

Mestrado Integrado em Engenharia Química

Otimização de formulações na área da borracha

Dissertação de Mestrado

de

Margarida Reis Oliveira

Desenvolvida no âmbito da unidade curricular de Dissertação

realizado em

PROCALÇADO S.A.



Orientadora na FEUP: **Doutora Nídia de Sá Caetano**

Coorientadores na FEUP: **Doutor António Augusto Martins e Doutora Teresa Mata**

Coordenador na PROCALÇADO S.A.: **Eng^a Sofia Jesus Monteiro**



Departamento de Engenharia Química

julho de 2019

Agradecimentos

A realização desta dissertação contou com a ajuda e o apoio fundamental de várias pessoas, às quais quero deixar o meu mais sincero obrigada.

À Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto pela formação proporcionada e por se ter tornado uma verdadeira segunda casa nestes 5 anos.

À empresa PROCALÇADO S.A. pela oportunidade de realizar esta dissertação em ambiente empresarial e a todos os seus colaboradores pela prontidão, disponibilidade e ajuda prestada.

À Engenheira Sofia Jesus, orientadora na empresa PROCALÇADO S.A., por todo o acompanhamento e conhecimentos transmitidos, e por ter sido não só uma ajuda e um apoio imprescindível a nível de conhecimentos técnicos na empresa, como também uma verdadeira amiga, transmitindo sempre uma confiança, uma força e um carinho inigualáveis.

À Doutora Nídia Caetano, ao Doutor António Augusto Martins e, por fim, à Doutora Teresa Mata, orientadores por parte da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto pela transmissão de conhecimentos, apoio, ajuda e atenção que tanto dispensaram durante todo o período de realização desta dissertação.

À Engenheira Esmeralda Santos, responsável pelo Laboratório de Desenvolvimento e Ensaios de Produto da empresa PROCALÇADO S.A., por toda a ajuda dispensada, pelos conhecimentos transmitidos e por toda a paciência e carinho ao longo da realização deste projeto.

Ao Sr. Álvaro, responsável do setor de mistura da empresa PROCALÇADO S.A., por todos os conhecimentos transmitidos e integração no projeto, por toda a ajuda fundamental dispensada e por toda a simpatia e carinho demonstrados ao longo de todo o período da dissertação realizada.

A todos os meus amigos, principalmente aos que me acompanharam bem de perto durante estes 5 anos, por nunca me terem deixado desamparada, por nunca terem deixado de estar ao meu lado e pelo incentivo, carinho e coragem que sempre me transmitiram. Por me terem ajudado a tornar no que sou hoje. Sem dúvida que, sem vocês, não teria sido a mesma coisa.

À Soraia Santos, por toda a força transmitida, pelo apoio demonstrado em todos os momentos e por me ter feito sempre acreditar que seria capaz.

Ao meu irmão, Flávio Oliveira, pelo apoio incondicional, por ter estado sempre ao meu lado, por toda a ajuda e conhecimentos transmitidos, e por ter sido sempre um exemplo para mim, não só durante a realização desta dissertação como durante estes longos 5 anos.

Por fim, aos que tornaram tudo isto possível, aos meus pais, Emília Reis e Celso Oliveira, pelo apoio incondicional em todos os momentos e por me terem feito sempre acreditar que

seria capaz e que iria conseguir. Por me terem mostrado e ensinado sempre qual o melhor caminho a seguir, por me terem dado asas para voar e por todo o esforço que fizeram para que este dia fosse possível.

Muito obrigada.

Agradecimentos institucionais

O trabalho desenvolvido foi financiado pela empresa PROCALÇADO S.A., querendo desta forma deixar um agradecimento especial a esta empresa, não só pelo financiamento fornecido, mas também pela oportunidade dada para a realização desta dissertação, tendo permitido um contacto direto com a indústria do calçado.

A Doutora Nídia de Sá Caetano, o Doutor António Augusto Areosa Martins e a Doutora Teresa Margarida Correia de Poço Mata, orientadores desta dissertação, são membros integrados do LEPABE - Laboratório de Engenharia de Processos, Ambiente Biotecnologia e Energia, financiado pela Unidade de Investigação UID/EQU/00511/2019 - Laboratório de Engenharia de Processos, Ambiente, Biotecnologia e Energia - LEPABE - financiado por fundos nacionais através da FCT/MCTES (PIDDAC).



UNIÃO EUROPEIA
Fundo Europeu
de Desenvolvimento Regional



Resumo

A procura constante de novos e melhores produtos por parte do Mercado traz às empresas uma necessidade constante de melhoria e otimização contínua dos seus processos e produtos.

Neste enquadramento, o mercado da indústria do calçado não foge à regra e devido ao seu crescimento nos últimos anos, nomeadamente no setor da exportação, as empresas que o constituem têm vindo a preocupar-se cada vez mais com a otimização dos seus produtos, aliando isso a uma diminuição, tanto quanto possível, de custos e à criação de valor para a empresa.

Neste sentido, o trabalho desenvolvido consiste numa otimização de formulações ao nível dos compostos de borracha, sendo esta conseguida através de uma redução do número de bases existentes na empresa. Uma vez que se trata de um trabalho desenvolvido na área das formulações, este pode ser entendido como uma otimização geral com ação no setor considerado o coração da empresa, apresentando deste modo uma grande importância para todo o bom funcionamento da empresa.

Desta forma, a redução do número de bases foi levada a cabo com base na aplicação de diversos critérios específicos de eliminação e de agrupamento entre bases similares. Estando esta redução implementada, foi atualizada a lista de propriedades das diferentes bases de que a empresa dispõe e criada uma ficha técnica com estas mesmas informações para cada base em particular.

Para além disto, foi também desenvolvido um trabalho na área das cores existentes na empresa, que tem como objetivo a desmaterialização da documentação, isto é, a eliminação de toda a informação em papel referente às cores e a sua incorporação e atualização no sistema *SAP ERP*.

Assim, com o trabalho desenvolvido foi possível não só reduzir o número de bases, como também atualizar a informação relativa a estas, e posteriormente às cores, no sistema *SAP ERP*. Deste modo, a consulta das formulações torna-se bastante mais simples, uma vez que, esta funcionalidade do sistema integrado de gestão permite que esta consulta possa ser realizada através do suporte digital, sendo apresentada no sistema toda a informação necessária.

Palavras Chave:

Borracha, Formulações, Bases, Desmaterialização, Otimização de processos

Abstract

The constant demand by the Market for new and better products gives to the companies a constant need for continuous improvement and optimization of their processes and products.

In this context, the footwear industry does not go beyond the rule and, due to its growth in recent years, particularly in the export sector, the companies have been increasingly concerned with the optimization of their products, combining this with a reduction, as much as possible, of costs and, ultimately, the creation of value for the company.

In this sense, the project developed consists of an optimization of rubber compound formulations, which is achieved through a reduction in the number of bases in the company. Since it is a work developed in the area of formulations, this can be understood as a general optimization with action in the sector considered the heart of the company. Therefore, it contributes in a great importance for the improvement of the company's operations.

So, with the intent to achieve a formulations optimization, the reduction of the number of bases was carried out based on the application of several specific criteria of elimination and grouping between similar bases. With this reduction implemented, the list of properties of the different bases of the company was updated, and a technical file with the same information was created for each particular base.

Additionally, a work was developed in the area of colors existing in the company, with the objective of dematerializing the documentation, which is, the elimination of all paper information concerning colors and their incorporation and update in the SAP ERP system.

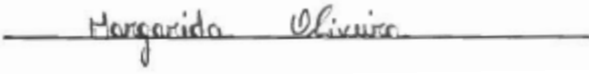
Thus, with the work developed, it was possible not only to reduce the number of bases, but also to update the information related to these, and later to the colors, in the SAP ERP system. In this way, the consultation of the formulations becomes much simpler, since this functionality of the integrated management system allows this consultation can be carried out through the digital support, and all the necessary information is presented in the system.

Keywords:

Rubber, Formulations, Bases, Dematerialization, Process Optimization

Declaração

Eu, Margarida Reis Oliveira, declaro, sob compromisso de honra, que este trabalho é original e que todas as contribuições não originais foram devidamente referenciadas com identificação da fonte.

A handwritten signature in dark ink, reading "Margarida Oliveira", is written over a horizontal line. The signature is cursive and slightly slanted to the right.

Porto, 1 de julho de 2019

Índice

1	Introdução.....	1
1.1	Enquadramento e Apresentação do Projeto	1
1.2	Apresentação da Empresa	2
1.3	Contributos do Trabalho.....	2
1.4	Organização da Tese	3
2	Contexto e Estado da Arte	4
2.1	Tipos de borracha.....	4
2.1.1	Borracha Natural	4
2.1.2	Borracha Sintética	6
2.2	Vulcanização da borracha	8
2.3	Formulações de borracha	9
2.4	Processo de produção de misturas de borracha na empresa	11
3	Materiais e Métodos	15
3.1	Critérios de seleção	15
3.1.1	Eliminação de bases.....	16
3.1.2	Agrupamento de bases.....	18
3.2	Sistema <i>SAP ERP</i>	19
3.3	Métodos de Controlo de Qualidade na Empresa.....	20
3.3.1	Ensaio Reométrico e Análises de Cor e Dureza das diferentes misturas produzidas	20
3.3.2	Ensaio Físico-Mecânicos.....	23
3.4	Atualização das Cores	24
4	Resultados e Discussão.....	27
4.1	Eliminação de bases	27
4.2	Agrupamento de bases	31
4.3	Tabela de propriedades.....	35
4.4	Fichas técnicas	39
4.5	Atualização das Cores	42

5	Conclusões	45
6	Avaliação do trabalho realizado.....	47
6.1	Objetivos Realizados	47
6.2	Outros Trabalhos Realizados.....	47
6.3	Limitações e trabalho futuro	47
6.4	Apreciação Final	48
7	Referências	49
	Anexo A - Processo de produção no setor da mistura	51
	Anexo B - Agrupamento de bases.....	56
	Anexo C - Tabela de propriedades	63

Índice de Figuras

<i>Figura 2.1 - Estrutura molecular do cis-1,4-poliisopreno [10].</i>	5
<i>Figura 2.2 - Extração do látex de seringueiras [11].</i>	5
<i>Figura 2.3 - Rede tridimensional formada pelas pontes de átomos de enxofre entre as cadeiras moleculares [20].</i>	8
<i>Figura 2.4 - Sistema elastomérico e correspondentes subsistemas, adaptada de [22].</i>	9
<i>Figura 2.5 - Esquema do planeamento de misturas.</i>	12
<i>Figura 2.6 - Passos principais da produção de misturas no setor da mistura.</i>	13
<i>Figura 3.1 - Divisão das bases por diferentes categorias.</i>	16
<i>Figura 3.2 - Identificação da especificação de Rasto e Vira numa sola produzida na PROCALÇADO S.A.</i>	17
<i>Figura 3.3 - Curva reométrica de um composto de borracha [25].</i>	21
<i>Figura 3.4 - Capas correspondentes às diferentes famílias de cores existentes na empresa PROCALÇADO S.A..</i>	24
<i>Figura 4.1 - Ficha técnica da base S.</i>	41
<i>Figura A.1 - Misturador interno [27].</i>	51
<i>Figura A.2 - Diferentes tipos de rotores; (a) Rotores tangenciais; (b) Rotores penetrantes [17].</i>	52
<i>Figura A.3 - Misturador aberto [29].</i>	53
<i>Figura A.4 - Representação esquemática de um misturador aberto, adaptada de [12].</i>	53
<i>Figura A.5 - Representação esquemática da passagem da pasta de borracha através de um misturador aberto com Stockblender instalado [30].</i>	55

Índice de Tabelas

<i>Tabela 2.1 - Monómeros constituintes, propriedades e limitações mais relevantes e principais aplicações dos diversos tipos de borracha sintética [12, 13, 15-17]</i>	<i>7</i>
<i>Tabela 3.1 - Famílias de cores.....</i>	<i>25</i>
<i>Tabela 4.1 - Formulação da base_B para produção por compressão.....</i>	<i>29</i>
<i>Tabela 4.2 - Formulação da base_B para produção por injeção.....</i>	<i>29</i>
<i>Tabela 4.3 - Proposta de agrupamento entre a base F e a base G.....</i>	<i>33</i>
<i>Tabela 4.4 - Proposta de agrupamento entre a base H e a base I.....</i>	<i>33</i>
<i>Tabela 4.5 - Tabela de propriedades final</i>	<i>37</i>
<i>Tabela 4.6 - Visão geral de uma formulação de uma mistura de borracha no sistema SAP ERP</i>	<i>42</i>
<i>Tabela B.1 - Proposta de agrupamento entre a base J e a base K</i>	<i>57</i>
<i>Tabela B.2 - Proposta de agrupamento entre a base J e a base L</i>	<i>57</i>
<i>Tabela B.3 - Proposta de agrupamento entre a base M e a base N</i>	<i>58</i>
<i>Tabela B.4 - Proposta de agrupamento entre a base O e a base P.....</i>	<i>58</i>
<i>Tabela B.5 - Proposta de agrupamento entre a base Q e a base R.....</i>	<i>59</i>
<i>Tabela B.6 - Proposta de agrupamento entre a base S e a base T</i>	<i>59</i>
<i>Tabela C.1 - Tabela de propriedades inicial.....</i>	<i>64</i>

Notação e Glossário

M_H	Torque máximo	N·m
M_L	Torque mínimo	N·m
$S_{máx}$	Binário máximo	N·m
S_{min}	Binário mínimo	N·m
t_s	Tempo de pré-vulcanização	s
t_{90}	Tempo ótimo de vulcanização	s

Lista de Siglas

APICCAPS	Associação Portuguesa dos Industriais de Calçado, Componentes, Artigos de Pele e seus Sucedâneos
CR	Borracha de policloropreno
EPDM	Borracha de etileno-propileno-dieno
EVA	Etileno-vinil-acetato
HNBR	Borracha de acrilonitrilo butadieno hidrogenado
IIR	Borracha de isobutileno-isopreno
LEPABE	Laboratório de Engenharia de Processos, Ambiente, Biotecnologia e Energia
NBR	Borracha de nitrilo butadieno
PEG	Polietilenoglicol
PROCALÇADO S.A.	Produtora de Componentes para Calçado S.A.
REACH	Registo, Avaliação, Autorização e Restrição de Produtos Químicos
SAP	Sistemas, Aplicativos e Produtos para Processamento de Dados
SBR	Borracha de estireno butadieno
PU	Poliuretano

1 Introdução

1.1 Enquadramento e Apresentação do Projeto

A globalização, com a crescente competição com países emergentes e a necessidade de satisfazer consumidores cada vez mais exigentes e variados, constituem desafios que se colocam cada vez mais às empresas portuguesas, sendo que o seu sucesso e competitividade dependem das suas respostas a estes desafios. A indústria do calçado não é exceção, sendo esta um caso de estudo de sucesso, com um forte crescimento nos últimos anos e uma forte aposta na qualidade e no desenvolvimento de novos produtos e na inovação dos processos de produção. Em particular, atualmente a indústria do calçado aposta fortemente nas exportações, tendo estas vindo a crescer e representando no ano de 2017, segundo dados da Direção Geral das Atividades Económicas e da APICCAPS, um valor de cerca de 1 968 milhões de euros, valor máximo histórico registado [1, 2].

Desta forma, é de elevada importância que as empresas inseridas nesta indústria tenham uma constante preocupação ao nível da otimização e inovação, tanto dos seus produtos como dos seus processos de produção. Para além disso, é imprescindível que essa otimização se reflita também ao nível da capacidade de resposta às exigências atuais dos seus clientes e/ou competidores num mercado cada vez mais global e aberto.

O trabalho desenvolvido na empresa PROCALÇADO S.A. consistiu na análise e otimização das formulações da borracha. Porém, apesar de incidir numa área específica, as atividades e resultados deste trabalho podem ser entendidos como contribuindo para a otimização geral dos processos produtivos da empresa, uma vez que a área das formulações pode ser vista como sendo o centro, o coração da empresa, já que toda a produção depende das formulações de borracha e da forma/qualidade como esta é realizada.

Assim, para além de uma otimização ao nível das formulações e ingredientes existentes, é possível também otimizar o processo no que toca à diminuição da produção de resíduos e aumento da eficiência de produção, com a consequente redução de custos e aumento da qualidade dos produtos. Para além disso, esta otimização tem também um impacto ao nível da melhoria da organização dos vários setores da empresa, possibilitando uma maior simplicidade e eficiência no trabalho dos colaboradores, assim como uma menor probabilidade de ocorrência de erros com as consequentes perdas de produto e os custos daí decorrentes.

1.2 Apresentação da Empresa

A empresa PROCALÇADO S.A. é atualmente uma das empresas líderes na Europa na indústria do calçado. A história desta empresa começou com a fundação da FOR EVER[®] em 1973, que desenvolvia e comercializava solas para as maiores marcas europeias de calçado. Ao longo do tempo a empresa foi crescendo, tendo entrado nos últimos anos no mercado do calçado injetado, o que levou à criação de duas novas marcas: a WOCK[®], marca desenvolvida para o mercado do calçado profissional, e a LEMON JELLY[®], marca na área da moda [3].

Para além das marcas criadas, a PROCALÇADO S.A. assume também um papel importante na área da Responsabilidade Social através da criação da instituição de Solidariedade Social “Pony Club do Porto”, instituição que tem como missão o auxílio a pessoas com necessidades especiais [3].

A empresa dispõe de várias tecnologias de produção para o processamento dos diferentes materiais, sendo estas desenvolvidas de maneira a dar resposta às exigências dos clientes e/ou consumidores, assegurando a qualidade dos seus produtos e a maximização do seu valor acrescentado. Fazem parte destas tecnologias/processos a moldagem por compressão e injeção de borracha, a injeção de termoplásticos, a injeção de EVA (etileno-vinil-acetato) e, por fim, o vazamento de PU (poliuretano), sendo que este último é atualmente um processo subcontratado [4].

1.3 Contributos do Trabalho

O trabalho desenvolvido destaca-se pela sua importância, não só para a empresa em que foi desenvolvido, PROCALÇADO S.A., mas também por se tratar de um setor em que a otimização e a criação de valor é cada vez mais importante para a competitividade futura.

A otimização de formulações na área de borracha desenvolvida neste trabalho contribui significativamente para a simplificação do processo produtivo através da redução do número de bases usadas na empresa, redução esta efetuada por mim, através da análise e aplicação de diferentes critérios. Em particular, o trabalho desenvolvido contribui para a melhoria da organização de diversos setores da empresa, por exemplo simplificando os procedimentos envolvendo o *stock* de matérias-primas, reduzindo a probabilidade de ocorrência de erros o que, consequentemente origina a diminuição da geração de resíduos e aumenta a eficiência da produção, contribuindo assim para um aumento da competitividade da empresa.

Apenas os ensaios físico-mecânicos, que apresentam uma elevada importância uma vez que os seus resultados são tidos em consideração na aplicação dos critérios de redução, não foram efetuados por mim mas sim por técnicos especializados e responsáveis pela realização desses ensaios no Laboratório de Desenvolvimento e Ensaios de Produto que a empresa dispõe.

Desta forma, trata-se de um trabalho muito importante para a melhoria contínua do funcionamento da empresa, nomeadamente ao nível da produção, aumentando a criação de valor para a própria empresa, através da redução não somente de custos e desperdícios, mas também aumentando a qualidade dos seus produtos.

1.4 Organização da Tese

Com o objetivo de apresentar uma visão organizada e detalhada do trabalho desenvolvido, a presente dissertação encontra-se dividida em 6 capítulos principais, sendo referidos de seguida os principais tópicos abordados em cada um destes.

Capítulo 1: Introdução - onde é feito um enquadramento do trabalho realizado acompanhado de uma pequena apresentação da empresa onde este foi desenvolvido e onde são definidos os principais objetivos do projeto.

Capítulo 2: Contexto e Estado da Arte - onde são apresentadas diversas informações acerca da borracha, um pouco da sua história e diferentes tipos existentes, fazendo também referência à área das formulações deste material e, por fim, onde se apresenta o processo de produção de borracha na empresa.

Capítulo 3: Materiais e Métodos - onde são apresentadas as metodologias e critérios usados para a elaboração deste projeto.

Capítulo 4: Resultados e Discussão - onde são apresentados os principais resultados obtidos derivados da redução do número de bases e da atualização de cores implementada.

Capítulo 5: Conclusão - onde se apresentam as principais conclusões do trabalho desenvolvido.

Capítulo 6: Avaliação do trabalho realizado - onde são apresentadas as limitações enfrentadas durante a realização do trabalho e sugestões para um possível trabalho futuro.

Por fim, são apresentadas 3 seções de anexos, onde são contempladas informações complementares, nomeadamente, sobre o equipamento necessário ao processo produtivo de misturas de borracha na empresa e sobre os resultados obtidos.

2 Contexto e Estado da Arte

A cultura Olmeca, que se desenvolveu e floresceu entre 1500 e 400 a.C. (antes de Cristo) foi a primeira a utilizar borracha natural, em particular na manufatura de bolas para atividades lúdicas e religiosas, como por exemplo para serem usadas no jogo da bola meso americano. A borracha natural era naturalmente vulcanizada por mistura com a seiva de outra planta e posteriormente aquecida. Mais tarde, as culturas Maia e Azteca estenderam a utilização da borracha natural a outros produtos, como por exemplo à impermeabilização de têxteis [5].

Este conhecimento perdeu-se durante a conquista espanhola, no século XVI, mas foi redescoberto durante o século XVIII, como resultado de expedições científicas à zona da Amazônia. Mas os conhecimentos sobre o material eram quase nulos e não havia aplicações para o material. Só mais tarde, com a descoberta da vulcanização, em 1839, por Charles Goodyear, a borracha começou a ganhar a devida importância, tendo começado a ser descobertas inúmeras utilizações e aplicações para esse material [6, 7].

2.1 Tipos de borracha

A borracha é um polímero que pode ter origem natural ou sintética. Inicialmente apenas a borracha natural era alvo de estudo e utilização. Mais tarde, com a evolução do conhecimento sobre o material e o seu processo de polimerização, a dificuldade em satisfazer a procura de borracha e a necessidade de se obterem materiais com outras propriedades para outras aplicações, surgiu a borracha sintética, apresentando esta propriedades bastante melhoradas em diversos aspetos, quando comparada com a borracha natural inicialmente usada.

2.1.1 Borracha Natural

A borracha é um polímero natural constituído por monómeros de isopreno, predominantemente na configuração *cis* (Figura 2.1) sendo obtida a partir do látex extraído de seringueiras (*Hevea brasiliensis* e outras espécies *lactigéneas*), através de uma pequena incisão no caule desta árvore (Figura 2.2) [6]. A composição do látex geralmente é de cerca de 30 a 40 % em massa de borracha, sendo o restante água. O látex, depois de ser recolhido, sofre um processo de coagulação para separar estes dois componentes. Este processo pode ser espontâneo (coagulação espontânea) ou realizado com o auxílio de coagulantes [8].

As seringueiras constituem atualmente a principal fonte de produção de borracha natural, tendo sido esta, em 2017, de cerca de 13.551 mil toneladas por ano [9].

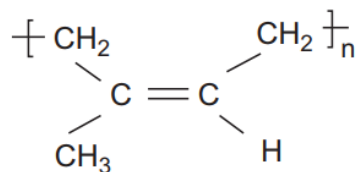


Figura 2.1 - Estrutura molecular do cis-1,4-poliisopreno [10].



Figura 2.2 - Extração do látex de seringueiras [11].

A borracha natural pode também ser obtida a partir de outras duas espécies de árvores, em particular das espécies *Parthenium argentatum* (guaiule) e *Taraxacum koksaghyz* (dente-de-leão russo). Porém, estas espécies apresentam algumas desvantagens quando comparadas com a seringueira, como por exemplo a não tolerância dos arbustos guaiule a baixas temperaturas. Apesar das desvantagens, constituem fontes permissoras da produção de borracha natural, uma vez que permitem a produção de largas quantidades com propriedades semelhantes à produção pela seringueira [8].

Das várias propriedades da borracha natural destaca-se a sua elevada elasticidade e flexibilidade e uma boa resistência a baixas temperaturas. Para além disto, este material possui também uma elevada resiliência e é impermeável [12, 13]. Desde sempre, a borracha natural tem vindo a ser utilizada numa alargada gama de produtos, como adesivos, pneumáticos, luvas, tubos e mangueiras, calçado e seus componentes, pavimentos e artigos farmacêuticos, entre outros. Cerca de 70% da borracha consumida a nível mundial é usada na produção de pneus [8, 14].

2.1.2 Borracha Sintética

Apesar da vasta gama de aplicações da borracha natural, na primeira metade do século XX o aumento da procura da borracha natural combinado com dificuldades de transporte das zonas de cultivo e colheita (zonas tropicais) para as zonas de maior consumo e/ou utilização limitou o desenvolvimento de produtos com base na borracha natural. O aumento do conhecimento sobre a composição química e as propriedades resultou no desenvolvimento da borracha sintética, que permitiu minimizar os problemas de fornecimento da matéria-prima e estender a gama de aplicações com novas formas de borracha com propriedades melhoradas e/ou distintas da borracha natural.

A borracha sintética é obtida a partir de um conjunto variado de monómeros, em particular: borracha constituída por monómeros de estireno-butadieno (borracha de estireno butadieno, *SBR*), borracha butílica (borracha de isobutileno isopreno, *IIR*), borracha constituída por monómeros de etileno-propileno-dieno (borracha de etileno-propileno-dieno, *EPDM*), borracha acrilonitrilo butadieno (borracha de nitrilo butadieno, *NBR*) e borracha nitrílica hidrogenada (borracha de acrilonitrilo butadieno hidrogenado, *HNBR*), e, por fim, borracha constituída por monómeros de policloropreno (borracha de policloropreno, *CR*) [12, 13, 15].

Na Tabela 2.1 são apresentadas a constituição, propriedades e limitações mais relevantes, bem como as principais aplicações para cada tipo de borracha sintética mencionado anteriormente.

Tabela 2.1 - Monómeros constituintes, propriedades e limitações mais relevantes e principais aplicações dos diversos tipos de borracha sintética
[12, 13, 15-17]

Tipo de borracha	Monómeros	Propriedades mais relevantes	Principais limitações	Principais aplicações
Borracha de estireno butadieno - SBR	Monómeros de estireno-butadieno	- Resistência à abrasão	- Não tem resistência à chama	- Pneus - Componentes de calçado
Borracha butílica - IIR	Monómeros de isobutileno e isopreno	- Excelente estabilidade ao envelhecimento - Boa resistência a ácidos e bases minerais - Excelente resistência a intempéries - Boa capacidade de amortecimento - Elevada impermeabilidade a gases	- Baixa resistência ao óleo - Baixo inchamento (<i>swelling</i>) em solventes polares	- Câmaras-de-ar para pneus - Forros de tetos e tanques - Suportes e para-choques
Borracha de etileno-propileno-dieno - EPDM	Monómeros de etileno-propileno-dieno	- Excelente resistência a intempéries - Estabilidade a temperaturas da ordem dos 150-170 °C - Boa flexibilidade a baixas temperaturas - Boa resistência a ácidos e bases minerais - Excelente resistência elétrica - Boa resistência à absorção de água	- Fraca capacidade de adesão a substratos - Não possui resistência à chama - Baixa resistência ao óleo	- Telhados - Lacs - Mangueiras - Cobertura de cabos de média e alta tensão - Forros de lagoa - Aplicações automóveis
Borracha nitrílica - NBR	Monómeros de nitrilo butadieno	- Excelente resistência a combustíveis e óleos	- Suscetível ao ataque de oxigénio e ozono (oxidação) - Baixa/média resistência ao envelhecimento	- Lacs e mangueiras de óleo e combustível
Borracha nitrílica hidrogenada - HNBR	Monómeros de acrilonitrilo butadieno hidrogenado	- Resistência aos hidrocarbonetos a temperaturas elevadas - Excelente resistência a intempéries e à abrasão	- Custo elevado	- Aplicações na área dos campos de petróleo
Borracha de policloropreno (borracha <i>neoprene</i>) - CR	Monómeros de cloropreno	- Boa resistência ao calor e ao fogo - Média resistência ao óleo e a intempéries - Boa adesão a substratos polares - Boa capacidade de isolamento contra o frio	- Baixa permeabilidade ao ar e ao vapor de água	- Material para pesca - Juntas, mangueiras e revestimentos - Portas corta-fogo - Equipamento para bombeiros (luvas e máscaras)

2.2 Vulcanização da borracha

Tal como referido anteriormente, foi através da descoberta do processo de vulcanização da borracha por Charles Goodyear que esta começou a ser largamente usada em vários produtos para diversas aplicações. Este processo, na sua forma mais simples, consiste na passagem da borracha de um estado plástico para um estado elástico. A vulcanização é um processo que confere características elásticas ao material, isto é, o material deformado pela ação de uma força retoma a forma e dimensões iniciais logo que seja removida essa força [18, 19].

O agente de vulcanização atualmente mais usado é o enxofre e é devido à sua ação perante as cadeias moleculares do isopreno (polímero da borracha natural) que há a formação de uma rede tridimensional. Sob a ação do calor, as ligações duplas carbono-carbono presentes nas cadeias do isopreno sofrem o ataque do enxofre, quebrando, permitindo assim que o enxofre estabeleça, com base em ligações do tipo covalente, pontes de átomos de enxofre entre as cadeias moleculares, dando então origem a uma rede tridimensional, como se mostra na Figura 2.3 [20].

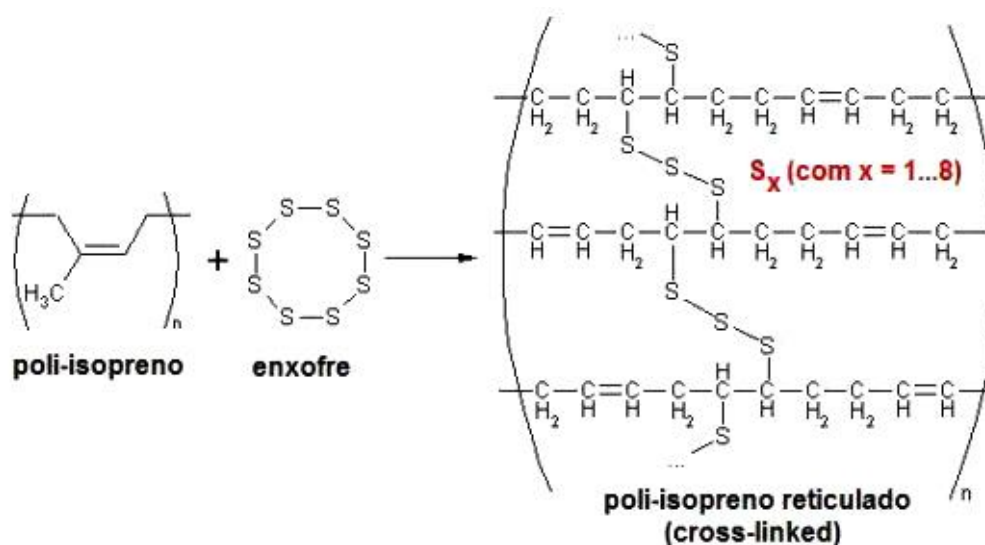


Figura 2.3 - Rede tridimensional formada pelas pontes de átomos de enxofre entre as cadeias moleculares [20].

Este processo permite não só uma melhoria significativa das propriedades da borracha, quer a nível químico como físico, mas também permite solucionar problemas associados a este material como por exemplo o seu amolecimento a temperaturas elevadas ou o seu endurecimento a temperaturas baixas [19]. Depois de vulcanizada, a borracha apresenta uma estrutura fixa, não sendo passível de ser novamente moldada, a não ser que seja submetida a um processo de reversão (regeneração ou desvulcanização), onde este material é sujeito a

processos termoquímicos, havendo a quebra das ligações cruzadas de enxofre, adquirindo a borracha propriedades equiparáveis às da borracha virgem (borracha natural não vulcanizada) [21].

2.3 Formulações de borracha

Quando nos referimos a “borracha”, não nos referimos apenas a um composto contendo o elastômero borracha, mas sim a um conjunto de um ou mais tipos de elastômeros (denominado matriz polimérica), misturados com vários outros ingredientes que permitem ajustar as propriedades da borracha. Entre esses ingredientes encontram-se as cargas, os plastificantes, os antioxidantes e antiozonantes, os ativadores, aceleradores e retardadores de vulcanização, assim como aditivos diversos, como por exemplo os pigmentos. A integração de todos estes ingredientes na matriz polimérica constitui assim uma formulação de borracha, também denominada composição ou composto de borracha. É devido a esta mistura de ingredientes que o composto de borracha adquire as propriedades que lhe conferem as características desejadas/exigidas, tanto ao nível das exigências do cliente e utilizador do produto como das exigências da própria empresa que o vai produzir.

Desta forma, podemos definir uma formulação de borracha como sendo um sistema elastomérico complexo constituído por vários subsistemas, como se pode observar na Figura 2.4. Cada um destes subsistemas desempenha uma determinada função, sempre com o objetivo de melhorar o desempenho do produto final e de responder a todos os requisitos exigidos [15].



Figura 2.4 - Sistema elastomérico e correspondentes subsistemas, adaptada de [22].

O subsistema da matriz elastomérica é o que geralmente está presente em maior quantidade numa composição de borracha. Este é constituído por diversos polímeros (tipos de borracha), sendo por isso em grande parte o subsistema responsável pelas características técnicas que o produto final adquire. A escolha dos polímeros base que vão fazer parte deste subsistema é a primeira etapa da criação de uma formulação e é feita com base nas propriedades que se pretende que o produto final possua [22].

O subsistema de reforço é onde se encontram as cargas que são adicionadas à matriz elastomérica, podendo estas ser cargas reforçantes, semi-reforçantes ou inertes. Tal como o nome indica, a adição destas cargas vem reforçar o sistema existente, contribuindo para a melhoria de várias propriedades, nomeadamente propriedades mecânicas, tais como o módulo, tensão, alongamento na rotura, rasgamento, entre outras [22].

Poderemos também classificar as cargas de acordo com as melhorias que estas venham a introduzir nos compostos de borracha. Assim, teremos cargas de uso geral, cargas retardantes de chama, cargas que melhoram a condutividade térmica e cargas que melhoram a resistência à tração, por exemplo [23]. Entre as várias cargas existentes, destaca-se o negro de carbono, ou negro de fumo, que atualmente tem vindo a ser substituído pela sílica, uma vez que apresenta a desvantagem da cor negra, não permitindo assim que sejam produzidas borrachas de cor clara (branca ou mesmo colorida, o que é importante no setor do calçado).

Os plastificantes, agentes de homogeneização, agentes de dispersão, entre outros, fazem parte do subsistema auxiliares de processo que, tal como nome indica, são aditivos que têm o objetivo de facilitar o processamento, em particular reduzir tempos de processamento, economizar energia e melhorar as qualidades do material, da borracha na sua fase de produção [23]. Estes aditivos são também utilizados para contrabalançar o efeito endurecedor das cargas, uma vez que são ingredientes com um efeito amaciador [15, 22].

O subsistema denominado de aditivos diversos é constituído por ingredientes tais como retardadores de chama, ativadores de carga, agentes anti-estáticos, pigmentos, entre outros. Todos estes apresentam diferentes funções, mas todos eles têm como objetivo melhorar determinadas propriedades da borracha, como por exemplo os ativadores de carga usados para ativar e reforçar o poder da carga usada. Todos os ingredientes deste subsistema não apresentam quantidades definidas, sendo estas dependentes do efeito e do produto pretendido, do tipo de borracha utilizado, entre outros fatores [22]. Os pigmentos são agentes de cor que, quando incorporados no composto de borracha, lhe conferem cor, sendo a quantidade a adicionar dependente da coloração pretendida (cor e tonalidade) [23].

Com o objetivo de proteger o produto já vulcanizado do efeito de diferentes agentes presentes no quotidiano, como por exemplo o oxigénio e o ozono, surge o subsistema de proteção, do qual fazem parte agentes de proteção, tais como os antioxidantes, antiozonantes

e ceras de proteção [22]. Sob o efeito do oxigénio, a borracha pode começar a oxidar, começando a ser visíveis manchas. Sob a ação do ozono, a borracha pode mesmo começar a gretar e a quebrar devido à ação do ozono nas ligações duplas das macromoléculas, fragmentando-as [23]. Desta forma, é fundamental a adição destes agentes de proteção aquando da formulação destes compostos. Geralmente os agentes de proteção são usados em pequena quantidade [15]. Os agentes antioxidantes podem ser manchantes ou não, dependendo da sua constituição química, sendo que o agente é manchante se, sob a ação da luz, calor ou tempo, desenvolver cor, alterando assim a coloração original do produto. Os agentes antiozonantes, tal como os agentes antioxidantes, também podem ser manchantes ou não manchantes [23].

Por fim, o subsistema aliado ao processo de vulcanização inclui não só os agentes de vulcanização como também os aceleradores e retardadores ou inibidores deste processo, sendo que os primeiros contribuem para o aumento da cinética da reação de vulcanização e os segundos retardam ou mesmo inibem o início deste processo. O agente de vulcanização mais usado é o enxofre, atuando este sobre a cadeia polimérica como já referido anteriormente na descrição deste processo [22].

Apesar de todas as descobertas aliadas à borracha e às inúmeras aplicações em que esta é utilizada, existe ainda uma grande complexidade associada a este material e um grande segredo em relação à área das suas formulações. Muito pouco se sabe e é divulgado acerca destas na literatura aberta, facto este que também se deve à própria complexidade do material. Uma pequena mudança nas condições de processamento é suficiente para que o produto final possua características completamente diferentes das adquiridas por um produto em condições usuais. A própria troca ou simples alteração na quantidade de um ingrediente específico pode originar grandes mudanças no comportamento físico e químico do produto desejado.

Deste modo, realça-se a importância do estudo contínuo da borracha para que se consigam ultrapassar cada vez mais as dificuldades existentes, e para que seja possível a otimização da sua produção e a inovação na sua utilização.

2.4 Processo de produção de misturas de borracha na empresa

O processo de definição das formulações de borracha é central ao processo produtivo da empresa, como se pode observar na Figura 2.5 que apresenta a sequência de passos que são seguidos. A partir da receção e análise das encomendas dos clientes é feito o planeamento da produção, que passa pela definição das misturas que vão ser produzidas diariamente, como por exemplo qual será a cor ou a base a usar. Estando o planeamento fechado, este é enviado para o setor da mistura e aí começa a produção das diferentes misturas de borracha.

É importante referir que, no caso específico da empresa PROCALÇADO S.A., a produção das misturas é realizada por um processo indireto, uma vez que as bases usadas nas misturas constituem bases indiretas, ou seja, bases que já se encontram produzidas em *stock*. Isto deve-se ao facto da quantidade produzida de cada mistura ter de corresponder à quantidade que o misturador interno, equipamento mencionado de seguida, consegue processar, neste caso, 50 kg. Desta forma, todas as misturas produzidas são constituídas por 50 kg da Mãe, porém, nem sempre as quantidades pedidas nas encomendas correspondem a este valor. Assim, este facto resulta numa utilização da quantidade de base necessária à mistura em questão e uma deposição em *stock* da restante quantidade, dando origem a reservas de bases.

Aquando do planeamento diário de misturas e da análise das bases necessárias à produção destas, é verificado se essas bases existem em reserva e, caso existam, são então utilizadas. Em caso de não existirem, são produzidas no momento.

Desta forma, esta produção por processo indireto permite que ocorra um maior aproveitamento dos ingredientes e das bases produzidas e permite também uma otimização ao nível do tempo de produção, uma vez que estas bases já se encontram previamente produzidas.

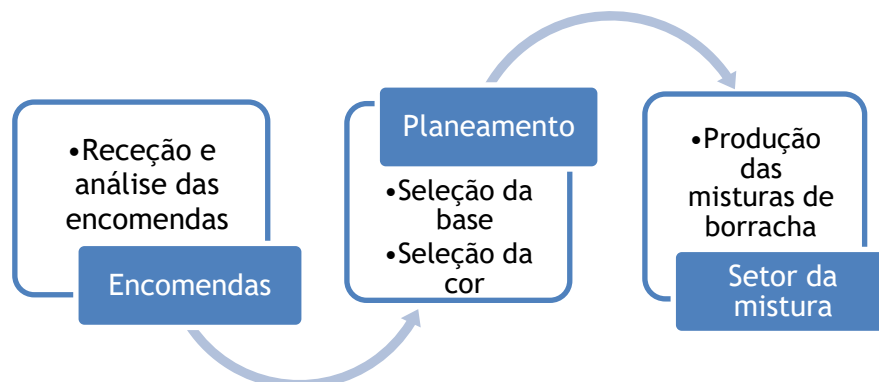


Figura 2.5 - Esquema do planeamento de misturas.

Antes de detalhar o processo produtivo que ocorre no setor da mistura, é importante fazer a distinção entre uma formulação de uma mistura e uma base, dois conceitos que são usualmente confundidos entre si, ou então mesmo considerados como semelhantes, o que não é correto.

Assim, uma base é a designação atribuída ao conjunto dos diferentes tipos de polímero/borracha e aditivos diversos, tais como as cargas, plastificantes, antioxidantes, entre outros. Por outro lado, a formulação de uma mistura corresponde já ao conjunto constituído por uma base específica, pelos aceleradores e agente de vulcanização, o enxofre, e pelos pigmentos. Deste modo, cada formulação específica é constituída por uma única base, podendo

existir várias formulações baseadas na mesma base, variando apenas entre elas na inclusão ou não de alguns aditivos necessários para ajustar a manufatura dos produtos pretendidos.

Desta forma, inicia-se então a produção das misturas de borracha planeadas no setor da mistura, sendo os principais passos desta etapa apresentados na Figura 2.6.

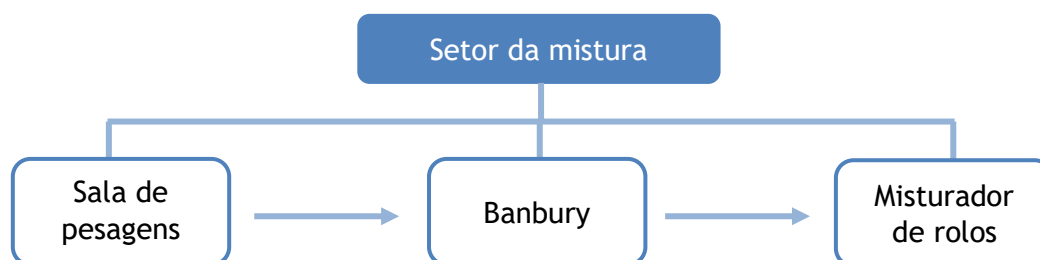


Figura 2.6 - Passos principais da produção de misturas no setor da mistura.

Inicialmente são pesados os diferentes tipos de componentes necessários às misturas, nomeadamente os diferentes tipos de borracha, aditivos, aceleradores e pigmentos. Numa primeira fase, os diferentes tipos de borracha e aditivos correspondentes são pesados de acordo com a base que vão integrar, sendo que as quantidades necessárias de cada ingrediente se encontram tabeladas na ficha correspondente. Simultaneamente, os aceleradores e os pigmentos são pesados na sala de pesagem, sendo que as respetivas quantidades necessárias se encontram especificadas em capas devidamente identificadas.

Para a pesagem dos pigmentos para cada cor específica, existe também na sala de pesagens uma pasta para cada família de cores (desde a família dos brancos, código 100, à família dos cinzas, código 900), onde nesta são especificadas as diferentes cores existentes dentro de cada família e a sua identificação para cada base. Para a pesagem dos aceleradores, estes encontram-se também num *dossier*, em que para cada base se encontram definidos quais os aceleradores que a constituem e correspondentes quantidades.

Estando todos os componentes necessários devidamente pesados, estes são enviados para um equipamento de mistura denominado *Banbury*, ou convencionalmente designado como misturador interno. Este equipamento, tal como o próprio nome indica, mistura todos os ingredientes, dando origem a uma pasta. De seguida, essa pasta é descarregada do *Banbury*, dando entrada num misturador aberto, geralmente designado como misturador de rolos ou cilindros. Aqui, a mistura vai ser consecutivamente passada várias vezes entre os rolos até atingir o grau de homogeneização máximo e a espessura da manta de borracha que é necessária

é definida pela distância entre os rolos, que é regulável. A descrição mais detalhada destes dois equipamentos e do seu funcionamento encontra-se no Anexo A.

Por fim, a pasta é retirada do cilindro, sendo essa tarefa realizada de acordo com a forma como cada mistura será processada, tendo por base os dois tipos de processamento das misturas de borracha existentes na empresa: processo de moldagem por compressão e moldagem por injeção. Se a mistura seguir para o primeiro processo, a pasta que é retirada do cilindro segue para uma pré-formadora, que é uma extrusora de êmbolo, onde a quantidade de material e a maneira como este se distribui está pré-definida para se obter o produto final na operação de moldagem.

Se o processamento da mistura for moldagem por injeção, a pasta é retirada do cilindro, sendo posteriormente inserida numa máquina de corte automático, onde daí é retirada em tiras. De seguida, esta segue para o setor da injeção, onde vai ser colocada na máquina, sendo logo transferida para a câmara de injeção. Aí, a pasta sofre um aumento de temperatura, que lhe provoca um abaixamento da viscosidade, passando a adquirir um estado mais líquido, estando deste modo preparada para de seguida ser injetada nos respetivos moldes.

No processo de moldagem por compressão, o material é previamente arrefecido para garantir que não ocorre uma pré-vulcanização da borracha, ou seja, para garantir que este material não vulcaniza antes de entrar nos moldes para a produção do produto final.

3 Materiais e Métodos

Como em todas as indústrias, o principal objetivo de uma empresa é conseguir otimizar a sua produção, simultaneamente com uma redução tanto maior quanto possível dos custos, maximizando assim os lucros para a empresa.

Atualmente, na empresa PROCALÇADO S.A., especificamente no setor da mistura, a percentagem dos custos associada aos ingredientes necessários para fazer as misturas que vão dar origem aos compostos constituintes dos componentes para calçado ainda é muito significativa. Naturalmente, quanto maior o número de ingredientes necessários a estas misturas, maior o custo que a empresa tem que suportar para os ter. Desta forma, é de extrema importância conseguir reduzir o número de ingredientes necessários, sem que, com isto, ocorra uma perda das propriedades vantajosas dos componentes produzidos para calçado. Ao reduzir o número de ingredientes é possível simplificar o número de matérias-primas utilizadas, o que facilita a sua logística e poderá traduzir-se em maiores vantagens comerciais ao adquirir maiores quantidades a um determinado fornecedor em específico.

Para além desta otimização aliada a quantidades e tipo de ingredientes utilizados, a análise e posterior otimização das formulações existentes permite também não só uma melhoria significativa na organização dos vários setores de trabalho, nomeadamente no setor da mistura, como também uma redução dos resíduos associados à produção.

Estes dois aspetos são de elevada importância uma vez que, muitas vezes, devido à rotina e a hábitos gerados, a organização do espaço de trabalho fica por vezes esquecida, gerando assim uma maior dificuldade, por exemplo, na identificação e quantificação de *stock*. Desta forma, torna-se possível melhorar a organização do espaço de trabalho, simplificando assim o trabalho de todos os colaboradores envolvidos e permitindo ainda uma redução da probabilidade da ocorrência de erros.

Antes de iniciar a especificação dos Materiais e Métodos utilizados neste trabalho, é importante referir que, por questões de confidencialidade da empresa PROCALÇADO S.A., a terminologia associada aos nomes das bases segue a ordem das letras do alfabeto. Desta forma, sempre que for referida uma base específica, esta é identificada por uma letra específica do alfabeto, como por exemplo base A. O mesmo se aplica ao capítulo Resultados e Discussão.

3.1 Critérios de seleção

Como já mencionado na descrição do processo produtivo de borracha na PROCALÇADO S.A., Capítulo 2, é importante reforçar a distinção entre uma formulação de uma mistura e uma base. Base é a designação atribuída ao conjunto dos diferentes tipos de polímero/borracha e aditivos diversos, tais como as cargas, plastificantes, antioxidantes, entre outros, que são

comuns a vários tipos de composto ou misturas de borracha. Por outro lado, a formulação de uma mistura corresponde ao conjunto constituído por uma base específica, pelos aceleradores e agente de vulcanização, o enxofre, e pelos pigmentos.

Deste modo, com a distinção clara entre estes dois conceitos, note-se que a otimização de formulações de borracha proposta nesta dissertação assenta sob uma otimização ao nível das bases, ou seja, sob uma eliminação do número excessivo de bases existentes, e não de formulações das diversas misturas.

3.1.1 Eliminação de bases

A otimização e posterior eliminação de bases foi levada a cabo com base em diferentes critérios, sendo que o principal a ter em conta foi a análise das diferentes propriedades das diversas bases existentes (e correspondentes composições) para que, após esta otimização, não se perdessem propriedades que, mais tarde, pudessem prejudicar a qualidade dos produtos produzidos.

Deste modo, passando então aos critérios de seleção específicos, com o objetivo de definir quais as bases a que se podiam aplicar iguais critérios, estas foram agrupadas em diferentes categorias, tendo em conta as suas características e possível critério de seleção que podia ser aplicado no seu caso.

De seguida são apresentadas as cinco categorias formadas.

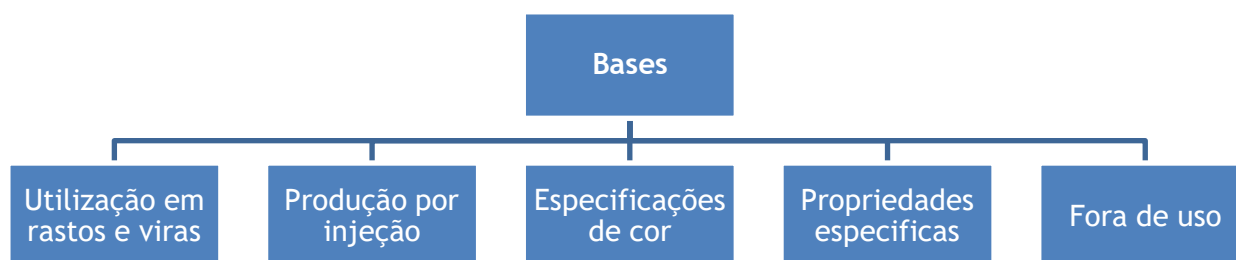


Figura 3.1 - Divisão das bases por diferentes categorias.

A primeira categoria formada engloba todas as bases que são produzidas para serem utilizadas em rastos e viras. Esta terminologia apenas se aplica a solas bicolores, ou seja, a solas que contenham, pelo menos, duas cores na sua constituição. De um modo geral, considera-se o rasto a parte da sola que está em contacto direto com o chão, sendo esta, por este motivo, mais dura do que a vira.

Para esclarecer estes dois conceitos, apresenta-se de seguida uma imagem de uma sola produzida na PROCALÇADO S.A., onde estão identificadas estas duas especificações.



Figura 3.2 - Identificação da especificação de Rasto e Vira numa sola produzida na PROCALÇADO S.A.

De seguida, a segunda categoria corresponde a todas as bases que são incorporadas em misturas que seguem para o processo de produção de solas por injeção. Como já foi referido na descrição do processo produtivo de borracha na empresa, Capítulo 2, o que difere nestas misturas daquelas que seguem para o processo produtivo por compressão é a sua aceleração (sendo maior no caso do processo por injeção, portanto, necessita utilizar compostos com maior velocidade de vulcanização) e a forma como a borracha é cortada (no caso do processo por injeção, cortada em tiras). Desta forma, pode ser aplicado o mesmo critério a todas estas bases que integrem misturas que sigam por este processo.

Quanto à terceira categoria, esta inclui todas as bases existentes que possuam características específicas de cor, ou seja, todas as bases que foram desenvolvidas para integrarem uma mistura com uma cor específica. Exemplo disto são bases criadas para satisfazer somente a cor castanha.

A quarta categoria abrange todas as bases com propriedades específicas, como por exemplo, propriedades de resistência UV, anti-estáticas ou antifogo. Estas especificações são conseguidas através da adição de diversos aditivos que, como explicado mais à frente no capítulo dos Resultados e Discussão, apenas são adicionados numa fase posterior à formulação da base. Podem também ser incluídas nesta categoria bases que possuam restrições químicas específicas em relação a outras bases com características físicas e mecânicas similares (nomeadamente o cumprimento da legislação CADS por exemplo).

Na empresa PROCALÇADO S.A. são seguidas duas legislações, legislação REACH e legislação CADS, sendo que todos os produtos produzidos nesta empresa já cumprem a primeira legislação mencionada e apenas alguns cumprem a segunda.

A legislação REACH - Registo, Avaliação, Autorização e Restrição de Produtos Químicos - é uma Diretiva Europeia que estabelece regulamentos rigorosos em relação à utilização de substâncias químicas. Desta forma, esta legislação surgiu com o objetivo de melhorar a proteção da saúde humana face, por exemplo, à utilização de compostos químicos potencialmente perigosos.

A legislação CADS é mais específica quando comparada com a anterior e baseia-se na proibição da utilização de dois aceleradores em particular nas formulações dos compostos de borracha. Desta forma, é de elevada importância que o uso destes dois aceleradores seja descartado, dando uso a outros aceleradores não proibidos pela legislação, para que todos os produtos a possam cumprir.

Por fim, foi definida uma categoria que engloba todas as bases que atualmente se encontram fora de uso na empresa. Este fator pode dever-se a vários aspetos tais como a sua criação só e apenas para satisfazer um cliente específico, cliente esse que não exige mais essa base particular, projetos desenvolvidos apenas num período de tempo, redundância de bases, entre outros. Todas as bases que se encontram nesta situação foram agrupadas e vão ser posteriormente eliminadas.

Desta forma, para cada um dos 5 grupos acima descritos, foi aplicado um só critério para todas as bases que constituem cada um deles, sendo a forma de aplicação desse critério e o resultado da eliminação descritos no capítulo dos resultados e discussão.

3.1.2 Agrupamento de bases

Depois de aplicados os critérios acima referidos a cada categoria em específico e consequentemente depois de eliminadas as bases em questão, foi elaborada uma análise e posterior comparação de todas as propriedades das bases que foram mantidas, sendo estas a densidade, dureza, abrasão, rasgamento, alongamento na rotura, módulo a 300%, flexão Bennewart, resistência à chama e ao óleo e, por fim, resistência elétrica.

Esta comparação entre os valores das propriedades permitiu uma elaboração de diversas propostas de agrupamentos entre bases. Estas propostas foram elaboradas com o objetivo de agrupar bases com propriedades semelhantes e/ou que possivelmente davam origem a produtos similares.

Desta forma, um agrupamento entre duas bases com as características anteriormente mencionadas permite uma melhoria bastante significativa na simplificação do trabalho do setor do planeamento e dos colaboradores no setor da mistura, na medida em que a escolha e a

produção, respetivamente, da base é facilitada por esta redução de duas bases semelhantes para apenas uma.

Para além disto, possíveis agrupamentos entre bases constituem um aspeto importante na redução de desperdícios, uma vez que a existência de bases semelhantes origina um excesso de matérias-primas armazenadas, o que pode levar a que algumas delas se estraguem desnecessariamente.

Para além da análise das propriedades das diferentes bases, é importante também ter em conta o preço de cada base, uma vez que um dos objetivos de uma otimização é a redução de custos. Assim, o custo de cada uma das bases foi também considerado como um critério nas hipóteses apresentadas, na medida em que, sempre que possível, tentou-se manter sempre a base com o preço mais baixo. Em situações em que isto não foi possível, deve ser feita uma análise para uma possível diminuição de custo associado a essa base.

3.2 Sistema *SAP ERP*

A empresa PROCALÇADO S.A. utiliza como ferramenta na sua gestão de negócios um sistema de gestão integrado atualmente já bastante conhecido e usado na área de negócios, o sistema *SAP ERP*, *Systeme, Anwendungen und Produkte in der Datenverarbeitung*, em português Sistemas, Aplicativos e Produtos para Processamento de Dados. Criado pela empresa alemã SAP SE, a plataforma SAP é uma plataforma utilizada pelas empresas permitindo que estas beneficiem de um uso inteligente de dados, tecnologias e ferramentas digitais eficientes a nível de gestão empresarial. Entre muitas funcionalidades que caracterizam este sistema ERP, destacam-se a capacidade de gestão financeira, gestão de vendas e clientes, controlo de compras e inventário, entre outros, aspetos todos estes considerados fundamentais para o funcionamento de uma empresa [24].

No caso específico da empresa PROCALÇADO S.A., nomeadamente no setor da mistura na área da borracha, a plataforma SAP apresenta uma importância elevada pois é nela que se encontram todas as informações de que a empresa dispõe relativas às formulações usadas para produzir compostos de borracha. Esta plataforma permite não só o melhor e mais rápido acesso a estas informações por parte de toda a empresa, como uma maior eficiência no que diz respeito ao trabalho efetuado pelos colaboradores no momento da pesagem e mistura dos vários ingredientes, uma vez que apenas é necessário selecionar a mistura pretendida e logo são apresentadas todas as informações necessárias para essa tarefa. Desde a identificação de ingredientes a quantidades a utilizar, tudo se encontra no sistema *SAP ERP*.

Desta forma, grande parte do trabalho desenvolvido passou também por atualizações neste sistema, uma vez que é necessário que todas as informações presentes neste estejam atualizadas.

Assim, par a par à eliminação e agrupamento das bases, foi feita uma contínua atualização dos dados no sistema *SAP ERP*. Esta atualização passou, num primeiro momento, por efetuar um pedido para marcar para eliminação as misturas que possuísem na sua constituição uma base que iria ser eliminada.

É importante referir que, no caso deste sistema *SAP ERP*, apenas se pode marcar para eliminar e não eliminar efetivamente, uma vez que as eliminações apenas podem ser feitas quando o próprio sistema *SAP ERP* é atualizado, o que geralmente apenas ocorre duas a três vezes por ano.

Marcadas as misturas que vão ser eliminadas, seguiu-se a análise das misturas que continham as bases que foram agrupadas. A análise destas passa por comparar as cores em que cada uma está criada para verificar que não se vão perder cores específicas em determinadas misturas. Dando um exemplo concreto, na substituição da base A pela base B, foi preciso rever se todas as cores criadas nas misturas contendo a base A existiam na base B. Se isto não se verificasse, era necessário então passar à criação de novas misturas na base B contendo as cores que faltavam.

Paralelamente a isto, foi também feita uma atualização de todas as misturas existentes uma vez que havia misturas com formulações desatualizadas. Estas desatualizações englobavam ingredientes e quantidades desatualizadas, ingredientes que já não eram utilizados ou mesmo a cor desatualizada. Desta forma, é promovida também uma diminuição de erros e desperdícios, uma vez que desatualizações nas formulações contidas no sistema *SAP ERP* originam misturas e, consequentemente solas produzidas com defeitos e que, muitas vezes, não podem ser corrigidos.

3.3 Métodos de Controlo de Qualidade na Empresa

3.3.1 Ensaios Reométricos e Análises de Cor e Dureza das diferentes misturas produzidas

O processo de vulcanização da borracha é geralmente caracterizado a partir de ensaios reométricos, ensaios estes em que é obtida a curva de vulcanização do material em estudo.

Na indústria da borracha, as curvas de vulcanização obtidas nestes ensaios permitem ter acesso às características de processamento e de vulcanização dos compostos deste material, nomeadamente o acesso à informação acerca da aceleração do composto, ou seja, se a aceleração usada é a mais adequada, se está pouco ou então demasiado acelerada, ou se o tempo de pré-vulcanização está bem ajustado ao processo produtivo. A curva característica destes ensaios apresenta-se na Figura 3.3.

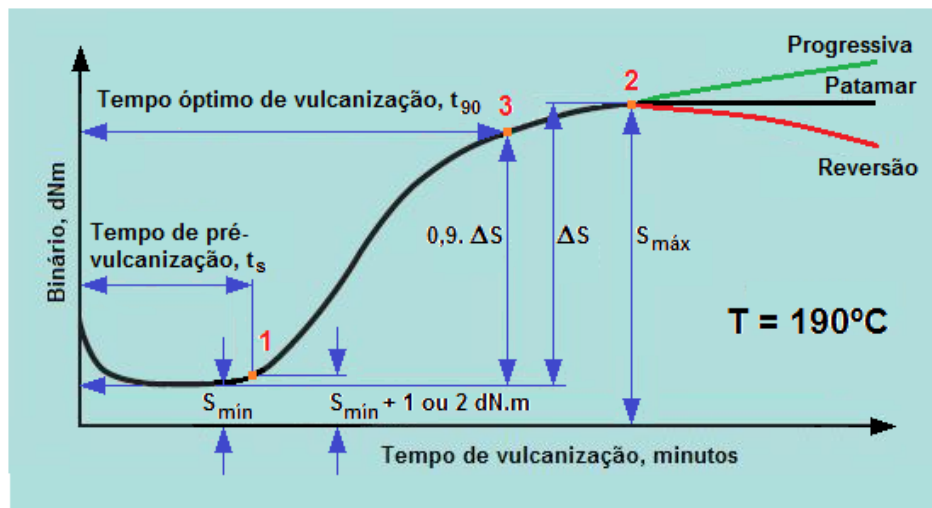


Figura 3.3 - Curva reométrica de um composto de borracha [25].

Uma reometria pode ser dividida em 3 fases.

Uma primeira fase, fase de processamento, onde se pode observar o comportamento viscoso do composto de borracha, sendo fornecidos dados sobre a fluidez deste no molde, nomeadamente o torque mínimo, M_L , representado na Figura 3.3 como S_{min} , binário mínimo, aspeto que reflete a viscosidade do composto à temperatura de vulcanização considerada [12, 25].

Nesta fase, é atingido um primeiro ponto denominado tempo de pré-vulcanização, t_s , tempo este que corresponde ao momento imediatamente após o início do processo de vulcanização do composto [25].

Numa segunda fase, é possível serem obtidos diferentes tempos de cura, como por exemplo o t_{90} , tempo de cura necessário para vulcanizar 90% da borracha, correntemente denominado tempo ótimo de vulcanização, que constituem dados importante sobre o processo de vulcanização [12, 25].

Por fim, é atingida uma terceira fase em que a curva de vulcanização evolui até atingir um ponto máximo, representado na Figura 3.3 como $S_{máx}$, binário máximo, ou como usualmente denominado, torque máximo, M_H , ponto este que corresponde ao grau máximo de vulcanização que a borracha atinge [12, 25].

A partir deste ponto, a curva de vulcanização pode prosseguir segundo três hipóteses:

- A primeira hipótese refere-se a uma progressão da curva de vulcanização mas com um valor constante durante o tempo. Esta hipótese é denominada de vulcanização com patamar (ou plateau). Em casos destes, quando a borracha atinge um valor constante de vulcanização, podemos concluir que as suas propriedades não são afetadas por um excesso de vulcanização. Este tipo de vulcanização é geralmente importante em casos em que o composto de borracha

não sofra uma vulcanização homogênea, ou seja, em casos em que certas zonas da borracha demoram mais tempo a vulcanizar do que outras. Nestes casos, com este tipo de vulcanização, é assegurado que, apesar de algumas zonas já se encontrarem totalmente vulcanizadas e outras ainda não, a borracha não irá perder as suas propriedades [25].

- Uma segunda hipótese em que borracha não chega propriamente a atingir o valor máximo de vulcanização, apresentando uma curva progressiva. Este caso é denominado de vulcanização progressiva e é geralmente associado a borrachas que contenham peróxidos e composições à base de policloropreno na sua constituição [25].

- Por fim, uma terceira hipótese, em que o composto atinge o valor máximo de vulcanização, $S_{máx}$, porém a sua curva, após este ponto, sofre logo de seguida uma descida, indicando que o seu processo de vulcanização está a sofrer uma reversão. Este processo, vulcanização com reversão, ocorre quando as propriedades do composto de borracha se começam a degradar devido a uma possível sobre-vulcanização, sendo um processo comum em formulações de borracha natural. Ademais, a ocorrência deste facto pode indicar que a formulação do composto de borracha em questão não é a mais adequada [25].

No caso específico da empresa PROCALÇADO S.A., os ensaios reométricos são realizados logo após a produção da borracha, de maneira a que seja possível validar de imediato a mistura em questão, para que esta possa seguir para os setores de produção de solas.

Destes ensaios, são obtidas no momento as curvas reométricas dos compostos, sendo realizada logo numa primeira instância uma análise da aceleração do composto, ou seja, se este possui a aceleração desejada. Nesse caso, a mistura é validada quanto a esse parâmetro e segue para a avaliação de cor. Se não for aprovada, a mistura é devolvida ao setor respetivo, onde serão realizados ajustes dessa aceleração na mistura.

Paralelamente aos ensaios reométricos, são realizadas análises da cor de cada mistura de borracha que é produzida, onde esta pode ser validada ou então devolvida ao setor da mistura para a sua afinação. A cor é avaliada através da comparação da cor do provete produzido, provete este que corresponde à mistura em avaliação, com placas padrão que a empresa possui para cada cor em específico. Para obter um maior detalhe, para além das placas, é possível também fazer uma comparação entre a cor do provete a avaliar e a cor de outros provetes mais antigos que esse e que tenham sido anteriormente validados.

Tal como o que acontece com a aceleração da mistura, se a cor da mistura não for validada, ou seja, se a mistura não se encontrar com a cor correta, esta é devolvida à produção para que possa ser realizado um ajuste dessa cor.

Por fim, após a produção, para além da aceleração e da cor acima referidas, é ainda analisada a dureza da mistura, sendo esta medida através de um durómetro. O intervalo de

dureza que cada mistura deve possuir encontra-se tabelado, sendo então a validação da dureza da mistura a avaliar efetuada através da medição desta no provete e posterior comparação com o valor tabelado.

Mais uma vez, e de maneira similar ao caso da aceleração e da cor, se o valor de dureza que a mistura possui não se encontrar dentro dos valores limite tabelados, a mistura é devolvida à produção para que sejam realizados ajustes na dureza, de maneira a que a dureza da mistura se encontre dentro dos valores permitidos e desejados.

Deste modo, estando a aceleração, cor e dureza das diferentes misturas validadas após a sua produção, podemos afirmar que estas apresentam as condições apropriadas e desejadas para passar à produção de solas.

Assim, mais tarde, quando a produção de solas terminar, serão ensaiadas e avaliadas de acordo com ensaios mais rigorosos e completos, ensaios estes que são detalhados de seguida, para que assim seja assegurado que todas as solas são entregues ao cliente cumprindo com todas as exigências requeridas e com a melhor qualidade possível.

3.3.2 Ensaios Físico-Mecânicos

Tal como referido anteriormente, todas as solas produzidas na PROCALÇADO S.A. são testadas em diversos ensaios, para que seja possível não só verificar a qualidade da produção, como também certificar que todas estas são entregues aos clientes com a melhor qualidade possível e cumprindo todas as normas/especificações necessárias, nomeadamente os cadernos de encargos do próprio cliente.

Desta forma, a empresa dispõe de um laboratório onde são realizados os seguintes ensaios de controlo de qualidade: densidade, dureza, abrasão, rasgamento, alongamento na rotura, módulo a 300%, tensão na rotura, flexão Bennewart, resistência à chama e ao óleo e, por fim, resistência elétrica. Todos estes ensaios são seguidos com base nos métodos de ensaios das normais ISO referentes a cada ensaio em específico.

Os valores limite das propriedades (e correspondentes tolerâncias) e as especificações para cada sola encontram-se tabelados e dependem do tipo de calçado que a sola vai integrar, das especificações internas definidas pela própria empresa, ou então, como regularmente acontece, de especificações definidas pelo próprio cliente.

Dependendo do ensaio em questão, este pode ser realizado na sola (vulcanizada) no seu todo ou então pode ter que haver a preparação prévia de provetes, em condições perfeitamente definidas. Estes constituem pequenas amostras retiradas de uma sola em específico e a sua forma e dimensões dependem do ensaio em questão.

Especificamente no projeto desenvolvido, não foram realizados ensaios práticos. Porém, esta é uma área diretamente relacionada com o setor da mistura, uma vez que as propriedades que são avaliadas nos ensaios realizados no laboratório são adquiridas aquando da mistura de todos os ingredientes nesse setor. Desta forma, é essencial uma ligação direta entre estas duas áreas para que as solas tenham todas as propriedades e requisitos necessários.

Para além disto, os resultados destes ensaios assumem um papel fundamental na otimização do número de bases, nomeadamente, nas propostas de agrupamento desenvolvidas. É a realização destes ensaios e posterior análise dos resultados que permite reunir todas as propriedades das bases e consequentemente a comparação destas.

3.4 Atualização das Cores

Na parte final da dissertação, não fazendo já parte dos objetivos principais inicialmente definidos, foi também desenvolvido um projeto na área das cores, sendo esta uma área diretamente relacionada com a área das formulações de borracha. Este trabalho consistiu numa atualização no sistema *SAP ERP* das várias cores existentes na empresa.

Como referido na descrição do processo produtivo de borracha na empresa, Capítulo 2, é no setor da mistura, nomeadamente na sala de pesagens, que a cor das misturas é confeccionada. Esta é conseguida através da mistura entre vários pigmentos em diferentes quantidades, aspetos estes dependentes da base e da mistura que essa cor específica vai integrar. As quantidades relativas de cada pigmento, para cada cor e para cada mistura em específico, encontram-se detalhadas em várias capas, cada uma destas identificada com um rótulo com a família de cor que contém, como se pode observar na Figura 3.3.



Figura 3.4 - Capas correspondentes às diferentes famílias de cores existentes na empresa PROCALÇADO S.A..

Assim, o objetivo principal deste trabalho passa pela eliminação das várias capas, e consequentemente do número excessivo de folhas que estas contêm, em prol da adição e atualização de toda a informação que nelas existe em suporte digital, ou seja, no sistema *SAP ERP* de que a empresa dispõe - desmaterialização da informação.

É importante referir que este trabalho, como foi desenvolvido paralelamente aos objetivos inicialmente definidos, foi apenas iniciado, não tendo sido possível ser terminado devido à limitação do período de realização da dissertação em ambiente da empresa.

Na Tabela 3.1 são apresentadas as famílias das diferentes cores existentes na empresa PROCALÇADO S.A..

Tabela 3.1 - Famílias de cores

Família	Cor
100	Branco
200	Pretos
300	Azuis
400	Verdes
500	Vermelhos
600	Beges
700	Castanhos
800	Amarelos
900	Cinzas

Desta forma, para cada família específica, existem várias cores, ou melhor várias tonalidades, derivadas da cor principal, e os pigmentos necessários para conferir essa tonalidade em particular podem variar dependendo da base que a mistura vá conter. Ou seja, isto significa, em termos práticos, que a mesma cor pode apresentar na sua constituição diferentes pigmentos e diferentes quantidades dependendo se vai integrar, por exemplo, a base A ou a base B.

Assim, este trabalho de atualização de cores passou, num primeiro instante, pela identificação da cor que iria ser atualizada, seguida de uma verificação se a informação relativa a esta cor para as diferentes bases estava corretamente definida nas capas e, por fim, pela inserção destes dados no sistema *SAP ERP*, sendo este procedimento repetido para todas as bases em que esta cor estivesse aberta. Na maioria dos casos, salvo algumas exceções, cada base pode ser feita em qualquer cor que conste no catálogo de cores da empresa ou então mesmo em cores de clientes.

Estando o processo terminado, a folha era então retirada da capa, estando deste modo as misturas correspondentes às bases e cores em causa totalmente atualizadas e prontas a ser consultadas no sistema *SAP ERP*.

É ainda importante referir que a ordem pela qual se iniciou esta atualização foi estabelecida com base em prioridades diárias. De acordo com o planeamento diário de misturas, era elaborada uma lista de todas as cores pedidas nesse dia, correspondendo essas às cores prioritárias nesse mesmo dia. Tendo essa lista de cores, era aplicado o procedimento acima descrito, até que todas estivessem devidamente inseridas e atualizadas no sistema *SAP ERP*. No dia seguinte, era repetido exatamente o mesmo procedimento com as novas cores e assim sucessivamente.

Esta ordem de prioridades definida prende-se também com o facto de, fazendo de acordo com o planeamento diário de misturas, as cores que foram corrigidas em primeiro lugar corresponderem às cores que mais são produzidas e têm mais saída na empresa, facilitando desta forma o trabalho dos colaboradores da sala de pesagens quase imediatamente de um dia para o outro.

Desta forma, pensando simultaneamente nas duas atualizações implementadas no sistema *SAP ERP*, atualização das bases e posterior atualização dos aceleradores no momento em que se verificava a mistura neste sistema e, mais tarde, atualização das cores, foi duplamente facilitado o trabalho dos colaboradores. Estando toda a informação atualizada no sistema *SAP ERP*, os colaboradores da sala de pesagem apenas necessitam de abrir a mistura correspondente neste sistema, onde já se encontra toda a informação que precisam, não precisando assim mais de recorrer às capas.

4 Resultados e Discussão

Inicialmente, a PROCALÇADO S.A. apresentava uma lista de 104 bases que, depois de aplicada a estratégia de otimização para a redução desta lista, passaram a apenas 50.

Esta redução de quase 52% no número de bases, como já foi referido, permite não só reduzir os custos a vários níveis para a empresa, como também uma melhoria significativa da organização de toda a empresa, em específico do setor da mistura, tornando mais fácil a procura e seleção dos ingredientes pelos colaboradores deste setor.

Para além disto, esta otimização permitiu uma redução da quantidade de erros cometidos aquando da produção, o que inevitavelmente origina uma redução da quantidade de resíduos e desperdícios produzidos.

Esta otimização engloba não só a eliminação de bases com base em diferentes critérios, como também um agrupamento de algumas das bases que se iriam manter devido a semelhanças entre estas, nomeadamente a nível de propriedades físico-mecânicas.

Paralelamente à otimização do número de bases, na parte final da dissertação, foi também iniciado um trabalho na área das cores, área diretamente relacionada com a das formulações. Este trabalho contribuiu também para a redução de resíduos e desperdícios e para a melhoria da simplicidade e organização do trabalho realizado no setor da mistura, na medida em que permitiu que toda a informação relacionada com as formulações ficasse em suporte digital.

Como referido no capítulo dos Materiais e Métodos, capítulo 3, é importante relembrar que, por questões de confidencialidade da empresa PROCALÇADO S.A., a terminologia associada aos nomes das bases segue a ordem das letras do alfabeto. Desta forma, sempre que for referida uma base específica, esta é identificada por uma letra específica do alfabeto, como por exemplo base A.

4.1 Eliminação de bases

Como referido no capítulo dos Materiais e Métodos, capítulo 3, o processo de otimização teve início numa divisão das diferentes bases existentes por diversas categorias, dando assim origem a uma eliminação de bases por etapas, dependendo do critério aplicado em cada caso específico.

Relativamente à primeira categoria, nesta foram agrupadas todas as bases com especificações correspondentes a rastos e viras. Tomando como exemplo figurativo a base A, o critério de eliminação foi aplicado da seguinte forma: antes do trabalho de otimização, faziam parte do sistema 3 bases desta família - base A, base A_Rasto e base A_Vira. Todas estas apresentam a mesma constituição em termos base, ou seja, em termos de polímeros, aditivos

e aceleradores, sendo a única diferença entre estas a quantidade de sílica e polietilenoglicol (PEG) que as constituem, o que, mais tarde, influenciará a dureza destas.

Enquanto a mistura utilizada para as especificações do rasto leva em média 3 a 4 kg de sílica, para as especificações de vira, esta leva apenas 1 a 2 kg. Quanto à quantidade de PEG, esta difere sempre de uma ordem de grandeza da quantidade de sílica, ou seja, ronda as 300 a 400 g no caso dos rastos e os 100 a 200 g no caso das viras. Desta forma, para cada caso em que existam as especificações de rasto e vira, é assegurada uma redução de três bases para apenas uma em casos que se produzem ambas as especificações, rastos e viras, ou então uma redução de duas bases para apenas uma em casos em que só se produza uma delas, rastos ou viras.

É importante referir que, como já mencionado anteriormente, bases e misturas constituem conceitos diferentes, ou seja, em situações equivalentes à acima mencionada, apesar de se poderem eliminar as bases correspondentes a estas especificações, as misturas correspondentes a estas continuam a ter que existir, mas todas elas com a mesma base. Na otimização em estudo, reduz-se o número de bases existentes, mas não o número de misturas.

Em suma, a eliminação das bases com estas especificações rasto e vira resultou numa eliminação de 10 das 104 bases iniciais.

De seguida, passando agora à segunda categoria definida, e de modo semelhante às bases com especificações rasto e vira, foi possível a eliminação de todas as bases com a designação INJ, bases utilizadas em misturas que seguem para o processo de produção por injeção.

Usando como exemplo as misturas contendo a base B, nada difere entre estas e as misturas contendo a base B_INJ, a não ser a aceleração que estas levam, uma vez que geralmente é necessário que as misturas que seguem para o processo de injeção possuam uma aceleração maior do que as que são produzidas pelo processo de compressão. Este facto é devido ao processo de produção por injeção ter ciclos mais curtos do que o processo de produção por compressão. Deste fato, há uma alteração na aceleração consoante o processo que seguem para que seja possível obter a rentabilidade máxima em cada setor de produção.

Da mesma forma que a sílica e o PEG no caso acima referido, também os aceleradores apenas são adicionados à mistura após a base já estar adicionada, ou seja, em termos de formulações, a aceleração em nada afeta a formulação das bases mas sim as das misturas.

Para uma melhor compreensão, abaixo são apresentadas duas tabelas (Tabela 4.1 e Tabela 4.2) onde podemos observar dois exemplos de misturas, uma contendo a base B e outra contendo a base B_INJ. Através da análise dos componentes e das quantidades que as constituem, facilmente se pode constatar que a única diferença, como já referido, apenas reside na quantidade de acelerador, sendo usado aqui como exemplo o dobro da quantidade no

caso do processo de produção por injeção. No que toca a base, em nada diferem estes dois exemplos, o que suporta a não necessidade de haver a distinção entre estas duas bases.

Tabela 4.1 - Formulação da base_B para produção por compressão

Denominação de Componente	Quantidade	Unidade
Pesagem guilhotina	-	-
Base B_PED	50 000	g
Aceleração cilindro	-	-
Acelerador A	x	g
Acelerador B	y	g
Acelerador C	z	g
Pesagem pigmentos	-	-
COR SBR - 134A	w	g
Peso total	-	g

Tabela 4.2 - Formulação da base_B para produção por injeção

Denominação de Componente	Quantidade	Unidade
Pesagem guilhotina	-	-
Base B_PED	50 000	g
Aceleração cilindro	-	-
Acelerador A	2x	g
Acelerador B	2y	g
Acelerador C	2z	g
Pesagem pigmentos	-	-
COR SBR - 134A	w	g
Peso total	-	g

Para além disso, como referido na descrição do processo produtivo do setor da mistura existente na empresa, a forma como a borracha é depois cortada também difere dependendo do processo para que essa mistura segue: se a mistura seguir pelo processo de compressão, a borracha é preformada já numa forma específica de acordo com o molde e modelo que vai produzir e, se seguir pelo processo de injeção, é cortada em tiras. Porém, apesar disto, analogamente à situação dos aceleradores, esta é uma situação que apenas influencia o processo produtivo pós-mistura, logo em nada influencia a eliminação das bases com as especificações referidas.

Desta eliminação, resultou uma redução de 9 bases no número total.

Seguidamente, numa terceira categoria, foram abrangidas todas as bases que incluíssem na sua designação algo relativo à cor que a mistura adquire depois da sua produção, como por exemplo base C_CAST. Comparando esta com a base C, estas em nada diferem entre si, à exceção de que a primeira apenas consegue produzir misturas de cor castanha e a segunda consegue abranger um leque variado de cores. Como podemos observar nas Tabela 4.1 e 4.2, em termos de formulação base, os pigmentos que são adicionados para originar a cor da mistura em nada influenciam a formulação da base que esta possui. Ou seja, em termos de bases não há a necessidade de existirem bases específicas para cores específicas, uma vez que, a mesma base pode dar origem a diferentes cores, desde que estas sejam possíveis de existir nessa base.

Deste modo, foram eliminadas 5 bases da lista total de bases.

Passando à quarta categoria, categoria das bases com propriedades específicas, como por exemplo propriedades de resistência UV, anti-estáticas, antifogo, entre outras, seguiu-se a eliminação de todas as bases com estas especificações. Usando como exemplo prático a base D_UV, esta em tudo é semelhante à base D, diferindo apenas no aditivo final que possui. Neste caso, trata-se de um aditivo do tipo absorvedor UV para, como o próprio nome indica, permitir à sola a absorção das radiações deste tipo. A aplicação deste critério de propriedades UV apenas levou à eliminação de uma única base.

Para além disto, nesta categoria ocorreu também a eliminação de uma base que, tal como referido no Capítulo dos Materiais e Métodos, requer um acelerador específico quando adicionas a certas misturas. Porém, este facto não é um motivo suficiente para manter esta base em sistema uma vez que, como podemos observar na Tabela 4.2 por exemplo, a adição dos aceleradores em nada se relaciona com a formulação da base. Desta forma, é suficiente que se mantenha uma base, por exemplo a Base E, e que, dependendo da mistura que vai integrar, sejam adicionados os aceleradores que forem necessários.

Assim, conseguiu-se uma redução total de 2 bases nesta categoria.

Por fim, para terminar a primeira fase de eliminação de bases, foi elaborada uma lista de todas as bases que já não eram mais utilizadas e produzidas na empresa, originando assim a última categoria definida.

O único critério aplicado neste caso foi a análise de todas as bases que se mantinham no momento e, para cada uma destas, analisar se ainda eram produzidas atualmente ou não e, caso não fossem, qual a razão para essa situação. Perante a situação em que se encontrava cada uma, foi possível decidir se estas poderiam ou não ser eliminadas.

Dentro das razões apuradas, destaca-se o facto de algumas bases serem compradas fora. Nesta situação, as bases, e consequentemente as suas formulações, não são feitas

internamente, mas sim compradas fora, não tendo o setor da mistura qualquer influência neste caso.

Nesta categoria, foi também analisada a possível redundância existente entre as bases em vigor, ou seja, bases diferentes em que as suas formulações eram praticamente iguais ou então que fossem utilizadas em produtos similares.

Para além disto, foram também consideradas para eliminar todas as bases que já não eram utilizadas porque apenas foram formuladas e posteriormente produzidas para ensaios de projetos específicos, projetos de estudo momentâneos ou então projetos que já não se encontravam em curso, ou ainda, bases formuladas para clientes específicos que já não pedem mais essas Bases em específico.

Com este último critério, foram eliminadas mais 22 bases.

4.2 Agrupamento de bases

Posteriormente à eliminação das bases acima descrita, foi elaborado um estudo e revisão sobre todas as bases que iriam ser mantidas e as suas propriedades, de maneira a propor um possível agrupamento de certas bases. Como já referido anteriormente, esta proposta de agrupamento de certas bases e posterior aprovação veio permitir que deixassem de haver, por exemplo, duas bases com propriedades e usos muito semelhantes, em alguns casos mesmo iguais, o que recai novamente num projeto de otimização, quer de custos quer de materiais.

Na análise e comparação de propriedades, foram tidos em conta os valores relativos à densidade, dureza, abrasão, rasgamento, carga de rotura, alongamento na rotura, módulo a 300%, flexão Bennewart, resistência elétrica e, por fim, a resistência ou não de cada base ao óleo e à chama.

Entre todos estes valores de propriedades, é de salientar que os que apresentam maior importância e relevância e que, por isso, devem ser tidos mais em conta na análise das propostas de agrupamento são os valores da dureza e abrasão. A diferença entre os valores destes dois parâmetros nas bases deve ser tanto menor quanto possível.

Para além das propriedades referidas, outro aspeto a ter em conta é o preço de cada base. Naturalmente, este fator também tem de ser tido em conta uma vez que, como já referido nos objetivos principais desta dissertação, é pretendida uma otimização não só ao nível de bases e materiais como, se possível, de custos para a empresa.

Porém, no trabalho desenvolvido, este fator foi o último a ter em conta, uma vez que, apesar de um dos objetivos gerais das empresas atualmente ser baixar os seus custos, a prioridade foi manter as bases que permitissem um melhor desempenho geral, evitando assim que se perdessem propriedades essenciais quer nas misturas produzidas quer já nas solas finais.

Deste modo, em cada proposta de agrupamento das bases tentou-se sempre manter a base com o preço mais baixo, otimizando assim os custos para a empresa. Quando isto não é possível, ou seja, quando a base que se mantém (ou seja, que possui melhores propriedades) corresponde à que apresenta um maior custo, paralelamente a este agrupamento, surge a necessidade de realizar uma revisão das suas propriedades e de tudo o que se relacione com esta de modo a tentar baixar o seu custo.

Esta revisão não pôde ser realizada no momento em que foram realizadas as propostas de agrupamento em causa, uma vez que é uma área que interfere com todo o funcionamento da empresa. Apenas com o tempo e com a experiência aliada à produção de misturas, se torna possível, por exemplo, analisar e avaliar a formulação de cada base e propor possíveis mudanças na sua formulação com o objetivo de diminuir o seu custo. Estas possíveis mudanças prendem-se, por exemplo, com a substituição de ingredientes usados por outros mais baratos, diminuição das quantidades usadas, entre outros, sendo que com isso não haja uma perda de propriedades.

Desta forma, nas Tabelas 4.3 e 4.4 são apresentados dois exemplos de propostas de agrupamento efetuadas e posterior aceitação/recusa.

Tabela 4.3 - Proposta de agrupamento entre a base F e a base G

		Densidade (g/cm ³)	Dureza (ShA)	Abrasão (mm ³)	Rasgamento (N/mm)	Carga de rotura (MPa)	Alongamento na rotura (%)	M300% (MPa)	Flexão Bennewart (mm)	Fuel Oil (%)	Resist. à chama	Resist. Elétrica (MΩ)	Preço (€)
Hipótese 1	Base F	1,03±0,02	48±3	máx. 180	mín. 7	mín. 12	mín. 600	-	máx. 4	-	-	-	2,60
	Base G	1,03±0,02	47±3	máx. 250	mín. 6	mín. 12	mín. 700	-	máx. 4	-	-	-	3,20

Tabela 4.4 - Proposta de agrupamento entre a base H e a base I

		Densidade (g/cm ³)	Dureza (ShA)	Abrasão (mm ³)	Rasgamento (N/mm)	Carga de rotura (MPa)	Alongamento na rotura (%)	M300% (MPa)	Flexão Bennewart (mm)	Fuel Oil (%)	Resist. à chama	Resist. Elétrica (MΩ)	Preço (€)
Hipótese 2	Base H	1,14±0,02	63±3	máx. 150	mín. 12	mín. 12	mín. 550	-	máx. 4	ΔV máx. +12	-	-	3,10
	Base I	1,18±0,02	62±3	máx. 150	mín. 12	mín. 12	mín. 550	mín. 4	máx. 4	ΔV máx. +12	-	máx. 50	3,50

A primeira hipótese apresentada reúne as características de duas bases, a base F e a G. Ambas apresentam igual densidade e valor de dureza muito semelhante, sendo a diferença entre eles de apenas um valor. A maior diferença entre valores pode ser observada nos valores de abrasão. Apesar disto, e tendo em conta a semelhança entre os valores das restantes propriedades, podemos considerar válido o agrupamento entre estas duas bases.

Assim, observando a Tabela 4.3, podemos afirmar que a base F apresenta um melhor valor de abrasão, possuindo este um máximo de 180 mm³.

A resistência à abrasão é tanto melhor quanto menor for o seu valor máximo, uma vez que, nesse caso, há menos desgaste abrasivo da sola, ou seja, ocorre menor perda de material aquando da ação de partículas na superfície da sola.

Deste modo, e tendo em conta o melhor valor de abrasão, é favorável a eliminação da base G em prol de manter apenas a base F.

Para além disto, neste caso, não é necessário efetuar uma revisão a nível de custos das propriedades da base que se vai manter, uma vez que esta é a base que apresenta o menor custo, contribuindo então assim para uma diminuição dos custos para a empresa.

Deste modo, este agrupamento e consequentemente a eliminação da base G em prol da base F é um exemplo de otimização quer a nível de propriedades, uma vez que se mantém a base com valores de propriedades mais favoráveis, ou seja, melhor desempenho, quer a nível de custos, uma vez que a base que se vai manter em sistema é a base que apresenta um menor custo.

Em termos numéricos, por cada vez em que a base G passa a ser substituída pela base F, é conseguida uma redução de custos de cerca de 60 cêntimos o que, ao fim de um ano de produção, se reflete numa poupança bastante elevada por parte da empresa nos custos de produção das misturas associados a estas bases.

A segunda hipótese recai sobre o possível agrupamento da base H e I. Estas apresentam valores bastantes semelhantes, apresentando mesmo propriedades em que estes são iguais, tais como a abrasão, o rasgamento, a carga na rotura, entre outras. Estes valores podem ser lidos na Tabela 4.4.

Deste modo, numa primeira instância, devido a esta grande similaridade entre as propriedades das duas bases, o primeiro pensamento é que o agrupamento entre estas seja possível. Porém, isto não aconteceu devido à diferença na resistência elétrica que estas possuem. Enquanto a base I apresenta resistência elétrica, nomeadamente um comportamento anti-estático, ou seja, apresenta valores de resistência elétrica num intervalo de valor máximo 50 MΩ, a base H não possui resistência elétrica. Este fator tem uma grande influência no

comportamento das misturas que vão ser produzidas a partir destas bases, principalmente na escolha e posterior comportamento em produtos em que vão ser futuramente usadas.

As bases, e consequentemente as misturas, podem ser classificadas de acordo com o valor de resistência elétrica que possuem em duas alternativas: misturas com comportamento ESD, *electric static dissipative*, apresentando estas um valor máximo de 35 M Ω , e misturas AE, *anti static*, sendo o valor máximo possível 50 M Ω .

Assim, aplicando a mesma estratégia e utilizando como base critérios equivalentes aos das duas hipóteses acima referidas, foram aceites mais 4 agrupamentos entre bases e recusadas duas hipóteses propostas.

Estas propostas de agrupamento, assim como as propriedades de ambas as bases de cada um deles, são apresentadas no Anexo B, nas Tabelas B.1 a B.6.

Em conclusão, contabilizando as bases que foram eliminadas pelos critérios específicos de seleção aplicados - 48 bases - e as bases que foram eliminadas resultantes dos agrupamentos realizados - 6 bases (uma vez que, como explicado no Anexo B, um agrupamento resultou na eliminação simultânea de duas bases), obtemos então um total de 54 bases eliminadas das 104 iniciais.

4.3 Tabela de propriedades

Atualmente, a empresa PROCALÇADO S.A. dispõe de uma tabela de propriedades para consulta interna onde podem ser facilmente consultados todos os valores tabelados para cada base disponível.

A criação desta tabela no passado teve como objetivo facilitar e promover a rápida consulta das várias propriedades das diferentes bases por parte da empresa em diversas situações, como por exemplo, na escolha de uma base em específico para determinada encomenda. Deste modo, em situações análogas, bastava a consulta dessa tabela e análise dos diferentes valores tabelados para cada base, para poder ser escolhida a base que mais se adequava às especificações exigidas.

Assim, finalizado o processo de eliminação e agrupamento das bases, e tendo em conta que a existência desta tabela para consulta interna é uma mais-valia para o bom funcionamento da empresa, surge a necessidade de realizar uma atualização, e se possível uma melhoria, desta.

Desta forma, e num primeiro momento, foi elaborada uma nova tabela de propriedades contendo apenas as bases que se mantiveram. Nesta nova tabela e no que toca às propriedades das bases, foram mantidas todas as informações que anteriormente constavam nesta, ou seja, foram mantidos todos os valores tabelados referentes às propriedades físico-mecânicas que já

constavam na tabela anterior, à exceção dos valores referentes à flexão Bennewart, uma vez que esta é igual para todas as bases (máx. 4).

Para além disto, e de maneira a contemplar outras informações com elevada importância relativas às diferentes bases, foram também adicionados dados sobre o tipo de calçado, cor e cumprimento ou não dos requisitos CADS para cada base em específico.

De seguida, é apresentada a tabela de propriedades final, Tabela 4.5, resultante da otimização realizada, sendo que a que a empresa dispunha inicialmente é apresentada no Anexo C.

Tabela 4.5 - Tabela de propriedades final

Referência	Tipo de calçado	Cor	CADS	Densidade (g/cm ³)	Dureza (ShA)	Abrasão (mm ³)	Rasgamento (N/mm)	Carga de rotura (MPa)	Alongamento na rotura (%)	M300% (MPa)	Flexão Bennewart (mm)	Fuel Oil (%)	Resist. à chama	Resist. Elétrica
Calçado de Segurança		-	-	>0,9	-	máx. 150	mín. 8	-	-	-	máx. 4	✓	-	-
Calçado Casual		-	-	>0,9	-	máx. 250	mín. 8	-	-	-	máx. 5	-	-	-
Calçado Desportivo		-	-	>0,9	-	máx. 200	mín. 8	-	-	-	máx. 4	-	-	-
A	Solas bicolores	Opaco	-	1,19±0,02	66±3	máx. 250	mín. 15	mín. 12	mín. 600	mín. 2,5	máx. 4	-	-	-
B	Solas bicolores	Opaco	-	1,17±0,02	59±3	máx. 250	mín. 10	mín. 14	mín. 700	mín. 1,5	máx. 4	-	-	-
C	Casual e Desportivo	Opaco	-	1,15±0,02	55±3	máx. 220	mín. 8	mín. 12	mín. 500	mín. 1,5	máx. 4	-	-	-
D	Casual e Desportivo	Translúcido	-	1,13±0,02	55±3	máx. 250	mín. 8	mín. 10	mín. 600	mín. 1,2	máx. 4	-	-	-
E	Casual e Desportivo	Translúcido	-	1,14±0,02	60±3	máx. 160	mín. 10	mín. 12	mín. 500	mín. 2,5	máx. 4	-	-	-
F	Rasto + Etiquetas	Opaco	-	1,20±0,02	65±3	máx. 250	mín. 15	mín. 12	mín. 550	mín. 3	máx. 4	-	-	-
G	Casual de cor	Opaco	-	1,13±0,02	60±3	máx. 180	mín. 8	mín. 12	mín. 600	mín. 2,5	máx. 4	-	-	-
H	Casual	Preto	-	1,14±0,02	60±4	máx. 220	mín. 12	mín. 10	mín. 650	-	máx. 4	-	-	-
I	Casual	Preto	-	1,14±0,02	55±3	máx. 220	mín. 10	mín. 12	mín. 500	mín. 2	máx. 4	-	-	-
J	Casual	Opaco	✓	1,16±0,02	55±3	máx. 220	mín. 6	mín. 8	mín. 550	mín. 1,5	máx. 4	-	-	-
K	Casual	Opaco	✓	1,14±0,02	65±3	máx. 200	mín. 8	mín. 10	mín. 500	mín. 3	máx. 4	-	-	-
L	Casual	Opaco	✓	1,19±0,02	70±3	máx. 250	mín. 16	mín. 12	mín. 550	mín. 3	máx. 4	-	-	-
M	Casual	Opaco	✓	1,14±0,02	75±3	máx. 200	mín. 12	mín. 16	mín. 500	mín. 4,5	máx. 4	-	-	-
N	Casual	Opaco	✓	1,18±0,02	85±3	máx. 200	mín. 15	mín. 15	mín. 400	mín. 7,5	máx. 4	-	-	-
O	Casual	Opaco	-	1,12±0,02	55±3	máx. 180	mín. 8	mín. 10	mín. 500	mín. 2	máx. 4	-	-	-
P	Casual	Translúcido	-	1,10±0,02	55±3	máx. 180	mín. 8	mín. 10	mín. 500	mín. 2	máx. 4	-	-	-
Q	Casual	Opaco	-	1,03±0,02	48±3	máx. 180	mín. 7	mín. 12	mín. 600	-	máx. 4	-	-	-
R	Casual	Translúcido	✓	1,06±0,02	55±3	máx. 150	mín. 12	mín. 14	mín. 500	-	máx. 4	-	-	-
S	Casual	Translúcido	✓	1,09±0,02	60±3	máx. 200	mín. 7	mín. 12	mín. 650	-	máx. 4	-	-	-
T	Casual	Opaco	-	1,13±0,02	63±3	máx. 180	mín. 14	mín. 14	mín. 700	-	máx. 4	-	-	-
U	Casual	Opaco	-	1,14±0,02	75±3	máx. 200	mín. 8	mín. 12	mín. 400	-	máx. 4	-	-	-
V	Casual	Opaco	-	1,11±0,02	70±3	máx. 160	mín. 8	mín. 12	mín. 500	mín. 4	máx. 4	-	-	-
W	Casual	Opaco	-	máx. 1,30	75-85	máx. 220	mín. 10	mín. 10	mín. 400	-	máx. 4	-	-	-
X	Casual	Opaco	-	1,10±0,02	65±3	máx. 180	mín. 10	mín. 10	mín. 500	mín. 3	máx. 4	-	-	-
Y	Casual	Opaco	-	1,14±0,02	70±3	máx. 120	mín. 25	mín. 14	mín. 650	-	máx. 4	-	-	-
Z	Casual	Opaco	-	1,13±0,02	75-85	máx. 110	mín. 25	mín. 14	mín. 400	-	máx. 4	-	-	-
AA	Casual	Translúcido	-	1,01±0,02	43±3	máx. 250	mín. 6	mín. 7,5	mín. 275	-	máx. 4	-	-	-
BB	Segurança	Opaco	-	1,14±0,02	45±3	máx. 110	mín. 16	mín. 14	mín. 600	mín. 3	máx. 4	✓	-	AE
CC	Segurança	Opaco	-	1,14±0,02	45±3	máx. 110	mín. 16	mín. 14	mín. 600	mín. 3	máx. 4	✓	-	ESD

*Continuação da tabela anterior

Referência	Tipo de calçado	Cor	CADS	Densidade (g/cm ³)	Dureza (ShA)	Abrasão (mm ³)	Rasgamento (N/mm)	Carga de rotura (MPa)	Alongamento na rotura (%)	M300% (MPa)	Flexão Bennewart (mm)	Fuel Oil (%)	Resist. à chama	Resist. Elétrica
DD	Segurança	Opaco	-	1,17±0,02	55±3	máx. 150	mín. 10	mín. 16	mín. 550	mín. 4,5	máx. 4	✓	-	AE
EE	Segurança	Opaco	-	1,17±0,02	55±3	máx. 150	mín. 10	mín. 16	mín. 550	mín. 4,5	máx. 4	✓	-	ESD
FF	Segurança	Opaco	-	1,20±0,02	70±3	máx. 150	mín. 14	mín. 16	mín. 450	mín. 7	máx. 4	✓	-	AE
GG	Segurança	Opaco	-	1,20±0,02	70±3	máx. 150	mín. 14	mín. 16	mín. 450	mín. 7	máx. 4	✓	-	ESD
HH	Segurança	Opaco	-	1,21±0,02	65-70	máx. 130	mín. 12	mín. 16,7	mín. 500	-	máx. 4	✓	✓	-
II	Segurança	Preto	-	1,30±0,02	65±3	máx. 130	mín. 8	mín. 10	mín. 300	-	máx. 4	✓	✓	AE
JJ	Segurança	Opaco	✓	1,14±0,02	63±3	máx. 150	mín. 12	mín. 12	mín. 550	-	máx. 4	✓	-	-
KK	Segurança	Opaco	-	1,19±0,02	66±3	máx. 150	mín. 12	mín. 14	mín. 700	-	máx. 4	✓	-	-
LL	Segurança	Opaco	-	1,17±0,02	70±3	máx. 150	mín. 10	mín. 15	mín. 550	-	máx. 4	✓	-	AE
MM	Segurança	Opaco	-	1,18±0,02	65±3	máx. 150	mín. 15	mín. 15	mín. 550	mín. 4	máx. 4	✓	-	AE
NN	Segurança	Opaco	✓	1,17±0,02	65±3	máx. 110	mín. 8	mín. 14	mín. 500	-	máx. 4	✓	-	AE
OO	Segurança	Opaco	-	1,15±0,02	52±3	máx. 150	mín. 10	mín. 10	mín. 350	mín. 2,5	máx. 4	✓	-	-
PP	Segurança	Opaco	-	1,14±0,02	59±3	máx. 150	mín. 10	mín. 10	mín. 450	mín. 3,5	máx. 4	✓	-	AE
QQ	Ecco	Translúcido	✓	-	52-58	máx. 150	mín. 8	mín. 10	mín. 350	mín. 4,5	máx. 4	-	-	-
RR	Casual	Transparente	-	1,05±0,02	62±3	máx. 100	mín. 5	mín. 7	mín. 300	-	máx. 4	-	-	-

4.4 Fichas técnicas

Terminada a eliminação e agrupamento de bases, de forma semelhante à elaboração da tabela de propriedades das diferentes bases, surgiu a necessidade da criação de uma ficha técnica específica para cada uma das bases que foram mantidas em sistema.

A criação destas fichas técnicas surge também com a necessidade da existência de um documento específico sobre cada base que pudesse ser enviado ao cliente e que fosse de fácil compreensão e leitura para este. Assim, foi possível reunir num só documento vários tipos de informação essencial referente à base, o que serve de apoio e facilita a escolha da base pretendida por parte do cliente.

Nestas fichas são agrupadas várias propriedades e informações relativas a cada base, nomeadamente a densidade, dureza, resistência à abrasão, rasgamento, carga de rotura, alongamento na rotura, resistência à flexão-Bennewart, resistência elétrica e, por fim, resistência ao óleo. Todos os valores relativos à especificação que cada uma das bases em particular tem de cumprir encontram-se tabelados nestas fichas, bem como a norma de referência que cada uma segue.

Para além disto, estas fichas técnicas podem contemplar também valores referentes a resultados de ensaios específicos, referentes a casos em que, por exemplo, o cliente peça que certos ensaios sejam feitos em misturas. Em casos destes, as fichas contemplam então não só os valores das especificações que as propriedades têm de cumprir mas também os valores resultantes dos ensaios específicos.

Por fim, para além destes dois aspetos, nas fichas técnicas podem também ser consultadas várias informações sobre:

- Tipo de calçado que a base integra:
 - Calçado casual
 - Calçado desportivo
 - Calçado de segurança
- Tipos de moldes em que trabalha:
 - Moldes sem ou com caixa
 - Moldes sem ou com tacão
 - Moldes de etiqueta
- Cor:
 - Opaco

- Translúcido
- Transparente
- Requisitos específicos:
 - REACH
 - CADS

A seguir apresenta-se um exemplo de uma ficha técnica, criada para a base S.



CERTIFICADO DE ENSAIO

PHYSICAL PROPERTIES REPORT/CERTIFICADO DE ENSAYO/CERTIFICAT DE CONFORMITÉ

FORNECEDOR (SUPPLIER/PROVEDOR/FOURNISSEUR): PROCALÇADO – Produtora de Componentes para Calçado, S.A

CLIENTE (CUSTOMER/CLIENTE/CLIENT):

REF.SOLA (NAME OF UNIT/REF.SUELA/NOM DE L'UNITÉ):

MATERIAL (COMPOUND/MATERIAL/MÉLANGE):

REF.Nº: Mãe S

CERTIFICADO ANEXO A
REPORT ATTACHED TO
CERTIFICADO ANEXO A
CERTIFICAT ANNEXÉ ÀFATURA:
INVOICE NR.
FACTURA NR.
FACTURE NR.ENCOMENDA
ORDER NR.
PEDIDO NR.
COMMANDE
NRDATA:
DATE/FECHA/DATEQUANTIDA
QUANTITY
CANTIDAD
QUANTITÉ

RESULTADOS

TEST RESULTS/RESULTADOS DEL TEST/RÉSULTATS DES ESSAIS

TESTE TESTIEN/AYO/ESSAI	UNIDADES UNIT/UNIDAD/UNITÉ	NORMA DE REFERÊNCIA BASED ON STANDARD/NORMA DE REFERENCIA SUR NORME	RESULTADOS RESULT/RESULTADO/RESULTATS	ESPECIFICAÇÃO SPECIFICATION/ ESPECIFICACIÓN/ SPECIFICATION
DENSIDADE SPECIFIC GRAVITY/DENSIDAD/DENSITÉ ¹⁾	g/cm ³	ISO 2781		1,12±0,02
DUREZA (após 3 s) HARDNESS (after 3 s) DUREZA (después de 3 s) DURETÉ (après 3 s) ¹⁾	ShA	ISO 7619-1		55±3
RESISTÊNCIA À ABRASÃO ABRASION RESISTANCE/RESISTENCIA A LA ABRASIÓN/RESISTANCE À L'ABRASION ¹⁾	mm ³	ISO 4649-A		máx. 180
RASCAMENTO TEAR STRENGTH DESGARRO LA FORCE DES LARMES ¹⁾	N/mm	ISO 34-1		min.8
CARGA DE ROTURA TENSILE STRENGTH/RESISTENCIA A LA TRACCIÓN/ RESISTANCE À LA TRACTION ¹⁾	MPa	ISO 37		min.10
ALONGAMENTO NA ROTURA ELONGATION AT BREAK/ALARGAMIENTO EN EL DESGARRO/ALLONGEMENT À LA RUPTURE ¹⁾	%	ISO 37		min. 500
RESISTÊNCIA À FLEXÃO-BENNEWART FLEX RESISTANCE/BENNEWART/ RESISTENCIA A LA FLEXIÓN-BENNEWART/ RESISTANCE À LA FLEXION-BENNEWART ¹⁾	mm	ISO 17707		máx. 4
RESISTÊNCIA ELÉTRICA ELECTRIC RESISTANCE/RESISTENCIA ELECTRICA/RESISTANCE ÉLECTRIQUE ¹⁾	MΩ	-		-
RESISTÊNCIA AO FUEL OIL FUEL OIL RESISTANCE/RESISTENCIA AL ACEITE DE COMBUSTIBLE/RESISTANCE À L'HUILE DE CARBURANT ¹⁾	%	EN ISO 20344:2011/B.6		-

Obs: Usada para calçado casual; Utilizada em moldes com caixa; Cor opaca; Não cumpre CADs.

¹⁾Condições dos ensaios: T= (23±2) °C; RH: (50±5) %

TEST CONDITIONS

CONDICIONES DE ENSAYO

CONDITIONS D'ESSAI

ENSAIOS REALIZADOS EM PROVETES RETIRADOS DE SOLAS.
OS RESULTADOS REFEREM-SE APENAS À AMOSTRA ENSAYADA.
TRIALS ACCOMPLISHED IN TEST PIECES TAKEN FROM SOLES.
THE RESULTS ONLY REPORT TO THE TESTED MATERIALS.
ENSAYOS REALIZADOS EN PIEZAS DE PRUEBA RETIRADAS DE SUELAS.
LOS RESULTADOS SON SOLAMENTE DE LA MUESTRA ENSAYADA.
ESSAIS ACCOMPLIS EN ÉPROUVETTES RETIRÉES DE SEMELLES.
LES RÉSULTATS SE RAPPORTENT SEULEMENT À L'ÉCHANTILLON TESTÉE.

Emissão: LDEP - Procalçado
Emission/Emisión/ÉmissionResponsável:
Responsible/Responsable/ResponsableData:
Date/Fecha/DateLARGO ALMINHAS DAS BARRANCAS, 97 - 4415-343 PEDROSO-PORTUGAL (EC)
TEL. +351 227470610 - FAX +351227470616 E-mail: procalcado@procalcado.com

Figura 4.1 - Ficha técnica da base S.

4.5 Atualização das Cores

Como referido no Capítulo dos Materiais e Métodos, Capítulo 3, foi desenvolvido um trabalho referente à atualização das várias cores existentes na empresa, com o objetivo de reunir e atualização toda a informação relativa a estas no sistema *SAP ERP*.

Desta forma, e apesar de se tratar de um trabalho que, como já referido, foi desenvolvido para além dos objetivos inicialmente definidos e que, por isso, não pôde ser finalizado, até ao momento foram contabilizadas 125 cores atualizadas e, consequentemente, cerca de duas mil formulações atualizadas (formulações contendo as cores já atualizadas).

Com isto, e devido ao facto de, como já mencionado, a ordem pela qual as cores foram atualizadas ser de acordo com o planeamento diário das misturas, ou seja, as cores atualizadas corresponderem geralmente às cores que mais são produzidas na empresa, a atualização feita até ao momento já permitiu que cerca de 80% das formulações das misturas que são produzidas diariamente já possam ser consultadas de forma completa no sistema *SAP ERP*.

Na Tabela 4.6 é apresentada uma visão geral de como as formulações se encontram detalhadas no sistema *SAP ERP* após esta atualização, sendo estas já suficientes para que, como referido, o trabalho dos colaboradores se possa cingir apenas ao computador de serviço disponível e não envolver as capas anteriormente utilizadas.

Tabela 4.6 - Visão geral de uma formulação de uma mistura de borracha no sistema *SAP ERP*

Designação de Componente	Quantidade	Unidade
Pesagem guilhotina	-	-
Base M_PED	50 000	g
Aceleração cilindro	-	-
Acelerador A	x	g
Acelerador B	y	g
Acelerador C	z	g
Pesagem pigmentos	-	-
Pigmento P1	a	g
Pigmento P2	b	g
Pigmento P3	c	g
Peso total	-	g

Como se pode observar, tanto os pigmentos como os aceleradores, e respetivas quantidades, encontram-se detalhados na ficha contendo a formulação da mistura específica, não havendo por isso a necessidade dos colaboradores recorrerem às capas para encontrar essa informação.

Assim sendo, pode afirmar-se que o objetivo de eliminar as capas correspondentes a cada família das cores, e consequentemente o número exagerado de folhas, apesar de ainda se encontrar longe de estar finalizado, já conseguiu ser cumprido em parte.

Para além desta eliminação das capas, a atualização de cores implementada acresce também outra vantagem direta. Esta vantagem tem como base uma poupança imediata no tempo de produção, uma vez que o processo de selecionar a mistura que vai ser produzida, procurar na capa os aceleradores que a constituem e ainda noutra capa os pigmentos que vão ser necessários a essa mistura requer ainda algum tempo, tempo esse que conseguiu ser otimizado com a introdução de toda esta informação em suporte digital, ou seja, no sistema *SAP ERP*.

Ademais, para além desta otimização do tempo de produção, podemos também afirmar que, mais uma vez, foram melhoradas e simplificadas as tarefas e a organização do trabalho dos colaboradores. Esta melhoria deve-se ao facto de, estando toda a informação reunida num só sítio, a probabilidade da ocorrência de erros, seja por motivos de distração ou devido à elevada quantidade de informação e sítios onde esta se encontra, diminuir, levando, mais uma vez, à redução de desperdícios e à criação de valor para a empresa.

Por fim, desta atualização de cores realizada resulta também uma vantagem nos acertos de cor que por vezes são realizados.

Estes acertos de cor, tal como o próprio nome indica, correspondem a alterações que tem de ser efetuadas na produção da cor da mistura quando esta, aquando da avaliação deste parâmetro logo após a produção, não possui a cor desejada, a cor correta. Quando isto acontece, a mistura é imediatamente devolvida à produção, sendo então feito o acerto de cor necessário. As alterações referidas podem ser quer nos tipos de pigmentos utilizados, quer nas quantidades destes.

Assim, o que acontecia anteriormente era que muitas vezes estes acertos ficavam perdidos e, por vezes, nem chegavam a ser adicionados às folhas respetivas nas diferentes capas. Dessa forma, a cor continuava a ser produzida de uma forma errada, dando origem a misturas que se encontravam fora de especificação de cor, aumentando assim os desperdícios e resíduos produzidos.

Estando as cores atualizadas no sistema *SAP ERP*, cada vez que for necessário a realização deste acerto, quando este tiver terminado e posteriormente a cor da mistura for considerada válida, este é de imediato acrescentado na formulação da mistura respetiva. Desta forma, é

assegurada a permanência correta das cores em sistemas, diminuindo, mais uma vez a probabilidade de erros cometidos.

É ainda importante referir que, de maneira similar ao que acontece com as formulações das diferentes bases no sistema *SAP ERP* (neste sistema, nada pode ser eliminado mas sim marcado/notificado para esse fim), também as folhas contendo as informações relativas a cada cor não são completamente eliminadas da empresa, ou seja, a empresa não se desfaz destas.

Apesar de esta informação se encontrar agora atualizada no sistema *SAP ERP* e as respetivas folhas serem retiradas, estas apenas o são das capas existentes na sala de pesagens, mas são guardadas num outro arquivo para que essa informação não se perca.

Este facto, apesar de parecer um simples pormenor, possui uma grande importância para a empresa e até mesmo para o desenvolvimento de possíveis projetos futuros. A permanência destas folhas em arquivos da empresa permite que, mesmo alterando a formulação da cor em suporte digital, a informação antiga relativamente a esta esteja sempre disponível para que, a qualquer momento, seja possível voltar a essa formulação se assim for necessário.

5 Conclusões

Devido ao contante crescimento e desenvolvimento do mercado atual, as empresas deparam-se com a constante necessidade de uma atualização e melhoria contínua, quer dos seus processos de produção quer dos seus produtos, para que possam continuar a responder da melhor forma às exigências do mercado.

A empresa PROCALÇADO S.A., atualmente uma das empresas líderes da Europa na indústria do calçado, não é exceção e, desta forma, foi desenvolvido um trabalho que teve por base uma otimização das formulações ao nível dos compostos de borracha.

Este trabalho destaca-se pela elevada importância para a empresa, uma vez que pode ser encarado como uma otimização geral, visto que foi desenvolvido numa área considerada central, ou seja, no coração da empresa.

Este processo de otimização foi levado a cabo com o objetivo principal de simplificar o processo produtivo e aumentar a produtividade, tendo sido identificado que uma das formas de atingir estes objetivos era reduzir o número de bases existentes na empresa. Paralelamente a esta redução, foi também realizada uma atualização de todas as formulações de borracha existentes.

Para além disto, aliado a este objetivo principal, surgem também outros benefícios inerentes a este trabalho tais como a redução da ocorrência de erros durante o processo produtivo, a redução da quantidade de desperdícios e de resíduos (redução das perdas por não conformidades do produto), um aumento da eficiência da produção e também uma melhoria na organização dos próprios setores de produção da empresa, com potencial redução do número de matérias-primas em *stock* e potencial melhoria nos preços de compra de matérias-primas (devido ao aumento da quantidade adquirida). Todos estes constituem aspetos fundamentais para o bom funcionamento de uma empresa, representado também uma diminuição de custos e um aumento da criação de valor para a própria empresa.

Desta forma, a eliminação de bases foi conseguida através da aplicação de diferentes critérios específicos e de agrupamentos entre bases similares.

Com isto, podemos concluir que o objetivo principal do trabalho desenvolvido foi cumprido, tendo-se conseguido uma redução de cerca de 52% no número de bases inicial, passando este de 104 para apenas 50 bases.

Ademais, foi também atualizada a tabela de propriedades das bases de que a empresa dispunha, seguida da criação de uma ficha técnica para cada uma das bases que se manteve em sistema digital. Ambas constituem documentos essenciais para a empresa, contendo

propriedades específicas e informação relevante sobre cada base, no primeiro caso para consulta interna na empresa, e no segundo caso para consulta dos próprios clientes.

Por fim, paralelamente aos objetivos inicialmente definidos, foi iniciado um trabalho na área das diferentes cores existentes na empresa. Este trabalho teve como objetivo a desmaterialização da informação, através da eliminação da informação existente em papel relativa a estas cores e a sua passagem e atualização para suporte digital, neste caso para o sistema *SAP ERP*. Deste modo, é conseguida uma melhoria na organização do setor, nomeadamente, nas tarefas dos colaboradores e, com isto, novamente uma diminuição da ocorrência de erros aquando da produção.

Apesar de este trabalho não ter sido finalizado devido à falta de tempo, podemos dizer que o seu objetivo já conseguiu ser parcialmente cumprido, uma vez que, até ao momento, já foram atualizadas 125 cores.

Resumindo, o trabalho desenvolvido permitiu não só a redução com sucesso do número de bases, objetivo principal, como também uma atualização de toda a informação, fazendo com que já seja possível a consulta quase total no sistema *SAP ERP* de todas as formulações da PROCALÇADO S.A. na área da borracha.

6 Avaliação do trabalho realizado

6.1 Objetivos Realizados

O objetivo principal do trabalho desenvolvido foi a implementação de um projeto de otimização para simplificar o processo produtivo da empresa através de uma redução do número de bases existentes e consequentemente uma atualização de todas as formulações na área dos compostos de borracha. Este objetivo foi cumprido com sucesso, tendo dado origem a uma redução de cerca de 52% no número de mães inicial.

Paralelamente a este objetivo principal, surgiram também outros objetivos associados a esse, tais como a diminuição da produção de resíduos, aumento da eficiência de produção, diminuição da probabilidade de ocorrência de erros, entre outros, constituindo todos estes aspetos que podem ser encarados como vantagens diretas do processo de otimização levado a cabo.

6.2 Outros Trabalhos Realizados

Paralelamente à otimização do número de bases e formulações, foi iniciado um trabalho de atualização das cores existentes para as diversas misturas, tendo como objetivo a desmaterialização da informação (a eliminação das várias capas e do número excessivo de folhas em que estas cores se encontram) na sala de pesagens. A passagem e atualização destas cores para o sistema *SAP ERP*, juntamente com a atualização das formulações, constituem uma medida que tem a sua ação principal na melhoria da organização do setor, o que consequentemente potencia a redução da quantidade de resíduos produzidos devido a possíveis erros cometidos, e também a simplificação do trabalho dos colaboradores deste setor.

6.3 Limitações e trabalho futuro

Durante a realização desta dissertação, a principal limitação e dificuldade enfrentada prende-se com as características intrínsecas do objeto de estudo deste trabalho: a complexidade da borracha. Apesar de este material já ser bastante conhecido e utilizado atualmente, ainda muito se desconhece a seu respeito e do seu comportamento físico e químico. O comportamento da borracha hoje pode não corresponder ao comportamento de amanhã, o que constitui uma barreira natural a projetos desenvolvidos nesta área.

Para além disto, especificamente na área das formulações, acresce-se ainda outra limitação aliada à importância desta, mas também ao segredo envolvente que existe nesta área. Trata-se de uma área muito restrita e específica, não sendo por isso divulgada publicamente muita informação, o que dificulta a pesquisa inerente a um trabalho como o aqui desenvolvido.

Quanto ao trabalho futuro, é importante referir que o trabalho desenvolvido nesta dissertação deve ser encarado como um trabalho contínuo e que não deve ser entendido como terminado. À medida que o tempo passa, inevitavelmente, a lista do número de bases e formulações aumenta, o que gera um aumento de resíduos, um aumento de desperdícios na fonte e ao longo da produção, um maior custo a vários níveis para a empresa, entre outros. Desta forma, é de máxima importância que estes aspetos sejam continuamente otimizados desde a sua fonte até ao seu fim.

Adicionalmente, deve ser continuado o trabalho iniciado na atualização das cores existentes em sistema uma vez que, como referido, este trabalho apenas foi iniciado, não tendo sido possível terminá-lo. Este constitui também um trabalho muito importante para a empresa, nomeadamente para a melhoria da organização do setor da mistura, o que consequentemente gera uma diminuição da produção de resíduos e diminuição da probabilidade de ocorrência de erros cometidos.

Desta forma, seria importante que a empresa PROCALÇADO S.A. desenvolvesse anualmente uma análise, tanto de bases como de cores existentes na empresa, para evitar que se mantenham em sistema bases em condições semelhantes às marcadas para eliminar neste projeto e, no caso das cores, para que estas se mantenham sempre atualizadas em sistema.

6.4 Apreciação Final

O trabalho desenvolvido permitiu não só a aquisição de vários conceitos e conhecimentos na área da borracha, nomeadamente na área das formulações de compostos deste material, como um contacto direto com a área e a indústria do calçado. Foram também adquiridos conceitos a nível de gestão de produção e controlo de qualidade.

Ademais, este trabalho permitiu um contacto direto com a linha de produção diária da empresa e com o funcionamento de diversos setores industriais, possibilitando assim uma visão geral sobre o funcionamento de uma indústria química.

Para além disto, a realização desta dissertação em ambiente empresarial foi bastante enriquecedora a nível pessoal, permitindo o desenvolvimento e aperfeiçoamento de capacidades como a responsabilidade, autonomia e capacidade de lidar com situações adversas

7 Referências

1. Direção-Geral das Atividades Económicas, R.P., *Sinopse - Indústrias do Couro e do Calçado*. 2017: p. 16-17.
2. APICCAPS. *Calçado em números*. Disponível em: <https://www.apiccaps.pt/> [Acedido a 17 de Março de 2019].
3. S.A., P. *PROCALÇADO*. Disponível em: <http://www.procalcado.com/>. [Acedido a 16 de Março de 2019].
4. S.A., P. *For Ever*. Disponível em: <http://www.forever.pt/>. [Acedido a 16 de Março de 2019].
5. Saboya, J.C.d.C., *Efeito dos óleos vegetais de linhaça e de amendoim sobre a vulcanização da borracha natural (NR)*. 2014: p. 23.
6. Caetano, M.J.L. *Síntese Histórica Sobre a Borracha e a sua Industrialização*. Disponível em: <https://www.ctborracha.com/>. [Acedido a 22 de Março de 2019].
7. Ikeda, Y., Kato, A., Kohjiya, S., Nakajima, Y., *Rubber Science - A Modern Approach*. 2017: p. 2-4.
8. Rippel, M.M. and F.d.C. Bragança, *Borracha natural e nanocompósitos com argila*. 2009.
9. Group, I.R.S. *Quarterly statistics*. Disponível em: <http://www.rubberstudy.com/>. [Acedido a 16 de Março de 2019].
10. Pious, C.V. and T. Sabu, *Printing on Polymers. Polymeric Materials - Structure, Properties, and Applications*. 2016. p. 26.
11. MOBENSANI. *Fabricação da Borracha - Matéria-prima de alta qualidade*. Disponível em: <http://infocarmobensani.com.br/>. [Acedido a 25 de Março de 2019].
12. Ciesielski, A., *An Introduction to Rubber Technology*. 1999: p. 14-16, 16-26, 49-57, 84-88.
13. Davletbaeva I.M. , B.D.V., Gumerova O.R., *Chemistry, Technology and Properties of Synthetic Rubber*. 2013: p. 89-192.
14. Caetano, M.J.L., *Aplicações da Borracha Natural*. Disponível em: <https://www.ctborracha.com/>. [Acedido a 16 de Março de 2019].
15. Takeshita, E.V., *Inchamento de Borrachas Vulcanizadas sob a ação de solventes orgânicos*. 2010: p. 58-60, 63-67.
16. Oliveira, I.T.D.d., É.B.A.V. Pacheco, and L.L.Y. Visconte, *Efeito de um novo Acelerador de Vulcanização nas Propriedades Reométricas de Composições de Borracha Nitrílica com Diferentes Teores de AN*. 2010.
17. Dick, J.S., *Rubber Technology*. 2009: p. 17-19, 126-127.
18. Mark, J.E., Burak and F. Eirich, *Science and Technology of Rubber*. 1994 p. 339-383.
19. Costa, H.M., L.L.Y. Visconte, and R.C.R. Nunes *Aspectos Históricos da Vulcanização*. 2003.
20. Caetano, M.J.L. *A Descoberta da Vulcanização*. Disponível em: <https://www.ctborracha.com/>. [Acedido a 22 de Março de 2019].
21. RUBBERLINK. *Valorização de Borracha*. Disponível em: <https://rubberlink.pt/>. [Acedido a 22 de Março de 2019].

22. Caetano, M.J.L. *Princípios Básicos de Formulação*. Disponível em: <https://www.ctborracha.com/>. [Acedido a 24 de Março de 2019].
23. Grison, É.C., *Borrachas e seus Aditivos*. 2010. 54-62; 82.
24. SAP. Disponível em: <http://www.sap.com>. [Acedido a 31 de Março de 2019].
25. Caetano, M.J.L. *O Controlo da Vulcanização*. Disponível em: <https://www.ctborracha.com/>. [Acedido a 24 de Março de 2019].
26. Caetano, M.J.L. *Tipos de misturadores*. Disponível em: <https://www.ctborracha.com/>. [Acedido a 2 de Abril de 2019].
27. MACHINERY, Z.F. *Misturador interno de Banbury*. Disponível em: <https://www.portuguese.internalmixers.com/>. [Acedido a 20 de Abril de 2019].
28. Limper, A., *Mixing of Rubber Compounds*. 2012: p. 1-4.
29. Buzuluk. *Rubber Machinery division*. Disponível em: <https://www.buzulunk.com/>. [Acedido a 20 de Abril de 2019].
30. White, J.R. and S.K. De, *Rubber Technologist's Handbook*. 2001: p. 223-233.

Anexo A - Processo de produção no setor da mistura

O processo produtivo de solas de borracha inicia-se com a produção de misturas deste material.

Este processo de produção de misturas de borracha inicia-se, como já mencionado no Capítulo 2, com a pesagem de todos os ingredientes necessários a estas, desde a pesagem dos polímeros que a vão constituir, a cargas, plastificantes, aceleradores, pigmentos, entre outros.

Quando todos estes ingredientes se encontram devidamente pesados, são enviados para uma outra zona e aí sim, começa a etapa de mistura propriamente dita.

Esta etapa de mistura pode ser realizada usando três diferentes tipos de misturadores: misturadores internos (misturadores tipo *Banbury*), misturadores abertos (misturadores de cilindros ou rolos) ou misturadores contínuos [26].

No caso particular da empresa PROCALÇADO S.A., o processo é realizado com recurso aos 2 primeiros tipos de misturadores mencionados.

Deste modo, estando então todos os ingredientes necessários devidamente pesados, estes são enviados para o misturador interno, designado por *Banbury*, representado na Figura A.1.



Figura A.1 - Misturador interno [27].

Este equipamento consiste numa câmara interna onde os vários ingredientes são misturados através da existência de dois rotores com sentidos de rotação opostos. Estes rotores são constituídos por uma espécie de pás e podem ser rotores tangenciais ou rotores penetrantes [12, 17, 26, 28].

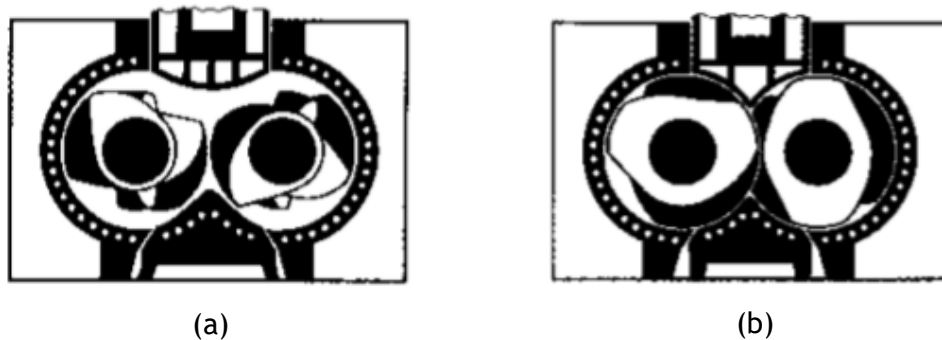


Figura A.2 - Diferentes tipos de rotores; (a) Rotores tangenciais; (b) Rotores penetrantes [17].

Como se pode observar na Figura A.2, no caso dos rotores tangenciais, as pás ao efetuarem o seu movimento apenas ficam em posições tangentes ao rotor vizinho, enquanto nos rotores penetrantes, existe mesmo o contacto entre estes dois rotores [12, 17, 26, 28].

Além disto, este tipo de misturador possui duas aberturas, uma na parte superior, por onde são adicionados os vários ingredientes à câmara, e uma inferior, por onde estes, no fim do processo neste equipamento, são descarregados [12, 17, 26, 28].

Desta forma, estando todos os ingredientes misturados e uma pasta formada, esta é descarregada do misturador interno sendo então enviada para o misturador aberto, representado nas Figuras A.3 e A.4.



Figura A.3 - Misturador aberto [29].

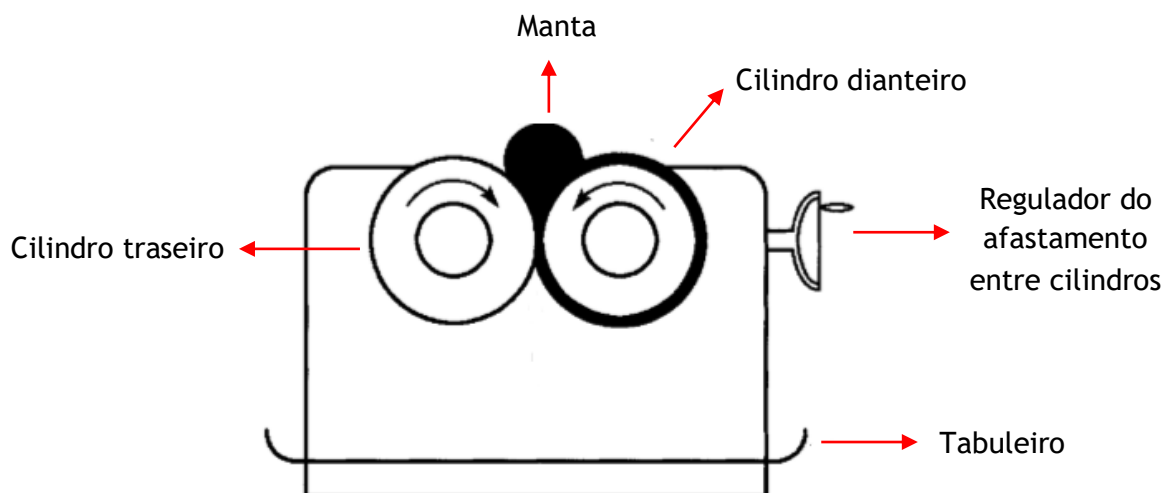


Figura A.4 - Representação esquemática de um misturador aberto, adaptada de [12].

Este tipo de misturador é composto por dois cilindros com igual diâmetro, mas com sentidos e velocidades de rotação diferentes. O cilindro da frente, geralmente designado por cilindro dianteiro possui uma velocidade de rotação menor e encontra-se a uma temperatura mais elevada, sendo que o cilindro de trás, cilindro traseiro, é o contrário, ou seja, possui uma velocidade de rotação maior e encontra-se a uma temperatura menor [12, 17, 26].

Esta diferença de temperaturas é conseguida através da circulação de água em diferentes condições no interior destes cilindros: circulação de água para arrefecimento ou circulação de vapor de água para aquecimento [17, 26].

O misturador aberto tem como objetivo complementar o processo de mistura que ocorre no misturador interno, permitindo que a mistura se torne o mais homogénea possível, incorporando de forma total todos os ingredientes desta, e também que possua a espessura desejada [26].

Este último fator relaciona-se diretamente com o espaço existente resultante do afastamento entre as superfícies dos dois cilindros. Este afastamento deve ser controlado pelo operário deste equipamento dependendo da fase em que o processo se encontra. Geralmente, o afastamento deve ser menor numa fase inicial, sendo depois posteriormente alargado para que se possa começar a formar uma manta sobre o cilindro da frente [12, 26].

Tal como se pode observar na Figura A.4, a manta de borracha começa então a formar-se no rolo da frente, facilitando assim o trabalho do operário sobre o equipamento. A quantidade de vezes que a manta é passada nos cilindros depende das suas propriedades de vulcanização, do seu estado de homogeneização e também da espessura da manta que se pretende obter [26].

Durante o processo, é relevante que se efetuem vários tipos de cortes na manta de borracha para promover de melhor forma a dispersão, incorporação e homogeneização dos diferentes ingredientes. Estes cortes podem ser parciais ou então totais, em que é formado um rolo com a parte da manta cortada e em que este é de seguida adicionado de novo aos cilindros [26].

É importante referir que, geralmente, durante este processo, são libertados pequenos pedaços de ingredientes do espaço existente entre cilindros, que correspondem a ingredientes que ainda não tinham sido incorporados na manta de borracha. Por esta razão é necessário que este tipo de misturador possua um tabuleiro para que seja possível que estes pedaços de ingredientes que caem dos cilindros se depositem, para de seguida o operário proceder à sua recolha e posterior adição no cilindro até que estes se incorporem totalmente na manta de borracha [12, 26].

Este é um aspeto muito importante e que não deve ser desvalorizado uma vez que a perda de ingredientes, por mais mínima que seja, pode fazer completamente a diferença nas propriedades que o composto de borracha vai adquirir.

A este tipo de misturadores pode ainda ser incorporado outro dispositivo, designado Stockblender, representado na Figura A.3 como a parte superior do misturador interno.

Na Figura A.5 é apresentada uma representação esquemática da maneira como a manta de borracha é passada entre os dois dispositivos.

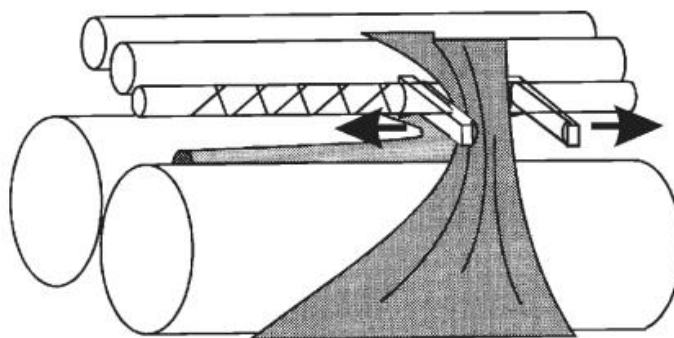


Figura A.5 - Representação esquemática da passagem da pasta de borracha através de um misturador aberto com Stockblender instalado [30].

A incorporação deste tipo de dispositivo no misturador aberto permite não só uma maior e mais rápida homogeneização dos ingredientes na manta de borracha, assim como um melhor e mais rápido arrefecimento deste composto [26].

Este dispositivo é constituído por dois cilindros posicionados numa altura superior aos do misturador aberto. Desta forma, a manta é passada entre estes quatro cilindros [26].

O arrefecimento mais eficiente e mais rápido conseguida usando este dispositivo resulta do facto de o contacto entre o ar e a manta ser mais elevado neste caso, o que permite que a manta baixe a sua temperatura e arrefeça mais rápido [26].

Por fim, um aspeto importante a ter em consideração neste tipo de misturadores abertos é a segurança e o cuidado que estes exigem. Este tipo de equipamento é bastante perigoso sendo por isso de máxima importância que o operador deste se encontre sempre com a máxima atenção possível, tendo particular atenção ao posicionamento das mãos, nunca aproximando estas do espaçamento existente entre cilindros [12].

Para além disto, é indispensável que estes equipamentos possuam um dispositivo de paragem de emergência para casos em que assim seja necessária a paragem imediata do equipamento [12].

Anexo B - Agrupamento de bases

Para além das duas propostas de agrupamento de bases descritas como exemplo na secção 4.2, uma delas aceite e outra recusada, foram elaboradas mais 6 propostas.

As propostas elaboradas, bem como todos os dados relevantes sobre as bases em questão, são apresentadas nas seguintes Tabelas.

Tabela B.1 - Proposta de agrupamento entre a base J e a base K

		Densidade (g/cm ³)	Dureza (ShA)	Abrasão (mm ³)	Rasgamento (N/mm)	Carga de rotura (MPa)	Alongamento na rotura (%)	M300% (MPa)	Flexão Bennewart (mm)	Fuel Oil (%)	Resist. à chama	Resist. Elétrica (MΩ)	Preço (€)
Hipótese 3	Base J	1,10±0,02	55±3	máx. 200	mín. 8	mín. 10	mín. 550	mín. 1,8	máx. 4	-	-	-	2,40
	Base K	1,12±0,02	55±3	máx. 180	mín. 8	mín. 10	mín. 500	mín. 2	máx. 4	-	-	-	2,60

Tabela B.2 - Proposta de agrupamento entre a base J e a base L

		Densidade (g/cm ³)	Dureza (ShA)	Abrasão (mm ³)	Rasgamento (N/mm)	Carga de rotura (MPa)	Alongamento na rotura (%)	M300% (MPa)	Flexão Bennewart (mm)	Fuel Oil (%)	Resist. à chama	Resist. Elétrica (MΩ)	Preço (€)
Hipótese 4	Base J	1,10±0,02	55±3	máx. 200	mín. 8	mín. 10	mín. 550	mín. 1,8	máx. 4	-	-	-	2,40
	Base L	1,06±0,02	55±3	máx. 150	mín. 12	mín. 14	mín. 500	-	máx. 4	-	-	-	2,60

Tabela B.3 - Proposta de agrupamento entre a base M e a base N

		Densidade (g/cm ³)	Dureza (ShA)	Abrasão (mm ³)	Rasgamento (N/mm)	Carga de rotura (MPa)	Alongamento na rotura (%)	M300% (MPa)	Flexão Bennewart (mm)	Fuel Oil (%)	Resist. à chama	Resist. Elétrica (MΩ)	Preço (€)
Hipótese 5	Base M	1,03±0,02	48±3	máx. 180	mín. 7	mín. 12	mín. 600	-	máx. 4	-	-	-	2,60
	Base N	1,04±0,02	40-50	máx. 200	mín. 7	mín. 10	mín. 550	mín. 1,8	máx. 4	-	-	-	2,40

Tabela B.4 - Proposta de agrupamento entre a base O e a base P

		Densidade (g/cm ³)	Dureza (ShA)	Abrasão (mm ³)	Rasgamento (N/mm)	Carga de rotura (MPa)	Alongamento na rotura (%)	M300% (MPa)	Flexão Bennewart (mm)	Fuel Oil (%)	Resist. à chama	Resist. Elétrica (MΩ)	Preço (€)
Hipótese 6	Base O	1,14±0,02	65±3	máx. 150	mín. 12	mín. 10	mín. 500	mín. 3	máx. 4	-	-	-	2,60
	Base P	1,10±0,02	65±3	máx. 180	mín. 10	mín. 10	mín. 500	mín. 3	máx. 4	-	-	-	3,00

Tabela B.5 - Proposta de agrupamento entre a base Q e a base R

		Densidade (g/cm ³)	Dureza (ShA)	Abrasão (mm ³)	Rasgamento (N/mm)	Carga de rotura (MPa)	Alongamento na rotura (%)	M300% (MPa)	Flexão Bennewart (mm)	Fuel Oil (%)	Resist. à chama	Resist. Elétrica (MΩ)	Preço (€)
Hipótese 7	Base Q	1,14±0,02	75±3	máx. 200	mín. 8	mín. 12	mín. 400	-	máx. 4	-	-	-	3,20
	Base R	1,11±0,02	70±3	máx. 160	mín. 8	mín. 12	mín. 500	mín. 4	máx. 4	-	-	-	3,00

Tabela B.6 - Proposta de agrupamento entre a base S e a base T

		Densidade (g/cm ³)	Dureza (ShA)	Abrasão (mm ³)	Rasgamento (N/mm)	Carga de rotura (MPa)	Alongamento na rotura (%)	M300% (MPa)	Flexão Bennewart (mm)	Fuel Oil (%)	Resist. à chama	Resist. Elétrica (MΩ)	Preço (€)
Hipótese 8	Base S	1,10±0,02	65±3	máx. 180	mín. 10	mín. 10	mín. 500	mín. 3	máx. 4	-	-	-	3,00
	Base T	1,08±0,02	60±3	máx. 180	mín. 8	mín. 15	mín. 550	mín. 3	máx. 4	-	-	máx. 50	2,90

As hipóteses 3 e 4 podem ser interpretadas em simultâneo uma vez que ambas contemplam a base J, no caso da hipótese 3 apresentando um possível agrupamento com a base K e, na hipótese 4, com a base L.

Tanto a base K como a base L apresentam um valor de dureza igual ao da base J, não tendo por isso esta propriedade influencia na decisão final. Porém, ambas apresentam uma abrasão diferente da abrasão da base J, sendo a da base K, máx.180, mais próxima da desta, máx. 200. Nas restantes propriedades, facilmente se verifica que também a base K se aproxima mais da base J, em comparação com a base L.

Para além disto, o agrupamento entre a base J e a base K, favorecendo neste caso a permanência da base K, em prol do agrupamento entre a base J e a base L, é também reforçado pelo facto de esta base, base K, apresentar uma grande diversidade na sua utilização, quer na sua facilidade em integrar diferentes misturas quer nas várias cores que consegue produzir. Atualmente, a base K é uma das bases mais utilizadas na empresa, podendo ser produzida praticamente em todas as cores desejadas/requeridas.

Deste modo, foi eliminada a base J em prol da base K, sendo de seguida aplicado todo o processo de comparação de cores existentes nas duas bases e posterior atualização no sistema SAP ERP descrito na seção 4.2.

Passando à hipótese 5, foi apresentada uma proposta de agrupamento entre as bases M e base N. Observando a tabela da proposta em questão e os valores das diferentes propriedades nela apresentados, podemos verificar que os valores de dureza da base M se encontram incluídos no intervalo de valores dessa mesma propriedade da base N, sendo por isso, e mais uma vez, um fator não decisivo. Porém, observando os valores das restantes propriedades, verifica-se que a base M possui uma melhor abrasão, uma melhor carga de rotura e um melhor alongamento na rotura.

Assim sendo, a base M foi mantida em sistema, passando à eliminação da base N.

Na Tabela B.4 é apresentada uma proposta de agrupamento entre a base O e a base P. Ambas apresentam um valor igual de dureza, carga de rotura, alongamento na rotura, módulo a 300%, flexão Bennewart. Apesar disto, estas duas bases diferem no valor de abrasão, sendo que a base O apresenta um melhor valor no que toca a esta propriedade.

Devido a este facto, o primeiro impulso seria favorecer esta base, recorrendo à eliminação da base P. Porém, em termos das cores que estas bases conseguem produzir, essa não seria a melhor hipótese. Esta conclusão deve-se ao facto de, observando a formulação de cada uma destas bases (informação essa que não é aqui apresentada por motivos de confidencialidade), ter sido possível constatar que a base O se trata de uma base que apenas consegue produzir

misturas, e consequentemente solas, da cor castanha, enquanto a base P consegue produzir uma vasta gama de cores, incluindo a cor castanha.

Por este motivo, e tendo em conta que, apesar da pequena diferença no valor de abrasão, as suas propriedades são similares, foi possível concluir que seria mais vantajoso manter a base P uma vez que consegue produzir uma gama de cores mais ampla do que a base O. Para além disto, devido a essa similaridade entre propriedades, podemos afirmar que o fim para que as misturas contendo a base O são produzidas está incluído na larga gama de possíveis aplicações em que as misturas contendo a base P se inserem.

Desta forma, apesar de possuir um pior valor de abrasão, é vantajoso manter a base P em sistema em favor da eliminação da base O.

No que toca à proposta elaborada que recai sob as bases Q e base R, hipótese 7, esta foi recusada uma vez que, para além de possuírem um valor de abrasão diferente, a diferença dos valores de dureza destas duas bases, quando aplicados os limites permitidos, atinge um valor elevado, podendo mesmo esta diferença ser de 11 pontos. Esta diferença de 11 pontos já é bastante notória aquando da utilização das solas pelos clientes.

Desta forma, a proposta de agrupamento entre estas duas bases foi recusada.

Por fim, o último agrupamento proposto envolve as bases S e T, bases estas que apresentam bastantes semelhanças em termos de formulação e em termos da sua utilização no mercado (ou seja, dão origem a produtos bastante similares). Como um dos objetivos dos agrupamentos propostos é evitar isto mesmo, ou seja, evitar que diferentes bases originem produtos similares, foi possível concluir que não compensava continuar com estas duas bases em sistema, sendo mais vantajoso apenas a permanência de uma delas.

Desta forma, observando os valores das propriedades que se encontram na tabela do agrupamento destas duas bases, Tabela B.6, verifica-se que estas apresentam um valor de abrasão igual, diferindo apenas no valor da dureza. Uma vez que esta propriedade, a dureza, não pode ser qualitativamente classificada, ou seja, não podemos afirmar qual o melhor valor de dureza, neste caso em específico, recorreu-se um pouco ao conhecimento prévio destas bases.

Deste conhecimento prévio, adquirido através do diálogo com os trabalhadores que lidam com estas duas bases há bastante tempo, foi possível averiguar que, no caso específico destas bases, esta diferença no valor da dureza em quase nada influencia a dureza que a sola vai adquirir depois da sua produção e posteriormente no sapato que vai integrar. Desta forma, a dureza, tal como a abrasão, nada nos permite concluir sobre qual a melhor base a manter.

Assim, o critério a aplicar neste caso baseou-se na análise das bases que já tinham sido anteriormente agrupadas e, uma vez que já tinha sido aceite que a base J passasse a integrar

a base S, foi possível concluir que, neste caso, seria vantajoso que esta continuasse em sistema e não a base T, sendo então esta última eliminada.

É importante referir que, em termos de número de bases eliminadas, esta última eliminação, a eliminação da base T, pode ser contabilizada como duas bases eliminadas, pois dentro desta base específica, existe também outra base da mesma família mas que contém um outro ingrediente específico. Porém, este facto em nada influencia as razões acima descritas, sendo por isso contabilizadas duas bases para o número total de bases eliminadas.

Terminado o processo de aceitação e recusa das propostas de agrupamentos entre bases apresentadas, conclui-se então que foram eliminadas mais 4 bases por este processo.

É ainda importante referir que, como mencionado no agrupamento entre a base F e G descrito no Capítulo 4, Capítulo dos Resultados e Discussão, neste caso, também em todas as propostas apresentadas e posteriormente aceites, foi em todos os casos mantida a base com o preço mais elevado.

Deste modo, de maneira semelhante à base F, base mantida em prol da eliminação da base G, também uma revisão a nível de formulação deverá ser realizada para a base K, base M e base S, para que o custo destas seja reduzido tanto quanto possível. Mais uma vez, esta revisão só poderá ser realizada no futuro, uma vez que implica o estudo e análise da formulação, quer em termos de ingredientes e quantidade utilizadas, mas também a análise desta em termos de custos de matérias-primas, fornecedores, entre outros.

Anexo C - Tabela de propriedades

Como mencionado no capítulo dos Resultados e discussão, Capítulo 4, a seguir é apresentada a tabela de propriedades que a empresa dispunha antes da realização da otimização do número de bases e formulações da borracha projetada nesta dissertação.

Comparando a versão inicial apresentada com a versão final construída a partir dos resultados da otimização (apresentada no subcapítulo 4.3), vemos que esta tabela foi reduzida quase para metade e ainda foram acrescentados aspetos, o que facilita a sua compreensão.

Tabela C.1 - Tabela de propriedades inicial

Referência	Densidade (g/cm ³)	Dureza (ShA)	Abrasão (mm ³)	Abrasão (mg)	Rasgamento (N/mm)	Carga de rotura (MPa)	Alongamento na rotura (%)	M300% (MPa)	Flexão Bennewart (mm)	Fuel Oil (%)	Resist. à chama	Resist. elétrica (MΩ)
Calçado de Segurança	>0,9	-	máx. 150	-	mín. 8	-	-	-	máx. 4	ΔV: mín. -1 máx. +12 ΔD máx. 10	-	-
Calçado Casual	>0,9	-	máx. 250	-	mín. 8	-	-	-	máx. 5	-	-	-
Calçado Desportivo	>0,9	-	máx. 200	-	mín. 8	-	-	-	máx. 4	-	-	-
A	1,14±0,02	60±4	máx. 220	-	mín. 12	mín.10	mín. 650	-	máx. 4	-	-	-
B	1,14±0,02	60±3	máx. 220	-	mín. 12	mín.10	mín. 600	mín. 3,5	máx. 4	-	-	-
C	1,14±0,02	58±3	máx. 220	-	mín.10	mín.12	mín. 500	mín. 2	máx. 4	-	-	-
D	1,14±0,02	58±3	máx. 220	-	mín.10	mín.12	mín. 500	mín. 2	máx. 4	-	-	-
E	1,07±0,02	50±3	máx. 200	-	mín.7	mín.12	mín. 500	-	máx. 4	-	-	-
F	1,07±0,02	50±3	máx. 200	-	mín.7	mín.12	mín. 500	-	máx. 4	-	-	-
G	1,15±0,02	55±3	máx. 220	-	mín.8	mín.12	mín. 500	mín. 1,5	máx. 4	-	-	-
H	1,15±0,02	55±3	máx. 220	-	mín.8	mín.12	mín. 500	mín. 1,5	máx. 4	-	-	-
I	1,15±0,02	67±3	máx. 180	-	mín.10	mín.10	mín. 400	-	máx. 4	-	-	-
J	1,14±0,02	60±3	máx. 160	-	mín.10	mín.12	mín. 500	mín. 2,5	máx. 4	-	-	-
K	1,14±0,02	60±3	máx. 160	-	mín.10	mín.12	mín. 500	mín. 2,5	máx. 4	-	-	-
L	1,16±0,02	70±3	máx. 180	-	mín.10	mín.10	mín. 350	-	máx. 4	-	-	-
M	1,20±0,02	65±3	máx. 250	-	mín.15	mín.12	mín. 550	mín. 3	máx. 4	-	-	-
N	1,13±0,02	60±3	máx. 180	-	mín.8	mín.12	mín. 600	mín. 2,5	máx. 4	-	-	-
O	1,14±0,02	65±3	máx. 200	-	mín.8	mín.10	mín. 500	mín. 3	máx. 4	-	-	-
P	1,08±0,02	57±3	máx. 150	-	mín.7	mín.10	mín. 450	-	máx. 4	-	-	-
Q	1,10±0,02	55±3	máx. 200	-	mín.8	mín.10	mín. 550	mín. 1,8	máx. 4	-	-	-
R	1,04±0,02	40-50	máx. 200	-	mín.7	mín.10	mín. 550	mín. 1,8	máx. 4	-	-	-
S	1,12±0,02	55±3	máx. 180	-	mín.8	mín.10	mín. 500	mín. 2	máx. 4	-	-	-
T	1,12±0,02	55±3	máx. 180	-	mín.8	mín.10	mín. 500	mín. 2	máx. 4	-	-	-
U	1,10±0,02	55±3	máx. 180	-	mín.8	mín.10	mín. 500	mín. 2	máx. 4	-	-	-
V	1,09±0,02	55±3	máx. 130	-	mín.8	mín.15	mín. 450	-	máx. 4	-	-	-
W	1,03±0,02	48±3	máx. 180	-	mín.7	mín.10	mín. 600	-	máx. 4	-	-	-
X	1,03±0,02	48±3	máx. 180	-	mín.7	mín.12	mín. 600	-	máx. 4	-	-	-
Y	1,03±0,02	53±3	máx. 150	-	mín.8	mín.8	mín. 400	-	máx. 4	-	-	-
Z	1,02±0,02	53±3	máx. 150	-	mín.5,5	mín.8	mín. 400	-	máx. 4	-	-	-
AA	1,03±0,02	53±3	máx. 120	-	mín.6	mín.7	mín. 300	-	máx. 4	-	-	-
BB	1,03±0,02	53±3	máx. 120	-	mín.6	mín.7	mín. 300	-	máx. 4	-	-	-
CC	1,01±0,02	47±3	máx. 150	-	mín.6	mín.8	mín. 500	-	máx. 4	-	-	-

*Continuação da tabela anterior

Referência	Densidade (g/cm ³)	Dureza (ShA)	Abrasão (mm ³)	Abrasão (mg)	Rasgamento (N/mm)	Carga de rotura (MPa)	Alongamento na rotura (%)	M300% (MPa)	Flexão Bennewart (mm)	Fuel Oil (%)	Resist. à chama	Resist. elétrica (MΩ)
DD	1,01±0,02	47±3	máx. 150	-	mín.6	mín.8	mín. 500	-	máx. 4	-	-	-
EE	1,01±0,02	44±3	máx. 300	-	mín.6	mín.10	mín. 700	-	máx. 4	-	-	-
FF	1,03±0,02	47±3	máx. 250	-	mín.6	mín.12	mín. 700	-	máx. 4	-	-	-
GG	1,06±0,02	55±3	máx. 150	-	mín.12	mín.14	mín. 500	-	máx. 4	-	-	-
HH	1,06±0,02	55±3	máx. 150	-	mín.12	mín.14	mín. 500	-	máx. 4	-	-	-
II	1,09±0,02	60±3	máx. 200	-	mín.7	mín.12	mín. 650	-	máx. 4	-	-	-
JJ	1,08±0,02	57±3	máx. 200	-	mín.7	mín.12	mín. 650	-	máx. 4	-	-	-
KK	1,13±0,02	63±3	máx. 180	-	mín.14	mín.14	mín. 700	-	máx. 4	-	-	-
LL	1,12±0,02	61±3	máx. 180	-	mín.14	mín.14	mín. 700	-	máx. 4	-	-	-
MM	1,21±0,02	65±3	máx. 150	-	mín.15	mín.17	mín. 600	-	máx. 4	-	-	-
NN	1,21±0,02	65-70	máx. 130	-	mín.12	mín.16,7	mín. 500	-	máx. 4	ΔP- máx. +18	Não arder	-
OO	1,30±0,02	65±3	máx. 130	-	mín.8	mín.10	mín. 300	-	máx. 4	ΔV-máx. +12	Não arder	máx. 50
PP	1,30±0,02	65±3	máx. 130	-	mín.8	mín.10	mín. 300	-	máx. 4	ΔV-máx. +12		-
QQ	1,14±0,02	63±3	máx. 150	-	mín.12	mín.12	mín. 550	-	máx. 4	ΔV-máx. +12	-	-
RR	1,14±0,02	63±3	máx. 150	-	mín.12	mín.12	mín. 550	-	máx. 4	ΔV-máx. +12	-	-
SS	1,17±0,02	66±3	máx. 150	-	mín.12	mín.14	mín. 550	-	máx. 4	ΔV-máx. +12	-	-
TT	1,19±0,02	66±3	máx. 150	-	mín.12	mín.14	mín. 700	-	máx. 4	ΔV-máx. +12	-	-
UU	1,17±0,02	70±3	máx. 150	-	mín.10	mín.15	mín. 550	-	máx. 4	ΔV-máx. +12	-	máx. 50
VV	1,17±0,02	70±3	máx. 150	-	mín.10	mín.15	mín. 550	-	máx. 4	ΔV-máx. +12	-	máx. 50
WW	1,18±0,02	65±3	máx. 150	-	mín.15	mín.15	mín. 550	mín. 4	máx. 4	ΔV-máx. +12	-	máx. 50
XX	1,18±0,02	62±3	máx. 150	-	mín.12	mín.12	mín. 550	mín. 4	máx. 4	ΔV-máx. +12	-	máx. 50
YY	1,17±0,02	65±3	máx. 110	-	mín.8	mín.14	mín. 500	-	máx. 4	ΔV-máx. +12	-	máx. 50
ZZ	1,14±0,02	60±3	máx. 110	-	mín.8	mín.12	mín. 500	-	máx. 4	ΔV-máx. +12	-	máx. 50
AA1	1,15±0,02	64±3	máx. 150	-	mín.12	mín.12	mín. 500	-	máx. 4	-	-	-
BB1	1,14±0,02	65±3	máx. 150	-	mín.12	mín.10	mín. 500	mín. 3	máx. 4	-	-	-
CC1	1,21±0,02	70±5	máx. 220	-	mín.14	mín.10	mín. 500	-	máx. 4	-	-	-
DD1	1,21±0,02	70±5	máx. 220	-	mín.14	mín.10	mín. 500	-	máx. 4	-	-	-
EE1	1,14±0,02	75±3	máx. 200	-	mín.8	mín.12	mín. 400	-	máx. 4	-	-	-
FF1	1,14±0,02	80±3	máx. 200	-	mín.8	mín.10	mín. 400	-	máx. 4	-	-	-
GG1	1,13±0,02	70±3	máx. 150	-	mín.12	mín.15	mín. 500	mín. 3	máx. 4	-	-	-
HH1	1,13±0,02	70±3	máx. 150	-	mín.12	mín.15	mín. 500	mín. 3	máx. 4	-	-	-
II1	1,11±0,02	70±3	máx. 130	-	mín.12	mín.10	mín. 550	-	máx. 4	-	-	-
JJ1	1,11±0,02	70±3	máx. 160	-	mín.8	mín.12	mín. 500	mín. 4	máx. 4	-	-	-
KK1	1,12±0,02	70±3	máx. 160	-	mín.8	mín.12	mín. 500	mín. 4	máx. 4	-	-	-
LL1	máx. 1,30	75-85	máx. 220	-	mín.10	mín.10	mín. 400	-	máx. 4	-	-	-
MM1	máx. 1,30	75-85	máx. 220	-	mín.10	mín.10	mín. 400	-	máx. 4	-	-	-

*Continuação da tabela anterior

Referência	Densidade (g/cm ³)	Dureza (ShA)	Abrasão (mm ³)	Abrasão (mg)	Rasgamento (N/mm)	Carga de rotura (MPa)	Alongamento na rotura (%)	M300% (MPa)	Flexão Bennewart (mm)	Fuel Oil (%)	Resist. à chama	Resist. elétrica (MΩ)
MM1	máx. 1,30	75-85	máx. 220	-	mín.10	mín.10	mín. 400	-	máx. 4	-	-	-
NN1	1,12±0,02	60±3	máx. 200	-	mín.10	mín.12	mín. 550	mín. 3	máx. 4	-	-	-
OO1	1,10±0,02	65±3	máx. 180	-	mín.10	mín.10	mín. 500	mín. 3	máx. 4	-	-	-
PP1	1,10±0,02	65±3	máx. 180	-	mín.10	mín.10	mín. 500	mín. 3	máx. 4	-	-	-
QQ1	1,08±0,02	60±3	máx. 180	-	mín.8	mín.15	mín. 550	mín. 3	máx. 4	-	-	-
RR1	1,08±0,02	60±3	máx. 150	-	mín.8	mín.15	mín. 550	mín. 3	máx. 4	-	-	-
SS1	1,08±0,02	60±3	máx. 150	-	mín.8	mín.15	mín. 550	mín. 3	máx. 4	-	-	-
TT1	1,14±0,02	70±3	máx. 120	-	mín.25	mín.14	mín. 650	-	máx. 4	-	-	-
U1	1,13±0,02	68±3	máx. 120	-	mín.25	mín.14	mín. 650	-	máx. 4	-	-	-
VV1	1,13±0,02	75-85	máx. 110	-	mín.25	mín.14	mín. 400	-	máx. 4	-	-	-
WW1	1,12±0,02	60±3	máx. 100	-	mín.30	mín.15	mín. 550	mín. 4	máx. 4	-	-	-
XX1	1,05±0,02	62±3	máx. 100	-	mín.5	mín.7	mín. 300	-	máx. 4	-	-	-
Restantes mist-uso corrente	máx. 1,30	-	máx. 250	-	mín. 6	mín. 7,5	mín. 275	-	máx. 4	-	-	-
Restantes mist-uso exigente	máx. 1,20	-	máx. 150	-	mín. 10	mín. 10	mín. 400	-	máx. 4	-	-	-
YY1	-	52-58	máx. 150	-	mín. 8	mín. 10	mín. 350	mín. 4,5	máx. 4	-	-	-
ZZ1	-	52-58	máx. 180	-	mín. 8	mín. 10	mín. 350	mín. 3,2	máx. 4	-	-	-