



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Civil



Revestimento de pisos em madeira para interiores

Alexandre Miguel Veríssimo da Cruz

(Licenciado em Engenharia Civil)

Dissertação para a obtenção do grau de mestre em

Engenharia Civil

Orientador: Mestre Paulo Malta da Silveira

Júri:

Presidente: Mestre Manuel Brazão Farinha

Vogais: Mestre Paulo Malta da Silveira

Doutora Maria Dulce e Silva Franco Henriques

Fevereiro de 2015

Resumo

O presente trabalho consiste na elaboração do estado da arte dos revestimentos de piso em madeira, complementado com trabalho laboratorial para melhor compreender o comportamento da madeira como revestimento de piso.

Foram escolhidos seis espécies de madeiras muito aplicadas nos revestimentos de piso em Portugal. Devido à elevada variedade deste material escolheram-se três tipos nacionais, nomeadamente o carvalho, a faia e a cerejeira, e três tipos exóticos provenientes da América do Sul, nomeadamente o jatobá, a sucupira e o ipê. Todas estas espécies são madeiras duras, à exceção da faia e da cerejeira que são medianamente duras, resistentes e com um aspeto estético que as tornam num produto intemporal. No entanto, os defeitos e a degradação também são um fator importante que contribui para a vida útil da madeira que foram estudados no presente trabalho.

Pretendeu-se efetuar um estudo o mais completo possível sobre os tipos de revestimento de piso direcionados para interiores, integrando nesse estudo os tipos de revestimento, os processos construtivos e tipos de acabamentos. Com a pesquisa bibliográfica pretendeu-se obter um melhor conhecimento, através da leitura de outros trabalhos e catálogos de fabricantes. O trabalho laboratorial pretendeu complementar a sistematização de conhecimentos e comparar os valores obtidos em laboratório com outros autores e fichas técnicas comerciais.

Palavras chave: Revestimentos de piso, madeira, trabalho laboratorial, ensaio ao desgaste

Abstract

The present work is the development of the state of the art of wooden floorings, supplemented with laboratory work to better understand the behavior of wood as a floor covering.

Six species of woods applied as floor covering in Portugal were chosen. Due to the high variety of this material three national types were picked, oak, beech and cherry, and three exotic types from South America, jatoba, ipê and sucupira. All these species are hard, except beech and cherry that are moderately hard, tough and with an aesthetic aspect that makes the wood a timeless product. However, defects and degradation are also an important factor that contributes to the life span of wood that were studied in this work.

It was intended to make a study as complete as possible about the types of floor boarding for interior, integrating in this study the types of coating, construction processes and types of finishes. With the literature search it was intended to get a better understanding, through the reading of other works and catalogues from manufacturers. The laboratory work intended to complement the systematization of knowledge and compare the values obtained in the laboratory with other authors and commercial data sheets.

Keywords: Floor covering, wood, experimental work, abrasion test

Agradecimentos

Ao Eng.º Paulo Malta da Silveira pela orientação, conselhos, conhecimentos na área e disponibilidade demonstrada na realização deste trabalho.

À Eng.ª Dulce Franco Henriques, pela ajuda e esclarecimentos e pelos conhecimentos transmitidos.

Ao Sr. Silvestre Paulo Marques da JULAR pela sua pronta disponibilidade sempre que solicitada e pelas amostras cedidas.

Ao Sr. Manuel Cardoso pela sua disponibilidade e domínio no trabalho das madeiras.

À Eng.ª Raquel Milho e ao Dr. António Fernandes, do laboratório de materiais de construção da ADEC, pela sua disponibilidade e ajuda na realização de ensaios.

Ao Eng.º Vítor Silva, pela disponibilidade e ajuda prestada na realização de ensaios.

Aos meus pais, avós, amigos e colegas, pelo tempo e paciência que lhes tomei na realização desta dissertação.

Por ultimo mas não menos importante à minha namorada Solange Cardoso pelo seu tempo, conhecimentos, motivação e profundos conhecimentos de português.

A todos o meu obrigado.

Índice

1.	Introdução.....	1
1.1.	Enquadramento do tema	1
1.2.	Objetivos	2
1.3.	Estrutura da dissertação	2
2.	A madeira	3
2.1.	Madeiras portuguesas	3
2.1.1.	Carvalho português.....	3
2.1.2.	Faia	4
2.1.3.	Cerejeira.....	5
2.2.	Madeiras exóticas	6
2.2.1.	Jatobá.....	6
2.2.2.	Sucupira	7
2.2.3.	Ipê.....	8
2.3.	Características do lenho	9
2.3.1.	Fisiologia do tronco	9
2.3.1.1.	Casca	10
2.3.1.2.	Câmbio vascular.....	10
2.3.1.3.	Lenho.....	11
2.3.2.	Anisotropia	11
2.3.3.	Resinosas e Folhosas	12
2.3.3.1.	Resinosas.....	12
2.3.3.2.	Folhosas.....	13
2.4.	Propriedades organoléticas	14
2.5.	Propriedades Físicas e Mecânicas.....	16
2.5.1.	Propriedades físicas	16
2.5.2.	Propriedades Mecânicas	18
2.6.	Propriedades térmicas	20
2.7.	Secagem da madeira	22
2.7.1.	Secagem natural.....	23
2.7.2.	Secagem artificial	24
3.	Revestimentos de piso em madeira para interiores	27
3.1.	Evolução dos revestimentos de piso	27
3.2.	Suportes de revestimento de piso.....	28



3.2.1.	Betonilha.....	28
3.2.2.	Outros tipos de substratos.....	31
3.3.	Exigências funcionais	33
3.3.1.	Exigências de segurança.....	33
3.3.2.	Exigências de habitabilidade	34
3.3.3.	Exigências de durabilidade.....	35
3.4.	Tipos de revestimentos de madeira maciça	37
3.4.1.	Soalho	37
3.4.2.	Taco	41
3.4.3.	Parquet.....	43
3.4.4.	Lamparquet.....	43
3.4.5.	Parquet industrial.....	44
3.5.	Acabamento do revestimento de piso	45
3.5.1.	Afagamento	45
3.5.2.	Aplicação de verniz ou acabamento a óleo	49
3.6.	Processo construtivo	51
3.6.1.	Armazenamento.....	51
3.6.2.	Aplicação do revestimento	52
4.	Anomalias e degradação da madeira.....	57
4.1.	Defeitos na estrutura anatómica.....	57
4.2.	Degradação da madeira.....	62
4.2.1.	Agentes mecânicos	62
Existem vários tipos de degradação mecânica da madeira, sendo que o tipo que mais se destaca é o desgaste.....		
4.2.1.1.	Desgaste	62
4.2.2.	Agentes de degradação física	63
4.2.2.1.	Fogo.....	63
4.2.2.2.	Humidade	64
4.2.3.	Agentes de degradação biológica	64
4.2.3.1.	Fungos	64
4.2.3.2.	Insetos.....	68
4.3.	Classes de risco de degradação biológica	73
5.	Campanha experimental.....	75
5.1.	Objetivo	75
5.2.	Teor em água	75

5.2.1.	Procedimento	76
5.2.2.	Resultados.....	78
5.2.3.	Conclusões do ensaio	78
5.3.	Massa volúmica	78
5.3.1.	Procedimento	79
5.3.2.	Resultados.....	80
5.3.3.	Conclusões do ensaio	81
5.4.	Flexão estática.....	82
5.4.1.	Procedimento	83
5.4.2.	Resultados.....	85
5.4.3.	Conclusões do ensaio	86
5.5.	Dureza.....	87
5.5.1.	Procedimento	88
5.5.2.	Resultados.....	90
5.5.3.	Conclusões do ensaio	92
5.6.	Desgaste	93
5.6.1.	Procedimento.....	94
5.6.2.	Resultados.....	95
5.6.2.1.	Carvalho	95
5.6.2.2.	Faia	96
5.6.2.3.	Cerejeira	97
5.6.2.4.	Jatobá.....	98
5.6.2.5.	Sucupira.....	99
5.6.2.6.	Ipê.....	100
5.6.2.7.	Comparação de resultados.....	101
5.6.3.	Conclusões do ensaio	104
6.	Conclusões e projetos futuros	107
6.1.	Conclusões	107
6.2.	Projetos futuros	109
	Bibliografia.....	111
	Anexos.....	117

Índice de Figuras

Figura 1 - Carvalho português [3]	4
Figura 2 – Faia [5]	5
Figura 3 – Cerejeira [8]	6
Figura 4 – Jatobá [11].....	7
Figura 5 – Sucupira [15].....	8
Figura 6 - Ipê-amarelo [19]	9
Figura 7 - Fisiologia do tronco [21].....	10
Figura 8 - Planos principais numa peça de madeira [23]	12
Figura 9 - Estrutura do lenho de uma resinosa [23]	13
Figura 10 - Estrutura do lenho de uma folhosa [23].....	14
Figura 11 - Grão espiral.....	15
Figura 12 - Grão reto	15
Figura 13 - Grão entrecruzado [25]	15
Figura 14 - Grão ondulado	15
Figura 15 - Tipos de pilhas para secagem da madeira ao ar [30]	24
Figura 16 - Câmara de secagem [31].....	26
Figura 17 - Betonilha dessolidarizada [32]	29
Figura 18 - Betonilha flutuante [32].....	29
Figura 19 - Betonilha aderente [32].....	30
Figura 20 - Aplicação de revestimento de piso em madeira sobre base cerâmica [34]..	32
Figura 21 - Estrutura do piso em madeira e aço	32
Figura 22 - Revestimento de piso em soalho [37].....	38
Figura 23 - Encaixe macho-fêmea [38]	38
Figura 24 - Sistema de fixação com lã de rocha na caixa-de-ar	38
Figura 25 - Esquema de folgas para instalação de rodapés [39]	39
Figura 26 - Sarafos fixos à betonilha através de cola [40]	40
Figura 27 - Sistema de fixação sobre placas de OSB [41]	40
Figura 28 - Aplicação de soalho por colagem [42]	41
Figura 29 - Revestimento de piso em taco colado.....	42
Figura 30 - Padrões de instalação do taco [44].....	42
Figura 31 - Revestimento de piso em parquet	43
Figura 32 - Revestimento de piso em lamparquet [47]	44
Figura 33 - Revestimento de piso em parquet industrial	45
Figura 34 - Sentido de afagamento do soalho [48].....	46
Figura 35 - Sentido de afagamento do taco [48]	46
Figura 36 - Sentido de afagamento do parquet, do lamparquet e do parquet industrial [48]	46
Figura 37 - Esquema de afagamento do piso [48].....	47
Figura 38 - Betumagem [49]	48
Figura 39 - Aplicação do acabamento com rolo [49].....	50
Figura 40 - Avaliação do teor de humidade com higrómetro [49]	52
Figura 41 - Esquema da aplicação de calços [50]	53
Figura 42 - Métodos de fixação com prego [49]	55
Figura 43 - Nó vivo [54].....	58

Figura 44 - Nó morto	58
Figura 45 - Fendas e fissuras [55]	59
Figura 46 - Tipos de empenos numa peça de madeira [58].....	60
Figura 47 - Bolsa de goma [60]	61
Figura 48 - Efeito de fungos de podridão castanha na madeira [65].....	65
Figura 49 - Efeito de fungos de podridão branca na madeira [65]	66
Figura 50 - Efeito de fungos de podridão mole na madeira [65].....	66
Figura 51 - Manchas causadas por fungos no topo de uma peça de madeira [65]	67
Figura 52 - Efeito de bolores na madeira [66].....	68
Figura 53 - Furos de saída do caruncho num revestimento de piso em madeira.....	69
Figura 54 - Formiga carpinteira e o seu efeito na madeira [64]	71
Figura 55 - Efeito do ataque de térmitas num revestimento de piso em madeira [67]...	72
Figura 56 - Amostras para o ensaio do teor em água	76
Figura 57 - Pesagem das amostras.....	76
Figura 58 - Estufa	77
Figura 59 - Amostras no interior do exsiccador	77
Figura 60 - Amostras submersas num tanque com água	79
Figura 61 - Equipamento de prensagem com apoios auxiliares	83
Figura 62 - Disposição da amostra antes do ensaio	83
Figura 63 - Disposição da amostra após ensaio.....	84
Figura 64 - Valor da carga de rotura	84
Figura 65 - Base de betão	88
Figura 66 - Posicionamento do tubo.....	88
Figura 67 - Queda da esfera metálica sobre o provete de ensaio	89
Figura 68 - Medição das mossas	89
Figura 69 - Equipamento de desgaste.....	94
Figura 70 - Amostras de carvalho desgastadas.....	96
Figura 71 - Amostras de faia desgastadas	97
Figura 72 - Amostras de cerejeira desgastadas.....	98
Figura 73 - Amostras de jatobá desgastadas.....	99
Figura 74 - Amostras de sucupira desgastadas.....	100
Figura 75 - Amostras de ipê desgastadas.....	101

Índice de Gráficos

Gráfico 1 - Resultados obtidos do teor em água.....	78
Gráfico 2 - Massa volúmica de referência.....	80
Gráfico 3 - Resistência à flexão de referência.....	85
Gráfico 4 - Dureza Brinell a 1,0 m de altura.....	91
Gráfico 5 - Dureza Brinell a 1,2 m de altura.....	91
Gráfico 6 - Dureza Brinell a 1,5 m de altura.....	91
Gráfico 7 - % de perda na madeira de carvalho.....	95
Gráfico 8 - % de perda na madeira de faia.....	96
Gráfico 9 - % de perda na madeira de cerejeira.....	97
Gráfico 10 - % de perda na madeira de jatobá.....	98
Gráfico 11 - % de perda na madeira de sucupira.....	99
Gráfico 12 - % de perda na madeira de ipê.....	100
Gráfico 13 - Ensaio sem acabamento C1.....	101
Gráfico 14 - Ensaio com verniz C1.....	102
Gráfico 15 - Ensaio com óleo C1.....	102
Gráfico 16 - Ensaio sem acabamento C2.....	103
Gráfico 17 - Ensaio com verniz C2.....	103
Gráfico 18 - Ensaio com óleo C2.....	104

1. Introdução

1.1. Enquadramento do tema

A madeira desde o início da existência humana é um material que acompanhou o homem durante a sua evolução, contribuindo definitivamente para o desenvolvimento da humanidade como se conhece hoje. As propriedades físicas, variedade de formas e texturas, facilidade de manuseamento, processamento e abundância sempre foram grandes vantagens deste material que se mostrou muito útil na utilização desde os utensílios mais básicos, nomeadamente armas de caça, instrumentos de trabalho e musicais, até à utilização em elementos de construção. Durante muitos séculos o carpinteiro era o artífice mais importante na construção das edificações, das fortificações e dos edifícios religiosos, cuja cobertura possuía um vão com uma forma de resolução difícil em que o papel do carpinteiro era fundamental.

Na construção, a madeira, sempre esteve a par da utilização do tijolo e da pedra tendo um papel de igual ou superior importância a estes materiais. No início do século XX, com o aparecimento do betão armado, estes materiais começaram a ser utilizados maioritariamente como materiais secundários à construção. Com o rápido desenvolvimento industrial as estruturas tinham a necessidade de maior robustez e maior complexidade, o que consolidou o betão como principal material de construção. A madeira desde então começou a ser utilizada nas cofragens e como revestimentos. Com este rápido desenvolvimento e novas técnicas de construção a madeira passou a ser utilizada em construções precárias ou instalações auxiliares. Também com o rápido êxodo das populações do interior para as grandes cidades surgiram as soluções pré-fabricadas em madeira, estas eram fiáveis e de grande rapidez de montagem.

A madeira como material de revestimento de piso pode ser aplicada de diversas formas tendo como objetivos principais conferir uma beleza estética ao piso e uma durabilidade que não necessite de intervenções num período de pelo menos 10 anos. Existem inúmeros tipos de madeira que podem ser utilizados bem como várias dimensões para as peças a serem aplicadas nos revestimentos de piso. Nem todas as madeiras são indicadas para revestimento ou para aplicação num determinado local, especialmente se esse tipo de locais se encontra em constante alteração das condições de humidade ambientais.

1.2. Objetivos

O objetivo da presente dissertação foi fazer um estudo técnico e científico que abrangesse os pontos fulcrais da temática dos revestimentos de pisos em madeira para interiores. Efetuou-se uma pesquisa sobre quais seriam os seis tipos de madeira dos mais utilizados como revestimento de piso em Portugal. Para tal foram realizadas pesquisas sobre o estado da arte e ensaios laboratoriais para melhor compreender este material.

Pretende-se com esta dissertação obter um melhor conhecimento das propriedades da madeira e do seu comportamento, tanto durante a sua preparação para aplicação em obra como do seu estado durante a vida útil. Pretende-se ainda avaliar quais os métodos construtivos mais utilizados e que melhor se adaptam ao piso a revestir.

Fez-se também um estudo da durabilidade do revestimento e sobre as causas ou ações incorretas para que essa durabilidade seja afetada, provocando uma deterioração precoce no revestimento de piso em madeira.

Com a campanha experimental, realizada no Laboratório de Materiais de Construção da ADEC - ISEL, pretende-se dar a conhecer algumas das principais propriedades das madeiras em estudo e avaliar como essas propriedades diferem entre si.

1.3. Estrutura da dissertação

A estrutura da dissertação está subdividida em seis capítulos. Neste primeiro capítulo é feito um enquadramento do tema, são referidos os objetivos e apresentada a estrutura da dissertação. No segundo capítulo são abordados os tipos de madeira, as características do lenho, as propriedades e como é efetuada a correta secagem da madeira. No terceiro capítulo são abordados os tipos de suportes que constituem um piso, as principais exigências funcionais dos revestimentos de piso em madeira e quais os tipos de revestimento. É ainda abordado como devem ser realizados os acabamentos e o processo construtivo. No quarto capítulo são identificados os principais defeitos apresentados em peças de madeira aplicadas em obra, como se inicia a degradação da madeira e quais os seus principais agentes. No quinto capítulo está descrita a campanha experimental onde foram realizados os ensaios ao teor em água, massa volúmica, resistência à flexão, dureza superficial (choque) e desgaste. Depois de realizados os ensaios, foram analisados os resultados e retiradas as devidas conclusões. No sexto e último capítulo, apresenta-se a conclusão da dissertação e possíveis trabalhos futuros.

2. A madeira

A madeira, como sendo um material natural e facilmente renovável, é muito aplicada como material de construção, mobiliário, decorações interiores ou até mesmo como fonte de energia. A madeira é um dos materiais mais utilizados na construção portuguesa, tanto pela sua resistência como pela sua beleza natural. As construções em madeira são amigas do ambiente, comparativamente com as construções em betão, e têm elevada capacidade de resistir às alterações climáticas através do seu armazenamento de carbono. Têm também a vantagem de serem recicláveis.

Os incêndios florestais são uma grande ameaça a este material renovável, pois consomem as florestas, diminuindo a capacidade de renovação das madeiras. As florestas contribuem para as necessidades de abastecimento sustentável do mercado da madeira e sem elas não é possível a extração da sua matéria-prima.

No presente trabalho irão ser estudados seis tipos de madeiras, que são muito comuns nas construções portuguesas. Três desses tipos são madeiras de origem portuguesa e os outros três são madeiras exóticas importadas.

2.1. Madeiras portuguesas

Os três tipos de madeiras portuguesas selecionados para estudar no presente trabalho são: o carvalho português, a faia e a cerejeira. Todos eles possuem características únicas que os tornam muito apetecíveis na construção em Portugal.

2.1.1. Carvalho português

O carvalho português (figura 1) pertence ao conjunto das espécies folhosas, à ordem das *Fagales*, família das *Fagáceas*, género *Quercus*, sendo o seu nome científico *Quercus Faginea*.

Tem um tamanho médio não superior a 20 m de altura, é uma árvore de folha caduca de queda tardia, por isso denomina-se árvore de folha marcescente. Tem a copa arredondada, oval ou elipsoidal, regular, com ramificações de cor pardo-avermelhado ou acinzentado. O tronco é direito e possui uma casca acinzentada ou parda-acinzentada, com muitas fissuras pouco profundas em carvalhos mais velhos, atingindo um diâmetro de 80 cm [1] [2].

Este tipo de árvore floresce em Portugal, Espanha e Norte de África. Em Portugal é mais comum no Centro e Sul do país, em pequenas zonas isoladas devido ao declínio que ocorreu no séc. XX. Desenvolvem-se em climas suaves e quentes, porém algumas variedades também toleram climas continentais com grandes amplitudes térmicas e de humidade. Crescem em qualquer tipo de solo, entre o nível do mar e aos 1900 m de altitude, até em solos calcários, que limitam muito o crescimento de espécies arbóreas e arbustivas [2] [3].

A madeira de carvalho tem uma cor de castanho claro com tons de castanho-escuro. Os padrões de grãos são geralmente grandes e abertos, e eles são de um tom diferente da cor base da madeira.



Figura 1 - Carvalho português [3]

2.1.2. Faia

A faia (figura 2) tal como o carvalho é uma angiospérmica dicotiledónea, da família das *Fagáceas*, sendo o seu nome científico *Fagus sylvatica L.*

É uma árvore de grandes dimensões, que pode atingir os 40 m de altura. O tronco é de grande diâmetro e ramifica-se a uma altura elevada, por vezes a mais de metade da altura da árvore. A sua casca, de cor acinzentada, é lisa e raramente fendilhada, mas vai-se tornando áspera à medida que a árvore envelhece. Porém quando a árvore é jovem a sua cor é pardo-amarelada com gomos muito pequenos e pontiagudos. A sua copa é densa e oval, ligeiramente alongada, de folha caduca [4].

A faia floresce por toda a Europa, particularmente na Europa do Norte e Central e ainda em algumas zonas do sudoeste europeu, numa faixa entre os 40 e 60° de latitude Norte. Adapta-se facilmente a solos delgados, ligeiros, bem drenados, pouco calcários, ricos em

minerais, húmidos e onde as temperaturas não são excessivamente elevadas. Podem crescer em zonas desde o nível do mar até aos 1700 m de altitude [5].

Tem uma cor castanho muito pálido, podendo ir até castanho avermelhado claro, ou amarelo dourado. Na face tangencial são facilmente visíveis os raios lenhosos distribuídos de forma irregular. O fio da madeira é reto, o seu grão é fino com textura suave.



Figura 2 – Faia [5]

2.1.3. Cerejeira

A cerejeira (figura 3) pertence à família das *Rosaceae* e o seu nome científico é *Prunus Avium L.*

É uma árvore de médias dimensões, com uma altura normal entre os 10 e os 20 m, mas podendo alcançar os 30 m. O tronco é delgado, comparativamente, por exemplo, com o carvalho ou com a faia, liso, anelado e com uma cor castanha-avermelhada. A copa é larga, desenvolve-se em forma piramidal e é de folha caduca [6] [7].

A cerejeira floresce no Sul e no Oeste da Europa e em Portugal existem sobretudo no Norte e no Centro. Desenvolvem-se em lugares frescos e profundos como sendo bosques e margens dos rios e preferem os solos calcários, embora os solos siliciosos não prejudiquem o seu desenvolvimento. Ocorrem habitualmente a uma altitude entre 200 e 1000 m, necessitam de constante humidade para se desenvolverem, conseguem suportar temperaturas até -20° C e têm um tempo de vida que pode chegar aos 100 anos [7].

O cerne é de cor castanho-amarelado-claro, e por vezes o grão é facilmente identificado por apresentar estrias mais escuras. A sua textura é média e tem um aspeto fibroso atenuado.



Figura 3 – Cerejeira [8]

2.2. Madeiras exóticas

As três madeiras exóticas escolhidas para a presente obra são principalmente originárias do Brasil, têm cor mais escura, são mais duras, comparativamente com as portuguesas. Essas madeiras são: o jatobá, a sucupira e o ipê.

2.2.1. Jatobá

A espécie jatobá (figura 4) pertence à família das *Fabaceae* sendo o seu nome científico *Hymenaea courbaril L.*

É uma árvore que pode ser de médias a grandes dimensões, sendo que a altura pode variar entre os 10 e os 15 m. O tronco é delgado mas em certas condições pode chegar aos 2 m de diâmetro e a sua casca é acinzentada, lisa e exsuda resina. A copa é abundante e muito ramificada perdendo grande parte das suas folhas durante a estação seca ou mais fria do ano [9] [10].

O jatobá floresce principalmente na América do Sul e não requer um solo muito fértil para se desenvolver, sendo uma árvore ideal para reflorestações e combate à desertificação. É uma espécie que pode crescer entre 0,5 a 1 m por ano. Podem ser

plantadas desde o nível do mar até aos 900 m de altitude, suportando temperaturas até -3° C e podendo chegar aos 500 anos de existência [9].

A madeira tem cor castanho-avermelhada no cerne e branco-avermelhado no borne. É muito dura ao corte o seu grão pode ser regular ou irregular de textura média.



Figura 4 – Jatobá [11]

2.2.2. Sucupira

Existem várias espécies de sucupira que se distinguem principalmente pela cor e pela sua textura. A madeira a abordar no presente trabalho é a sucupira-preta (figura 5) pertencente à família das *Fabaceae*, sendo o seu nome científico *Bowdichia vergilioides*.

É uma espécie de pequeno a médio porte, que pode atingir os 16 m de altura se o solo for fértil. O seu tronco pode ser reto ou contorcido de casca grossa, rugosa, áspera, fendilhada, de cor acinzentada e com espessura entre 30 e os 50 cm. A sua copa é piramidal-rala e floresce quando perde todas as suas folhas, dando origem a flores rosadas, produzindo posteriormente os frutos [12] [13] [14].

A sucupira-preta é uma árvore originária da América do Sul e desenvolve-se em solos húmidos ou secos, quanto mais rico o solo for mais se desenvolve. A altitude mais comum onde as sucupiras são plantadas é cerca de 1400 m.

A madeira de sucupira tem um cerne com cor castanha, tornando-se mais escura com a secagem e o borne é estreito e diferenciado do cerne com cores acinzentadas. A textura da madeira da sucupira é grossa e tem um grão direito ligeiramente entrecruzado [15].



Figura 5 – Sucupira [15]

2.2.3. Ipê

A espécie de ipê (figura 6) que será abordada no presente trabalho será o ipê-amarelo da família *Bignoniaceae*, sendo o seu nome científico *Tabebuia Alba*.

O ipê é uma árvore de médias a grandes dimensões, atingindo entre 5 e 25 m de altura. O tronco é reto ou pouco tortuoso com cerca de 5 a 8 m de altura e com 30 a 90 cm de espessura, de cor acinzentada e de casca grossa com fissuras longitudinais e profundas. Tem uma copa alongada e alargada na base com ramos compridos e tortuosos. As flores são de cor amarelada e os frutos são alongados, tipo vagem, secos e abrem-se quando estão maduros. É uma espécie heliófita, ou seja, adapta-se muito bem a ambientes com exposição solar direta [16] [17].

O ipê é uma espécie originária da América do Sul e prefere solos húmidos e profundos ou planos com drenagens lentas e de média a boa fertilidade. O ipê desenvolve-se em altitudes desde o nível do mar até aos 1200 m em florestas com muita pluviosidade com temperaturas entre 14 e os 25 °C [16] [17].

O cerne da madeira de ipê tem uma cor castanha com reflexos amarelados ou esverdeados, enquanto que, o borne tem uma cor branco-amarelada. A sua superfície não apresenta brilho, o seu grão é irregular, é dura ao corte e a sua textura é fina [18].



Figura 6 - Ipê-amarelo [19]

2.3. Características do lenho

A madeira é um material heterogéneo e anisotrópico de origem biológica. É protegida por uma camada dura e resistente de células mortas do lenho denominada casca. Em alguns casos, esta pode ser utilizada, por exemplo, para extração de cortiça, mas na maioria dos restantes casos é descartada ou utilizada como combustível depois da extração da madeira [20].

2.3.1. Fisiologia do tronco

A árvore está fixa ao solo através da sua raíz e é através desta que absorve os seus nutrientes e água do solo, mistura denominada por seiva bruta. A maior parte da madeira extraída de uma árvore encontra-se no tronco (figura 7), sendo que este suporta a copa e conduz a seiva bruta às folhas, que se encontram no topo da mesma. Do mesmo modo, conduz a seiva elaborada proveniente das folhas após a fotossíntese até à restante árvore, formando um sistema circulatório bem definido [20].

O tronco é constituído pela casca, câmbio vascular e lenho.

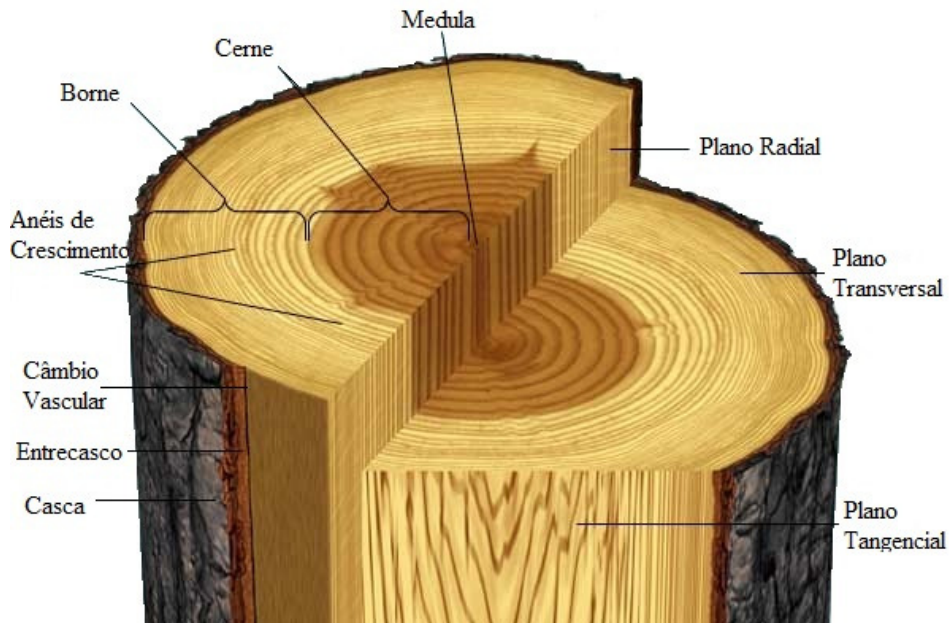


Figura 7 - Fisiologia do tronco de uma espécie resinosa [21]

2.3.1.1. Casca

A casca é a parte exterior do tronco que o protege das agressões exteriores do meio ambiente. É formada por duas camadas, a ritidoma e o entrecasco.

A ritidoma é a camada mais externa formada por tecidos mortos. Protege o lenho do meio ambiente, do excesso de evaporação e dos agentes de destruição. Como é um tecido morto, se este for danificado ou fissurar, renova-se e não tem muito interesse como material de construção [20].

O entrecasco é uma camada mais interna, formada por tecido mole e húmido, que contém atividade fisiológica. Através do lenho, mais concretamente do borne, a seiva bruta proveniente do solo é transportado até à copa, onde se localizam as folhas. Esta seiva elaborada é então transportada pelo entrecasco contribuindo depois para o desenvolvimento da árvore, podendo também ficar armazenada em forma de amido. [20].

2.3.1.2. Câmbio vascular

O câmbio vascular é uma fina camada que se encontra entre a casca e o lenho da árvore. O entrecasco e o câmbio vascular são muito importantes para a árvore, tão importantes que se for feito um rasgo ou corte, mesmo que accidental, a árvore pode secar e morrer [20].

É no câmbio vascular que são sintetizados, a partir do amido, a celulose e a lenhina, principais constituintes do lenho. O crescimento transversal da árvore é feito através da

adição de novas camadas concêntricas e periféricas com origem no câmbio vascular denominadas anéis de crescimento [20].

As condições em que a árvore se desenvolve são refletidas nos anéis de crescimento largos e pouco distintos em zonas de rápido crescimento e em climas quentes e apertados e bem configurados em zonas temperadas e de climas frios. Todos os anos é formado um anel e em cada anel podem ser distinguidas duas camadas: o anel de primavera, de cor clara, células largas e paredes finas e o anel de outono, de cor escura, células finas e paredes grossas. Estes anéis distinguem-se pelo abrandamento no seu desenvolvimento durante o inverno. Através da contagem dos anéis é possível determinar a idade da espécie [20].

2.3.1.3. Lenho

O lenho é o núcleo da árvore, é nesta zona que a seiva bruta ascende à copa da árvore e é também a parte útil da árvore para extração de madeira. É constituído por duas partes bem distintas: o borne e o cerne.

O borne é a camada mais exterior do lenho, é constituído por células vivas e ativas, que fazem o transporte da seiva bruta desde as raízes até às folhas, e tem uma função resistente [20].

O cerne é a parte central da árvore, tem uma cor mais escura que o borne e é constituído por células mortas. Com o crescimento da árvore o cerne vai aumentando de tamanho, engrossando as suas paredes, ficando, por isso, com uma maior resistência mecânica. Também como não contém seiva, amidos ou açúcares, o cerne não atrai os xilófagos, aumentando assim a sua durabilidade [20].

Tanto o borne como o cerne podem ser utilizados na construção, sendo que o cerne tem maior resistência mas é mais difícil de impregnar com produtos preservadores.

2.3.2. Anisotropia

A árvore desenvolve-se num sentido predominante, denominado sentido das fibras, criando uma simetria axial. Esta simetria cria uma anisotropia, que traduz uma diferença nas propriedades físicas e mecânicas para diferentes direções. Assim, para caracterizar uma peça em madeira, há que ter em conta as suas direções e propriedades [22].

Deste modo, existem três direções principais em qualquer peça de madeira: tangencial, radial e transversal (figura 8). A direção tangencial é paralela às fibras, a radial corresponde a um raio definido na secção transversal e a transversal corresponde a uma qualquer tangente às camadas de crescimento [22].

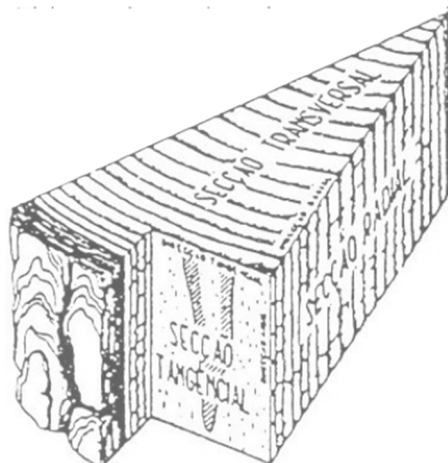


Figura 8 - Planos principais numa peça de madeira [23]

2.3.3. Resinosas e Folhosas

As espécies de árvores podem ser distinguidas, a nível celular, por resinosas ou folhosas. As células do lenho das folhosas são mais desenvolvidas, mais complexas e mais diversificadas. No presente trabalho, as seis madeiras em estudo são todas folhosas. Alguns exemplos de madeiras resinosas são o pinheiro, o abeto e o cedro.

2.3.3.1. Resinosas

As madeiras resinosas (figura 9) de uma forma geral têm um crescimento mais rápido que as folhosas. Como têm um crescimento muito rápido, a sua madeira tem menor qualidade, pouca densidade, menores qualidades mecânicas e menor durabilidade [20].

O lenho das madeiras resinosas é formado por: traqueídeos, raios lenhosos e canais de resina.

Os traqueídeos, designados por fibras, são células alongadas de diâmetro constante, semelhantes a tubos finos que conduzem a seiva, e desempenham funções de suporte mecânico.

Os raios lenhosos são numerosas linhas finas e claras que se desenvolvem radialmente e que conduzem e armazenam substâncias no sentido radial do tronco. Constituem ainda o parênquima radial, que é um tecido de células curtas e de paredes pouco espessas que distribuem e armazenam nutrientes.

Os canais de resina são canais limitados por células secretoras de resina.

- 1 – Anel de primavera
- 2 – Anel de outono
- 3 – Parênquima
- 4 – Traqueídeos
- 5 – Traqueídeos radiais
- 6 – Pontuações aureoladas
- 7 – Canal de resina
- 8 – Raios lenhosos

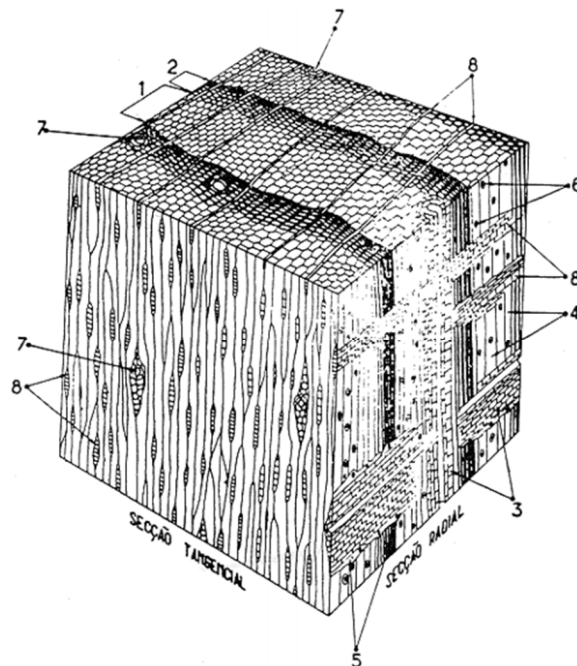


Figura 9 - Estrutura do lenho de uma resinoso [23]

2.3.3.2. Folhosas

Quase todas as folhosas (figura 10) são de crescimento mais lento que as resinosas e estão por isso preparadas para o abate mais tarde que as resinosas. Como levam mais tempo a crescer são madeiras mais densas e dependem de menores medidas preventivas para manter a sua durabilidade [20].

O lenho das folhosas é formado por: prosênquima, que são os vasos e as fibras, parênquima e raios lenhosos.

Os vasos são tubos longitudinais visíveis a olho nu, presentes em grande parte do lenho, e permitem o fluxo da seiva através do mesmo.

As fibras são constituídas por células de prosênquima, afiladas com diâmetro variável e reduzido, e estão dispostas longitudinalmente ao longo do tronco. São também os elementos resistentes que sustentam a árvore.

O parênquima é um tecido de células curtas e pouco espessas destinadas à distribuição e ao armazenamento de nutrientes.

Os raios lenhosos são faixas de células do parênquima, organizadas em fiadas radiais.

- 1 – Anel de primavera
- 2 – Anel de outono
- 3 – Parênquima
- 4 – Fibras
- 5 – Vasos
- 6 – Poros
- 7 – Raio lenhoso

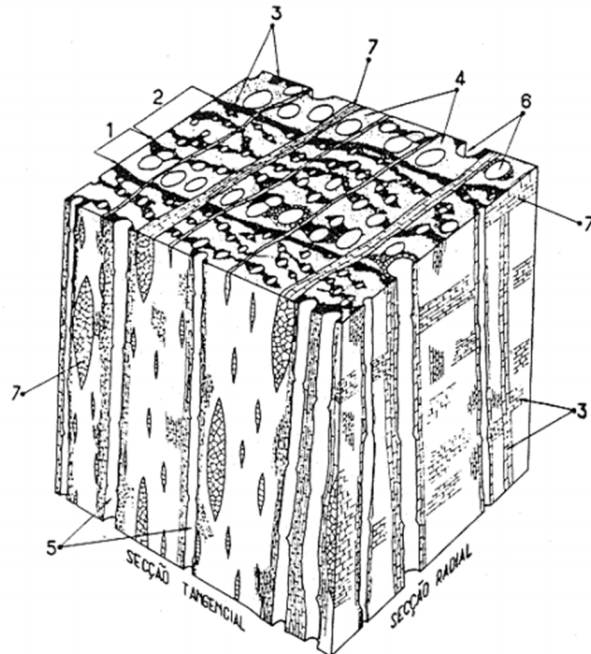


Figura 10 - Estrutura do lenho de uma folhosa [23]

2.4. Propriedades organoléticas

As propriedades organoléticas, como o próprio nome sugere, são as propriedades da madeira que os sentidos conseguem captar. A diferença entre gostar ou não gostar de um certo tipo de madeira está relacionada com estas propriedades: cor, cheiro, grão, textura, brilho e desenho.

A cor é obtida através dos corantes presentes nas resinas, gomas e derivados tânicos. A zona do borne juntamente com o câmbio apresentam uma cor mais clara que o cerne. Alguns dos produtos que dão a coloração à madeira podem ser tóxicos aos xilófagos e a outros agentes degradadores da madeira, pelo que as madeiras mais escuras têm uma durabilidade superior às madeiras mais claras [24].

O cheiro de uma madeira também é um fator importante na sua escolha, sendo mais importante se a madeira for aplicada sem acabamento, o que raramente acontece, porque assim que se aplicam os óleos ou os vernizes o cheiro característico da madeira é substituído pelo cheiro dos acabamentos.

O grão refere-se à orientação vertical dos elementos constituintes do lenho, em relação ao eixo da árvore ou de uma peça. Durante o crescimento, a árvore é afetada por diversos fatores que influenciam e dão origem aos seguintes tipos de grão [24]:

- Reto (figura 11), que é o tipo normal e tem os tecidos paralelos ao eixo normal do fuste da árvore;
- Espiral (figura 12), que é determinada pela orientação espiral dos tecidos em relação ao fuste;
- Entrecruzado (figura 13), que aparece quando a inclinação dos tecidos se altera de período de crescimento em período de crescimento.
- Ondulado (figura 14), quando as fibras do lenho alteram constantemente de direção simulando uma linha sinuosa regular.



Figura 11 - Grão reto



Figura 12 - Grão espiral



Figura 13 - Grão entrecruzado [25]



Figura 14 - Grão ondulado

A textura é o efeito áspero ou suave que a madeira transmite ao toque. Esta provém do efeito produzido na madeira pelas suas dimensões, distribuição e percentagem dos diversos elementos estruturais que constituem o lenho. Existem três tipos de textura, tais como [24]:

- Grossa, que apresenta poros com dimensões superiores a 250 μm , visíveis a olho nu e com parênquima axial abundante ou raios lenhosos largos;
- Média, que é a situação intermédia entre a textura grossa e a fina;
- Fina, que se apresenta em madeiras cujos elementos são de pequenas dimensões e se encontram distribuídos de forma disseminada no lenho.

O brilho da madeira só é visível quando sobre a sua superfície incide uma luz, criando um reflexo. Como a madeira é um material heterogéneo, o brilho pode ser diferente nas várias secções ou faces anatómicas da mesma peça, sendo que a face radial é a que mais brilha [24].

O desenho é a combinação das várias características macroscópicas da madeira, nomeadamente a cor, o borne, o cerne, o grão e os anéis de crescimento, tornando a peça única. Algumas anomalias criadas no crescimento da árvore também podem adicionar valor às peças.

2.5. Propriedades Físicas e Mecânicas

As propriedades físico-mecânicas da madeira são uma temática importante na classificação e identificação da própria madeira, contribuindo para um melhor conhecimento da espécie.

2.5.1. Propriedades físicas

A madeira é um material em que as suas propriedades físicas variam dependendo da espécie, sendo importante conhecer e avaliar essas propriedades, de modo a classificar a madeira e proceder à realização de ensaios, como, por exemplo, os ensaios mecânicos e térmicos.

Massa volúmica

A massa volúmica, também aferida como densidade, é uma propriedade muito importante da madeira, porque muitas outras propriedades físico-mecânicas dependem dela. Serve ainda na prática como uma referência à classificação da madeira.

As madeiras mais pesadas são mais duras, resistentes e elásticas que as madeiras mais leves, mas apresentam a desvantagem de serem mais difíceis de trabalhar e de apresentarem maiores variabilidades na sua constituição [26].

A massa volúmica pode ser caracterizada como massa volúmica aparente ou massa volúmica básica. A primeira é calculada para um teor em água de referência de 12%, enquanto que a segunda é calculada com um teor em água de 0%.

Teor em água

Depois de extraída a madeira, esta ainda contém seiva. A seiva nela contida é transformada em água com o passar do tempo. A árvore, imediatamente depois de ser cortada, inicia este processo.

Inicialmente as madeiras são consideradas verdes com o seu teor em água na ordem dos 60%, baixando gradualmente através de processos de secagem até se encontrar seca. A madeira é considerada seca quando o seu teor em água é da ordem dos 8 a 12%, dependendo do local onde vai ser aplicada [26].

Existem três tipos de água contida na madeira: água de constituição, de impregnação e livre. A água de constituição não é removida através dos processos de secagem e a peça só se encontra totalmente seca se esta for a única água presente na madeira. A água de impregnação encontra-se entre as fibras e as células lenhosas e é o tipo de água que faz com que a madeira inche alterando as suas propriedades. A peça de madeira está totalmente saturada quando a água de impregnação a preenche totalmente. A este estado da madeira dá-se o nome de ponto de saturação das fibras (PSF), que normalmente está perto dos 26% do teor em água da peça, dependendo da massa volúmica. A água livre encontra-se nos poros e vasos capilares da madeira e apenas existe depois de esta estar completamente saturada devido à água de impregnação [24] [26].

A madeira, desde o instante que é cortada, começa logo a procurar um equilíbrio entre o seu teor em água e o teor em humidade ambiente. O mesmo deve acontecer quando a madeira vai ser aplicada numa certa zona, proveniente de outra com teor em humidade diferente, sendo necessária a sua ambientação ao novo local.

Retração

A retração de uma peça de madeira é a redução do seu volume devido à saída de água de impregnação. Apenas abaixo do PSF é que a madeira começa a retrair e retrai mais quanto maior for a perda de água.

A madeira é um material fortemente anisotrópico, daí que a retração não seja idêntica em todas as direções. A retração longitudinal, no sentido das fibras, não é muito acentuada, enquanto que na direção radial e tangencial pode atingir valores da ordem de 10%. Por outro lado, se a madeira estiver exposta numa atmosfera em que o teor em humidade é superior, o processo inverso acontece, inchando a madeira quanto maior esse teor for [26] [27].

Resistência ao fogo

A madeira, como muitos outros materiais, também é combustível, mas não tanto como se pensa. Enquanto o aço na presença de altas temperaturas não entra em combustão, mas deforma-se até colapsar sem aviso prévio, a madeira à medida que arde forma uma camada protetora carbonizada que impede que aconteça o mesmo que ao aço [27].

Apenas para as estruturas de madeira e segundo o EC5, é necessário que a madeira seja dimensionada para resistir durante um determinado tempo ao fogo, adicionando espessura à peça.

2.5.2. Propriedades Mecânicas

As propriedades mecânicas definem a resistência de cada espécie de madeira às forças exteriores e às tensões internas que resultam da retração/inchamento. Esta resistência também depende do tipo de força aplicada, nomeadamente compressão, tração, corte e flexão, bem como da sua intensidade. A madeira como material anisotrópico que é, ao contrário dos materiais de natureza homogénea, reage e tem resistências diferentes dependendo da direção da aplicação da força.

Compressão

Existem dois tipos de compressão, a compressão axial e a compressão transversal. Devido à anisotropia, a força aplicada paralelamente ou transversalmente ao fio, respetivamente compressão axial ou transversal, diferem em valor. A resistência à compressão axial é cerca de quinze vezes superior à resistência de compressão transversal e a sua resistência

à tração é cerca do dobro da resistência à compressão, devido ao seu esqueleto de moléculas de celulose [24] [26].

A compressão transversal pode provocar a mudança de forma da madeira ou a redução das suas cavidades celulares e o colapso pode ocorrer por dobragem ou deformação plástica das suas paredes celulares.

Tração

A resistência à tração, tal como na compressão, deve ser definida paralelamente ou perpendicularmente às fibras. A tração paralela às fibras, designada tração axial, tem maior resistência que a tração perpendicular, designada tração transversal, devido às suas características celulares. A tração tangencial e a tração radial não têm diferenças significativas no que se refere à sua resistência [24] [26].

Flexão

A flexão está presente sempre que se coloca uma peça sobre dois apoios criando um vão, seja pelo peso próprio do material ou sobrecargas que sobre ele são aplicadas. Com o esforço de flexão desenvolvem-se três esforços em simultâneo: corte, compressão e tração. Só pela ação da gravidade uma peça flete criando uma flecha com valor máximo a meio vão, desenvolvendo-se esforços de compressão na fibra superior e esforços de tração na fibra inferior. Na linha neutra situada no centro da seção transversal da peça não existem estes esforços, mas o esforço ao corte é máximo, sendo nulo nas superfícies [24] [26].

Elasticidade

A elasticidade da madeira consiste na sua deformação, dentro de certos limites e sem que ocorra rotura, e, assim que for removida a força que provoca esse deslocamento, a madeira volta ao estado original. O parâmetro que melhor caracteriza a elasticidade da madeira é o seu módulo de elasticidade, nomeadamente o módulo de Young, que prevê a deformação esperada para um certo carregamento, avaliando o comportamento do material, especialmente em serviço. Quanto maior o seu módulo de elasticidade maior será a sua resistência a se deformar, ou seja, os materiais são mais rígidos [24] [26].

Dureza

A dureza está diretamente relacionada com a dificuldade da penetração de corpos estranhos à sua massa. Está relacionada com a sua resistência à abrasão ou a ser riscada. Quanto mais dura for a madeira, maior é a sua massa volúmica e, em certas condições, maior a sua durabilidade. É também a dureza que indica o grau de resistência que a madeira oferece às ferramentas mecânicas e manuais, pelo que quanto maior a sua dureza, mais difícil é de trabalhar [24] [26].

Fendilhação

A fendilhação é semelhante à tração transversal conjugada com a influência de contrações e tensões. Este refere-se às forças que atuam na madeira, causando a separação das fibras constituintes do lenho em planos, que pode acontecer, por exemplo, na pregagem da madeira. A madeira na sua direção axial é muito suscetível à fendilhação, apresentando pouca resistência. Esta resistência está associada ao tipo de madeira e às suas características físico-mecânicas, pelo que uma madeira menos densa apresenta menor resistência à fendilhação que uma madeira mais densa [26].

Fluência

A fluência é uma propriedade mecânica que depende do tempo e consiste na deformação continuada sob uma carga constante ao longo do tempo. Quando é aplicada uma carga num certo intervalo de tempo, a madeira como material viscoelástico que é deforma-se, tendo uma deformação elástica e um acréscimo de deformação ao longo do tempo. Quando descarregada, a madeira recupera alguma da sua forma inicial mas não recupera a deformação variável com o tempo [26].

2.6. Propriedades térmicas

As propriedades térmicas da madeira são semelhantes nas gamas das madeiras mas diferem de espécie para espécie. Para classificar estas propriedades é necessário conhecer previamente as suas propriedades físicas. A principal propriedade física que influencia as propriedades térmicas da madeira é a sua massa volúmica, sendo que os materiais mais porosos são melhores isolantes.

Interessa estudar quatro propriedades térmicas importantes na madeira: a condutibilidade térmica, o calor específico, a transmissão térmica e o coeficiente de dilatação térmica.

Condutibilidade térmica

A condutibilidade térmica (λ) é a taxa do fluxo de calor que atravessa a madeira quando esta é submetida a um gradiente térmico ($W/m.^{\circ}C$). A condução do calor pela madeira faz-se através da transferência de vibração de uns átomos ou moléculas para outros em que a capacidade de transferir mais ou menos calor depende da natureza do material [24].

A estrutura porosa da madeira contém vazios, o que a torna num bom isolante térmico. O coeficiente de condutibilidade térmica das madeiras densas e muito densas é aproximadamente 0,23 e 0,29 $W/m.^{\circ}C$, respectivamente [28].

A condutibilidade térmica da madeira não é igual em todas as direções devido à natureza do próprio material e à sua anisotropia, tendo maior condutibilidade térmica no sentido axial do que nos sentidos transversais e radiais. Também varia devido a outros fatores, tais como:

- Massa volúmica, quanto mais denso o material, menor o número de vazios e maior a quantidade de material lenhoso, logo maior a sua condutibilidade térmica;
- Teor em água, quanto mais humidade estiver contida na madeira, maior será a condutibilidade térmica da madeira, pois a água aumenta o seu λ . O λ da água é de 0.50 $W/m.^{\circ}C$;
- Aumento da temperatura, que faz com que o fluxo de calor através da madeira seja maior.

Calor específico

O calor específico ($KJ/kg.^{\circ}C$) é a relação entre a capacidade de aquecimento da madeira e a da água (1 $KJ/kg.^{\circ}C$). A capacidade de aquecimento representa a quantidade de energia necessária por unidade de massa para que a temperatura aumente 1 $^{\circ}C$. O calor específico depende da temperatura e do teor em água da madeira mas não depende da sua massa volúmica ou espécie. Quanto maior a quantidade de água contida no interior da madeira, maior o seu calor específico. O calor específico da madeira húmida é superior às suas parcelas (água e madeira) somadas, isto deve-se à absorção de energia adicional devido à existência de ligações entre a água e a madeira [24].

Transmissão térmica

A transmissão térmica representa a velocidade com que a madeira consegue absorver calor pelas suas fronteiras. É dada pela relação entre a condutibilidade térmica e o produto do calor específico e da sua massa específica (m^2/h).

$$a = \frac{\lambda}{c.r} \left(\frac{m^2}{h} \right)$$

Onde:

- a- fator de transmissão de calor;
- λ - coeficiente de condutibilidade térmica;
- C- calor específico;
- r- massa específica.

A difusidade da madeira é muito inferior à de outros materiais, como por exemplo os metais ou os tijolos, devido à sua baixa condutibilidade térmica, massa volúmica e calor específico. Assim, não se sente ao tato se a madeira está extremamente quente ou fria [24].

Coeficiente de dilatação térmica

O coeficiente de dilatação térmica representa a variação de dimensões da madeira influenciadas pela temperatura. Ao contrário de outros materiais, como por exemplo os metais, a madeira tem um baixo coeficiente de dilatação térmica. À medida que a madeira aquece, ela aumenta de volume mas em simultâneo diminui o seu teor em água, o que a faz retraindo, anulando quase por completo qualquer acréscimo nas suas dimensões. As suas variações na direção axial são inferiores às variações nas direções transversal e radial [24].

2.7. Secagem da madeira

As árvores utilizam a água para subsistir e para se desenvolverem na natureza. A madeira é verde para teores em água acima dos 22%, pode atingir teores de cerca de 60%, e por isso estar em valores muito afastados do teor ótimo para a construção. Esta água é essencial à árvore mas prejudicial à madeira quando esta é aplicada na construção, por isso, antes de ser aplicada, esta deve ser seca. Assim que a árvore é cortada, começa logo a dissipar água e, se esta sair de forma irregular, a madeira pode ficar com defeitos, como

fissuras, fendas e empenamentos, e mais suscetível a fungos. A madeira depois de passar pelo processo de secagem, deve apresentar um teor em água similar ao ambiente em que vai ser aplicada. [29].

A secagem da madeira deve ser feita gradualmente em ambiente controlado com um teor em água constante, nomeadamente semelhante ao teor em água com que a madeira deve ser aplicada. As vantagens da secagem são as seguintes:

- Reduz o peso da madeira e todos os custos inerentes;
- Aumenta a resistência mecânica, se os defeitos de secagem forem bem controlados;
- Aumenta a capacidade de fixação de pregos;
- Elimina o ambiente propício ao aparecimento de fungos.

Existem dois modos principais de secagem da madeira: a secagem natural e a secagem artificial.

2.7.1. Secagem natural

A secagem natural é o método mais utilizado por ser um processo fácil e eficaz, desde que devidamente controlado.

Este processo de secagem consiste em colocar a madeira num certo ambiente à mercê dos fatores climáticos do local, nomeadamente a temperatura, a humidade e a velocidade do ar, que são determinantes para que a madeira fique em equilíbrio higroscópico com esse local. Em contrapartida, por se tratar de um ambiente natural não controlado, não é possível regular o modo como a madeira seca [30].

O tempo de secagem depende do tipo de espécie, das condições atmosféricas locais e do modo de empilhamento da madeira (figura 15), mas mesmo em condições ótimas este método de secagem é muito lento. A secagem natural apenas consegue deixar a madeira em equilíbrio higroscópico com o ambiente. No entanto, se o teor em água pretendido for inferior ao teor em água ambiente, não é possível atingi-lo através deste tipo de secagem [30].

A secagem natural apresenta a vantagem de reduzir a humidade inicial da madeira e a sua suscetibilidade ao ataque de fungos. Este método tem ainda menores consumos de energia, aproveitando as condições ambientais.

Como desvantagens este método não consegue controlar as condições ambientais e, se o controlo da secagem não for o mais correto, podem surgir defeitos. Contém ainda um elevado tempo de secagem comparativamente com outros métodos artificiais. Tem ainda como desvantagem o fato do teor em água final continuar demasiado alto para utilização.

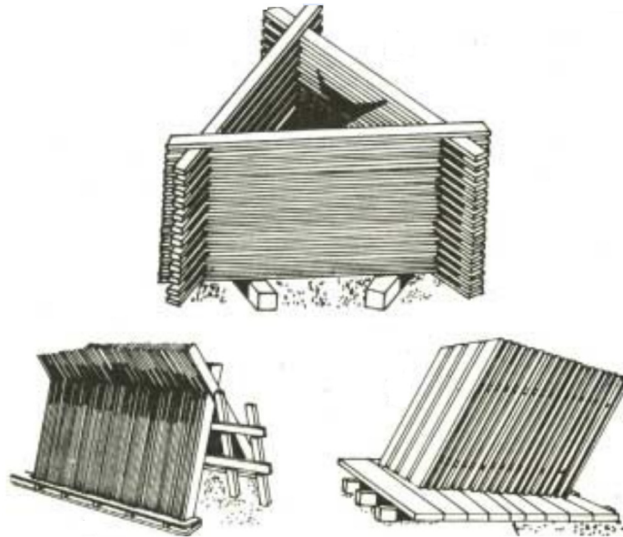


Figura 15 - Tipos de pilhas para secagem da madeira ao ar [30]

2.7.2. Secagem artificial

A secagem artificial, ao contrário da secagem natural, pretende controlar o ambiente no qual a madeira é seca. Em ambiente controlado é possível efetuar a secagem da madeira sempre com as mesmas condições de temperatura, humidade e velocidade do ar. Se necessário, é possível alterar uma ou várias dessas condições para que a madeira perca o teor em água em excesso da melhor maneira e com um menor número de defeitos possível [30].

Existem três tipos de secagem artificial: secagem a baixas temperaturas, convencional e a altas temperaturas.

Secagem a baixas temperaturas

As secagens a baixa temperatura ou pré-secagem realizam-se abaixo dos 50 °C e a humidade relativa pode variar, sendo pouco controlada (entre 50 e 80%). O ar com velocidades controladas entre 0,5 e 1,0 m/s é forçado a passar entre a pilha de madeira promovendo a secagem. Este processo de pré-secagem destina-se a reduzir o teor em água da madeira verde para cerca de 20 a 30%, removendo toda a água livre e alguma de impregnação.

As câmaras de pré-secagem normalmente possuem duas portas, uma de entrada e outra de saída, para que possam ser colocadas madeiras verdes e retiradas madeiras secas, sem que o processo seja interrompido. O processo de pré-secagem e a secagem são uma mais-valia para a madeira quando são utilizados em conjunto, diminuindo o teor em água da madeira de uma forma gradual [30].

Em relação ao processo de secagem ao ar livre, este tipo de secagem é cerca de cinco vezes mais rápido e a madeira não está exposta às condições ambientais, prevenindo assim o aparecimento de fungos ou manchas.

Secagem convencional

Relativamente aos processos de secagem artificial, este é o mais utilizado. As temperaturas variam entre os 50 e os 100 °C e a humidade relativa e a velocidade do ar são mais controladas do que na pré-secagem. Com maior controlo sobre as condições interiores, o tamanho da câmara tende a diminuir, podendo ir até aos 150 m³ [30].

A madeira dentro da câmara é atravessada pelo ar quente com velocidades entre 1,5 e 2,5 m/s, devendo ser feito o planeamento do aumento progressivo das condições ambientais dentro da câmara, dependendo da espécie e da espessura das peças [30].

Estas câmaras (figura 16) já possuem sensores de temperatura e de humidade relativa para que possa ser feito um melhor controlo. Possuem ventilação superior ou lateral, para que o ar passe por todo o volume da câmara e que se consigam obter velocidades constantes durante a secagem [30].

Este método tem como vantagens um melhor controlo das condições no interior da câmara, fazendo com que a madeira atinja o teor em água ótimo em poucos dias sem defeitos provenientes da secagem.

Como desvantagem, este método apresenta maiores gastos de energia com menor quantidade de madeira seca por ciclo.

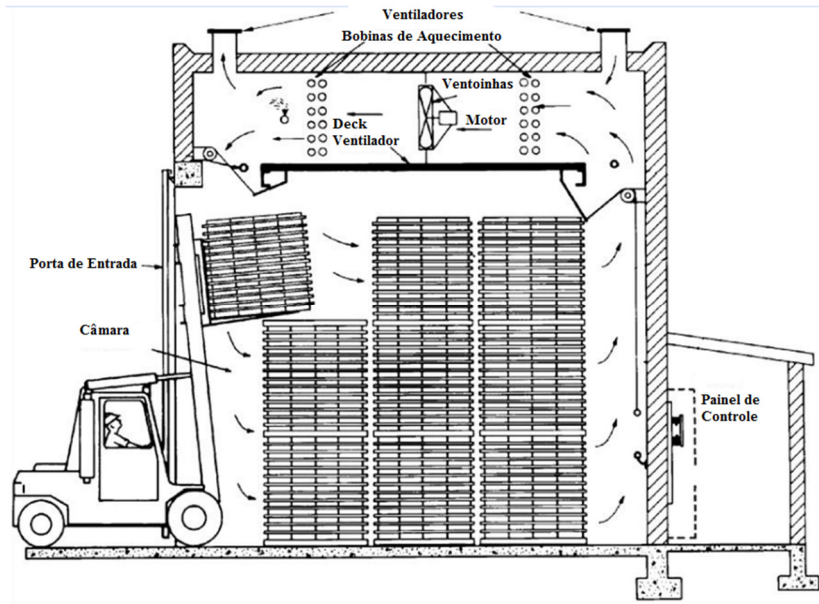


Figura 16 - Câmara de secagem [31]

Secagem a alta temperatura

As câmaras de secagem a altas temperaturas surgiram para aumentar a competitividade na indústria das madeiras. As temperaturas utilizadas ultrapassam os 100 °C e as velocidades do ar variam de 4 a 10 m/s. Com estas condições, se a madeira estiver demasiado tempo dentro desta câmara, pode ficar completamente seca causando danos intracelulares que irão impedi-la de voltar às condições de teores em água ótimos [30].

A sua utilização deve ser direcionada para espécies mais permeáveis, como por exemplo o pinho. Os cuidados neste tipo de secagem devem ser maiores que os da secagem convencional, porque a taxa de saída de água por minuto é superior [30].

Este método tem como vantagem um maior ganho de calor devido à menor injeção de ar fresco no interior, proporcionando uma secagem mais rápida.

Tem como desvantagens um elevado custo, maiores gastos de energia e nem todos os tipos de madeira podem ser utilizados com este método.

3. Revestimentos de piso em madeira para interiores

3.1. Evolução dos revestimentos de piso

Antes de identificar e classificar os revestimentos de piso em madeira, é conveniente informar como surgiram e evoluíram. É também pertinente avaliar e comparar os revestimentos de piso em madeira com outros tipos de revestimentos.

Os pisos em madeira maciça são utilizados como solução de revestimento de piso desde o final do séc. XVI. Alguns destes pisos ainda podem ser observados no Palácio de Versalhes em França ou no Palácio de Inverno em São Petersburgo na Rússia, entre outros. Nos dias que correm a madeira ainda é um produto muito valorizado na arquitetura e na decoração [74].

Até ao final do séc. XIX o soalho e o taco de madeira eram um material bastante apetecido mas não eram viáveis economicamente, apenas os mais abastados os utilizavam. Com o aparecimento do prego de aço e do encaixe macho-fêmea, os revestimentos de piso em madeira tornaram-se numa solução mais económica e viável a todas as classes económicas.

Os revestimentos de piso mais utilizados no séc. XIX e início do séc. XX eram feitos de pinho. O pinho era a madeira mais renovável e fácil de obter na época e para fazer jus a madeiras mais nobres era pintado ou manchado nas principais áreas sociais da habitação, nomeadamente os quartos e as salas de estar. Nos restantes locais, como as casas de banho, cozinhas ou quartos de hóspedes o pinho era deixado ao natural. Em habitações de classes sociais mais elevadas o carvalho e o mogno também eram utilizados [74].

Os revestimentos de piso em madeira vieram substituir em parte os revestimentos cerâmicos e em pedra. A madeira é mais agradável ao toque e torna o ambiente habitacional mais acolhedor. Assim, os revestimentos em madeira, mais sensíveis a líquidos e humidade passaram a integrar as zonas secas, como sendo os quartos e as salas de estar, enquanto que os revestimentos cerâmicos e de pedra integram as zonas húmidas, nomeadamente as cozinhas e casas de banho [74].

3.2. Suportes de revestimento de piso

Para que o revestimento de piso funcione face às exigências para as quais foi idealizado, o suporte deverá corresponder a essas mesmas exigências. Assim, para uma boa durabilidade e funcionalidade do pavimento, o suporte deverá possuir boas características físicas e mecânicas. Estas propriedades são definidas em função do uso, das cargas a aplicar, das condições ambientais e da natureza do revestimento. O substrato mais comum é a betonilha mas também se podem encontrar outros tipos [32].

3.2.1. Betonilha

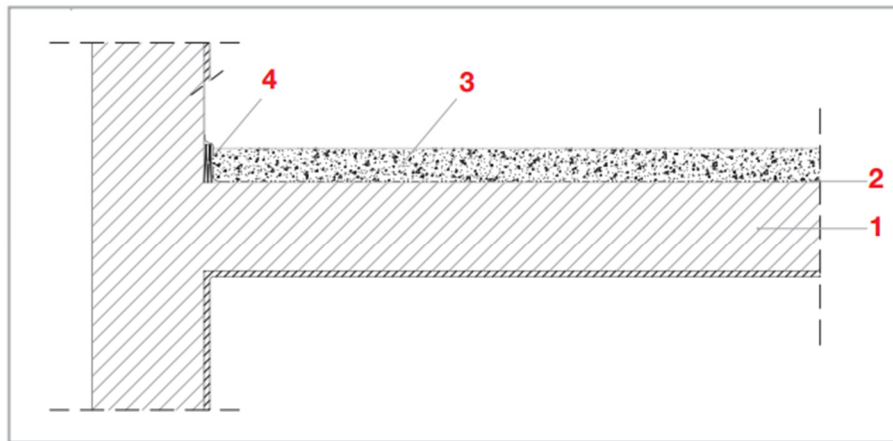
A betonilha é um elemento construtivo que tem como principais funções atingir a cota de projeto e fornecer um plano de assentamento adequado ao tipo de revestimento a aplicar. Esta é realizada através de argamassas produzidas com ligantes cimentícios dependendo se a aderência que se pretende é sobre um suporte estrutural (laje em betão armado), sobre uma camada de dessolidarização (barreira ao vapor) ou sobre uma camada de isolamento térmico ou acústico. A realização da betonilha deve considerar que:

- O suporte deve ser o adequado ao revestimento;
- O assentamento deve ocorrer nos prazos desejados;
- A durabilidade do sistema não seja comprometida.

De seguida, serão abordados os tipos mais comuns de betonilha que podem servir de substrato para um revestimento de piso em madeira, nomeadamente betonilhas dessolidarizadas, flutuantes e aderentes.

Betonilhas dessolidarizadas

Este tipo de betonilhas (figura 17) é realizado interpondo entre a betonilha e a laje uma camada horizontal (folha de polietileno ou PVC), ao longo do perímetro das paredes e em redor dos pilares. Deste modo, a betonilha fica dessolidarizada da laje e menos suscetível às suas deformações e as suas espessuras também pode ser maiores sem que haja perigo de fissurações por retração devido a tempos de cura muito longos. As folhas de polietileno ou PVC criam ainda uma eficaz barreira ao vapor [32] [33].



1) Laje; 2) Folha de polietileno; 3) Betonilha de espessura $\geq 3,5$ cm; 4) Material compressível

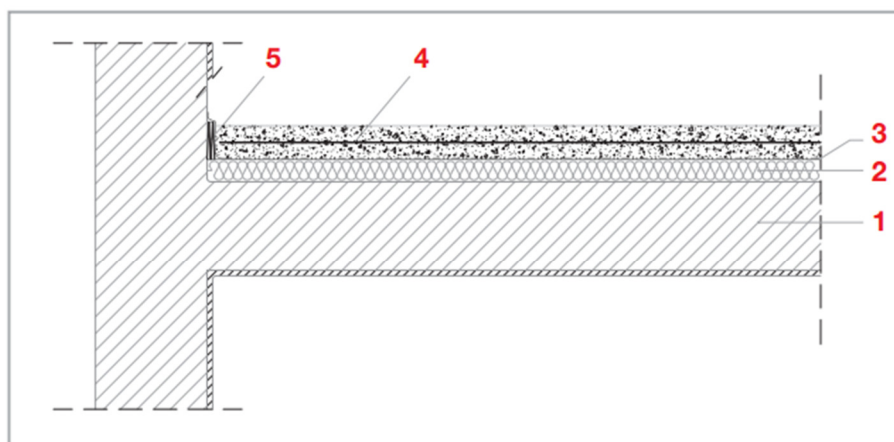
Figura 17 - Betonilha dessolidarizada [32]

Este tipo de betonilha permite criar uma separação entre a laje e o piso, não submetendo este, às deformações da estrutura. É ainda uma boa solução caso seja necessário realizar enchimentos de espessura elevada.

Betonilhas flutuantes

Uma betonilha flutuante (figura 18) é uma betonilha dessolidarizada da laje através de uma camada de isolamento térmico ou acústico.

Como a camada de isolamento tem baixa resistência mecânica, para evitar fenómenos de punçoamento, a betonilha deve ser bem dimensionada e eventualmente deve ser colocada uma malha eletrossoldada a meia espessura [32] [33].



1) Laje; 2) Material de isolamento térmico/acústico; 3) Folha de polietileno; 4) Betonilha de espessura > 4 cm com rede eletrossoldada; 5) Material compressível.

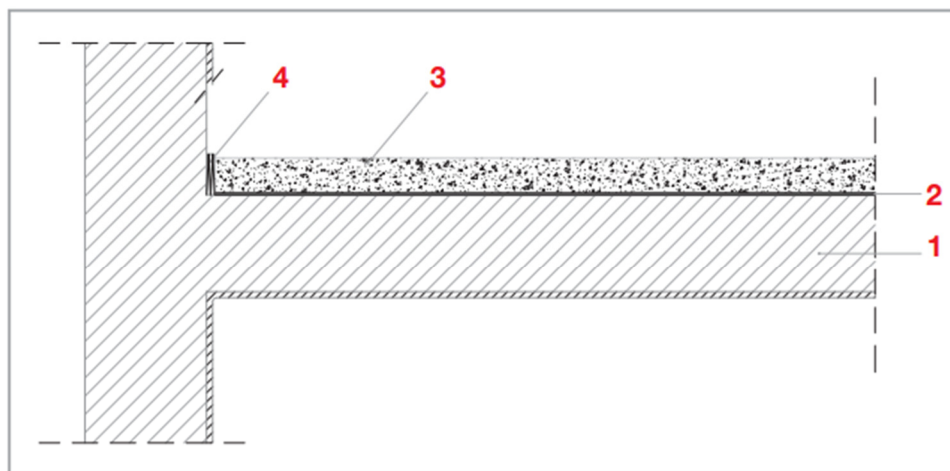
Figura 18 - Betonilha flutuante [32]

Neste tipo de betonilha, através de isolamento térmico ou acústico, cria-se uma camada de isolamento que não é necessário incorporar mais tarde no revestimento de piso.

Betonilhas aderentes

Em casos que, devido à sua baixa espessura (inferior a 3,5 cm), não seja possível realizar uma betonilha dessolidarizada, é necessária uma betonilha aderente à laje (figura 19).

A betonilha aderente pode dispor de folhas de polietileno ou PVC como barreira para vapor, ficando diretamente assente na laje [32] [33].



1) Laje; 2) Aguada de aderência; 3) Betonilha de espessura < 3,5 cm; 4) Material compressível

Figura 19 - Betonilha aderente [32]

Características das betonilhas

Para que as betonilhas não reduzam a durabilidade do revestimento ou delas próprias, devem possuir algumas características funcionais [32] [33].

A espessura da betonilha deve ser definida em função do tipo, nomeadamente dessolidarizada, flutuante e aderente, para que a sua resistência mecânica seja a adequada ao tipo de pavimento a aplicar e ao seu uso corrente.

A resistência mecânica deve ser a adequada ao uso do pavimento e à natureza do revestimento a aplicar. No caso de betonilhas para o assentamento de revestimentos em ambientes domésticos, a resistência mecânica não deve ser inferior a 20 MPa [32].

A betonilha deve ser compacta e homogénea em toda a sua superfície e espessura. Em zonas de consistência inferior ou devido à presença de estratos, sintoma de que a resistência mecânica nesses pontos é inferior, podem ocorrer ruturas ou destacamentos da

betonilha. Se tais zonas forem identificadas, estas devem ser reparadas para que se assemelhem o mais possível ao já existente e, para isso, são utilizados produtos adequados.

Antes de se efetuar o assentamento de qualquer tipo de revestimento de piso é necessário que a betonilha esteja completamente curada ou que já tenha ocorrido a maior parte da sua retração. Durante a cura, a perda de água pode dar origem a fenómenos de deformações ou fissurações que, se forem excessivas, podem causar o destacamento da betonilha.

As fissuras nas betonilhas ocorrem devido a vários fatores: retração higrométrica, água de amassadura em excesso e quantidade excessiva de cimento ou agregados de granulometria muito fina. Independentemente do fator, antes de qualquer aplicação do revestimento, as fissuras identificadas devem ser seladas monoliticamente através de injeção de resinas epoxídicas.

A planeza da betonilha é também um aspeto importante tanto para a aplicação do revestimento como para a durabilidade do mesmo. A verificação desta é realizada com o auxílio de uma régua de 2 m com tolerância de 0,1%. Caso a planeza não seja a indicada para a aplicação de um determinado revestimento, há que proceder à sua regularização através da utilização de produtos adequados [32] [33].

As betonilhas mesmo depois de curadas podem apresentar humidade residual. Esta deve ser sempre verificada de modo a cumprir os requisitos de humidade do revestimento que vai ser aplicado sobre a mesma. Em betonilhas com ligantes hidráulicos, os valores de humidade residual aceitável são cerca de 2% para revestimentos em madeira sensíveis à humidade [32] [33].

A superfície da betonilha que recebe o revestimento deve estar completamente limpa, livre de poeiras, sujidades, partes destacadas, detritos ou qualquer outro tipo de elemento externo que interfira com a boa aderência do pavimento.

3.2.2. Outros tipos de substratos

Os revestimentos de piso podem ser colocados sobre outro tipo de substrato que não a betonilha.

Em casos de reabilitação, o revestimento de piso, pode ser totalmente alterado e ser substituído por um de natureza diferente. Quando assim é, pode-se optar por não remover

o revestimento de piso antigo e aplicar um novo sobre o existente (figura 20). Nestes casos o revestimento de piso em madeira deverá ser colado com um material próprio para o efeito.



Figura 20 - Aplicação de revestimento de piso em madeira sobre base cerâmica [34]

Outro tipo de substrato podem ser estruturas de madeira, a solução comuns nos edifícios pombalinos e gaioleiros. Estas estruturas são constituídas por vigas tarugadas assentes sobre frechais nas paredes, com alguns centímetros de entrega e dispostos na direção de menor vão. Neste caso, o revestimento de piso, as vigas e os tarugos de madeira, fazem parte da estrutura pavimento.

Na situação ilustrada na figura 21 existem também perfis de aço, pois tratou-se de uma obra de reconstrução num edifício antigo.



Figura 21 - Estrutura do piso em madeira e aço

3.3. Exigências funcionais

Na seleção de um revestimento de piso, o seu desempenho pode ser determinado baseando-se numa série de fatores, como sendo o tipo de ocupação prevista e a satisfação das necessidades dos utentes. O desempenho de um revestimento ao longo da sua vida útil é caracterizado pelo nível das exigências funcionais inicialmente impostas em projeto, estando suscetíveis a revisão ao longo do processo.

Os revestimentos destinados a habitação requerem que o seu aspeto seja agradável, que não seja incómodo quando o utente se desloca sobre ele e que seja de fácil limpeza e manutenção. Deve resistir a quedas acidentais e desgaste provocado nas zonas de permanência e permitir uma boa absorção do ruído [35].

Para sua simplificação, estas exigências podem ser agrupadas do seguinte modo, dependendo do fim a que destinam:

- Exigências de segurança, que retratam a integridade física dos utilizadores da habitação;
- Exigências de habitabilidade, que definem as condições de conforto dos utilizadores bem como as condições indispensáveis à sua vida fisiológica;
- Exigências de durabilidade que têm como objetivo garantir a manutenção dos revestimentos ao longo do tempo, reduzindo os custos da manutenção, reparação e limpeza ao mínimo.

3.3.1. Exigências de segurança

A proteção e integridade física do utilizador são uma prioridade, pelo que as exigências de segurança visam garantir que perante causas físicas ou mecânicas os utentes estão salvaguardados [35].

Resistência Mecânica

Os revestimentos de piso deverão ter a capacidade de suportar todas as cargas permanentes e sobrecargas de utilização que lhes forem impostas, dentro do limite estabelecido para o revestimento em causa, sem que sejam verificadas fissuras, fraturas ou qualquer outro tipo de danos [35].

Segurança na circulação

Os pisos devem minimizar o risco de acidentes devido à circulação de pessoas e, para tal, os revestimentos de piso não deverão apresentar superfícies escorregadias, principalmente nos degraus, mesmo em zonas da habitação em que é suscetível um maior teor em água ou de molhagem do piso, como as casas de banho e as cozinhas.

Não devem ser observados obstáculos de altura inferior à de degraus correntes ao nível do piso que possam dificultar a fácil e simples circulação [35].

Segurança contra riscos de incêndio

Os revestimentos de piso não devem contribuir para aumentar a deflagração ou a propagação do fogo. Deste modo, devem garantir que são respeitados os tempos de evacuação dos utilizadores, dificultando a propagação do fogo e a libertação de gases tóxicos ou gotas inflamáveis durante a sua combustão [35].

3.3.2. Exigências de habitabilidade

As exigências em questão estão ligadas a condições de conforto, condições estas que são indispensáveis à vida fisiológica dos seus utilizadores.

Estanquidade

Os revestimentos, principalmente dos pisos térreos, deverão garantir estanquidade à humidade proveniente do solo. A estanquidade deve estar incluída nos remates de piso com elementos emergentes da construção. O revestimento deverá ser o mais estanque possível à água e permeável ao vapor de água [35].

Salubridade

Os pisos devem ter características para que se possa efetuar a manutenção do estado de limpeza em condições normais, nunca devendo ser afetado o estado e a qualidade do revestimento pelas ações de lavagem, incluindo os produtos de limpeza.

Sob o efeito do calor, os revestimentos de piso não devem libertar para a atmosfera compostos orgânicos voláteis nocivos ou odores desagradáveis [35].

Conforto higrotérmico

Quando necessário, as perdas térmicas através dos pavimentos podem ser diminuídas se a sua resistência térmica for adequada. Em locais aquecidos sobre exteriores ou locais

não aquecidos deve ser aplicado um sistema de revestimento de piso com baixa condutibilidade térmica, para minimizar as perdas térmicas [35].

Conforto acústico

Dependendo dos espaços que o isolamento sonoro separe, este deve ser compatível com os ruídos de percussão previstos. Os coeficientes de absorção sonora deverão ser elevados caso os tempos de reverberação também o sejam [35].

Conforto na circulação

O revestimento de piso deve conferir ao próprio piso uma planeza e horizontalidade adequadas que não causem desconforto na circulação [35].

Conforto visual

Num revestimento de piso, principalmente em habitação, o conforto visual para os utilizadores é muito importante. A ausência de fissuras, cores vivas e retilinearidade das arestas são algumas das características principais. Os defeitos que causam este desconforto podem advir de defeitos de fabrico, mau armazenamento ou erros de montagem e colocação [35].

Conforto tátil

Quando em contacto com o revestimento, o pé sente a necessidade de conforto térmico, seja ela de calor ou de frio. Assim, a temperatura superficial do piso deve ser a adequada ao tipo de utilização local, tanto na estação de aquecimento como na de arrefecimento [35].

3.3.3. Exigências de durabilidade

Este tipo de exigências tem como garantia a manutenção das qualidades do revestimento ao longo do tempo em que o seu desempenho se mantenha sem alterações significativas. Para que estas condições se verifiquem é necessário que o revestimento seja objeto de adequada manutenção periódica [35].

Durabilidade intrínseca

Quando submetidos a alterações exteriores, como sendo variações de temperatura e humidade ou radiações ultravioletas, os materiais que constituem os revestimentos de piso

não devem alterar as suas características. Devem ainda resistir às ações provocadas por agentes biológicos [35].

Resistência ao desgaste

Os revestimentos de piso devem resistir ao desgaste provocado pela circulação normal, prevista para a utilização no local, sem que durante o seu período de vida útil exista alteração significativa do seu aspeto ou características [35].

Resistência ao choque

Em condições normais de utilização, os revestimentos de piso estão sujeitos a choques e colisões pontuais. Para resistir a tais ações, estes devem possuir boa resistência de modo a que não se criem mossas residuais ou perfurações [35].

Resistência ao arrancamento

A resistência ao arrancamento deve ser suficiente de forma a evitar o desprendimento do revestimento de piso [35].

Resistência à água e ao vapor de água

Na presença de água de curta duração ou humidade, os revestimentos de piso devem possuir resistência à ação deste agente sem que se verifiquem alterações significativas [35].

Comportamento sobre ações químicas

Quando sujeitos a produtos químicos usados com regularidade, como sejam produtos de limpeza, resultantes da utilização normal do local, os revestimentos de piso não devem apresentar alterações permanentes de aspeto ou de outras características [35].

Limpeza, reparação e conservação

Na limpeza dos revestimentos de piso, estes devem garantir uma boa resistência à degradação do aspeto e todas as sujidades devem ser removidas naturalmente recorrendo apenas a produtos de limpeza correntes.

Os revestimentos de piso devem ter uma constituição que lhes permita repelir a sujidade e a propagação de bactérias com facilidade.

No caso da reparação devido à sua utilização normal ou devido a deteriorações acidentais não previstas no uso normal do revestimento de piso, esses trabalhos devem ser executados com relativa facilidade.

Na sua conservação, os revestimentos de piso deverão ter uma constituição tal que não seja necessário trabalhos num período inferior a 10 anos. Estes trabalhos devem constituir o mínimo de incómodo para os utilizadores e não devem originar elevados custos [35].

3.4. Tipos de revestimentos de madeira maciça

Os revestimentos de piso em madeira têm um aspeto único que lhes confere um acabamento natural. O sistema é constituído por um conjunto de peças ligadas entre si e ao substrato criando padrões bem definidos. Existem cinco tipos de peças de revestimento em madeira: soalho, taco, parquet, lamparquet e parquet industrial que diferem entre si através das suas dimensões e da forma que são aplicados.

3.4.1. Soalho

O soalho (figura 22) é um tipo de revestimento muito utilizado tanto em edifícios antigos como recentes, devido ao conforto térmico que proporciona e à sua elevada durabilidade. As tábuas de madeira maciça têm entre 18 e 20 mm de espessura, uma largura entre 80 e 190 mm e um comprimento entre 300 e 2400 mm. São peças com encaixes do tipo macho-fêmea em dois ou quatros lados (figura 23). Para a instalação do soalho, a base deve estar rebaixada 2 cm, em relação ao limpo e impermeabilizada [36].

O soalho pode ser colado ao suporte aplicando uma taxa de cola segundo o fabricante ou pode ser pregado sobre barrotes de madeira espaçados em intervalos de 30 a 40 cm. Depois de estar fixa, a madeira é lixada, betumada e preparada para receber o acabamento [36].



Figura 23 - Revestimento de piso em soalho [37]



Figura 22 - Encaixe macho-fêmea [38]

De seguida serão abordadas quatro soluções construtivas específicas para o assentamento do soalho, nomeadamente o sistema de fixação tradicional, a fixação sobre sarrafos aparafusados ou colados sobre a betonilha, a fixação sobre placas OSB ou o assentamento e colagem diretamente sobre o substrato.

Sistema de fixação tradicional

Neste sistema (figura 24) há uma instalação prévia dos sarrafos de madeira, que são fixados à betonilha, através de argamassa hidráulica. A distância recomendada entre elas é de 0,5 m ao eixo e deverão ser tomadas medidas para que a espessura dos sarrafos e do soalho não seja superior à cota de soleira das portas [36].



Figura 24 - Sistema de fixação com lã de rocha na caixa-de-ar

Os sarrafos devem ser de madeira maciça e resistentes aos xilófagos. Os tipos de madeiras mais comercializadas em Portugal são o pinho e o eucalipto. O sistema deve permitir alguma ventilação sob o soalho através da caixa-de-ar conjugada com uma folga sob os rodapés. Esta folga não só ajuda a ventilação (figura 25) como também serve de junta de dilatação para absorver a dilatação e contração da madeira nas estações de aquecimento e de arrefecimento, respetivamente. O soalho é depois pregado aos sarrafos [36].

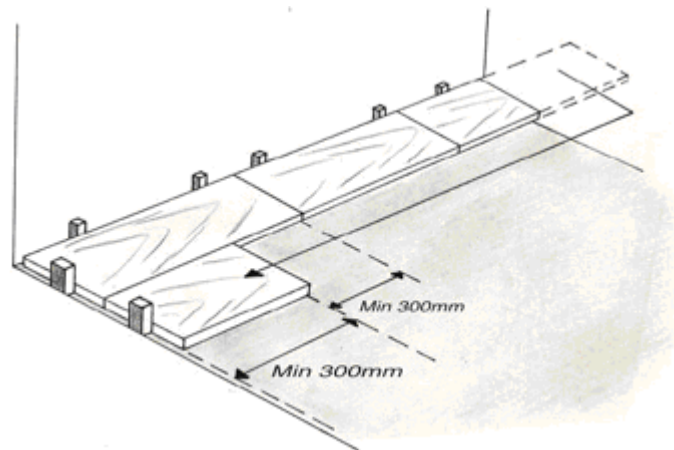


Figura 25 - Esquema de folgas para instalação de rodapés [39]

Se uma das pranchas do soalho se soltar dos sarrafos de madeira, os encaixes macho-fêmea mantêm-na no lugar. O pavimento deve ser instalado com o seu maior comprimento no sentido da luz solar ou paralelo ao maior comprimento da área a revestir, de modo a conferir um melhor aspeto técnico e para que possa resistir à dilatação [36].

Sistema de fixação sobre sarrafos aparafusados ou colados sobre a betonilha

É semelhante ao sistema anterior, diferindo na fixação dos sarrafos. Estes são fixos à betonilha através de parafusos ou de colas próprias para o efeito (figura 26) [36].

Como vantagem deste sistema pode-se referir que a secagem dos sarrafos é mais rápida por se evitar o tempo de desumidificação dos mesmos, originada pela argamassa de fixação referida na solução anterior, o que permite encurtar a duração da atividade. Como

ponto fraco desta solução são necessários alguns cuidados com a perfuração da betonilha caso esta contenha tubagens.



Figura 26 - Sarrafos fixos à betonilha através de cola [40]

Sistema de fixação sobre placas de OSB

Neste método construtivo é colocada sobre a betonilha uma tela de polietileno e sobre o polietileno são colocadas as placas de OSB (Oriented Strand Board) que irão servir de suporte para a colocação do soalho através de pregos. As placas de OSB substituem os sarrafos, servem como niveladoras de piso e constituem o próprio pavimento (figura 27) [36].

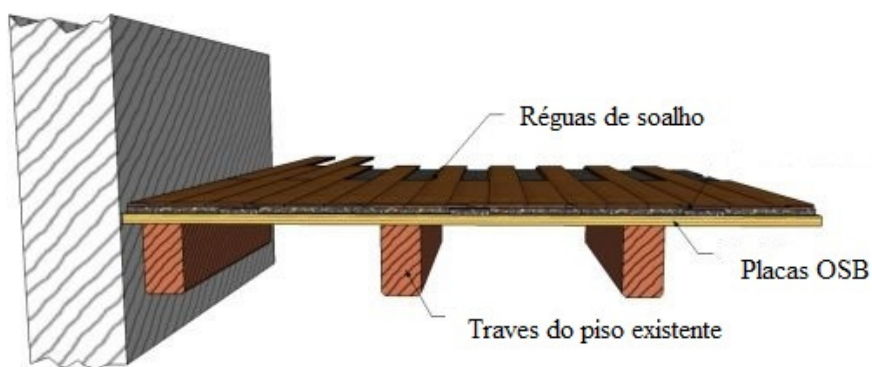


Figura 27 - Sistema de fixação sobre placas de OSB [41]

Este método construtivo é uma solução completamente seca, sem que sejam utilizadas colas na sua aplicação, reduzindo os tempos de espera. No entanto, fica um piso

semelhante ao flutuante, perdendo-se a sensação do andar característico do soalho tradicional.

Sistema colado ao substrato

O soalho é colado diretamente na betonilha através de colas específicas para o efeito. Para que a aplicação seja bem executada e para que não surjam problemas futuros com o soalho, as réguas a aplicar não deverão ter comprimentos superiores a 1,20 m (figura 28) [36].



Figura 28 - Aplicação de soalho por colagem [42]

Este processo construtivo é uma alternativa ao sistema de fixação tradicional e mas há que ter em atenção os tempos de secagem e de aplicação da cola para que seja executado nas melhores condições.

3.4.2. Taco

O taco (figura 29) é uma opção mais económica que o soalho. Este tipo de revestimento de piso é constituído por pequenas peças de madeira que podem ter várias dimensões. Na sua instalação, as peças são coladas sobre um piso regularizado e impermeabilizado. Depois toda a área é afagada, betumada, e afagada de novo para que seja retirado o excesso de betume e alguma irregularidade que persista, sendo por fim aplicado o acabamento [43].



Figura 29 - Revestimento de piso em taco colado

Os tacos podem ser colados sobre qualquer tipo de revestimento previamente instalado, como seja a pedra ou o cerâmico. Podem ser aplicados sob diversas configurações, de que se indicam a seguir alguns exemplos (figura 30).

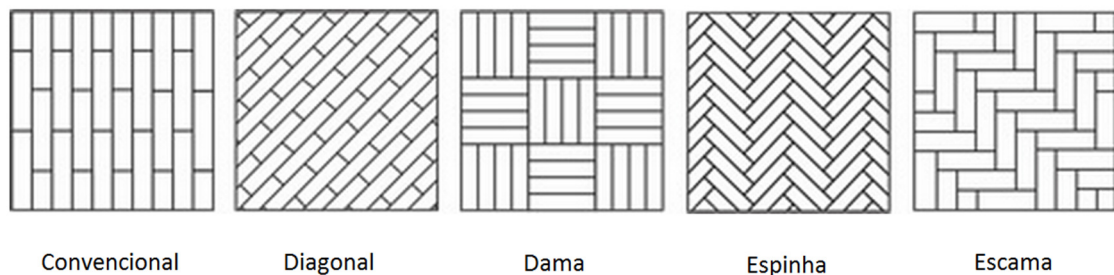


Figura 30 - Padrões de instalação do taco [44]

Os tacos podem assumir várias nomenclaturas dependendo das suas dimensões [43]:

- Taco macheado – este tipo de taco, com encaixes macho-fêmea, é mais aplicado em habitações, áreas comerciais, pavilhões gimnodesportivos e zonas que sofram muito desgaste. Permite efeitos como o mosaico (xadrez), espinhado ou duplo espinhado. As dimensões destas peças são as seguintes: o comprimento de 420, 540 ou 550 mm, a largura de 70 ou 90 mm e espessura de 18 a 20 mm.
- Taco tradicional – distingue-se do taco macheado pelo facto de não ter encaixe macho-fêmea lateral nem no topo e requer mão-de-obra especializada. As

dimensões destas peças são as seguintes: o comprimento de 210, 280, 350 ou 420 mm, a largura é de 70 mm e a espessura entre 17 e 18 mm.

- Parquetone ou régua – distingue-se do taco tradicional apenas pela sua espessura e é utilizado principalmente em situações onde não existem alturas de betonilha que suportem peças de espessura superior. As dimensões destas peças são as seguintes: o comprimento de 300, 400, 420 ou 450 mm, a largura de 50, 60 ou 70 mm e a espessura entre 14 e 15 mm.

3.4.3. Parquet

O parquet (figura 31) diferencia-se do soalho e do taco pelas suas dimensões e é constituído por quatro ou cinco peças unidas, normalmente em formato quadrado, que entre si formam placas de $24 \times 24 \text{ cm}^2$ até $48,2 \times 48,2 \text{ cm}^2$. A espessura destas peças varia entre 8 mm e 1 cm. Este sistema é colado ao piso com uma cola específica, afagado, betumado, afagado de novo, e por fim é-lhe aplicado o acabamento [45].



Figura 31 - Revestimento de piso em parquet

3.4.4. Lamparquet

O lamparquet (figura 32) é uma solução mais recente e económica aplicada tanto em construções recentes como em reabilitação, nos casos que a betonilha não exceda os 10 mm. Permite variados estilos de aplicação: corrido, espinhado, mosaico e romano. Tem

dimensões de 240 a 300 mm de comprimento, 50 a 70 mm de largura e 10 mm de espessura [46].

Este tipo de revestimento de piso é colado diretamente ao suporte, através de colas de dois componentes ou isentas de água. Devido à sua reduzida espessura há que ter alguns cuidados especiais no seu manuseamento e instalação, para que as peças não fiquem danificadas [46].

Nos casos em que o lamparquet é aplicado nos pisos térreos sem caixa-de-ar, deve-se aplicar um isolamento hidrófugo na betonilha para que as humidades provenientes do solo não atinjam a madeira [46].



Figura 32 - Revestimento de piso em lamparquet [47]

3.4.5. Parquet industrial

O parquet industrial (figura 33) é um tipo de revestimento de piso especialmente recomendado para zonas de elevado tráfego pedonal. É colocado ao cutelo para que durante o seu tempo de vida útil possa ser afagado várias vezes, dependendo da necessidade e da quantidade de tráfego.

É um revestimento de piso aplicado por colagem, em que, podem ser utilizadas madeiras diferentes dentro do mesmo tom, dependendo dos efeitos estéticos que se pretendem obter, alternando entre claro e escuro para criar padrões.

Este tipo de revestimento de piso é o único em que a espessura é superior à largura. O comprimento do parquet industrial é cerca de 300 mm, a largura varia entre 10 e 15 mm e a espessura varia entre 20 e 22 mm.



Figura 33 - Revestimento de piso em parquet industrial

3.5. Acabamento do revestimento de piso

O acabamento final dos revestimentos de piso será a principal proteção contra os agentes degradantes bem como o que dará o aspeto final à superfície de madeira. O acabamento normal requer alguns cuidados em relação ao afagamento, aplicação do verniz ou do óleo (velatura), limpeza e manutenção.

De seguida apresentam-se os processos para a realização das fases do acabamento.

3.5.1. Afagamento

Cada tipo de revestimento de piso, como o soalho, o taco, o parquet, o lamparquet e o parquet industrial, têm direções específicas para serem afagados (figura 34, 35 e 36), de modo a que sejam evitadas as marcas de excesso de afagamento. Por norma, os pisos requerem três fases de afagamento, cada uma com uma lixa diferente [48].

O afagamento principal (do centro da divisão) deve ser sempre feito na direção principal da luz predominante.

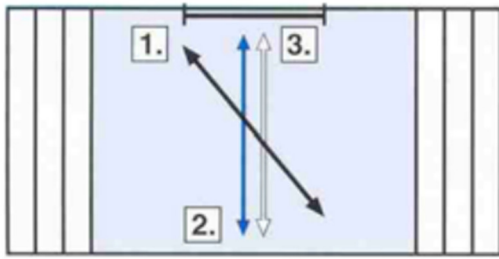


Figura 34 - Sentido de afagamento do soalho [48]

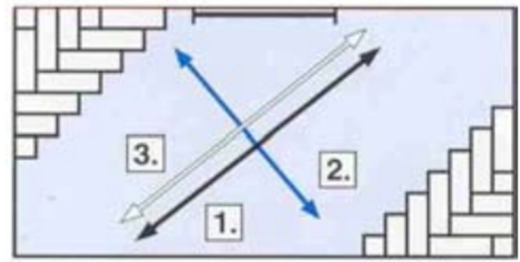


Figura 35 - Sentido de afagamento do taco [48]

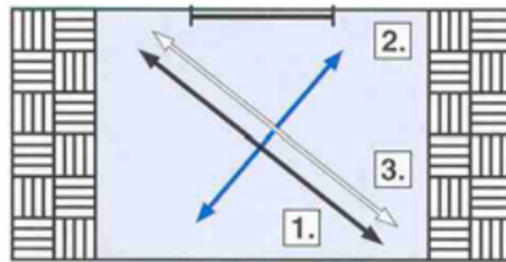


Figura 36 - Sentido de afagamento do parquet, do lamparquet e do parquet industrial [48]

Antes de começar um afagamento é necessário uma preparação prévia para que este processo decorra nas melhores condições. Devem ser retirados todos os objetos, e não devem ainda ter sido colocados rodapés, guarnições e outros perfis de qualquer tipo. Os pregos soltos ou os que estiverem salientes devem também ser retirados ou pregados devidamente.

Primeira fase de afagamento

O primeiro afagamento é feito com uma máquina de afagar de rolos ajustável a várias lixas, com a possibilidade de dois sentidos de afagamento e regulador ajustável de pressão. Sendo a primeira fase realizada com lixa de graduação 36 (grãos por cm²). As etapas de realização do afagamento são as seguintes [48]:

- Posicionar a máquina de afagar na divisão e na posição correta orientada no sentido a afagar;
- Deixar cair levemente o rolo de afagar no pavimento para evitar depressões. Quando a máquina chegar à outra extremidade da divisão (traço de afagamento) levantar levemente o rolo. O movimento de afagar deve ser contínuo e sem

mudanças de direção para que o pavimento não crie saliências que possam ser impossíveis de retirar mais tarde;

- Realizar o traço de afagamento inverso do mesmo modo e pelo mesmo caminho que o afagamento anterior, sobrepondo um terço do traço já completo;
- Afagar o ponto de transição entre as duas zonas de afagamento (zona central e cantos) (figura 37), até que não se note nenhuma zona de junção no pavimento;
- Utilizar a máquina de afagar cantos, afagando com movimentos circulares, para as zonas de difícil acesso.

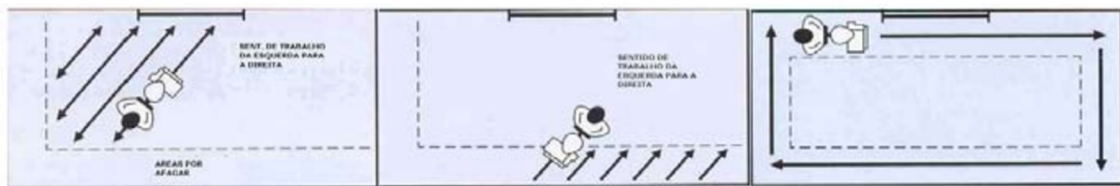


Figura 37 - Esquema de afagamento do piso [48]

Segunda fase de afagamento

A segunda fase de afagamento é realizada com uma lixa mais fina que a da primeira fase, cerca de mais 50% do grão usado anteriormente. Isto para que o risco deixado pelo grão mais grosso desapareça e o revestimento vá ficando gradualmente mais polido à medida que se aumenta a quantidade de afagamento e a finura lixa. Este segundo afagamento é realizado com uma lixa de graduação 60. Esta fase deve ser realizada de acordo com as seguintes etapas [48]:

- Executar o afagamento no pavimento semelhante à primeira fase mas mais rápido e com menor pressão exercida no rolo;
- Realizar o afagamento com a máquina de afagar cantos até que não se note nenhum ponto de transição.

Betumagem

A máquina de afagar incorpora um saco que recolhe a serradura proveniente do desgaste do piso. A serradura recolhida da segunda fase de afagamento deve armazenada durante um dia ao ar e num local seco e à prova de fogo, porque uma simples faísca a pode inflamar. A esta serradura junta-se o betume, formando uma pasta fluida de cor semelhante à da madeira, que irá cobrir eventuais fendas, fissuras, juntas e outros defeitos

superficiais que se possam encontrar nesta fase (figura 38). O processo para executar a betumagem é o seguinte [48]:

- Juntar a serradura com o betume dentro de um recipiente e envolver até esta ficar uma mistura fluida aproximadamente da mesma cor do pavimento;
- Aplicar a mistura com uma espátula uniformemente sobre o pavimento e evitar a aplicação de grumos que mais tarde depois de seco irão dificultar a última fase de afagamento.



Figura 38 - Betumagem [49]

Para o caso de juntas mais largas (mais de 1 mm) retira-se com cuidado um pouco de madeira extra ou alguma peça de um dos lados que mais tarde vai ficar coberta pelo rodapé, corta-se a madeira à medida e coloca-se na junta, por fim, faz-se pressão até esta estar preenchida.

Terceira fase de afagamento

Esta última fase de afagamento será realizada com uma lixa ainda mais fina, com cerca de mais 50% de grão, que na fase anterior. Este afagamento é semelhante aos anteriores mas com maior velocidade. Nesta camada irá utilizar-se uma lixa de graduação 100. A terceira camada de afagamento é realizada através das seguintes etapas [48]:

- Realizar a terceira camada de afagamento com a máquina de rolo, depois de endurecido o betume e a uma menor pressão;
- Afagar as zonas de transição;

- Realizar um afagamento final com uma máquina de polimento circular utilizando uma lixa de graduação 120 quando se pretende uma superfície polida perfeita.

3.5.2. Aplicação de verniz ou acabamento a óleo

Outro tipo de acabamento, em muitos casos não dispensando o afagamento, é o acabamento com verniz ou óleo (figura 39). No caso da aplicação de verniz é necessário um primário enquanto que o óleo pode ser aplicado diretamente [48].

Aplicação do primário

O primário serve como camada de solidarização entre a madeira e a camada de verniz e deve ser aplicado da seguinte forma [48]:

- Limpar toda a superfície do pavimento das poeiras e serraduras provenientes do processo de afagamento;
- Aplicar a camada de primário com um rolo no sentido da maior exposição de luz, utilizando o reflexo para verificar se a sua aplicação está a cobrir uniformemente toda a área do pavimento;
- Proteger o pavimento durante a secagem de eventuais poeiras ou exposição solar direta, bem como marcas ou desenhos.

Acabamento envernizado

O verniz forma uma ou várias camadas, dependendo do número de demãos aplicadas, que revestem e protegem o revestimento. Este deve ser aplicado da seguinte forma [48]:

- Resguardar o local da luz solar direta durante o processo de envernizamento para evitar a formação de bolhas;
- Aplicar o verniz de forma uniforme e com a quantidade definida pelo fabricante em todo o pavimento. Devem ser utilizados rolos de pelos com 10 mm de espessura e a área de trabalho deve ser 1 m de largura;
- Verificar a temperatura da divisão, fechar todas as janelas, proteger a superfície das poeiras e não caminhar sobre o pavimento, para que o verniz seque nas melhores condições;
- Afagar o piso com uma máquina de afagar circular e com uma lixa de graduação 150 passado aproximadamente 4 horas desde a aplicação do verniz;

- Remover toda a poeira e aplicar a segunda demão de verniz da mesma forma que a primeira.



Figura 39 - Aplicação do acabamento com rolo [49]

Acabamento com velatura

O óleo, ao contrário do verniz, não forma película na superfície do paramento, impregna-se na madeira, protegendo-a, pelo que constitui uma velatura. Os óleos são produtos naturais e seguros para o ambiente e devem ser utilizados da seguinte forma [48]:

- Aplicar o óleo depois de realizado o afagamento e de toda a área ter sido limpa de resíduos e poeiras. Em condições ideais, a temperatura da divisão deve ser uniforme e a ventilação controlada;
- Aplicar de forma uniforme, com rendimento consoante o fabricante, com um rolo em espaços de trabalho de 1 m de largura. Deve ser aplicado em ângulos retos à incidência da luz seguindo-se depois a aplicação paralelamente à incidência da luz predominante;
- Deixar secar a superfície durante o tempo recomendado pelo fabricante e protegê-la de poeiras ou resíduos, evitando, durante esse período, caminhar sobre a mesma;
- Aplicar a segunda demão de óleo, após a secagem da primeira, da mesma forma que a primeira;
- Iniciar o tratamento da madeira depois de totalmente endurecida a segunda demão de óleo.

Tratamento e limpeza

O tratamento e limpeza são processos que vão conferir ao acabamento maior durabilidade e aspeto “novo” durante mais tempo. Os produtos a utilizar nos tratamentos e nas limpezas devem ser sempre compatíveis com o tipo de madeira aplicada.

Depois da última demão de verniz, o revestimento deve ser limpo na sua totalidade. No fim do processo de secagem, o tratamento inicial do pavimento envernizado deverá ser compatível quimicamente e em brilho com o verniz. A superfície do revestimento deve ser limpa regularmente em intervalos de 4 a 8 semanas com um produto igualmente compatível. O brilho e a aparência irão melhorar com este tipo de limpeza.

Passadas 24 horas depois da última camada de óleo ter sido aplicada, deve ser feito um tratamento ao pavimento com um produto compatível. O pavimento deve ser limpo e cuidado em intervalos regulares, utilizando sempre produtos naturais e que não degradem o pavimento. As manchas ou sujidades devem ser removidas através de um decapante adequado.

3.6. Processo construtivo

A instalação de um revestimento de piso em madeira é uma tarefa simples e de rápida aprendizagem mas requer mão-de-obra qualificada. Deste modo, o pavimento deve ser instalado por um profissional que detenha conhecimentos na área das madeiras, nos produtos a utilizar e nos consumos adequados de material. É também o profissional que avalia o suporte e verifica se o revestimento pode ser executado.

3.6.1. Armazenamento

Quando a madeira chega à obra não deve ser logo aplicada, devendo existir um período de adaptação da madeira às condições ambientais do local, pelo que tem de ser colocada em espera. Este armazenamento requer alguns cuidados para que a montagem do piso, bem como a sua durabilidade, não sejam afetadas. Estes cuidados são [49]:

- Deve ser armazenada num local protegido da humidade, da água da chuva e da incidência da luz solar direta e nunca deve estar em contacto direto com o solo;
- As embalagens (caixas de cartão ou plásticos envolventes) devem ser colocadas a pelo menos 20 cm do solo;
- Quando for feito o armazenamento de embalagens já abertas, há que ter o cuidado de as selar para evitar o contacto com a humidade;

- Antes da aplicação, as peças devem repousar no mínimo um dia, para adaptação às condições ambientais onde vão ser aplicadas.

3.6.2. Aplicação do revestimento

A aplicação dos revestimentos de piso em madeira não deve ser feita sem que existam as condições ideais para tal e é o aplicador do revestimento de piso que verifica se a betonilha está em condições. Os suportes devem ter as suas características conformes com o tipo de revestimento a aplicar, os teores em água devem ser os ótimos, devem também estar limpos e isentos de poeiras ou detritos que afetem a boa execução do revestimento. Deve ser utilizado um higrómetro para medir o teor de humidade superficial na betonilha (figura 40) e em casos excecionais de dúvida sobre o teor podem ser realizados ensaios destrutivos.



Figura 40 - Avaliação do teor de humidade com higrómetro [49]

Pode ainda ser feita uma impermeabilização caso não exista nenhuma barreira para-vapor entre a laje e a betonilha ou nos casos dos compartimentos de zonas húmidas (cozinha e casa de banho), em que possa haver humidade ocasional excessiva no pavimento [49].

Os revestimentos podem ser aplicados por colagem, pregagem ou através de soluções mistas entre ambos.

Revestimentos aplicados por colagem

Os revestimentos são unidos ao suporte através de contacto direto utilizando um adesivo ou cola. As colas devem ser materiais compatíveis com as duas superfícies a unir e podem ser constituídas por água como veículo de aplicação ou poliuretanos.

As superfícies da madeira, bem como os seus encaixes, devem estar bem aplainados para que exista a melhor aderência possível entre todo o conjunto.

O processo de instalação de um piso de madeira aplicado por colagem consiste nos seguintes passos [50]:

- Se o revestimento de madeira está a ser instalado depois de ter sido retirado outro já existente, deve-se limpar muito bem o suporte e remover quaisquer rodapés ou bases de portas que existam;
- De seguida deve ser feito um esboço de como ficará aplicado o revestimento final e é nesta fase que podem ser alteradas algumas peças que não combinem com o conjunto e que devem ser cortadas à medida as peças da última fiada;
- Deve-se deixar cerca de 1 cm de junta entre as peças e a parede, sobre a qual mais tarde será colocado o rodapé, a tapar o local. Esta junta possibilitará ajustes nas peças durante a montagem e que a dilatação do revestimento possa ocorrer sem danos para o mesmo durante a fase de serviço. Na fase construtiva este 1 cm é conseguido através de peças de madeira (calços) que proporcionam a folga pretendida (figura 41);

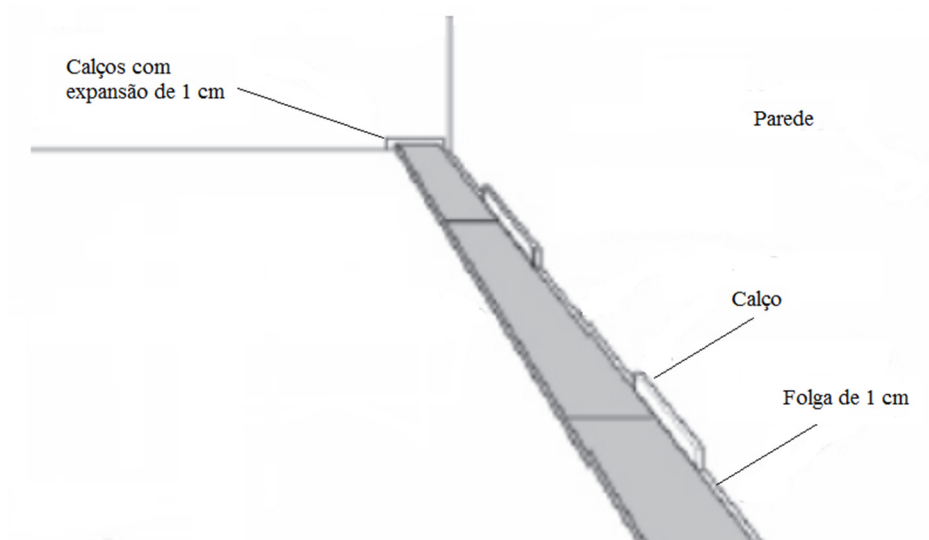


Figura 41 - Esquema da aplicação de calços [50]

- A primeira fiada de revestimento é colocada com as ranhuras voltadas para a parede, aplicando-se uma camada de cola no suporte através de uma espátula. Se a parede onde está aplicada a primeira fiada não for regular há que ajustar as peças de madeira à parede;
- Para a aplicação das fiadas seguintes basta colocar cola nas ranhuras das peças e na base que contacta com o suporte e encaixar a peça no lugar pela ligação macho-fêmea (se existir). Para que a peça encaixe na posição certa devem ser dadas pancadas leves com o auxílio de uma ferramenta adequada (martelo de borracha);
- A última fiada por norma não irá encaixar na perfeição, pelo que terá de se cortar e ajustar as peças à posição pretendida, colando-se da mesma maneira que as fiadas anteriores;
- Deve-se aguardar um mínimo de 24 horas antes de colocar o revestimento em serviço, mesmo que ligeiro.

Revestimentos aplicados por pregagem ou aparafusados

Este tipo de processo construtivo é recomendado para os soalhos aplicados sobre sarrafos ou diretamente no substrato, nomeadamente em estruturas de madeira. Não se torna prático pregar ou aparafusar os tacos ou parquets devido ao seu reduzido tamanho e à quantidade de pregos ou parafusos que seriam necessários [49].

A instalação do revestimento de piso em madeira através de pregos ou parafusos é executada da seguinte forma [51]:

- A primeira fiada deve ser instalada com as ranhuras na direção da parede, pelo que, se a parede for irregular, a madeira deve ser cortada para se adaptar a essas irregularidades;
- Deve-se deixar, como na execução do revestimento colado, 1 cm entre os elementos emergentes (paredes, pilares) e as peças de madeira, cobertos posteriormente por rodapé, para que a madeira possa dilatar sem criar tensões desnecessárias;
- Para ligar todas as peças da primeira fiada, deve-se colocar um cordão de cola nos topos e encaixá-las;
- De seguida deve-se aplicar a segunda fiada da mesma maneira que a primeira, compondo no final as peças aplicadas com o auxílio de um ferramenta própria para o efeito (martelo de borracha);

- No fim da aplicação da segunda fiada, deve-se proceder à colocação dos pregos ou parafusos de 20 em 20 cm, com o mínimo de 3 pregos ou parafusos por peça através do macho;
- Os pregos ou parafusos podem ser aplicados a 45° ou na vertical (figura 42). Para fechar os furos causados pela aplicação dos pregos ou dos parafusos devem ser utilizadas cavilhas ou tampões de madeira para proporcionar um melhor acabamento.

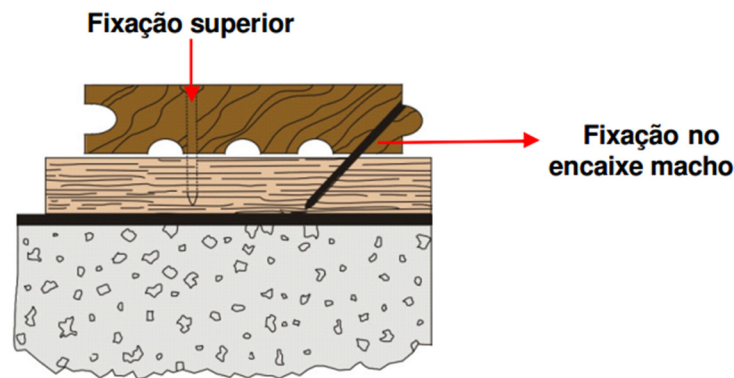


Figura 42 - Métodos de fixação com prego [49]

Revestimentos aplicados por fixação mista

Este tipo de revestimento é fixo através de cola e pregos ou parafusos. São aplicados quando a madeira possui um empenamento muito elevado e a peça for aplicada diretamente no piso. O tipo de parafuso e bucha dependem das dimensões das peças e quanto maior for a espessura da peça maior a bucha.

Este processo construtivo é semelhante ao processo dos revestimentos aplicados por colagem com a adição dos pregos ou parafusos aplicados diretamente no piso, para conferir maior resistência ao revestimento [49].

4. Anomalias e degradação da madeira

Os defeitos ou anomalias da madeira podem-se manifestar no tronco ou na estrutura lenhosa da madeira. Em ambos os casos, a utilização da madeira fica restringida pelos seus defeitos, que diminuem a qualidade e as propriedades físicas ou mecânicas e retiram valor comercial à madeira.

Os defeitos podem surgir quando a árvore é mais jovem ou em idade adulta. Qualquer que seja o defeito, a espécie tenta sempre corrigi-lo, mas não consegue evitar as marcas do seu aparecimento. Mais à frente serão apresentados os defeitos mais comuns conhecidos na indústria da madeira e as principais causas do seu aparecimento.

4.1. Defeitos na estrutura anatómica

Os defeitos na estrutura anatómica da madeira são defeitos que apenas dependem da forma como a madeira se desenvolveu e não de fatores externos. Estes defeitos afetam a resistência mecânica da peça e podem conferir uma beleza adicional ou retirá-la, caso a peça seja utilizada para fins ornamentais.

Nós

Os nós são uma porção basal de um ramo anteriormente removido, que provoca desvios no tecido fibroso da madeira, formando pequenas áreas de forma circular. Estas áreas orientam-se na direção da medula e têm próximo dela o seu vértice. A forma do nó é função da direção do plano de corte da madeira em relação ao ramo. Podem ser considerados nós vivos ou mortos [22] [52] [53].

Os nós vivos (figura 43) ainda pertencem à porção basal de ramos vivos, havendo continuidade entre os tecidos lenhosos e a madeira dos entrenós. A madeira é mais estável com nós vivos do que com nós mortos [52] [53].



Figura 43 - Nó vivo [54]

Os nós mortos (figura 44) correspondem a uma porção basal de um ramo que deixou de contribuir para o aumento do fuste da árvore. Deixa de existir uma continuidade da estrutura ficando presa à madeira uma compressão periférica exercida pelo crescimento diametral do fuste. Durante a secagem estes nós podem-se destacar da madeira criando cavidades [52] [53].



Figura 44 - Nó morto

Os nós influenciam a resistência mecânica da peça, principalmente à compressão, e normalmente a área do nó é desprezada para o cálculo da resistência. Peças com nós normalmente são utilizadas para mobiliário, revestimentos ou ornamentos [22] [52] [53].

Fio inclinado ou torcido

Este defeito avalia-se pelo ângulo de inclinação, mais ou menos acentuado, do fio relativamente ao eixo longitudinal da peça. Este tipo de defeito pode dever-se a vários fatores:

- Mau processo de corte;
- Serragem oblíqua das peças;
- Natureza da madeira.

O fio inclinado ou torcido está relacionado com a anisotropia do material, afastando-se da situação ideal em que os esforços são distribuídos uniforme e paralelamente ao fio da madeira. Este faz com que a peça fique mais difícil de trabalhar e apareçam fendas ou empenos, devido a elevadas tensões internas [22].

Fendas e fissuras

As fendas e fissuras (figura 45) são uma descontinuidade no material lenhoso que resultam de tensões internas devido à contração diferencial da madeira das zonas periféricas e interiores do lenho, induzem esforços de tração transversal e tendem a romper segundo planos radiais. Os seus efeitos na resistência mecânica das peças dependem do tipo de esforço, da localização, da profundidade, do comprimento e se estão associados outros defeitos [22] [52].

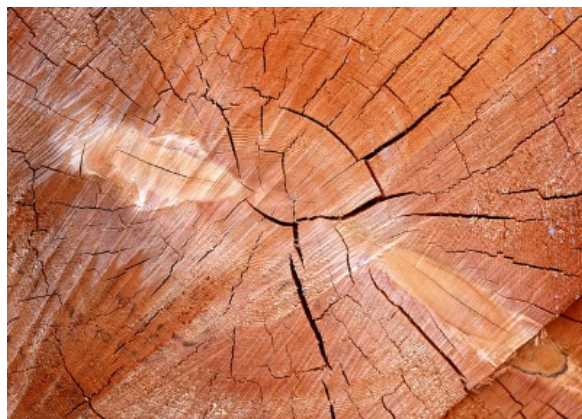


Figura 45 - Fendas e fissuras [55]

Estas anomalias podem também resultar de uma má secagem, que faz com que estas se desenvolvam no sentido das fibras da madeira partindo da periferia do tronco para a medula. Por último, as fendas anelares resultam de um descolamento entre as camadas de

crescimento consecutivas e devem-se a esforços de flexões frequentes (vento ou efeito da congelamento) [52].

Empenos

Os empenos são uma distorção em relação ao plano da superfície de uma peça de madeira. As causas para este defeito podem ser várias, como o fio torcido, lenho de reação, desigualdade de retrações e fatores externos como serragem e secagem mal executadas. Em alguns casos, a madeira pode voltar à forma inicial, assim que retomar o seu teor em água. Estas anomalias tornam a aplicação em obra mais complicada e as suas juntas não ficam perfeitamente ligadas com a peça adjacente [22] [56] [57].

São definidos quatro tipos de empenos (figura 46) de acordo com a zona em que se situam:

- Empeno em arco de canto;
- Empeno em arco de face;
- Empeno em meia cana;
- Empeno em hélice.

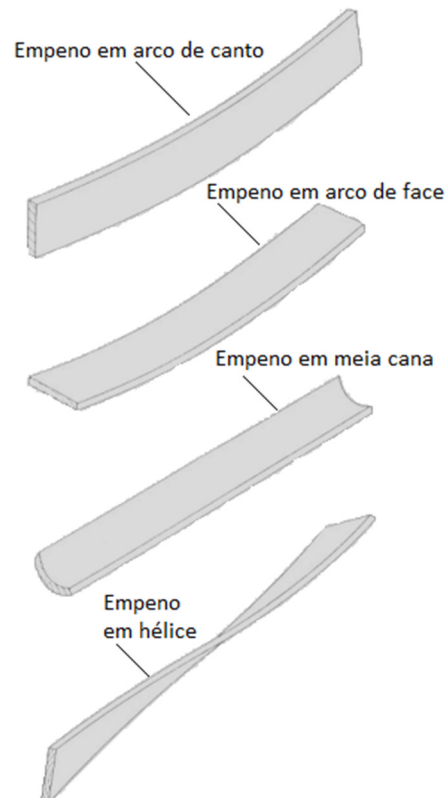


Figura 46 - Tipos de empenos numa peça de madeira [58]

Bolsas de goma ou resina

As bolsas de goma ou resina (figura 47) são massas anelares de forma e comprimentos variados, caracterizadas por uma formação anormal na madeira, e que criam uma descontinuidade no lenho. Normalmente este defeito apresenta-se com uma forma anelar com cerca de 2 a 3 mm de espessura, apresentando um exsudado fenólico escuro.

As bolsas de goma são comuns nas espécies folhosas e as bolsas de resina nas resinosas. A sua extensão varia com a espécie, nível de danos no cambio durante o período de crescimento e outros fatores ambientais e genéticos [53] [57] [59].

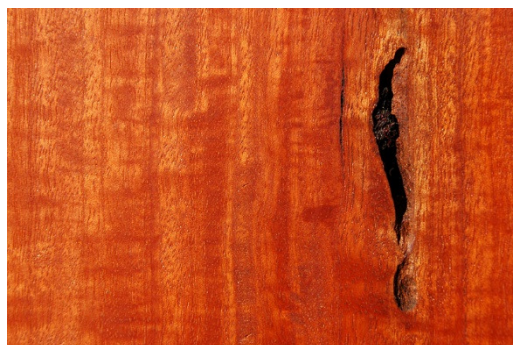


Figura 47 - Bolsa de goma [60]

Descaio

O descaio é um defeito de laboração, não estando implicado diretamente à genética ou ao modo como a espécie se desenvolveu. Relaciona-se com a falta de madeira numa ou mais arestas das peças, afetando-as ao longo do seu comprimento. Este fato torna mais difícil a sua fixação, por pregagem ou colagem, uma vez que a perda de resistência devido à redução de secção transversal é geralmente desprezada [22] [57].

Taxa de crescimento

A taxa de crescimento traduz a largura média, em milímetros, dos anéis de crescimento anuais. Uma largura irregular dos anéis constitui um defeito com pequena importância, não sendo tratada, por isso, como um defeito. Avalia indiretamente a massa volúmica, que por sua vez condiciona diretamente a resistência e o módulo de elasticidade [22].

Madeira juvenil

A madeira juvenil ocupa sempre a parte central do tronco e é produzida no topo da árvore onde o câmbio ainda não está suficientemente desenvolvido. Por outro lado, a madeira adulta produz-se na base do tronco onde a maturação do câmbio já está mais

desenvolvida. A madeira juvenil apenas é considerada um defeito se não se desenvolver em madeira adulta, passando pela madeira de transição [52].

Este defeito ocorre mais e é mais marcado nas madeiras resinosas e pode dever-se a condições climáticas, condições do solo, tratamentos silvícolas (espaçamento, desbaste, desramas e fertilização), agentes biológicos ou à própria informação genética da árvore. As consequências incidem principalmente na resistência mecânica da madeira juvenil, porque a massa volúmica é inferior, não lhe conferindo a resistência da madeira adulta [52] [61].

4.2. Degradação da madeira

As peças de madeira, tal como qualquer outro material, sofrem uma degradação continuada que as vai deteriorando ao longo do tempo. Esta deterioração pode ser mais rápida ou mais lenta consoante o ambiente em que a madeira está exposta e o seu tratamento preservativo.

Existem três principais causas de degradação da madeira: agentes mecânicos, os agentes de degradação física e os agentes de degradação biológica.

4.2.1. Agentes mecânicos

Existem vários tipos de degradação mecânica da madeira, sendo que o tipo que mais se destaca é o desgaste.

Desgaste

Para a madeira aplicada em pavimentos, o desgaste mecânico é uma ação deterioradora importante, uma vez que estes estão frequentemente sujeitos a circulação, ao contrário da madeira aplicada em mobiliário ou revestimentos de paredes ou tetos.

Este tipo de deterioração define-se pela perda de material de uma forma gradual, reduzindo as dimensões e a massa e, como consequência, reduzindo as capacidades mecânicas. Para minimizar o desgaste são aplicados acabamentos que se vão deteriorando no lugar da madeira.

Quanto maior for a circulação no local, mais acentuado é o desgaste. É também influenciado pelas poeiras e areias que se acumulam nos rastos do calçado.

Choque

A resistência ao choque avalia a capacidade da madeira de resistir à penetração de corpos estranhos à sua massa. Normalmente, as madeiras com maior índice de massa volúmica apresentam maior resistência ao choque. Este tipo de deterioração pode causar empolamentos ou desprendimentos nas peças de madeira.

Punçoamento

O efeito de punçoamento ocorre quando as peças de madeira estão sujeitas constantemente a uma força concentrada. Este tipo de deterioração causa um esmagamento das fibras da madeira, podendo provocar empolamentos ou desprendimentos.

4.2.2. Agentes de degradação física

Os principais agentes de degradação física são o fogo, responsável pela rápida deterioração das peças, e a elevada humidade, que faz com que a madeira seja mais facilmente atacada por fungos.

4.2.2.1. Fogo

O fogo é o agente físico que mais rapidamente deteriora a madeira. Esta quando exposta ao fogo vai aquecendo de forma gradual, sofrendo a denominada degradação térmica, que se divide em quatro etapas, que são descritas de seguida. Os valores de temperatura a seguir apresentados podem variar com a espécie, mas essas variações são mínimas [22] [58] [62].

Para temperaturas até 200 °C, a madeira é lentamente aquecida, libertando todo o seu teor em água e gases e perdendo massa de forma uniforme. Este processo endotérmico é denominado por pirólise lenta. Embora a carbonização ocorra a temperaturas de 95 °C, a madeira não entra em ignição. O ponto de ignição da madeira varia de espécie para espécie e assinala a temperatura em que a madeira transita de um processo endotérmico (pirólise lenta) para um processo exotérmico (pirólise rápida). Neste ponto os gases são libertados de forma muito rápida.

Por outro lado, para temperaturas entre 280 a 500 °C, são libertadas grandes quantidades de gases combustíveis (metano, metanol, formaldeído, ácido fórmico e acético, hidrogénio e alcatrões altamente inflamáveis) que alimentam a combustão com presença

de chama. Estes gases são expelidos para fora da madeira e compõem o fumo. À medida que a chama vai consumindo estes gases, o oxigénio é também consumido provocando uma queima incompleta da madeira, formando o carvão.

Para temperaturas entre os 500 e os 1000 °C, a chama desaparece dando origem à queima luminosa do monóxido de carbono e do hidrogénio. Esta fase é denominada por combustão incandescente devido à incandescência do carvão.

4.2.2.2. Humidade

A humidade por si só não deteriora a madeira, mas contribui para a sua deterioração. As madeiras com maiores teores em água atraem um maior número de agentes de degradação. Para teores em água superiores a 20% do peso seco da madeira, esta já fica suscetível ao ataque de fungos [63].

Quanto maior for o teor em água, menor será a quantidade de outros elementos químicos da madeira (celulose, hemicelulose e lignina). Como consequência, as propriedades físicas e mecânicas da madeira são afetadas, aumentando a sua taxa de degradação. No entanto, estes efeitos são reversíveis, podendo apenas criar fissuras ou fendas provenientes da retração [57] [63].

4.2.3. Agentes de degradação biológica

A degradação biológica da madeira é o tipo de deterioração mais comum e que provoca o mais extenso quadro patológico. Os organismos xilófagos são os que mais contribuem para este tipo de degradação e são compostos principalmente por: fungos e insetos.

4.2.3.1. Fungos

Os fungos alimentam-se de outros seres vivos ou mortos e a deterioração na madeira pode ser feita de várias formas, podendo ir de uma simples mancha à perda total do material. Estes seres vivos desenvolvem-se com temperaturas ideais entre os 25 e os 30 °C e com teores em água próximos do PSF, embora comecem a aparecer sempre que a humidade na madeira ultrapassa os 20% do seu peso seco. O pH ideal para o desenvolvimento destes organismos situa-se ente os 4,5 e os 5,5, embora se consigam desenvolver entre 2 e 7. O oxigénio, tal como na maioria dos seres vivos, é essencial para o desenvolvimento dos fungos, apesar de alguns se conseguirem desenvolver com teores de oxigénio de 1% [64] [65].

Existem dois tipos de fungos agentes de degradação da madeira: fungos de podridão, nomeadamente podridão castanha, branca e mole, que afetam a resistência mecânica e a superfície da madeira, e fungos cromogéneos, nomeadamente manchas e bolores, que apenas afetam a superfície da madeira.

Fungos de podridão castanha

Os fungos de podridão castanha (figura 48), *basidiomicetos*, causam uma rápida perda de resistência mecânica proporcional ao seu peso, através de uma ação enzimática do micélio dos fungos sobre as paredes celulares. Esta ação degrada a celulose e a hemicelulose, transformando-as em substâncias solúveis facilmente absorvidas pelos fungos. Estes apenas deixam para trás praticamente intacta a lignina, que confere à madeira a cor pardo-escura [64] [65].

Devido a estes fungos, a madeira seca fica facilmente quebradiça, separando-se em blocos pelo desenvolvimento de fissuras paralelas e perpendiculares ao grão da madeira.



Figura 48 - Efeito de fungos de podridão castanha na madeira [65]

Fungos de podridão branca

Os fungos de podridão branca (figura 49), *basidiomicetos*, tal como os de podridão castanha, causam uma diminuição na resistência mecânica e perda de peso. Estes fungos decompõem a celulose, a hemicelulose e a lignina da superfície celular.

A madeira atacada por estes fungos perde o seu aspeto natural e torna-se esbranquiçada, devido à destruição dos seus pigmentos. É comum serem formadas linhas escuras que delimitam as zonas atacadas das não atacadas [64] [65].



Figura 49 - Efeito de fungos de podridão branca na madeira [65]

Fungos de podridão mole

Os fungos de podridão mole (figura 50), *ascomicetos* e *schizomicetos*, degradam a superfície da madeira, não penetrando mais de 2 cm. Contudo, a madeira sob a parte atacada pode ser facilmente infestada pela fácil remoção mecânica do material deteriorado.

No estado húmido a madeira é mole na superfície e ao secar apresenta fendas no sentido das fibras com coloração escura. A ação destes fungos em comparação com os de podridão parda e branca é muito mais lenta, porque estes demoram mais tempo a penetrar na parede celular. São também mais resistentes aos produtos preservadores da madeira, pois desenvolvem uma grande tolerância à maioria dos elementos ativos nesses preservadores [64] [65].



Figura 50 - Efeito de fungos de podridão mole na madeira [65]

Fungos cromogéneos

Os fungos que causam manchas na madeira (figura 51), *ascomicetos* do género *ceratocistis* e *deuteromicetos*, conferem-lhe uma coloração diferente da original que a desvaloriza comercialmente. Este tipo de fungos apenas ataca o borne, deixando o cerne intacto. Os fungos cromogéneos também não afetam a massa nem as características mecânicas da madeira.

Este tipo de fungos ataca a madeira através de esporos que entram em contato com a superfície da madeira, penetrando nas cavidades celulares e proliferando de célula para célula, desenvolvendo mais tarde hifas (filamentos cilíndricos que formam o micélio dos fungos) que penetram no borne. As manchas são visíveis através da reflexão da luz incidente na madeira, tornando visíveis os filamentos pigmentados ou outros pigmentos que as hifas libertam nos espaços vazios da madeira [64] [65].

Após a penetração das hifas, nem todos os produtos preservadores da madeira conseguem remover ou alcançar a penetração destas com sucesso. Contudo, as manchas só podem ser evitadas, com produtos adequados e eficazes, antes que as hifas comecem a desenvolver a sua pigmentação [64] [65].



Figura 51 - Manchas causadas por fungos no topo de uma peça de madeira [65]

Bolores

Os fungos que causam os bolores (figura 52), *ascomicetos* e *schizomicetos*, apenas atacam a superfície da madeira. Este tipo de fungos ataca preferencialmente a madeira recém-cortada e com maiores teores em água (madeira verde). No entanto, a madeira seca

também pode ser atacada se for exposta durante longos períodos de tempo à humidade, que cria as condições necessárias para o desenvolvimento destes fungos.

O ataque deste tipo de fungos normalmente não danifica a parede celular do lenho, logo não afeta a resistência mecânica da madeira. Estes fungos atacam as células do tecido radial e os tecidos adjacentes, devido à existência de materiais mais nutritivos nestas regiões. A ação destes microrganismos na madeira causa uma perfuração no borne através das hifas que não contêm qualquer pigmentação, o que as diferencia dos fungos que mancham a madeira [64] [65].

Este tipo de fungos consegue ser facilmente removido através de uma limpeza adequada da sua superfície. São também resistentes e desenvolvem uma alta tolerância aos elementos ativos dos produtos preservadores da madeira.



Figura 52 - Efeito de bolores na madeira [66]

4.2.3.2. Insetos

Estão atualmente descobertas taxonomicamente cerca de um milhão de espécies de insetos no planeta. Destas vinte e seis espécies, destacam-se três relativamente à deterioração biológica da madeira, nomeadamente a *coleóptera* (carunchos), a *himenóptera* (formigas) e a *isóptera* (térmitas) [65].

Os danos causados por estas três ordens de insetos são diferentes e, para tal, requerem um tratamento diferente. Com alguma experiência e conhecimento, o tipo de inseto que está a causar a patologia na madeira pode ser identificado através de dejetos, da forma como escavam os túneis e da humidade da madeira que atacam.

Coleóptera

Esta ordem de insetos inclui todo o tipo de carunchos. Os seus ciclos de vida podem ir de 1 a 5 anos.

A família *lyctidae* é pequena e desta destaca-se o *lyctus brunneus*. Este caruncho ataca as madeiras secas exóticas e em casos de inúmeras infestações conseguem desintegrar todo o material lenhoso. O ciclo de vida destes insetos é de cerca de 1 ano e pode-se iniciar em qualquer altura do ano. Apenas se pode identificar a presença deste inseto na madeira ao fim de um ciclo de vida, quando estes criam furos de saída (figura 53), ou se a peça for aberta ou fraturada. O início do ataque destes insetos dá-se com a oviposição do inseto a uma certa profundidade da madeira e antes do fim do primeiro ciclo de vida. As madeiras coníferas são imunes ao ataque desta espécie e o cerne também o pode ser se na sua constituição os amidos e os açúcares, essenciais à alimentação da espécie, estiverem alterados, pois tornam-se tóxicos. O borne, como ainda não tem os amidos e os açúcares alterados, torna-se uma zona propícia ao desenvolvimento destes insetos. Os ataques formam galerias com cerca de 1,5 a 2 mm de diâmetro (correspondente ao diâmetro da espécie adulta) e estas normalmente estão orientadas na direção do grão. No fim do seu ciclo de vida precipitam-se para o exterior através de furos na superfície da madeira, deixando uma fina camada na mesma e o interior reduzido a pó [64] [65].



Figura 53 - Furos de saída do caruncho num revestimento de piso em madeira

A família *anobidae* integra outra espécie de caruncho mais facilmente encontrado no interior da habitação ou na madeira já seca, denominada por *anobium punctatum* ou, como é mais conhecida, por caruncho pequeno. Atacam a madeira recém-cortada ou já seca há algum tempo e preferencialmente as coníferas, embora as folhosas também sejam suscetíveis ao ataque. Nestas atacam a zona do borne e ligeiramente a zona do cerne na fronteira com o borne. Escavam galerias que deixam parcialmente preenchidas com os seus excrementos e na fase adulta criam um orifício de saída com cerca de 3 mm de diâmetro [65].

A família *cerambycidae* engloba o caruncho grande, *hylotrupes bajulus*. Este tipo de inseto é semelhante ao caruncho pequeno só que de maiores dimensões. Pode atingir um comprimento de 8 a 25 mm, possuem duas antenas com comprimentos de 10 mm e asas, que lhes permite fazer longos voos. Este tipo de inseto ataca preferencialmente as madeiras coníferas sãs na zona do borne e, em alguns casos, a zona do cerne na fronteira com o borne. Prefere madeiras secas e aprecia ambientes húmidos, pouco arejados e escuros. Na fase de larva escavam galerias, enquanto que na fase adulta escavam para o exterior, deixando para trás um orifício oval de aproximadamente 5 mm de diâmetro [64] [65].

Himenóptera

Dentro desta ordem destacam-se as *camponotus spp.*, mais conhecidas como “formigas carpinteiras” (figura 54), pertencentes à família *formicidae*. Estas têm cerca de 12 mm de comprimento e degradam grandes variedades de espécies de madeira. Podem atacar o lenho inicial e o lenho tardio, preferencialmente quando estes já estão atacados por fungos de podridão mole [65].

A madeira atacada apresenta galerias ligadas entre si mas nunca ao exterior, exceto o furo de entrada. Isto deve-se ao fato de as formigas não utilizarem a madeira como fonte de alimento, mas sim como abrigo. Note-se que as madeiras tratadas também estão suscetíveis a serem atacadas.



Figura 54 - Formiga carpinteira e o seu efeito na madeira [64]

Isóptera

Esta ordem de insetos é das que mais contribui para a degradação biológica da madeira e inclui todos os tipos de térmitas. Tal como as formigas, as térmitas são animais sociais e bem organizados. Desenvolvem um par de asas, mandíbulas para mastigar a madeira e possuem o abdómen unido ao tórax.

Numa colónia de térmitas existem vários tipos de indivíduos: os soldados, os operários e os reprodutores. Os soldados e a maioria dos operários constituem o maior número da população e os reprodutores são constituídos pelos restantes operários e pela rainha. Sem influência exterior (doença ou ataque de predadores), as térmitas podem viver entre 3 a 5 anos [64] [65].

A sua principal fonte de alimentação é a celulose e normalmente atacam a madeira pelo caminho mais fácil, começando pelo borne e, quando este escasseia, atacam o cerne (figura 55). Este fato diferencia as térmitas das formigas, porque as formigas raramente atacam o cerne.

Existem três tipos de térmitas mais relevantes classificadas segundo o seu habitat: as térmitas subterrâneas ou dos solos, as térmitas de madeira húmida e as térmitas de madeira seca.



Figura 55 - Efeito do ataque de térmitas num revestimento de piso em madeira [67]

As térmitas subterrâneas habitam no solo, porque o seu corpo não é revestido por quitina (elemento que confere resistência a baixa humidade), e são de cor branca ou branco-marfim. A madeira atacada apresenta pequenas quantidades de excrementos que as térmitas empurram para o exterior. No interior desta, as térmitas escavam galerias que nem sempre estão no sentido das fibras, mantendo sempre uma fina camada exterior na madeira. Para além dos seus excrementos, o ataque de térmitas pode ser identificado através da fácil perfuração de um objeto pontiagudo na superfície ou de leves pancadas identificando através do som se a peça está oca. No entanto, depois da peça ser atacada, pouco há a fazer para a sua reabilitação [64] [65] [68].

As térmitas de madeira húmida atacam unicamente madeiras com alto teor em água. O ataque é feito pelo ar, o qual é possível através das asas que possuem, não tendo contato com o solo. Este tipo de térmitas é muito semelhante às térmitas subterrâneas, à exceção de não necessitarem de condições de humidade tão rigorosas [64] [65].

As térmitas de madeira seca são mais difíceis de ser controladas que as térmitas subterrâneas e iniciam o seu ataque pelo ar. Penetram na madeira através de aberturas ou fendas na madeira, iniciando imediatamente o ataque, cobrindo mais tarde a sua entrada com partículas da própria madeira. A madeira atacada apresenta galerias escavadas no borne e no cerne e pode ser identificada pelos excrementos que as térmitas empurram para fora das peças de madeira, através de pequenos orifícios na superfície [64] [65].

4.3. Classes de risco de degradação biológica

As classes de risco da madeira servem para avaliar o potencial risco que uma peça corre em determinado ambiente. Quando não é possível prever com segurança a classe de risco de um elemento em serviço, as decisões devem ser tomadas com base na classe de risco mais severa entre as classes que se seguem [69]:

- Classe de risco 1 – Risco de ataque por bolores de superfície, fungos de azulamento ou fungos destruidores de madeira é nulo ou quase nulo, para tal a madeira deverá ter um teor em água máximo de 20% durante toda a sua vida útil. Porém, ataques de xilófagos são possíveis dependendo da região geográfica;
- Classe de risco 2 – Situações em que o teor em água da madeira excede ocasionalmente os 20%, nestes casos, está suscetível aos ataques de fungos destruidores da madeira. Em madeiras decorativas o aspeto pode ser alterado pelos fungos de azulamento ou bolores de superfície. Ataques de xilófagos são possíveis dependendo da região geográfica;
- Classe de risco 3 – Situações em que o teor de água na madeira excede frequentemente os 20% estando mais suscetível aos ataques de fungos destruidores da madeira do que a classe de risco 2;
- Classe de risco 4 – situações em que o teor de água na madeira está permanentemente acima dos 20% estando mais suscetível aos ataques de fungos destruidores da madeira do que a classe de risco 3;
- Classe de risco 5 – Situações em que o teor em água da madeira está permanentemente acima dos 20% e que os animais marinhos invertebrados são os principais causadores de danos significativos.

5. Campanha experimental

5.1. Objetivo

A seguinte campanha experimental desenvolvida no Laboratório de Materiais de Construção da ADEC-ISEL teve como objetivo o estudo de algumas características das madeiras referidas no capítulo 2. Para tal, organizou-se uma campanha experimental que avaliasse as propriedades físicas e mecânicas dessas madeiras, comparando no fim, esses resultados com os resultados de fichas técnicas e de outros autores. Todas as amostras utilizadas no trabalho laboratorial foram gentilmente cedidas pela JULAR madeiras.

Os ensaios realizados tiveram como objetivo o estudo das seguintes propriedades:

- Teor em água;
- Massa volúmica;
- Flexão estática;
- Dureza superficial;
- Desgaste.

5.2. Teor em água

O teor em água de uma peça de madeira é uma propriedade importante, principalmente quando a peça é aplicada. Será esse teor que condicionará a vida útil da peça no futuro, uma humidade mais elevada atrai mais xilófagos, enquanto uma menor humidade provoca empenos nas peças.

Este ensaio foi realizado segundo a norma NP 614: 1973 [70]. Foram utilizadas três amostras de cada espécie de madeira para o ensaio ser mais representativo (figura 56). O teor em água é uma grandeza expressa em percentagem que relaciona a massa de água do provete com a sua massa seca.



Figura 56 - Amostras para o ensaio do teor em água

5.2.1. Procedimento

1. Pesaram-se as amostras de cada espécie com o auxílio de uma balança digital (figura 57);



Figura 57 - Pesagem das amostras

2. Colocaram-se as amostras em estufa com aumento progressivo de temperatura até se atingirem os 103 °C (figura 58);



Figura 58 - Estufa

3. Deixam-se arrefecer as amostras num exsicador durante 1 h e depois pesam-se (figura 59);

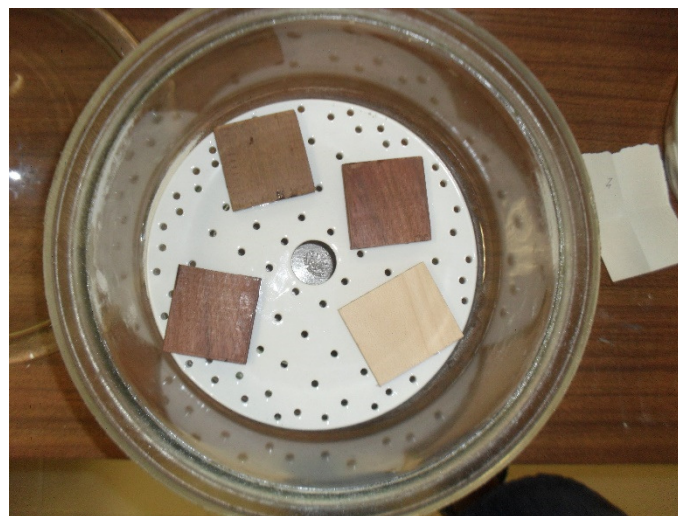


Figura 59 - Amostras no interior do exsicador

4. Tratamento de resultados obtidos e cálculo do teor em água.

Para o cálculo do teor em água segundo a NP 614: 1973 é necessário recorrer à seguinte fórmula:

$$H = \frac{m1 - m2}{m2} * 100 (\%)$$

Sendo:

H – teor em água do provete (%);

m1 – massa do provete húmido (g);

m2 – massa do provete seco (g).

5.2.2. Resultados

No gráfico 1 indicam-se os resultados médios e respetiva dispersão obtidos para cada amostra, de cada tipo de madeira, do seu teor em água.

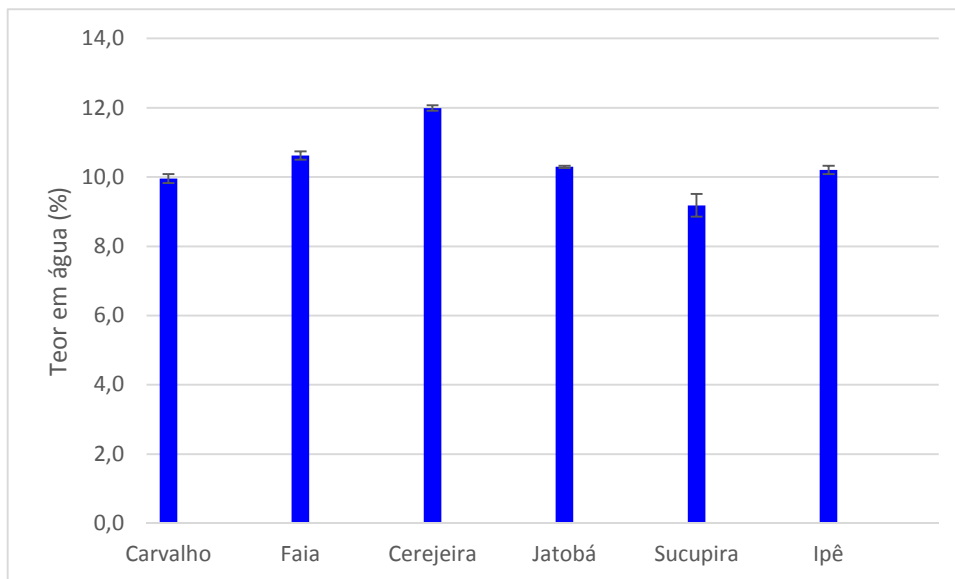


Gráfico 1 - Resultados obtidos do teor em água

Através do gráfico 1 pode-se observar que apenas a cerejeira se encontra no teor em água ótimo, todas as restantes madeiras se encontram com o teor em água abaixo do ideal.

5.2.3. Conclusões do ensaio

O teor em água de uma peça de madeira pode variar consoante o ambiente em que está envolvido. Todas as peças para ensaios futuros foram mantidas nas mesmas condições para que esse teor em água se mantivesse constante.

5.3. Massa volúmica

A massa volúmica é uma importante propriedade da madeira, pois dela dependem muitas outras propriedades que servem de referência para a classificação da madeira. Cada madeira mesmo dentro da mesma espécie é única e exibe uma massa volúmica característica, isto deve-se ao fato da madeira ser um produto natural e não se desenvolver na natureza sempre da mesma forma.

Este ensaio foi realizado segundo a norma NP 616:1973 [71]. Para que o teor em água não influenciasse os resultados os provetes foram secos em estufa. Foram utilizadas três amostras de cada espécie para que o ensaio fosse algo representativo. Esta grandeza é calculada pelo quociente entre a massa da amostra e o respetivo volume, expresso em g/cm^3 .

5.3.1. Procedimento

1. Colocaram-se as amostras submersas num tanque com água até estas estarem completamente saturadas e foram utilizados uns pesos como auxílio para que as madeiras se mantivessem submersas (figura 60);



Figura 60 - Amostras submersas num tanque com água

2. Pesaram-se as amostras saturadas depois de estabilizado o seu peso com o auxílio de uma balança digital;
3. Mediram-se as dimensões das amostras saturadas com o auxílio de uma craveira com precisão de 0,02 mm;
4. Colocaram-se as amostras em estufa a uma temperatura de 103 °C até que estas perdessem todo o seu teor em água;
5. Pesaram-se as amostras secas em estufa depois de estabilizado o seu peso com o auxílio de uma balança digital;
6. Mediram-se as dimensões das amostras secas com o auxílio de uma craveira com precisão de 0,02 mm;
7. Tratamento dos resultados obtidos e cálculo da massa volúmica de referência com um teor em água de 12%.

Para o cálculo da massa volúmica de referência, segundo a NP 616:1973 é necessário recorrer à seguinte fórmula:

$$\rho_{12} = \rho_H * \frac{(100 + 12) * (100 + \alpha_0 * H')}{(100 + H) * (100 + 12 * \alpha_0)} \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

Sendo:

ρ_{12} – Massa volúmica de referência com 12% de teor em água (g/cm³)

ρ_H – massa volúmica a H (% teor em água)

H – teor em água do provete (%)

α_0 – coeficiente de retração volumétrica do provete (%)

H' – teor em água de saturação das fibras do provete (%)

5.3.2. Resultados

Indica-se no gráfico 2 os valores médios e respetiva dispersão da massa volúmica de referência, obtida para cada grupo de provetes de cada tipo de madeira.

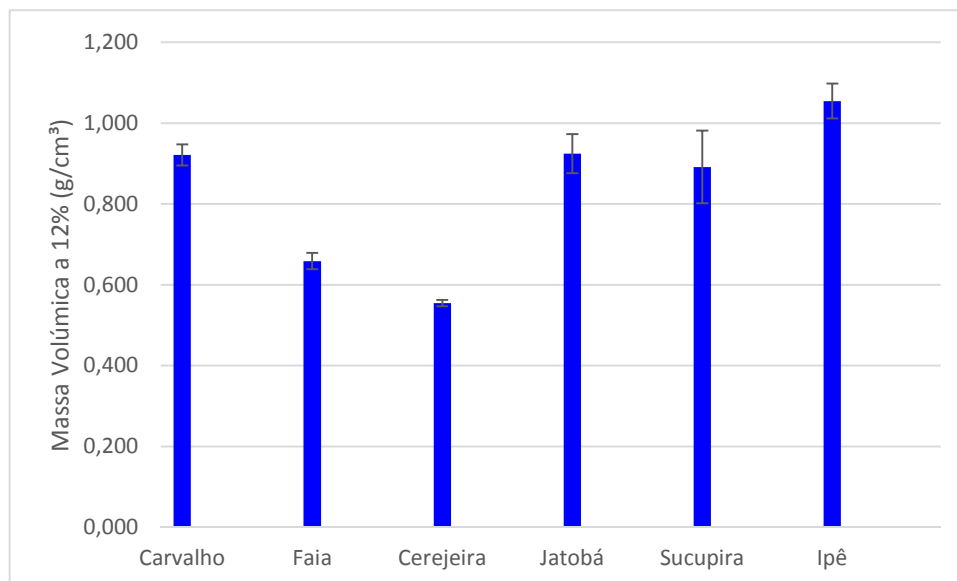


Gráfico 2 - Massa volúmica de referência

Através do gráfico 2 é perceptível que as madeiras exóticas são mais densas que as madeiras nacionais. A madeira de cerejeira é a madeira mais leve, enquanto a madeira de ipê é a mais densa, entre os seis tipos estudados.

Para os três provetes de cada tipo de madeira ensaiada, a cerejeira foi a que apresentou menor dispersão de resultados, por outro lado, a sucupira foi a que apresentou maior variabilidade de valores.

Para termos de comparação são apresentados no quadro 1 os valores de alguns autores sobre a massa volúmica de referência para as seis espécies de madeira estudadas.

5.3.3. Conclusões do ensaio

Em comparação com os resultados de outros autores, os valores obtidos da massa volúmica de referência são semelhantes.

O carvalho é a madeira mais densa das madeiras portuguesas em estudo com uma massa volúmica de referência ensaiada de $0,921 \text{ g/cm}^3$, ficando no limite superior dos valores de referência dos autores indicados. A faia é também uma madeira densa mas não tanto como o carvalho, a sua massa volúmica de referência ensaiada foi de $0,659 \text{ g/cm}^3$, resultando também no limite superior dos valores obtidos pelos autores indicados. Por último, a cerejeira é a madeira menos densa das estudadas apresentando uma massa volúmica de referência ensaiada de $0,555 \text{ g/cm}^3$, ou seja dentro da gama de valores obtidos pelos autores referidos.

O jatobá é uma madeira muito densa, com massa volúmica de referência ensaiada de $0,924 \text{ g/cm}^3$, valor superior a todas as madeiras nacionais e ligeiramente superior aos valores obtidos pelos autores indicados. A sucupira é a madeira menos densa dentro das madeiras exóticas, mas não deixa de ser uma madeira densa com uma massa volúmica de referência ensaiada de $0,892 \text{ g/cm}^3$, valor que está dentro da gama de valores obtidos pelos autores pesquisados. O ipê é a madeira mais densa das seis estudadas com uma massa volúmica de referência de $1,055 \text{ g/cm}^3$, valor que também está dentro da gama de valores obtidos pelos autores indicados.

Os valores obtidos nos ensaios que apresentam pequenas diferenças em relação aos valores dos autores referidos, nomeadamente a faia e o jatobá, podem-se dever a vários fatores, como sejam:

- Temperatura da estufa – a temperatura da estufa varia de norma para norma, podendo influenciar a quantidade de água retirada da amostra;
- Defeitos – uma peça com defeitos contém menos quantidade de material lenhoso por unidade de volume o que influencia a massa final da amostra;

- Dimensões da amostra – a norma indica uma espessura mínima de 20 mm e todas as amostras continham cerca de 10 mm.

Amostra	ρ_{12} (g/cm ³)	Valores ensaiados ρ_{12} (g/cm ³)	Referência
Carvalho	0,717-0,908	0,921	1
	0,590-0,930		2
	0,600-0,900		3
Faia	0,530-0,610	0,659	4
	0,650		5
	0,650		6
Cerejeira	0,480-0,620	0,555	7
	0,610		8
	0,580		9
Jatobá	0,770-0,910	0,924	10
	0,710-0,820		11
	0,710-0,910		12
Sucupira	0,910	0,892	13
	0,900-0,915		14
	0,86-1,115		15
Ipê	0,910-1,100	1,055	16
	1,050		17
	0,800-1,250		18

Quadro 1 - Massas volúmicas de referência (ver anexo A)

5.4. Flexão estática

A tensão de rotura de uma peça de madeira à flexão estática é uma propriedade mecânica importante para os revestimentos de piso aplicados sobre sarrafos, ou outro suporte que crie um vão sobre a peça.

O ensaio de resistência à flexão foi realizado segundo a norma EN 408:2003 [72]. A determinação da resistência à flexão foi realizada através de uma prensa, aplicando uma força no provete apoiado simetricamente. As amostras têm cerca de 160 mm de comprimento e cerca de 10 mm de espessura e foram utilizadas peças auxiliares sobre os apoios da prensa que distam entre si 135 mm, de modo que a cabeça de carga conseguisse alcançar o provete (figura 61).

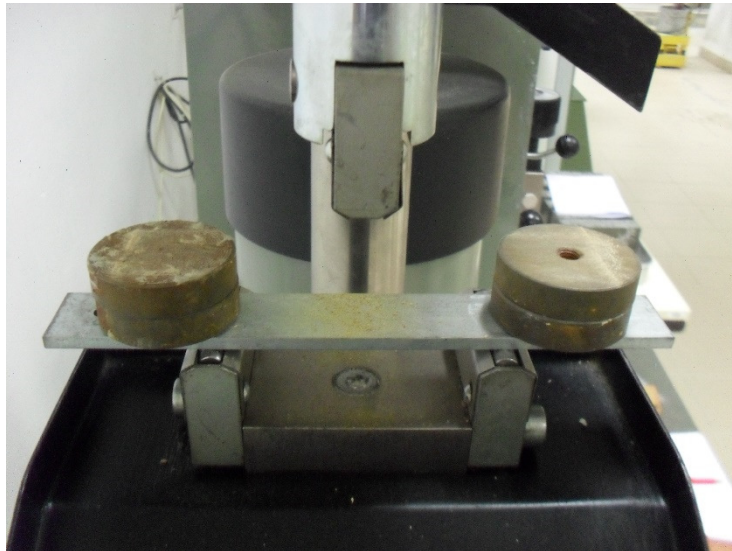


Figura 61 - Equipamento de prensagem com apoios auxiliares

O teor em água condiciona o valor resistente do provete à flexão, para tal, o valor obtido com o teor em água determinado anteriormente será convertido para o valor de referência.

5.4.1. Procedimento

1. Mediu-se a espessura e a largura dos provetes utilizando uma craveira com precisão de 0,02 mm;
2. Colocaram-se as amostras sobre os apoios, simetricamente e na horizontal (figura 62);

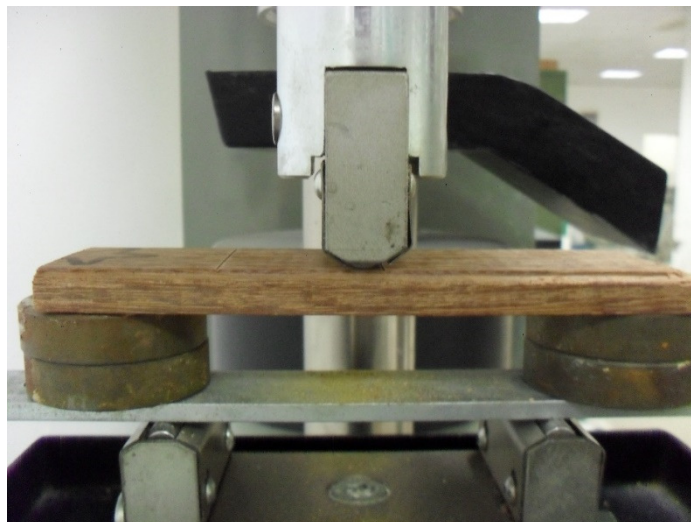


Figura 62 - Disposição da amostra antes do ensaio

3. Aplicou-se uma força que deve ser gradualmente aumentada até ao máximo, aos 300 s de realização do ensaio, até o provete apresentar rotura (figura 63);

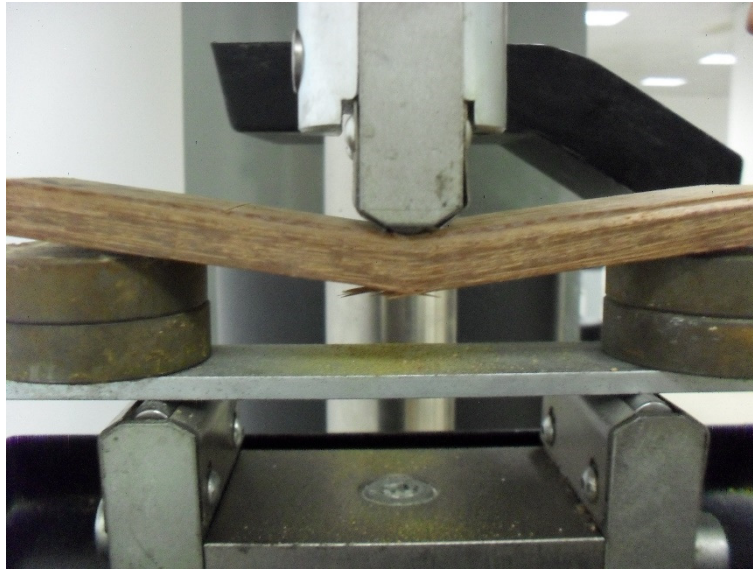


Figura 63 - Disposição da amostra após ensaio

4. Registaram-se os valores de rotura do dos provetes (F em kN) (figura 64).



Figura 64 - Valor da carga de rotura

5. Tratamento de resultados e cálculo da resistência à flexão.

Para o cálculo da resistência à flexão segundo a EN 408:2003, utiliza-se a seguinte fórmula:

$$f_m = \frac{a * F_{max}}{2 * W} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

com

$$W = \frac{b * h^2}{6} \text{ (mm}^3\text{)}$$

Sendo:

f_m – resistência à flexão (N/mm²)

a – distância entre a posição da força e o apoio mais próximo (mm)

$F_{m\acute{a}x}$ – Força máxima de rotura (N)

W – Módulo de flexão da secção (mm³)

b – largura da secção transversal do provete (mm)

h – espessura da secção transversal do provete (mm)

5.4.2. Resultados

No gráfico 3 indicam-se os valores médios e respetiva dispersão, obtidos para cada tipo de madeira da resistência à flexão de referência.

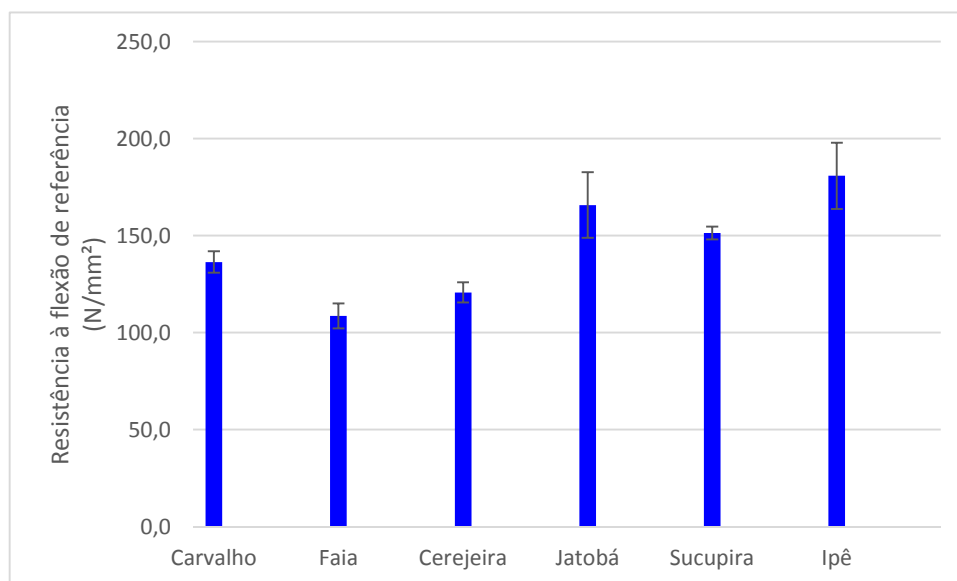


Gráfico 3 - Resistência à flexão de referência

Através do gráfico 3 pode-se concluir que a madeira de ipê é a mais resistente à flexão, enquanto que a madeira de faia é a menos resistente.

Imediatamente antes da rotura a madeira produz um som característico que alerta para o seu estado e liberta serrim proveniente da zona de rotura.

A madeira de jatobá e de ipê apresentaram grande variabilidade de resultados.

Para termos de comparação são apresentados no quadro 2 os valores indicados por alguns autores para a resistência à flexão de referência, para as seis espécies de madeira estudadas.

5.4.3. Conclusões do ensaio

Como resultado do ensaio, pode-se referir que a madeira de carvalho apresenta um valor médio de resistência à flexão de 136,4 N/mm², valor esse superior aos indicados pelos autores referidos. A madeira de faia apresenta uma resistência à flexão de 108,7 N/mm², um valor inferior aos indicados pelos autores citados. A madeira de cerejeira apresenta uma resistência à flexão média de 120,8 N/mm² valor esse também superior aos referidos pelos autores indicados.

A madeira de jatobá apresenta um valor médio de resistência à flexão de 165,8 N/mm², valor esse acima da gama de valores obtidos pelos autores citados. A sucupira apresenta um valor médio de resistência à flexão de 151,4 N/mm², valor esse, dentro da gama de valores referidos pelos autores indicados. A madeira de ipê apresenta uma resistência média à flexão de 180,9 N/mm², um valor no limite superior da gama de valores referidos pelos autores indicados.

A faia obteve, comparativamente com as restantes espécies ensaiadas, o menor valor médio de resistência à flexão, apesar de ser esperado que a cerejeira fosse a espécie com menor valor de resistência à flexão. A madeira de ipê obteve a média de resistência à flexão mais alta como era esperado. Normalmente quanto mais elevada for a massa volúmica da espécie maior será a sua resistência mecânica, embora possam existir exceções.

Muitas das pequenas variações devem-se à variabilidade da madeira e seria necessária uma amostra de dimensão muito superior para obter maior representatividade nos resultados.

Amostra	σ_{f12} (N/mm ²)	Valores ensaiados σ_{f12} (N/mm ²)	Referência
Carvalho	53-135	136	19
	78-117		20
	88		21
Faia	127	109	22
	122		23
	110		24
Cerejeira	95	121	25
	83-110		26
	110		27
Jatobá	155	166	28
	134		29
	131		30
Sucupira	156-185	151	31
	141		32
	148		33
Ipê	175	181	34
	175		35
	179		36

Quadro 2 - Flexões estáticas de referência (ver anexo A)

5.5. Dureza

O ensaio de dureza realizado pretende determinar a resistência ao impacto superficial das várias espécies de madeiras. Este ensaio foi adaptado da norma EN 1534: 2000 [73]. O princípio do ensaio consiste em deixar cair uma esfera de aço com um determinado peso e diâmetro a uma determinada altura sobre o provete de madeira, medindo depois a moosa criada. Devido à falta de equipamento, nomeadamente uma prensa com cabeça cónica, este ensaio foi realizado com recurso a três tubos de diferentes alturas para melhor aproximar os resultados do ensaio.

Foram realizados três ensaios a diferentes alturas, nomeadamente 1,0 m, 1,2 m e 1,5 m, com uma esfera de massa 400 g e diâmetro de 46 mm. Foram ainda utilizados três tubos com as respetivas alturas de ensaio para garantir que a esfera cai verticalmente.

5.5.1. Procedimento

1. Colocou-se uma base de betão e fixou-se o provete (figura 65);



Figura 65 - Base de betão

2. Colocou-se o tubo com a respetiva altura de ensaio (figura 66);



Figura 66 - Posicionamento do tubo

3. Deixou-se cair a esfera metálica sobre o provete de madeira (figura 67);



Figura 67 - Queda da esfera metálica sobre o provete de ensaio

4. Mediram-se os diâmetros da mocha causada nas duas direções do provete (figura 68);



Figura 68 - Medição das mochas

5. Tratamento dos resultados obtidos e cálculo da dureza superficial.

Para o cálculo da dureza superficial, segundo a EN 1534:2000 é necessário recorrer às seguintes fórmulas:

1. Dureza de Brinell (N/mm²):

$$HB = \frac{2 * F}{\pi * D * [D - (D^2 - d^2)^{\frac{1}{2}}]} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

Sendo:

HB – dureza de Brinell (N/mm²)

F – força nominal de impacto (N)

D – diâmetro da esfera (mm)

d – diâmetro médio da moça (mm)

2. Força nominal de impacto (F):

$$F = \frac{m * g * h}{h_m} (N)$$

Sendo:

F – força nominal de impacto (N)

m – massa da esfera (kg)

g – aceleração da gravidade (m/s²)

h – altura de queda (m)

h_m – altura da moça (m)

3. Altura da moça (m):

$$h_m = \frac{D - \sqrt{D^2 - d^2}}{2} (mm)$$

Sendo:

h_m – altura da moça (mm)

D – diâmetro da esfera (mm)

d – diâmetro médio da moça (mm)

5.5.2. Resultados

Indicam-se nos gráficos 4, 5 e 6 os valores médios e respetiva dispersão da dureza de Brinell, para cada tipo de madeiras, respetivamente para as alturas de queda de 1,0 m, 1,2 m e 1,5 m de altura.

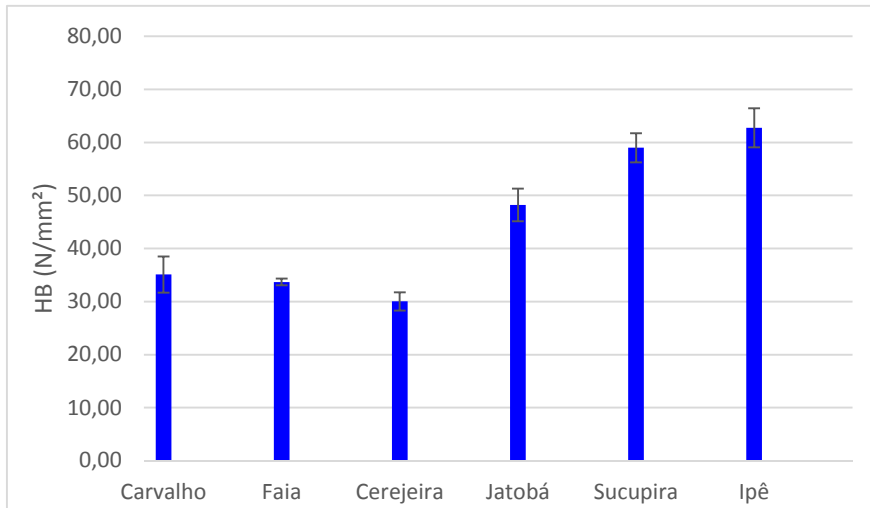


Gráfico 4 - Dureza Brinell a 1,0 m de altura

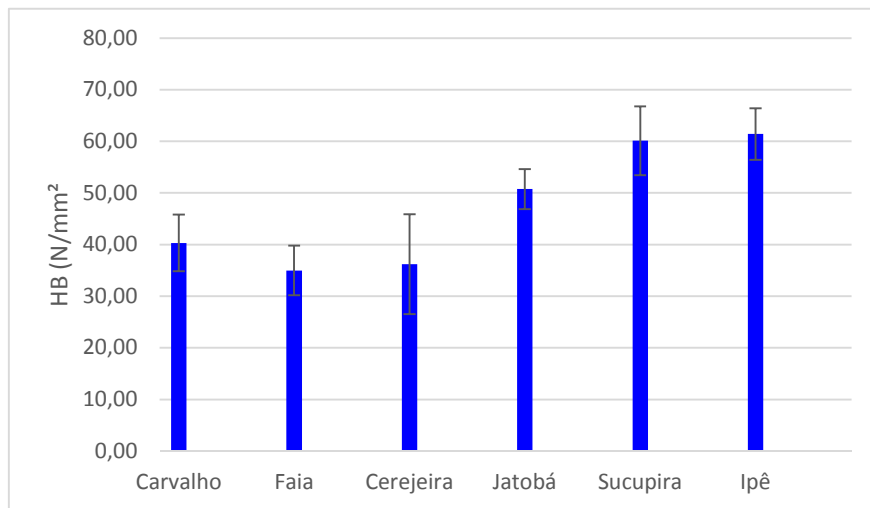


Gráfico 5 - Dureza Brinell a 1,2 m de altura

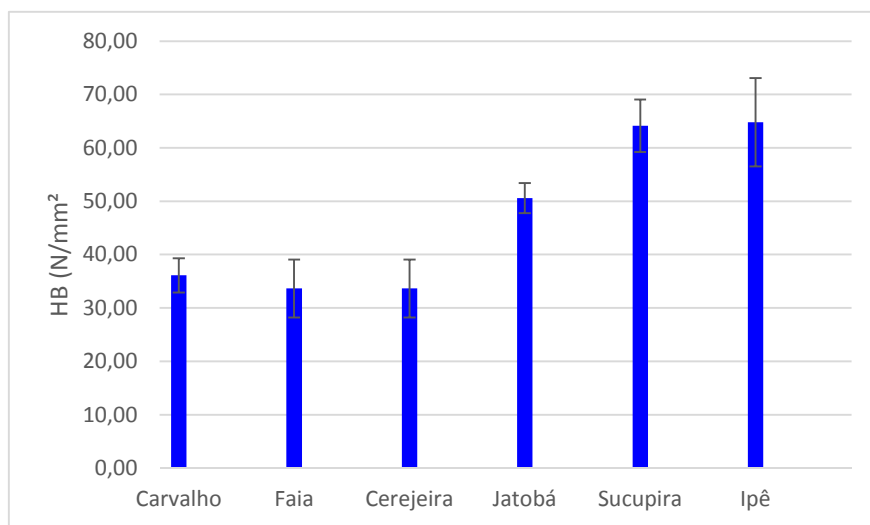


Gráfico 6 - Dureza Brinell a 1,5 m de altura

Os resultados dos ensaios para as três alturas de queda foram muito semelhantes, com pequenas variações de valor, atendendo à pequena variação da altura de queda da esfera de aço.

A dureza das espécies de madeira portuguesa é semelhante entre si, o mesmo acontecendo com as madeiras exóticas. As espécies exóticas apresentam uma dureza de quase o dobro das nacionais, o que é espectável pois estas madeiras são muito apreciadas pela sua dureza e pela sua elevada massa volúmica.

Para se possibilitar a comparação são apresentados no quadro 3 os valores indicados por diversos autores da dureza de Brinell, para as seis espécies de madeira analisadas. Estes resultados e valores dos autores são obtidos sem adaptação do ensaio, ou seja, utilizando a prensa com ponta cónica.

5.5.3. Conclusões do ensaio

A dureza de Brinell para o carvalho tem um valor médio de 37,18 N/mm². A faia tem um valor de dureza de 34,11 N/mm². A cerejeira tem um valor de dureza de 33,31 N/mm². A dureza da espécie de jatobá é de 49,85 N/mm². A sucupira tem uma dureza de 61,09 N/mm². Por ultimo, o ipê obteve uma dureza de 63,00 N/mm². Os valores obtidos nos ensaios diferem dos valores indicados pelos autores referidos no quadro 3, devido às adaptações feitas para a realização do ensaio. Como foi referido atrás, o ensaio foi realizado com o auxílio de uma esfera de aço em queda livre, enquanto que a norma refere que deve ser utilizada uma prensa mecânica com ponta esférica que deve ser penetrada na madeira até se atingir uma certa profundidade.

Amostra	HB (N/mm ²)	Valores ensaiados of12 HB (N/mm ²)	Referência
Carvalho	34,0	37,2	37
	34,0		38
	34,0		39
Faia	34,0	34,1	40
	34,0		41
	27,0-40,0		42
Cerejeira	31,0	33,3	43
	31,0		44
	29,0		45
Jatobá	50,0	49,9	46
	47,0		47
	43,0		48
Sucupira	83,0	61,1	49
	60,0		50
	60,0		51
Ipê	60,5	63,0	52
	59,0		53
	60,5		54

Quadro 3 - Valores de referência da dureza de Brinell (ver anexo A)

5.6. Desgaste

O ensaio de desgaste foi realizado com o objetivo de avaliar a perda de material de cada espécie com vários tipos de acabamentos. Todas as espécies foram ensaiadas com três tipos de acabamentos, nomeadamente verniz, velatura e ao natural (sem acabamento).

Os óleos utilizados foram: OSMO 3062 mat para as madeiras claras e OSMO 3032 para as madeiras escuras (Anexo A3). O verniz utilizado é um Procor Acetinado (Anexo A4).

As amostras foram ensaiadas utilizando dois tipos de superfícies abrasivas com grãos diferentes e com dois ciclos de desgaste, pretendendo simular o desgaste sofrido das peças num revestimento de piso. Foram utilizadas superfícies circulares com lixa de grão 80 (grossa) e lixa de grão 120 (fina). Os ciclos de desgaste foram de 450 (C1), simulando as zonas dos quartos, e de 900 (C2), simulando as zonas de utilização comum.

O equipamento utilizado para a realização do ensaio foi um berbequim (Anexo A2) fixo a uma base com um número de rotações conhecido de modo a perfazer os ciclos pretendidos (figura 69).



Figura 69 - Equipamento de desgaste

5.6.1. Procedimento

1. Aplicaram-se os tipos de acabamento, com duas demãos para o verniz e para o óleo, para cada espécie de madeira;
2. Pesaram-se todas as amostras com o acabamento;
3. Desgastaram-se as amostras com um determinado número de ciclos e com uma determinada superfície abrasiva;
4. Pesaram-se as amostras desgastadas;
5. Tratamento de dados obtidos e cálculo do desgaste das amostras.

Para o cálculo da percentagem de desgaste recorreu-se à seguinte fórmula:

$$\% \text{ de perda} = \frac{m_p}{m_a} * 100 (\%)$$

Sendo:

% de perda – percentagem de massa perdida do provete (%)

m_p – massa perdida do provete (g)

m_a – massa do provete com o acabamento (g)

e:

$$m_p = m_a - m_d (g)$$

Sendo:

mp – massa perdida do provete (g)

ma – massa do provete com o acabamento (g)

md – massa do provete depois de ensaiado (g)

5.6.2. Resultados

Os resultados são apresentados graficamente com a barra azul a representar a lixa grossa (80) e a barra laranja a representar a lixa fina (120).

5.6.2.1. Carvalho

Indicam-se no gráfico 7 os resultados dos valores médios e respetivas variações do ensaio ao desgaste dos provetes de carvalho.

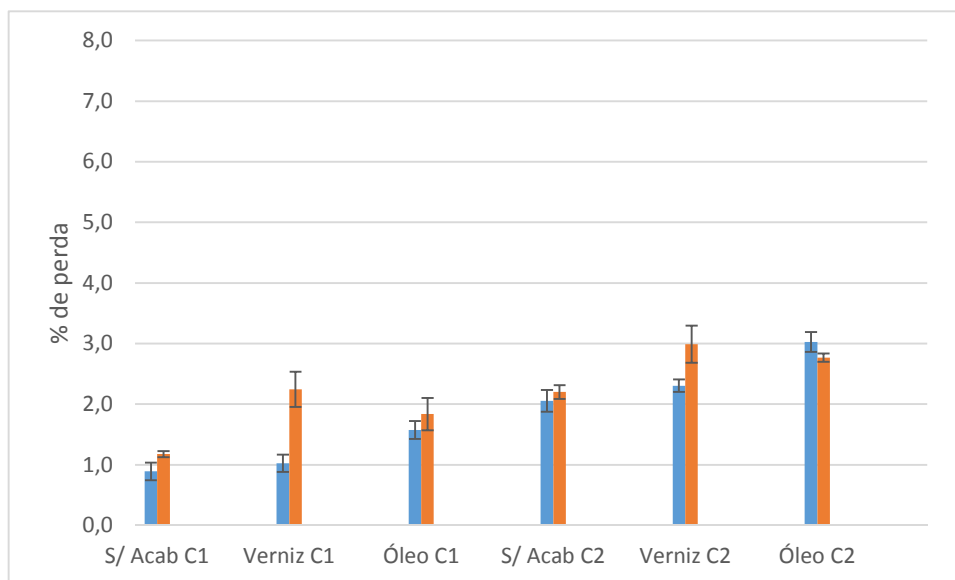


Gráfico 7 - % de perda na madeira de carvalho

Através do gráfico 7 é possível observar alguma dispersão de resultado nos ensaios com verniz, para os dois ciclos de desgaste. A madeira sem acabamento para ciclos longos tem cerca do dobro do desgaste que a madeira sem acabamento para ciclos curtos. O acabamento envernizado apresenta maiores diferenças de valores de desgaste entre a lixa grossa e a lixa fina chegando a ser mais do dobro do desgaste para a lixa fina no ciclo curto. A velatura para ciclos longos tem uma maior percentagem de desgaste para a lixa grossa, o oposto acontece para os ciclos curtos. O maior valor de desgaste registado pertence à amostra com velatura com lixa grossa para ciclos longos, enquanto que, o menor valor pertence às amostras sem acabamento com lixa grossa para ciclos curtos.

As amostras de carvalho ficaram com o aspeto que se apresenta na figura 70.



Figura 70 - Amostras de carvalho desgastadas

5.6.2.2.Faia

Indica-se no gráfico 8 os valores médios e a dispersão de resultados dos provetes de faia ensaiados ao desgaste.

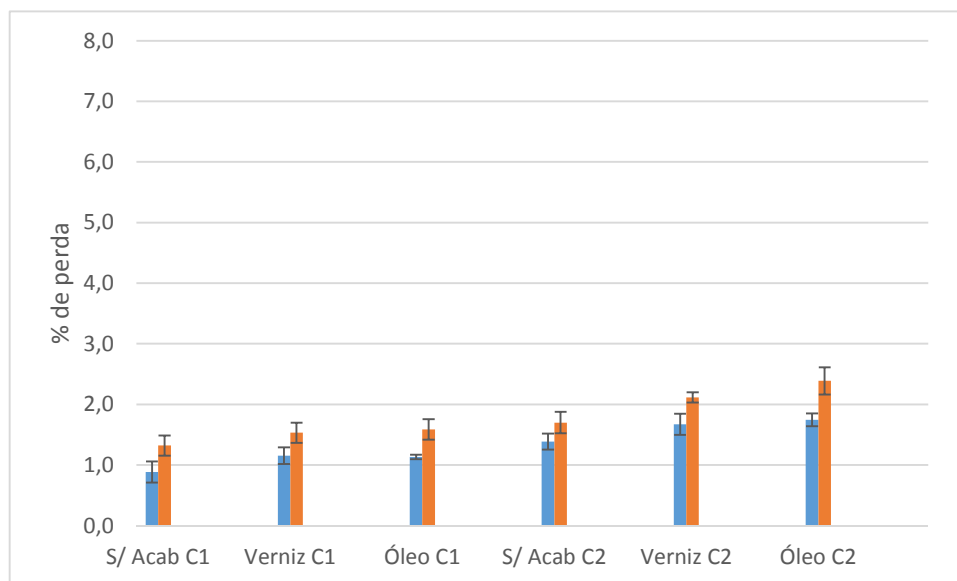


Gráfico 8 - % de perda na madeira de faia

Em todos os ensaios realizados a lixa fina desgastou maior percentagem de madeira que a lixa grossa. Os acabamentos com verniz ou velatura apresentam maior desgaste, em relação à madeira sem acabamento, pelo que do ponto de vista do desgaste não há grande interesse na sua aplicação.

As amostras de faia ficaram com o aspeto que se apresenta na figura 71.



Figura 71 - Amostras de faia desgastadas

5.6.2.3. Cerejeira

No gráfico 9 apresentam-se os resultados médios e respetiva dispersão para os provetes de cerejeira ensaiados ao desgaste.

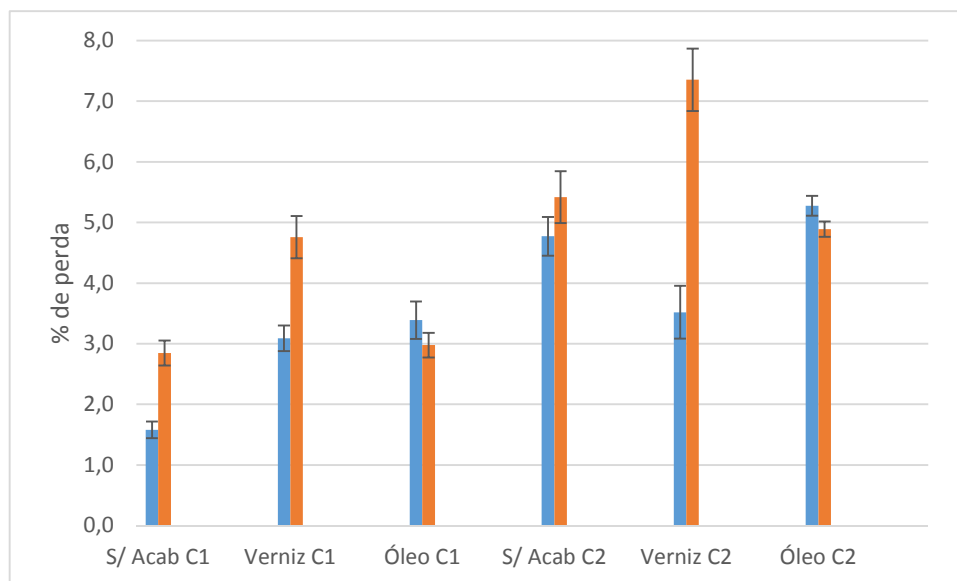


Gráfico 9 - % de perda na madeira de cerejeira

A madeira de cerejeira, comparativamente com todas as outras madeiras ensaiadas, é a que apresenta maiores valores de desgaste. O maior valor de desgaste registado foi das amostras com acabamento envernizado com lixa fina para ciclos longos. O menor valor é das amostras sem acabamento com lixa grossa para ciclos curtos. Não fica evidenciada, do ponto de vista da resistência ao desgaste, a utilidade do acabamento envernizado ou com velatura.

As amostras de cerejeira ficaram com o aspeto que se apresenta na figura 72.

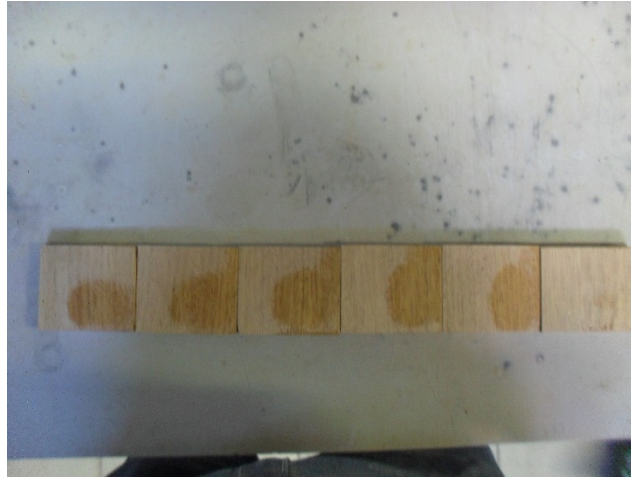


Figura 72 - Amostras de cerejeira desgastadas

5.6.2.4. Jatobá

No gráfico 10 apresentam-se as médias e dispersão de resultados dos provetes de jatobá ensaiados ao desgaste.

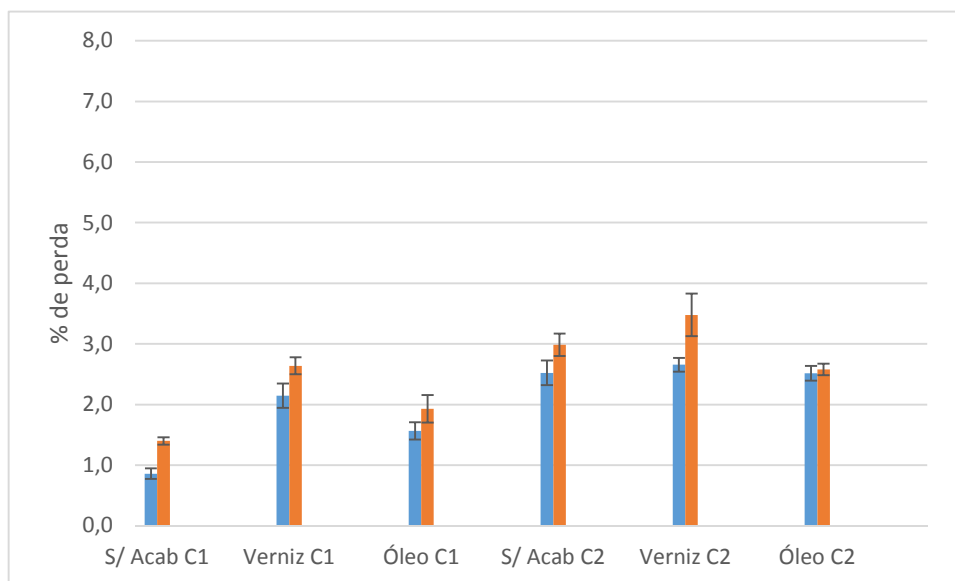


Gráfico 10 - % de perda na madeira de jatobá

A madeira de jatobá sem acabamento apresenta cerca do dobro do valor de desgaste para ciclos longos em relação aos ciclos curtos. O maior valor de desgaste registado foi para as amostras envernizadas com lixa fina para ciclos longos. O menor valor registado é das amostras sem acabamento com lixa grossa para ciclos curtos. Do ponto de vista da resistência ao desgaste, para os ciclos curtos não há grande vantagem na aplicação de verniz ou velatura, para os ciclos longos tal já não é evidente.

As amostras de jatobá ficaram com o aspeto que se apresenta na figura 73.



Figura 73 - Amostras de jatobá desgastadas

5.6.2.5. Sucupira

Apresentam-se no gráfico 11 as médias e dispersão de resultados dos provetes de sucupira ensaiados ao desgaste.

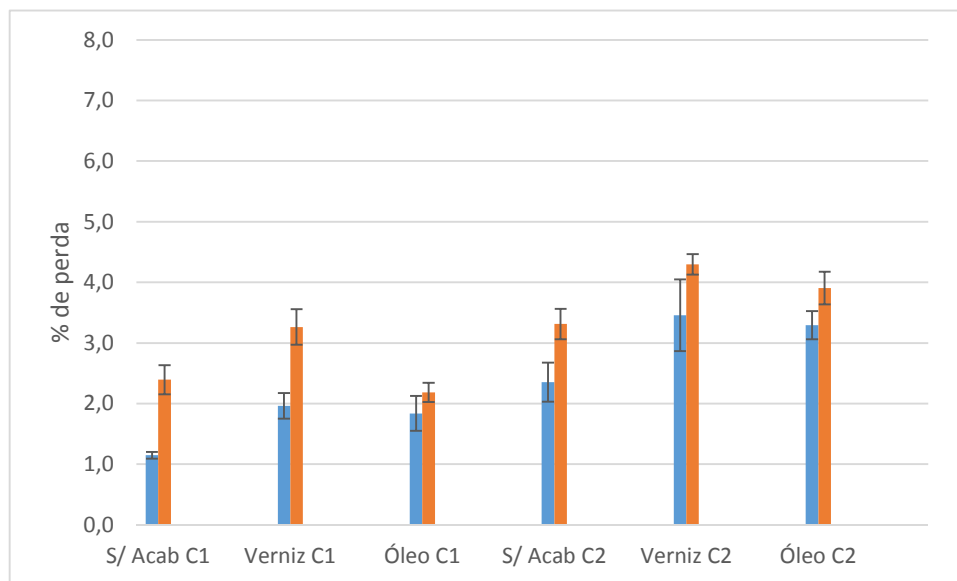


Gráfico 11 - % de perda na madeira de sucupira

Sem acabamento, a diferença de valores de desgaste entre lixas é superior para ciclos curtos e aumenta com o número de ciclos. O mesmo acontece no acabamento envernizado. O maior valor de desgaste registado foi para o acabamento envernizado com lixa fina para ciclos longos. O menor valor de desgaste registado foi para a amostra sem acabamento com lixa grossa para ciclos curtos. Do ponto de vista da resistência ao desgaste, não há grande vantagem na aplicação de verniz ou velatura. Esta última apresenta-se um pouco mais vantajosa em relação ao acabamento envernizado.

As amostras de sucupira ficaram com o aspeto que se apresenta na figura 74.



Figura 74 - Amostras de sucupira desgastadas

5.6.2.6. Ipê

No gráfico 10 apresentam-se os resultados médios e dispersão de resultados dos provetes de ipê ensaiados ao desgaste.

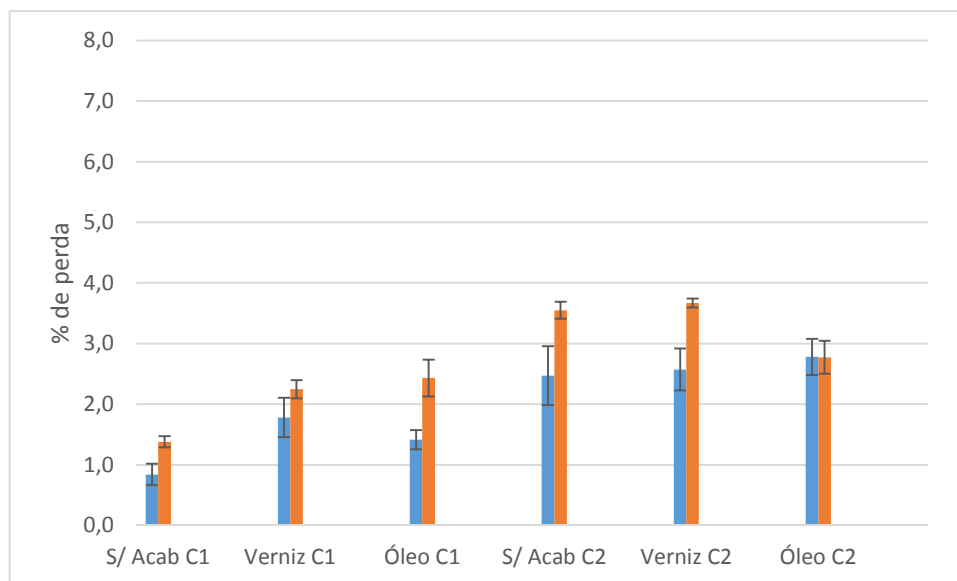


Gráfico 12 - % de perda na madeira de ipê

A madeira de ipê sem acabamento apresenta uma diferença semelhante entre lixas, aumentando com o número de ciclos, o mesmo acontece com o acabamento envernizado. Na velatura, para ciclos curtos existe ma grande diferença entre as lixas, o que não acontece para ciclos longos em que os valores são muito semelhantes. O maior valor de desgaste apresentado é na amostra envernizada desgastada com lixa fina para ciclos

longos. A amostra menos desgastada é a amostra sem acabamento com lixa grossa para ciclos curtos. Do ponto de vista da resistência ao desgaste, não há grande vantagem na aplicação de verniz, havendo alguma vantagem na aplicação do acabamento a velatura.

As amostras de ipê ficaram com o aspeto que se apresenta na figura 75.

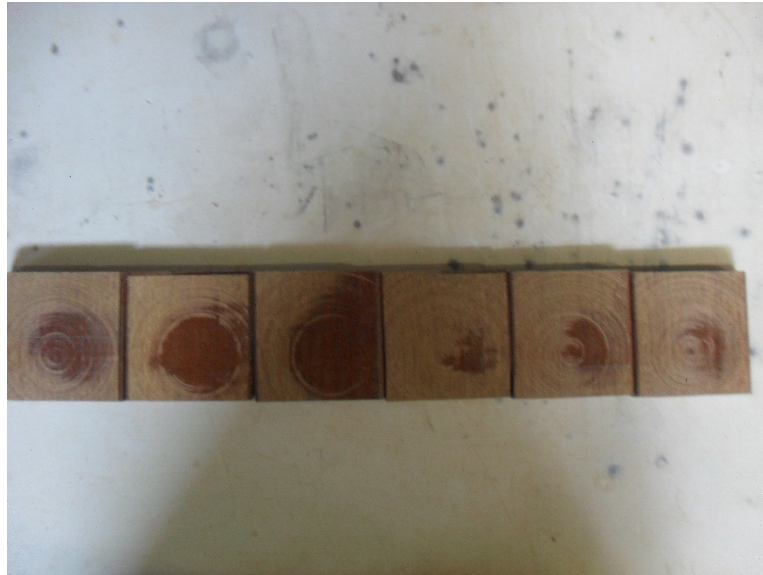


Figura 75 - Amostras de ipê desgastadas

5.6.2.7. Comparação de resultados

Os resultados comparativos entre as seis espécies de madeiras estão representados nos gráficos 13-18 comparando os seis tipos de madeira para cada tipo de acabamento e ciclo utilizado. Esta comparação foi realizada recorrendo aos ensaios com a lixa grossa.

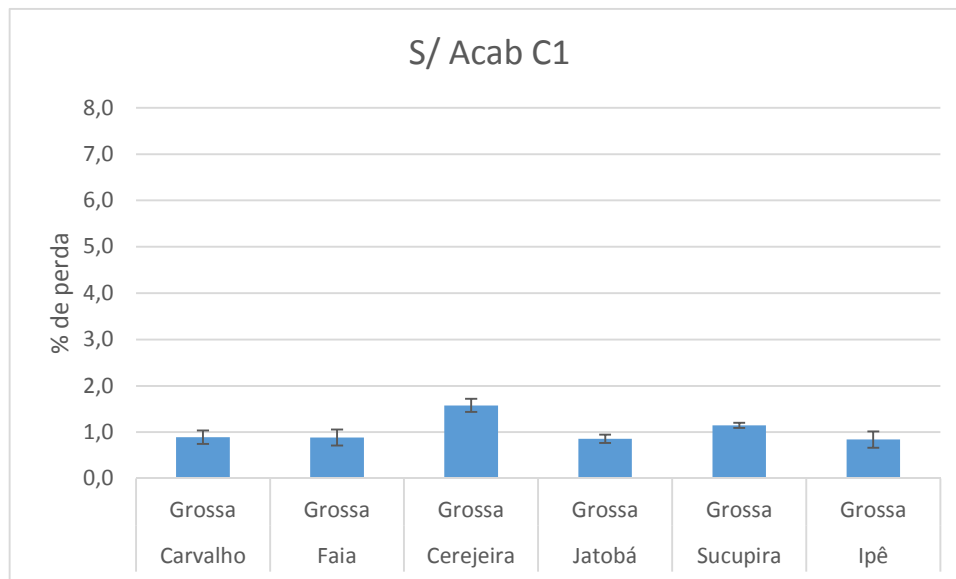


Gráfico 13 - Ensaio sem acabamento C1

Através do gráfico 13 pode-se concluir que a melhor madeira para aplicar em quartos ou zonas de pouca permanência em que não seja aplicado nenhum acabamento é a espécie de ipê. Por outro lado a madeira de cerejeira é a que sofre maior desgaste quando ensaiado para ciclos curtos.

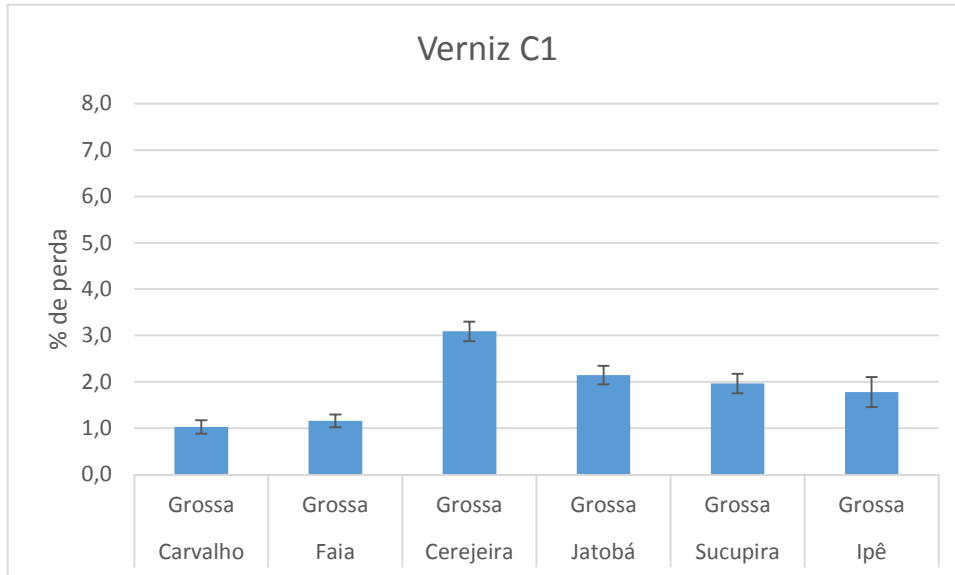


Gráfico 14 - Ensaio com verniz C1

Através do gráfico 14 é possível concluir que para aplicação em zonas de pouca permanência de uma espécie de madeira com acabamento envernizado, a espécie de carvalho é a que apresenta melhor resistência ao desgaste. Por outro lado a madeira de cerejeira apresenta a maior percentagem de desgaste.

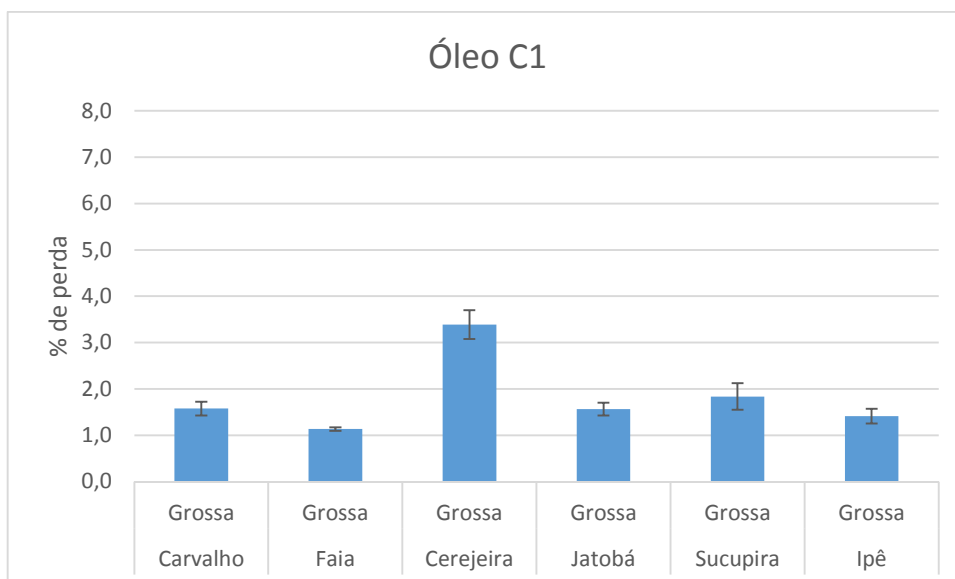


Gráfico 15 - Ensaio com óleo C1

Através do gráfico 15 é possível concluir que se o tipo de revestimento a aplicar for com um acabamento de velatura a espécie de faia é a que apresenta menores percentagens de desgaste para ciclos curtos. A madeira de cerejeira com velatura apresenta os maiores valores de desgaste, logo tem o pior comportamento ao desgaste em zonas de ciclos curtos.

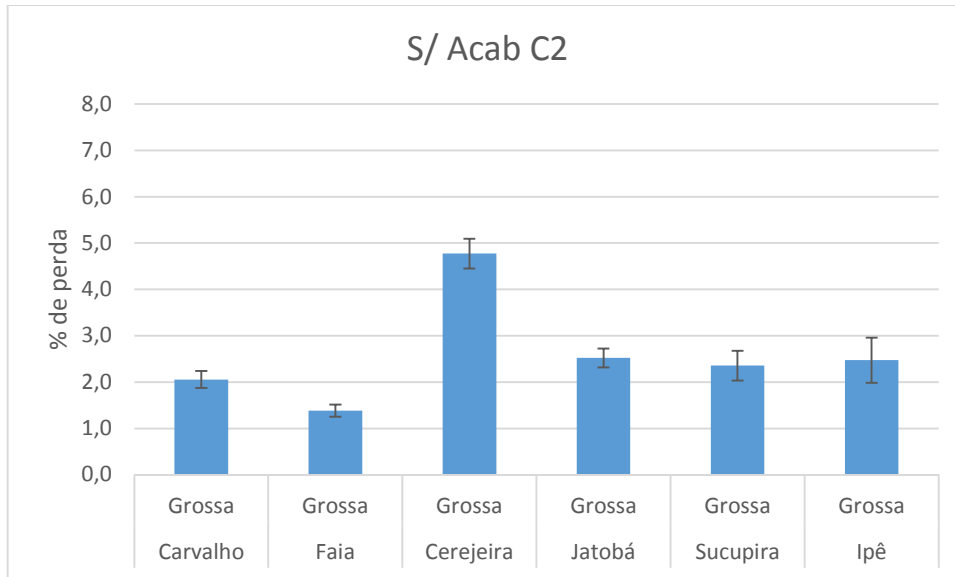


Gráfico 16 - Ensaio sem acabamento C2

Pelo gráfico 16 é possível determinar que a espécie de faia é a que melhor se adequa se o pretendido for a aplicação de uma espécie sem acabamento em zonas de utilização média. Por outro lado, a espécie de cerejeira apresenta os maiores valores de desgaste, não sendo indicada para este tipo de zona.

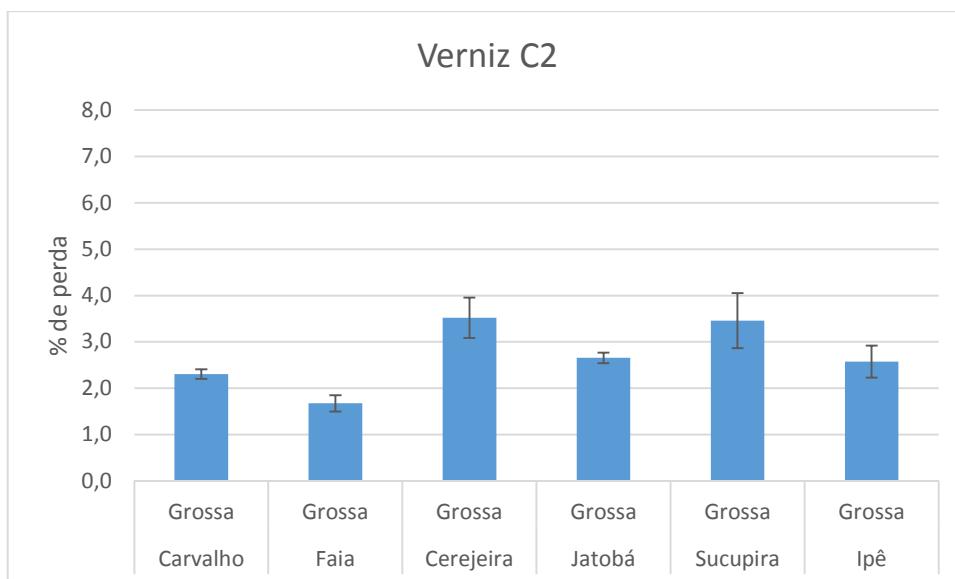


Gráfico 17 - Ensaio com verniz C2

Através do gráfico 17 é possível concluir que a espécie de faia é a que apresenta melhor comportamento ao desgaste quando se pretende um revestimento envernizado para zonas de utilização média. A cerejeira e a sucupira apresentam valores muito semelhantes ao desgaste e são os dois tipos de madeira que apresentam o pior comportamento para a zona em estudo.

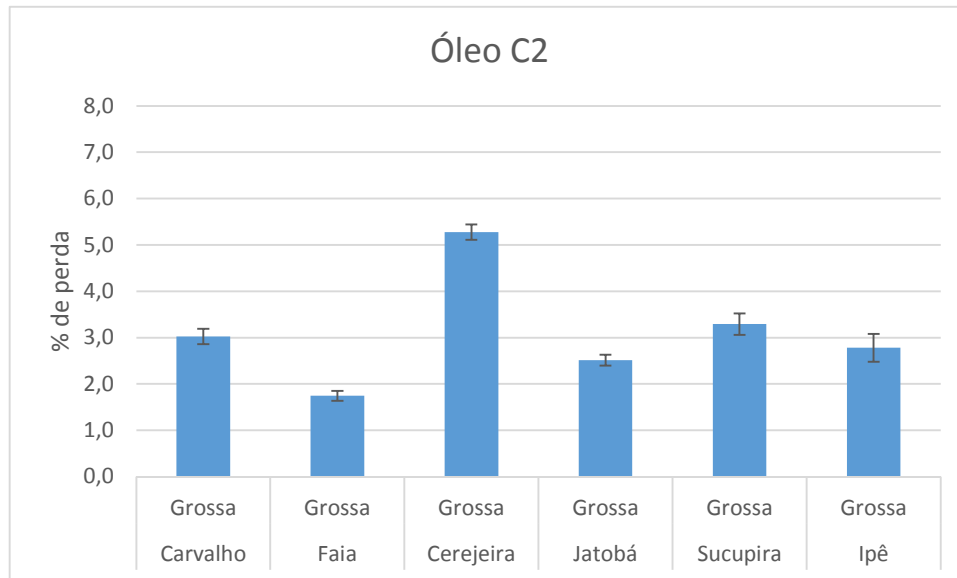


Gráfico 18 - Ensaio com óleo C2

Através do gráfico 18 é possível concluir que a faia é a espécie que apresenta o melhor comportamento quando se pretende um revestimento com velatura para zonas de utilização média. A cerejeira, é a espécie que detém maiores valores de desgaste para este tipo de acabamento e para a zona em estudo, apresentando o pior comportamento entre as espécies em estudo.

5.6.3. Conclusões do ensaio

Todas as espécies apresentam maiores valores de desgaste nas amostras submetidas a ciclos longos, o que é expectável porque o tempo de exposição à superfície abrasiva é superior.

Em quase todos os ensaios efetuados, o desgaste com a lixa fina foi superior ao desgaste com a lixa grossa. Este fato poderá ser explicado pelo maior número de grãos por cm^2 que a lixa fina tem em relação à lixa grossa, o que faz com que esse número de grãos desgaste uma maior massa de madeira num mesmo tempo de exposição.

Os valores das amostras sem acabamento apresentam diferenças entre lixas constantes aumentando com o número de ciclos e apresentam desgastes inferiores aos dos provetes com acabamento.

Ao aplicar um acabamento numa peça de madeira, este reveste a madeira e desgasta-se no lugar desta. A maior percentagem de desgaste apresentada nas amostras com acabamento, comparativamente às amostras sem acabamento, pode ser explicada através da resistência à abrasão dos diferentes tipos de materiais. Como a resistência à abrasão dos acabamentos é inferior à da própria madeira, estes para um mesmo tempo de ciclo perdem desgastam-se mais facilmente, o que explica a maior percentagem de perda nas amostras com acabamento relativamente às amostras sem acabamento.

Através da comparação entre os vários tipos de madeira foi possível determinar qual o tipo de madeira e qual o tipo de acabamento que melhor se adequa a um certo local. A espécie de cerejeira é a espécie que sofre mais desgaste em todos os ensaios realizados, isto não indica que não deve ser utilizada, apenas indica que o seu tempo de vida útil é inferior às restantes estudadas.

6. Conclusões e projetos futuros

6.1. Conclusões

A madeira é um material muito resistente e esteticamente belo quando aplicado corretamente. Através deste trabalho foi possível estudar e observar de perto todas as qualidades e defeitos deste material. A madeira é um material fortemente anisotrópico, tendo de ser aplicada com uma direção definida ou até limitando a sua aplicação em certos casos.

Os seis tipos de madeira estudados neste trabalho são muito utilizados em Portugal, não só nos revestimentos de piso mas também em mobiliário, portas e janelas. Todas as seis espécies se mostraram muito duras, algumas mais que outras e bastante resistentes. A cerejeira é a madeira mais leve e menos resistente e a que necessita de maiores cuidados quando aplicada porque a sua superfície também se desgasta mais.

É o instalador dos revestimentos de piso que tem a tarefa de verificar o estado do substrato, principalmente quando este é uma betonilha de argamassas cimentícias. Uma má cura ou um teor em água elevado que não seja identificado antes da instalação do revestimento pode comprometer a durabilidade do sistema de revestimento. Há ainda que ter em conta as dimensões das peças para que todas encaixem perfeitamente, e a qualidade do material também é importante porque uma peça com defeitos terá uma menor vida útil.

O acabamento é uma etapa importante na aplicação do revestimento de madeira pois vai condicionar a vida útil do sistema. Peças com um acabamento deficiente ficam mais suscetíveis às radiações ultravioleta e a possíveis ataques de xilófagos. Um revestimento de piso que tenha sido atacado por estes agentes, devido a um mau acabamento é em geral é substituído na íntegra, acabando o custo de um revestimento de piso novo por ser muito superior ao custo de um bom acabamento.

Na campanha experimental realizada, relativamente ao ensaio de massa volúmica, foi possível determinar que a madeira de carvalho é a que apresenta maior valor na gama de

madeiras portuguesas, enquanto a cerejeira apresenta o menor valor. Nas madeiras exóticas o ipê é a que apresenta maior massa volúmica das três espécies ensaiadas.

Relativamente ao ensaio da resistência à flexão, a madeira com maior resistência é a de ipê e a de menor resistência é a faia. Todas as madeiras exóticas apresentam resultados de resistência à flexão superiores aos das madeiras nacionais. O ensaio de dureza está diretamente relacionado com a massa volúmica e quanto maior for esta característica maior será a sua dureza. A madeira com maior dureza é a espécie de ipê, por outro lado a que detêm o menor valor de dureza é a cerejeira. Todas as madeiras exóticas apresentam resultados de dureza superiores aos das madeiras nacionais. No ensaio ao desgaste, com ou sem acabamento, a madeira de cerejeira é a que mais se desgasta, por outro lado a madeira de faia é a que tem melhor comportamento na maioria dos casos. Por a madeira de faia apresentar menor massa volúmica e uma menor dureza que as outras espécies, nomeadamente as exóticas, este resultado será algo surpreendente. Tal poderá dever-se a uma maior consolidação em profundidade da madeira devido aos acabamentos conferidos, uma vez que para a situação de sem acabamento superficial, a melhoria de resultados não ser tão evidente. Poderá, por outro lado, ter existido algum fator exógeno favorável aos provetes ensaiados.

O tipo de revestimento pretendido para zonas com pouca circulação em que não seja aplicado nenhum acabamento é a madeira de ipê, com acabamento envernizado é a madeira de carvalho e com acabamento a óleo a faia é a espécie mais indicada.

Para zonas de elevada circulação a faia, de todos os tipos de madeira ensaiados, é a que apresenta o melhor comportamento.

As madeiras são um material intemporal e embora os seus elementos possam ser facilmente substituíveis devem ser bem tratadas e preservadas. Ao contrário dos materiais não naturais utilizados em revestimentos de piso, a madeira é sempre um revestimento impar, porque não existem duas peças iguais. Devido à sua elevada variedade a madeira é um material que se enquadra quase sempre em qualquer espaço desde que a espécie seja bem prescrita.

6.2. Projetos futuros

Como desenvolvimento de um futuro trabalho seria interessante o estudo de decks como revestimento exterior. Neste tipo de revestimento podem ser utilizadas várias espécies de madeira, incluindo as seis estudadas neste trabalho. Podem ainda ser estudados outros três tipos de madeira muito utilizadas em Portugal, nomeadamente o pinho, a nogueira e o choupo. Poderá ser incluído um caso de estudo sobre o comportamento deste tipo de revestimento tanto em obras de reabilitação como de obras novas. Será interessante se possível, realizar o ensaio ao desgaste com equipamento normalizado e comparar com os valores obtidos neste trabalho e com outros autores, podem ainda ser realizados dois ensaios de aferição, nomeadamente da retração e expansão, para melhor compreender as propriedades da madeira e como ela se comporta sob a ação de variações de humidade.

Outro projeto interessante seria fazer um estudo de viabilidade económica dos diversos tipos de revestimentos de piso abordados neste trabalho. Podem ser utilizadas as mesmas espécies ou outras com características semelhantes para aplicação em revestimentos. Há ainda a possibilidade de fazer uma análise comparativa entre a aplicação de um revestimento de piso completamente novo com a reabilitação do revestimento já existente, quais as vantagens, desvantagens e custos associados a cada uma das hipóteses. Para esta hipótese podem ser realizados trabalhos de campo, observando o estado dos revestimentos e avaliando se a reabilitação é ou não mais viável que a substituição total. Normalmente esta análise não é feita e o revestimento é substituído por um novo.

Bibliografia

- [1] QUILHÓ, Teresa, SOUSA, Vicelina, TAVARES, Fátima, PEREIRA, Helena, Bark anatomy and cell size variation in *Quercus Faginea*, artigo de pesquisa, TÚBITAK, Lisboa, 2013.
- [2] Ficha do Carvalho Português, arvores de Portugal, http://arvoresdeportugal.free.fr/IndexArborem/Ficha_Carvalho_portugues_Quercus_faginea.htm, consultado em, maio de 2014.
- [3] ANTÓNIO, Nuno, Ficha do carvalho Português, Naturlink, http://naturlink.sapo.pt/Natureza-e-Ambiente/Fichas-de-Especies/content/Ficha-do-Carvalho-portugues?bl=1&viewall=true#Go_1, consultado em maio de 2014.
- [4] PAFFETII, Donatella, TRAVAGLINI, Davide, BUONAMICI, Anna, NOCENTI, Susanna, VENDRAMIN, Giovanni G., GIANNINI, Raffaello, VETTORI, Cristina, The influence of forest management on beech (*Fagus sylvatica* L.) stand structure and genetic diversity, research article, *Forest Ecology and Management*, volume 284, 15 November 2012, pages 34–44.
- [5] A.M., Ficha da Faia, Naturlink, <http://naturlink.sapo.pt/Natureza-e-Ambiente/Fichas-de-Especies/content/Ficha-da-Faia?bl=1&viewall=true>, consultado em maio de 2014.
- [6] SPRINGMANN, Simeon, ROGERS, Robert, SPIECKER, Heinrich, Impact of artificial pruning on growth and secondary shoot development of wild cherry (*Prunus avium* L.), research article, *Forest Ecology and Management* 261 (2011) 764–769.
- [7] Cerejeira (*Prunus Avium* L.), Florestar, <http://www.florestar.net/cerejeira/cerejeira.html>, consultado em maio de 2014.
- [8] Cerejeiras, tree pictures, http://pt.tree-pictures.com/cherry_tree_pictures.html, consultado em maio de 2014.
- [9] Espécies florestais: Jatobá, conhecendo a madeira, <http://www.ecoecompanhia.com/conhecendoamadeira/jatoba>, consultado em maio de 2014.
- [10] CARVALHO FILHO, J.L.S., ARRIGONI-BLANK, Maria, BLANK, Arie, RANGEL, Maria, Produção de mudas de Jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) em diferentes ambientes, recipientes e composições de substratos, artigo de pesquisa, *cerne*, V.9, N.1, p.109-118, Minas Gerais, Brasil, 2003.
- [11] Jatobá (*Hymenaea courbaril*), http://www.vivaterra.org.br/arvores_nativas_2.htm#jatoba, consultado em maio de 2014.
- [12] OLIVEIRA, J. Bispo, VALLE, N, Carlos, Sucupira: Planta que cura, Artigo apresentado no V Seminário de Pesquisas e TCC da FUG no ano 2013-14 Faculdade União de Goyazes, Trindade, Brasil, 2013.

- [13] Sucupira-do-cerrado, <http://www.florestasnativas.com.br/SUCUPIRA-DO-CERRADO>, consultado em maio de 2014.
- [14] Sucupira-preta (bowdichia virgilioides), Instituto Brasileiro de Florestas, <http://ibflorestas.org.br/loja/sementes/sememente-sucupira-preta.html>, consultado em maio de 2014.
- [15] Sucupira, promap madeiras, <http://www.promapmadeiras.com.br/sucupira.htm>, consultado em maio de 2014.
- [16] FERREIRA, L. CHALUB, D, MAUXFELDT, R., Informativo técnico Rede de Sementes da Amazônia, Ipê-Amarelo, N°5, 2004, ISSN 1679- 8058.
- [17] VAINSENER, Semira Adler, Ipê (árvore), Fundação Joaquim Nabuco, Recife, Brasil, 2009.
- [18] Ipê, Instituto de Pesquisas tecnológicas, São Paulo, Brasil, http://www.ipt.br/informacoes_madeiras/38.htm, consultado em maio de 2014.
- [19] Projeto para plantio de Ipês na serra, Gazeta da cidade, <http://www.gazetadacidade.com/cotidiano/internautas-iniciam-projeto-para-plantio-ipes-na-serra/>, consultado em maio de 2014.
- [20] Coutinho, J., Apontamentos das aulas teóricas de Materiais de Construção I, FEUP, Porto, 1999.
- [21] Trunk, Book, Encyclopaedia Britannica, London, England, 2000, <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/607298/trunk>, consultado em julho de 2014.
- [22] CRUZ, Helena, NUNES, Lina, A Madeira como Material de Construção, Núcleo de Estruturas de madeira, LNEC, Lisboa, 2005.
- [23] Terminologia de madeiras, Especificação E31, LNEC, Lisboa, 1955.
- [24] MORESCHI, J. Carlos, Propriedades da Madeira, Apostila, UFPR, Brasil, Paraná, 4ª Edição, Novembro 2012.
- [25] Spanish Cedar, Designer doors, <http://www.designerdoors.com/gates/wood-selections/>, consultado em julho de 2014.
- [26] MARTINS, Tomás Francisco, Dimensionamento de Estruturas em madeira: Coberturas e Pavimentos, Dissertação de mestrado, IST, Lisboa, Outubro 2010.
- [27] SZÜCS, Carlos, TEREZO, Rodrigo, VALLE, Ângela, MORAES, Poliana, Sebenta de Estruturas de madeira, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil, Lorianópolis, Setembro 2008.
- [28] PINA, Carlos; MATIAS, Luís, ITE 50 - Coeficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios, Publicação, LNEC, Lisboa 2006.
- [29] A importância da secagem, Catálogo, JULAR, Julho 2009.

- [30] KLITZKE, Ricardo J., Curso de secagem da madeira, MODULO 01, DETF/UFPR, Paraná, Brasil, 2005.
- [31] Green, D. W., Wood Handbook - Wood as an engineering material. Forest Products Laboratory, 1999.
- [32] Realização de betonilhas para assentamento de pavimentos, caderno técnico, Mapei, Lisboa, 2012.
- [33] COUTO, João, MOREIRA, Nelson, Caracterização e Exigências Funcionais dos Massames e Argamassas de Regularização, congresso, Universidade do Minho, 2007.
- [34] Traverk Outdoor, Archi products, <http://www.archiproducts.com/pt/produtos/84188/treverk-revestimento-de-pisos-paredes-com-efeito-madeira-para-exterior-treverk-outdoor-marazzi.html>, consultado em agosto de 2014.
- [35] NASCIMENTO, J. Martins, Exigências funcionais de revestimentos de piso, LNEC, Lisboa, 1984.
- [36] Técnicas de aplicação de soalho, catálogo técnico, Jular, 2010.
- [37] Pavimento Carvalho Roussillon, Pavimentos Flutuantes, <http://pavimentos-flutuantes.com/pavimentos/pavimentos-interiores/flutuantes-laminados/balterio/pavimentos-balterio-grandeur/soalho-laminado-balterio-carvalho-roussillon.html>, consultado em julho de 2014.
- [38] Wood structural panel, Archi expo, <http://www.archiexpo.com/prod/timbory/structural-glued-wood-panels-three-layer-84240-953264.html>, consultado em julho de 2014.
- [39] Instruções de instalação e manutenção, Erg pavimentos em madeira, <http://erg.pt/instrucoes-de-uso/>, consultado em julho de 2014.
- [40] Trabalhos de carpintaria em moradia de raiz, building fix, <http://buildingfix.wordpress.com/2012/04/26/trabalhos-de-carpintaria-em-moradia-de-raiz/>, consultado em julho de 2014.
- [41] Solução acústica para reabilitação de pavimentos, cutnoise, <http://www.cutnoise.pt/produtos.asp>, consultado em julho de 2014.
- [42] Soalho maciço para piso pronto, sonotto, <http://www.sonotto.com.br/produto/?idP=62>, consultado em agosto de 2014.
- [43] Taco, Jular, http://www.jular.pt/conteudos.php?lang=pt&id_menu=233, consultado em maio de 2014.
- [44] Desenhos gráficos, Indusparquet, <http://www.indusparquet.com.br/linha-tradicional/taco-de-madeira>, consultado em julho de 2014.
- [45] Parquet, Catálogo técnico, Sincol, 2003.
- [46] Lamparquet, Jular, http://www.jular.pt/conteudos.php?lang=pt&id_menu=232, consultado em maio de 2014.

- [47] Lamparquet, Mr.Wood, <http://www.mr-wood.it/lamparquet/54-lamparquet-teak-asia>, consultado em agosto de 2014.
- [48] Instalação de pavimentos em madeira maciça, Catálogo técnico Jular, 2010.
- [49] GALINA, Inês, TAKESHITA, Saly, ANDRADE, Ariel, JANKOWSKY, Ivaldo, LIMA, Julianne, ALMEIDA, Natalie, OLIVEIRA, Winter, Instalação de pisos em madeira, ANPM, São Paulo, Brasil, 2013.
- [50] Instalação de piso maciço estruturado em madeira método colagem, Scandian wood floors.
- [51] Instalação de piso maciço estruturado em madeira método grampeamento, Scandian wood floors.
- [52] QUOIRIN, Nilton, Diagnóstico de defeitos em madeira por tomografia de raios x, dissertação de mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil, 2004.
- [53] BOM, Pedro, Curso de engenharia industrial da madeira: Estrutura da madeira, sebenta, Centro universitário de União da Vitória, União da vitória, Brasil, 2011.
- [54] Know your knot anatomy, wood magazine, <http://www.woodmagazine.com/woodworking-tips/techniques/skills/working-with-wood-knots/>, consultado em agosto de 2014.
- [55] Crack of wood, cadnav, <http://www.cadnav.com/texture-maps/Crack-texture.html>, consultado em agosto de 2014.
- [56] CRUZ, Helena, Patologia, avaliação e conservação de estruturas de madeira, congresso, LNEC, Lisboa, 2001.
- [57] FRANCO, Sónia, Proposta de atribuição de propriedades mecânicas a elementos estruturais de madeira por inspeção visual “in situ”, dissertação de mestrado, FEUP, Porto, 2008.
- [58] CARVALHO, Albino, Madeiras portuguesas. Vol 1: estrutura anatómica, propriedades, utilizações, livro, Instituto florestal, 1996.
- [58] PINTO, Edna, JUNIOR, Carlito, Comportamento da madeira exposta ao fogo, revista, Revista da madeira, edição nº 128, Agosto de 2011.
- [60] Tight gum veins/Gum pockets, ryan and macnulty, <http://www.ryanandmacnulty.com.au/whatisfeature>, consultado em agosto de 2014.
- [61] Características intrínsecas da madeira, revista, Revista da madeira, edição nº 59, Setembro de 2001.
- [62] ANASTÁCIO, Ricardo, Especificação de proteção fogo para estruturas de madeira, dissertação de mestrado, FEUP, Porto, 2010.
- [63] Principais agentes deterioradores da madeira, revista, Revista da madeira, edição nº 134, Março de 2013.

[64] MENDES, Alfredo, ALVES, Marcus, A degradação da madeira e sua preservação, publicação, Instituto brasileiro de desenvolvimento florestal, Brasília, Brasil, 1988.

[65] MORESCHI, João, Biodegradação da Madeira, publicação, UFPR, Paraná, Brasil, 2011.

[66] Distinctive Wood Floors by Charles Peterson, cp wood floors, <http://cpwoodfloors.com/services/sanding-finishing/refinishing/>, consultado em agosto de 2014.

[67] Treatments for drywood termites, Perrys termite, <http://www.perrysTermite.com/treatmenttypes.html>, consultado em agosto de 2014.

[68] HENRIQUES, Dulce, A madeira e seus derivados, folhas de apoio à disciplina de materiais de construção II, ISEL, Lisboa, 2005.

[69] EN, NP. 335-1, Durabilidade da madeira e de produtos derivados. “Definição das classes de risco de ataque biológico, Parte 2, LNEC, Lisboa, 1994.

[70] NP 614:1973 – “Madeiras – Determinação do teor em água”

[71] NP 616:1973 – “Madeiras – Determinação da massa volúmica”

[72] EN 408:2003 – “Structural timber and glued laminated timber – Determination of some physical and mechanical properties – Determination of bending strength”

[73] EN 1534: 2000 – “Wood and parquet flooring – Determination of resistance to indentation (Brinell) – Test method”

[74] SEAL, Jann, Modelos de piso de madeira do início da Era Vitoriana, http://www.ehow.com.br/modelos-pisos-madeira-vitoriana-info_35055/, Consultado em maio de 2014.

Anexos

A1 – Valores de referência de outros autores

Massa volúmica

CARVALHO

1. KNAPIC, Sofia, LOUZADA, José, PEREIRA, Helena, Variation in wood density components within and between *Quercus faginea* trees, artigo de pesquisa, Centro de Estudos Florestais, Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2011.
2. Weight of various wood types, simetric, http://www.simetric.co.uk/si_wood.htm, consultado em agosto de 2014.
3. Wood densities, The engineering toolbox, http://www.engineeringtoolbox.com/wood-density-d_40.html, consultado em agosto de 2014.

FAIA

4. European beech, the wood database, <http://www.wood-database.com/lumber-identification/hardwoods/european-beech/>, consultado em agosto de 2014.
5. Fagus sylvatica, britton timbers, <http://www.brittontimbers.com.au/timber/european-beech>, consultado em agosto de 2014.
6. PÖHLER, Evelyn , KLINGNER, Raoul, KÜNNIGER, Tina, Beech (Fagus sylvatica L.) – Technological properties, adhesion behaviour and colour stability with and without coatings of the red heartwood, artigo de pesquisa, EMPA, Swiss Federal Laboratories for Materials Testing and Research, Wood Laboratory, Dübendorf, Suíça, 2005.

CEREJEIRA

7. Sweet cherry, the wood database, <http://www.wood-database.com/lumber-identification/hardwoods/sweet-cherry/>, consultado em agosto de 2014.

8. Europeia cherry, technology student, <http://www.technologystudent.com/rmflsh1/cherry1.html>, consultado em agosto de 2014.
9. Prunus avium, the wood explorer, <http://www.thewoodexplorer.com/onlinedbf/maindata/we980.html>, consultado em agosto de 2014.

Jatobá

10. Hymenea courbaril, the wood database, <http://www.wood-database.com/lumber-identification/hardwoods/jatoba/>, consultado em agosto de 2014.
11. Jatobá, bailey wood products, http://www.baileywp.com/html/brazilian_cherry.html, consultado em agosto de 2014.
12. Hymenea courbaril, rex lumber, <http://www.rexlumber.com/lumber/species/jatoba>, consultado em agosto de 2014.

Sucupira

13. Bowdichia virgiloides, global species, <http://www.globalspecies.org/ntaxa/773490>, consultado em agosto 2014.
14. Sucupira, castro e filhos, <http://www.castroefilhos.pt/produtos/brasileiras/sucupira.pdf>, consultado em agosto de 2014.
15. Sucupira, africa parquet, http://www.africaparquet.com/ita/tr_maxi.htm, consultado em agosto de 2014.

Ipé

16. Ipé, the wood data base, <http://www.wood-database.com/lumber-identification/hardwoods/ipe/>, consultado em agosto de 2014.
17. Ipé, castro e filhos, <http://www.castroefilhos.pt/produtos/brasileiras/ipe.pdf>, consultado em agosto de 2014.

18. Wood type, catálogo técnico, cora parquet, Vicenza, Italy.

Flexão

Carvalho

19. RAMOS, Sofia, Caracterização das propriedades mecânicas e durabilidade biológica da madeira de *Quercus faginea*, dissertação de mestrado, Instituto superior de agronomia, Lisboa, 2009.
20. Europena Oak, Mat base, <http://www.matbase.com/material-categories/composites/polymer-matrix-composites-pmc/wood/class-2-wood-durable/material-properties-of-european-oak-wood.html>, consultado em agosto de 2014.
21. European Oak, europena wood japan, <http://jp.europeanwood.org/en/living-with-wood/selected-european-wood-species/european-oak/>, consultado em agosto de 2014.

Faia

22. PÖHLER, Evelyn , KLINGNER, Raoul, KÜNNIGER, Tina, Beech (*Fagus sylvatica* L.) – Technological properties, adhesion behaviour and colour stability with and without coatings of the red heartwood, artigo de pesquisa, EMPA, Swiss Federal Laboratories for Materials Testing and Research, Wood Laboratory, Dübendorf, Suíça, 2005.
23. TODOROVIĆ, Nebojša, POPADIĆ, Ranko, POPOVIĆ, Zdravko, ĐUKIĆ, Uroš, BENDING STRENGTH AND MODULUS OF ELASTICITY OF THERMALLY MODIFIED BEECH WOOD, artigo de pesquisa, University of Belgrade, Faculty of Forestry, Belgrado, Servia.

Cerejeira

24. Cherry, romea legnami spa, <http://www.romealegnami.com/index.php?area=3&menu=14&CTLGIDC=3&CTLGIDP=71>, consultado em agosto de 2014.
25. European cherry, vallsfusta, http://www.vallsfusta.es/cn/productos/especies/en_european_cherry.html, consultado em agosto de 2014.

26. Guide to Irish hardwoods, coford, catálogo técnico, Dublin, Ireland, 2004.

Jatobá

27. Jatobá hardwood, maderas sostenibles sa, http://www.nicaraguahardwoods.com/hardwood_timber_products/jatoba.shtml, consultado em agosto de 2014.
28. Jatobá, central american export, <http://www.central-america-export.com/jatoba.php>, consultado em agosto de 2014.

Sucupira

29. Sucupira, veneer compendium, <http://www1.rohol.at/rohol/txt/e/fk/index2.php?lang=&page=fk&site=detail&id=76&startdet=101>, consultado em agosto de 2014.
30. Sucupira preta, tropix: CIRAD, http://www.floodepotinc.com/data_sheets/sucupira.pdf, consultado em agosto de 2014.
31. Sucupira, gaba, http://gaba-timber.com/timber-catalog/detail/6-gaba-timber-import-a-export--sustainable-timber-catalog/flypage_images/22-sucupira.html?sef=hcfp, consultado em agosto de 2014.

Ipê

32. Ipê, ipê wood, <http://www.ipe-wood.com/tech.html.htm>, consultado em agosto de 2014.
33. Iron woods ipe, timber holdings: iron woods, <http://ironwoods.com/products/our-species/ipe/>, consultado em agosto de 2014.
34. Ipe wood, ipe deck brazil, <http://www.ipedeckbrazil.com/Ipe-specs.html>, consultado em agosto de 2014.

Dureza de Brinell

Carvalho

35. European Oak, european wood japan, <http://jp.europeanwood.org/en/living-with-wood/selected-european-wood-species/european-oak/>, consultado em agosto de 2014.
36. Oak, Frey amon, <http://www.frey-amon.at/en/pages/holzhandel-oak-1.aspx>, consultado em agosto de 2014.
37. European Oak, cora parquet, <http://www.coraparquet.com/products/our-lines/patterns>, consultado em agosto de 2014.

Faia

38. Beech (Fagus sylvatica), Pollmeier, http://european-beech.pollmeier.com/us/sites/beech_characteristics/beech_characteristics.phpm, consultado em agosto de 2014.
39. Beech (Fagus sylvática), european wood japan, <http://jp.europeanwood.org/en/living-with-wood/selected-european-wood-species/beech/>, consultado em agosto de 2014.
40. Beech, upofloor hardwood floors, http://parketti.upofloor.fi/en/pages/floor_facts/wood_species/beech/, consultado em agosto de 2014.

Cerejeira

41. Cherry, la valvaraita legnami, http://www.valvaraita.com/en/essenze_dettaglio.php?tipo=ciliegio, consultado em agosto de 2014.
42. Cherry: Prunus avium, Frey amon, <http://www.frey-amon.at/en/pages/holzhandel-cherry-18.aspx>, consultado em agosto de 2014.

43. Features of wood species, florian parchetti,
http://www.florian.it/uk/index.php?option=com_content&view=article&id=42&Itemid=74, consultado em agosto de 2014.

Jatobá

44. Solid hardwood flooring, junckers,
<http://junckers.techinfo.wp.dk/PDF/B50uk.pdf>, consultado em agosto de 2014.
45. Jatobá, archi expo, <http://pdf.archiexpo.com/pdf/boen-parkett/jatoba/54633-16822.html>, consultado em agosto de 2014.
46. Jatobá, boen, <http://www.boen.com/Products/Hardwood-Floors/Beautiful-Shades-Dark-Floors/Jatoba>, consultado em agosto de 2014.

Sucupira

47. Sucupira, gabarro, <http://www.gabarro.com/en/sawn-wood/tropical-lumber/sucupira4/sucupira-fas-sharp-edge-drying-kiln/>, consultado em agosto de 2014.
48. Adler Fertingparkett and hardwood selection, adler fertingparkett,
<http://www.adlerparkett.com/english/woods-and-grades/hardwoods/index.html>, consultado em agosto de 2014.
49. Wood types, Montreal flooring,
http://montrealplancher.ca/?page_id=26&lang=en, consultado em agosto de 2014.

Ipé

50. Ipé, cora parquet, <http://www.coraparquet.com/our-products/outdoor-flooring>, consultado em agosto de 2014.

51. Ipé (tabebuia spp.), wood trend, <http://www.woodtrend.co.uk/TECHNICAL-IPE-CLADDING>, consultado em agosto de 2014.

52. Ipé, parquet design, <http://www.parquetdesign.ge/en/outdoor/item/5-ipe.html>, consultado em agosto de 2014.



A2 – Ficha técnica berbequim Modelo SBR 630

BERBEQUIM DE PERCUSSÃO

Modelo: SBE 630 R

Características

- Motor potente e compacto de 630 W
- Design compacto e ergonómico para um excelente conforto de utilização
- Controlo de velocidade variável com reversibilidade
- Paragem de Percussão para furação em madeira e metal
- Bucha de cremalheira de 13 mm

Dados Técnicos

- Potência de entrada - 630 W
- Potência de saída - 315 W
- Velocidade em vazio - 0-2800 rpm
- Perfuração em betão/aço/madeira - 15/13/30mm
- Torque máximo - 23 Nm
- Bucha - 1,5-13 mm
- Peso - 1,7 kg

Equipamento Standard – Mala de transporte, punho lateral e guia de profundidade metálica



TAMBÉM DISPONÍVEL COM: Com bucha de cremalheira

Nº Cat. SBE 630 R Nº Artigo. 4935 4127 99 Versão. 220-240 V Nº EAN. 4002395192571
Nº Cat. SBE 630 com bucha de cremalheira Nº Artigo. 4935 4150 37 Versão. 220-240 V Nº EAN. 4002395193042



Osmo Australia



Osmo Polyx Hardwax Oil (3032 satin & 3062 matt)

Application Instructions

Osmo Polyx Oil is a concentrated product combining both natural oils and waxes. When applied correctly it will produce a durable, highly water resistance surface on timber floors and furniture.

Preparation

A new floor should be sanded through the grits up to 120-150 grit. Carefully clean all sanding dust off the surface with a vacuum cleaner.

Penetration on resinous or oily timbers like Cypress, Tallowwood or Merbau can be improved by sanding no finer than 100 grit, and cleaning with Osmo Brush Cleaner & Thinner before coating. Rub the floor down with a rag soaked in the thinners and leave to dry completely. When coating difficult timbers, it may be worth carrying out a small test application before treating the whole area. Usually recycled timbers are not as high in resins as new timbers.

Application

Stir well before using.

The easiest way to apply Polyx Oil correctly is with the Osmo Floor Brush. The short, stiff pile of the brush aids the correct thin application. Do not load the brush heavily and brush the Polyx Oil out well for a thin coat. Finish each area by lightly evening out the finish in the grain direction with the unloaded brush.

Polyx Oil can be also be applied with a short pile roller. Osmo make a high quality 3mm pile micro-fibre roller which gives an excellent result. Make sure not to load the roller too heavily with finish and spread the Polyx Oil out for a thin, even coat. Even out each area by gently rolling the unloaded roller across the surface with the grain direction.

The recommended coverage of 24 sqm per litre (one coat) should be followed. If you apply Polyx Oil too thickly, the surface will not dry evenly and the finish may be softer. For furniture, or the corners of rooms, a rag or brush can also be used for application.

Allow first coat to dry for 8-10 hours minimum in good drying conditions. Insufficient ventilation, low room temperatures or high air humidity may increase the drying time. High moisture content in the timber will also slow down drying. Drying times are calculated at 20 deg. C and below 50% humidity. After the first coat is dry it is optional to sand lightly with 320 grit sandpaper or cut back with a white or beige pad before re-coating. Ensure all dust is removed.

Apply the second coat the same way as the first. It is fine to walk on the surface the next day. The finish will not fully harden for 10-14 days so extra care should be taken in this initial period.

For a higher sheen, the floor can be polished with Osmo Liquid Wax Cleaner. See Maintenance Sheet for application instructions.



A4 – Ficha técnica verniz Procor Acetinado

VERNIZ PROCOR ACETINADO 2010**TIPO**

Verniz, altos sólidos, baseado em resinas alquídicas especiais e pigmentos de elevada resistência à luz e intempérie associados a aditivos que lhe conferem poderosa acção fungicida.

PRINCIPAIS PROPRIEDADES

Aplicação fácil, excelente flexibilidade, que lhe permite suportar as dilatações e contracções da madeira sem estalamentos ou fissuras, elevada resistência no exterior e extraordinárias características preservantes e conservantes.

UTILIZAÇÃO

O Verniz Procor Acetinado é um verniz especialmente concebido para a coloração e protecção da madeira.

PROCESSO DE APLICAÇÃO

O Verniz PROCOR deve ser bem agitado antes e durante a aplicação para se garantir uma cor uniforme; pode aplicar-se à Trincha, Rolo, Pincel ou Imersão.

Aplicar 1-2 demãos (3 demãos apenas em exteriores) sempre diluídas com 5 % Diluição, directamente sobre a madeira limpa, seca e isentas de poeiras ou gorduras. Sobre madeiras velhas devem ser removidos quaisquer restos de películas de vernizes ou tintas para que a infiltração se faça convenientemente.

Devido aos seus Altos Sólidos este Verniz deve ser muito bem estendido em cada demão, de forma a evitar excessos de espessura iniciais, reduzir custos de aplicação e evitar atrasos na secagem.

O intervalo inter-demãos deve ser, no mínimo, de 24 horas.



Agitar



5 % diluente



Ev. Solventes



24 h

Diluentes: Diluente Procor (c/ baixo odor – recomendado para interiores) ou Sintético.

CARACTERÍSTICAS DO PRODUTO (Incolor)

Aspecto:	Líquido.
Brilho:	Acetinado.
Cor:	Incolor (quando se pretender apenas protecção) e 6 Cores (carvalho, castanho, ébano, mogno, nogueira e teca).
Teor em Sólidos:	59,0 ± 2,5 % (Peso/ Volume)
Densidade, 20° C:	0,960± 0,020 Kg/l
Viscosidade, 20°C:	70±5" Cf4
Rendimento:	12-14 m ² /demão
Ponto Inflamação:	43± 2 °C
Teor máximo COV's:	394,3 g/l (aplicação) ; Valor limite da UE (cat. Afe): 400 g/l (2010)
Estabilidade:	6 Meses, em embalagens de origem, cheias e bem fechadas.

ROTULAGEM E CLASSIFICAÇÃO (67/548/EEC, 2001/59/CE e 1999/45/CE, 2001/60/CE)

Riscos de Incêndio

Símbolos/Frases: na / Inflamável .

Riscos para a Saúde:

Símbolos/Frases: na / Pode provocar secura da pele ou fissuras, por exposição repetida. Pode provocar sonolência e vertigens por inalação dos vapores. Nocivo para os organismos aquáticos, podendo causar efeitos nefastos a longo prazo no ambiente aquático. Manter fora do alcance das crianças. Evitar o contacto com a pele e os olhos. Utilizar somente em locais bem ventilados. Não deitar os resíduos no esgoto. Pode desencadear uma reacção alérgica.

TRANSPORTE

Precauções:	Transportar à pressão normal e temperaturas abaixo dos 60 °C.
N.º ONU	UN 1263
ADR/RID:	Classe 3, III
IMDG/IATA/ICAO:	Classe 3, III

As informações contidas neste folheto técnico, têm um valor meramente orientativo pois foram obtidas em condições específicas bem determinadas. Dadas as inúmeras condicionantes que intervêm na aplicabilidade industrial, já que este não se encontra dentro do nosso controlo, aconselhamos um ensaio prévio antes da sua utilização. Para mais informações, os N.º Serviços Técnicos estão à V.ª inteira disponibilidade.

DTL/ Abril 2010 - 01

Recomendado para utilização profissional