

AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL E ACOMPANHAMENTO IN LOCO DE REVESTIMENTO ARGAMASSADO DE TECNOLOGIA URETÂNICA PARA PISO INDUSTRIAL

Thayna Munaro¹
Maiara Foiato²
Jhulis Marina Carelli³

Resumo

Os revestimentos de piso assumem uma importância significativa nos sistemas construtivos industriais. Toda a produção ou qualquer tipo de movimentação se desenvolvem sobre o pavimento, estando este sujeito a diferentes tipos de esforços. Além de satisfazer as exigências funcionais, devem cumprir com exigências estéticas e principalmente de higiene. Neste contexto, o presente estudo avaliou o desempenho em laboratório do revestimento argamassado de tecnologia uretânica, presente nas indústrias alimentícias e também como sua aplicabilidade na prática. Deste modo, análises como de resistência mecânica, de abrasão, química, absorção de água e índice de consistência foram testadas em laboratório obtendo valores positivos principalmente no quesito resistência à tração e à compressão da argamassa que chegaram a obter resultados de 9 MPa de resistência à tração e 43 MPa à compressão. Em relação ao que requerem essas indústrias, pode-se assim dizer que este revestimento cumpre com as exigências necessárias. Em sincronia à avaliação laboratorial, fez-se um comparativo em determinados setores de uma indústria de laticínios, os quais sofrem diariamente com diferentes tipos de esforços, ações químicas e lavagens frequentes, podendo ser concluído que o revestimento atende as necessidades, porém não descarta a necessidade de manutenções cíclicas e constantes, mas como uma de suas vantagens é a rápida secagem, não prejudica a produção sendo este fator de extrema importância.

Palavras chaves: Revestimento; Argamassa; Uretano; Piso industrial; Industria alimentícia.

1 INTRODUÇÃO

Pisos industriais necessitam de revestimentos com a mais alta qualidade para que os processos dentro de indústrias alimentícias garantam segurança aos consumidores e aos usuários do ambiente. Por trás de todos os processos de produção existe uma infraestrutura ampla e decisiva para que as empresas mantenham a qualidade de seu produto final. De acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) (2019), as instalações

¹ Engenheira Civil, campus de Joaçaba, e-mail: thaynamunaro@hotmail.com.

² Professora Mestre, Universidade do Oeste de Santa Catarina, e-mail: maiara.foiato@unoesc.edu.br.

³ Professora Mestre, Universidade do Oeste de Santa Catarina, e-mail: jhulis.carelli@unoesc.edu.br.

físicas, como o piso para indústrias do setor alimentício, devem possuir revestimento atóxico, impermeável e lavável, devendo ser mantido íntegro, conservado, livre de fissuras e trincas e não contaminantes ao alimento.

O revestimento argamassado de tecnologia uretânica, utilizado nas indústrias de alimentos, é formulado com base de resina de uretano em conjunto com isocianetos. Sua matéria prima é extraída de óleos naturais, sendo qualificado como produto ecologicamente correto (POLIPISO, 2009).

A instalação deste revestimento é aplicada de forma monolítica, sendo impermeável, com grande resistência física, química (ácidos orgânicos e inorgânicos) e térmica (POLIPISO, 2009). Tem como características especiais sua resiliência, resistência ao tráfego intenso e pesado de empilhadeiras e paleteiras e sua excelente aderência em diversos tipos de substrato, possui também secagem rápida com liberação do local em até 6 horas, característica de extrema importância quando necessária manutenção e reparos industriais.

Diante disso, este trabalho tem como objetivo a avaliação experimental do desempenho físico e mecânico da argamassa de tecnologia uretânica, além do acompanhamento *in loco* da aplicação do revestimento com descrição do procedimento e avaliação do resultado final.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ARGAMASSA DE REVESTIMENTO

Argamassa se determina em uma mistura homogênea com capacidade de endurecimento e aderência. De acordo com Maciel, Barros e Sabbatini (1998), as principais funções de um revestimento consistem em proteger os elementos de vedação contra os agentes agressivos, auxiliar no sistema de vedação da edificação, contribuindo com estanqueidade à água e gases e regularização de superfícies, por exemplo.

2.2 REVESTIMENTO ARGAMASSADO DE TECNOLOGIA URETÂNICA

Esse revestimento é formado por polímeros de alto desempenho que oferecem proteção intransponível contra cáusticos, ácidos orgânicos e inorgânicos, solventes e a maioria dos produtos químicos utilizados na higienização de uma indústria alimentícia, além de resistência mecânica do tráfego constante e intenso de empilhadeiras, variações de temperaturas e barreira contra líquidos (POLIPISO, 2009).

Embora a argamassa convencional de contrapiso também seja aplicada acima do substrato de concreto, a diferença para com a argamassa de tecnologia uretânica tem início desde a sua composição, sendo essa uma mistura de água, cimento e areia, tendo como principal objetivo a regularização de superfícies. Ainda, acima dela deve ser aplicado o revestimento, diferentemente da argamassa uretânica, que já possui esta funcionalidade.

2.2.1 Materiais componentes

Os componentes de mistura de qualquer material têm grande influência em suas propriedades, se tratando de um revestimento tricomponente de alto desempenho, a seleção desses materiais torna-se fundamental. A seguir estão descritos os componentes do revestimento uretânico (POLIPISO, 2019).

2.2.1.1 Componente A

Preparado à base de óleos vegetais de nome químico/genérico de ácido graxo. O componente A da mistura de tricomponentes é composto por: água, óleo de rícino modificado, diisobutilftalato, terpinolene e etanodiol. Utilizado em estado líquido, apresenta cor amarela (POLIPISO, 2019).

2.2.1.2 Componente B

Preparado à base de diisocianato de difenilmetano de nome químico/genérico de isocianato. Apresenta estado físico líquido e cor "âmbar", ou seja, cor laranja-amarelo. São os isocianetos mais consumidos pelo mercado de PU. Esse componente é de extrema importância em relação a algumas características da argamassa, pois provê significativas vantagens ao desempenho mecânico (POLIPISO, 2019).

2.2.1.3 Componente C

Preparado à base de agregados minerais e cimento de nomes químicos/genérico, quartzo e cimento Portland. Apresenta estado físico sólido de forma granulada e em pó e possui variantes colorações. Segundo o manual de revestimentos de Argamassa da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) (2003), o cimento influencia diretamente em algumas propriedades da argamassa, principalmente na resistência mecânica, e contribui para a plasticidade.

2.2.2 Preparo do produto

A mistura do produto deve ser feita através de equipamento mecânico apropriado, tipo argamassadeira para materiais poliméricos. A mistura deve ser feita com equipamento em rotação e seguindo a seguinte ordem: Componente A (pré-agitado), Componente B e componente C, até sua perfeita homogeneização (POLIPISO, 2019).

2.2.3 Características e propriedades

2.2.3.1 Estado fresco

2.2.3.1.1 *Trabalhabilidade*

Uma argamassa pode ser considerada trabalhável quando apresenta viscosidade suficiente para seu manuseio, se mantém coesa durante o transporte, permite penetrar facilmente a colher de pedreiro e, ao ser lançada no substrato, pode ser distribuída com facilidade (MACIEL; BARROS; SABBATINI, 1998).

A maior ou menor facilidade de a argamassa deformar-se sob a ação de cargas é definida pelo índice de consistência e está diretamente influenciada pela quantidade de água e pelas condições da pasta aglomerante. Desta maneira, argamassas de consistência mais fluidas apresentam menor tensão de escoamento. Já a plasticidade está relacionada com a capacidade de a argamassa manter-se deformada após a redução das tensões de deformação (CARASEK, 2010).

O método da Mesa de Consistência é um dos testes mais empregados na avaliação da consistência, estando presente na maioria dos laboratórios de materiais de construção, segundo Costa (2016).

Como o índice de consistência também está ligado diretamente a trabalhabilidade da argamassa, os números não devem ser muito elevados, já que a argamassa estará muito fluida fazendo com que seja mais difícil a aplicação, e nem muito baixos, pois a argamassa não se espalhara no substrato (COSTA, 2016).

2.2.3.1.2 *Massa específica e teor de ar aprisionado*

A massa específica é a propriedade no estado fresco que relaciona a massa da argamassa e seu volume, podendo ser absoluta, desconsiderando os vazios existentes no volume de argamassas, ou relativos, também chamados de massa unitária, considerando os vazios, segundo Maciel, Barros e Sabbatini (1998).

Ainda segundo os autores, o teor de ar aprisionado é a quantidade de ar presente em determinado volume de argamassa e, à medida que o teor de ar aumenta, a massa específica relativa da argamassa diminui.

2.2.3.2 Estado endurecido

2.2.3.2.1 *Resistência mecânica*

A resistência mecânica das argamassas diz respeito à propriedade dos revestimentos de possuírem um estado de consolidação interna capaz de suportar esforços mecânicos

de diversas origens, que são as tensões simultâneas de tração, compressão e cisalhamento (CARASEK, 2010).

Pode variar dependendo das diferentes solicitações em que a argamassa está submetida. A argamassa deve ter resistência para suportar as movimentações da base, que podem aparecer por diversos motivos, como recalques, variação dimensional por ciclos de umedecimento e secagem, ou ainda, pela dilatação e contração do revestimento devido às variações de temperatura. Estas solicitações podem provocar fissuras ou falha na aderência entre a argamassa e a base, que devem ser combatidas pela resistência mecânica das argamassas (TRISTÃO, 1995).

O valor da resistência à compressão é a característica mais comumente determinada e é responsável por verificar a uniformidade da produção (CINCOTTO; NAKAKURA, 2004).

A resistência à tração, segundo o Manual de revestimento de argamassa (ABCP, 2003), é responsável pela capacidade da argamassa absorver deformações, sejam elas do próprio revestimento ou da base, sem sofrer ruptura, apresentar fissuras prejudiciais e até perder a aderência.

2.2.3.2 Resistência química

A resistência ao ataque químico é a capacidade do material manter-se inalterado quando em contato com agentes agressivos, não sofre nenhum tipo de deformação ou perda de massa. Todo e qualquer material tem uma capacidade específica limitada ou não, quando exposto a certos produtos químicos, sendo que alguns revestimentos podem ter maior resistência que outros (POLIPISO, 2009).

2.2.3.2.3 Absorção de água

Segundo Rato (2006), a absorção de água resulta em perdas na resistência mecânica e impermeabilidade das argamassas, diminuindo assim sua durabilidade.

Em relação aos pisos industriais, devem ser impermeáveis em decorrência da frequente higienização, considerando o fato de que a absorção de água pelo piso possa acarretar o acúmulo de contaminantes aos alimentos, de acordo com a ANVISA (2009).

Em conformidade com a NBR 9778 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2009), o ensaio de absorção de água por imersão, consiste ao processo pelo qual a água é conduzida e tende a ocupar os poros permeáveis de um corpo sólido poroso.

2.2.3.2.4 Desgaste por abrasão

Desgaste é a perda progressiva de material devido ação mecânica de contato entre corpos ao longo do tempo, segundo Polipiso (2009), podem ser classificados em dois tipos:

- a) Desgaste abrasivo entre dois corpos: ocorre quando um determinado corpo entra em atrito com o outro, quanto maior o grau de aspereza da superfície de contato, maior o atrito e conseqüentemente maior o poder de desgaste;
- b) Desgaste abrasivo entre três corpos: ocorre quando existe um terceiro elemento que se localiza entre a superfície de dois corpos e contribui exponencialmente para a elevação da abrasividade e aumento da perda de massa dos corpos.

Exemplo prático em relação às indústrias de alimentos, pode se considerar correlação as partículas de sujidades soltas a partir do ensaio, pelas partículas soltas entre o revestimento em consequência das rodas das empilhadeiras também como arraste de paletes ou outros (POLIPISO 2009).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste estudo avaliou-se em três condições a argamassa de tecnologia uretânica, sendo essas:

- a) avaliação da argamassa submetida aos ensaios de índice de consistência, densidade de massa e teor de ar, resistência à tração e à compressão e resistência ao desgaste por abrasão;
- b) avaliação da argamassa aplicada no substrato de concreto, submetida ao ensaio de resistência à tração na flexão;
- c) avaliação *in loco* da aplicação do revestimento.

3.1 ARGAMASSA URETÂNICA

3.1.1 Dosagem

De modo a seguir as recomendações do fabricante utilizou-se equipamento mecânico apropriado (argamassadeira) para realizar a misturas dos componentes. A ordem de mistura dos materiais seguiu-se a exigida, sendo: Componente A (pré agitado), Componente B e Componente C. A mistura foi deixada 2 minutos na argamassadeira, até sua perfeita homogeneização. A fim de reduzir o volume do material para a utilização do necessário a cada ensaio, realizou-se cálculos, de modo a realizar a mistura com menos material, porém de forma a serem proporcionais pelo que é dito pelo fabricante.

A proporção indicada pelo fabricante é de 1,775 kg de Componente A, 1,775 kg de Componente B e 21,45 kg de componente C. A proporção utilizada em laboratório: 0,165 kg de Componente A, 0,165 kg de Componente B e 2,00 kg de Componente C.

3.1.2 Verificação do índice de consistência

Foi realizado o ensaio conforme NBR 13276 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005).

3.1.3 Determinação da densidade de massa e teor de ar

Foi realizado o ensaio conforme a NBR 13278 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005).

3.1.4 Ensaio de resistência à tração e à compressão

Foi realizado o ensaio conforme a NBR 13279 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005).

Foram moldados 6 corpos de provas de argamassa uretânica em moldes prismáticos com dimensões de 4x4x16 cm. As amostras permaneceram nos moldes por 14 dias antes de serem deformadas e posteriormente ensaiadas no Laboratório de Materiais da UNOESC – SC através de uma prensa de capacidade máxima de 300 kN.

3.1.5 Absorção de água

Foram ensaiados 3 corpos de prova cilíndricos cujas dimensões foram de 5x10 cm, seguindo as instruções de moldagem da NBR 7215 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2019).

O ensaio de absorção foi realizado como preconiza a NBR 9778 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2009). As amostras possuíam 14 dias de idade.

3.1.6 Desgaste por Abrasão Los Angeles

Seguiu-se a metodologia de moldagem conforme citado anteriormente para os corpos de prova utilizados no ensaio de resistência à tração e à compressão, utilizando corpos de prova de argamassa prismáticos de acordo com a NBR 13279 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005). Ao total foram moldados 18 corpos de provas, sendo: 6 corpos de prova utilizados de referência, 6 corpos de provas que foram submersos ao leite UHT integral, com intuito de referenciar a indústria de laticínios, qual foi feito a análise de alguns setores que utilizam o revestimento uretânico e 6 corpos de provas que foram submersos ao produto químico utilizado para higienização dos pisos que utilizam esse revestimento, sendo esse produto detergente alcalino.

Todos os corpos de provas foram cortados com 22 dias de idade em pedaços iguais de dimensões de 4x4 cm com auxílio de esmerilhadeira angular, com finalidade de submetê-

los ao aparelho de Abrasão Los Angeles. Após o corte foram submersos ao leite e ao produto químico por um período de 15 dias, totalizando assim até o dia do ensaio idade de 37 dias.

As amostras identificadas pela Fotografia 1, foram submersas a 2 litros de leite, deixadas em temperatura ambiente até o dia do ensaio.

Fotografia 1 - Amostra submersa no leite



Fonte: os autores.

As amostras identificadas pela Fotografia 2, foram submersas ao produto de limpeza diluído em água, em uma proporção de 3 litros de água para cada 0,5 litros do produto, conforme indica o fabricante.

Fotografia 2 - Amostras submersas em produto químico



Fonte: os autores.

Para obter os valores aproximados de desgaste por abrasão da argamassa uretânica usou-se como referência a NBR NM 51 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2001). Os ensaios foram realizados em três etapas, para cada etapa utilizou-se 6 esferas de aço e 500 rotações, sendo essas quantidades a mínima recomendada pela normativa. As amostras após o ensaio podem ser visualizadas na Fotografia 3.

Fotografia 3 - Amostras após o ensaio de abrasão



Fonte: os autores.

3.2 ENSAIO DE RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO EM PRISMAS DE CONCRETO COM REVESTIMENTO ARGAMASSADO URETÂNICO

A realização do ensaio de resistência à tração na flexão em placas de concreto revestidas com revestimento argamassado de tecnologia uretânica objetivou-se em referenciar um piso industrial e submetê-los a esforços similar ao que ocorre no *in loco*, podendo assim avaliar o desempenho do revestimento.

Foi realizado o ensaio conforme a NBR 5738 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2016). Os corpos de prova prismáticos utilizados possuíam dimensão básica de 100 mm e comprimento de 350 mm. Este tipo de corpo de prova foi escolhido pelo fato de fazer com que a pesquisa se tornasse o mais próximo possível a referência de um piso.

Utilizou-se 3 diferentes traços de concreto para verificar a influência do substrato em relação a resistência do revestimento, sendo o primeiro para estimativa de resistência de 25 MPa com traço 1:2,18:2,82:0,53 (cimento, areia, brita e água), o segundo traço 1:1,39:2,11:0,46 para resistência de 30 MPa e terceiro traço 1:1,39:2,11:0,44 para resistência estimada de 35 MPa. Destaca-se que para todos os traços utilizou-se cimento Portland CP V ARI e aditivo plastificante. Teor de argamassa utilizado foi de 53%.

Foi realizado *Slump Test* para cada traço, seguindo a normativa NBR 16889 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2020), mantendo-se *slump* entre 10 ± 2 cm.

Conforme recomendações do fabricante do revestimento, para concretos novos não se deve executar cura hidráulica, deve-se aguardar mínimo 3 dias para aplicação do revestimento, sendo de suma importância a utilização de cimento de alta resistência inicial. Os prismas foram deixados em cura ambiente por 4 dias, após esse período aplicou-se o revestimento uretânico acima do substrato com auxílio de um perfil de madeira para manter a espessura de aproximadamente 6 mm. Cada traço continha 3 placas, aplicou-se em 2 o revestimento e deixou-se uma placa sem revestimento para referência. Salienta-se que foi realizado para cada traço um corpo de prova cilíndrico de modo ao final verificar a resistência à compressão dos concretos.

Posteriormente a aplicação do revestimento uretânico nas placas de concreto, demonstrado na Fotografia 4, aguardou-se 15 dias para enfim submetê-los ao ensaio de resistência à tração na flexão.

Fotografia 4 - Prismas de concreto com revestimento



Fonte: os autores.

3.3 AVALIAÇÃO *IN LOCO* DA APLICAÇÃO DO REVESTIMENTO

No dia 10 de abril de 2021 acompanhou-se em uma indústria de Laticínios a preparação do substrato de concreto e posteriormente a aplicação do revestimento uretânico. Acima desse piso existem dois tanques para o preparo do doce de leite e cada tanque possui 3 toneladas. No local foram realizadas bases para suportes destes tanques, essas bases não receberam o revestimento uretânico na mesma data que a área do piso e sim posteriormente.

Primeiramente o substrato passou por um processo de abertura de poros podendo ser através de processo mecânico: fresa, politriz entre outros, como recomenda o fabricante. Neste caso foi utilizado a fresa. O local onde possuía ralos, por exemplo, necessita de pontos de reforço de ancoragem podendo ser identificado na Fotografia 5.

Fotografia 5 - Ancoragem em ralo



Fonte: os autores.

Esses reforços constituem-se na abertura de sulcos de dimensões mínimas de 0,5 cm de profundidade por 0,5 cm de largura (POLIPISO, 2019).

Após esta etapa foi realizada limpeza e remoção de partículas soltas, com auxílio de um aspirador de pó, seguido a isso, passou-se um pano umedecido com etanol no substrato, que então ficou como identificado na Fotografia 6. De acordo com o fabricante outros métodos podem ser utilizados, desde que o resultado final seja o mesmo, o local deve estar isento de qualquer material que possa impedir a perfeita aderência do revestimento, tais como: óleos, graxas, resíduos ácidos ou bases ou outros contaminantes.

Fotografia 6 - Substrato preparado



Fonte: os autores.

A preparação do produto para aplicação realizou-se conforme orienta o fabricante, sendo assim utilizado equipamento de rotação para mistura seguindo a ordem de colocação dos componentes: Componente A (pré-agitado), Componente B e Componente C, até que a perfeita homogeneização.

A aplicação do produto foi feita com desempenadeira usualmente utilizada para grafiato, o fabricante recomenda que seja feito com equipamento Screed Box. Em relação à espessura do revestimento, utilizou-se 1 kit para área de 1,6 m², totalizando ao final 40 kits utilizados para espessura de aproximadamente 6 mm.

Por último, para o local adquirir uma superfície lisa, os trabalhadores utilizaram rolo de lã mergulhado novamente no etanol e aplicaram acima do revestimento uretânico. De acordo com o fabricante esta prática pode causar patologias ao piso e não é recomendada, o etanol deve ser utilizado somente na limpeza do substrato.

4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 PROPRIEDADES DA ARGAMASSA

4.1.1 Índice de consistência

A partir dos valores obtidos no Laboratório de Materiais da UNOESC – Joaçaba fez-se a média e obteve-se o índice de consistência da argamassa uretânica de 146 mm. Por se tratar de uma argamassa que não adiciona água diretamente em suas misturas e segundo Oliveira (2001), o qual destaca que, a quantidade de água adicionada à argamassa é o principal fator que influencia nesta propriedade, onde se pode citar a relação água/aglomerante, relação aglomerante/agregado, granulometria do agregado e qualidade do aglomerante, concluiu-se o porquê esta se torna menos fluida e mais consistente.

4.1.2 Massa específica e teor de ar

Com base nos dados obtidos no ensaio segundo a NBR 13278 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005), verificou-se um valor de 2000 kg/m³ para massa específica e 4% de teor de ar.

Esse resultado apresentado sobre a massa específica da argamassa se encaixa na Classe D5 da NBR 13281 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005), cuja Classe se refere à densidade de argamassas entre 1800 e 2200 kg/m³.

Em relação ao teor de ar, cujo valor é relativamente baixo em relação a argamassas de alto desempenho de areia e cimento, por exemplo, não implica a capacidade da argamassa resistir a esforços, pois segundo Alves (2002), as bolhas de ar apresentam formas irregulares, na maioria dos casos causadas pelo incorreto adensamento ou compactação, e não provoca nenhuma melhoria em razão de não possuir as propriedades físicas e químicas, porém implicam na trabalhabilidade da argamassa, tornando-as menos trabalháveis.

4.1.3 Resistência à tração e à compressão

Os valores de resistência à tração e à compressão da argamassa estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Resistência à tração e à compressão

Amostra	Média resist. Compressão (MPa)	Média resist. Tração (MPa)
1	43	9
2	40	8

Fonte: os autores.

Nota-se que a argamassa possui uma ótima resistência mecânica, principalmente em relação à compressão. Comparando aos resultados da ficha técnica do fabricante que apresenta valor de 35 ± 5 MPa, obteve-se melhor desempenho.

Observa-se que a primeira amostra se obteve um alcance de aproximadamente 21% sobre a relação entre tração e compressão, resultado esse que se destaca por obter valores superiores quando comparado à argamassa convencional que pode variar entre 10 e 15% segundo Alves (2002).

Este fato ocorre devido aos materiais dos componentes da argamassa, principalmente o Componente B, pois o poliuretano possui propriedades que permitem suportar altas cargas de acordo com um estudo por Lourenci (2003) sobre a adição de polímeros à argamassa.

Em relação à tração o revestimento supre com as especificações da ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PISOS E REVESTIMENTO DE ALTO DESEMPENHO (ANAPRE) (2008), segundo essa, a resistência à tração desses pisos deve ser de no mínimo de 4,2 MPa. Parâmetro que leva em consideração a capacidade desses pisos a resistir a diversas solicitações diárias.

Em um ambiente de indústria alimentícia essas elevadas resistências são de grande importância, pois um piso de alta resistência é primordial em ambientes que possuem alta circulação de pessoas e pesos constantes de maquinários, também como, quedas de ferramentas ou objetos pesados que possam a vir provocar danos no revestimento ocorrendo assim o risco de danificação da estrutura do mesmo modo podendo acarretar proliferação de agentes contaminantes através das fissuras.

4.1.4 Absorção de água

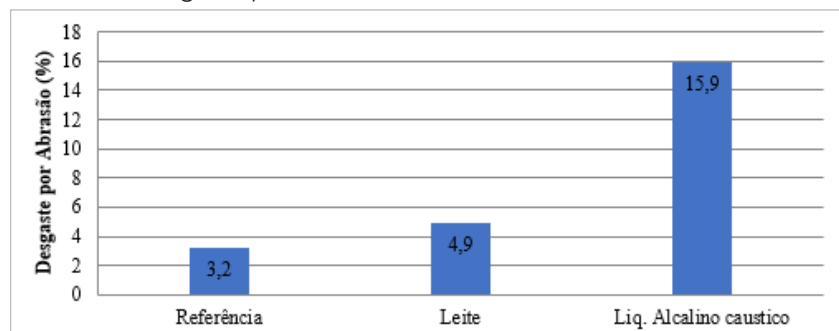
De acordo com a equação para determinação de absorção de água, obteve-se a média de 0,66%. Nota-se que as amostras obtiveram bons resultados devido a sua baixa permeabilidade, levando em consideração seu baixo índice de absorção em relação a argamassas convencionais que variam entre 15% e 30% segundo Alves (2002).

Comparando os valores obtidos pelos dados de ficha técnica do fabricante, pode-se apontar que esses destacam que a argamassa é 100% impermeável, número não comprovado pelo ensaio, porém os valores mostram mínima diferença, uma vez que os dados obtidos apresentam nem 1% de absorção de água pela argamassa.

4.1.5 Desgaste por abrasão Los Angeles

Os resultados obtidos no ensaio de desgaste por Abrasão Los Angeles podem ser identificados no Gráfico 1, sendo dada a perda em %.

Gráfico 1 - Desgaste por abrasão



Fonte: os autores.

Pode-se verificar um perceptível aumento na porcentagem de perda de material devido ao desgaste por abrasão comparando-se a argamassa de referência com os corpos de provas deixados imersos ao leite UHT integral e ao produto químico utilizado para higienização dos pisos industriais. Houve um aumento de aproximadamente 396% de desgaste abrasivo na argamassa submersa no produto químico em relação à amostra de argamassa de referência, já na amostra de argamassa submersa ao leite observou-se um aumento de 53% em comparativo à argamassa padrão.

O fato de haver um aumento na porcentagem de perda das amostras submetidas ao leite ocorreu pelo leite ser considerado ácido podendo causar a desagregação e/ou a desestabilização das propriedades da argamassa. Deve ser levado em consideração que o leite foi deixado em temperatura ambiente, sem nenhum controle, assim desenvolvendo microrganismos que causaram aumento na acidez, fato podendo ser identificado pelo seu “azedamento” de acordo como a Embrapa (1995), fazendo assim com que houvesse implicância na deterioração no material que compõe a argamassa uretânica ou em algum de seus componentes específicos, prejudicando a durabilidade da mesma.

O produto de limpeza testado, se tratando de um líquido alcalino cáustico, utilizado nas indústrias alimentícias conforme recomendação da Anvisa (2016), para remoção de gorduras, graxas, proteínas óleos ou qualquer sujidades nos pisos, apresentou significativo aumento no desgaste por abrasão da argamassa. O produto é degradante à matéria, que deixado agindo diretamente na amostra por um determinado tempo comprometeu e também desestabilizou as propriedades do material em análise, comparando com a referência, a qual não foi submetida a contato com agentes químicos. Ressalta-se que em indústrias de alimentos o uso do líquido alcalino cáustico é usado em conjunto com líquido alcalino neutro, além de ser diluído em água, diminuindo assim o pH, tornando-se menos prejudicial ao piso, porém quando refere-se ao CIP (*Cleaning in Place*) das linhas este produto é utilizado em conjunto com outros produtos altamente ácidos, tornando altamente corrosivo se tiverem contato com o piso.

Na Fotografia 7 pode-se observar o piso de um setor de uma indústria de laticínios. Esse piso apresenta alguns reparos, pois é submetido diversas vezes ao dia a lavagem, tendo alto tráfego de paleteiras e empilhadeiras. Estas condições fazem com que o piso passe por algumas manutenções, pois por mais que o revestimento apresente resistência abrasiva, pode-se observar pelo ensaio em laboratório que quando submetido ao contato com produtos ácidos, ocorre degradação em suas propriedades.

Fotografia 7 - piso com manutenção aparente



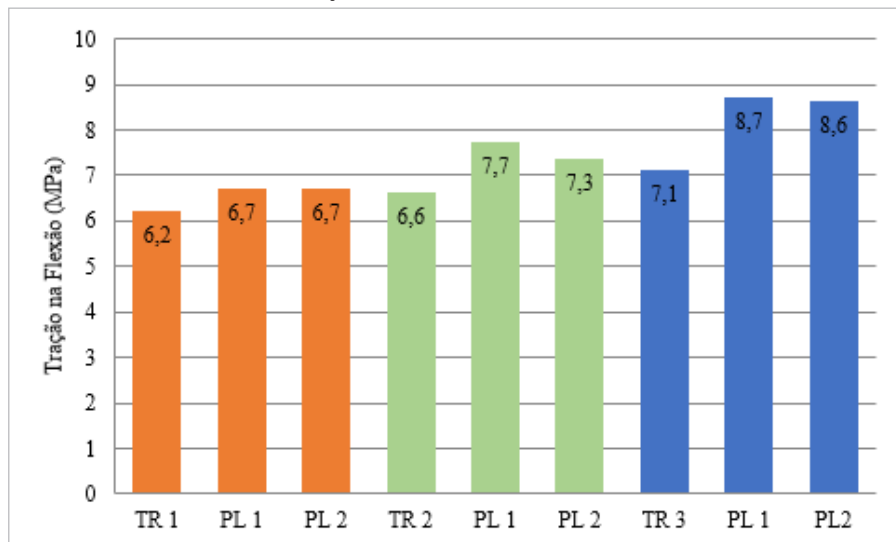
Fonte: os autores.

4.2 RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO EM PRISMAS DE CONCRETO COM REVESTIMENTO ARGAMASSADO URETÂNICO

Identificou-se que as amostras cilíndricas, dos concretos utilizados nas placas, submetidas ao ensaio de resistência à compressão obtiveram os resultados de 32,9 MPa para o traço 1, 39,2 MPa para o traço 2 e 42,5 MPa para o traço 3.

Os resultados do ensaio de resistência à tração na flexão das placas de concreto com revestimento de argamassa uretânica, também como resultado do ensaio em corpos de prova de referência (sem revestimento) de cada traço estão representados no Gráfico 2. Os dados identificados como TR 1, TR 2 e TR 3, referem-se aos três tipos de traços utilizados, também se trata das amostras de referência, sendo essas sem aplicação da argamassa. A nomenclatura utilizada com PL 1 e PL 2 para cada traço, representa os prismas de concreto com aplicação da argamassa uretânica.

Gráfico 2 - Resistência à tração na flexão



Fonte: os autores.

Verifica-se que a aplicação da argamassa de tecnologia uretânica nos primas de concreto proporcionou resultados positivos, uma vez que todas as placas com o revestimento apresentaram resistência à tração na flexão superior comparadas as suas respectivas placas de referência (sem argamassa).

Em relação à referência do traço 1 utilizado, comparando com a média dos primas que obtiveram a aplicação do revestimento, pode-se observar um aumento de aproximadamente 8% em sua resistência à tração na flexão. No que se diz respeito à referência do traço 2 com as placas com revestimento obteve-se um aumento de 13,7%. Nota-se que os maiores valores de resistência à tração foram em consequência do traço TR 3 de concreto utilizado, tendo um aumento de 21,8% nas amostras com revestimento em relação a referência, uma vez que a espessura da camada do revestimento permaneceu a mesma em todas as placas.

Como identificado no Gráfico 2, o substrato possui grande importância e relevância quanto à capacidade do revestimento a resistir ao esforço avaliado. De acordo com Polipiso (2009), o substrato deve apresentar condições físicas como, estar livre de patologias estruturais, como fissuras, empenamento, recalque, ter resistência ao arrancamento superior a 1,0 MPa, também como estar isento de qualquer material que possa impedir a perfeita aderência do revestimento, tais como: óleos, graxas, resíduos ácidos ou base, tendo qualquer desavença com esses requisitos, não há garantias que o revestimento exerça sua funcionalidade.

4.3 AVALIAÇÃO *IN LOCO* DA APLICAÇÃO DO REVESTIMENTO

Pode-se analisar que a aplicação demanda prática, treinamento e conhecimento. Por se tratar de uma argamassa mais consistente e menos fluida, seu lançamento e nivelamento são visivelmente mais difíceis de executar em relação a argamassas convencionais.

O resultado final da aplicação do revestimento pode ser identificado na Fotografia 8.

Fotografia 8 - revestimento aplicado



Fonte: os autores.

Visualmente a superfície apresentou-se livre de irregularidades, lisa e nivelada. Após aproximadamente 10 horas ao retornar ao local, verificou-se que o revestimento se identificava 100% seco e então livre para passagem de pessoas, deste modo identificando concordância com o que é estabelecido pelo fabricante, pois o mesmo garante que o ambiente pode ser liberado ao tráfego em até 12 horas. As bases identificadas abaixo dos tanques também receberam a aplicação do revestimento, como demonstrado na Fotografia 9, ao passar 1 mês da aplicação do revestimento no piso aos seus arredores.

Fotografia 9 - revestimento seco



Fonte: os autores.

O local já passou diversas vezes por ciclos de higienização, em comparação com revestimentos convencionais que claramente teriam uma vida útil reduzida pelo contato com produtos químicos esse apresentou visualmente resistência ao processo de assepsia, pois o mesmo exibe-se intacto desde a sua execução. Porém deve-se ressaltar que o local avaliado não sofre com o tráfego de empilhadeiras e esporadicamente de pessoas, fator importante por sua não alteração em relação a sua resistência mecânica.

Não se observou a presença de fissuras, ou qualquer patologia, porém salienta-se que este fato pode ocorrer devido à idade do revestimento, por ser considerado novo, e também pela decorrência que o mesmo foi executado por profissionais treinados e capacitados.

5 CONCLUSÃO

Por meio deste estudo foi possível avaliar a importância da execução de um revestimento de alto desempenho em indústrias, principalmente do âmbito alimentício. Pode-se avaliar as características da argamassa de tecnologia uretânica no estado fresco, endurecido, além de sua aplicabilidade na prática.

Notou-se que a trabalhabilidade da argamassa uretânica, avaliada pelo índice de consistência e pela sua aplicação *in loco*, apresenta maior dificuldade de aplicação em comparação a argamassas convencionais, devido principalmente ao fato da não adição de água diretamente em sua mistura.

Quanto à absorção de água, a argamassa apresentou valores menores que 1%. A impermeabilidade deste tipo de revestimento é um fator de extrema importância, visto que ele deve promover uma barreira contra líquidos, a fim de garantir a não proliferação de bactérias no ambiente para a não contaminação de alimentos.

Em relação ao comportamento da argamassa submetida ao ensaio de abrasão, observou-se que sua maior perda em porcentagem de material ocorreu quando submerso em produto químico utilizado para higienização dos setores, uma vez que o produto utilizado se trata de um líquido alcalino cáustico.

Quanto a resistência à compressão e à tração da argamassa foi da ordem de 43 MPa e 9 MPa, respectivamente, apresentando bom desempenho, sendo este essencial no dia a dia das indústrias visto serem os esforços de maior solicitação pelos motivos já citados, como, elevadas cargas de maquinários, tráfego de empilhadeiras, por exemplo.

No que se refere à resistência à tração na flexão observou-se aumento nos resultados encontrados nas placas que foram executadas o revestimento de tecnologia uretânica, mas deve-se citar também a importância dos cuidados e materiais utilizados para a execução do substrato, para deste modo garantir a aderência do revestimento e por consequência sua resistência final. Ficou evidente que quanto maior a resistência do substrato melhor o desempenho do conjunto, neste caso base de concreto e revestimento uretânico.

No que diz respeito à aplicabilidade das argamassas, a execução acompanhada foi realizada por profissionais treinados e capacitados, os quais avaliaram que este tipo de argamassa requer extremo cuidado com sua execução, apresenta dificuldades de manuseio e aplicação e secagem rápida.

Deste modo, este estudo demonstrou que o revestimento é uma alternativa viável, visto que apresenta valores positivos em relação a suas resistências mecânicas e físicas, seja de tração, compressão ou abrasão, suprimindo os requisitos esperados para uma indústria. A quase inexistência de permeabilidade também é uma característica que se destaca. Em relação a sua trabalhabilidade, necessita de alguma solução para que futuramente possa apresentar melhoria que facilite sua execução.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND - ABCP. Disponível em: <http://abcp.org.br/básico-sobre-cimento/básico/básico-sobre-cimento>. Acesso em: 10 mar. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova**. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7215: Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão**. Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9778: Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica**. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13276: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura e determinação do índice de consistência**. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13278: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado**. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13279: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão**. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13281: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – requisitos**. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16889: Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone**. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 51: Agregado graúdo – Ensaio de abrasão “Los Angeles”**. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PISOS E REVESTIMENTO DE ALTO DESEMPENHO. **Mídia institucional 2008**. Disponível em: http://www.anapre.org.br/cd2008/anapre_finalhtml. Acesso em: 10 mar.2021.

ALVES, Nielsen José Dias. **Avaliação dos aditivos incorporadores de ar em argamassas de revestimento**. 2002, 175 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade de Brasília, DF, 2002.

ANVISA. **Agência nacional de vigilância sanitária**. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/portal/anvisa/anvisa/agencia>. Acesso em: 06 mar.2021.

CARASEK, Helena. Argamassas. In: ISAIA, G. C (org). **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. 2. ed. atual. e ampli, v.2. São Paulo: Ibracon. 2010.

CINCOTTO, Maria Alba; NAKAKURA, Elza Hissae. **Análise dos requisitos de classificação de argamassas de assentamento e revestimento**. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 2004.

COSTA, Ivandro da. **Estudo comparativo entre argamassas de revestimento externo: preparada em obra, industrializada fornecida em sacos, e estabilizada dosada na central**. 2016. 84 f. Trabalho de conclusão de curso (graduação) – Curso de Engenharia Civil. UNIVATES, Universidade do Vale do Taquari.

EMBRAPA. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Disponível em: <http://empbrapa.com.br>. Acesso em: 10 mai. 2021.

LOURENCI, S. **Caracterização de Argamassas de Revestimento Fabricadas com Materiais Alternativos**. Universidade do Estado de Santa Catarina – Centro de Ciências Tecnológicas, 2003. Dissertação de Mestrado.

MACIEL, Luciana Leone; BARROS, Mércia M. S. Bottura; SABBATINI, Fernando Henrique. **Recomendações para execução de revestimentos de argamassa para paredes de vedação internas e exteriores e teto**. São Paulo, 1998.

OLIVEIRA, Maria Luiza Lopes de. **Influência da adição de fibras de Polipropileno em Argamassas**. 2001. 171 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

POLIPISO. **Endurit ARG**. Disponível em: <https://polipiso.com.br/produtos/endurit-arg/?q=manual>. Acesso em: 06 mar. 2021.

RATO, Vasco Nunes da Ponte Moreira. **Influência da microestrutura morfológica no comportamento de argamassas**. 2006. 316 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2016. Disponível em: <https://run.unl.pt/handle/10362/1126>. Acesso em: 27 mai. 2021.

TRISTÃO, Fernando Avancini. **Influência da composição granulométrica da areia nas propriedades das argamassas de revestimento**. Florianópolis, 1995. Dissertação (Universidade Federal de Santa Catarina).

