

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA - CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

AVALIAÇÃO DA ABRASÃO DE PISOS RESIDENCIAIS POR MEIO DE ABRASÍMETRO
COM PLATAFORMA ROTATIVA

por

Alexandre Brandt

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Mecânica da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Engenheiro Mecânico.

Porto Alegre, dezembro de 2019

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO

Brandt, Alexandre
AVALIAÇÃO DA ABRASÃO DE PISOS RESIDENCIAIS POR MEIO
DE ABRASÍMETRO COM PLATAFORMA ROTATIVA / Alexandre
Brandt. -- 2019.
22 f.
Orientador: Patric Daniel Neis.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de
Engenharia, Curso de Engenharia Mecânica, Porto
Alegre, BR-RS, 2019.

1. piso parquet. 2. piso laminado. 3. piso
vinílico. 4. abrasímetro Taber. I. Neis, Patric
Daniel, orient. II. Título.

Alexandre Brandt

AVALIAÇÃO DA ABRASÃO DE PISOS RESIDENCIAIS POR MEIO DE ABRASÍMETRO
COM PLATAFORMA ROTATIVA

ESTA MONOGRAFIA FOI JULGADA ADEQUADA COMO PARTE DOS
REQUISITOS PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
ENGENHEIRO MECÂNICO
APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELA BANCA EXAMINADORA DO
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Prof. Mario Roland Sobczyk Sobrinho
Coordenador do Curso de Engenharia Mecânica

Área de concentração: Processos de Fabricação

Orientador: Prof. Patric Daniel Neis

Comissão de Avaliação:

Prof. Patric Daniel Neis

Prof. Ney Francisco Ferreira

Prof. Fabiano Disconzi Wildner

Porto Alegre, dezembro de 2019.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, Izalete e Leotecate, por todo auxílio, tanto moral quanto financeiro, que deram suporte a minha vida até o momento, e que carregarei o carinho por eles sempre.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA - CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO – 2019

**Avaliação da Abrasão de Pisos Residenciais por meio de Abrasímetro com
Plataforma Rotativa**

Brandt, Alexandre

brandtalexandre@hotmail.com

Resumo. *Este trabalho tem como objetivo analisar o comportamento de pisos residenciais de madeira maciça (Garapeira e Cumaru), vinílico e laminado, avaliando sua abrasividade por meio de um abrasímetro com plataforma rotativa, da marca Taber 5155. Para este estudo, os ensaios foram baseados em alguns parâmetros das normas ASTM C1353 e a ASTM D4060. Buscando padronizar os dois ensaios realizados, utilizou-se rolos abrasivos H-18 com uma massa aplicada de 1000 g e empregou-se a velocidade do corpo de prova de 72 ciclos/minuto. No primeiro teste foi utilizado 1000 ciclos ininterruptos. Já no segundo teste foi utilizado 500 ciclos com limpeza a cada 250 ciclos dos rolos abrasivos. No total foram testados 24 corpos de prova, 3 para cada material de piso, repetidos em cada norma. Foram quantificados a taxa de desgaste em perda de massa por 100 ciclos. As taxas de desgaste variaram dentro da faixa de 16,50 mg/100ciclos e 29,87 mg/100ciclos para todos os pisos. O ensaio 1 apresentou uma maior resistência a abrasão da Garapeira, apresentando 18,34 mg/100ciclos e as outras espécies não apresentaram diferenças significativas entre si. O ensaio 2 apresentou uma maior resistência do piso vinílico, apresentando 16,50 mg/100ciclos e as demais espécies não apresentaram diferenças significativas.*

Palavras-chave: *piso parquet, piso laminado, piso vinílico, abrasímetro Taber.*

Abstract. The objective of this work is to analyze the behavior of residential floors made of solid wood (Garapeira and Cumaru), vinyl and laminate, evaluating their abrasiveness using a Taber 5155 rotary platform abraser. For this study, the tests were based on some parameters of ASTM C1353 and ASTM D4060 standards. To standardize the two tests performed, H18 abrasive rollers with an applied mass of 1000 g and speed of 72 cycles / minute was used. In the first test, 1000 continuous cycles were used. In the second test, 500 cycles were used with cleaning every 250 cycles of the abrasive roller. In total 24 specimens were tested, 3 for each floor material repeated in each standard. The wear rate was quantified in terms of in mass loss per 100 cycles. Wear rates varied within the range of 16.50 mg / 100cycles and 29.87 mg / 100cycles for all floors. Test 1 exhibited a higher abrasion resistance for Garapeira, showing 18.34 mg / 100cycles, and the other species did not show significant differences between them. Test 2 presented a higher resistance for the vinyl floor, presenting 16.50 mg / 100 cycles, and the other species showed no significant differences.

Keywords: *parquet flooring, laminate flooring, vinyl flooring, Taber abrasimeter.*

1. INTRODUÇÃO

Com a retomada do crescimento da economia brasileira, investidores projetam que, ainda este ano, o mercado imobiliário deve crescer entre 10% e 15% (CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção, 2019). Este crescimento, devido principalmente a retomada do crédito, provocará um aumento da demanda por imóveis e, em consequência, o crescimento do mercado de pisos revestidos. Toda esta demanda se concentrará em materiais que proporcionem maior durabilidade e um menor custo ao projeto do piso residencial. Segundo Indústria Brasileira de Árvores – IBA (IBA, 2019), a venda de pisos laminados no Brasil atingiu seu máximo no ano de 2013, onde o Brasil ainda estava com sua economia pujante, atingindo o valor de 14.076 mil m² nas vendas domésticas (Anexo A).

Na construção civil, o revestimento do piso é item importante no tocante à durabilidade, estética e custo. Até a década de 90, os pisos de madeira maciça eram altamente utilizados nas residências brasileiras, em razão do custo e da abundância da matéria prima (IBA, 2019). Após os anos 90, houve um grande salto tecnológico no desenvolvimento de pisos, chegando ao Brasil os pisos laminados com baixo custo e melhor aparência. A partir de 2000, os pisos vinílicos surgiram no mercado brasileiro, com maiores custos, porém com melhores características acústicas e resistência à água.

Segundo POLZL *et al.* (2014), o mercado de pisos de madeira é responsável por uma grande quantidade de emprego e por uma movimentação expressiva de renda, portanto é de importância a sua melhor compreensão e seu desenvolvimento. Apenas a Amazônia Legal, de onde é retirada a matéria-prima para fabricação de pisos de madeira maciça tropical, gera aproximadamente 204 mil empregos (Serviço Florestal Brasileiro - SFB, 2010). Os pisos de madeira (parquet, taboão e piso engenheirado) apresentam uma agregação de valor superior à 190% em relação à madeira serrada bruta.

Todo o piso deve atender a um parâmetro para o tráfego de pessoas e outros objetos (Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo - IPT, 2013). É importante para o consumidor ter acesso a avaliações de resistência à abrasão dos diversos tipos de pisos. Maiores resistências à abrasão de pisos proporcionam menor desgaste, que aumenta sua vida útil (MARTINS *et al.*, 2013). Existem na literatura poucos estudos comparativos entre a resistência ao desgaste dos diversos tipos de pisos. Como exposto acima, há uma demanda crescente por novas tecnologias de pisos. Desta forma, o trabalho proposto pretende caracterizar o desgaste à abrasão entre diferentes tipos de pisos, propondo um método de avaliação rápido e eficiente. Este trabalho tende a adicionar novos materiais às análises do Laboratório de Tribologia – Latrib – da UFRGS, agregando conhecimento com relação ao funcionamento e procedimentos normatizados do abrasímetro Taber 5155.

Com referência aos dados relatados e, considerando a existência de pouca literatura sobre a resistência ao desgaste dos pisos de madeira maciça, laminados e vinílicos, motivou o questionamento para esta monografia: Qual a resistência aos desgastes e perda de massa dos pisos de madeira maciça, laminados e vinílicos, quando submetidos ao teste de abrasão?

Esta monografia tem como objetivo comparar a resistência à abrasão entre pisos residenciais (madeira maciça, laminado e vinílico), utilizando como ferramenta um abrasímetro Taber 5155.

- Analisar a diferença na perda de massa de cada piso.
- Comparar técnicas e métodos para avaliar a abrasão sobre tipos de pisos residenciais.
- Agregar conhecimento e normas para utilização do abrasímetro Taber 5155.

2. FUNDAMENTAÇÃO

2.1 Pisos residenciais

Existem diversos tipos de pisos residenciais, sendo alguns deles de madeira maciça, como os do tipo parquet ou taco, taboão e piso engenheirado; os mesclados como os laminados, e os vinílicos, que possuem apenas uma camada superficial com aparência de madeira, além dos clássicos porcelanatos, cerâmica, mármore, granito e até mesmo o cimento queimado. A seguir, são discutidos alguns pisos residenciais, os quais constituem objeto de estudo da presente investigação:

- Piso de madeira maciça de Garapeira.
- Piso de madeira maciça de Cumaru.
- Piso laminado.
- Piso vinílico.

2.2 Pisos de madeira maciça

O piso maciço é composto por uma peça única de madeira maciça usinada nos topos e nas laterais e com chanfro, em geral, nos quatro lados. Podem ser fabricados para serem vendidos “*in natura*” ou produto (parquet ou taco, taboão e piso engenheirado). As peças são comercializadas com diversas medidas, onde a espessura pode variar desde 8 mm ou 9 mm até 19 mm, as larguras variam de 90 a 180 mm e os comprimentos de 304,8 mm a 2200 mm (Borzi, 2014).

Embora a produção brasileira dos pisos de madeira tenha apresentado crescimento constante nos últimos anos, os pisos de madeira maciça ainda são conhecidos por um padrão de qualidade inadequado e competem no mercado consumidor, usando, principalmente, a estratégia de preço (MARTINS *et al.*, 2013).

A seguir, são listados alguns dos principais tipos de madeira comumente encontradas no mercado brasileiro, muito utilizados como pisos do tipo taco ou taboão:

- **Garapeira (Apuleia Leiocarpa):** Dentre as características da garapeira, o (IPT, 2013) classifica sua densidade de massa: 670 kg/m³ e dureza Janka (Anexo B) de 7257 N (resultados obtidos conforme a norma ABNT MB26/53 ou NBR 6230/85). A madeira de garapeira é fácil de ser trabalhada desde que se use ferramentas apropriadas devido à presença de sílica; cola bem e proporciona bom acabamento (Jankowsky,1990).
- **Cumaru (Dipteryx Odorata):** Dentre as características do Cumaru, o (IPT, 2013) classifica sua densidade de massa: 908 kg/m³ e dureza janka (Anexo B) de 9787 N (resultados obtidos conforme a norma ABNT MB26/53 ou NBR 6230/85). A madeira de cumaru é difícil de ser trabalhada, mas recebe excelente acabamento no torneamento, porém acabamento ruim nos trabalhos de plaina e lixa. Além disso, é difícil de ser perfurada. Devido à natureza oleosa, a madeira apresenta dificuldade em ser colada (Jankowsky,1990).

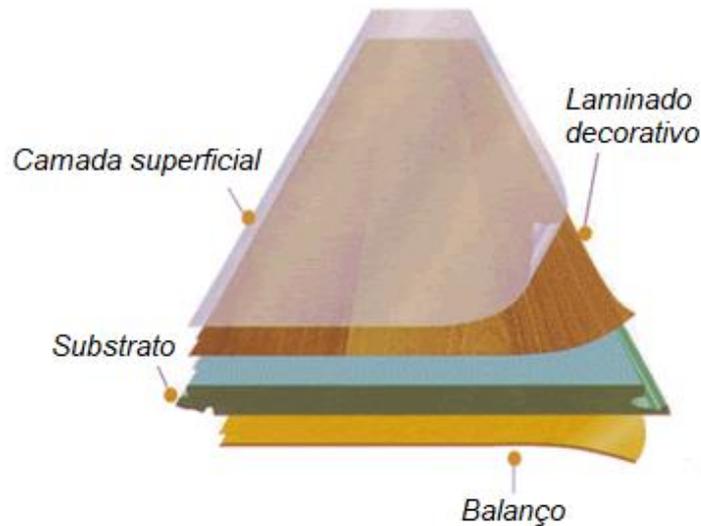
2.3 Pisos tipo laminados

Segundo ABIPLAR - Associação Brasileira da Indústria de Piso Laminado de Alta Resistência, 2014, o termo “piso laminado” refere-se ao piso composto de camadas de uma ou mais folhas finas de material ligno-celulósico impregnado de resinas aminoplásticas termofixadas sobre e sob o substrato. Os pisos no Brasil são fabricados principalmente de HDF (*High Density Fiberboard*). Estes substratos de madeira são resistentes ao impacto e ao amassamento (IBA, 2019). Ainda conforme a ABIPLAR, 2014, o piso laminado é subdividido em 4 partes principais, conforme Figura 1:

- Camada superficial: filme cristalino de celulose, impregnado com resina.

- Laminado decorativo: lâmina decorativa de celulose, impregnada com resina.
- Substrato: composto por painéis de fibra ou partículas de madeira de alta densidade.
- Balanço: camada constituída de lâmina de celulose impregnada com resina.

Figura 1: Descrição estrutural do piso laminado.



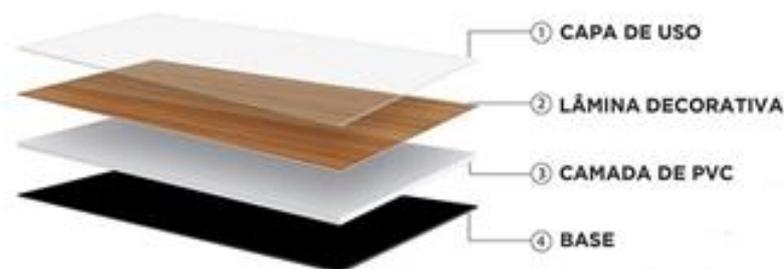
Fonte: Adaptado de IBA (2019).

2.4 Pisos tipo vinílicos

É um tipo de piso muito procurado por ser antiaderente e impermeável, utilizado principalmente em cozinhas e áreas úmidas, também pelas suas propriedades acústicas. Pisos vinílicos podem riscar com mais facilidade do que os pisos laminados (TARKETT, 2019). Este tipo de piso é bastante resistente e não retém poeira ou absorve líquidos (TARKETT, 2019). O piso vinílico é subdividido em 4 partes principais, conforme Figura 2:

- Capa de uso: Capa transparente resistente ao tráfego (pode ter de 0,1mm até 0,7mm de espessura).
- Lâmina decorativa: Filme de vinil decorado com textura.
- Camada de PVC: oferece resistência à transferência de calor e ruídos, além de promover a estabilidade do piso.
- Base: Camada emborrachada, responsável pela absorção de impactos e melhor aderência ao contra piso.

Figura 2: Descrição estrutural do piso vinílico.



Fonte: Adaptado de IBA (2019).

2.5 Principais testes de desgaste em pisos

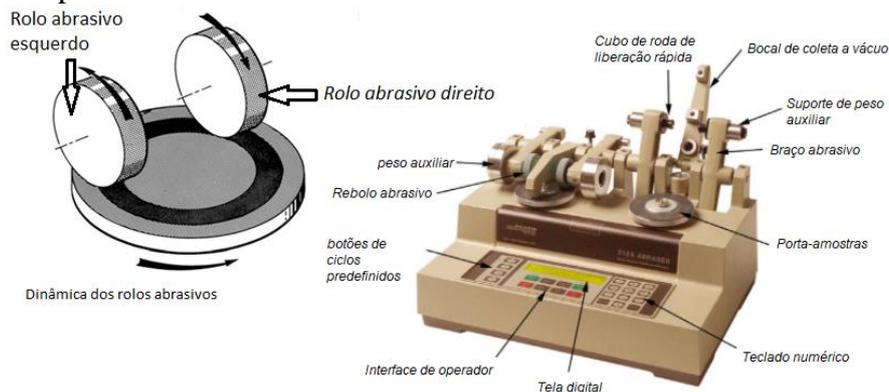
Existem diversos ensaios para avaliação de resistência de pisos. Segundo TEIXEIRA *et al.* (2019), os principais ensaios de avaliação para o desgaste em pisos estão condicionados à resistência à abrasão superficial e dureza Janka. Também encontrado na literatura existe o teste de riscamento e o teste de impacto. Na sequência listamos os principais testes:

- **Teste de Riscamento** Possui ponteira arredondada, que emprega força normal sobre a peça e realiza 4 movimentos manuais (ida e volta, cada). Este procedimento é repetido com a colocação de massas de 4 kg e 5kg seguindo o padrão da norma ASTM D3363-05, utilizando um equipamento chamado *Scratch test*. O objetivo é avaliar a profundidade da marca gerada pelo contato da ponteira com a madeira e também analisar visualmente a superfície da madeira, classificando em: Excelente, superfície sem defeitos; Boa, superfície com riscamento ou grã felpuda em apenas uma parte pequena da marca sobre a peça; Regular, presença de riscamento ou grã felpuda em metade da superfície da marca sobre a peça; Ruim, presença de riscamento ou grã felpuda na maior parte da marca sobre a peça; Muito ruim, presença de riscamento ou grã felpuda em quase que a totalidade da marca sobre a peça.
- **Teste de Impacto** Solta-se em queda livre sobre a madeira uma esfera de aço com 0,535kg e 51mm de diâmetro em 3 alturas diferentes: 300mm, 900mm e 1800mm, segundo norma ASTM D2394-83, com um equipamento chamado Impactômetro. O objetivo do ensaio é classificar a deformação nas peças com verniz e medir o afundamento (depressão) do piso que normalmente é ocasionado pela queda ou arraste de objetos pesados. Seu resultado consiste na avaliação por meio de medição da depressão com micrômetro causada pelo impacto da esfera de aço. (BLANCO-FLOREZ *et al.*, 2015).
- **Teste Janka** Consiste em avaliar o esforço necessário para introduzir na face do corpo de prova uma esfera de 1cm² de área diametral, a uma profundidade igual ao seu raio. A dureza Janka é definida como a resistência requerida para essa penetração (SOLER, 2014). Este teste é específico para determinar a dureza da madeira, muito utilizado como característica para classificar pisos de madeira maciça.

2.6 Ensaio abrasivo com plataforma rotativa

O teste de abrasão consiste na ação do desgaste produzido por contato de um corpo de prova em forma de disco contra dois rolos abrasivos (ver esquema da Fig. 3), gerando um desgaste característico. Os rolos fazem um círculo completo sobre a superfície do corpo de prova. A Figura 3 demonstra os detalhes do equipamento e seu funcionamento.

Figura 3: Componentes do abrasímetro Taber 5155 e dinâmica dos rolos abrasivos e disco.



Fonte: Adaptado de Manual Taber 5155.

Segundo dados do fabricante (Manual Taber 5155), o abrasímetro Taber é utilizado na pesquisa, desenvolvimento e avaliação dos materiais, incluindo plásticos, revestimentos, laminados, couro, papel, cerâmica, tapetes, vidros, etc.

2.6.1 Ensaios abrasivos com plataforma rotativa em pisos

TEIXEIRA *et al.* (2019), apresenta uma comparação entre 14 tipos de madeiras utilizando abrasímetro com plataforma rotativa, objetivando caracterizar as propriedades físicas e mecânicas e determinar o potencial para uso como pisos de madeira maciça. Para o teste de resistência à abrasão, os corpos de prova foram cortados e submetidos ao ensaio de taxa de desgaste no Abrasímetro Taber com rolo H-18, 500 ciclos e carga de 1000 g, citando a importância da limpeza dos rolos abrasivos a cada 250 ciclos dos seus ensaios. Neste estudo, o autor reporta as taxas de desgaste abrasivo, que foram de 15,45 a 40,13 mg/100 ciclos para as espécies Sapucaia e Timborana, respectivamente. O estudo não encontrou correlação entre a taxa de desgaste do teste de abrasão com a dureza Janka.

SOLER (2014), utilizou a norma ASTM D4060 para determinar a abrasão ocorrida nas madeiras maciças brasileiras de pisos residenciais. O objetivo desse estudo foi analisar as propriedades dos pisos maciços de Teca e Bracatinga como possível substituto do Cumaru. Para isso, foi avaliada a resistência dos pisos, com e sem acabamento, aos testes de riscamento, impacto e dureza. As duas madeiras atenderam às especificações mínimas, com exceção do teste de riscamento para a bracatinga. Para o teste de abrasão, o autor considerou aprovada a amostra que levou mais de 300 ciclos para desgastar o verniz. A quantidade mínima de ciclos foi estabelecida segundo regulamento interno da empresa para a qual o autor realizou o estudo.

MARTINS *et al.* (2013), caracterizou três espécies de madeiras quanto às suas propriedades físicas e de resistência mecânica simuladas em condições de uso em pisos. Para o teste de abrasão utilizou-se um abrasímetro com plataforma rotativa, rolos abrasivos H-18, cargas de 500 g por braço, frequência de rotação de 72 ciclos/min e 500 ciclos de abrasão. Estatisticamente, com significância de 5% pelo teste de Scott-Knott, não foi encontrada diferença relativa entre a resistência a abrasão entre as espécies de estudo.

NCUBE (2008) construiu um dispositivo para estimar o desgaste produzido em serviço de pisos de madeira, com base na perda de peso. O autor também comparou os resultados de desgaste com a dureza Janka e densidade destes materiais. Neste estudo, os corpos de prova foram submetidos a 100 ciclos de abrasão, com velocidade de rotação de 9 ciclos/minuto. Os resultados demonstraram que nem o valor de dureza Janka, nem a densidade da madeira podem explicar o aumento da resistência ao desgaste abrasivo. De acordo com o autor o aumento da resistência ao desgaste abrasivo, porque isso é controlado por certos compostos encontrados na madeira.

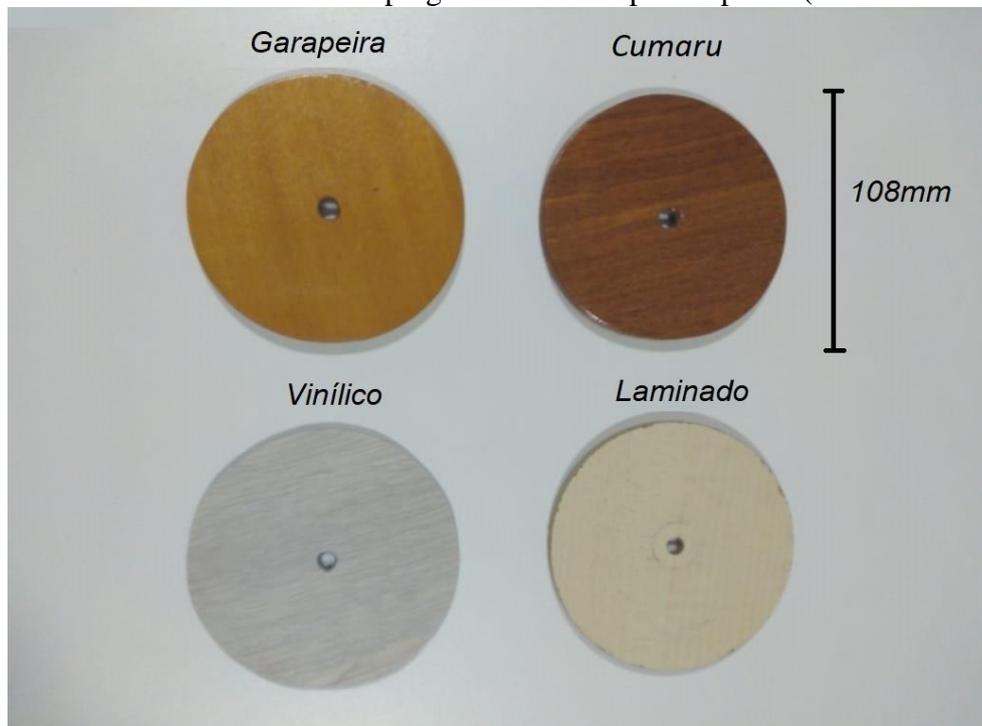
Como se pôde observar, os autores NCUBE (2008) e TEIXEIRA *et al.* (2019) não encontraram correlação entre o desgaste abrasivo e a dureza Janka.

5. METODOLOGIA

O equipamento utilizado para determinar a abrasão dos corpos de prova foi o abrasímetro Taber 5155, presente no Laboratório de Tribologia – Latrib, da UFRGS.

Os corpos de prova (discos) foram confeccionados em geometria circular, com um diâmetro de 108 mm e espessura de 7 mm. Os materiais empregados para os discos neste estudo foram duas madeiras maciças, uma sendo da espécie Garapeira (*Apuleia Leiocarpa*) e outra da Cumaru (*Dipteryx Odorata*); um piso laminado da marca FORTHFLOOR®, e um piso vinílico da marca Portodesign® (Figura 5).

Figura 5: Materiais dos discos empregados como corpos de prova (antes dos ensaios).



Fonte: arquivo pessoal.

Os corpos de prova de madeira maciça foram torneados na medida descrita e aplicados 3 camadas de verniz *Majestic® PU Pisos*. O piso laminado e vinílico foram adquiridos no comércio local.

O manual *Taber Rotary Platform Abrasion Tester* sugere os rolos abrasivos H-18 ou H-22 para utilização em corpos de prova de madeira. Nos testes de desgaste, foram utilizados os rolos abrasivos H-18, mesmo rolo abrasivo utilizado por TEIXEIRA *et al.* (2019) e SOLER (2014). O material do rolo abrasivo possui abrasividade média e sua composição é de superfície vitrificada com partículas abrasivas (TEIXEIRA *et al.*, 2019). A Figura 6 apresenta uma foto dos rolos abrasivos H-18.

Figura 6: Imagem de rolos abrasivos H-18.



Fonte: <http://texcontrol.com.br/>, acesso em: 21/08/2019.

Foram realizados dois métodos de ensaio, baseando-se em duas normas, ASTM D4060 e ASTM C1353, seguindo os parâmetros da tabela 1 a seguir:

Tabela 1 - Parâmetros adotados nos ensaios.

	Método do Ensaio 1	Método do Ensaio 2
Carga (massa) aplicada sobre cada rolo abrasivo		1000g
Repetições do teste		3
Tipo de rolo abrasivo		H-18
Ciclos do disco	1000	500
Limpeza antes/durante ciclos	Procedimento de recondicionamento dos rolos abrasivos no início do ensaio.	Procedimento de recondicionamento dos rolos abrasivos e limpeza\pesagem dos rolos a cada 250 ciclos.
Medição da massa dos rolos	Não	Sim

Fonte: Arquivo pessoal.

Ao início de ambos os ensaios 1 e 2, os rolos abrasivos, foram reconicionados. Para isso, uma lixa padrão foi colocada a girar no porta amostras. Então, 50 ciclos com 250g de carga sobre cada rolo abrasivo foram executados.

No ensaio 2, além do procedimento de recondicionamento dos rolos, realizou-se também a limpeza e pesagem dos rolos abrasivos e do corpo de prova a cada 250 ciclos. A limpeza realizada a cada 250 ciclos não consta na norma, porém foi especificada no trabalho de TEIXEIRA *et al.* (2019) e LOPES (2012). Neste ensaio também realizamos a pesagem dos rolos abrasivos após os 500 ciclos.

A perda de massa dos discos e rebolos foi determinada por uma balança de precisão, marca Marte, modelo AY220, com precisão de 0,0001 g. Calculou-se a taxa média de desgaste (TD) a cada 100 ciclos de rotação do disco para os ensaios 1 e 2. Para determinar TD, utilizou-se a variação de massa entre as pesagens iniciais e finais, determinado com a norma ABNT NBR 14535-2008, de acordo com a equação que segue:

$$TD = 100 \cdot \frac{(A-B)}{C} \quad (1)$$

Onde:

- TD= Taxa de desgaste, em mg/100ciclos;
- A= Massa do corpo de prova antes do ensaio em mg.
- B= Massa do corpo de prova depois do ensaio em mg, 1000 ciclos no ensaio 1 e 500 ciclos no ensaio 2.
- C= Número de ciclos de abrasão do ensaio, 1000 ciclos no ensaio 1 e 500 ciclos no ensaio 2.

6. RESULTADOS

6.1 Ensaio 1, utilizando 1000 revoluções:

Os resultados da taxa de desgaste (TD) obtidos nos testes do ensaio 1 estão na tabela 2.

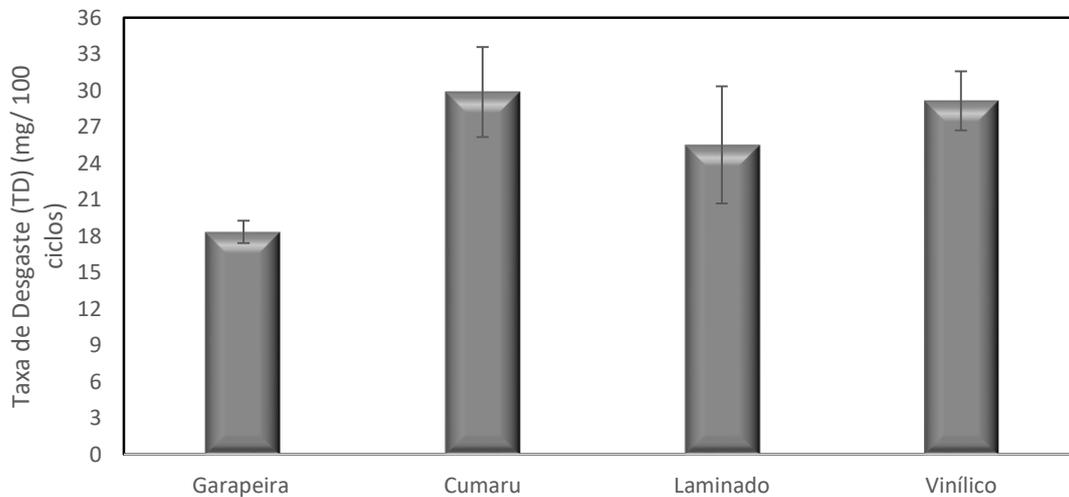
Tabela 2 - Resultados da taxa de desgaste por teste aplicado no ensaio 1 (g/100ciclos).

	Garapeira	Cumaru	Laminado	Vinílico
Teste 1	18,10	25,59	19,93	31,82
Teste 2	17,56	32,12	28,11	28,51
Teste 3	19,36	31,91	28,49	27,09

Fonte: Arquivo pessoal.

Os resultados de desgaste dos corpos de prova do ensaio 1, juntamente com o desvio padrão estão mostrados na Figura 7.

Figura 7: Taxa de desgaste (mg/100ciclos) dos corpos de prova no ensaio 1.



Fonte: Arquivo pessoal.

Considerando o desvio padrão apresentado, os resultados não permitem concluir se há diferenças na quantidade de desgaste entre os diferentes tipos de pisos. Por este motivo, utilizou-se ANOVA de fator único com nível de significância de 5% para análise dos dados (Tabela 3).

Tabela 3: Resultados de p-valor obtidos por ANOVA para o teste 1.

	Cumaru	Laminado	Vinílico
Garapeira	$6,41 \cdot 10^{-3}$	$6,53 \cdot 10^{-2}$	$1,97 \cdot 10^{-3}$
Cumaru		$2,83 \cdot 10^{-1}$	$7,89 \cdot 10^{-1}$
Laminado			$3,10 \cdot 10^{-1}$

Fonte: Arquivo pessoal.

Da tabela 3, podemos afirmar que, segundo o teste estatístico ANOVA, o resultado do piso de aparente menor desgaste (Garapeira) difere dos dois maiores desgaste (Cumaru e Vinílico). O restante dos resultados são inconclusivos entre si.

6.2 Ensaio 2, utilizando 500 revoluções.

Os resultados da taxa de desgaste (TD) obtidos nos testes do ensaio 2 estão na tabela 4.

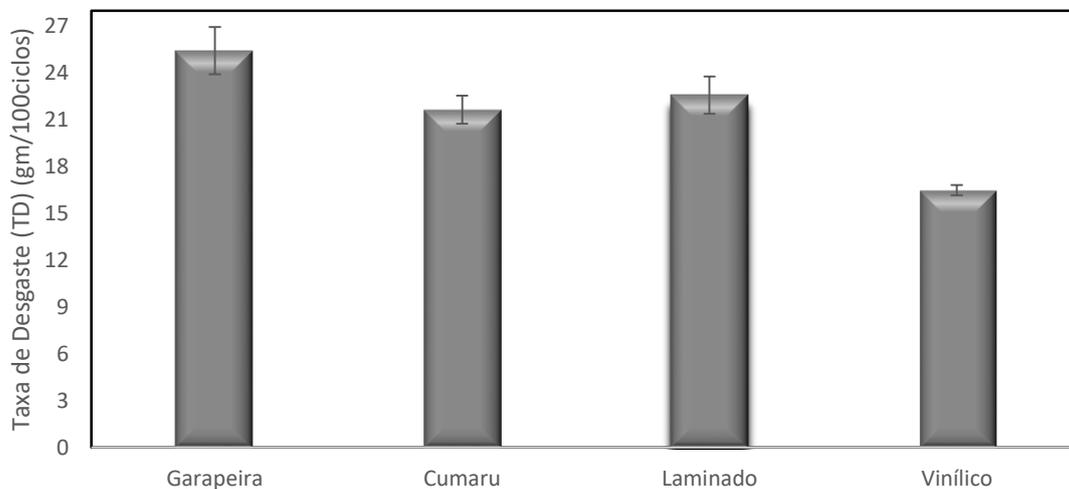
Tabela 4: Resultados da taxa de desgaste por teste aplicado no ensaio 2 (g/100ciclos).

	Garapeira	Cumaru	Laminado	Vinílico
Teste 1	27,15	20,72	21,96	16,22
Teste 2	24,27	21,73	21,82	16,42
Teste 3	24,91	22,51	23,96	16,87

Fonte: Arquivo pessoal.

Os resultados de desgaste dos corpos de prova do ensaio 2, juntamente com o desvio padrão dos mesmos estão mostrados na Figura 8.

Figura 8: Taxa de desgaste do ensaio 2 (mg/100ciclo).



Fonte: Arquivo pessoal.

Da tabela 5, podemos afirmar, segundo o teste estatístico ANOVA, que a diferença nos resultados entre o Vinílico e as outras espécies de corpos de prova foi significativo. Entre os outros corpos de prova, o teste estatístico não apresentou diferença significativa. Conclui-se, com isso, que o desgaste do Vinílico destacou-se pela maior resistência ao desgaste, ou seja, menor desgaste. Já o desgaste do piso Laminado, Garapeira e Cumaru se encontram no mesmo nível, apresentando maior desgaste.

Tabela 5: Resultados de p-valor (ANOVA) dos corpos de prova comparado em pares para o ensaio 2.

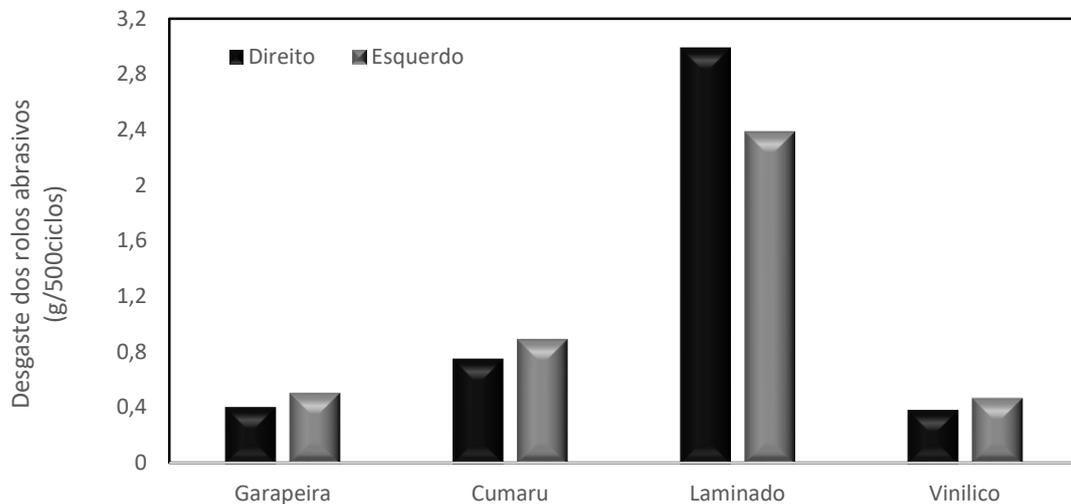
	Cumaru	Laminado	Vinílico
Garapeira	$2,83 \cdot 10^{-1}$	$5,01 \cdot 10^{-1}$	$1,57 \cdot 10^{-2}$
Cumaru		$3,44 \cdot 10^{-1}$	$7,38 \cdot 10^{-4}$
Laminado			$1,06 \cdot 10^{-3}$

Fonte: Arquivo pessoal.

A Figura 9 apresenta os resultados de desgaste dos rolos abrasivos ao final dos 500 ciclos do ensaio 2. Os rolos abrasivos quando utilizados no corpo de prova de material laminado tiveram um desgaste médio de 2,7 gramas em 500 ciclos, um valor da ordem de 3 vezes a média dos outros corpos de prova. Porém, a taxa de desgaste do disco laminado ficou na média.

Na Figura 9, nota-se que os rolos abrasivos esquerdos foram os que apresentaram os maiores desgastes, com exceção do corpo de prova Laminado, que apresentou maior desgaste nos rolos abrasivos direitos.

Figura 9: Desgaste dos rolos abrasivos (direito e esquerdo) durante os 500 ciclos do ensaio 2.

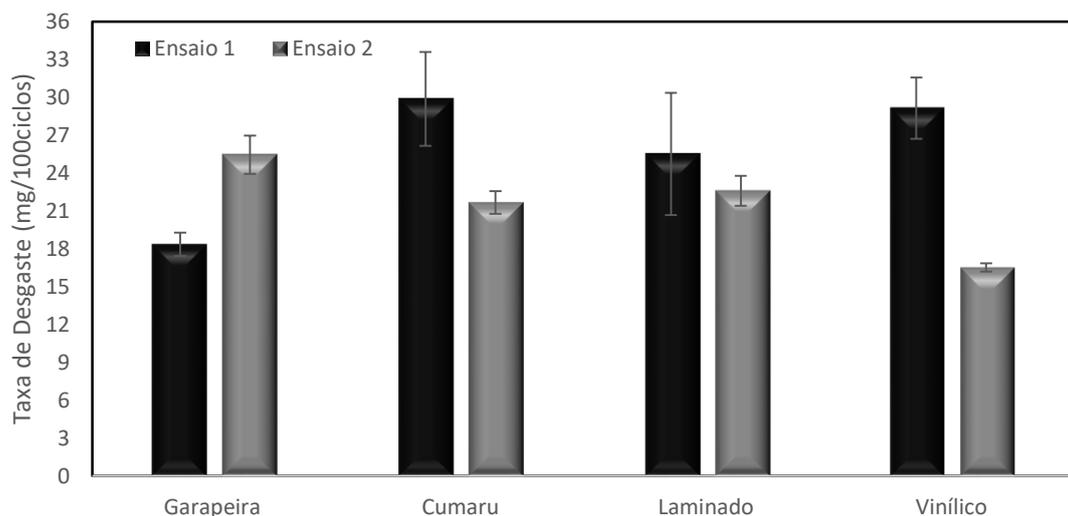


Fonte: Arquivo pessoal.

6.3 Comparativo entre Ensaio 1 e Ensaio 2

A Figura 10 apresenta os resultados da análise comparativa entre os ensaios, onde pode-se verificar o efeito da limpeza dos rolos abrasivos e disco em 250 ciclos (ensaio 2). Nota-se que o ensaio 1 apresentou maior taxa de desgaste, com exceção da Garapeira.

Figura 10: Gráfico comparativo de desgaste dos ensaios 1 e 2 (mg/100ciclos).



Fonte: Arquivo pessoal.

A tabela 6 apresenta os dados de p-valor (ANOVA) para os dados mostrados na Figura 10. Note que o corpo de prova de Laminado não apresentou diferenças significativas entre os dados do ensaio 1 e 2. Os demais corpos de prova (Garapeira, Cumaru e Vinílico) apresentaram diferenças entre os ensaios. O corpo de prova Vinílico apresentou no ensaio 1 um resultado da taxa de desgaste

76,6% superior ao do ensaio 2. Entretanto, para o Cumaru o resultado foi oposto: ensaio 2 apresentou desgaste 38,7% superior ao ensaio 1.

Tabela 6: Resultados de p-valor (ANOVA) dos corpos de prova comparado ente os ensaio 1 e ensaio 2.

	Garapeira	Cumaru	Laminado	Vinílico
ANOVA entre Ensaio 1 e Ensaio 2	$2,26 \cdot 10^{-3}$	$2,03 \cdot 10^{-2}$	$3,66 \cdot 10^{-1}$	$8,68 \cdot 10^{-4}$

Fonte: Arquivo pessoal.

A partir da Tabela 7, apresentamos os valores de desvio padrão dos resultados de taxa de desgaste dos corpos de prova nos dois ensaios. Note que o desvio padrão foi maior no ensaio 1, à exceção da Garapeira, que apresentou um menor desvio padrão para o ensaio 1.

Tabela 7: Resultados do desvio padrão dos resultados dos dois ensaios.

	Garapeira	Cumaru	Laminado	Vinílico
<i>Ensaio 1</i>	0,92	3,71	4,84	2,43
<i>Ensaio 2</i>	1,51	0,90	1,20	0,33

Fonte: Arquivo pessoal.

O procedimento do ensaio 2, com a limpeza dos rolos abrasivos, mostrou-se mais rápido e com resultados com menores variações, conforme tabela 7. O único corpo de prova que apresentou maior desvio padrão (Garapeira), também foi o único que apresentou resultado de maior taxa de abrasão no segundo ensaio.

A Figura 11 apresenta uma fotografia do ensaio 1, no momento apresentava 300 ciclos completos, do corpos de prova de laminado. Nota-se que os rolos abrasivos são envolvido pelo particulado que fica sobre o corpo de prova, apresentando um empastamento sobre a superfície, modificando os mecanismos de abrasão, modificando os resultados dos ensaios. Isso pode ter aumentado o desvio padrão dos resultados do ensaio 2.

Figura 11: Corpo de prova de Laminado, apresentando em destaque o grande acúmulo de depósito de fragmentos e o empastamento do rolo abrasivo.

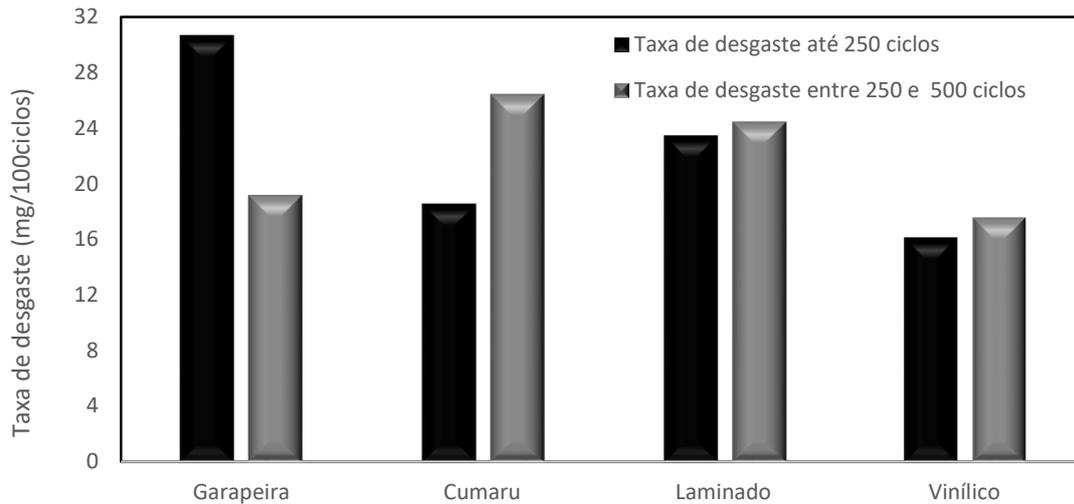


Fonte: Arquivo pessoal.

6.4 Evolução do desgaste no decorrer do ensaio 2

A Figura 12, exibe a taxa de desgaste durante os primeiros 250 ciclos e a taxa de desgaste de 250 até 500 ciclos do ensaio 2. Nota-se que houve tendência de aumento da taxa de desgaste no período final dos ciclos (entre 250 e 500 ciclos), exceto para garapeira, onde o resultado foi uma redução na taxa de desgaste.

Figura 12: Taxa de desgaste dos corpos de prova até 250 ciclos e entre 250 e 500 ciclos (mg/100ciclos).

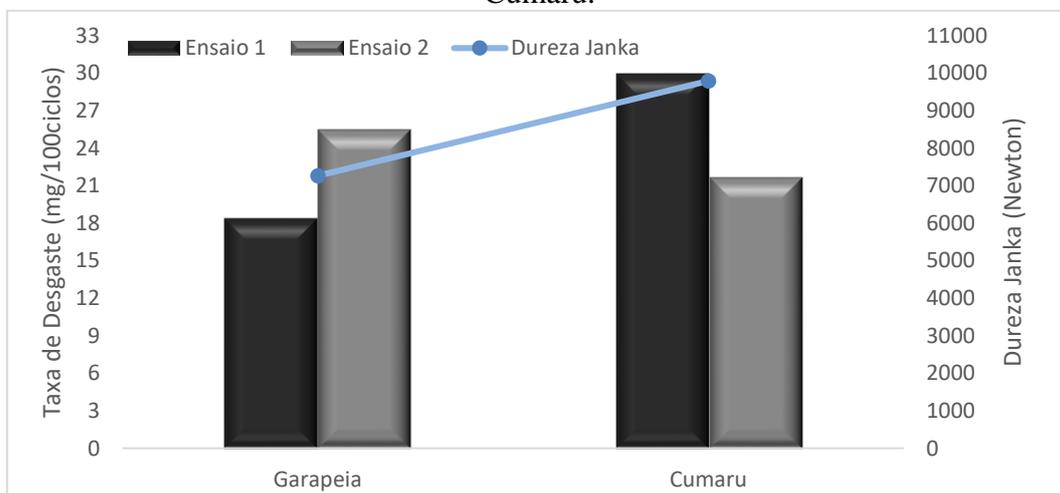


Fonte: Arquivo pessoal.

6.5 Comparativo entre taxa de abrasão e dureza janka

A Figura 13 apresenta a comparação entre os valores de taxa de desgaste nos dois ensaios e a dureza Janka, comparação válida apenas para os pisos que foi possível obter dados de dureza (madeiras maciças). Nota-se que, para o ensaio 1 (barras escuras), a madeira que apresenta uma menor taxa de desgaste (Garapeira), apresenta também o menor valor de Dureza Janka (7257 N). No ensaio 2, essa relação inverte, pois a madeira com maior taxa de desgaste foi a que apresentou a menor Dureza Janka (9787 N).

Figura 11: Dados da taxa de abrasão (ensaio 1 e 2) e Duraza Janka dos discos de Garapeira e Cumaru.



Fonte: Arquivo pessoal.

7. CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos no desenvolvimento do presente trabalho, pode-se inferir que o método de limpeza descrito por Ncube (2008), resultou em menor desvio padrão entre os resultados de desgaste para 3 das 4 corpos de prova. No ensaio 1, foi possível verificar que utilizando 1000 revoluções, sem a limpeza, a Garapeira mostrou uma menor taxa de desgaste (18,34 mg/100 ciclos). Já no ensaio 2, foi possível observar que o piso Vinílico é que apresentou uma menor taxa de desgaste entre as espécies, apresentando 16,50 mg/100ciclos. Logo, o ensaio 2 apresentou uma tendência ao aumento da taxa de desgaste após os 250 ciclos, com exceção à espécie garapeira. Por outro lado, corpo de prova de Laminado provocou uma maior perda de massa nos rolos abrasivos durante o ensaio 2, com um aumento de perda de massa da ordem de 3x. Comparando os resultados obtidos com a dureza janka, pode-se concluir que o ensaio 1 apresentou um aumento de taxa de abrasão para o material com maior dureza janka. Já o ensaio 2 apresentou a maior taxa de desgaste para a madeira com menor dureza janka.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção, **Construção Civil impulsiona os investimentos e faz o PIB crescer**. Site, disponível em 29/08/2019.

IBA – Instituto Brasileiro de Árvores. **Relatório 2019**.

POLZL, W. B.; DA SILVA, J. C. G. L. **Análise do Mercado de Pisos de Madeira Laminada na cidade de Curitiba (Marketing de Vendas ao Consumidor final**. Floresta 31 (1): 03/2014.

CUNHA, L. E.; TEIXEIRA, D. E. **Trabalhabilidade da madeira de espécies tropicais brasileiras: testes de torno e abrasão**. PIBIC/CNPq – SFB, 2015.

ANDRADE, A. **Setor brasileiro de pisos de madeira: Oportunidade e Ameaças**. Revista da Madeira - Edição número 139 – Maio de 2019.

JANKOWSKI, I. P. **Madeiras Brasileiras**. Caxias do Sul: Spectrum, 1990 Vol 1.172p.

MARTINS, M.; MORERIRA DA SILVA, J. R.; TARCÍSIO LIMA, J.; TIBURCIO GONÇALVES, M. T.; PETUSK FILIPE, A. **SIMULAÇÃO EM USO DOS PISOS DE MADEIRA DE Eucalyptus sp E Corymbia maculata**, Universidade Federal de Lavras, Brasil, 2013.

LOPES, M.D.M. **Resistência à abrasão de onze espécies de madeira da floresta Amazônica**. XIII ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, UFES/Vitória, 2012.

TEIXEIRA, D. E.; CUNHA, L. E.; WIMMER, P.; DE ANDRADE, A. **Resistência à abrasão, dureza janka e a correlação com outras propriedades em 14 espécies de madeiras tropicais brasileiras com potencial para utilização em pisos de madeira**, Brazilian Journal of Wood Science, 2019.

SOLER, L. S. **Propriedades de pisos maciços de teca e bracatinga**, trabalho conclusão de engenharia industrial madeireira, Universidade Federal do Paraná, 2014.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DE SÃO PAULO (IPT), **Catálogo de Madeiras Brasileiras para a Construção Civil**. São Paulo, 2013.

BLANCO-FLOREZ, J.; MOREIRA DA SILVA, J. R.; DE CARVALHO BRAGA, P. P. ; TARCISIO LIMA, J.; TRUGILHO, P. F. **Simulação em serviço de pisos de madeira jovem de Tectona grandis**. Revista Matéria, artigo 11672, 2015.

TABER ROTARY PLATAFORM ABRASION TESTER, **Model 5135/5155 Operating Instructions**. Taber industries ver. 1.1

TARKETT, <<https://www.tarkett.com.br/blog/o-que-e-piso-vinilico/>>, 29 de julho de 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE PISO LAMINADO DE ALTA RESISTÊNCIA - ABIPLAR, **Programa Setorial da Qualidade de Pisos Laminados Melamínicos**. Abril, 2014.

SANTOS, I. S.; TARCÍSIO LIMA, J.; MOREIRA DA SILVA, J. R. **Avaliação de pisos produzidos a partir de toras de clones de *Eucalyptus* sp. Com pequenos diâmetros**, CERNE vol.16, 2010.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (IPT), **Pegada Tecnológica em pisos**. Disponível no site, 16/06/2011

BORZI, R. F. G.; **Colorimetria e Molhabilidade em piso engenheirado**. Trabalho de conclusão de curso de engenharia industrial madeireira, Universidade Federal do Paraná, 2014.

MARTINS, A. J. G. **Estudo da Durabilidade dos Revestimentos de Pisos**. Dissertação mestre em engenharia civil, Universidade do Porto. Julho de 2012.

NCUBE, E. **Use of a simple abrasive-wear resistance test device to assess the suitability of selected hardwoods for wood flooring**. Department of Forest and Wood Science, University of Stellenbosch, Private Bag X1, Matieland 7602, South Africa. 21 February, 2008.

NBR 14535 - **Moveis de Madeira - Tratamento de Superfícies - Requisitos de Proteção e Acabamento**. Ano de 2008.

ASTM D4060 – 14 **Standard Test Method for Abrasion Resistance of Organic Coatings by the Taber Abraser**. Ano de 2014.

ASTM C1353/C1353M – **Standard Test Method for Abrasion Resistance of Dimension Stone Subjected to Foot Traffic Using a Rotary Platform Abraser**. Ano de 2015.

ASTM D2394-83 **Standard Methods for Simulated Service Testing of Wood and Wood based Finish Flooring**. Ano de 1999.

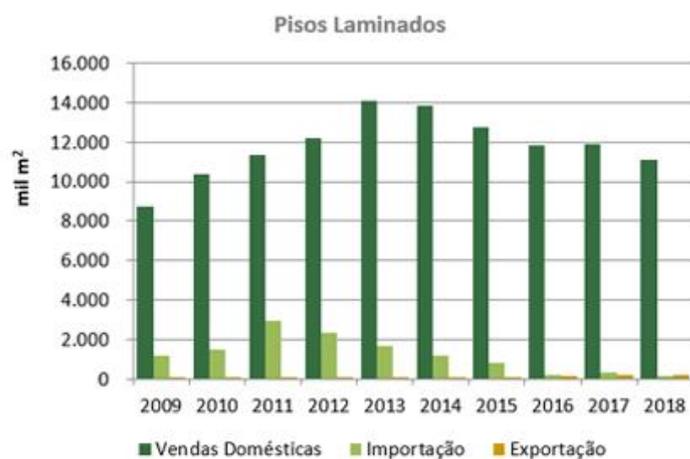
SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO – SFB – **A atividade brasileira na Amazônia brasileira: produção, receita e mercados**. Belém, 2010.

ANEXO

Anexo A:

Pisos Laminados - mil m²

Ano	Vendas		Exportação
	Domésticas	Importação	
2009	8.729	1.142	62
2010	10.370	1.447	16
2011	11.316	2.913	3
2012	12.185	2.335	11
2013	14.076	1.642	38
2014	13.823	1.146	81
2015	12.717	794	97
2016	11.833	204	150
2017	11.915	301	168
2018	11.113	154	178



Fonte: IBA (2019)

Anexo B:

Tabela 05. Principais espécies utilizadas na fabricação de pisos de madeira e suas propriedades físico-mecânicas.

Nome Popular	Nome Científico	MeB (Kg/m ³)	MeAp. - 15% (Kg/m ³)	Dureza Janka (Kgf)	Retrações (%)		Relação T/R
					Radial	Tangencial	
Cabreúva	<i>Myroxylon balsamum</i>	780	950	1034	4,00	6,70	1,70
Cumarú	<i>Dipteryx odorata</i>	820 - 1070	1090	998-1339	5,30	8,20	1,50
Ipê	<i>Handroanthus</i> sp.	790	960 - 1010	1102-1665	4,30	7,20	1,70
Jatobá	<i>Hymenaea</i> sp.	955	960	1067-1253	3,10	7,20	2,30
Maçaranduba	<i>Manikara huberi</i>	850	1040	887-1182	6,80	11,00	1,60
Muiracatiara	<i>Astronium lecointei</i>	800 - 880	970	789-891	3,33	6,28	1,90
Muirapiranga	<i>Brosimum paraense</i>	730	830	1086	5,30	8,10	1,50
Grápia	<i>Apuleia leiocarpa</i>	670	830	740	4,40	8,50	1,90
Pau-marfim	<i>Balfourodendron riedelianum</i>	730	800 - 900	697	4,90	9,60	2,00
Roxinho	<i>Peltogyne confertiflora</i>	870	890	1650	5,10	8,10	1,60
Sucupira	<i>Bowdichia</i> sp.	850	990	1514	6,00	9,00	1,50
Tuari	<i>Couratari</i> spp.	560	660	589	4,20	6,60	1,57
Angelim-vermelho	<i>Dinizia excelsa</i>	830	1090	1460	5,70	9,50	1,67
Eucalipto	<i>Eucalyptus grandis</i>	420	500	580	5,50	11,60	2,10

Fonte: JANKOWSKY *et al.*, 1990; MANIERI & CHIMELO, 1985; SOUZA *et al.*, 1997.

Fonte: Jankowky (1990)