoólico por vários períodos de tempo.	28
Figura 20 – Topos das rolhas. Nesta figura pode observar-se o aparecimento de fissuras nas rolhas NeutroTop® depois do ensaio terminado.	29
Figura 21 – Fissuras no topo das rolhas NeutroTop® com ampliação a 50x. À esquerda rolha antes do ensaio. À direita rolha depois do ensaio de envelhecimento.	29
Figura 22 – Filtros com as partículas retiradas do líquido, após um mês, em contacto com as rolhas.	30

Figura 23 – Valores de teor de pó, em miligramas por rolha, obtidos para cada período de tempo e para cada tipo de rolha. *1 ensaio com 24 rolhas	30
Figura 24 – Alteração de aspeto das rolhas após um mês de ensaio.	31
Figura 25 – Comparação de rolhas após terminado o ensaio de 1 mês.	32
Figura 26 – Valores de teor de pó obtidos para os vários tratamentos e para os tempos de ensaios de 1 semana e 1 mês. *1 ensaio com 24 rolhas.....	33
Figura 27 – Rolhas (acima) e topos das mesmas (abaixo).	34
Figura 28 - Rolhas (acima) e topos das mesmas (abaixo). Da esquerda para a direita: rolhas com S7, S2 e S1.	34
Figura 29 – Valores obtidos para valores de teor em pó com rolhas com diferentes tratamentos de superfície e para as duas bebidas do cliente: Brandy e Cognac. *1 ensaio com 4 rolhas.	35
Figura 30 – Rolhas depois de terminado o ensaio.	36
Figura 31 – Topos das rolhas após serem retiradas dos frascos. Da esquerda para a direita: rolhas sem tratamento, com S6 e com S7.....	37
Figura 32 – Valores de teor de pó para as rolhas com diferentes tratamentos e colocadas a diferentes temperaturas. *1 ensaio com 24 rolhas.	38
Figura 33 – Rolhas depois de terminado o teste.....	39
Figura 34 – Topos das rolhas depois de terminado o teste.....	39
Figura 35 – Valores de teor de pó obtido quando se terminou o ensaio de absorção com e sem temperatura. *1 ensaio com 4 rolhas.....	40
Figura 36 – Teor de pó em dois passos. Passo 1: partículas de tratamento e pó. Passo 2: unicamente pó. *3 ensaios com 8 rolhas.	41
Figura 37 – Gráfico síntese dos valores de teor de pó para as rolhas de referência e os ensaios de 15 horas. Valores para a solução de 50% de etanol à esquerda e valores para água à direita. *5 ensaios com 5 rolhas.	43
Figura 38 – Gráfico síntese dos valores de teor de pó para as rolhas de referência e os ensaios de 5 dias. Valores para a solução de 50% de etanol. *5 ensaios com 5 rolhas..	44
Figura 39 – Teor de pó obtido para rolhas de disco de várias classes diferentes. *5 ensaios, 5 rolhas.	45
Figura 40 - Gráfico síntese dos valores de teor de pó para as rolhas de referência e os ensaios de 15 horas. Valores para a solução de 50% de etanol à esquerda e valores para água à direita. *5 ensaios, 5 rolhas.	46
Figura 41 – Rolhas recolhidas nos vários pontos do processo.	47

Figura 42 – Teor de pó nos vários pontos do processo. *3 ensaios com 8 rolhas.	48
Figura 43 – Valores de teor de pó para o ensaio 1 e 2. *3 ensaios com 8 rolhas.	49
Figura 44 – Valores obtidos para o teor de pó de rolhas com diferentes dimensões. *4 ensaios com 8 rolhas.	50
Figura 45 – Valores de teor de pó para rolhas naturais extra. *4 ensaios com 8 rolhas. ...	51
Figura 46 - Montagem da tecnologia de aspiração acoplada a panos de microfibras. ...	52
Figura 47 – Valores obtidos de teor de pó para rolhas tratadas e sem tratar usando um despoejamento de um minuto com álcool (direita) e água (esquerda). *4 ensaios com 8 rolhas.	53
Figura 48 – Valores obtidos de teor de pó para rolhas tratadas e sem tratar usando um despoejamento de cinco minutos com álcool (direita) e água (esquerda). *4 ensaios com 8 rolhas.	53
Figura 49 – Montagem do equipamento com visualização do interior. A vermelho são apresentados os ponteiros de aspiração próximos das rolhas e a azul os panos de microfibras. Várias perspetivas do equipamento de coluna de despoejamento. Vista A: parte dianteira do equipamento. Vista B: Lado do equipamento. Vista C: Interior do equipamento, visto de lado. Vista D: Topo do equipamento. Vista E: Interior do equipamento.	55
Figura 50 – Equipamento com sistema que permite a limpeza e manutenção dos panos de microfibras.	56
Figura 51 – Valores de pó para rolhas despojeiradas usando ar ionizado.	57
Figura A. 1 – Rolhas antes de serem retificadas.	78
Figura A. 2 - Maquete do protótipo inicial para o sistema de despoejamento – coluna de aspiração e microfibras.	80
Figura A. 3 – Montagem do sistema de despoejamento coluna de aspiração e panos de microfibras.	80
Figura C. 1 - Diagrama com a estrutura do Grupo Amorim, S.A ^[2]	83
Figura D. 1 – Desenho técnico do equipamento – coluna de aspiração e microfibras. ...	85
Figura D. 2 – Desenho técnico com vertente da manutenção – coluna de aspiração e microfibras.	87

Índice de Tabelas

Tabela 1– Características do equipamento de despoeiramento projetado.....	55
Tabela A. 1 – Classificações de envelhecimento de bebidas espirituosas.....	63
Tabela A. 2– Propriedades alteradas aquando do teste de absorção para rolhas sem tratamento, sem temperatura.	64
Tabela A. 3 - Propriedades alteradas aquando do teste de absorção para rolhas com S6, sem temperatura.....	65
Tabela A. 4 - Propriedades alteradas aquando do teste de absorção para rolhas com S7, sem temperatura.....	66
Tabela A. 5 - Propriedades alteradas aquando do teste de absorção para rolhas com S7, a 50°C.	67
Tabela A. 6 - Propriedades alteradas aquando do teste de absorção para rolhas com S6, a 50°C.	68
Tabela A. 7 - Propriedades alteradas aquando do teste de absorção para rolhas sem tratamento, a 50°C.	69
Tabela A. 8 - Propriedades alteradas aquando do teste de absorção para rolhas sem tratamento sem temperatura.	70
Tabela A. 9 - Propriedades alteradas aquando do teste de absorção para rolhas S7 sem temperatura.....	70
Tabela A. 10 - Propriedades alteradas aquando do teste de absorção para rolhas S6 sem temperatura.	71
Tabela A. 11 - Propriedades alteradas aquando do teste de absorção para rolhas S1 sem temperatura.	71
Tabela A. 12 - Propriedades alteradas aquando do teste de absorção para rolhas S2 sem temperatura.	72
Tabela A. 13 - Propriedades alteradas aquando do teste de absorção para rolhas S3 sem temperatura.	72
Tabela A. 14 - Propriedades alteradas aquando do teste de absorção para rolhas S4 sem temperatura.	73
Tabela A. 15 - Propriedades alteradas aquando do teste de absorção para rolhas S5 sem temperatura.	73
Tabela A. 16 - Propriedades alteradas aquando do teste de absorção para rolhas sem tratamento a 50°C.	74

Tabela A. 17 - Propriedades alteradas aquando do teste de absorção para rolhas S6 a 50°C.	74
Tabela A. 18 - Propriedades alteradas aquando do teste de absorção para rolhas S7 a 50°C.	75
Tabela A. 19 - Propriedades alteradas aquando do teste de absorção para rolhas S1 a 50°C.	75
Tabela A. 20 - Propriedades alteradas aquando do teste de absorção para rolhas S2 a 50°C.	76
Tabela A. 21 - Propriedades alteradas aquando do teste de absorção para rolhas S3 a 50°C.	76
Tabela A. 22 - Propriedades alteradas aquando do teste de absorção para rolhas S4 a 50°C.	77
Tabela A. 23 - Propriedades alteradas aquando do teste de absorção para rolhas S5 a 50°C.	77
Tabela A. 24 – Rolhas de disco seleccionadas para os ensaios.....	79

Nomenclatura

Símbolos

C	– Capacidade do equipamento	(m ³ /h)
$Custo_{1000rolhas}$	– Custo da potência por cada 1000 rolhas	(€/1000rolhas)
$Custo_{1kW}$	– Custo por cada kW/h	(€)
$Custo_{kW}$	– Custo total dos kW usados	(€/h)
m_{i1}	– massa inicial no passo 1	(mg/rolha)
m_{i2}	– massa inicial no passo 2	(mg/rolha)
m_i	– massa do balão antes de ser iniciado o teste	(mg/rolha)
m_{f1}	– massa final obtida no passo 1	(mg/rolha)
m_{f2}	– massa final no passo 2	(mg/rolha)
m_f	– massa final após terminado o teste	(mg/rolha)
$m_{pó}$	– massa de pó quantificada	(mg/rolha)
m_{p+t}	– massa de tratamento e pó	(mg/rolha)
m_T	– massa de tratamento	(mg/rolha)
$m_{tratamento}$	– a massa de tratamento quantificada.	(mg/rolha)
$n_{r,desp}$	– Número de rolhas despoeiradas em simultâneo	
n_{rolhas}	– Número de rolhas que passam pelo equipamento numa hora	
P_m	– Potência do motor	(kW)
P_v	– Potência do Ventilador	(kW)
P_{total}	– Potência total dos equipamentos	(kW)

Tratamentos

- $S1$ – Tratamento à base de elastómero de silicone
- $S2$ – Tratamento à base de mistura de parafinas, cera e silicone
- $S3$ – Tratamento à base de óleos reativos
- $S4$ – Tratamento à base de parafina e ceras
- $S5$ – Tratamento de origem vegetal (cogumelos)
- $S6$ – Tratamento à base de parafina
- $S7$ – Tratamento à base de parafina e óleos de silicone

Definições

Topejar – Laminar o topo da rolha tratada de forma a haver uma melhor aderência da cola aquando da capsulagem.

TS – Unidade de negócios *TopSeries*[®].

Enquadramento

i. O problema

Um dos grandes problemas com que a indústria das rolhas se depara hoje em dia, é o da formação e acumulação de pó, quer nas rolhas quer nas instalações fabris. Em mercados menos familiarizados com o produto natural cortiça, é bastante comum a preocupação dos clientes em relação à possível libertação de pequenas partículas pela rolha para a bebida. A cortiça natural contém lenticelas, ou seja, poros que atravessam o tecido suberoso e permitem trocas gasosas indispensáveis entre os tecidos do sobreiro e o meio exterior. Rolhas de classe inferior apresentam um maior volume de lenticelas e terão mais probabilidade de libertar pequenas partículas em contacto com álcool e em condições de utilização não recomendadas. As rolhas de aglomerado não apresentam poros, e, portanto, têm menos probabilidade de libertarem quantidades significativas de pó. Ao nível do processo de produção também se pode verificar que, em certos pontos críticos, existem grandes quantidades de pó que se libertam como por exemplo nos acabamentos mecânicos das rolhas ou nos tambores de secagem. Assim, para além de criar um produto com menor probabilidade de libertar pó, é também importante, introduzir tecnologias mais direccionadas para a descontaminação do produto final antes de ser embalado. É de notar que estas partículas já referidas podem dizer respeito ao pó libertado pelas rolhas ou a partículas cuja origem é o tratamento de superfície, uma vez que este é arrastado quando em contacto com soluções de alto teor alcoólico.

Neste contexto, os objetivos desta dissertação focam-se em três pontos: (i) o estudo do comportamento de rolhas microaglomeradas quando colocadas em contacto com soluções de alto teor alcoólico e posterior validação de tratamentos de superfície como soluções para a redução de partículas; (ii) a validação de rolhas de disco no que diz respeito à quantidade de pó que libertam usando um novo método de quantificação de pó, método em garrafa; (iii) o desenvolvimento e anteprojeto de uma nova tecnologia para redução do pó da rolha. Também foi estudada a possibilidade de alteração do atual método de quantificação de pó por um novo método de quantificação de pó em dois passos.

O primeiro tem como objetivo o estudo do aparecimento de uma tonalidade cinzenta e pequenas aberturas em rolhas microaglomeradas depois de estas terem estado em contacto com uma solução de alto teor alcoólico por um longo período de tempo. Este fenómeno pode estar relacionado com os tratamentos de superfície ou com as colas de

aglomeração. Independentemente da origem deste problema, que vai ser averiguada ao longo deste trabalho, percebe-se que por haver esta alteração das rolhas, significa que há uma reduzida estabilidade do tratamento ou da cola. A pouca estabilidade vai resultar numa maior libertação de partículas por parte das rolhas. Estudando novos tratamentos poder-se-á validar novas soluções para a redução de partículas.

O segundo ponto vai ser desenvolvido validando um novo método de quantificação de pó, usando o método em garrafa. Este novo método é necessário uma vez que as rolhas de disco, novos corpos técnicos “*Anti-Dust*”, não podem ser testadas usando o método *standard*, devido à sua constituição. Usando este método toda a rolha estaria em contacto com a bebida e não apenas o topo de qualidade superior. O método em garrafa permite que isto não aconteça e que apenas o topo da rolha seja analisado. Estas rolhas são constituídas por um topo de qualidade superior (disco de cortiça natural produzidos a partir de pranchas de cortiça mais densa e, desta forma, menos porosa) que está em contacto com a bebida e o corpo constituído por uma cortiça de qualidade *standard*, geralmente inferior à qualidade do disco. Esta apresenta-se como uma boa solução porque só a extremidade da rolha é que se encontra em contacto com a bebida e, sendo esta mais densa apresenta maior resistência mecânica.

De forma a avaliar e comparar o desempenho das rolhas de disco foram também caracterizadas, pelo mesmo método, rolhas *NeuroTop*[®] e rolhas naturais de diferentes classes.

Ao nível do processo sabe-se que as tecnologias já adotadas para o despoeiramento consistem maioritariamente na utilização de tambores de grandes dimensões com uso de aspiração combinada, que através da ação do vento removem algum pó. Um dos objetivos propostos com este trabalho é o de tentar aumentar a quantidade de pó removido usando novas tecnologias, como por exemplo a tecnologia de ultra-sons para despoeiramento, a aspiração e a escovagem acoplada à aspiração.

Ao longo da realização deste trabalho foi feito um levantamento dos pontos mais críticos através da análise do teor de pó de rolhas recolhidas em diversos setores.

ii. Enquadramento da empresa *Amorim TopSeries*^{®[1][2]}

Este trabalho foi realizado em âmbito empresarial, mais concretamente na unidade de negócios *AMORIM TopSeries*[®]. Esta é uma empresa do grupo *Amorim SGPS*. Criada em 1870 tornou-se, posteriormente, líder no setor da cortiça a nível mundial.

O grupo *Amorim* SGPS (Figura C.1, Anexo C) encontra-se há 146 anos como líder do setor e retém 27% do mercado global. Com 83 empresas no mundo e com mais de vinte e dois mil clientes, centra-se nas seguintes unidades de negócio: rolhas, revestimentos, isolamentos e aglomerados de compósitos.^[3]

No que se refere ao produto rolha, a AMORIM produz rolhas para vinho tranquilo, para vinhos efervescentes e para Espirituosos.

As várias rolhas produzidas pelas unidades de negócio podem ser visualizadas na Figura 1.



Figura 1 – Tipos de rolhas comercializados no grupo AMORIM: a) rolha aglomerada; b) Advantec®; c) NeutroCork®; d) Twin Top Evo®; e) Twin Top®; f) Spark®; g) Helix®; h) Acquamark®; i) rolha natural; j) Advantec Colors®; l) Rolha capsulada.^[2]

As rolhas para bebidas espirituosas são fabricadas na unidade de negócios AMORIM *TopSeries*® e podem ser rolhas naturais, de aglomerados ou colmatadas (também chamadas de *Acquamark*®) com um topo – cápsula - que permite a inserção e extracção da rolha da garrafa e que pode ser constituído por madeira, porcelana, metal ou vidro. São as designadas rolhas capsuladas. A grande vantagem associada a este tipo de rolhas é a sua fácil reutilização.

Com quatro segmentos de mercado distintos, esta unidade exporta para mais de 100 países. De entre os quatro segmentos de mercado apresentados anteriormente, podemos referir: *Prestige*, *Elegance*, *Premium* e *Classic Value* (Figura 2). As primeiras são as mais exclusivas e luxuosas apresentando um topo capsulado com materiais nobres e/ou preciosos. As segundas com o topo de cerâmica, madeira, metal ou plástico metalizado, apresentam um *design* único. As rolhas *Premium* possuem cápsulas de madeira ou plástica com uma decoração ou personalização. Finalmente, as rolhas *Classic*

Value são rolhas apresentadas com um topo de plástico metalizado ou madeira sem personalização.



Figura 2 – Classes de rolhas fabricadas na unidade *TopSeries*®.

É importante referir que as rolhas chegam à unidade industrial *TopSeries*®, já na forma de corpo cilíndrico, sendo apenas retificadas para as dimensões finais de acordo com as especificações do cliente.

Para além das rolhas capsuladas, a *TopSeries*® também comercializa invólucros de PVC e de estanho, bem como o *muselet* (estrutura em arame usada em champanhes).

iii. Organização da tese

A presente dissertação encontra-se organizada em 5 capítulos.

No primeiro capítulo é feita uma introdução teórica sobre a cortiça, os processos de produção da rolha de cortiça, os tipos de rolha que existem e, ainda, sobre as metodologias para a quantificação de pó, bem como as tecnologias já existentes para o despoeiramento.

No terceiro capítulo são descritos os vários métodos e instrumentos usados ao longo deste trabalho.

O quarto capítulo debruça-se sobre a apresentação e discussão dos resultados obtidos. Neste capítulo são apresentados todos os resultados dos testes desenvolvidos e a possível explicação para os mesmos, bem como otimizações e custos do equipamento de despoeiramento desenvolvido.

O quinto e último capítulo apresenta as conclusões obtidas com o trabalho realizado, bem como algumas sugestões para um trabalho futuro.

Estado da arte

Cortiça, uma das matérias primas mais interessantes encontradas em Portugal. Encanto dos portugueses e dos turistas que com ela se deparam.

A cortiça é a casca externa do sobreiro, *Quercus suber*. Os sobreiros estão presentes em maior quantidade na região do Alentejo, fazendo parte da sua paisagem típica. Estas zonas designam-se por montado. A área de montado de sobreiro em Portugal é de cerca de 34 % e representa 50 % da capacidade produtiva a nível mundial, sendo por isso o maior exportador de cortiça. Espanha apresenta 31 % de área de montado e Itália, França e norte de África (nomeadamente Marrocos e Tunísia) compõem os restantes 35 %. ^[4]

O sobreiro sobrevive em ambientes extremos, com elevadas temperaturas e escassez de água. É, ainda, uma árvore que se regenera após lhe ser retirada a cortiça do tronco, isto é, consegue produzi-la de novo. Esta árvore pode durar entre 150 a 200 anos, permitindo 20 descortiçamentos ao longo da sua vida. É a partir do descortiçamento, extração da casca do sobreiro sem colocar em risco a árvore, que se obtém a cortiça. Na Figura 3 pode ver-se um sobreiro e várias pranchas de cortiça.

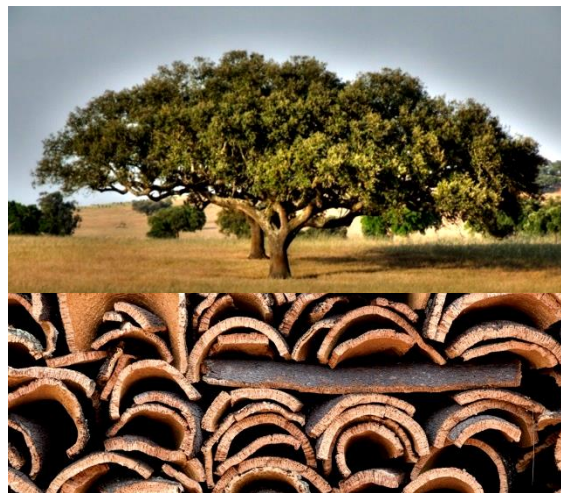


Figura 3 – Sobreiro (acima) e pormenor de pranchas de cortiça (abaixo).

O primeiro descortiçamento, ou desbóia, é feito quando o sobreiro atinge os 25 anos sendo extraída uma cortiça com uma estrutura muito irregular e de grande dureza que não é utilizada no fabrico de rolhas e, por isso mesmo, é encaminhada para o fabrico de isolamentos, pavimentos, granulados, etc. Nove anos depois, é feito o segundo descortiçamento de onde se extrai uma cortiça de estrutura mais regular e menos dura, mas que continua a ser imprópria para o fabrico de rolhas. Só ao terceiro descortiçamento, feito novamente após nove anos, é que se obtém uma cortiça adequada para o fabrico de

rolhas uma vez que esta apresenta, para além de uma estrutura regular, costas e barrigas lisas^[4].

A cortiça é um tecido suberoso que faz parte da periderme, ou pele, do sobreiro e cujas células são maioritariamente constituídas por suberina.

A cortiça apresenta uma densidade variável, uma vez que esta é afetada pelo próprio tipo de cortiça e pelas dimensões das células. Também a porosidade é variável, pois depende da grossura e quantidade de canais lenticulares. A sua compressibilidade e elasticidade são conferidas pelo baixo teor em lenhina e pela presença de suberina, respetivamente. A suberina permite também que a rolha seja um material pouco permeável a líquidos e gases.^[5]

A cortiça é composta essencialmente por suberina, sendo o segundo composto mais abundante a lenhina, seguida dos polissacarídeos. São estes compostos que lhe conferem as características tão singulares. A sua constituição encontra-se na Figura 4.

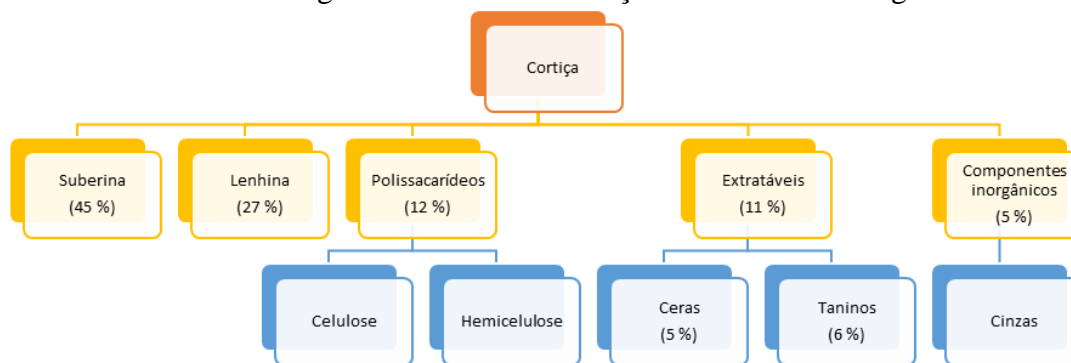


Figura 4 – Esquema com a composição da cortiça.

A suberina é uma substância lipídica, um poliéster natural, que se acumula na parede celular. Esta confere impermeabilidade às células de cortiça (por ser hidrofóbica) e é responsável pelas suas propriedades de isolamento e plasticidade. É a presença de suberina que distingue a cortiça dos outros materiais lenhocelulósicos^[4]. Na Figura 5 pode ser vista a sua estrutura.

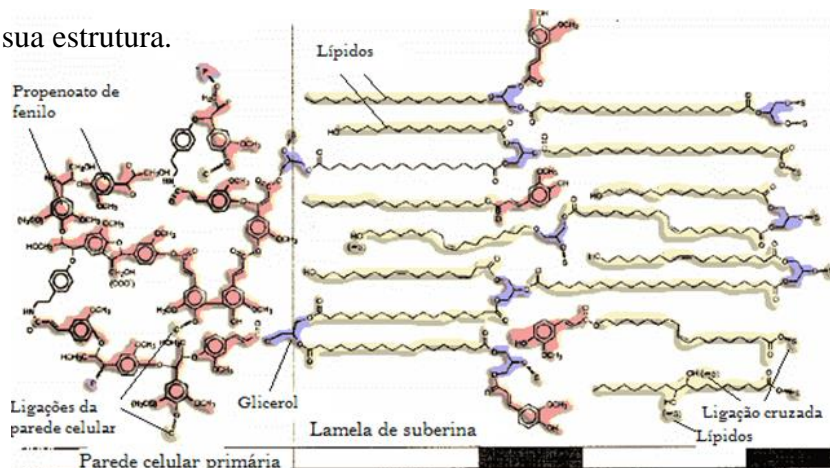


Figura 5 – Estrutura hipotética da suberina.^[4]

O segundo componente mais abundante é a lenhina. A lenhina é um heteropolímero natural e aromático. É formada através da polimerização dos álcoois cumarílico, conifenílico e sinapílico. [6].

Na Figura 6 pode ser vista a estrutura da lenhina.

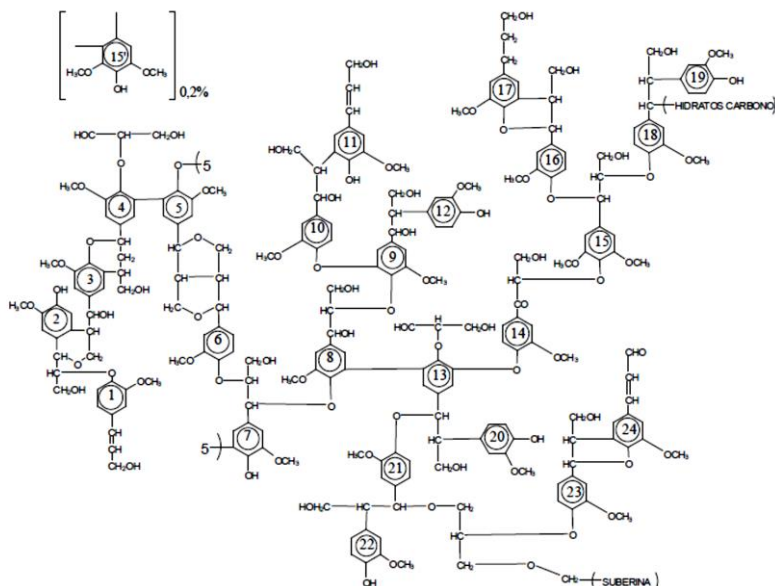


Figura 6 – Modelo proposto para lenhina da madeira. [4]

Continuando análise dos constituintes da cortiça, a família de compostos que apresenta maior abundância, depois da suberina e da lenhina, são os polissacarídeos. A sua função é a de suporte da parede celular. Os polissacarídeos presentes na cortiça são a celulose e as hemiceluloses. A celulose é um homopolímero natural, estereorregular formado por unidades de glucopiranosose ligadas por ligações glicosídicas beta 1-4. As hemiceluloses são heteropolissacarídeos. Estas podem ser pentosanas ou hexosanas. As pentosanas podem ser xilanas ou arabinanas enquanto que as hexosanas podem ser mananas, galactanas ou glucanas.

Os extratáveis constituem cerca de 11 % da composição da cortiça. Estes podem ser ceras, ácidos gordos, taninos, entre outros. Estes são usados como mecanismo de defesa das plantas que, quando atacadas por predadores, libertam vários compostos, nomeadamente taninos, que possuem um sabor amargo. Os taninos também conferem a cor acastanhada à cortiça.

Por último existem os componentes inorgânicos, vulgarmente designados como cinzas. Alguns dos compostos presentes nestas cinzas são o manganésio, o cálcio, sódio, enxofre e potássio [4].

Devido às suas propriedades únicas, a cortiça tem, desde há muitos anos, várias utilizações, desde o setor alimentar até ao setor de vestuário ou imobiliário. Hoje em dia

é usada por marcas conceituadas de vestuário para o fabrico de acessórios e calçado, por exemplo numa parceria com as corticeiras Amorim, em chinelos *flipflop*^[2]. Também pode ser utilizada em isolamentos (nomeadamente em soluções de isolamento para a NASA), em pranchas de surf, em mobiliário, em relógios e em auscultadores. Ainda assim, a maior percentagem de cortiça continua a ser utilizada no fabrico de rolhas para vinhos tranquilos e frisantes e para bebidas espirituosas.

A cortiça é um dos melhores produtos para vedar bebidas devido às suas propriedades como a elasticidade, impermeabilidade, capacidade isolante (térmica) e a capacidade de ser deformada e de voltar à sua forma inicial. Apesar de existirem alguns concorrentes da cortiça no mercado de vedantes (nomeadamente plásticos), nenhum consegue superar as propriedades já referidas da cortiça.

i. As rolhas^[2]

Existem vários tipos de rolhas de cortiça nomeadamente as rolhas naturais, rolhas de aglomerados e rolhas colmatadas, como se pode ver na Figura 7.



Figura 7 – Vários tipos de rolhas. Da esquerda para a direita: natural colmatada, natural e aglomerada.

Na *TopSeries*[®] existem vários tipos de rolhas: naturais, microaglomeradas e colmatadas.

As rolhas naturais são brocadas diretamente das pranchas de cortiça como uma peça única. Estas são o melhor tipo de vedante para vinhos devido às suas propriedades físico-mecânicas que asseguram uma boa vedação e conservação a longo prazo, permitindo o processo de maturação e envelhecimento.

As rolhas técnicas de aglomerados de cortiça são constituídas por grânulos de cortiça aglutinados com compostos aglomerantes, como colas de uso alimentar. Não são aconselhadas para vedar bebidas com um estágio de maturação superior a um ano.

As rolhas colmatadas são rolhas de cortiça natural cujos poros são obturados de pó de cortiça misturado com cola.

ii. Processo de produção de rolhas de cortiça^[7]

O processo de fabrico de rolhas de cortiça é consideravelmente complexo, envolvendo vários passos (Figura 8).

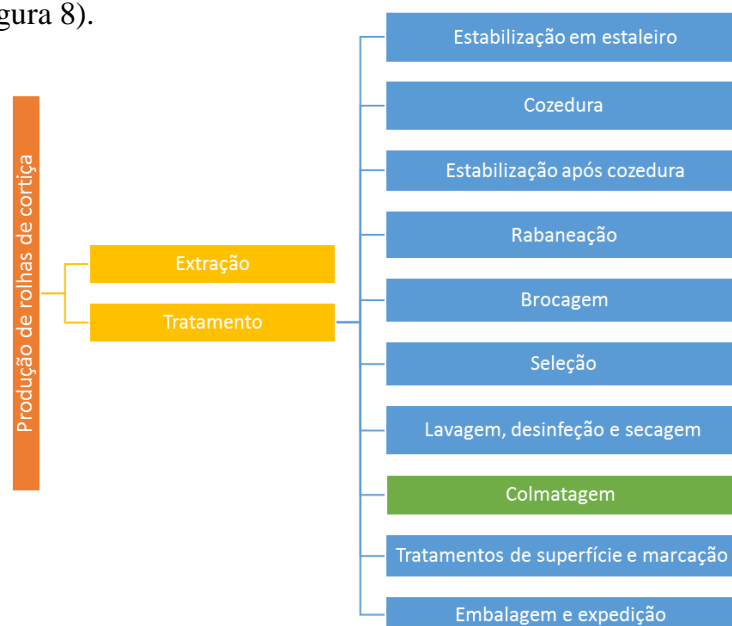


Figura 8 – Esquema dos processos de produção de rolhas de cortiça (a verde: etapa usada só em alguns tipos de rolhas.).

Extração da cortiça

O descortiçamento deverá ser efetuado entre maio e agosto uma vez que é neste período que se formam as novas células das paredes finas, tornando a cortiça mais fácil de extrair. A remoção das pranchas de cortiça é feita à mão e com o auxílio de machados. Por isto mesmo é necessário existir uma grande perícia por parte dos trabalhadores nesta extração uma vez que, danificando o sobreiro com algum golpe, este poderá morrer. Terminado este passo, a cortiça é agrupada e segue para a unidade industrial onde, posteriormente, será tratada.^[7]

Tratamento da cortiça

Estabilização em estaleiro

Depois de enviada para a unidade industrial, a cortiça é analisada e empilhada. Deverão ser removidos os calços e a mancha amarela, bem como a cortiça com verde (cortiça com alto teor de humidade). Esta deverá ser armazenada por um período de 6 a 9 meses, o que irá contribuir para a oxidação de compostos, nomeadamente de compostos fenólicos, e desenvolver um teor de humidade uniforme. Os compostos fenólicos são compostos que influenciam, devido à sua quantidade e estrutura, a qualidade do vinho pois contribuem para o seu sabor e aroma. Este ponto é muito vantajoso uma vez que

compostos fenólicos, como o 2,4,6-triclorofenol, estão na origem do 2,4,6-tricloroanisol (TCA). O TCA é um composto presente na cortiça que tem como principal problema o de conferir “gosto a rolha” à bebida em contato com a mesma. As placas de cortiça são, depois, colocadas sobre estruturas de aço inoxidável sobre áreas cimentadas. Este processo permite que haja uma melhor circulação de ar, permitindo a secagem mais rápida e uniforme das placas de cortiça. Também evita que a cortiça esteja em contato com o solo, reduzindo a contaminação microbiana.

De seguida, as placas de cortiça são separadas, sendo as placas mais altas destinadas às rolhas naturais (rolhas que será extraída numa única peça) e as placas mais estreitas transformadas em discos aplicados para aplicação em rolhas técnicas.

É de notar que cada remessa é etiquetada de forma a permitir a rastreabilidade, fator importante para a determinação da qualidade da cortiça extraída. As várias séries de placas de cortiça podem ser distinguidas pela cor que apresentam, sendo que as mais recentes (que se encontram a secar há menos tempo), apresentam uma cor mais viva e intensa em comparação com o tom mais escuro das placas de cortiça que se encontram neste estágio há mais tempo.

Cozedura

Este é um passo fundamental no processo de fabrico de rolhas, uma vez que tem como objetivo eliminar os contaminantes voláteis e taninos (conferem a cor acastanhada) presentes na cortiça. Há um aumento da espessura das placas o que promove uma diminuição da densidade. A elasticidade também aumenta.

As placas são submersas em água a ferver com ajuda de força mecânica associada a uma prensa. Aqui a cortiça será cozida durante de 1 hora e 30 minutos (aproximadamente).

Estabilização após cozedura

Neste passo a cortiça vai passar por um período de repouso, que pode variar entre duas a três semanas. Assim, a cortiça adquire uma forma regular podendo, posteriormente, ser separada por calibres/espessura e qualidade. Também aqui se devem rejeitar quaisquer defeitos presentes na cortiça, escolhendo-a. Este período de repouso contribui para que a cortiça possa adquirir uma maleabilidade e um teor de humidade ideais, que contribuem em muito para o seu bom manuseamento.

Rabaneação

Nesta etapa as placas/pranchas de cortiça vão ser cortadas em tiras, ou traço, que apresentam uma largura superior ao comprimento de rolha que se pretende fabricar, tendo este sido definido anteriormente.

Brocagem

O objetivo deste passo é atribuir a forma cilíndrica de rolha à cortiça.

No processo de brocagem, os traços obtidos no passo anterior, são perfurados com um tubo de diâmetro superior ao pretendido para as rolhas.

É de notar que todos os excedentes são triturados e utilizados na formação de granulados que, posteriormente, serão utilizados na produção de rolhas aglomeradas e a outros produtos que podem ser usados, por exemplo, no isolamento térmico.

Para rolhas de aglomerados, a sua forma cilíndrica pode ser atribuída através de extrusão ou de moldação. A primeira é feita usando um equipamento que força a mistura de cola e aglomerado a tomar uma forma cilíndrica (passando num tubo) e as rolhas são formadas cortando o cilindro nos tamanhos pretendidos para a rolha. A moldação é feita colocando a mistura de cola e aglomerados de cortiça em formas já com as dimensões e forma de rolha pretendidas.

Seleção

Na etapa de seleção, em primeiro lugar, as rolhas vão ser trabalhadas de forma a ficarem com as dimensões pretendidas. Aqui existem ponçadeiras, topejadeiras e chanfradeiras que conferem às rolhas os acabamentos pretendidos.

Existem dois acabamentos que as rolhas podem ter, podem ser boleadas ou chanfradas. O primeiro confere à parte da rolha em contato com a bebida, uma forma mais arredondada. O segundo permite que o extremo da rolha em contato com a bebida seja mais afunilado. As diferenças entre estes dois tipos de rolhas podem ser observadas na Figura 9.



Figura 9 - Rolha boleada (esquerda) vs rolha chanfrada (direita).

Depois de retificadas, as rolhas vão ser separadas, ou classificadas, consoante a sua qualidade. Os critérios de seleção são os mais vastos, incluindo-se: aspeto da rolha, defeitos, estado da superfície e porosidade.

Esta seleção pode ser feita, numa primeira fase, por uma máquina de visão digital e, posteriormente, manualmente onde as rolhas vão ser escolhidas de acordo com os parâmetros acordados com o cliente. As rolhas com defeito são eliminadas.

As rolhas naturais são separadas por classes através da análise visual da superfície da rolha, nomeadamente do topo em contato com a bebida. Assim, as classes que as rolhas naturais podem apresentar por ordem decrescente de qualidade são: Flor, Extra, Superior, Primeiro, Segundo, Terceiro, Quarto e Quinto.

Lavagem, desinfeção e secagem

Neste estágio, a cortiça vai ser desinfetada usando três agentes de lavagem (peróxido de hidrogénio, hidróxido de sódio e bissulfato de sódio) misturados em diferentes proporções e usando ou não calor, dependendo do tipo de rolha. Depois de lavadas as rolhas vão ser secas de forma a atingirem uma humidade considerada ótima (entre 4 % e 8 %). Se as rolhas aquando da saída da secagem estiverem demasiado húmidas (humidade superior a 8), são colocadas numa estufa para secarem até à humidade pretendida. É de notar que o controlo de humidade das rolhas é muito importante, uma vez que se esta for superior à referência, irá haver formação de bolores e se for inferior à referência a rolha tem uma maior probabilidade de quebrar e de contaminar a bebida com partículas de cortiça.^[4]

Colmatagem

Este passo tem como objetivo melhorar tanto o aspeto como o desempenho da rolha como vedante. As rolhas vão ser colmatadas, ou seja, os seus poros (lenticelas) vão ser preenchidos exclusivamente com pó de cortiça resultante da retificação. Para proceder à fixação deste pó nas rolhas, usam-se colas que têm na sua constituição resinas e borrachas naturais. Também pode ser usada uma cola à base de água.

Apenas as rolhas naturais de qualidade mais fraca são colmatadas. Um exemplo de rolha colmatada pode ser visto na Figura 10.

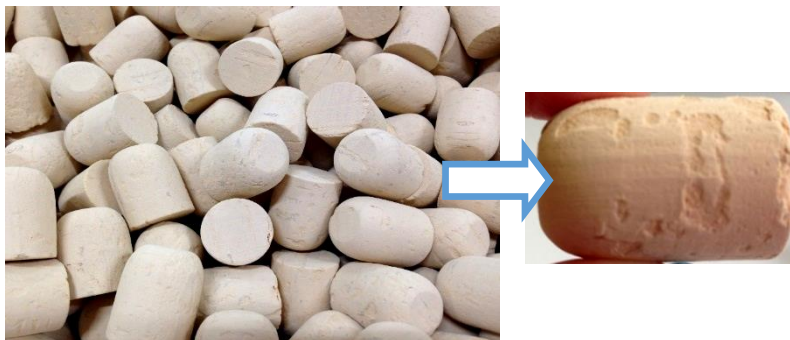


Figura 10 – Rolhas colmatadas à esquerda e pormenor da mesma rolha, também colmatada, à direita.

Tratamentos de superfície

O tratamento de superfície permite facilitar o processo de inserção e extração da rolha da garrafa e melhorar a capacidade de vedação. Tradicionalmente, os tratamentos existentes são à base de parafina (sólida ou líquida) e silicone (óleos ou elastómeros).

Marcação

Neste passo as rolhas vão ser marcadas de acordo com as especificações requeridas pelo cliente. Esta pode ser feita a fogo, *laser* ou tinta.^[6]

Embalagem e expedição

Este é o último processo pelo qual passam as rolhas. Aqui vão ser embaladas em sacos de plástico, podendo ser sob vácuo, e com um anidro sulfuroso, dióxido de enxofre, que irá prevenir qualquer contaminação microbiológica.

iii. O despoeiramento

Como já referido, durante todo este processo produtivo das rolhas existe libertação de pó, sendo este mais pronunciado nas etapas da brocagem ou secagem e menos importante na etapa de tratamento de superfície. Assim sendo, é necessário implementar novas tecnologias para o despoeiramento, sendo elas já usadas no setor corticeiro ou em quaisquer outros setores.

1. Aspiração

Uma das tecnologias com maior potencial para o despoeiramento tanto das rolhas, como dos equipamentos é a aspiração.

Na *TopSeries*[®] esta é uma das tecnologias mais usadas nomeadamente na zona dos acabamentos mecânicos e na zona do tratamento de superfície. Aqui existem equipamentos de aspiração de potência muito elevada que permitem despoeirar as rolhas

e a zona envolvente. Na zona dos tratamentos de superfície é usado um tambor com capacidade para dez mil rolhas onde as rolhas são obrigadas a chocar umas contra as outras ao mesmo tempo que vão sendo despoeiradas.

Se o equipamento fosse de dimensões mais reduzidas, seria possível ter-se uma maior eficiência de aspiração. Esta tecnologia também não deve ser colocada num local de grandes dimensões, uma vez que seria necessária uma potência demasiado elevada. Também não deve ser colocado em zonas com vértices uma vez que a aspiração seria de menor eficiência por não permitir uma boa limpeza dos cantos. Assim sendo, o ideal seria a utilização de um equipamento de forma cilíndrica.

1.1 Aspiração com acoplação de escovas

Como forma de melhorar o desempenho da aspiração no despoejamento de rolhas, podem-se acoplar outras técnicas, como a escovagem. É de salientar que esta tecnologia já é usada na unidade industrial *Champcork* para o despoejamento de rolhas de champanhe. A rolha passa pelo espaço entre dois cilindros (Figura 11): um primeiro, à esquerda, equipado com um sistema de escovas, e um segundo, à direita, que serve apenas para fazer rodar as rolhas sobre si. É de notar que as rolhas se deslocam por ação da gravidade. Associado a isto existe uma aspiração externa que impede que o pó escovado se deposite e volte a contaminar as rolhas.



Figura 11 – Montagem experimental da tecnologia de despoejamento de aspiração e escovas.

2. Ar comprimido

Outra das tecnologias já usadas na unidade industrial *TopSeries*[®] é a do gás comprimido. Com este equipamento o ar sai com uma elevada pressão, permitindo limpar a peça em questão. O grande problema associado a este tipo de abordagem é o facto de

não haver a eliminação do pó, mas sim uma deslocação do mesmo, podendo este acabar por se depositar novamente nos equipamentos ou até mesmo nas rolhas.

3. Ultra-sons^[8]

Os ultra-sons são uma tecnologia amplamente utilizada na indústria metalúrgica e de madeira, como meio de limpeza. Equipamentos de corte de madeira, por exemplo, ficam contaminados com resinas e pó. Utilizando um banho de ultra-sons conseguem-se desprender as resinas do metal, sem danificar o equipamento, e permitindo uma diminuição do trabalho por parte do operador.

Uma outra hipótese para a utilização dos ultra-sons seria a de despoeiramento do ar, ou seja, despoeiramento do ambiente fabril. Este conceito baseia-se na aglomeração de partículas de poeira através da utilização de ultra-sons^[8]. As vibrações geradas permitem que as partículas mais pequenas se agreguem às partículas de maiores dimensões, sendo por isso mais fáceis de remover do ar.

4. Ar ionizado^{[9][10]}

Temperatura, pressão e fricção são alguns dos efeitos que podem causar estática. Uma vez que as rolhas estão constantemente sujeitas a fricção, bem como a diferenças de temperatura, é natural que possa colocar-se a hipótese da existência de eletrostática. Esta tecnologia é amplamente utilizada na indústria de transformação e decoração de plásticos, por exemplo, na remoção de poeiras, antes do acabamento de peças por pintura. Se isto se verificasse e existisse eletrostática nas rolhas, nomeadamente nas partículas do pó, seria possível retirar o mesmo das rolhas através da utilização de ar ionizado.^[11]

Usando um equipamento de ar ionizado pode-se eliminar a carga rapidamente e em longas distâncias. Fluxos laminares de corrente de ar são produzidos e tornam possível afastar quaisquer contaminantes e a carga que os pode atrair.

iv. Metodologias para determinação de teor de pó

Para a determinação do teor de pó libertado pelas rolhas e de forma a verificar quais os valores aceitáveis de libertação do mesmo, é necessária a utilização de metodologias de determinação de teor de pó.

Na unidade de negócios *TopSeries*[®], a metodologia mais usada é a de quantificação de pó através de filtração e posterior diferença de massas entre o filtro vazio e o filtro já com o filtrado.

Os passos constituintes desta metodologia encontram-se apresentados na Figura 12.



Figura 12 – Metodologia seguida para quantificação de pó.

a) Maceração

Numa primeira fase, as rolhas devem ser colocadas em contacto com uma solução de alto teor alcoólico durante trinta minutos com agitação, de forma a promover o choque entre rolhas e a libertação de partículas. De seguida é feita uma filtração.

b) Filtração a pressão reduzida

A filtração é um método que tem como objetivo separar um sólido ou fluído suspenso num líquido, fazendo-o passar por um filtro ou membrana com uma determinada permeabilidade que permite que as partículas mais pequenas a atravessem, mas que retém as partículas maiores.

Estas membranas podem ser feitas dos mais variados materiais, sendo as mais usadas, as membranas de celulose. Estas são apresentadas com uma elevada gama de porosidades que permitem reter partículas de maiores ou de menores dimensões.

Existem vários tipos de filtração, sendo a mais comum para a quantificação do pó nas rolhas a filtração a vácuo. Este tipo de filtração é caracterizado pela utilização de um *kitasato* e uma trompa de vácuo. A mistura é colocada num funil, onde está a já referida membrana. O sólido fica retido no filtro e o líquido é arrastado para o *kitasato* abaixo.

c) Pesagem do filtrado

Neste passo é obtido o valor de teor de pó libertado em massa por rolha através do cálculo da diferença de massas entre o filtro vazio (antes de ser iniciado o ensaio) e o filtro com as partículas (terminado o ensaio) depois de seco na estufa por duas horas e de ter estabilizado.

Materiais e métodos

Nesta secção irão ser descritos todos os materiais e métodos utilizados na realização deste trabalho de forma a atingir os objetivos propostos.

Materiais

Para a realização dos ensaios foram testadas rolhas de dois tipos: naturais e *NeutroTop*[®]. No que diz respeito às rolhas naturais, foram usadas rolhas de diferentes classes, sendo elas: Flor, Extra, Superior e 1°.

Adicionalmente, também se estudaram rolhas com tratamentos de superfície diferentes, dependendo do objetivo final. Para os testes de teor de pó em garrafa foram usadas rolhas não tratadas; para os testes de tratamento de superfície, despoeiramento e teor de pó em dois passos foram usadas rolhas sem tratamento de superfície e com *S7*; para os testes de absorção foram usadas rolhas sem tratamento, com *S7* e com *S6*; e finalmente, para os testes de envelhecimento, foram usadas rolhas sem tratamento, com *S7* (tratamento à base de parafinas e óleo de silicone), com *S6* (parafina), *S1* (elastómero de silicone), *S2* (parafinas, cera e silicone), *S3* (óleos reativos), *S4* (parafina e ceras) e *S5* (origem vegetal).

Os solventes usados nos vários testes foram: água, etanol e n-hexano. O etanol, a 95%, foi usado para preparar uma solução de 50 % em etanol e 50 % em água, para simular o teor alcoólico da bebida que estaria em contacto com a rolha. Esta solução foi usada em todos os testes. É de referir que a água foi usada em alguns dos testes de teor de pó em garrafa, bem como em alguns dos testes de despoeiramento. Este solvente foi usado para simular os testes *standard* feitos em fábrica, uma vez que são todos feitos usando água. O n-hexano foi usado unicamente nos testes de tratamento de superfície e nos testes de teor de pó em dois passos.

Métodos

Os vários ensaios realizados ao longo desta dissertação tiveram como objetivo: (i) analisar o comportamento de rolhas microaglomeradas quando colocadas em maceração numa solução aquosa com 50 % de etanol e assim validar tratamentos de superfície com baixa libertação de partículas e baixa alteração de aspeto da rolha; (ii) validar novos corpos de baixa libertação de partículas – rolhas de disco – através de um novo método para a quantificação de pó (método em garrafa), bem como quantificar o teor de pó

libertado por rolhas com os tratamentos de superfície validados no ponto (i); e (iii) avaliar a aplicabilidade de diferentes tecnologias de despoeiramento. Também foi averiguada a viabilidade da introdução de um novo método de quantificação de teor de pó a partir do teste *standard* – teste de teor de pó em dois passos,

i. Teste de envelhecimento

Este teste teve como objetivo avaliar o comportamento e degradação das rolhas quando em contacto com uma solução aquosa com 50 % de etanol durante um longo período de tempo. Este teste foi realizado de 3 formas distintas:

Uma primeira em que se comparou o comportamento de rolhas naturais extra e de rolhas de aglomerado *NeutroTop*[®], ambas com o mesmo tratamento de superfície, S7, e ambas com as mesmas dimensões, 27x23, denominado “Teste A”.

O segundo teste, “Teste B”, consistiu na comparação entre diferentes tipos de tratamentos presentes em rolhas microaglomeradas: sem tratamento, S6, S7, S1, S2, S3 e S4.

Num terceiro teste, denominado por “Teste C”, o objetivo foi comparar o comportamento das rolhas microaglomeradas com tratamento de superfície S7, S1 e S2 quando colocadas em contacto com duas bebidas de cliente: *Cognac VS* e *Brandy XO*. É de notar que as rolhas usadas neste teste foram escolhidas tendo em conta os resultados obtidos no Teste B.

Em todos os testes, o tempo estudado foi de 1 semana, 1 mês, 2 meses e 4 meses. O procedimento adotado foi o apresentado de seguida.

Inicialmente mediu-se o diâmetro de todas as rolhas. De seguida colocaram-se as mesmas em cada frasco *Shot* (24 rolhas *NeutroTop*[®] (27x23), 24 rolhas Naturais Extra (27x23), 15 rolhas *NeutroTop*[®] (27x19,5) sem tratamento, com S7, com S6, rolhas S1, S2, S3 e S4; 4 rolhas *NeutroTop*[®] (27x19,5) com S7, rolhas S1 e S2). É necessário ter frascos diferentes para cada período de tempo a estudar (e um frasco para cada tipo de rolha). De seguida, encheu-se o recipiente ao máximo com a solução de etanol a 50 % em água. Este foi, posteriormente, colocado em repouso durante o tempo pretendido. Terminado esse tempo, retiraram-se, cuidadosamente, as rolhas do recipiente, passando-as por água. Depois destas estarem secas, mediu-se o seu diâmetro e comprimento. Também se fotografou a evolução da secagem das rolhas. Por último analisou-se o líquido remanescente no frasco e fotografaram-se quaisquer partículas lá encontradas. Com esse mesmo líquido fez-se o teste de quantificação de teor de pó *standard*.

O esquema do procedimento descrito anteriormente, e que é o mesmo para todos os testes, pode ser visto na Figura 13.

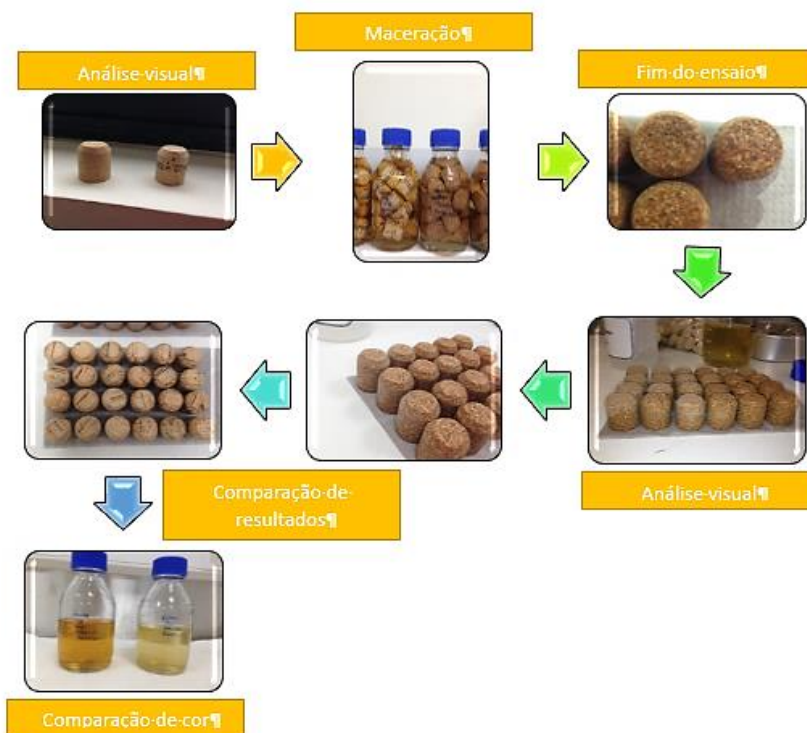


Figura 13 – Metodologia para o teste de envelhecimento

ii. Teste de absorção com alteração de temperatura

Este teste teve como objetivo verificar quais as alterações, tanto a nível de aspeto, como a nível de forma, das rolas micraglomeradas com e sem tratamento, quando em contacto com uma solução de etanol a 50 % em água sob a ação da temperatura. As rolas foram pesadas antes e depois do ensaio e foram, também, medidos o diâmetro e o comprimento de cada uma.

Foi feita variar a temperatura, sendo alguns dos testes feitos à temperatura ambiente e outros feitos a 50 °C.

O procedimento adotado foi o apresentado de seguida.

Inicialmente numeraram-se 24 rolas (*NeuroTop*[®] (27x19.5) sem tratamento, com S6, com S7; S1, S2, S3 e S4) e colocaram-se as mesmas em cada 6 frascos (4 rolas por frasco), submersas numa solução de etanol a 50 % em água. De seguida, mediram-se o diâmetro, o comprimento e pesaram-se as rolas numa balança de $\pm 0,0001$ g. Todas as rolas devem estar submersas. É de notar que foram usados dois frascos para cada tipo de tratamento, um dos frascos foi mantido à temperatura ambiente e o outro colocado numa estufa de 50 °C. O teste teve uma duração de 72 horas. Terminado este tempo,

retiraram-se as rolhas dos frascos, colocaram-se as mesmas sobre papel de filtro, em pé, durante 30 minutos. Por fim, foram medidos, novamente o diâmetro, o comprimento e determinada a massa.

Terminados estes testes, foram feitos, em universidade, análises às rolhas antes e depois de terminado o ensaio, com recurso a microscopia ótica. Com este teste seria possível comparar as aberturas que apareceram no topo das rolhas *NeuroTop*[®].

iii. Microscopia ótica

Com este teste foram analisadas todas as rolhas obtidas nos ensaios de envelhecimento, exceto o teste C. Também foram analisadas rolhas sem terem sido submetidas a quaisquer testes.

A análise por microscopia ótica foi realizada nos laboratórios Tecnológicos da Universidade de Aveiro, recorrendo a um microscópio ótico onde se colocavam amostras de rolhas, que tinham sido cortadas em tiras muito finas. Obtiveram-se imagens com ampliação de 50x e 100x. Para cada amostra obtiveram-se duas imagens: uma das fissuras apresentadas nas rolhas e outra perto da extremidade das mesmas.

iv. Teste do teor de tratamento de superfície

Este teste teve como objetivo quantificar o teor de tratamento de superfície arrastado de rolhas (naturais e *NeuroTop*[®], ambas tratadas) em contacto com n-hexano. A escolha do n-hexano para este ensaio esteve essencialmente relacionada com o facto de dissolver o tratamento de superfície das rolhas, que consiste, fundamentalmente, em parafinas e silicones.

O procedimento adotado foi o apresentado de seguida.

Inicialmente, colocaram-se os balões de Erlenmeyer de 200 mL numa estufa de 103±5 °C durante 30 minutos e, posteriormente, num exsiccador para que quando arrefecessem fossem pesados numa balança de ±0,0001 g. Simultaneamente ligou-se o banho do evaporador rotativo e programou-se a temperatura para 60 °C.

De seguida foram usados balões de *Erlenmeyer* de 500 mL onde se colocaram 8 rolhas e 100 mL de n-hexano (medidos com uma proveta de 250 mL) e se taparam os topos com parafilme. De seguida, estes foram colocados no prato vibratório a velocidade 185 rpm durante 20 minutos. Terminada a agitação, filtrou-se o conteúdo dos balões de Erlenmeyer de 500 mL para os balões de *Erlenmeyer* de 200 mL que tinham já arrefecido,

usando para isso um funil e papel de filtro. O n-hexano presente na mistura do mesmo com tratamento de superfície foi evaporado usando o evaporador rotativo. De seguida, levaram-se os balões de Erlenmeyer à estufa durante 2 horas e, posteriormente, foram colocados no exsiccador. Depois de estabilizarem, estes foram pesados. O teor de tratamento de superfície removido foi calculado usando a equação (1).

$$m_T = \frac{(m_f - m_i)}{8} \times 1000 \quad (1)$$

Onde m_T representa a massa de tratamento, m_f a massa final após terminado o teste e m_i a massa do balão antes de ser iniciado o teste.

v. Teste de teor de pó *standard*

Neste teste de teor de pó, quantificaram-se as partículas libertadas por 8 rolhas quando em contacto com 200 mL de água ou solução de etanol a 50 % em água e em agitação por 30 minutos.

O procedimento adotado foi o apresentado de seguida.

Colocaram-se, para cada amostra, um filtro de acetato de celulose de 1,2 μm numa caixa de Petri. Estas foram colocadas na estufa de 103 ± 5 °C durante 30 minutos. De seguida foram colocadas no exsiccador. Em cada balão de Erlenmeyer de 500 mL, colocaram-se 8 rolhas e 200 mL da solução de 50 % em etanol ou água (medidos com uma proveta de 250 mL). Taparam-se os balões de *Erlenmeyer* com parafilme e colocaram-se em agitação no prato vibratório a velocidade 185 rpm durante 30 minutos. Pesaram-se as placas de Petri com o filtro antes de se iniciar a filtração usando para isso uma balança de $\pm 0,0001$ g. De seguida a membrana foi colocada no sistema de filtração e a solução com as partículas vertida para o sistema de filtração por vácuo. Depois de toda a solução filtrada, desligou-se a bomba e, com o auxílio de uma pinça, retirou-se a membrana e colocou-se na caixa de Petri. Colocaram-se as caixas de Petri na estufa durante 2 horas e terminado o tempo na estufa as caixas foram colocadas no exsiccador. Depois de estabilizadas, foram pesadas. O teor de pó libertado pelas 8 rolhas é dado pela equação (2).

$$m_{\text{pó}} = \frac{(m_f - m_i)}{8} \times 1000 \quad (2)$$

Onde $m_{\text{pó}}$ representa a massa de pó quantificada, m_f a massa final após terminado o teste e m_i a massa do filtro e placa de Petri antes de ser iniciado o teste.

Um esquema representativo deste processo pode ser visto na Figura 14.

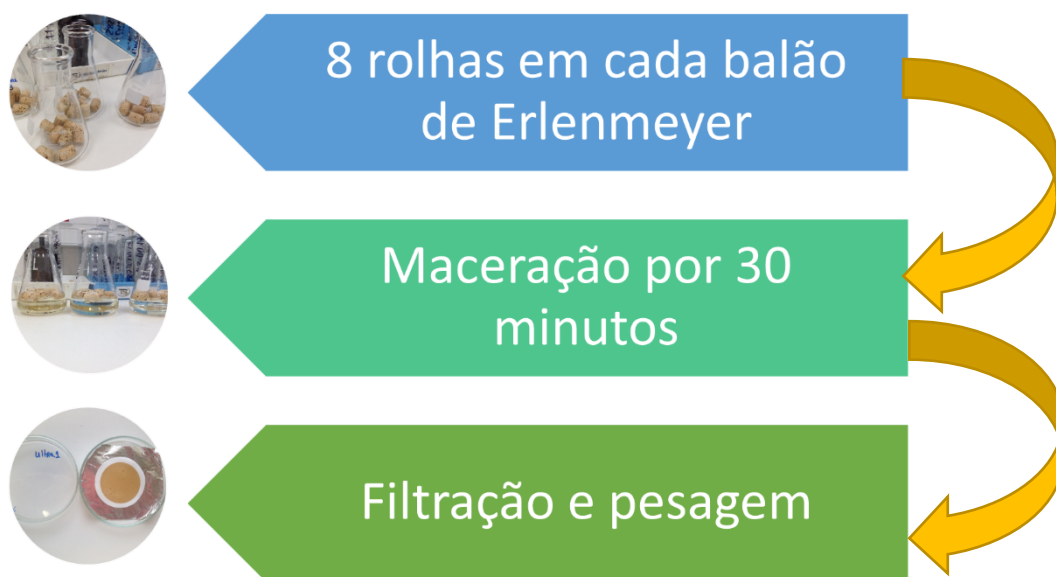


Figura 14 – Sequência do método *standard* de determinação de teor de pó.

vi. Teste de teor de pó em 2 passos

Quando o teste de quantificação de teor de pó é realizado usando rolas com tratamento de superfície, o líquido que esteve em contacto com as rolas e que vai ser filtrado pode conter não apenas pó, mas também tratamento de superfície. Isto torna-se um problema uma vez que o objetivo do teste é a quantificação do teor de pó unicamente. Foi então estudada uma variante do método *standard* de quantificação de pó daqui em diante referido como teste de teor de pó em dois passos. Este foi pensado de forma a poder separar-se o tratamento de superfície recolhido no filtro, do pó.

Como referido anteriormente, este teste consistiu em dois passos: um primeiro onde se realizou o teste de teor de pó *standard*, que serve para quantificar o teor de pó e tratamento, e um segundo passo onde se colocou o filtro com estes dois componentes em contacto com n-hexano, de forma a dissolver o tratamento de superfície e a separá-lo do pó.

O procedimento adotado foi o apresentado de seguida.

Passo 1: neste passo foi feito o mesmo procedimento que o anteriormente referido no teste de quantificação de teor de pó *standard*.

Passo 2: colocou-se o filtro usado no passo anterior em 12 mL de n-hexano durante 20 minutos. Terminado este tempo, efetuou-se a filtração. Colocou-se o filtro na estufa de 103 ± 5 °C durante 1 hora e, posteriormente, no exsicador. De seguida, colocou-se o filtrado num balão de *Erlenmeyer* de 200 mL e evaporou-se o solvente, tal como no teste de teor de tratamento de superfície. Este passo teve como objetivo determinar se houve

tratamento de superfície a ser efetivamente arrastado. O procedimento foi o mesmo que o anteriormente descrito para a quantificação de tratamento de superfície. Depois de o filtro ter estado 1 hora na estufa e de ter estabilizado, foi pesado numa balança de $\pm 0,0001$ g. A quantidade de tratamento de superfície e pó foi dada pela equação (3). O teor de pó final foi dado pela equação (4) e a massa do tratamento de superfície, pela equação (5).

$$m_{p+t} = \frac{m_{f1} - m_{i1}}{8} \times 1000 \quad (3)$$

$$m_{pó} = \frac{m_{p+t} - (m_{i2} - m_{f2})}{8} \times 1000 \quad (4)$$

$$m_{tratamento} = m_{p+t} - m_{pó} \quad (5)$$

Onde m_{p+t} representa a massa de tratamento e pó, m_{f1} a massa final obtida no passo 1, m_{i1} a massa inicial no passo 1, $m_{pó}$ a massa de pó quantificado, m_{i2} a massa inicial no passo 2, m_{f2} a massa final no passo 2 e $m_{tratamento}$ a massa de tratamento quantificada.

vii. Teste de teor de pó em garrafa

Este é um novo método de quantificação de pó desenvolvido no âmbito deste projeto que teve como objetivo quantificar de forma expedita a libertação de pó das rolhas para a bebida nas condições reais de utilização simulando o movimento das garrafas quando são expedidas e transportadas em condições não recomendadas. Também foi testado o efeito da temperatura neste teste de forma a simular condições extremas a que as rolhas poderão estar sujeitas.

Foram feitos variar vários parâmetros, nomeadamente:

1. Tempo: 15 horas, 3 dias, 5 dias;
2. Tipo de rolha: Natural e *NeutroTop*[®];
3. Tratamento: *S6*, *S7*, *S1*, *S2*, sem tratamento;
4. Solução: água, 50 % de etanol;
5. Temperatura: ambiente, 40 °C

O procedimento adotado foi o apresentado de seguida.

Colocou-se, numa garrafa de 375 mL, 75 mL da solução pretendida (solução de etanol a 50 % em água e água). De seguida, selou-se a mesma manualmente com a rolha previamente capsulada ea garrafa foi vedada com fita-cola de forma a impedir a perda de líquido. Para cada ensaio utilizaram-se 5 garrafas e 5 rolhas. Estas foram colocadas no prato vibratório (90 rpm) ou na estufa a 40 °C (50 rpm), dependendo do ensaio pretendido. Este passo durou 15 horas, 3 dias ou 5 dias dependendo do ensaio. Terminado este passo,

passou-se à quantificação do teor de pó, seguindo exatamente o mesmo procedimento anteriormente referenciado para o teste de quantificação de teor de pó *standard*.

A montagem experimental pode ser observada na Figura 15.



Figura 15 – Colocação das garrafas no ensaio de teor de pó em garrafa.

viii. Tecnologias para o despoeiramento

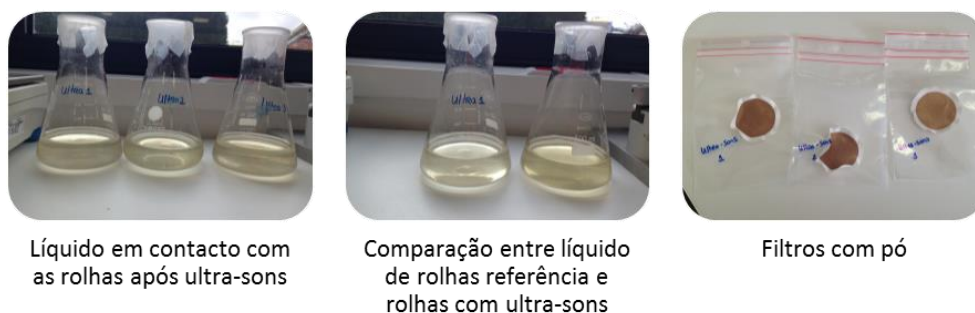
a) Ultra-sons^[8]

O objetivo deste ponto do trabalho foi remover a maior quantidade possível de pó e partículas das rolhas. As rolhas neste teste foram comparadas com rolhas da mesma classe, mas despoeiradas e a solução usada foi uma solução de etanol a 50% em água.

Aqui foi feito variar o tempo de despoeiramento, tendo as rolhas sido despoeirada por 5 ou 15 minutos.

Para este teste foram escolhidas rolhas naturais sem tratamento e sem despoeiramento. Como referência usaram-se rolhas naturais, do mesmo lote, sem tratamento, mas despoeiradas. Colocou-se 24 rolhas submersas num banho de ultra-sons com potência 1, durante o tempo pretendido (5 ou 15 minutos) e sem a utilização de temperatura. Simultaneamente, colocaram-se 24 rolhas referência submersas em água. Depois de terminado o tempo de ensaio, foi feito o mesmo procedimento que o anteriormente descrito para o teste de quantificação de teor de pó *standard*.

Na Figura 16 apresenta-se o referido método.



Líquido em contacto com as rolhas após ultra-sons

Comparação entre líquido de rolhas referência e rolhas com ultra-sons

Filtros com pó

Figura 16 -Seqüência do teste de ultra-sons e comparação entre o líquido obtido quando em contacto com as rolhas despoeiradas e despoeiradas com ultra-sons.

b) Escovagem e aspiração

As rolhas neste teste foram comparadas com rolhas da mesma classe, mas despoeirada e sem despoirar. Também foram feitos testes com rolhas tratadas e estas foram comparadas da seguinte forma: tratadas sem escovagem e tratadas com escovagem.

O procedimento adotado pode ser visto de seguida.

Neste teste foram feitas duas análises tanto para as rolhas naturais, como para as rolhas *NeuroTop*[®]: comparação entre as rolhas despoiradas usando a tecnologia presente na unidade industrial *TopSeries*[®] e as rolhas despoiradas usando a tecnologia presente na unidade *Champcork*; comparação entre rolhas tratadas e rolhas tratadas e posteriormente despoiradas usando esta tecnologia. Depois de colocadas as rolhas no equipamento, estas foram armazenadas e, posteriormente, usadas para a determinação do teor de pó pelo método *standard*.

Para testar este sistema foram utilizadas as instalações da unidade industrial *Champcork*. Este tipo de despoiramento consistiu numa escova cilíndrica que ia rodando à medida que as rolhas se iam deslocando por ação da gravidade. Ao mesmo tempo, um tubo de aspiração ia retirando o pó libertado. A montagem pode ser vista na Figura 17.



Figura 17 – Montagem do equipamento de despoiramento com escovas e aspiração.

c) Aspiração e panos de microfibras

Neste método avaliaram-se 3 abordagens diferentes: o despoiramento usando unicamente a aspiração, o despoiramento usando unicamente o pano de microfibras, e o despoiramento usando as duas técnicas acopladas. As rolhas despoiradas usando estas metodologias foram comparadas com rolhas por despoirar e com rolhas despoiradas usando a tecnologia existente na unidade de negócios *TopSeries*[®].

Foram usadas rolhas naturais, uma vez que seriam as que apresentariam maior teor de pó (tratadas e sem tratar), de forma a perceber se a instalação do equipamento seria viável em qualquer ponto da fábrica.

Na Figura 18, pode ser visto o pano de microfibras antes e depois de ser usado no despoejamento.



Figura 18 – Pano de microfibras antes e depois de usar.

Numa primeira abordagem as rolhas foram despojeadas usando apenas panos de microfibras. Os tempos de despoejamento variaram, tendo sido feitos para um minuto e cinco minutos. Neste teste, 24 rolhas foram colocadas em contacto com um tecido de microfibras e forçadas, manualmente, a deslizar sobre o mesmo de forma a garantir o despoejamento. Numa segunda abordagem, outras 24 rolhas do mesmo lote foram colocadas no sistema de aspiração, pelo mesmo período de tempo, e posteriormente armazenadas. Por último, 24 rolhas foram colocadas no sistema de aspiração e em contacto com o tecido de microfibras (em simultâneo) e despojeadas pelo tempo pretendido. Depois de terminados os ensaios foi analisado o teor de pó pelo método *standard*, usando como solução de contacto água ou solução de etanol a 50 % em água.

d) Ar ionizado

Esta nova técnica testada teve como objetivo retirar a estática às partículas de pó presentes nas rolhas. Para isto foi analisada a estática em vários pontos do processo, tendo-se concluído que os acabamentos mecânicos, a escolha eletrónica e a lavagem são os pontos críticos e que mais contribuem para a formação de pó no processo. Como forma de contrariar este problema foi usado ar ionizado para a redução da estática que poderia estar presente em rolhas não tratadas. Estes ensaios foram feitos usando uma pistola e uma lâmina de ar ionizado. É de notar que todas estas rolhas (com e sem tratamento) foram comparadas com um lote de controlo com o despoejamento usado na unidade. Depois de terminados os ensaios, procedeu-se ao teste de teor de pó *standard*.

Análise e discussão de resultados

Como referido anteriormente, este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de soluções para a redução das partículas libertadas pelas rolhas de cortiça. As referidas partículas consistem no pó ou fragmentos de cortiça libertado pelas rolhas e nas partículas libertadas pelo tratamento de superfície. Para isto foram estipulados três objetivos principais: (i) estudar o envelhecimento de rolhas microaglomeradas tratadas com diferentes tratamentos de superfície quando colocadas em contacto com soluções de alto teor alcoólico e comparar o desempenho desses mesmos tratamentos; (ii) validar novos corpos técnicos de baixa libertação de partículas – rolhas de disco – de várias classes usando um novo método de quantificação de pó em garrafa e testar, usando esse mesmo método, os tratamentos validados no ponto (i); e por último (iii) fazer o anteprojecto de um equipamento para a redução de pó de cortiça nas rolhas na linha de produção. Tendo em conta que, aquando da quantificação de teor de pó se está a medir pó de cortiça e partículas de tratamento, também foi testado um novo método de quantificação de pó que iria permitir separar estes dois tipos de partículas – teste de teor de pó em dois passos.

i. Envelhecimento

De forma a estudar o problema do aparecimento da tonalidade cinzenta nas rolhas microaglomeradas, foram feitos testes de envelhecimento, colocando rolhas microaglomeradas com diferentes tipos de tratamentos, em contacto com uma mistura de 50 % de etanol em água, por diferentes períodos de tempo: 1 semana, 1 mês e 2 meses. Esta tonalidade cinzenta aparece de forma mais acentuada nas rolhas microaglomeradas. Várias hipóteses foram levantadas para explicar este fenómeno, entre as quais, o tipo de tratamento de superfície ou o aglomerante usado na produção deste tipo de rolhas. Os testes de envelhecimento têm como objetivo perceber as causas deste problema, bem como perceber de que forma se pode contrariar este fenómeno.

De seguida vão ser apresentados resultados referentes aos vários ensaios desenvolvidos.

Teste A

Como descrito na parte experimental, o “Teste A” teve como objetivo comparar rolhas naturais extra e microaglomeradas - rolha *NeutroTop*[®] - ambas com o mesmo tratamento de superfície (S7) e ambas com as mesmas dimensões (27x23 mm). Com os

resultados obtidos neste ensaio conseguiu-se perceber se o aspeto acinzentado aparecia em ambos os tipos de rolhas ou num só tipo em particular.

Na Figura 19, pode ver-se a comparação entre as rolhas naturais e microaglomeradas para os vários períodos de tempo.



Figura 19 – Aparência das rolhas depois de estarem em contacto com uma solução de alto teor alcoólico por vários períodos de tempo.

Analisando as imagens, verifica-se que apenas as rolhas *NeutroTop*[®] (microaglomeradas) apresentaram alterações significativas na sua aparência: a rolha após secagem apresenta uma tonalidade cinzenta, particularmente a partir de 1 mês de ensaio. Este fenómeno pode estar relacionado com as colas de aglomeração ou tratamentos de superfície e a sua colocação.

Analisando os topos de cada tipo de rolha (Figura 20), verificou-se que as rolhas naturais permaneceram quase inalteradas (tanto a nível de tonalidade como das lenticelas apresentadas que já existem e apenas aumentam), enquanto as rolhas *NeutroTop*[®] apresentavam pequenas fissuras. Estas fissuras podem ter sido formadas por uma fragilização na interface de contacto entre o aglomerante e os grânulos de cortiça, no seguimento do longo e permanente contacto com a solução de alto teor alcoólico. A formação destes defeitos pode levar a um aumento do pó e partículas libertadas para a solução, e obviamente também na situação real em garrafa, quando acondicionadas ou transportadas em condições não recomendadas.



Figura 20 – Topos das rolhas. Nesta figura pode observar-se o aparecimento de fissuras nas rolhas NeutroTop® depois do ensaio terminado.

De forma a perceber se estas fissuras apareceram devido ao contacto com a solução alcoólica ou se já se encontravam na rolha antes do ensaio, foram realizadas análises dos topos das rolhas microaglomeradas, por microscopia ótica , antes e depois do ensaio de envelhecimento. As imagens obtidas podem ser observadas na Figura 21.

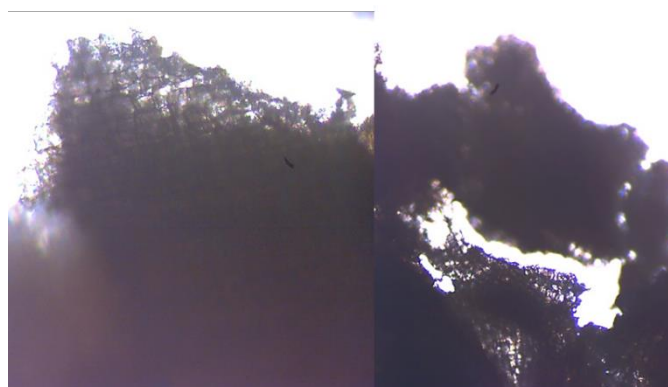


Figura 21 – Fissuras no topo das rolhas NeutroTop® com ampliação a 50x. À esquerda rolha antes do ensaio. À direita rolha depois do ensaio de envelhecimento.

De acordo com os resultados obtidos pela análise por microscopia ótica percebe-se que as referidas fissuras se formaram após as rolhas terem estado em contacto com soluções de alto teor alcóolico por longos períodos de tempo. Para confirmar se existiu degradação da interface de colagem entre granulos com a consequente libertação de partículas para a solução, determinou-se o teor em pó presente no liquido remanescente no frasco, seguindo o teste de teor de pó *standard*.

Na Figura 22 podem ser observados os filtros já com o pó filtrado e na Figura 23 os resultados do teste de teor de pó.



Figura 22 – Filtros com as partículas retiradas do líquido, após um mês, em contacto com as rolhas.

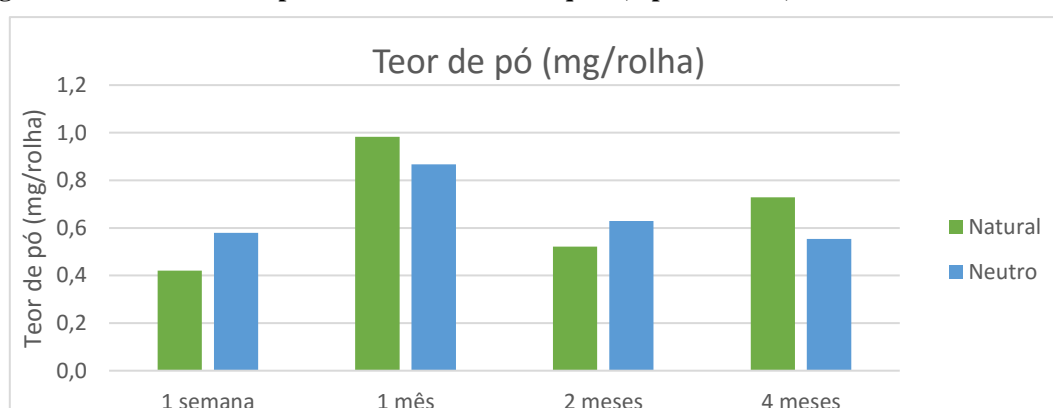


Figura 23 – Valores de teor de pó, em miligramas por rolha, obtidos para cada período de tempo e para cada tipo de rolha. *1 ensaio com 24 rolhas

As rolhas microaglomeradas, quer em condições normais, quer nos ensaios *standard*, libertam significativamente menos partículas que as rolhas naturais, por estas possuírem poros/lenticelas que libertam fragmentos de cortiça. Analisando o gráfico apresentado na Figura 23 verifica-se que as rolhas microaglomeradas, ao contrário do que seria expectável, libertam a mesma quantidade de pó/fragmentos que as naturais.

Outro aspeto importante observado na análise deste gráfico é que não se nota um aumento da libertação de pó à medida que se aumenta o tempo de maceração. Isto pode indicar que após um mês, as rolhas já libertaram todo o pó presente nas mesmas.

Terminado este ensaio pode-se perceber que existe uma grande diferença no comportamento destas rolhas. As rolhas naturais, apesar de apresentarem diferenças de aspeto em relação à rolha antes de ser mergulhada na solução alcoólica, não têm o seu aspeto geral muito alterado. Há apenas uma dilatação das lenticelas/poros já existentes antes de ser iniciado o ensaio. Já as rolhas *NeutroTop*[®] apresentam fissuras nos topos, aberturas essas que não existiam antes do ensaio ser iniciado. Em termos do aspeto global

da rolha, verifica-se o aparecimento de uma tonalidade cinzenta na superfície da rolha, algo que não acontece de forma tão significativa nas rolhas naturais, possivelmente porque o tratamento de superfície adere melhor à superfície da rolha natural, não permitindo uma interface entre o filme de tratamento e a sua superfície.

Teste B

Uma vez que no teste anterior foi possível perceber que as rolhas microaglomeradas, ou *NeutroTop*[®], eram as rolhas que maiores alterações de aspeto apresentavam, foi necessário realizar mais testes de forma a avaliar se as causas das alterações estariam relacionadas com o tratamento de superfície e a sua aplicação.

Assim, o passo seguinte consistiu na análise deste tipo de rolhas, mas com diferentes tipos de tratamento de superfície (*S1*, *S2*, *S3*, *S4*, *S7* e *S6*) e compará-las com rolhas sem tratamento.

Na Figura 24 permite fazer a comparação entre a rolha no dia 0, a rolha sem tratamento e as rolhas com os vários tratamentos diferentes anteriormente referidos.



Figura 24 – Alteração de aspeto das rolhas após um mês de ensaio.

Analisando os resultados obtidos e comparando as rolhas sem tratamento com a rolha no dia 0, percebe-se que a origem da tonalidade cinzenta não poderá ser a cola de aglomeração. Se tal fosse o caso, também as rolhas sem tratamento apresentariam alterações de aspeto acentuadas, o que não se verifica. Assim sendo, os resultados parecem indicar que a causa do aparecimento da tonalidade cinzenta nas rolhas está relacionada com o tratamento de superfície e com a forma como este é aplicado na rolha. Dependendo do tipo de tratamento e da interface de contacto com a superfície das rolhas, pode dar-se um fenómeno ótico designado por refração, onde a luz é transmitida de um meio para outro diferente. Neste fenómeno a luz mantém a sua frequência, mas a sua

velocidade e comprimento de onda são alterados^{[12][13]}. Assim sendo, se a aplicação do tratamento não for a ideal a rolha em contacto com a solução alcoólica vai criar um filme entre a própria rolha e o tratamento, que vai originar, através do fenómeno da refração, a tonalidade cinzenta nas rolhas.

Pode-se perceber, pela Figura 24, que quando comparadas com as rolhas sem tratamento (rolhas com menos alterações em relação à rolha no dia 0), as rolhas que apresentam melhor aspeto são as rolhas *S1*, seguidas das *S2*. As que apresentam uma tonalidade mais cinzenta e um aspeto mais degradado são as rolhas *S6* seguidas das *S7*. O facto das rolhas tratadas com *S6* serem as que apresentam um pior aspeto pode ser explicado pela composição do próprio tratamento. Este consiste apenas em parafina sólida. Esta parafina terá que ser fundida. É muito difícil que toda a barra, na altura de colocar o tratamento, esteja igualmente fundida. Isto pode fazer com que a parafina não esteja suficientemente bem aderida à superfície da rolha, acabando esta por apresentar a tonalidade cinzenta. Uma outra hipótese para este fenómeno seria este ser o tratamento que mais favorece este fenómeno ótico.

Com este resultado pode-se perceber que o aparecimento da tonalidade cinza está relacionada com a uniformidade de colocação do tratamento e com o próprio e não com as colas de aglomeração.

Na Figura 25, foram colocadas as piores e as melhores rolhas, deste mesmo ensaio, sem tratar e com cada tipo de tratamento, de forma a poder-se comparar diretamente o aspeto das mesmas.



Figura 25 – Comparação de rolhas após terminado o ensaio de 1 mês.

No ponto relacionado com o aspeto, percebe-se claramente que existem dois tipos de tratamento com melhor desempenho: *S1* e *S2*. Analisando estes tratamentos verifica-se que o primeiro consiste num elastómero de silicone e o segundo numa mistura de ceras, parafinas e silicone. Os elastómeros são polímeros que apresentam propriedades elásticas, obtidas após a reticulação. Estes são obtidos de polímeros lineares que à temperatura

ambiente são líquidos. O tratamento *S2* consiste em silicones e parafinas que à temperatura ambiente se encontram emulsionados. A própria natureza química dos tratamentos é diferente, podendo por isso adequar-se melhor à superfície da rolha do que outro. Estas são formulações que se adequam melhor como tratamento de superfície e cuja aplicação é mais eficaz.

De forma a verificar se estas também seriam soluções satisfatórias para a redução de pó, foi feito o teste de teor de pó *standard* ao líquido que esteve em contacto com as rolhas para os diferentes períodos de tempo. Os valores obtidos foram sintetizados em gráfico e são apresentados na Figura 26.

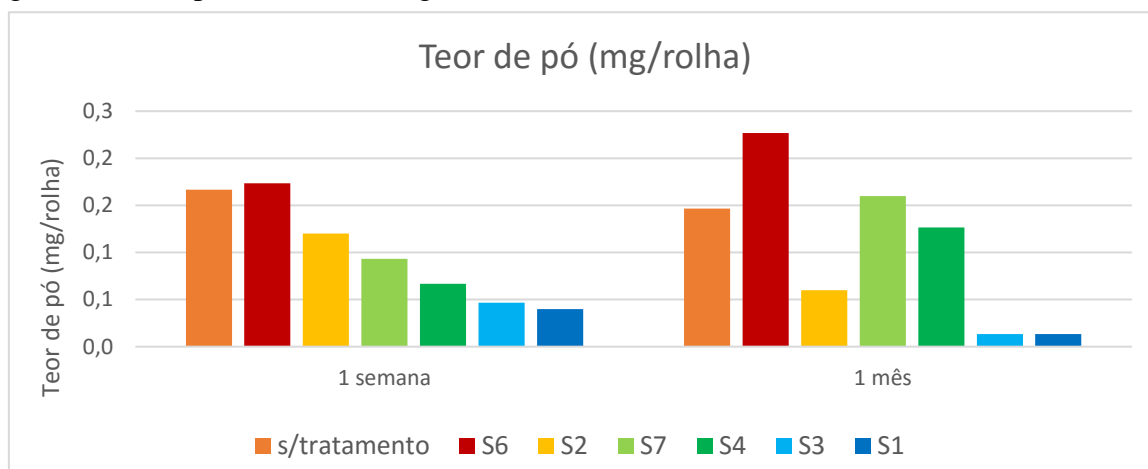


Figura 26 – Valores de teor de pó obtidos para os vários tratamentos e para os tempos de ensaios de 1 semana e 1 mês. *1 ensaio com 24 rolhas

Analisando o gráfico observa-se que, de todos os tratamentos, o que apresenta menor libertação de partículas, tanto para o tempo de uma semana, como para um mês, é o tratamento *S1*. Comparando a libertação de partículas de cada tratamento com o seu desempenho a nível de aspeto, verifica-se que, depois do tratamento *S1*, o tratamento que melhores resultados apresenta é o *S2*. Assim sendo, pode-se dizer que qualquer um destes dois tratamentos são bastante promissores para a redução de partículas no produto final. Apesar de haver uma pequena libertação de partículas por parte do tratamento *S3*, é necessário lembrar que na análise visual dos testes de envelhecimento este tratamento não apresentou resultados tão satisfatórios quanto os outros dois já referidos. Por apresentar alterações tão significativas nos testes de análise visual, percebe-se que este tratamento não cumpre a função pretendida.

De forma a testar o comportamento destes dois tratamentos validados numa situação real, foi feito um ensaio de envelhecimento usando bebidas do cliente: *Brandy XO* e *Cognac VS*.

Teste C

Os resultados obtidos com este teste servirão para validar as hipóteses anteriormente levantadas e verificar se estes tratamentos terão, na realidade, a eficiência necessária para o cliente.

Foram usadas rolhas com tratamento *S1*, *S2* e *S7* e foi observado o desempenho das mesmas. Na Figura 27, podem observar-se as rolhas que foram colocadas em contacto com *Brandy* num ensaio de um mês.

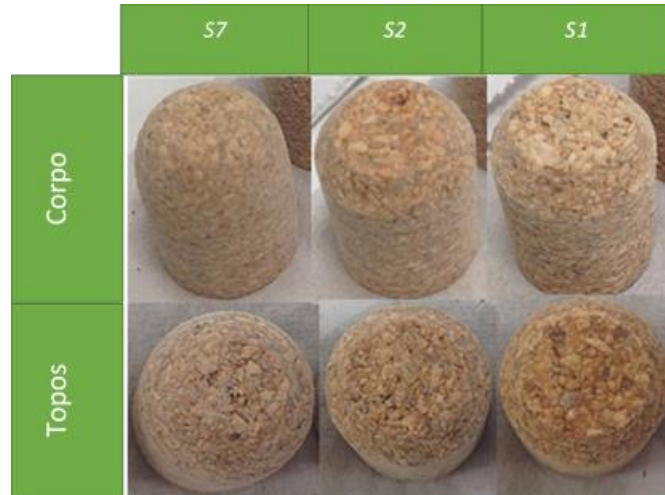


Figura 27 – Rolhas (acima) e topos das mesmas (abaixo).

Analisando o aspeto das várias rolhas, verifica-se, novamente, que as rolhas *S1* têm uma melhor aparência, não apresentando uma tonalidade cinzenta e apresentado menos fissuras nos topos. Mais uma vez as rolhas *S7* apresentam o pior aspeto o que indica que o desempenho deste tratamento é pior do que o desempenho do *S1* e *S2*. Também foram feitos testes usando como solução de contacto *Cognac*. Na Figura 28, podem ver-se os resultados para um ensaio de um mês.

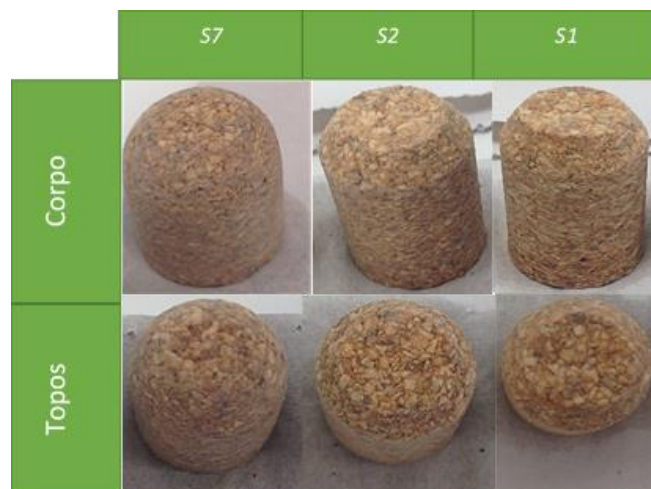


Figura 28 - Rolhas (acima) e topos das mesmas (abaixo).

Mais uma vez se verifica que as rolhas com melhor desempenho a nível de aspeto são as rolhas *S1*, seguidas das *S2*. As rolhas *S7* são as que apresentam um aspeto mais degradado. Também é de notar que comparando o aspeto das rolhas que estiveram em contacto com o *Brandy* e o *Cognac* se percebe que as rolhas parecem mais degradadas depois do contacto com o primeiro.

De seguida, foram feitos testes de teor de pó *standard* com a bebida do cliente que esteve em contacto com as referidas rolhas. Os resultados obtidos foram sintetizados em gráfico e estão apresentados na Figura 29.

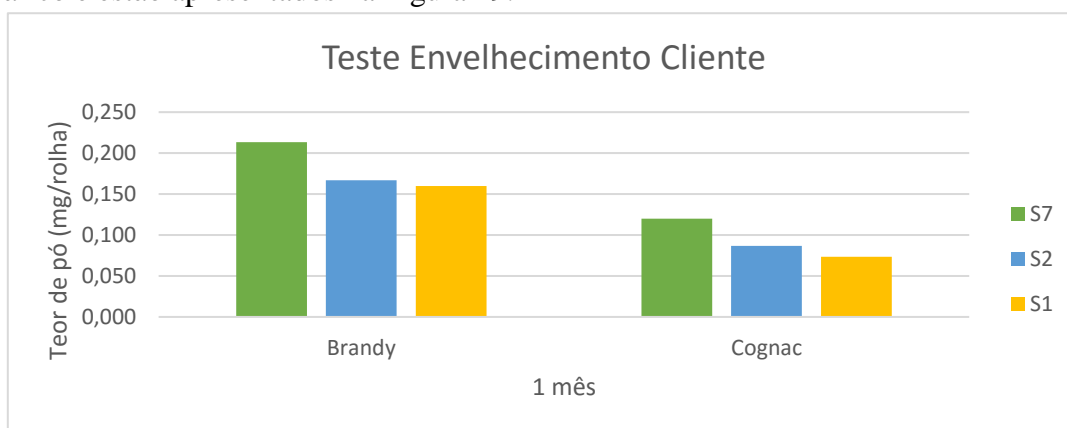


Figura 29 – Valores obtidos para valores de teor em pó com rolhas com diferentes tratamentos de superfície e para as duas bebidas do cliente: *Brandy* e *Cognac*. *1 ensaio com 4 rolhas.

Analisando os valores obtidos percebe-se que existe uma maior quantidade de partículas quando se tem como bebida de contacto o *Brandy*. Uma vez que ambas apresentam o mesmo teor alcoólico (40 %) e a mesma acidez (4,1), isto pode dever-se ao tempo de envelhecimento das bebidas. As bebidas espirituosas, tais como as usadas neste teste, são classificadas de acordo com os anos de envelhecimento, ou seja, de acordo com o tempo que estas permanecem em barril^[14]. O *Brandy*, por ter a classificação *XO*, tem no mínimo dez anos de envelhecimento, enquanto o *Cognac*, por ser *VS*, tem apenas dois. As restantes classificações podem ser vistas na Tabela A.1 do Anexo A. Quanto mais tempo a bebida ficar em contacto com a madeira do barril, mais compostos, ou maior quantidade dos mesmos, o álcool presente na bebida vai extrair dessa madeira. Estes compostos extraídos podem levar a interações diferentes com a superfície da rolha e tratamento, tornando uma bebida manifestamente mais agressiva em comparação com a outra, fazendo com que haja uma maior libertação de pó e de tratamento e uma consequente degradação superior da rolha, acabando por lhe dar a tonalidade cinzenta e por aumentar o número de defeitos nas interfaces cola/grânulos de cortiça.

Depois de feitos estes testes verifica-se que as rolhas *S1* são uma boa opção, tanto pelo facto de o teor de pó libertado ser baixo, como pela pequena alteração de aparência. Também as rolhas *S2* são uma opção viável.

Posteriormente, de forma a testar o comportamento e a resistência destes tratamentos de superfície, estes foram colocados a uma temperatura superior à temperatura ambiente, num teste de absorção em estufa com rolhas microaglomeradas sem tratamento e tratadas.

ii. Testes de absorção com e sem temperatura

Este teste, como referido anteriormente, foi realizado usando apenas rolhas microaglomeradas *NeuroTop*[®] com e sem tratamento, de forma a poder comparar ambos os resultados e a obter mais um indicador de que a causa destes estaria relacionada com o tratamento de superfície. Os valores obtidos para as massas e diâmetros das rolhas podem ser observados nas Tabelas A.2 a A.7 do Anexo A. Analisando os corpos estudados verifica-se que há um aumento tanto do diâmetro, como do comprimento e da massa ao longo do teste, mais significativo para 50 °C. Estes apresentam um aumento mais significativo para rolhas não tratadas.

Teste 1 - Rolhas sem tratamento, com *S6* e com *S7*

O objetivo principal foi estudar o efeito da temperatura nas rolhas, nomeadamente no seu aspeto e na quantidade de partículas libertadas e qual o efeito da ação da temperatura juntamente com a ação do álcool presente na solução em contacto com as rolhas. Assim, durante três dias, rolhas com e sem tratamento foram colocadas à temperatura ambiente e numa estufa a 50 °C, usando como solução uma mistura de 50 % de etanol em água (Figura 30).



Figura 30 – Rolhas depois de terminado o ensaio.

Como se pode verificar pela Figura 30, as rolhas apresentam um aspeto significativamente mais degradado quando estiveram sujeitas a uma temperatura de 50 °C. Também se pode observar que o aparecimento da tonalidade cinza é muito mais rápido nas rolhas que foram colocadas na estufa, do que nas rolhas submetidas à temperatura ambiente. O aparecimento do fenómeno ótico é acelerado porque a temperatura mais elevada é mais fácil o tratamento ser extraído/ separar-se da rolha e assim formar-se o filme entre a superfície e o tratamento. Neste teste também se observa que tanto as rolhas com tratamento S6, como com S7, têm um aspeto muito degradado, sendo as rolhas com S6 as que apresentam maior degradação. Mais uma vez está corroborada a hipótese da pouca eficácia na colocação de tratamento, uma vez que o tratamento S6 consiste em parafina sólida e o tratamento S7 em emulsão de parafina e óleos de silicone tornando, por isto, o último tratamento mais fácil de colocar de maneira uniforme.

Também foram analisados os topos das rolhas (Figura 31), de forma a verificar a existência de pequenos defeitos na interface dos grânulos.

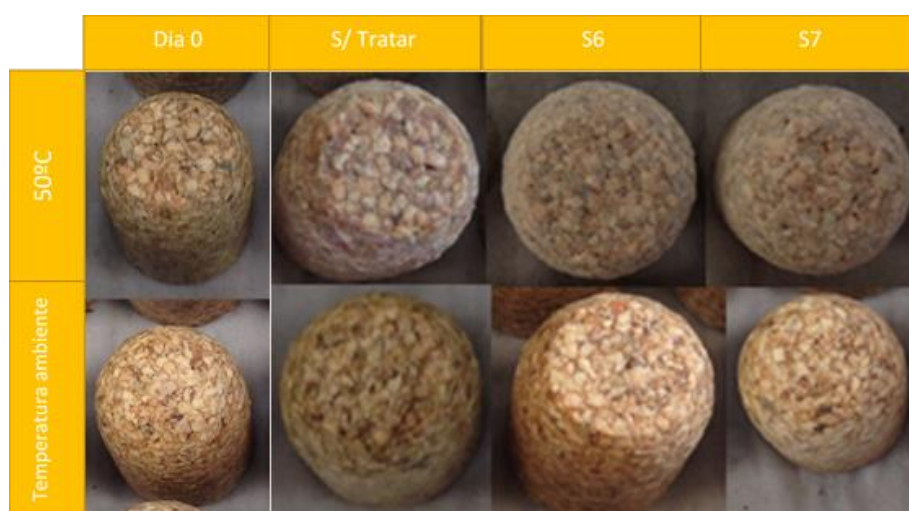


Figura 31 – Topos das rolhas após serem retiradas dos frascos.

Analisando os topos verifica-se que existe um aparecimento de pequenas fissuras nas rolhas que estiveram sujeitas a uma temperatura de 50 °C, que não existiam no dia 0. As rolhas colocadas à temperatura ambiente não apresentaram alterações significativas nos topos. Mais uma vez, as rolhas que apresentam um aspeto mais deteriorado são as rolhas tratadas com S6.

De forma a verificar se a degradação das rolhas teve impacto no teor de pó e partículas libertado, foi feito o teste de teor de pó *standard* ao líquido que esteve em contacto com as rolhas. Os resultados encontram-se sumariados no gráfico da Figura 32.

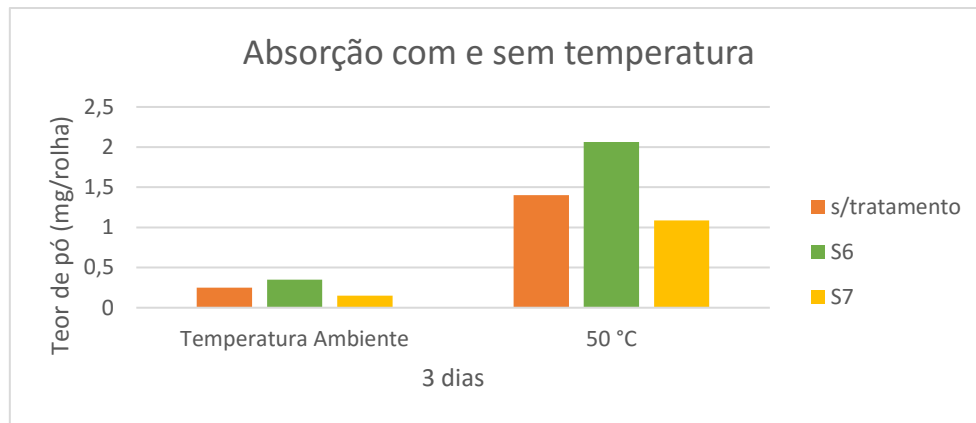


Figura 32 – Valores de teor de pó para as rolhas com diferentes tratamentos e colocadas a diferentes temperaturas. *1 ensaio com 24 rolhas.

Depois de analisado o gráfico, verifica-se que o teor de partículas libertado por todas as rolhas estudadas é superior quando estas estiveram sujeitas a uma temperatura de 50 °C, o que seria de esperar tendo em conta o aspeto das mesmas, e que indicou uma baixa estabilidade dos tratamentos e uma forte ação da solução alcoólica quando colocada a uma temperatura mais elevada que a ambiente.

Tendo em conta os resultados obtidos, conclui-se que são as rolhas com tratamento S6 que apresentam uma maior libertação de partículas, tanto à temperatura de 50 °C, como à temperatura ambiente. Mais uma vez, a hipótese de que o tratamento S6 é menos resistente, foi confirmada. É de notar que as rolhas com tratamento libertam uma maior quantidade de partículas porque, como a solução de contacto tem, na sua composição, 50 % de etanol, este atua sobre o tratamento extraíndo-o e acabando este por ser quantificado no teste de teor de pó, juntamente com o pó de cortiça. A maior extração apresenta-se com este tipo de solução e a temperaturas mais elevadas uma vez que o ponto de fusão da parafina é cerca de 57 °C. As rolhas sem tratamento apresentam apenas libertação de pó de cortiça.

De forma a analisar, também, os novos tratamentos testados no ensaio de envelhecimento, foram feitos novos testes de absorção com e sem temperatura.

Teste 2 - Rolhas com diferentes tipos de tratamento

A duração deste teste foi de 3 dias, ao fim dos quais as rolhas foram pesadas individualmente e o seu aspeto foi analisado (Tabelas A.8 a A.23). Aqui pretende-se perceber quais os melhores tratamentos e quais apresentam maior resistência à temperatura. Também foram observadas as fissuras nos topos das rolhas e quantificado o teor de partículas libertadas.

Inicialmente foi feita uma análise visual ao aspeto das rolhas de forma a estudar a sua degradação e alteração de cor.

Na Figura 33 pode ver-se o aspeto das rolhas com cada tipo de tratamento e na Figura 34 os respetivos topos.

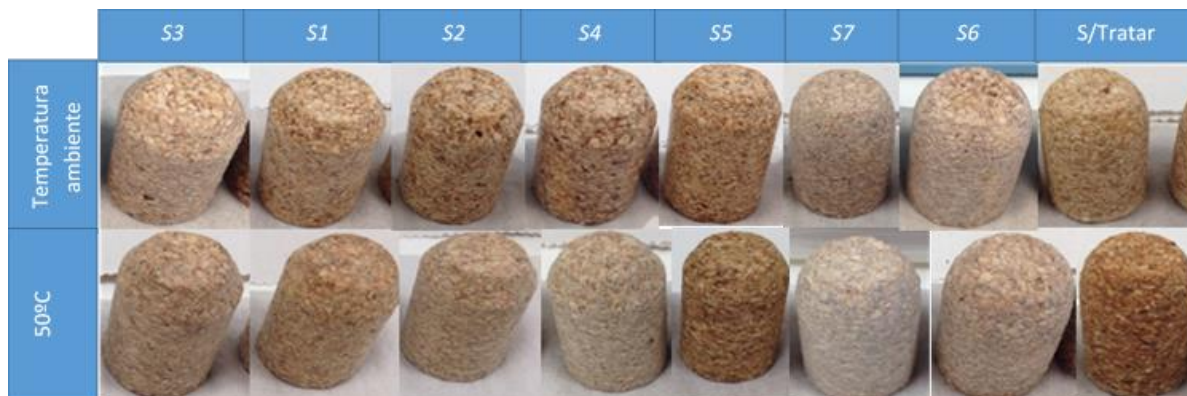


Figura 33 – Rolhas depois de terminado o teste.



Figura 34 – Topos das rolhas depois de terminado o teste.

O objetivo desta análise de aspeto é verificar se algum dos tratamentos atualmente usados poderá ser alterado por qualquer um destes novos tratamentos por se comportarem melhor. Depois de analisados os resultados verifica-se que os tratamentos *S1* e *S2* são mais adequados e apresentam-se como uma melhor solução para proteger a rolha. A tonalidade cinzenta é quase impercetível e a quantidade de fissuras nas rolhas é muito menor. Os elastómeros de silicone, presentes em *S1*, são sem dúvida os melhores tratamentos uma vez que estes formam um filme flexível e, pela sua natureza e estrutura reticulada, reage menos ao contacto com o álcool e temperatura. As rolhas *S1* apesar de serem as que apresentam melhor desempenho têm, no entanto, um problema associado: o tratamento apresenta uma tensão superficial muito elevada. Isto significaria que as rolhas teriam que ser topejadas, ou seja, o topo em contacto com a cápsula tem que ser cortado de forma a retirar o tratamento e a permitir a colagem destas duas peças.

Assim sendo, e tendo as rolhas *S1* esta desvantagem, uma boa opção para a alteração de tratamento seriam as rolhas *S2* que, apesar de não manterem o aspeto tão inalterado como as rolhas *S1*, também demonstram bom desempenho. Assim sendo, percebe-se que é possível utilizar tratamentos à base de parafina e óleo de silicone com formulações melhoradas para a aplicação em vista.

De seguida e de forma a estudar a estabilidade dos tratamentos, foi feita uma quantificação das partículas libertadas para o líquido em contacto com as rolhas.

Os resultados obtidos podem ser vistos na Figura 35.

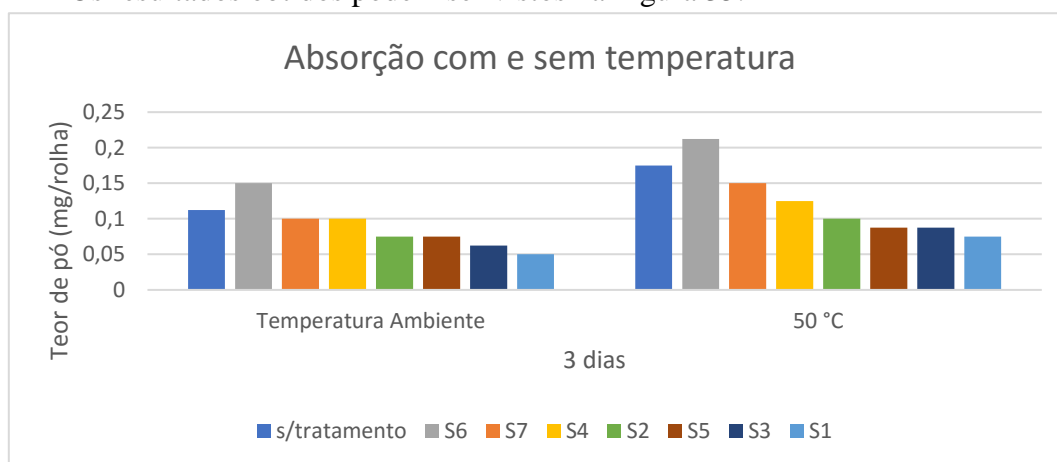


Figura 35 – Valores de teor de pó obtido quando se terminou o ensaio de absorção com e sem temperatura. *1 ensaio com 4 rolhas.

Os resultados indicam, mais uma vez, que o tratamento mais estável e com melhor desempenho na diminuição da libertação de partículas é o tratamento *S1*, seguido do *S3* e do *S2*. As rolhas com pior desempenho continuam a ser as rolhas com tratamento *S6*. Estes resultados estão inteiramente de acordo com os anteriormente obtidos para os testes de envelhecimento.

Depois de feitos os estudos de envelhecimento e absorção para os vários tratamentos, foi necessário testar um novo método de quantificação de pó, uma vez que, quando se faz o teste de quantificação de pó *standard* a rolhas tratadas, não é unicamente pó de cortiça que é arrastado para o filtro e conseqüentemente pesado, mas sim pó de cortiça e partículas de tratamento de superfície. Isto porque as rolhas em contacto com a solução de etanol a 50 % em água vão acabar por ter o seu tratamento de superfície retirado devido ao elevado teor alcoólico da solução.

Como forma de contornar este problema, foi desenvolvido o “teste de teor de pó em dois passos”.

iii. Teste de teor de pó em dois passos

De forma a poder separar as partículas de tratamento de superfície do pó libertado pelas rolhas, foi testado um método de ensaio em dois passos onde, num primeiro passo é feito o teste de teor de *standard* e num segundo os filtros com as partículas foram colocados em contacto com um solvente que dissolve o tratamento de superfície à base de parafina e silicone, o n-hexano. Também foi determinado o teor de tratamento de superfície no líquido que foi filtrado, de forma a confirmar se o tratamento de superfície teria sido realmente arrastado.

Em paralelo, foi também determinado o teor de tratamento de superfície, a rolhas do mesmo lote, para determinar a quantidade de tratamento obtido a partir das referidas rolhas. Na Figura 36, encontram-se os resultados do teste de teor de pó e os valores para os testes de quantificação de tratamento de superfície.

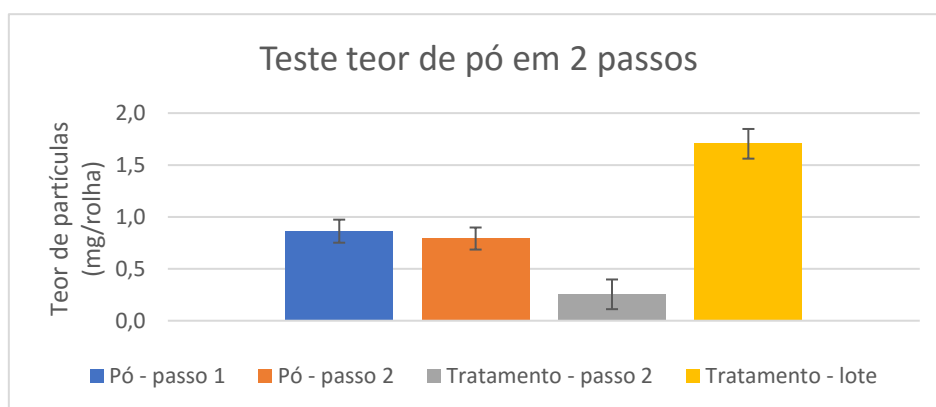


Figura 36 – Teor de pó em dois passos. Passo 1: partículas de tratamento e pó. Passo 2: unicamente pó. *3 ensaios com 8 rolhas.

Analisando os resultados obtidos, verifica-se que este teste apresenta resultados satisfatórios. Pelo gráfico, percebe-se que o tratamento com o n-hexano permitiu arrastar algum do tratamento presente no filtro. Isto verifica-se comparando a diferença entre a barra azul e laranja com a barra cinzenta. Esta última representa a quantificação de tratamento de superfície feita ao líquido que foi filtrado após o filtro com as partículas ter sido colocado em contacto com o n-hexano.

Observando a barra amarela e comparando-a com os restantes resultados pode-se concluir que nem todo o tratamento presente nas rolhas é arrastado durante o teste de determinação do teor de pó *standard*, ainda que aquando deste teste também seja quantificado pó e outros componentes extratáveis da cortiça, como ceras.

Assim sendo, estes resultados permitiram verificar que esta abordagem será interessante para implementação de um novo tipo de teste para determinação de teor de pó, uma vez que permitiria quantificar apenas o pó e não tratamento de superfície.

Tendo já testado este novo método de quantificação de pó, o objetivo seguinte seria passar a determinação do teor de pó em rolhas de disco. Uma vez que estas rolhas são caracterizadas por apresentarem um corpo de menor qualidade e um topo de um disco de qualidade superior, que está em contacto com a bebida (assim consegue-se uma rolha com uma menor probabilidade de libertar de pó na zona de contacto com a mesma) o teste *standard* não pode ser usado para a quantificação de pó. Assim sendo, foi necessário desenvolver e validar um novo teste para determinação do teor de pó, o “teste de teor de pó em garrafa”.

iv. Desenvolvimento e validação de uma nova gama de rolhas técnicas – rolhas com disco

Nesta secção são apresentados os resultados obtidos no teste e validação das rolhas com disco. Para validar o desempenho destas rolhas, um novo método de quantificação de pó teve de ser implementado: o método de teor de pó em garrafa. Para além de permitir testar a eficiência dos discos, zona que estará em contacto com a bebida, recria as condições reais de transporte das garrafas.

Inicialmente foram feitos testes com rolhas de referência. Depois de terminados esses testes, passou-se aos ensaios com rolhas de disco de várias qualidades corpo/topo e, posteriormente, com rolhas com os tratamentos validados nos testes de envelhecimento (rolhas *S1* e *S2*).

Novo método de quantificação de pó – em garrafa

Estes testes tiveram como objetivo obter valores padrão para se poder estudar o comportamento das rolhas de disco, comparando os valores de pó obtidos com valores de rolhas já conhecidas e comercializadas. Assim poder-se-ia perceber se as rolhas de disco seriam uma melhor solução do que as já existentes.

Rolhas de Referência - *NeutroTop*[®]; Naturais 1º, Superior, Extra e Flor

Para a caracterização das rolhas de referência, foram feitos ensaios de quinze horas e de cinco dias, onde o primeiro seria feito à temperatura ambiente e o segundo a uma temperatura de 40 °C. O primeiro tinha como objetivo reproduzir as condições não recomendadas de acondicionamento de garrafas e a segunda representar condições extremas de transporte de garrafas, nomeadamente quando este é feito por meios marítimos, onde as garrafas ficam em contentores metálicos por longos períodos de tempo, sujeitas a temperaturas muito elevadas. O ensaio de quinze horas foi idealizado de

forma a poder ser feito aquando do controlo de qualidade, onde os testes têm que ser rigorosos, mas céleres.

Também a solução, contida na garrafa em contacto com a rolha, foi alterada, tendo sido feitos testes usando água e uma solução com 50 % em etanol. Por último, foi feita uma otimização no método no que diz respeito ao tempo que o filtro deveria estar na estufa a 103 °C. Inicialmente este era colocado na estufa apenas por 30 minutos, mas verificou-se que este tempo não era o suficiente para retirar toda a humidade contida no papel de filtro. Por isto mesmo aumentou-se o tempo inicial que o filtro teria que permanecer na estufa para uma hora.

Inicialmente foram feitos testes a rolhas de referência de forma a, posteriormente, se poderem comparar os valores obtidos com as novas rolhas de disco.

As rolhas usadas como referência foram rolhas sem tratamento de superfície, de microaglomerados (*NeutroTop*[®]) e naturais de diferentes classes: Flor, Extra, Superior e 1º (ordem decrescente de qualidade).

Para cada ensaio foram usadas cinco garrafas e as respetivas soluções filtradas usando o mesmo filtro. Para cada tipo de rolha foram feitos cinco ensaios. Na Figura 37 podem ver-se os valores médios obtidos com os ensaios de quinze horas usando as duas soluções referidas: 50 % de etanol em água e água.

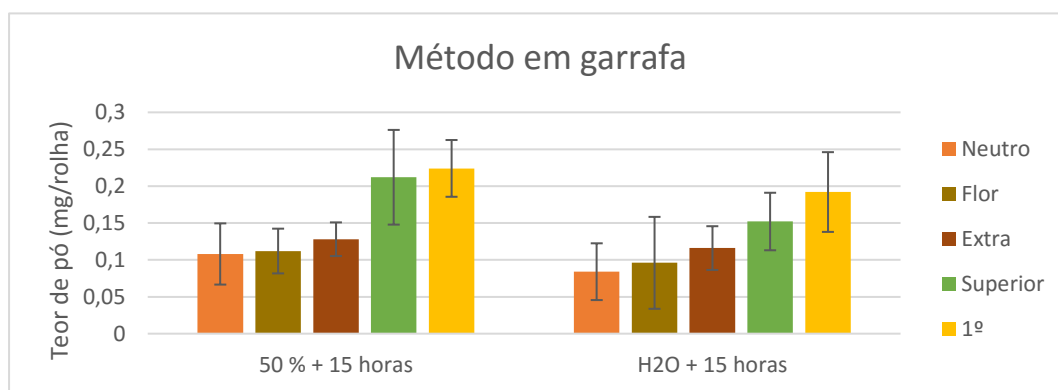


Figura 37 – Gráfico síntese dos valores de teor de pó para as rolhas de referência e os ensaios de 15 horas. Valores para a solução de 50 % de etanol à esquerda e valores para água à direita. *5 ensaios com 5 rolhas.

Analisando estes resultados pode-se perceber que as rolhas que libertam menos pó são as rolhas *NeutroTop*[®], seguidas das rolhas naturais Flor. Estes resultados são expectáveis uma vez que as rolhas microaglomeradas não contêm porosidade e as rolhas Flor apresentam um menor número de poros.

Também se conclui, comparando os resultados, que ocorre uma maior libertação de pó quando se fazem os testes com a solução etanólica do que quando se usa apenas

água. É de notar que foram usadas estas duas soluções porque todos os testes *standard* feitos pelo controlo de qualidade e que dizem respeito ao pó são feitos usando água. Os testes com uma solução de 50 % de etanol foram feitos de forma a tentar mimetizar as condições reais a que a rolha está sujeita quando em contacto com a bebida. Também é importante dizer que aqui é libertado apenas pó, uma vez que todas as rolhas usadas foram rolhas sem tratamento de superfície.

Numa outra abordagem, foram feitos testes de cinco dias de duração. Neste teste, as garrafas são colocadas em agitação a uma temperatura de 40 °C. O objetivo desta alteração de temperatura é a representação da situação extrema de transporte onde as garrafas podem estar sujeitas a uma temperatura elevada por grandes períodos de tempo. Os resultados podem ser observados na Figura 38.

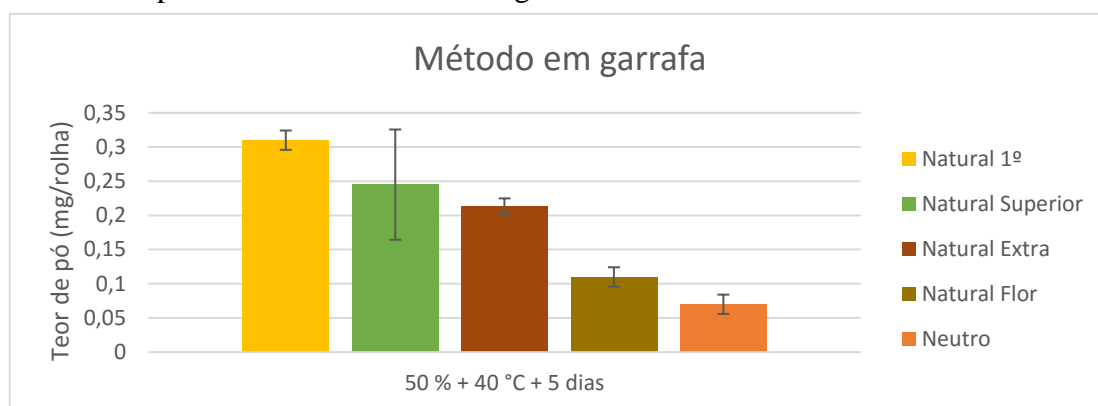


Figura 38 – Gráfico síntese dos valores de teor de pó para as rolhas de referência e os ensaios de 5 dias. Valores para a solução de 50 % de etanol. *5 ensaios com 5 rolhas.

Estes resultados indicam que as rolhas sofrem à superfície uma alteração física superior nestas condições do que no teste anterior, levando à libertação de um maior número de partículas. Pode-se dizer, também, que o fator mais relevante para a libertação de pó é a temperatura, uma vez que esta promove uma degradação muito superior na rolha, quando comparada com a degradação das rolhas no ensaio de 15 horas. Assim sendo, percebe-se o porquê da maior libertação de pó neste teste.

Também é perceptível que o tipo de rolhas que liberta menos pó é a rolha *NeutroTop*[®], seguidas das rolhas naturais Flor. Estes resultados comprovam o já demonstrado no teste de quinze horas.

Com os resultados obtidos neste teste percebe-se que as rolhas sujeitas a estas condições, que como já foi referido visam replicar condições extremas de transporte, vão sofrer uma elevada degradação, podendo chegar em fracas condições ao cliente.

Depois de obtidos todos estes resultados, foi possível validar o método, estipulando dois ensaios: um com quinze horas à temperatura ambiente e outro com cinco dias a uma temperatura elevada, 40 °C. Conseguiu-se que o método fosse suficientemente sensível uma vez que reproduziu o que já seria de esperar (rolhas naturais 1º libertariam maior quantidade de pó e rolhas *NeutroTop*® libertariam menos). Também foi possível contornar um problema que se apresentava em testes quando o tempo inicial do filtro em estufa era de 30 minutos: a impossibilidade de quantificar pó devido à humidade contida no papel.

Tendo já os resultados das rolhas de referência (padrão para comparação), foi possível iniciar os ensaios com as rolhas de disco. Para este, teste foram escolhidas rolhas de classes diferentes e feitos ensaios para quinze horas, uma vez que este seria o teste mais fácil de reproduzir em situação de controlo de qualidade de lotes.

Desenvolvimento e validação de rolhas de disco

As rolhas foram retificadas a partir das apresentadas na Figura A.1 do Anexo A e foram posteriormente escolhidas de acordo com a qualidade de disco que apresentavam. As rolhas testadas foram divididas por qualidade dos discos: classe 1, 2 e 3, da melhor qualidade para a pior. Os topos podem ser observados na Tabela A.24 no Anexo A.

Tendo já os valores para as rolhas de referência, foi possível comparar os teores de pó obtidos para as rolhas de disco, com os obtidos com as rolhas de referência.

Os teores de pó obtidos podem ser observados na Figura 39.

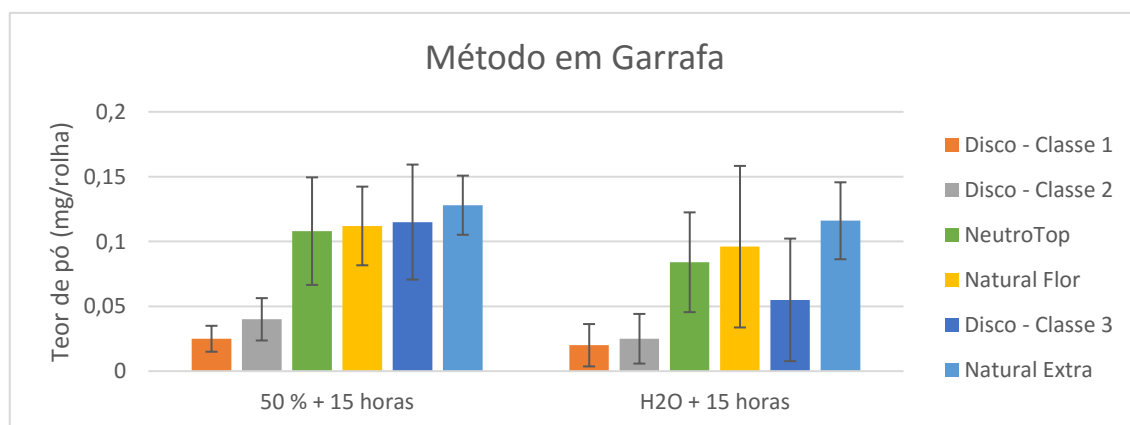


Figura 39 – Teor de pó obtido para rolhas de disco de várias classes diferentes. *5 ensaios, 5 rolhas.

Aqui pode-se perceber que as rolhas de disco de classe 1 e 2 libertam uma menor quantidade de pó quando comparadas com as rolhas de referência com melhores resultados, rolhas *NeutroTop*® ou quando comparadas com as rolhas naturais. Isto acontece porque a cortiça de rolhas naturais contém lenticelas, ou seja, poros que

atravessam o tecido suberoso e permitem trocas gasosas indispensáveis entre os tecidos do sobreiro e o meio exterior. Rolhas de classe inferior apresentam um maior volume de lenticelas e tendencialmente uma menor densidade aparente. Rolhas contendo mais poros terão mais probabilidade de libertar pequenas partículas em contacto com álcool e em condições de utilização não recomendadas. Para minimizar a libertação de partículas da rolha de cortiça para a bebida, o topo da rolha tem de ser de elevada qualidade e apresentar o mínimo de lenticelas possível. Assim sendo, a colocação de discos de cortiça produzidos a partir de pranchas e cortiça mais densa (que apresentam menor número e lenticelas mais pequenas) permite, não só que a libertação de pó seja inferior neste tipo de rolhas, como também um maior controlo sobre a qualidade da zona da rolha em contato com a bebida.

v. Rolhas com novos tratamentos testados – S1 e S2

Tendo em conta os resultados obtidos nos testes de envelhecimento que permitiu seleccionar os tratamentos mais eficientes, com menor libertação de pó, achou-se pertinente fazer ensaios de teor de pó em garrafa para as rolhas S1 e S2. Com os resultados obtidos será possível averiguar o teor de pó libertado por estes novos tratamentos em situação real: em garrafa.

É de notar que para estes tipos de tratamentos foram apenas feitos testes de quinze horas, usando a mistura de 50 % de etanol em água e água. Depois de obtidos os resultados, estes foram colocados em gráfico de forma a comparar o teor de pó obtido com estes tratamentos e para as rolhas *NeutroTop*[®] com S6 e S7. Desta forma será possível perceber se esta seria uma boa solução para a redução de pó e se este método, método de teor de pó em garrafa, seria válido para a sua quantificação.

Na Figura 40 podem ver-se esses resultados.

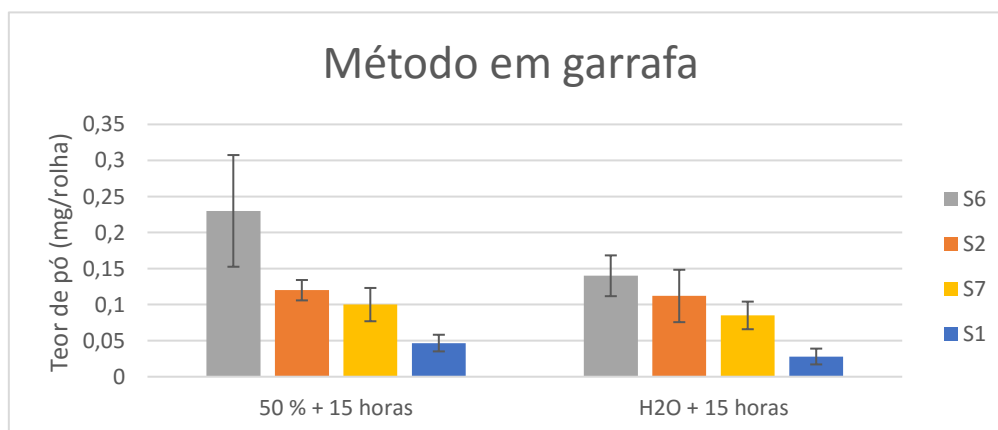


Figura 40 - Gráfico síntese dos valores de teor de pó para as rolhas de referência e os ensaios de 15 horas. Valores para a solução de 50 % de etanol à esquerda e valores para água à direita. *5 ensaios, 5 rolhas.

Verifica-se que o tratamento *S2* apresenta uma maior libertação de partículas quando comparado com o tratamento *S1*. Isto demonstra que o primeiro não é tão estável como o segundo quando colocado em contacto com uma solução de alto teor alcoólico. Isto significa que o tratamento *S2*, por ter na sua composição ceras, apresenta compostos mais facilmente extraídos pelo álcool, ao contrário do tratamento *S1* que tem na sua composição um elastómero de silicone que é insolúvel em água e álcool^[15]. Mais uma vez, o tratamento *S6* apresenta-se como o menos estável libertando uma maior quantidade de pó. O tratamento *S2* apresenta resultados muito semelhantes ao tratamento *S7*. Isto pode dever-se ao facto de a sua composição ser muito semelhante. Os resultados obtidos estão em perfeita concordância com os obtidos nos testes de envelhecimento.

Depois de terminados os testes para validação de um novo teste de quantificação de pó e validação das novas rolhas de disco, foram realizados testes de teor de pó a rolhas provenientes de vários pontos de produção de rolhas. Este teste teve como objetivo perceber quais seriam os pontos críticos de formação de pó e onde seria mais viável a instalação de um novo equipamento de remoção de pó.

vi. Teor de pó nos vários pontos do processo

Foi feito um levantamento do teor de pó libertado pelas rolhas recolhidas em vários pontos do processo: acabamentos mecânicos, zona antes da lavagem, zona depois da lavagem, zona depois da secagem, escolha eletrónica, despoeiramento e tratamento, recolhendo rolhas do mesmo lote (naturais extra, chanfradas e com dimensões de 27x19 mm).

Na Figura 41, podem ver-se as várias rolhas de cada um dos pontos do processo.



Figura 41 – Rolhas recolhidas nos vários pontos do processo.

Os resultados obtidos nos testes de pós *standard* para as rolhas recolhidas nos vários pontos podem ser observados na Figura 42.

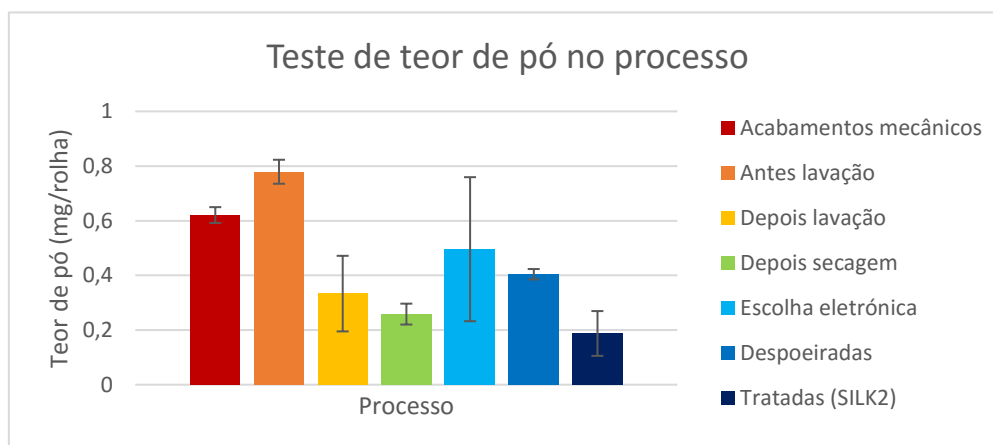


Figura 42 – Teor de pó nos vários pontos do processo. *3 ensaios com 8 rolhas.

Analisando os dados do gráfico, verifica-se que os pontos críticos são as zonas dos acabamentos mecânicos, antes da lavagem e da escolha eletrônica. A primeira zona, acabamentos mecânicos, apresenta resultados que seriam de esperar, uma vez que neste ponto as rolhas são retificadas e boleadas/chanfradas e o pó libertado por estas ações acaba por se acumular nas rolhas. A segunda também seria de prever uma vez que é a zona logo após os acabamentos mecânicos. Aqui as rolhas são colocadas em caixas e ficam em espera para serem lavadas. A zona da escolha eletrônica também seria de esperar uma vez que é o ponto da fábrica que apresenta maior estática e partículas no ar e nos equipamentos, uma vez que as rolhas que por lá passam ainda não estão tratadas e chocam umas nas outras, libertando pó.

Sabendo que as zonas com maior quantidade de pó seriam as indicadas para a colocação de um novo equipamento de despoeiramento, passou-se à análise e testes para o desenvolvimento de uma nova tecnologia de remoção de pó eficiente.

vii. Avaliação de novas tecnologias para o despoeiramento

Neste ponto do trabalho foram testadas quatro tecnologias diferentes: ultra-sons; escovas e aspiração; ar ionizado; aspiração e microfibras. Esta última foi a tecnologia que melhores resultados apresentou, tendo sido a escolhida para desenvolver e otimizar.

Ultra-sons

Inicialmente foi testada uma tecnologia de despoeiramento que consistiu na colocação de rolhas num equipamento de ultra-sons, usando como meio de transporte a água, despoeirando-as, portanto com a ajuda de vibrações.

Foram usadas rolhas naturais superior e uma solução de alto teor alcoólico (50 % de etanol) de forma a reproduzir a bebida em que a rolha estaria em contacto. Estas rolhas foram retiradas de um lote da zona da escolha eletrónica (por ser um ponto crítico de formação de pó) e comparadas a rolhas despoeiradas usando a tecnologia presente na unidade *TopSeries*[®].

Foram feitos dois ensaios: um para o tempo de despoeiramento com os ultra-sons de cinco minutos e um segundo de quinze minutos. Na Figura 43 podem ver-se os resultados obtidos para o primeiro tempo referido e os resultados para o segundo tempo.

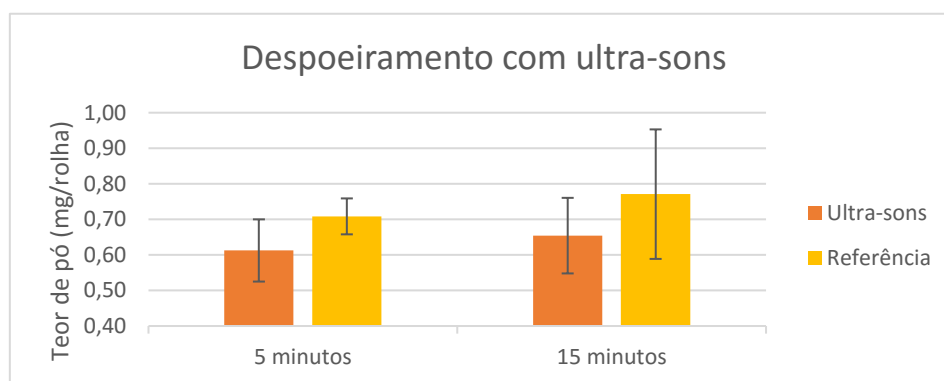


Figura 43 – Valores de teor de pó para o ensaio 1 e 2. *3 ensaios com 8 rolhas.

Analisando o gráfico da figura anterior observa-se que não houve uma melhoria significativa no despoeiramento usando esta tecnologia, quando comparada com as rolhas de referência (água sem ultra-sons). Pode ver-se, mais uma vez analisando o gráfico, que as percentagens de remoção em comparação com a técnica atual são de apenas 13 % a 15 %.

Adicionalmente, uma vez que esta tecnologia tem como meio de propagação a água, existe um entrave: teria que ser feita a instalação na zona da lavação. Isto poderia resultar apenas num breve despoeiramento da rolha uma vez que esta poderá adquirir pó ao passar por outros pontos do processo.

Excluindo esta tecnologia, foi testada a acoplação de aspiração e escovas, tecnologia atualmente usada na unidade *Champcork*.

Escovas e aspiração

Neste ponto foram usadas as instalações da unidade *Champcork* para despoeirar rolhas *NeuroTop*[®] e Naturais Extra tratadas e sem tratamento. Estas serão, posteriormente, comparadas com rolhas tratadas, não tratadas e despoeiradas usando a tecnologia presente na unidade *TopSeries*[®]. Mais uma vez as rolhas sem tratamento foram

retiradas de um lote da zona da escolha eletrónica e as rolhas tratadas, da zona antes da capsulagem.

É de notar que apesar de terem sido feitos testes com rolhas tratadas e sem tratamento, o equipamento presente nas instalações da unidade *Champcork* despoeira apenas rolhas não tratadas. Isto significa que, testando rolhas tratadas, há um risco de deteriorar o tratamento de superfície.

Na Figura 44, pode ver-se o gráfico com os resultados obtidos para rolhas *NeutroTop*[®] de duas dimensões diferentes. Isto foi necessário uma vez que o equipamento usado era um já criado para rolhas de champanhe (com dimensões de (48-47) x (29,5-31)) que apresentam dimensões em muito superiores às rolhas desenvolvidas nesta unidade. Assim sendo, foi necessário fazer testes com rolhas de dimensões o mais próximo possível às rolhas de champanhe.

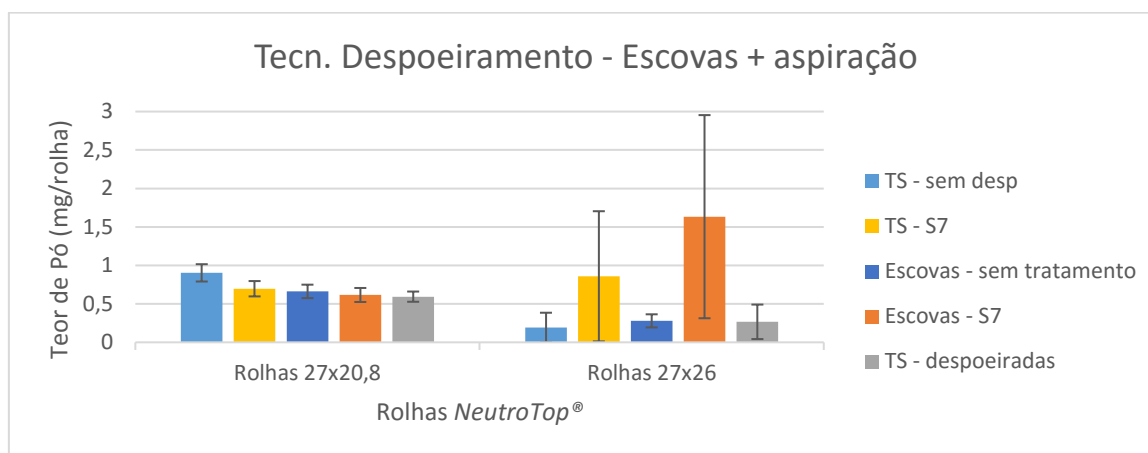


Figura 44 – Valores obtidos para o teor de pó de rolhas com diferentes dimensões. *4 ensaios com 8 rolhas.

A análise destes resultados permite concluir que o despoeiramento mais eficiente ocorre quando é usada a tecnologia presente na unidade *TopSeries*[®].

Observando, em particular, os resultados obtidos no despoeiramento com escovas, verifica-se, especialmente para as rolhas de maiores dimensões, que as escovas arranharam o tratamento de superfície, danificando-o e aumentando o teor de partículas libertado. Isto pode ser visto quando se comparam os valores obtidos para as rolhas tratadas e despoeiradas com uso de escovas. Quanto maior é o calibre das rolhas, maior é a quantidade de partículas libertada, o que significa que as escovas tiveram maior contacto com a superfície das rolhas (estiveram mais próximas da mesma), arranhando o tratamento e deteriorando-o. O facto de as rolhas despoeiradas com escovas terem um maior teor de pó que as rolhas sem despoeirar significa que, aquando do teste de

quantificação de pó *standard*, o tratamento de superfície foi facilmente arrastado para a solução, bem como pó de cortiça presente na rolha e libertado também em consequência do tratamento de superfície não estar a cumprir a sua função.

Analisando as rolhas sem tratamento, verifica-se uma pequena melhoria no uso desta técnica quando comparada com rolhas sem despoeirar. Ainda assim, as rolhas despoeiradas usando a tecnologia *TopSeries*[®] apresentam um teor de pó inferior.

Sabendo já dos problemas associados a este método, e sendo interessante estudar também o comportamento de rolhas naturais, foram testadas apenas rolhas tratadas sem despoeirar e rolhas despoeiradas usando a tecnologia de escovas. A partir destes resultados seria possível confirmar, tendo em conta os resultados obtidos anteriormente se o tratamento de superfície das rolhas seria, ou não, arranhado e arrastado para o líquido.

Os resultados obtidos podem ser vistos na Figura 45.

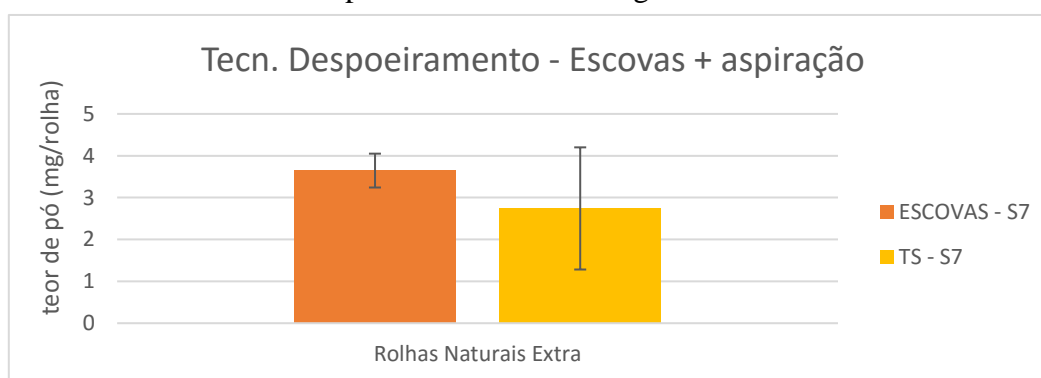


Figura 45 – Valores de teor de pó para rolhas naturais extra. *4 ensaios com 8 rolhas.

Os resultados obtidos confirmam a teoria já apresentada: as escovas arranham o tratamento presente na superfície das rolhas, acabando por o danificar e fazendo com que haja uma maior libertação de partículas.

Desta forma, foi decidido terminar os testes relacionados com este equipamento e iniciar novos recorrendo a uma técnica que consiste na acoplação de panos de microfibras com uma aspiração potente.

Microfibras e aspiração

Esta tecnologia de despoeiramento foi desenvolvida de raiz, não tendo como base nenhum outro equipamento existente. Assim projetou-se um sistema inovador que foi evoluindo por três versões que se encontram representadas nas Figuras 46, 49 e 50. Numa abordagem inicial, o sistema foi pensado de acordo com o apresentado nas Figuras 46 e Figura A.2 e A.3 do Anexo A.

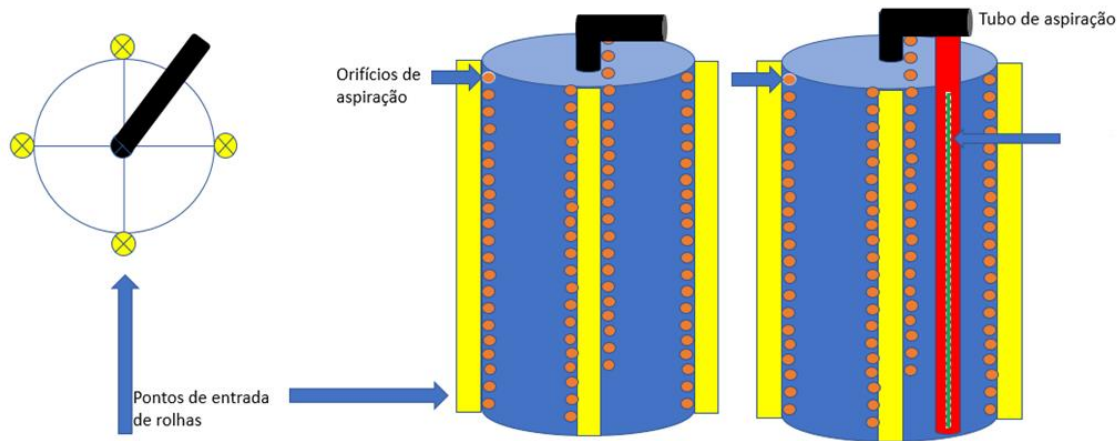


Figura 46 - Montagem da tecnologia de aspiração acoplada a panos de microfibras.

Nesta primeira versão tem-se um despoejamento com aspiração e acoplação de panos de microfibras. O equipamento central inclui uma coluna à qual está ligado um sistema de aspiração e quatro suportes de alimentação de rolhas. Estes estão ligados à coluna por uma roda dentada que permite que ambos girem em sentido contrário. Isto permite um despoejamento de toda a superfície da rolha.

Este despoejamento é feito usando aspiração, que passa para as rolhas uma vez que a coluna é micro-perfurada. Esta coluna tem a sua superfície forrada com panos de microfibras. Estes panos são anti-estáticos, o que significa que permitem retirar mais eficazmente as partículas existentes no meio envolvente.

O sistema de aspiração tem dois tubos de aspiração, ligados por uma válvula em “T” eletronicamente programada que vai estar aberta num sentido durante o despoejamento dentro do tubo e que se fecha, durante um determinado tempo, para abrir outro sentido da aspiração que permite a limpeza do pano de microfibras.

As rolhas devem passar num suporte de arames que permite que estas mantenham a sua posição ao longo do sistema de despoejamento. Este suporte de arames está no exterior da coluna.

A coluna de aspiração pode ser feita de *hidronil* e tem que ser tapada nos topos de forma a permitir a melhor eficácia de aspiração possível. Também é de notar que, dada a forma geométrica do equipamento definido e por esta não apresentar arestas, tem-se a melhor eficiência de aspiração possível porque assim não existem obstáculos à mesma nem locais onde pode haver uma maior acumulação de pó.

De forma a testar esta ideia foram feitos ensaios em laboratório para determinar se esta nova tecnologia desenvolvida seria, ou não, viável.

Foram feitos testes com rolhas tratadas e sem tratar, obtidas de um lote da escolha eletrónica e da zona antes da capsulagem, usando como solução de contacto água e uma solução de 50 % de etanol em água e foram feitos ensaios de 1 e 5 minutos de despoeiramento. Os resultados obtidos podem ser vistos nas Figuras 47 e 48.

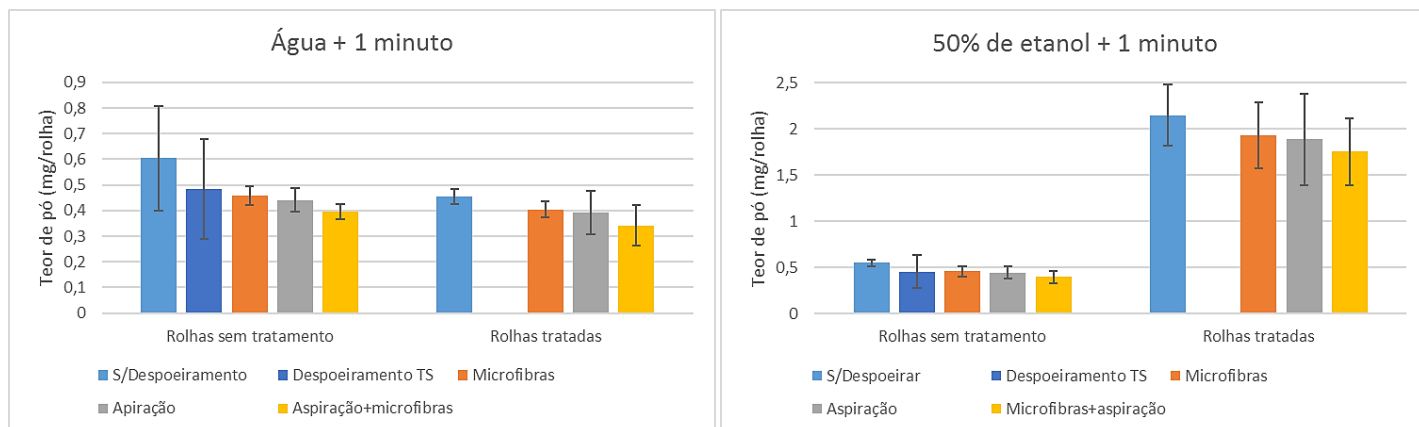


Figura 47 – Valores obtidos de teor de pó para rolhas tratadas e sem tratar usando um despoeiramento de um minuto com álcool (direita) e água (esquerda). *4 ensaios com 8 rolhas.

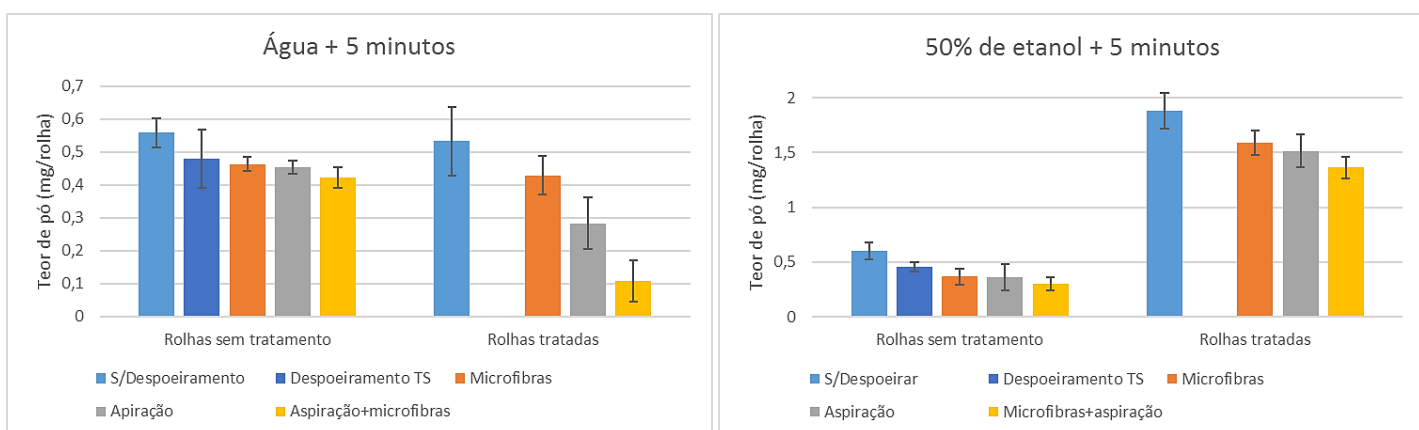


Figura 48 – Valores obtidos de teor de pó para rolhas tratadas e sem tratar usando um despoeiramento de cinco minutos com álcool (direita) e água (esquerda). *4 ensaios com 8 rolhas.

Como se pode perceber, foram feitos testes para água e para uma mistura de 50 % de etanol em água. Os resultados usados para validar sistemas são testes em água, uma vez que permitem quantificar apenas pó de cortiça e não tratamento de superfície (o que acontece com a solução de etanol). Como se pode verificar pelo gráfico, a libertação de pó é aproximadamente a mesma, tanto para rolhas tratadas, como para rolhas sem tratar, o que significa que a libertação de tratamento de superfície é desprezável e, por isso, os resultados são fiáveis.

As rolhas tratadas são, como se pode verificar, as rolhas que apresentam um despoeiramento mais significativo quando se usa esta tecnologia. Ainda assim, também

há um despoejamento significativo nas rolhas sem tratamento, o que demonstra que este equipamento seria também indicado para este tipo de rolhas.

Como seria de esperar, os melhores resultados, para rolhas tratadas, são obtidos quando o despoejamento foi feito por cinco minutos, com água. É de notar que este tempo não seria viável numa situação real, de fábrica, uma vez que se tem que garantir uma determinada produção por hora. Uma vez que foram obtidos bons resultados tanto para rolhas tratadas, como para rolhas sem tratamento, este equipamento poderia ser colocado em duas zonas: antes do tratamento ou na zona da capsulagem. Como seria mais interessante colocar o sistema de despoejamento o mais próximo possível do produto final, poder-se-ia colocar na zona da capsulagem. Esta tem que garantir uma produção de dez mil a doze mil rolhas por hora. Assim sendo, o despoejamento das rolhas deveria ser feito durante poucos segundos por rolha e não durante cinco minutos.

O tempo de teste mais aproximado foi de um minuto. Com este tempo de ensaio foi possível obter um despoejamento de 20 % - 35 %, dependendo do tipo de rolha e solução usada. Verificando-se que esta técnica apresentou resultados viáveis, decidiu-se prosseguir com a otimização da mesma.

Analisando novamente o projeto inicial, verifica-se que existem quatro bocas de alimentação de rolhas. Tendo em conta as características da zona onde se pretende colocar o equipamento, percebe-se que não seria viável a instalação de tantas bocas de alimentação, uma vez que existiria um risco acrescido de bloqueio no sistema de queda de rolhas. Assim sendo, alterou-se este número para apenas uma entrada de rolhas.

Também foi alterada a zona de passagem das rolhas para que estas passassem no interior da coluna de despoejamento, de forma a ter um despoejamento mais eficaz e o sistema de aspiração ter um contacto direto com a própria rolha.

Tendo, então, as rolhas a passar no interior da coluna, decidiu-se alterar a zona de colocação dos panos de microfibras e passá-los para o interior da mesma. Foi, também, necessário analisar e determinar a forma de colocação dos panos: se eles fossem colocados a forrar o interior do cilindro, poderiam enrugam e formar relevos que iriam aumentar o atrito com o suporte de rolhas e diminuir a velocidade de rotação ou mesmo encravar o equipamento. Assim sendo, decidiu-se colocar duas roldanas que iriam tensionar o pano (de forma retangular) e fazer com que este rodasse. Desta forma também se iria impedir eventuais irregularidades na superfície do pano que pudessem colocar em risco o funcionamento do equipamento.

De forma a poder ter-se um equipamento que permitisse o despoeiramento de rolhas de diferentes dimensões, foi colocada uma “base flutuante” que está ligada por molas que permitem as flutuações em toda a peça e, conseqüentemente, a maior ou menor abertura para a entrada de rolhas de tamanhos diferentes. O equipamento em questão foi, de seguida, projetado e o seu desenho técnico pode ser visto na Figura 49.

Neste equipamento a aspiração é direcionada para as rolhas através da colocação de vários ponteiros próximos das mesmas. Os panos, como já foi referido, estão presos a roldanas que os fazem rodar e despoeirar toda a superfície das rolhas que por eles passam. Estas roldanas estão ligadas a um motor que garante este movimento.

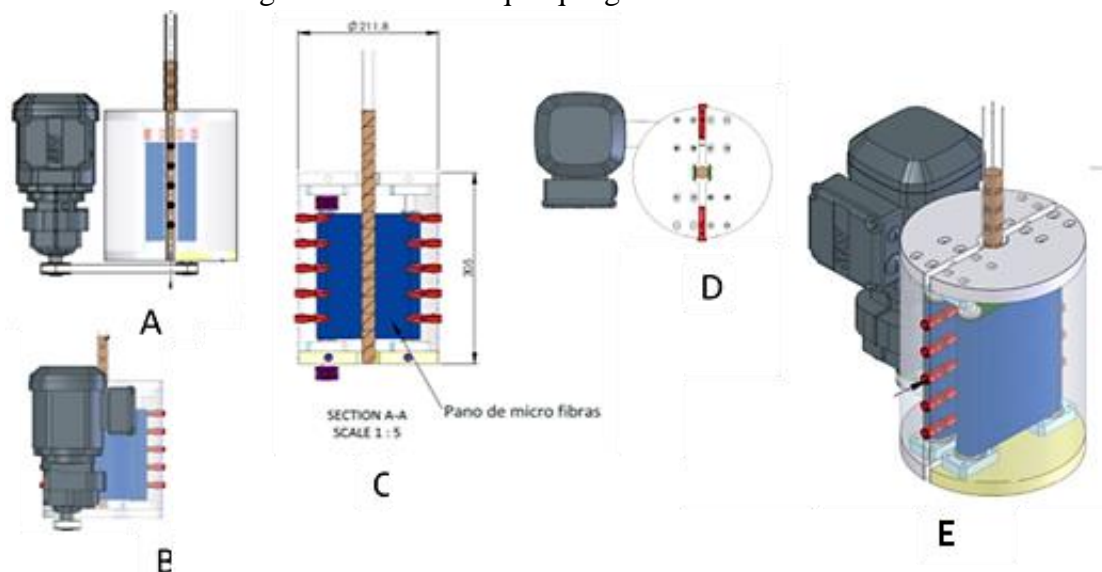


Figura 49 – Montagem do equipamento com visualização do interior. A vermelho são apresentados os ponteiros de aspiração próximos das rolhas e a azul os panos de microfibras. Várias perspetivas do equipamento de coluna de despoeiramento. Vista A: parte dianteira do equipamento. Vista B: Lado do equipamento. Vista C: Interior do equipamento, visto de lado. Vista D: Topo do equipamento. Vista E: Interior do equipamento.

As propriedades e características deste equipamento podem ser observadas na Tabela 1 e os cálculos efetuados para o custo e potências, no Anexo B.

Tabela 1– Características do equipamento de despoeiramento projetado.

Características				
Número de rolhas	10		0,0958	Volume do equipamento (m ³)
Tempo de despoeiramento (s)	6		0,305	Altura do equipamento (m)
Potência motor (kW)	0,55		0,2118	Diâmetro do equipamento (m)
Potência ventilador (kW)	1,1		144,94	Capacidade do equipamento (m ³ /h)
Capacidade do ventilador (m ³ /h)	380		0,165	Custo de potência usada (euros/h)
Custo/mil rolhas (euros)			0,1375	

Numa primeira abordagem o custo calculado para mil rolhas pode parecer excessivo, mas é preciso ter em atenção que este é um protótipo inicial, com um

equipamento (tanto motor, como ventilador) superdimensionado, onde se está a assumir uma potência que não será, de todo, a necessária para que o equipamento funcione: este necessitaria de menos potência. Isto pode ser verificado analisando a capacidade do ventilador e a capacidade do equipamento. Comparando os dois, verifica-se que este último tem uma capacidade de menos de metade da do ventilador. Isto significa que a potência para o equipamento não necessitaria de ser tão elevada como a do ventilador.

O ponto seguinte foi a introdução de novos pormenores que permitissem a limpeza e manutenção dos panos de microfibras no interior do equipamento. Na Figura 50 podem ver-se essas modificações.

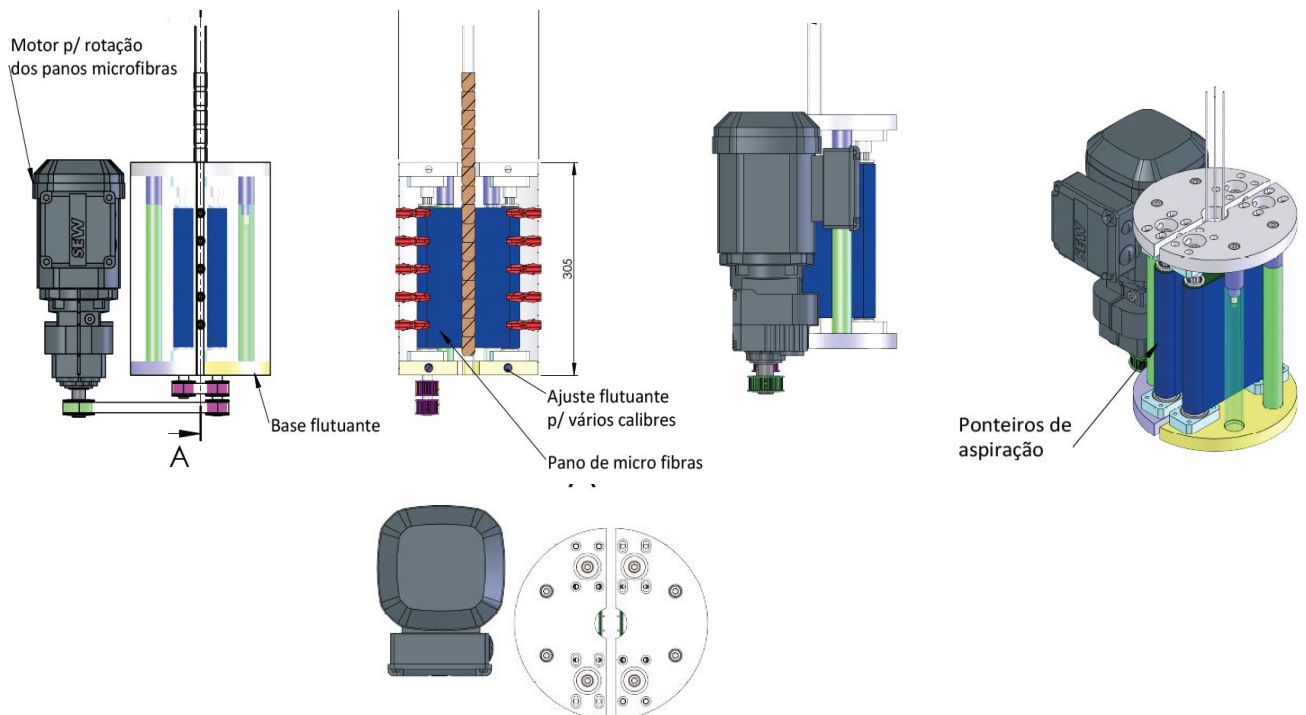


Figura 50 – Equipamento com sistema que permite a limpeza e manutenção dos panos de microfibras.

Tendo em conta as modificações apresentadas, percebe-se que existem dois pontos-chave. O primeiro é a existência de quatro novas colunas que têm, na sua parte superior, uma peça de encaixe que permite que, depois de se desaparafusar a campânula superior, estas colunas se separem e permitam a abertura do equipamento. Assim, o equipamento deixa de ser constituído por uma só peça inteira e passa a ser montado por partes, permitindo a fácil manutenção e limpeza do mesmo. O segundo ponto-chave é a existência de parafusos no topo das colunas que suportam o tecido de microfibras, permitindo que estas se separem da campânula superior.

O último teste efetuado teve, como tecnologia de despoeiramento o ar ionizado.

Ar ionizado

Como já foi referido, este teste foi feito usando rolhas naturais sem tratamento e equipamento de eliminação de estática em pistola e em lâmina. Depois de feito o despoeiramento, as rolhas foram submetidas ao teste de teor de pó *standard*. também foram feitos testes com rolhas tratadas usando para o despoeiramento a lâmina.

A Figura 51 apresenta os resultados obtidos para os pontos críticos do processo.

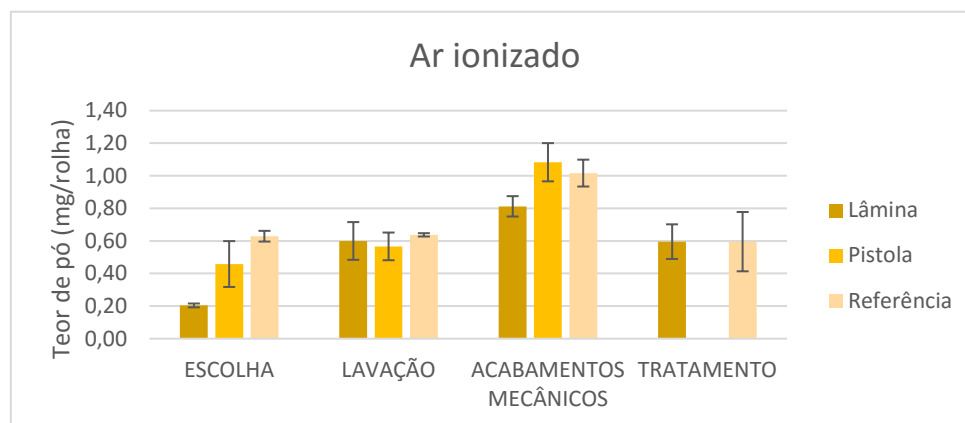


Figura 51 – Valores de pó para rolhas despoeiradas usando ar ionizado. *3 ensaios com 8 rolhas.

Como se pode verificar, o único resultado que apresenta algum potencial é o resultado obtido para a zona da escolha eletrónica e com o uso de despoeiramento através da lâmina. Isto pode ser justificado porque esta era a zona que apresentava valores de eletricidade estática mais elevados. Assim sendo, equipamento de eliminação de estática tem melhores resultados nesta zona. A lâmina apresenta melhores resultados uma vez que permite atingir uma superfície mais abrangente do que a pistola que é direcionada apenas para uma pequena zona. Percebe-se, então, que esta seria uma boa zona para continuar os testes usando este tipo de despoeiramento.

Na zona da lavação e na zona dos acabamentos mecânicos não se observam diferenças significativas. Isto pode dever-se à inexistência de estática nas partículas de cortiça, o que faz com que não haja despoeiramento significativo. Uma vez que as partículas existentes nestas duas zonas são derivadas apenas ao pó de cortiça, pode-se perceber a razão pela qual o despoeiramento é pouco significativo.

Também na zona de tratamento, onde os testes foram feitos com rolhas tratadas, se verifica que esta tecnologia não tem potencial, uma vez que as rolhas não apresentam despoeiramento algum.

Conclusões e sugestões

O primeiro objetivo deste trabalho foi estudar o comportamento de rolhas microaglomeradas quando em contacto com uma solução de alto teor alcoólico por um longo período de tempo. Neste teste, foram analisadas rolhas sem tratamento e com diferentes tipos de tratamento à base de parafina, silicone e ceras. Inicialmente foram comparadas rolhas naturais com rolhas microaglomeradas (ambas tratadas). Por apenas se verificarem alterações significativas (mancha cinzenta) em rolhas microaglomeradas, foram feitos testes com estas rolhas sem tratar e tratadas. Desta forma, percebeu-se que o tipo de tratamento de superfície tem um impacto relevante nas alterações visuais das rolhas. Com este teste foi possível selecionar dois novos tratamentos de superfície que permitem reduzir ou eliminar este efeito. Foi, assim, estudado o seu comportamento quando colocados em contacto com duas bebidas de um cliente: *Brandy* e *Cognac*.

Como segundo objetivo propôs-se o desenvolvimento e validação de novos corpos de baixa libertação de pó, designadas por rolhas de disco. Estas foram classificadas por ordem decrescente de qualidade visual no topo da rolha: classe 1, 2 e 3. Os valores de teor de pó obtidos foram satisfatórios uma vez que se encontram entre 0,025-0,115 mg/rolha (melhor classe e pior, respetivamente) e os valores para as rolhas *NeuroTop*[®] (rolhas com menor libertação de partículas) são de 0,108 mg/rolha. Assim sendo, verificase que estas novas rolhas técnicas de cortiça natural (2 peças) se apresentam como uma boa alternativa permitindo uma redução de partículas libertadas pela rolha quando comparadas com as rolhas de cortiça natural comuns (1 peça). Para a validação destas rolhas com disco, foi necessário criar e validar um novo método de quantificação de pó em garrafa. Aqui foram feitos ensaios para a caracterização das rolhas de referência: rolhas naturais de várias classes e rolhas microaglomeradas, todas sem tratamento. Os valores obtidos permitiram observar a influência do tipo e classe da rolha de cortiça na libertação de partículas pelas rolhas.

O terceiro objetivo consistia no anteprojeto de um novo sistema de despoeiramento de rolhas em linha. Aqui foram testadas várias metodologias, sendo a que demonstrou melhores resultados a coluna de aspiração com acoplação de microfibras. Foram então realizados ensaios para um tempo de despoeiramento de 1 minuto e 5 minutos e usadas como solução de contacto com as rolhas água e solução de 50% de etanol. Os resultados obtidos demonstraram que seria possível reduzir o pó das rolhas em 25 %-80 %, dependendo do tempo de despoeiramento das mesmas.

Foi, ainda, testado um novo método de quantificação de pó, teor de pó em dois passos, que permitiria separar e quantificar a fração de tratamento de superfície extraído das rolhas e o pó de cortiça libertado pelas mesmas. Este demonstrou ser uma boa alteração para o método *standard*.

Embora se tenham obtido resultados muito importantes quer ao nível dos testes de envelhecimento, quer da tecnologia de despoeiramento, alguns aspetos podem ainda ser avaliados, nomeadamente, nos testes de envelhecimento: comprovar a causa concreta da alteração visual do microaglomerado e perceber as diferenças de comportamento de rolhas com o mesmo tipo de tratamento quando colocadas em contacto com *Brandy XO* e *Cognac VS*. O segundo seria fazer ensaios de envelhecimento em garrafa com os tratamentos de superfície selecionados e estudar uma solução industrial para polir o topo das rolhas e assim poder usar elastómeros como tratamento de superfície. Um outro aspeto que poderia ser estudado seria testar rolhas com disco com novos tratamentos de superfície para avaliar o desempenho do produto em termos de redução de pó libertado.

Por último, deverá construir-se um protótipo da coluna de aspiração com microfibras para poder ser testado em linha.

Referências

- [1] Amorim TopSeries, “Amorim TopSeries.” [Online]. Available: <http://www.topseriesamorim.com/>. [Accessed: 24-Apr-2017].
- [2] Amorim & Irmãos, “Amorim & Irmãos.” [Online]. Available: <http://www.amorimcork.com/pt/>. [Accessed: 24-Apr-2017].
- [3] C. Serrenho, “Gestão de Stocks de Sales Companies na,” 2006.
- [4] A. Fortes, M. E. Rosa, and H. Pereira, “a Cortiça,” p. 8469, 2004.
- [5] U. N. Valor, A. Para, and E. L. Vino, “L tapón de corcho : un valor añadido para el vino,” 2014.
- [6] L. Gil, “A cortiça como material de construção - Manual Técnico,” *Apcor*, p. 66, 2007.
- [7] “Confédération Européenne du Liège,” 2013.
- [8] B. Bergmans, M. Dormann, F. Idczak, S. Petitjean, and D. Steyls, “Advanced technique to reduce emissions of fine particulate matter using ultrasounds,” vol. 154, pp. 61–70.
- [9] Biblioteca Sena, “Electrostática en la industria de los plásticos.” [Online]. Available: http://biblioteca.sena.edu.co/exlibris/aleph/u21_1/alephe/www_f_spa/icon/45896/Informador50/Elctroestática/Electroestática 3.html. [Accessed: 28-Apr-2017].
- [10] Henderson, “Eliminadores de estática.” [Online]. Available: <http://henderson.com.br/exair/eliminadores/eliminadores.html>. [Accessed: 28-Apr-2017].
- [11] I. C. Air, A. Engineers, K. Base, Y. Channel, and A. Engineers, “Not on a PC ? Our website is mobile friendly.”
- [12] Virtuous, “Leis de Refração,” 2008. [Online]. Available: http://www.sofisica.com.br/conteudos/Otica/Refracaodaluz/leis_de_refracao.php. [Accessed: 01-Jul-2017].
- [13] Rede Omina, “A Refração da Luz,” 2017. [Online]. Available: <http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/a-refracao-luz.htm>. [Accessed: 01-Jul-2017].
- [14] B. National Interprofessionnel du Cognac, “COMPRENDRE UNE ÉTIQUETTE DE COGNAC,” 2013. [Online]. Available: http://www.cognac.fr/cognac/_fr/2_cognac/index.aspx. [Accessed: 01-Jun-2017].
- [15] Clearco Products, “Solubility of Silicone Fluids,” pp. 100–100.

Anexo A – Tabelas e Figuras

Tabela A.1 – Classificações de envelhecimento de bebidas espirituosas.

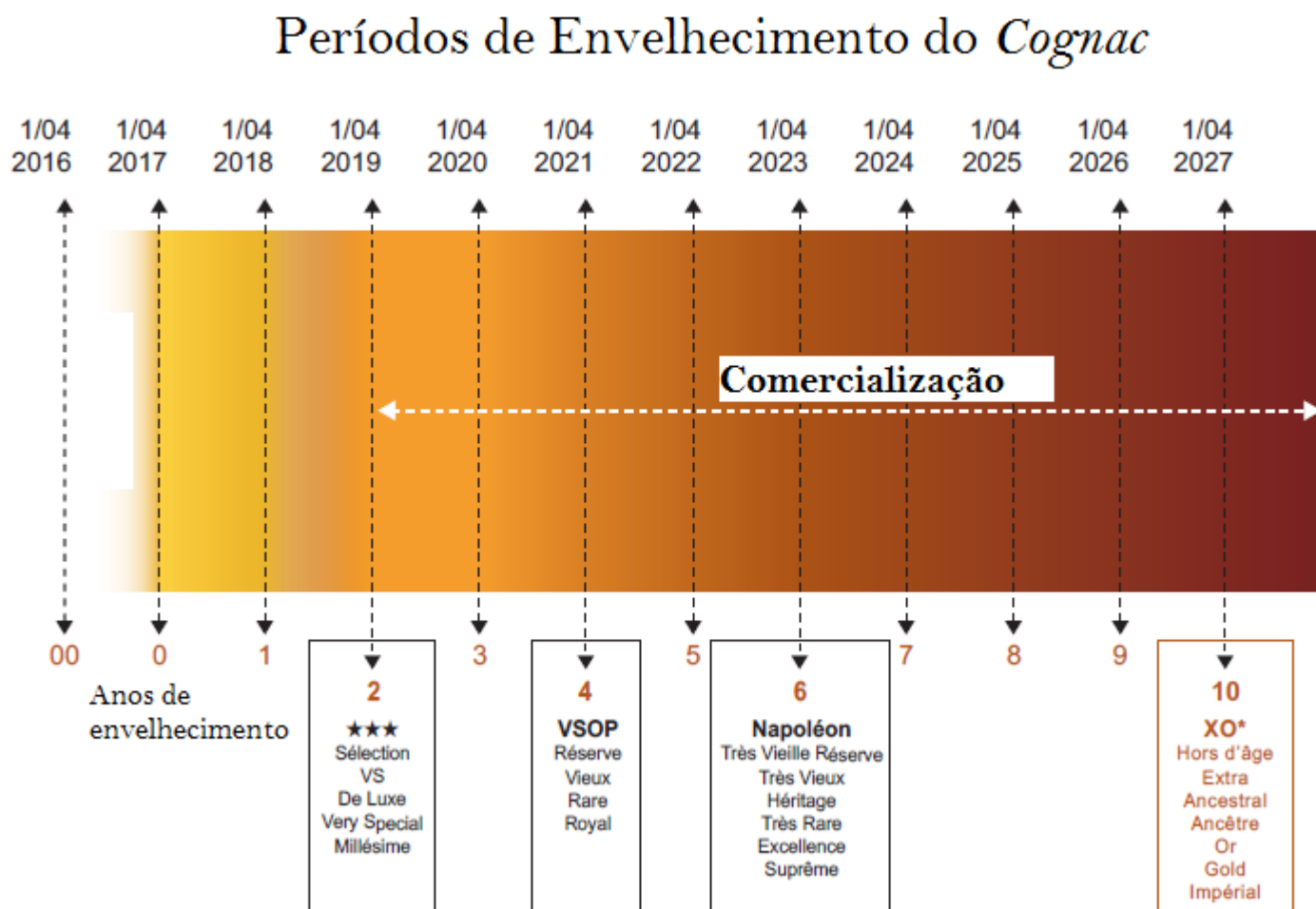


Tabela A. 2– Propriedades alteradas aquando do teste de absorção para rolhas sem tratamento, sem temperatura.

Tipo de rolha: <i>NeutroTop</i>													
Tratamento: s/tratamento													
Temperatura: Ambiente													
DIA 0								DIA 3					
Rolha	Diâmetro (cm)		Diâmetro médio (cm)	Comprimento (cm)		Comprimento médio (cm)	Peso (g)	Diâmetro (cm)		Diâmetro médio (cm)	Comprimento (cm)	Peso (g)	
1	19,46	19,5	19,48	27,01	27,09	27,05	2,5915	19,5	19,8	19,65	28	3,5424	
2	19,42	19,46	19,44	26,73	26,79	26,76	2,6165	19,6	19,8	19,7	27,3	2,9274	
3	19,67	19,53	19,6	26,86	26,9	26,88	2,5319	19,7	19,9	19,8	28	3,3224	
4	19,3	19,26	19,28	26,71	26,69	26,7	2,5004	19,5	19,7	19,6	27,9	3,0448	
5	19,4	19,42	19,41	26,68	26,97	26,825	2,5838	19,5	19,7	19,6	27,3	2,8828	
6	19,44	19,51	19,475	26,91	27,03	26,97	2,8454	19,5	19,6	19,55	27,1	3,1028	
7	19,45	19,51	19,48	26,7	26,8	26,75	2,5484	19,7	19,5	19,6	27,2	2,8388	
8	19,68	19,58	19,63	26,85	26,96	26,905	2,739	19,8	19,9	19,85	28	3,3745	
9	19,53	19,56	19,545	26,82	26,91	26,865	2,4906	19,8	19,7	19,75	28	3,1604	
10	19,44	19,51	19,475	27,11	27,03	27,07	2,5073	19,7	19,6	19,65	28,1	3,3318	
11	19,43	19,35	19,39	26,9	26,96	26,93	2,6488	19,5	19,6	19,55	27,1	2,921	
12	19,65	19,59	19,62	26,96	26,9	26,93	2,6248	19,8	19,7	19,75	27,5	2,9312	
13	19,38	19,34	19,36	26,97	26,94	26,955	2,6355	19,7	19,6	19,65	28,4	3,6353	
14	19,45	19,55	19,5	26,78	26,7	26,74	2,5693	19,6	19,7	19,65	27,7	3,2491	
15	19,33	19,6	19,465	26,91	27,09	27	2,4692	19,5	19,6	19,55	28,3	3,0626	
16	19,44	19,47	19,455	26,91	26,97	26,94	2,6647	19,6	19,5	19,55	27,5	3,0326	
17	19,52	19,68	19,6	26,93	26,81	26,87	2,7878	19,9	19,8	19,85	28	3,3428	
18	19,28	19,29	19,285	26,75	26,7	26,725	2,507	19,4	19,3	19,35	27,7	3,1007	
19	19,59	19,46	19,525	26,86	27,04	26,95	2,6813	19,9	19,7	19,8	27,5	3,032	
20	19,48	19,42	19,45	26,8	26,81	26,805	2,5737	19,5	19,6	19,55	28,3	3,4797	
21	19,4	19,38	19,39	26,85	26,89	26,87	2,6863	19,5	19,4	19,45	27,2	2,9513	
22	19,64	19,44	19,54	26,81	26,79	26,8	2,5198	19,5	19,6	19,55	28,2	3,549	
23	19,49	19,51	19,5	26,97	26,9	26,935	2,6264	19,4	19,6	19,5	27,7	2,951	
24	19,51	19,55	19,53	26,92	26,95	26,935	2,7884	19,5	19,6	19,55	27,1	3,0205	
Média			19,48			26,88	2,61			19,63	27,71	3,16	

Tabela A. 3 - Propriedades alteradas aquando do teste de absorção para rolhas com S6, sem temperatura.

Tipo de rolha:		NeuroTop											
Tratamento:		S6											
Temperatura:		Ambiente											
DIA 0								DIA 3					
Rolha	Diâmetro (cm)		Diâmetro médio (cm)	Comprimento (cm)		Comprimento médio (cm)	Peso (g)	Rolha	Diâmetro (cm)		Diâmetro médio (cm)	Comprimento (cm)	Peso (g)
1	19,45	19,63	19,54	26,36	26,5	26,43	2,6168	1	19,7	19,6	19,65	26,9	2,9499
2	19,49	19,53	19,51	26,38	26,41	26,395	2,5961	2	19,6	19,8	19,7	27,3	2,9895
3	19,45	19,4	19,425	26,25	26,21	26,23	2,7561	3	19,5	19,6	19,55	26,7	3,059
4	19,38	19,49	19,435	26,36	26,42	26,39	2,7561	4	19,7	19,5	19,6	27	3,0263
5	19,46	19,47	19,465	26,34	26,29	26,315	2,4783	5	19,7	19,6	19,65	27,4	2,9248
6	19,44	19,33	19,385	26,36	26,4	26,38	2,574	6	19,6	19,7	19,65	27,1	2,8735
7	19,21	19,1	19,155	26,2	26,33	26,265	2,482	7	19,4	19,5	19,45	26,6	2,7614
8	19,35	19,32	19,335	26,35	26,42	26,385	2,651	8	19,5	19,4	19,45	27,5	3,1898
9	19,27	19,39	19,33	26,33	26,23	26,28	2,6089	9	19,3	19,5	19,4	26,9	2,9505
10	19,33	19,34	19,335	26,36	26,31	26,335	2,6366	10	19,7	19,9	19,8	27,7	3,2353
11	19,41	19,47	19,44	26,3	26,56	26,43	2,4546	11	19,6	19,5	19,55	26,7	2,7235
12	19,5	19,61	19,555	26,42	26,4	26,41	2,7441	12	20	19,8	19,9	28,1	3,6468
13	19,42	19,41	19,415	26,35	26,3	26,325	2,6625	13	19,6	19,5	19,55	27,3	3,0593
14	19,37	19,45	19,41	26,44	26,41	26,425	2,5871	14	19,4	19,3	19,35	27,1	2,9806
15	19,38	19,41	19,395	26,25	26,26	26,255	2,5483	15	19,3	19,4	19,35	26,9	2,8568
16	19,34	19,4	19,37	26,32	26,36	26,34	2,6489	16	19,7	19,8	19,75	27	2,9443
17	19,37	19,48	19,425	26,32	26,28	26,3	2,6062	17	19,6	19,5	19,55	26,6	2,8903
18	19,41	19,6	19,505	26,41	26,37	26,39	2,6871	18	19,4	19,6	19,5	26,8	2,9438
19	19,4	19,38	19,39	26,27	26,24	26,255	2,5135	19	19,6	19,5	19,55	26,7	2,8117
20	19,4	19,43	19,415	26,23	26,25	26,24	2,6892	20	19,6	19,5	19,55	26,8	2,9574
21	19,42	19,47	19,445	26,31	26,33	26,32	2,4486	21	19,6	19,4	19,5	27,2	2,8586
22	19,51	19,59	19,55	26,29	26,24	26,265	2,7722	22	19,6	19,8	19,7	26,9	3,0902
23	19,32	19,4	19,36	26,39	26,4	26,395	2,4891	23	19,4	19,5	19,45	27,3	2,8947
24	19,52	19,46	19,49	26,34	26,37	26,355	2,6448	24	19,5	19,9	19,7	27,7	3,2905
Média			19,42			26,34	2,61	19,59		19,58	27,09	3,00	

Tabela A. 4 - Propriedades alteradas aquando do teste de absorção para rolhas com S7, sem temperatura.

Tipo de rolha:	NeuroTop												
Tratamento:	S7												
Temperatura:	Ambiente												
DIA 0							DIA 3						
Rolha	Diâmetro (cm)		Diâmetro médio (cm)	Comprimento (cm)		Comprimento médio (cm)	Peso (g)	Rolha	Diâmetro (cm)		Diâmetro médio (cm)	Comprimento (cm)	Peso (g)
1	19,32	19,4	19,36	26,85	26,92	26,885	2,5068	1	19,62	19,67	19,645	28,7	3,4339
2	19,3	19,35	19,325	26,62	26,75	26,685	2,5014	2	19,49	19,46	19,475	27,21	2,7464
3	19,26	19,27	19,265	26,66	26,75	26,705	2,6835	3	19,45	19,42	19,435	27,14	2,9506
4	19,13	19,23	19,18	26,57	26,62	26,595	2,4751	4	19,34	19,36	19,35	27,09	2,7402
5	19,27	19,23	19,25	26,57	26,74	26,655	2,4512	5	19,52	19,44	19,48	27,4	2,8287
6	19,2	19,29	19,245	26,65	26,61	26,63	2,4336	6	19,31	19,38	19,345	27,18	2,6908
7	19,32	19,24	19,28	26,54	26,68	26,61	2,6588	7	19,38	19,45	19,415	27,08	2,9117
8	19,37	19,34	19,355	26,69	26,7	26,695	2,6369	8	19,64	19,62	19,63	27,98	3,1054
9	19,39	19,28	19,335	26,65	26,82	26,735	2,6419	9	19,59	19,62	19,605	28,1	3,176
10	19,34	19,39	19,365	26,7	26,78	26,74	2,7036	10	19,68	19,52	19,6	27,42	2,9609
11	19,25	19,36	19,305	26,59	26,6	26,595	2,5292	11	19,47	19,38	19,425	27,04	2,7967
12	19,2	19,23	19,215	26,59	26,58	26,585	2,4821	12	19,45	19,54	19,495	27,13	2,7554
13	19,28	19,34	19,31	26,64	26,67	26,655	2,5616	13	19,56	19,53	19,545	27,49	2,8873
14	19,32	19,4	19,36	26,64	26,71	26,675	2,7032	14	19,6	19,52	19,56	28,05	3,1764
15	19,34	19,29	19,315	26,75	26,82	26,785	2,6664	15	19,69	19,57	19,63	28,54	3,2573
16	19,36	19,24	19,3	26,72	26,69	26,705	2,6257	16	19,55	19,44	19,495	27,37	2,9652
17	19,6	19,27	19,435	26,57	26,58	26,575	2,6085	17	19,45	19,49	19,47	26,95	2,8724
18	19,16	19,06	19,11	26,63	26,69	26,66	2,3948	18	19,43	19,43	19,43	27,34	2,6825
19	19,23	19,32	19,275	26,62	26,63	26,625	2,5379	19	19,4	19,39	19,395	27,13	2,8003
20	19,29	19,23	19,26	26,63	26,81	26,72	2,4391	20	19,39	19,43	19,41	27,18	2,7036
21	19,25	19,16	19,205	26,63	26,75	26,69	2,4344	21	19,5	19,56	19,53	27,78	3,0241
22	19,27	19,22	19,245	26,69	26,63	26,66	2,4463	22	19,55	19,45	19,5	27,43	2,7854
23	19,17	19,08	19,125	26,6	26,69	26,645	2,3515	23	19,39	19,41	19,4	27,57	2,7865
24	19,28	19,3	19,29	26,7	26,66	26,68	2,46	24	19,46	19,43	19,445	27,61	2,8574
Média			19,28			26,67	2,54			19,48	19,49	27,50	2,91

Tabela A. 5 - Propriedades alteradas aquando do teste de absorção para rolhas com S7, a 50°C.

Tipo de rolha:		NeuroTop											
Tratamento:		S7											
Temperatura:		50°C											
DIA 0								DIA 3					
Rolha	Diâmetro (cm)		Diâmetro médio (cm)	Comprimento (cm)		Comprimento médio (cm)	Peso (g)	Rolha	Diâmetro (cm)		Diâmetro médio (cm)	Comprimento (cm)	Peso (g)
1	19,32	19,34	19,33	26,62	26,75	26,685	2,5167	1	19,4	19,5	19,45	27,7	3,2628
2	19,24	19,23	19,235	26,7	26,6	26,65	2,4223	2	19,7	19,6	19,65	28	3,4527
3	19,29	19,28	19,285	26,72	26,7	26,71	2,4983	3	19,6	19,5	19,55	28,3	3,266
4	19,27	19,35	19,31	26,61	26,65	26,63	2,4126	4	19,3	19,5	19,4	27,3	3,4106
5	19,27	19,26	19,265	26,66	26,66	26,66	2,4515	5	19,3	19,2	19,25	27,3	3,5889
6	19,28	19,23	19,255	26,68	26,72	26,7	2,6098	6	19,5	19,4	19,45	27,6	3,2896
7	19,3	19,24	19,27	26,66	26,74	26,7	2,5448	7					
8	19,24	19,24	19,24	26,75	26,67	26,71	2,6299	8					
9	19,28	19,31	19,295	26,61	26,64	26,625	2,3657	9					
10	19,33	19,22	19,275	26,61	26,72	26,665	2,4039	10					
11	19,27	19,31	19,29	26,54	26,64	26,59	2,6024	11					
12	19,53	19,52	19,525	26,88	26,93	26,905	2,6804	12					
13	19,33	19,28	19,305	26,64	26,64	26,64	2,5128	13					
14	19,38	19,28	19,33	26,63	26,61	26,62	2,6201	14					
15	19,31	19,42	19,365	26,68	26,75	26,715	2,5931	15					
16	19,32	19,22	19,27	26,61	26,59	26,6	2,4509	16					
17	19,34	19,23	19,285	26,74	26,69	26,715	2,4429	17					
18	19,44	19,29	19,365	26,73	26,72	26,725	2,4944	18					
19	19,27	19,31	19,29	26,63	26,64	26,635	2,4494	19					
20	19,29	19,34	19,315	26,81	26,9	26,855	2,4756	20					
21	19,25	19,23	19,24	26,67	26,74	26,705	2,4614	21					
22	19,3	19,21	19,255	26,64	26,61	26,625	2,3752	22					
23	19,3	19,27	19,285	26,62	26,64	26,63	2,537	23					
24	19,34	19,26	19,3	26,69	26,7	26,695	2,4737	24					
Média			19,30			26,68	2,50		19,45	19,46		27,70	3,38

Tabela A. 6 - Propriedades alteradas aquando do teste de absorção para rolhas com S6, a 50 °C.

Tipo de rolha:		NeuroTop											
Tratamento:		S6											
Temperatura:		50°C											
DIA 0							DIA 3						
Rolha	Diâmetro (cm)		Diâmetro médio (cm)	Comprimento (cm)		Comprimento médio (cm)	Peso (g)	Rolha	Diâmetro (cm)		Diâmetro médio (cm)	Comprimento (cm)	Peso (g)
1	19,26	19,46	19,36	26,21	26,32	26,265	2,745	1					
2	19,42	19,36	19,39	26,38	26,37	26,375	2,8418	2	19,8	19,9	19,85	29,5	4,9277
3	19,5	19,58	19,54	26,53	26,51	26,52	2,656	3	19,6	19,9	19,75	27,9	3,626
4	19,47	19,51	19,49	26,26	26,3	26,28	2,8039	4					
5	19,45	19,47	19,46	26,28	26,3	26,29	2,7527	5	19,8	19,7	19,75	27,8	3,6658
6	19,26	19,33	19,295	26,26	26,37	26,315	2,7738	6	19,5	19,6	19,55	28,2	3,8272
7	19,42	19,44	19,43	26,49	26,56	26,525	2,4345	7	19,4	19,5	19,45	27,6	3,2792
8	19,06	19,14	19,1	26,28	26,24	26,26	2,4657	8	19,8	19,7	19,75	28,3	3,6876
9	19,16	19,29	19,225	26,34	26,33	26,335	2,4299	9	19,8	19,6	19,7	27,8	3,6255
10	19,29	19,32	19,305	26,36	26,27	26,315	2,6995	10					
11	19,27	19,33	19,3	26,22	26,16	26,19	2,5792	11					
12	19,57	19,58	19,575	26,36	26,29	26,325	2,6353	12	19,7	19,9	19,8	28,3	3,861
13	19,3	19,43	19,365	26,26	26,33	26,295	2,5386	13	19,5	19,6	19,55	27,4	3,5183
14	19,39	19,4	19,395	26,28	26,27	26,275	2,7086	14	19,6	19,7	19,65	27,6	3,4569
15	19,34	19,44	19,39	26,26	26,22	26,24	2,4546	15					
16	19,47	19,51	19,49	26,65	26,63	26,64	2,6337	16	19,6	19,7	19,65	28,3	3,5408
17	19,25	19,3	19,275	26,33	26,35	26,34	2,7193	17					
18	19,35	19,34	19,345	26,37	26,41	26,39	2,5548	18	19,3	19,4	19,35	28,2	3,8365
19	19,46	19,47	19,465	26,39	26,35	26,37	2,6445	19	19,5	19,3	19,4	27,3	3,3948
20	19,56	19,54	19,55	26,36	26,35	26,355	2,7008	20	19,4	19,3	19,35	27,8	3,5283
21	19,47	19,54	19,505	26,4	26,36	26,38	2,4439	21	19,2	19,4	19,3	26,9	3,5258
22	19,46	19,43	19,445	26,43	26,49	26,46	2,8967	22	19,4	19,2	19,3	27,4	3,3231
23	19,39	19,4	19,395	26,29	26,3	26,295	2,5908	23	19,8	19,7	19,75	28,2	4,21
24	19,29	19,31	19,3	26,46	26,51	26,485	2,4709	24	19,7	19,6	19,65	27,9	3,772
Média			19,39			26,36	2,63		19,59	19,59		27,91	3,70

Tabela A. 7 - Propriedades alteradas aquando do teste de absorção para rolhas sem tratamento, a 50 °C.

Tipo de rolha:		NeuroTop												
Tratamento:		s/tratamento												
Temperatura:		50°C												
DIA 0								DIA 3						
Rolha	Diâmetro (cm)		Diâmetro médio (cm)	Comprimento (cm)		Comprimento médio (cm)	Peso (g)	Rolha	Diâmetro (cm)		Diâmetro médio (cm)	Comprimento (cm)	Peso (g)	
1	19,45	19,5	19,475	27,27	27,05	27,16	2,3547	1	19,8	19,6	19,7	28,4	3,8487	
2	19,46	19,5	19,48	26,8	26,82	26,81	2,7411	2	19,6	19,8	19,7	28,2	3,5835	
3	19,34	19,43	19,385	26,68	26,79	26,735	2,5991	3	19,3	19,4	19,35	27,8	3,4524	
4	19,46	19,45	19,455	27,07	27,2	27,135	2,6189	4	19,5	19,7	19,6	27,8	3,5094	
5	19,37	19,43	19,4	26,83	26,72	26,775	2,5029	5	19,6	19,7	19,65	28,4	3,9037	
6	19,41	19,35	19,38	26,74	26,81	26,775	2,6429	6	19,7	19,6	19,65	28,7	3,8613	
7	19,42	19,56	19,49	26,75	26,79	26,77	2,7259	7	19,8	19,7	19,75	28,2	3,5565	
8	19,44	19,4	19,42	26,82	26,76	26,79	2,6739	8	19,8	19,6	19,7	28,4	3,9555	
9	19,38	19,34	19,36	26,63	26,65	26,64	2,6628	9	19,4	19,3	19,35	27,2	3,5527	
10	19,45	19,56	19,505	26,87	26,89	26,88	2,6164	10	19,6	19,7	19,65	28,6	3,6193	
11	19,28	19,37	19,325	26,77	26,84	26,805	2,5602	11	19,6	19,5	19,55	28	3,8115	
12	19,45	19,41	19,43	26,92	26,77	26,845	2,5124	12	19,7	19,4	19,55	28	3,4008	
13	19,37	19,52	19,445	26,72	26,81	26,765	2,6303	13	19,7	19,8	19,75	28,2	3,4724	
14	19,47	19,36	19,415	26,86	27,2	27,03	2,5421	14	19,6	19,7	19,65	27,8	3,4028	
15	19,44	19,35	19,395	26,73	26,76	26,745	2,6038	15	19,7	19,6	19,65	28,2	3,8425	
16	19,37	19,3	19,335	26,79	26,71	26,75	2,6143	16	19,4	19,3	19,35	28,2	3,5393	
17	19,27	19,45	19,36	26,8	26,75	26,775	2,6809	17	19,8	19,9	19,85	28,8	4,4066	
18	19,21	19,37	19,29	26,89	26,76	26,825	2,7834	18	19,5	19,6	19,55	27,8	3,6468	
19	19,44	19,54	19,49	26,79	26,92	26,855	2,5874	19	19,9	19,8	19,85	28,8	4,5828	
20	19,35	19,44	19,395	26,74	26,84	26,79	2,6133	20	19,8	19,6	19,7	28,4	4,0672	
21	19,27	19,2	19,235	26,43	26,68	26,555	2,4559	21	19,4	19,3	19,35	28,2	3,8113	
22	19,4	19,45	19,425	26,77	26,9	26,835	2,5126	22	19,8	19,6	19,7	28,3	3,5837	
23	19,79	19,41	19,6	26,71	26,73	26,72	2,7112	23	19,5	19,4	19,45	28	3,6259	
24	19,49	19,46	19,475	26,78	26,97	26,875	2,7398	24	19,6	19,5	19,55	28	3,5877	
Média			19,42			26,82	2,61				19,59	19,61	28,18	3,73

Tabela A. 8 - Propriedades alteradas aquando do teste de absorção para rolhas sem tratamento sem temperatura.

Tipo de rolha:	<i>Microaglomerado</i>		
Tratamento:	sem tratamento		
Temperatura:	Ambiente		
DIA 0		DIA 3	
Rolha	Massa (g)	Rolha	Massa (g)
1	2,5373	1	2,8573
2	2,6593	2	2,8769
3	2,5789	3	2,8061
4	2,5674	4	2,8012
Média	2,585725	Média	2,835375

Tabela A. 9 - Propriedades alteradas aquando do teste de absorção para rolhas S7 sem temperatura.

Tipo de rolha:	<i>Microaglomerado</i>		
Tratamento:	S7		
Temperatura:	Ambiente		
DIA 0		DIA 3	
Rolha	Massa (g)	Rolha	Massa (g)
1	2,5005	1	2,7464
2	2,4274	2	2,6833
3	2,4683	3	2,7055
4	2,7082	4	2,9584
Média	2,5261	Média	2,7734

Tabela A. 10 - Propriedades alteradas aquando do teste de absorção para rolhas S6 sem temperatura.

Tipo de rolha:	<i>Microaglomerado</i>		
Tratamento:	S6		
Temperatura:	Ambiente		
DIA 0		DIA 3	
Rolha	Massa (g)	Rolha	Massa (g)
1	2,7666	1	3,0859
2	2,5469	2	2,8013
3	2,4991	3	2,7653
4	2,4733	4	2,9289
Média	2,571475	Média	2,89535

Tabela A. 11 - Propriedades alteradas aquando do teste de absorção para rolhas S1 sem temperatura.

Tipo de rolha:	<i>Microaglomerado</i>		
Tratamento:	S1		
Temperatura:	Ambiente		
DIA 0		DIA 3	
Rolha	Massa (g)	Rolha	Massa (g)
1	2,796	1	3,0419
2	2,7539	2	2,9987
3	2,5937	3	2,8309
4	2,5872	4	2,8537
Média	2,6827	Média	2,9313

Tabela A. 12 - Propriedades alteradas aquando do teste de absorção para rolhas S2 sem temperatura.

Tipo de rolha:	<i>Microaglomerado</i>		
Tratamento:	S2		
Temperatura:	Ambiente		
DIA 0		DIA 3	
Rolha	Massa (g)	Rolha	Massa (g)
1	2,7904	1	3,0374
2	2,5864	2	2,8413
3	2,8	3	3,037
4	2,529	4	2,8056
Média	2,67645	Média	2,930325

Tabela A. 13 - Propriedades alteradas aquando do teste de absorção para rolhas S3 sem temperatura.

Tipo de rolha:	<i>Microaglomerado</i>		
Tratamento:	S3		
Temperatura:	Ambiente		
DIA 0		DIA 3	
Rolha	Massa (g)	Rolha	Massa (g)
1	2,8023	1	3,0443
2	2,6506	2	2,8934
3	2,6686	3	2,9125
4	2,7351	4	2,9718
Média	2,71415	Média	2,9555

Tabela A. 14 - Propriedades alteradas aquando do teste de absorção para rolhas S4 sem temperatura.

Tipo de rolha:	<i>Microaglomerado</i>		
Tratamento:	S4		
Temperatura:	Ambiente		
DIA 0		DIA 3	
Rolha	Massa (g)	Rolha	Massa (g)
1	2,5886	1	3,0553
2	2,692	2	2,9641
3	2,8235	3	3,0685
4	2,6682	4	2,9264
Média	2,693075	Média	3,003575

Tabela A. 15 - Propriedades alteradas aquando do teste de absorção para rolhas S5 sem temperatura.

Tipo de rolha:	<i>Microaglomerado</i>		
Tratamento:	S5		
Temperatura:	Ambiente		
DIA 0		DIA 3	
Rolha	Massa (g)	Rolha	Massa (g)
1	2,7346	1	2,9537
2	2,694	2	2,9252
3	2,7141	3	2,9335
4	2,7068	4	2,9251
Média	2,712375	Média	2,934375

Tabela A. 16 - Propriedades alteradas aquando do teste de absorção para rolhas sem tratamento a 50 °C.

Tipo de rolha:	<i>Microaglomerado</i>		
Tratamento:	sem tratamento		
Temperatura:	50°C		
DIA 0		DIA 3	
Rolha	Massa (g)	Rolha	Massa (g)
1	2,7369	1	3,4575
2	2,5695	2	3,3166
3	2,793	3	3,4668
4	2,5285	4	3,2068
Média	2,656975	Média	3,361925

Tabela A. 17 - Propriedades alteradas aquando do teste de absorção para rolhas S6 a 50 °C.

Tipo de rolha:	<i>Microaglomerado</i>		
Tratamento:	S6		
Temperatura:	50°C		
DIA 0		DIA 3	
Rolha	Massa (g)	Rolha	Massa (g)
1	2,5974	1	3,2648
2	2,4412	2	3,0822
3	2,6097	3	3,3527
4	2,6655	4	3,3559
Média	2,57845	Média	3,2639

Tabela A. 18 - Propriedades alteradas aquando do teste de absorção para rolhas S7 a 50 °C.

Tipo de rolha:	<i>Microaglomerado</i>		
Tratamento:	S7		
Temperatura:	50°C		
DIA 0		DIA 3	
Rolha	Massa (g)	Rolha	Massa (g)
1	2,7059	1	3,34
2	2,6132	2	3,2561
3	2,4647	3	3,0957
4	2,5203	4	3,1418
Média	2,576025	Média	3,2084

Tabela A. 19 - Propriedades alteradas aquando do teste de absorção para rolhas S1 a 50 °C.

Tipo de rolha:	<i>Microaglomerado</i>		
Tratamento:	S1		
Temperatura:	50°C		
DIA 0		DIA 3	
Rolha	Massa (g)	Rolha	Massa (g)
1	2,5724	1	3,2101
2	3,0504	2	3,7509
3	2,622	3	3,2849
4	2,6358	4	3,2882
Média	2,72015	Média	3,383525

Tabela A. 20 - Propriedades alteradas aquando do teste de absorção para rolhas S2 a 50 °C.

Tipo de rolha:	<i>Microaglomerado</i>		
Tratamento:	S2		
Temperatura:	50°C		
DIA 0		DIA 3	
Rolha	Massa (g)	Rolha	Massa (g)
1	2,4499	1	3,1046
2	2,7499	2	3,3372
3	2,6596	3	3,2564
4	2,5656	4	3,1591
Média	2,60625	Média	3,214325

Tabela A. 21 - Propriedades alteradas aquando do teste de absorção para rolhas S3 a 50 °C.

Tipo de rolha:	<i>Microaglomerado</i>		
Tratamento:	S3		
Temperatura:	50°C		
DIA 0		DIA 3	
Rolha	Massa (g)	Rolha	Massa (g)
1	2,609	1	3,2704
2	2,5699	2	3,3573
3	2,6615	3	3,3149
4	2,5937	4	3,2761
Média	2,608525	Média	3,304675

Tabela A. 22 - Propriedades alteradas aquando do teste de absorção para rolhas S4 a 50 °C.

Tipo de rolha:	<i>Microaglomerado</i>		
Tratamento:	S4		
Temperatura:	50°C		
DIA 0		DIA 3	
Rolha	Massa (g)	Rolha	Massa (g)
1	2,6057	1	3,2244
2	2,6932	2	3,3727
3	2,657	3	3,2844
4	2,5811	4	3,1892
Média	2,63425	Média	3,267675

Tabela A. 23 - Propriedades alteradas aquando do teste de absorção para rolhas S5 a 50 °C.

Tipo de rolha:	<i>Microaglomerado</i>		
Tratamento:	S5		
Temperatura:	50°C		
DIA 0		DIA 3	
Rolha	Massa (g)	Rolha	Massa (g)
1	2,7326	1	3,4611
2	2,9055	2	3,5017
3	2,7121	3	3,2837
4	2,7978	4	3,391
Média	2,787	Média	3,409375

As rolhas de disco usadas foram inicialmente recebidas como está mostrado na Figura A.1.

Figura A. 1 – Rolhas antes de serem retificadas.



Depois de estarem retificadas e lavadas, as rolhas foram escolhidas de acordo com os seus topos de disco. Os topos com menor número de lenticelas possível, foram designados por classe 1, os topos com maior número de lenticelas foram classificados como classe 3. É de notar que em todas as classes, o corpo da rolha é significativamente pior do que o topo.

Tabela A. 24 – Rolhas de disco selecionadas para os ensaios.



Classe 1



Classe 2



Classe 3

Inicialmente o equipamento para despoejamento de rolhas em linha foi idealizado e foi feita uma maquete de forma poder-se perceber melhor quaisquer obstáculos ou problemas que poderiam existir na construção do equipamento. Essa maquete está apresentada na Figura A.2.



Figura A. 2 - Maquete do protótipo inicial para o sistema de despoejamento – coluna de aspiração e microfibras.

Tendo já a maquete e o equipamento idealizado, foi feita a sua projeção num programa de computador. Esta está apresentada na Figura A.3.

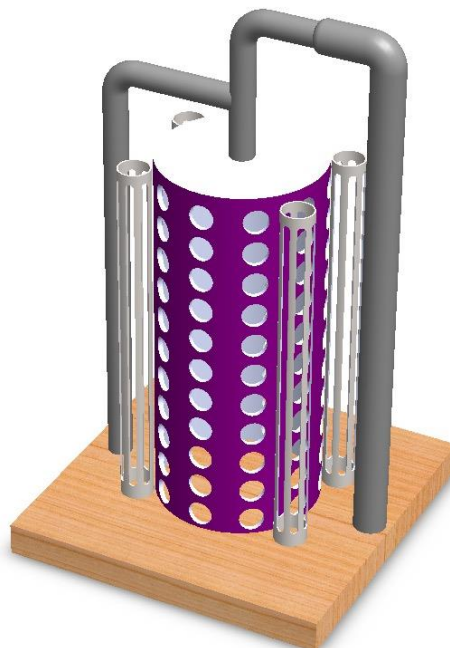


Figura A. 3 – Montagem do sistema de despoejamento coluna de aspiração e panos de microfibras.

Anexo B – Exemplos de cálculos

Coluna de aspiração e microfibras

Para poder verificar se o equipamento de despoeiramento projetado seria, ou não, viável, foi necessário efetuar cálculos para o custo de potências consumidas.

As dimensões do equipamento são: 20 centímetros de diâmetro e 30,5 centímetros de altura. Tendo em conta as dimensões da maior parte das rolhas, seria possível despoear, em simultâneo, dez rolhas, sendo que cada rolha seria despoeirada entre cinco a seis segundos, garantindo assim a capacidade produtiva da zona onde o equipamento seria instalado.

Uma vez que é feito o despoeiramento simultâneo de dez rolhas e que o volume da coluna de aspiração é de 0,0958 metros cúbicos, a potência do ventilador para uma capacidade produtiva de 12000 rolhas por hora será de 144,94 metros cúbicos por hora.

$$P_v = \frac{V_e \times n_{rolhas}}{n_{r, desp}} = \frac{0,0958 \times 12000}{10} = 144,9 \text{ m}^3/h \quad (\text{C.1})$$

Assim sendo, um equipamento semelhante ao já existente na zona da gravação a *laser* (potência=1,1 kW e C=380 m³/h) pode ser usado neste equipamento tendo, ainda, uma grande folga. A potência do ventilador deverá ser de 1,1 kW.

A potência do motor deverá ser de 0,55 kW. Isto significa que a potência total deverá ser de 1,65 kW.

$$P_{total} = P_m + P_v = 0,55 + 1,1 = 1,65 \text{ kW} \quad (\text{C.2})$$

Relativamente aos custos associados a estas potências sabe-se que, o custo de cada kW de energia gasto por hora, nesta unidade, é de dez cêntimos. Desta forma, e tendo a potência total de 1,65 kW, o custo total de potência por hora seria de 0,165 euros por hora.

$$Custo_{kW} = Custo_{1kW/h} \times P_{total} = 0,10 \times 1,65 = 0,165 \text{ €/h} \quad (\text{C.3})$$

Sabendo que a capacidade produtiva do equipamento seria de 12000 rolhas por hora, verifica-se que o custo por cada mil rolhas produzidas seria de 0,1375 euros.

$$Custo_{1000\text{ rolhas}} = \frac{Custo_{kW}}{n_{rolhas}} \times 1000 = \frac{0,165}{12000} \times 1000 = 0,1375 \text{ €/mil rolhas}$$

(C.4)

Anexo C – Estrutura do Grupo Amorim, S.A.

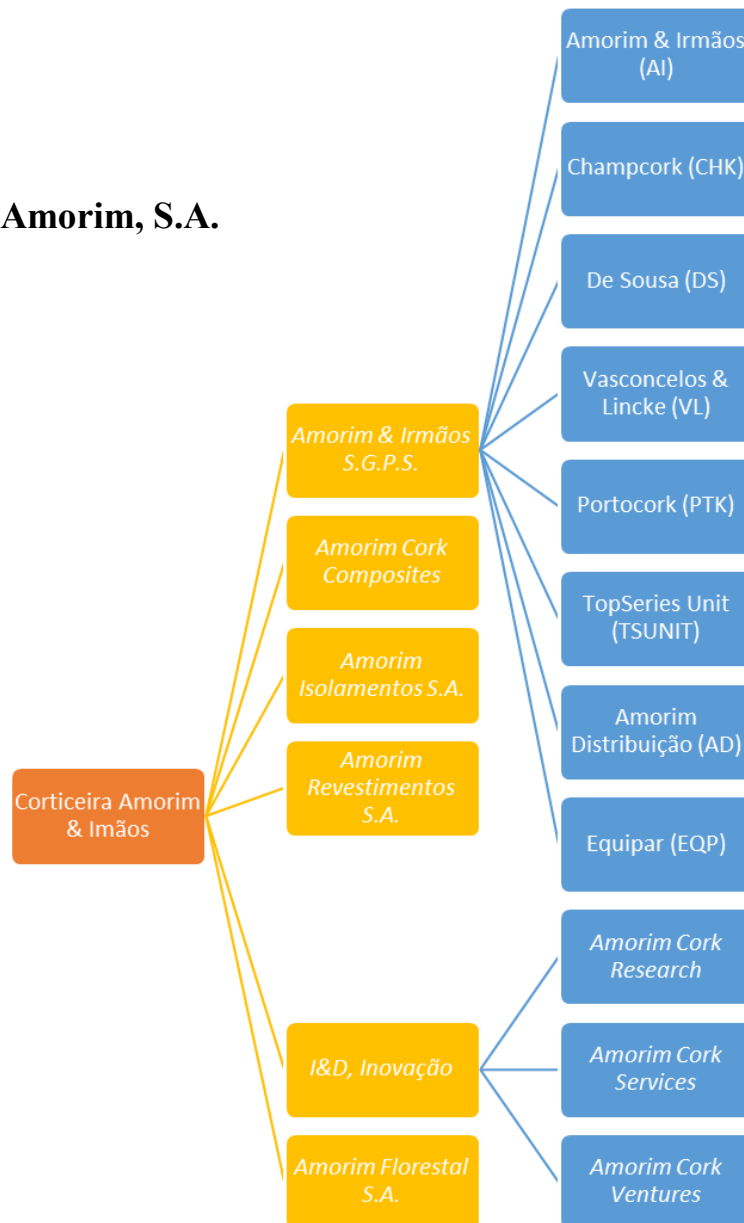


Figura C. 1 - Diagrama com a estrutura do Grupo Amorim, S.A.^[2].

Anexo D – Desenhos técnicos

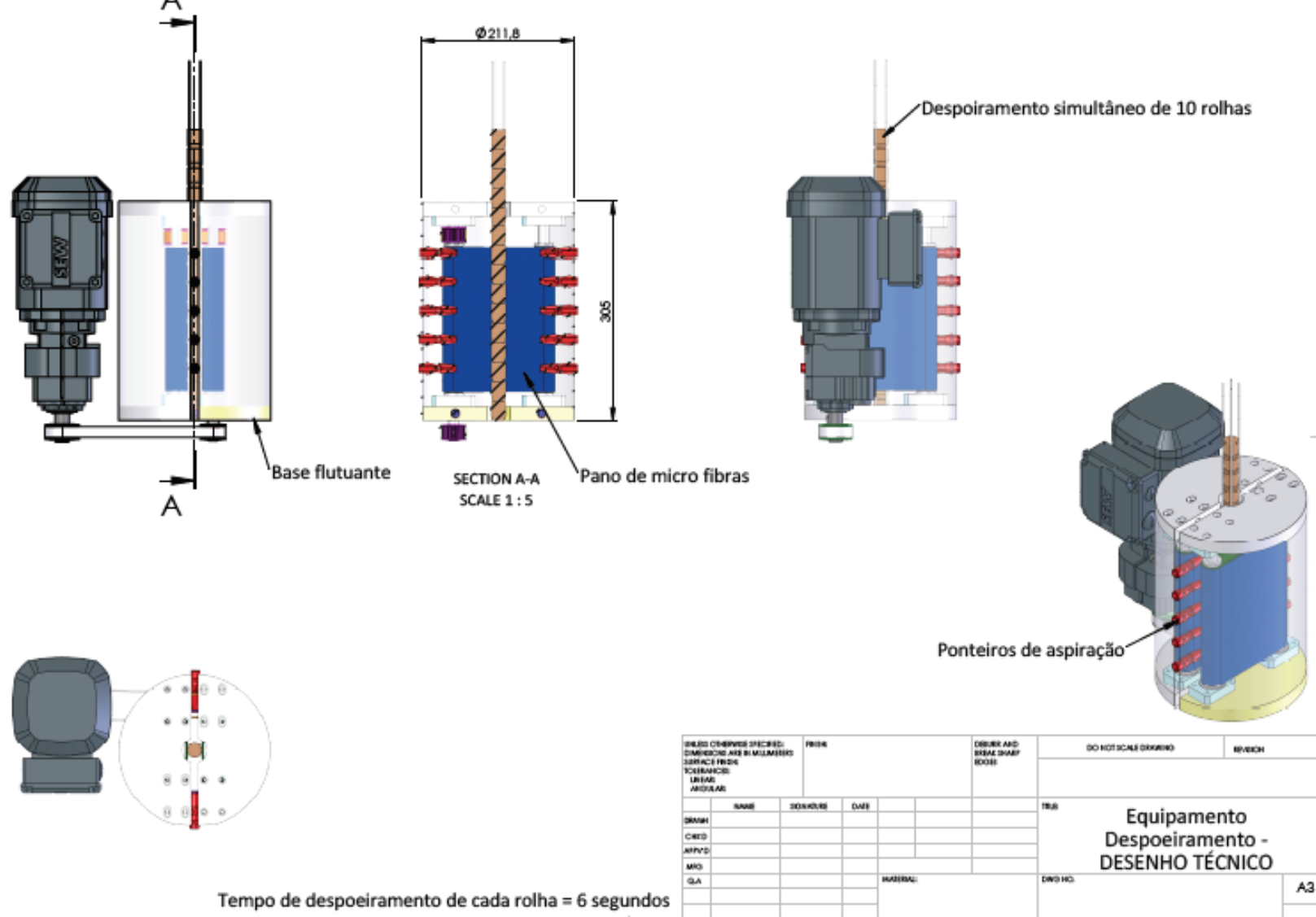
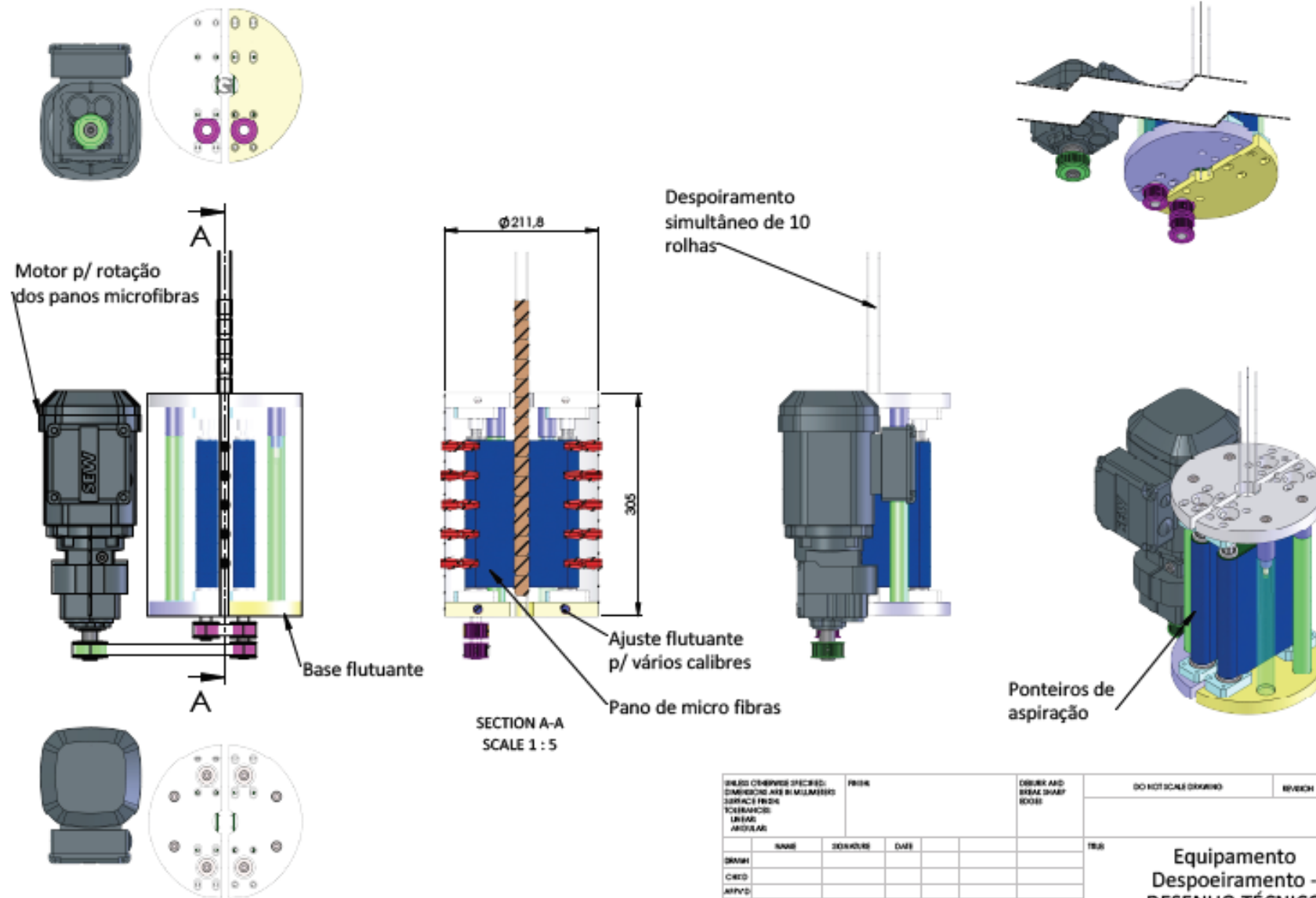


Figura D. 1 – Desenho técnico do equipamento – coluna de aspiração e microfibras.



Tempo de despoiramento de cada rolha = 6 segundos

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH TOLERANCES: LINEAR ANGULAR		FINISH	DRESS AND SEAL SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
DRWN	NAME	DESIGNED	DATE		TRG	Equipamento Despoiramento - DESENHO TÉCNICO
CR'D						
APP'D						
MFD						
QA				MATERIAL	DWG NO.	
				ISSUED	SCALE: 1	A3

Figura D. 2 – Desenho técnico com vertente da manutenção – coluna de aspiração e microfibras.