

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

LUCAS CARDOSO MACHADO

**REVESTIMENTOS DE POLIURETANO EM SUPERFÍCIES E PISOS - ESTUDO
DE CASO**

UBERLÂNDIA
2022

LUCAS CARDOSO MACHADO

**REVESTIMENTOS DE POLIURETANO EM SUPERFÍCIES E PISOS –
ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de Engenharia
Civil da Universidade Federal de
Uberlândia, como requisito para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Antônio de Paulo
Peruzzi

UBERLÂNDIA

2022

RESUMO

O setor da Engenharia Civil, na atualidade, busca desenvolver tecnologias para melhoria da produtividade em setores industriais e empresariais. Embora muitas degradações em pisos de áreas industriais e empresariais ainda ocorram, o setor da construção civil tem se empenhado constantemente para resolver diversos tipos de problemas. É visível que os impactos nesses setores são agravados por produtos químicos utilizados na produção, na limpeza, infiltrações ou abrasão por intensa movimentação de cargas, equipamentos, entre outros. Nesse sentido, esse trabalho tem o intuito de analisar os revestimentos de poliuretano em superfícies e pisos, como uma solução viável para setores que lidam com materiais e/ou equipamentos agressivos, por minimizar os impactos dos meios agressivos na durabilidade de pisos industriais. Ainda, a pesquisa busca contribuir para estudos e desenvolvimentos de projetos na construção civil, uma vez que verifica a resistência e a qualidade de revestimentos à base de poliuretanos.

Palavras-chave: Poliuretano; Construção Civil; Pisos Industriais; Revestimentos.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Reação de formação dos poliuretanos
- Figura 2 – Exemplo de piso uretano na indústria alimentícia
- Figura 3 – Exemplo de piso uretano autonivelante no setor industrial
- Figura 4 - Exemplo de piso uretânico no setor industrial.
- Figura 5 - Aplicação de Piso Uretânico no setor administrativo
- Figura 6 – Impermeabilização de uma laje de cobertura com poliuretano
- Figura 7 – Rampa de acesso estacionamento impermeabilizada com poliuretano
- Figura 8- Presença dos micro furos do revestimento anterior
- Figura 9 – Teste Microbiológico a partir de desinfetantes industriais
- Figura 10 – Teste de Arrancamento realizado pela fabricante
- Figura 11 – Esquematização da ruptura do substrato
- Figura 12– Separação dos componentes 1 com tampa branca e 2 com tampa azul
- Figura 13- Separação do agregado (componente 3)
- Figura 14 – Fissuras de retração anterior à aplicação do uretano
- Figura 15 – Exemplo de fissuras encontrada durante a inspeção visual
- Figura 16 – Emprego do prime em muretas para iniciar a aplicação
- Figura 17 – Fresagem do piso com o equipamento politriz
- Figura 18 - Homogeneização da resina uretânica com misturador elétrico
- Figura 19 – Aferição da temperatura da base de aplicação
- Figura 20 – Espalhamento do material uretano com desempenadeira dentada
- Figura 21 - Conferência da espessura da resina uretânica
- Figura 22 – Acabamento do piso com desempenadeira lisa
- Figura 23 – Finalização do piso realizado com a máquina alisadora
- Figura 24 – Finalização do acabamento com rolo de lã
- Figura 25 – Acabamento das juntas com revestimento de poliuréia
- Figura 26 – Acabamento nos ralos
- Figura 27 - Aplicação da resina uretânica nas muretas
- Figura 28 – Acabamento Final

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Ficha de Verificação de Serviço de aplicação do piso de uretano (FVS)

Tabela 2 – Temperatura da mistura dos componentes de acordo com o tempo

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	7
1.1-Objetivos.....	8
1.2-Objetivos Específicos:.....	8
1.3-Metodologia.....	8
CAPÍTULO 1 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	9
1.1 – Histórico e características do Poliuretano	10
CAPÍTULO 2- CONSIDERAÇÕES SOBRE O REVESTIMENTO URETANO	14
2.1- Uso do Poliuretano para Revestimento de Pisos.....	16
2.2- Análise sobre a Aplicação de Revestimentos de Poliuretano	20
CAPÍTULO 3 – ESTUDO DE CASO.....	23
3.1- Materiais e Métodos.....	23
3.1.1- Micro furos.....	23
3.1.2- Observação do Procedimento de Aplicação do Revestimento.....	27
CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
REFERÊNCIAS	42

INTRODUÇÃO

Buscar formas executivas para revestimentos em obras sujeitas à fissuras, intempéries, impactos, produtos químicos e abrasão é uma das demandas para a Engenharia Civil. Até então, vê-se que a modernidade tem influenciado a constante busca por aprimoramento tecnológico desses segmentos com produtos que apresentem alta dureza e resistência à impactos. Por esse motivo, os sistemas de revestimentos à base de poliuretanos têm crescido no mercado mundial e aplicados à construção civil em indústrias, projetos e empreendimentos em geral.

O piso é um componente de grande importância para o setor industrial, pois auxiliam no andamento da produção, incluindo processos higiênico-sanitários, ou intensa utilização de produtos agressivos e a própria logística do lugar com funcionários, equipamentos, cargas, etc. Logo, no setor industrial, um piso de resistência baixa pode acarretar em sucessivos desgastes, comprometendo a qualidade do empreendimento e causando prejuízos. As deformações nas pavimentações de concreto, levam à fissuração, resultante de cargas internas e externas onde o material está exposto, como temperatura ou umidade causando retração por secagem ou contração térmica. Por isso, consultar materiais que resistam a choques por diversos agentes agressivos, sejam eles de ordem física ou química, tendem a impedir a deterioração de um piso (ZONTA, 2019, p. 4).

Portanto, para avaliar as propriedades mecânicas, deve-se levar em conta a interação mecânica entre os materiais utilizados na aplicação e os tipos de materiais utilizados para o revestimento. Para isso, existem uma série de requisitos técnicos para garantir a estanqueidade e proteção dos pisos para esse tipo de atividade, sendo uma delas o revestimento com base de poliuretano (ABNT NBR 9575:2010).

A vantagem do poliuretano consiste em sua aderência e resistência química e mecânica, por se tratar de um revestimento para superfícies que necessitam de maior resistência à intemperismos e abrasão. Sua aplicação pode ocorrer em pisos de concreto, cerâmica, pedras, entre outros, podendo ser aplicado também para demarcação industrial, aeroviária e rodoviária.

Tendo como base o sistema de elastômetros, por apresentar flexão de suas respectivas membranas, o poliuretano torna-se um recurso para revestimentos de superfícies. Isso porque, sua composição apresenta resistência às cargas e tráfegos intensos, produtos químicos, intempéries, entre outros agentes, pois sua principal

característica é a sua capacidade de resistir à impactos, tração e altas e baixas temperaturas.

A estrutura desse trabalho está organizada em quatro capítulos. O **primeiro capítulo** procura definir e conceituar os sistemas de revestimentos de poliuretano a fim de abordar as principais características físicas e químicas do poliuretano. Tendo como base a revisão bibliográfica sobre revestimentos de alto desempenho, o **segundo capítulo busca** descrever aspectos que caracterizam as técnicas e requisitos básicos para aplicação desses revestimentos. No **terceiro capítulo** é apresentado um *case* realizado na cidade de Uberlândia, Minas Gerais, no intuito de observar na prática a aplicação do revestimento de poliuretano por uma empresa especializada.

1.1- Objetivos

Esse trabalho tem como objetivo analisar as propriedades do revestimentos com poliuretano em superfícies e pisos, em relação à sua resistência e durabilidade em ambientes industriais.

1.2- Objetivos Específicos:

- Avaliar a importância dos revestimentos de alto desempenho;
- Analisar as principais características do revestimento de poliuretano para pisos;
- Observar o procedimento de aplicação do piso poliuretano na indústria;

1.3- Metodologia:

A metodologia usada neste trabalho foi a revisão bibliográfica, na qual foram pesquisados artigos acadêmicos, revistas científicas e sites confiáveis que abordam o tema apresentado. Algumas pesquisas se destacam, visto que apontam a viabilidade do uso de poliuretano nas construções como Granato (2013), Quini e Ferraz (2013), Zonta (2019), Silva (2003) entre outros. Além das bibliografias específicas, esta pesquisa fundamenta-se no contato com profissionais que atuam diretamente na obra ou na manutenção com informações técnicas quanto ao sistema adotado. Sendo assim, por meio de estudo de caso, foi observado o procedimento de aplicação do piso poliuretano em uma indústria de laticínios em Uberlândia- MG. A fim de transcrever tais procedimentos, disponibilizou-se imagens e informações que complementam e auxiliam nos detalhes a serem observados na aplicação do piso.

CAPÍTULO 1 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Empreendimentos em geral, buscam promover tecnologias que evitem degradações em suas áreas, prejudicando suas produções. A modernidade traz produtos que comportam elementos como durabilidade, facilidade de aderência, cuidados e acabamentos, por serem viavelmente econômicos. Um desses produtos é o poliuretano, que representa uma alternativa de material construtivo na engenharia, por possuir a característica da durabilidade, da segurança, estabilidade e desempenho.

O setor alimentício, farmacêutico, de produtos químicos, têxtil, automobilístico, entre outros são os que mais podem enfrentar degradações de seus pisos por agentes agressivos e impactos diversos. As deformações nas estruturas de uma indústria são mais frequentes por se tratar de um setor exposto de cargas extremas, variação de temperatura, umidade e utilização de produtos químicos na produção. (ZONTA, 2019).

Quini e Ferraz (2013) revelam que ambientes sujeitos à presença de agentes químicos como estações de tratamento de esgoto, indústrias químicas, petroquímicas, de papel e celulose, galvanicas, entre outras necessita de materiais que suportem a agressividade química. Por isso a necessidade de evitar o contato dessas estruturas com esses agentes, assim como fissuras por esses impactos através de um piso de alta resistência.

Zonta (2019, p. 10) ainda comenta que nas indústrias em geral são empregados pisos de concreto armado, pois atuam com agressividades diferenciadas. Portanto, dependendo da atividade é necessário o uso de revestimentos especiais, ou apropriados para propiciar um bom desempenho do piso frente às solicitações, evitando sua degradação.

Vasconcelos (2015) aponta que sistemas de revestimentos tem buscado requisitos mecânicos, químicos e logísticos, “tendo em vista o aparecimento e incorporação de novos polímeros”, devido a necessidade de um produto que tenha alongamento, dureza e resistência à tração, resistência ao contato com produtos químicos agressivos e redução drástica de prazo de execução.

Estudos apontam as propriedades flexíveis do poliuretano e sua resistência à deformações e sua aderência a diversos tipos de substrato. Trata-se de um piso monolítico, aplicado em camada única, que serve como acabamento final, promovendo uma superfície lisa ou antiderrapante. Significa que possui tecnologia de dupla função, uma vez que é de alta resistência e atua como acabamento final (GRANATO, 2015).

1.1 – Histórico e características do Poliuretano

Mesmo que no Brasil o consumo de poliuretano ainda seja baixo, Vasconcelos (2015) afirma que entre os anos de 2001 e 2010, seu consumo cresceu cerca de 41%, ocupando 24% do mercado mundial. São considerados materiais bastante versáteis devido permitirem ser utilizados em variados segmentos da ciência e tecnologia, uma vez que abrangem elastômetros, fibras espumas e adesivos de revestimento de superfície. Na indústria de revestimentos apresentam excelente desempenho na proteção de substratos como aço, concreto, plástico, metal, papel, couro e madeira (COUTINHO; DEPELCH, 1999, p. 41).

No mercado brasileiro é possível encontrar diferentes tipos de produtos e técnicas de aplicação, mas a busca pela qualidade desses produtos e facilidade na aplicação também influenciam no seu custo final. Essas diferentes técnicas partem de uma busca pela qualidade, redução de prazos de entrega e emissão de compostos orgânicos voláteis que, segundo Soares (2012), fazem por tornar inadequados alguns sistemas tradicionais.

De acordo com Vasconcelos (2015, p. 34) “os poliuretanos foram desenvolvidos por Otto Bayer em 1937”. Já as primeiras produções à base de poliuretano, utilizando poliéster e poliois foram realizadas na década de 50 por Leverkusen, dando origem às primeiras espumas que serviram de base para as tecnologias atuais (SOARES, 2012). Foi nessa época que se iniciou uma vasta comercialização e industrialização desses produtos, evidenciando suas vantagens técnicas e comerciais, fator de crescimento das espumas de poliuretano no mercado.

A versatilidade dos produtos com base de poliuretanos ocorre pela grande variedade dos grupos constitutivos e da sua possibilidade de polimerização controlada, que permite “a adaptação do processo e da composição para obtenção de materiais para as mais variadas exigências” (SOARES, 2012, p. 17). São produtos versáteis, pois são produzidos pela reação de um isocianato e um poliols e outros reagentes, como:

[...] agentes de cura ou extensores de cadeia, catalisadores, agentes de expansão, surfactantes, cargas, agentes antienvelhecimento, corantes, pigmentos, retardantes de chama, desmoldantes entre outros. Os isocianatos podem ser aromáticos ou alifáticos. Os compostos hidroxilados podem variar quanto ao peso molecular, natureza química e funcionalidade. Os polióis podem ser poliéteres, poliésteres, ou possuir estrutura hidrocarbônica. A natureza química bem como a funcionalidade dos reagentes deve ser escolhida de acordo com as propriedades finais desejadas (VASCONCELOS, 2015, p. 34).

De acordo com Soares (2012) são considerados sistemas elastômeros, com propriedades elásticas que podem manter certa rigidez, fator benéfico para absorção de choques sem compressão demasiada. Trata-se de um componente termoplástico, uma vez que sob altas temperaturas se assemelha a outros tipos de plástico, metal ou fibra de vidro formando uma superfície lisa e rígida que, quando selada, torna-se impermeável à água.

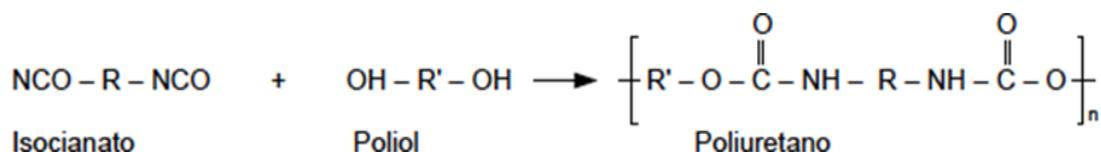
Em geral são produtos bicomponentes formados pela reação de um componente contendo hidroxilas (polióis) e outro componente formado por isocianatos, ambos líquidos com baixa viscosidade. Após a mistura dos dois componentes tem-se o tempo de manuseio para espalhamento do produto no substrato, também chamado de *pot life* ou *gel time*. Decorrido esse tempo, ocorre um aumento da viscosidade e solidificação do produto, na qual são formadas as ligações uretânicas e então uma membrana é formada (QUINI, 2013, p. 1).

A reação de formação de poliuretanos pode ser analisada a partir da ligação de composto contendo hidroxila (polióis) e outro componente. Assim:

Os poliuretanos são sintetizados, por uma reação de poliadição em etapas, basicamente a partir de compostos hidroxilados (OH) e isocianatos (NCO), ambos com funcionalidade igual ou superior a dois. Quando a funcionalidade de um ou ambos os reagentes é maior do que dois, poliuretanos ramificados ou reticulados são obtidos. A reação genérica de obtenção de um poliuretano linear derivado de um composto di-hidroxilado e de um diisocianato (COUTINHO; DEPELCH, 1999, p. 41).

As estruturas do poliuretano são resultantes de diversos estudos e ligações químicas. Trata-se de um polímero (PU) comumente usados na produção de vedações, juntas, solas de sapato, espumas flexíveis, pneus, fibras, plásticos, entre outros. A configuração química do poliuretano possui uma grande variedade de isocianatos e polióis permite a síntese de não só de ligações uretânica, que são a base de sua classificação, mas também outros tipos de ligações (QUINI, 2013). Fator que aponta uma ampla gama de produtos, como pode ser observado na Figura 1.

Figura 1 – Reação de formação dos poliuretanos



Fonte: Quini, 2013

As membranas de poliuretano “[...] podem possuir células abertas ou fechadas tornando-as permeáveis ou impermeáveis ao ar e podem ser produzidas objetivando uma gama de propriedades que incluem maciez, resistência mecânica e resiliência, entre outras”, como aponta Soares (2012, p. 17).

Essa grande flexibilidade de ligações de reagentes que permite obter uma variedade de compostos com diferentes propriedades físicas e químicas. A estrutura do isocianato que reage com a composição de hidroxilas (poliois) forma uma flexibilidade de escolha de reagentes que permitem obter diferentes propriedades físicas e químicas, tendo como resultado o poliuretano. Os compostos contendo hidroxilas podem variar de acordo com sua massa, natureza química ou funcionalidade (QUINI, 2013).

Por se tratar de um polímero (isocianatos e poliois) possui muitas aplicações na indústria. Os polímeros são macromoléculas feitas de pequenas unidades chamadas monômeros (STREPHONSAYS, 2022). A partir dessas ligações químicas surge o poliuretano, que é feito de unidades orgânicas unidas por ligações de uretano.

O uretano é um composto químico flexível e maleável. Portanto, uretano pode ser moldado em diferentes formas, a fim de produzir produtos desejáveis. As principais aplicações do uretano incluem a produção de inseticidas, medicamentos veterinários e outros produtos farmacêuticos; às vezes é usado como solvente, em alguns casos, o uretano é usado para produzir plásticos (STREPHONSAYS, 2022, p. 1).

O uretano pode ser usado como um tipo de verniz, o uretano Spar, feito para aplicações externas, uma vez que é altamente resistente à água. Já o poliuretano é um composto químico rígido de unidades orgânicas feitas a partir de ligações de uretano, como vimos, a partir do processo de polimerização. As aplicações mais comuns do poliuretano usam suas propriedades rígidas, que incluem a formação de espuma rígida para amortecimento, produção de sola de calçados, volantes, painéis, para-choques na indústria automotiva, refrigeradores, entre outros (STREPHONSAYS, 2022).

Até o presente, importa entender a distinção entre o poliuretano do uretano, que acordo com Anderson (2021, p.1):

O poliuretano nada mais é que um polímero, que é um composto químico ou mistura de compostos formado pela polimerização, e que consiste essencialmente de uma estrutura de unidades que se repetem [...] Tecnicamente, o uretano é só um grupo químico, enquanto o poliuretano é um material que incorpora vários agrupamentos de uretano.

Anderson (2021, p. 1) expõe que o termo "poli" simplesmente significa que há vários uretanos em um produto, devido ao fato de que o grupo químico principal na

composição dos polímeros é o uretano. Isso representa a capacidade química do poliuretano que se trata de um composto que possui um grupo de uretanos em sua cadeia. O poliuretano é criado a nível intermolecular e por causa de suas várias ligações se converte em um material durável, moldável e com variedades de aplicações.

Percebe-se que essa utilidade de confecção dos materiais pode atender diversos tipos de demandas em termos de aplicação industrial, pois são caracterizados pela união química e física de dois ou mais elementos. Trata-se de composições, que oferecem propriedades específicas que não seriam alcançadas por cada um de seus componentes quando construídos separadamente. Por esse motivo, é possível desenvolver resinas a partir de fibras naturais com potencial de para obtenção de propriedades físicas e mecânicas desejáveis para o setor industrial (RIBEIRO, et.al., 2019, p. 2).

Do ponto de vista mecânico e da construção civil, observa-se as condições que, segundo Ribeiro (et.al, 2019, p. 2) “atendam condições gerais de serviços com mínimas mudanças de suas propriedades ao longo do seu ciclo de vida”. Essa característica de substância que permite a combinação de dois ou mais materiais insolúveis entre si, formam um material de engenharia que surge da reação entre polímeros. As combinações possíveis podem utilizar fibras sintéticas ou naturais como agentes de reforçamento para aplicações estruturais, podendo ser obtidas de uma variedade de formas como mantas e preformas têxteis de diferentes arquiteturas (SILVA, 2003, p. 3).

Para servir aos interesses produtivos industriais importa que o material mantenha suas características e propriedades em perfeitas condições de serviço. A maior preocupação está na ocorrência de fraturas, fissuras, infiltrações etc. Em resposta a isso, o desenvolvimento tecnológico investiga um revestimento de maior resistência aos fatores ambientais como radiação ultravioleta, temperaturas elevadas e umidade. Além de que “as propriedades mecânicas de maior interesse são: resistência à tração, compressão, flexão, impacto, fadiga e abrasão, além do modulo de elasticidade em tração e flexão, dureza e tenacidade à fratura” (SILVA, 2003, p. 6).

CAPÍTULO 2- CONSIDERAÇÕES SOBRE O REVESTIMENTO URETANO

Coutinho e Depelch (1999, p. 43) levantam um contexto importante acerca da composição de revestimentos de superfície. Elas analisam que são formados por dois componentes básicos, o aglutinante que é responsável pela formação do revestimento e um líquido volátil que promove a viscosidade adequada. Existe também revestimentos em pó, não líquido, formado à base de polímeros aplicados na superfície por influência de carga eletrostática e “subsequentemente coalescem por aplicação de calor podendo resultar em revestimento termoplástico ou termo rígido e os aglutinantes, formados por óleos vegetais ou resinas sintéticas” (COUTINHO; DEPELCH, 1999, p. 43).

O termo “revestimento” é bem complexo, pois engloba tintas, vernizes, esmaltes lacas, etc. No entanto, interessa-nos que o revestimento uretano é uma resina que possui como base água ou solvente e pode originar dois tipos de revestimentos, os de superfície ou selantes, como apontam Coutinho e Depelch (2019, p. 44) lembram ainda que:

Os revestimentos de superfície, de cuja categoria os vernizes fazem parte, são formados por cadeias de alto peso molecular, podem ou não ser reticulados e formam um filme contínuo sobre o substrato. Os selantes, por serem de mais baixo peso molecular, não formam filmes de textura apreciável na superfície do substrato, tendo como função sua proteção (COUTINHO; DEPELCH, 1999, p. 44).

O piso uretânico é um piso de alto revestimento, fabricado a partir da resina uretânica. São revestimentos de superfície ou selantes são formados por cadeias de alto peso molecular (COUTINHO; DEPELCH, 2019), por isso, sua estrutura química permite formar ligações com fibras vegetais para produzir um poliuretano com base vegetal. Essa é a característica do piso uretânico, sendo que essa é apenas uma denominação, para um revestimento de poliuretano.

A BASF avalia sua função de proteger pisos de indústrias químicas, alimentícias, farmacêuticas entre outros locais que precisam garantir padrões higiênico-sanitários adequados e meios mecânicos para operações com movimentação de veículos e cargas que são processos abrasivos e de impacto. Por isso, uma alternativa para o mercado industrial é a utilização de tipos de revestimentos de pisos com capacidade de criar barreiras que evitam a corrosão por esses agentes (BASF, 2019).

O revestimento uretânico é um material que possui grande capacidade de absorção de energia. Sua composição deve suportar o tráfego de maquinários pesados, a circulação de veículos, resistir ao choque térmico, à produtos químicos, baixas temperaturas ou infiltração. Zonta (2019, p. 13) descreve que o piso uretânico é um revestimento

monolítico (sem juntas) a base de concreto uretânico, possui propriedades flexíveis, suportando grandes deformações. Ainda:

Uma característica importante é que permite a liberação do tráfego em até 12h depois da aplicação, o acabamento superficial depende da área, podendo ser liso ou antiderrapante. É um revestimento adequado para elevadas ações químicas, ciclos térmicos, possui boa resistência à abrasão e impactos moderados (ZONTA, 2019, p. 13).

Ademais, Zonta (2019, p. 14) expõe que o revestimento uretânico é dividido em dois tipos de produtos para serem comercializados, sendo o autonivelante e o espatulado. A diferença está na forma de aplicação, espessura e acabamento superficial. No estudo de caso apresentado nessa pesquisa, pode-se observar que são compostos por três componentes pré-dosados, prontos para mistura e aplicação. Sua composição é constituída por agregados pré-selecionados, graduados e interligados por aglomerante pigmentado à base de resina de poliuretano.

A distinção do autonivelante está no seu processo de cura que, quando curado, produz uma superfície lisa, com espessuras variando de 4 a 5mm. O espatulado é um tipo de revestimento para pisos industriais com alto desempenho, aplicado em camada única de espessura final de 6 a 7mm, com acabamento fosco, ligeiramente texturizado e antiderrapante (ZONTA, 2019, p.14).

Cabe ressaltar que, a BASF produz um tipo de revestimento uretânico denominado Ucrete HF, um componente colorido de concreto uretânico (BASF, 2022). Trata-se de um tipo de revestimento uretânico argamassado de alto desempenho, com resistência à agentes químicos agressivos e impacto pesado e temperaturas de até 150°C. A empresa também fabrica o Ucrete WR, um tipo de revestimento uretânico para a execução de rodapés e aplicações verticais. O material possui desempenho para resistir à agentes químicos, impacto pesado e temperaturas de até 130°C.

Sua composição possui misturas por polimerização de isocianatos e polióis com uma ligação química a partir da fibra vegetal. Tais fibras podem ser derivadas do coco, sisal entre outros vegetais. Isso revela que, “Os poliuretanos vegetais possuem alta durabilidade e facilidade de aderência ao concreto, madeira e outros materiais” (BARBALHO; SILVA, 2018, p. 271).

Silva (2003, p. 20) aponta que as resinas de poliuretano podem ser derivadas tanto do petróleo como de fontes naturais renováveis como o óleo vegetal. Para tanto, a autora afirma que “as fibras vegetais são constituídas basicamente de celulose e de uma quantidade relativamente alta de lignina e hemicelulose, que influi diretamente em suas

propriedades adesivas. Nos compósitos a celulose é responsável pela ligação das fibras aos polímeros”.

Através do óleo da mamona, produzido por sementes, composto principalmente pelo ácido rinoléico, se extrai o polímero conhecido como poliuretano. Dentre as técnicas existentes destaca-se a “impermeabilização em poliuretano que é aplicada através de uma membrana homogênea de poliuretano, que é impenetrável, com alta durabilidade, capacidade elástica e excelente aderência ao concreto” (BARBALHO; SILVA, 2018, p. 272).

Nesse sentido, o revestimento Ucrete é descrito como uma combinação de poliols mais isocianatos, ligado a carga mineral reativa, tendo o óleo vegetal como um de seus componentes. O processo de aplicação requer cuidados quanto a mistura homogênea em proporção adequada, e características específicas de cada produto, de acordo com a especificação do fabricante.

2.1- Uso do Poliuretano para Revestimento de Pisos

Quando se busca projetar um espaço deve-se definir questões sobre onde o piso será instalado, se é área interna, externa, a quantidade de tráfego e o fluxo que esse piso receberá, a fim de traçar um perfil acerca da resistência à abrasão, por exemplo. Nesse caso, algumas opções de revestimentos de pisos para áreas de alto tráfego são os cimentícios, os asfálticos e os poliméricos, onde os tipos de revestimentos são classificados de acordo com o material constituinte principal da camada impermeável (ABNT NBR 9575:2010). A escolha do material depende do projeto, podendo utilizar materiais como o asfalto, as mantas e membranas asfálticas, membranas de poliuretano, entre outros.

Deve-se observar diversos parâmetros para a escolha da tipologia do piso de acordo com o projeto em questão, que devem estar associados à disponibilidade de materiais, durabilidade, economia e tempo. Os pisos estão sujeitos a ações de força e pressão e deformações por retração, dilatação e empenamento. Sendo assim, o projeto de execução do pavimento dos pisos deve analisar as tensões nas placas resultantes de esforços aplicados por cargas externas ou variações volumétricas. O material precisa ter capacidade de absorver esforços considerando seu comportamento elástico e sua resistência à abrasão (BELO; MELO, 2020).

O piso uretano é um método de revestimento indicado para indústrias, empresas e diversos outros setores que buscam aprimorar seus processos de trabalho, pois permite um sistema que proporciona higiene adequada, melhorando a locomoção de pessoas, maquinários e equipamentos. A figura 2 demonstra uma indústria alimentícia que utiliza piso uretânico em suas instalações.

Figura 2 – Exemplo de piso uretano na indústria alimentícia



Fonte: RC Pisos (2019)

A imagem acima mostra um tipo de piso uretano argamassado com propriedades antibacterianas, ideal para indústrias de alimentos e bebidas, frigoríficos, petroquímicas, usinas sucroalcoleiras e indústria química em geral. Esse revestimento é aplicado em única camada e permite um acabamento final antiderrapante. Possui como característica a resiliência, resistência ao tráfego e excelente aderência (MASTERBUILDERS, 2018).

Outro exemplo de piso uretano é o piso autonivelante. Trata-se de um revestimento tricomponente, à base de resina uretânica com aplicação em única camada, com resistência física, química e térmica, como mostra a figura 3 a seguir. Sua aplicação é indicada em indústrias de alimentos e bebidas, indústria farmacêutica, hospitais, laboratórios e clínicas, indústria automobilística, hangares, etc (ENGENHARIASUPERFÍCIE, 2020).

Figura 3 – Exemplo de piso uretano autonivelante no setor industrial



Fonte: Engenharia Superfície (2020)

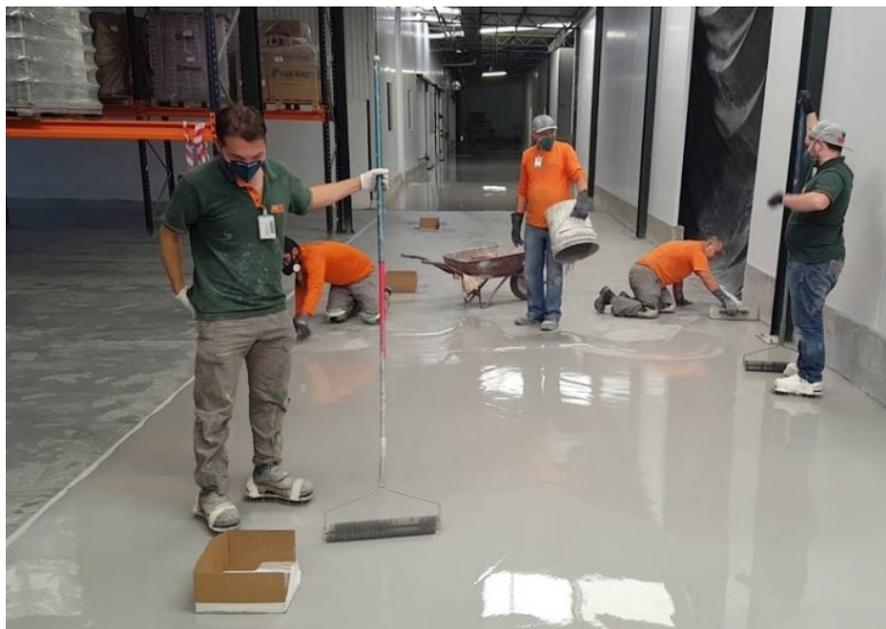
Em decorrência da evolução tecnológica, é preciso avaliar os cuidados e melhorias dos pisos já existentes, sendo que a aplicação de poliuretano possui capacidade autonivelante podendo corrigir imperfeições nas superfícies, servindo também como acabamento final. A Figura 4 ilustra o uso do piso uretânico no setor industrial e a Figura 5 no setor administrativo.

Figura 4 - Exemplo de piso uretânico no setor industrial.



Fonte: Concrecor (2019).

Figura 5 - Aplicação de Piso Uretânico no setor administrativo



Fonte: Total Construção (2020)

Os estacionamentos, heliportos e rampas de acesso podem ser, do mesmo modo, revestidos com poliuretano, uma vez que promove uma superfície lisa, livre de corrosão e rupturas. Os sistemas são protegidos de ações do intemperismo, assim como desgaste pelo tempo. Dentre os seus diversos usos, a Figura 6 apresenta um heliporto na laje de cobertura de um edifício com revestimento de poliuretano.

Figura 6 – Impermeabilização de uma laje de cobertura com poliuretano



Fonte: RCVedação

A Figura 7 ilustra um exemplo de impermeabilização com poliuretano em um estacionamento e rampas de acesso, com capacidade de amortecimento do impacto mecânico.

Figura 7 – Rampa de acesso estacionamento impermeabilizada com poliuretano



Fonte: RCVedação

Os produtos utilizados na proteção superficial devem atender à capacidade de impenetrabilidade, bem como uma avaliação acerca do melhor tipo de revestimento e manutenção do mesmo. Daí a relevância de avaliar os procedimentos de aplicação.

2.2- Análise sobre a Aplicação de Revestimentos de Poliuretano

Acerca da aplicação de revestimentos de poliuretano, é importante observar sua elaboração de acordo com a estrutura, instalação e automação. Viu-se que, a utilização do revestimento do piso com poliuretano contribui para a proteção da superfície ao contato com a água, oxidação e micro-organismos. Sua aplicação pode ser realizada a quente ou a frio, estruturados ou não por telas, moldados in loco, com uso ou não de camada de proteção mecânica. Importa que a membrana de poliuretano tenha a função de vedar, e servir como acabamento final.

A aplicação do poliuretano de revestimento necessita de procedimentos que se iniciam com o tratamento a superfície, de modo que fique limpa, livre de poeira, partículas, óleos ou graxa (QUINI, 2013, p. 3). Recomenda-se a lavagem da superfície e, do mesmo modo a aplicação de pontes de aderência com argamassa de reparo para que

não haja emendas ou rachaduras no local de emprego da resina. A preparação da resina de poliuretano delimita que:

O substrato deve se encontrar firme, coeso, seco, regular, limpo, isento de corpos estranhos, restos de fôrmas, pontas de ferragem, restos de produtos desmoldantes ou impregnantes, falhas e ninhos; com declividade nas áreas horizontais de no mínimo 1% em direção aos coletores de água. Para calhas e áreas internas é permitido o mínimo de 0,5%. Cantos devem estar em meia cana e as arestas arredondadas (ABNT NBR 9574:2018).

Acerca do processo de aplicação das camadas de poliuretano, a ABNT NBR 9574:2018, aponta ser necessário quando:

Havendo mais de um componente, adicioná-los, misturando homogeneamente, de forma mecânica ou manual. Uma vez misturados os componentes, o tempo de utilização da mistura não deve ultrapassar o tempo de manuseio. Aplicar sobre o substrato, caso necessário, uma demão de imprimação, aguardar secagem. Da utilização de estruturante este deve ser posicionado após a 1ª demão do produto e ser totalmente recoberto pelas demãos subsequentes. (ABNT NBR 9574:2018).

O processo de aplicação do revestimento de poliuretano, quando aplicado em sua forma pastosa sobre o substrato, proporciona uma superfície lisa, sem emendas, reduzindo assim o risco de infiltração e ruptura. Tal aplicação consiste “basicamente em espalhar o material sobre o substrato da estrutura, com a utilização de uma brocha, trincha, rolo, rodo nivelador ou equipamento *airless*, sempre respeitando as condições de aplicação conforme descrição do fabricante” (QUINI; FERRAZ, 2013, p. 7).

Além disso, a ABNT NBR 9574:2018, assevera que para a proteção de superfícies é recomendado a proteção mecânica, quando há possibilidade de agressão mecânica. No caso de uma aplicação onde haja tráfego de pessoas ou veículos, o sistema deve obter características de impermeabilização transitável, pois recebe tráfego direto de pessoas e veículos. Para que o sistema de poliuretano atenda ao que se propõe, é necessário compor um conjunto de camadas, constituindo um tipo de poliuretano trafegável. De acordo com a MC-Bauchemie (2019), esse sistema teve origem na América do Norte e é amplamente utilizado para impermeabilização de lajes de estacionamento.

Outra característica que acarreta a popularização de sistemas de revestimento com poliuretano é a sua maior simplicidade de aplicação, pois em diversos casos dispensa a camada de proteção mecânica, boa aderência do substrato e por obter resistência para tráfego de veículos e produtos agressivos, por exemplo (VASCONCELOS, 2015, p. 33). Além do mais:

[...] é fundamental que a construtora e aplicadores tenham em mente que o acabamento final está relacionado a um substrato íntegro e bem acabado, bem como outros detalhes de preparação da estrutura, sendo necessário adotar técnicas de concretagem da laje e adoção de soluções para correções de patologias que possam ser encontradas no substrato para um bom acabamento e desempenho do sistema (GRANATO, 2013, p. 4)

Pode-se observar que existem requisitos básicos que orientam a aplicação da resina de poliuretano, a fim de garantir sua funcionalidade e trabalhabilidade. Esses são fatores essenciais para orientar os especificadores, construtores e executores para as melhores execuções de projetos que receberão revestimentos de alto desempenho, como no caso das resinas de poliuretano.

Ocorre que, os sistemas devem ser tratados apropriadamente, a superfície deve estar regularizada com situações adequadas para o sistema, observando trincas, fissuras, juntas, ralos que devem ser tratados e reparados para atender o padrão estabelecido. A aplicação deve ser realizada com a superfície curada, pois vento, temperatura, e umidade acarretam na evaporação rápida da água da mistura, sendo que, fatores de diferenças térmicas e retração de secagem podem originar fissuras (GRANATO, 2013, p. 7).

Durante a aplicação a mistura deve ser feita por agitação mecânica para tornar-se homogênea com cor uniforme, devendo ser aplicado uniformemente em toda a superfície. O piso deverá ser espalhado com o rodo ou desempenadeira e ser estendido com rolo de pintura, a fim de eliminar eventuais bolhas de ar da mistura. Deve-se utilizar ainda pincel em locais onde o manuseio do rolo não seja indicado, como frestas e fissuras, por exemplo (QUINI, 2013, p. 3)

Nesse sentido, o capítulo seguinte busca demonstrar um procedimento de aplicação da resina de uretano, por parte de uma empresa localizada em Uberlândia – Minas Gerais. A intenção desse tópico na pesquisa é justamente avaliar na prática os procedimentos realizados para a aplicação do revestimento com base de poliuretano. Essa avaliação foi realizada durante trabalho de campo por meio de observação e participação nos respectivos procedimentos.

CAPÍTULO 3 – ESTUDO DE CASO

Neste capítulo busca-se apresentar algumas técnicas realizadas para a aplicação de piso de poliuretano, tendo como referência o piso uretânico. A aplicação do piso foi feita por uma empresa localizada no município de Uberlândia – MG e por questões de sigilo, a pesquisa não identifica a empresa. Assim, o estudo de caso quer demonstrar algumas técnicas acerca da aplicação do piso de uretano que puderam ser observadas *in loco*, durante a visita do pesquisador à empresa.

A empresa utiliza uma linha de pisos de alto desempenho com tecnologia uretânica que confere resistência química, mecânica e térmica. Trata-se de revestimentos desenvolvidos para se adequar em áreas expostas a processos agressivos em termos físicos e químicos, como encontradas nas indústrias de alimentos e bebidas, químicas e farmacêuticas. Os revestimentos Ucrete formam superfícies homogêneas com poucas juntas, demonstrando propriedades antiderrapantes garantindo a segurança e termos de higiene (MASTER BUILDERS, 2022).

3.1- Materiais e Métodos

Nesse estudo, foi analisado um piso de indústria alimentícia, do ramo de laticínios que investe constantemente na modernização do processo industrial. A indústria utiliza em suas instalações diversos produtos químicos para produção e limpeza, assim como situações diversas que comprometem o piso e, conseqüentemente, influenciam na sua produção e lucro. Por isso, a empresa contratada, foi solicitada a realizar a aplicação do piso de poliuretano.

3.1.1- Micro furos

O processo teve início com uma visita à indústria para atender a uma reclamação da solicitante com relação a pequenos furos no piso de poliuretano aplicado anteriormente. A priori, esses micro furos não influenciavam na resistência aos impactos provenientes da produção da indústria, porém, por questões de insatisfação com a aplicação da resina anterior, a fabricante foi contatada para comprovar a eficácia do piso (Figura 8).

Figura 8- Presença dos micro furos do revestimento anterior



Fonte: Fabricante

No presente estudo de caso, foi observado essa reclamação por parte da indústria que busca um meio para reparação desse problema. Em resposta, a fabricante do piso Ucrete assegura que mesmo com a existência de micro furos o piso é indicado para a indústria em questão, pois possui ação bacteriostática que cria um filme de proteção contra a proliferação de bactérias. Porém, a comprovação da resistência foi avaliada a partir de testes que consistiram em:

- **Ensaio Microbiológico**

Teste de higiene certificados e realizados pela empresa fabricante do piso Ucrete, atestado mediante a avaliações microbiológicas realizadas de forma independente. O ensaio que comprovou a eficácia de uma gama de desinfetantes industriais, ainda utilizando-se um organismo de teste, o *Aspergillus niger*¹, conforme apresentado no quadro abaixo:

¹ *Aspergillus Niger*: fungo é um tipo de molde, que possa às vezes ser atribuído à causa de alguns casos da pneumonia. É igualmente o agente causal de fungos em partes externas de determinados alimentos, tais como abricós, cebolas, uvas, etc. - consequentemente fazendo a *Aspergillus niger* organismo de uma deterioração do alimento.

Figura 9 – Teste Microbiológico a partir de desinfetantes industriais

Conteúdo inicial de micro-organismos 650000 KbE/ 25cm ²			
Desinfetante	KbE/25cm ² após um tempo de reação de		
	1 h	24 h	72 h
p-chloro-m-cresol, 0,3 %	720 / 2100	< 10 / < 10	< 10 / < 10
Cloreto de amônia alquil dime-til benzil a 0,1 %	328 / 148	< 10 / < 10	< 10 / < 10
p-toluenossulfonila clorami-da-Na a 5 %	130 / < 10	< 10 / < 10	< 10 / < 10
Formaldeído a 5 %	6000 / 2500	< 10 / < 10	< 10 / < 10
Etanol , 70 %	< 10 / < 10	< 10 / < 10	< 10 / < 10
Referência: Água	35.000 34.000	1500 / 270	< 10 / < 10

Fonte: Fabricante

A empresa fabricante certificou que, após 72 horas, não houve nenhum desenvolvimento de microrganismos, nem mesmo no teste de controle realizado apenas com água. O quadro de testes acima, comprova que o revestimento não favorece o desenvolvimento biológico. Assim, a fabricante assegura um piso higienizado desde o momento da limpeza até a retomada da produção.

Ainda, a fabricante afirma que o revestimento não desenvolve em sua superfície, mesmo que nos micro furos anunciados, microrganismos. Assim, comprometeu-se a garantir a proteção bacteriostática, mostrando-se ser um sistema ideal para aplicações em indústrias alimentícia e farmacêutica.

- **Ensaio de Arrancamento**

Outro teste realizado pela fabricante do piso poliuretano Ucrete é o ensaio de arrancamento, que consiste em comprovar a resistência à tensões normais ou tangenciais atuantes na interface do substrato. É testado também a resistência a tração, o qual é obtida a tensão máxima suportada por um corpo de prova de revestimento, na interface em avaliação, quando submetido a um esforço normal de tração. (Figura 10)

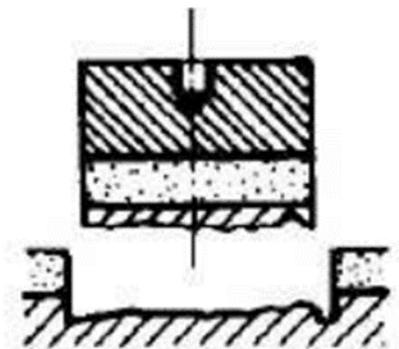
Figura 10 – Teste de Arrancamento realizado pela fabricante



Fonte: Fabricante

Conforme rupturas e ensaios realizados *in situ*, foi observado que a ruptura acontecera foi no substrato, conforme seguinte figura.

Figura 11 – Esquematização da ruptura do substrato



Fonte: Fabricante

A partir dos ensaios, a fabricante concluiu que, micro furos não tiveram nenhum impacto no quesito arrancamento. Após a realização do acompanhamento técnico a fabricante avalia que os procedimentos de aplicação adotados pela empresa contratada para aplicação do piso estão de acordo com as orientações técnicas. Desse modo, inicia-se a aplicação do piso, posterior à fase de testes.

3.1.2- Observação do Procedimento de Aplicação do Revestimento

Após a fase de testes, a observação do procedimento de aplicação do revestimento foi realizada nos dias 16, 17 e 18 de novembro de 2020, nas dependências da indústria, sendo executada pela empresa contratada, localizada em Uberlândia-MG. A inspeção foi baseada em avaliação visual, com análise técnica do fato e condição relativa à desempenho e registro fotográfico, mediante verificação *in loco* do revestimento. A inspeção procede aos possíveis diagnóstico das manifestações patológicas e/ou falhas de aplicação que interferem e prejudicam o a utilização do revestimento, sua performance e segurança que tenham interface direta com os usuários.

Primeiramente, para que a aplicação do piso fosse realizada, a empresa forneceu um documento que traz todas as normas e procedimentos para a aplicação. Sendo assim, o processo inicial consistiu na apresentação de uma Ficha de Verificação de Serviço (FVS), como apresentado na tabela seguinte:

Tabela 1 - Ficha de Verificação de Serviço de aplicação do piso de uretano (FVS)

	FICHA DE VERIFICAÇÃO DE SERVIÇO - PISO URETANO			OBRA:	AMBIENTE:	INSPEÇÃO - CONSTRUTORA
	LEGENDA: X= = Reinspecionado e Reprovado O= Aprovado			DATA ABERTURA	DATA FECHAMENTO	
ITENS DE VERIFICAÇÃO	TOLERÂNCIA ADMISSÍVEL	EQUIPAMENTO UTILIZADO	METODOLOGIA DE INSPEÇÃO	AMOSTRAGEM	FOTOS (identificação/ nº das fotos em anexo)	
Conferência dos Materiais.	0	V I S U A L	O Revestimento Uretânico é composto por um Kit de 3 componentes: Ucrete HF: Parte1: 2,38 kg Ucrete HF: Parte 2: 2,26 kg Ucrete HF: Parte 3: 25,00 kg	N.A		
Conferência e análise de fissuras estruturais e juntas de dilatação.	0	V I S U A L	Verificar se o piso e "muretas" de concreto possuem fissuras estruturais, para análise e tratamento antes da aplicação da Resina Uretânica. As juntas de dilatação do piso, devem ser no mesmo alinhamento das juntas de dilatação da "mureta".	N.A		
Preparo do piso de concreto para recebimento da Resina Uretânica.	N.A	V I S U A L	Fresagem do piso, para retirada da camada superficial, execução de cortes para ancoragem (próximo das paredes, muretas, juntas de dilatação e em volta dos ralos). Limpeza: Aspiração total dos resíduos (Como melhoria: Varrer com vassoura de pelo + Passar pano limpo e seco.)	N.A		
			Aferição da temperatura antes do início	Horário 1: Aferiç		

Análise da temperatura do substrato (piso e mureta) e dos materiais.	IIinferior a 30°C	Termômetro	da aplicação da Resina Uretânica e a cada 2 horas, devendo ser menor que 30°C. Aferição da temperatura do materiais, conforme abaixo. Temperatura dos Materiais x Tempo de mistura após adição da Parte 3: < 10°C : 6 minutos 10°C à 14°C: 5 minutos 15°C à 19°C: 4 minutos 20°C à 24°C: 3 minutos > 25°C: 2 minutos	Horário 2: Aferição: Horário 3: Aferição:			
Levantamento da área a ser aplicada a Resina Uretânica, para separação dos Kit's (3 componentes).	N.A	V I S U A L	Separação dos Kit's da Resina Uretânica, de acordo com a área total a ser aplicada. Para definição do consumo final por m ² , deve-se multiplicar a densidade do produto (2,21Kg/m ²) pela espessura do revestimento. Exemplo: d = 2,21 x 6 (espessura final do revestimento) = 13,26Kg por m ² x Área de aplicação = Total de kg à ser utilizado. Obs.: 1 Kit possui 29,56 kg.	Área 1: Quant. Kit's: Área 2: Quant. Kit's: Área 3: Quant. Kit's: Área 4: Quant. Kit's:			
Controle do consumo do material por Kit/ Kg por m ² , para garantir a espessura exigida no Projeto.	+ - 2 mm	VISUAL ou Cartão De Medidas	Identificação das áreas com a quantidade de Kit's que deverão ser aplicados, para controle do consumo. Realizar amostragem in loco da espessura, através de "cartão" com a medida que devemos atingir, conforme especificação do Projeto.	Cons. Área Aferição: 1: Cons. Aferição: Área 2: Cons. Aferição: Área 3: Cons. Aferição: Área 4:			
Acopanhamento da aplicação da Resina Uretânica.	N.A	V I S U A L	Preparação da Resina Uretânica (misture os componentes 1 e 2, por 30 seg. à 60 seg., até obter coloração homogênea/ cor caramelo claro, adicione o componente 3 aos poucos até incorporar todo o agregado, seguir tempo necessário de mistura, conforme temperatura dos materiais, citado na tabela acima). Espalhamento com desempenadeira "dentada" metálica, de acordo com a espessura do revestimento, acabamento com a desempenadeira lisa, finalização com a acabadora mecânica de piso e com o rolo de para pintura (2 a 3 vezes no máximo, para não perder o aspecto antiderrapante). Obs.; Utilizar 2 baldes/ recipientes e 2 misturadores mecânicos, para alternar na utilização, preparo e mistura dos materiais.				
Acabamento dos Ralos.	0	V I S U A L	A aplicação da Resina Uretânica deverá ser finalizada na borda externa do ralo, em seguida, realizar o acabamento final manualmente em volta do mesmo.				
Aplicação da Resina Uretânica nas "Muretas".	N.A	V I S U A L	Controle de temperatura e acabamento. Não poderá ocorrer "queima" da resina pelo excesso do período de aplicação (para não termos diferenças de tonalidades do produto final). Após a aplicação, em seguida, finalizar o acabamento com rolo de pintura (nas paredes das muretas) e pincel (na parte superior da mesma).				

Acabamentos Finais.	N.A	V I S U A L	Aplicação do selante a base de poliuretano entre a "mureta" e a divisória em isopainel. Corte e tratamento das juntas do piso (aplicação de Poliureia) e limpeza final das áreas concluídas.				
Inpecionado por (nome e assinatura):							
Assinatura/ Resp. Construtora:			Assinatura Gerenciadora:				
Preencher em caso de reprovações.							

Fonte: o autor

Nessa ficha teve-se acesso a um documento com a função de coletar dados e procedimentos para aplicação que se inicia com a verificação dos itens como:

- A conferência dos materiais;
- A conferência da existência de fissuras estruturais e juntas de dilatação;
- Preparo da base para o recebimento de resina uretânica;
- Análise da temperatura do substrato, pisos, muretas e dos materiais;
- Levantamento da área a ser aplicada a resina para a separação dos Kits;
- Controle do consumo do material por kit/Kg por m³ para garantir a espessura exigida no projeto;
- Acompanhamento da aplicação da resina uretânica;
- Acabamento dos ralos;
- Aplicação da resina uretânica nas muretas;
- Acabamentos finais.

Uma vez que o objeto da reclamação eram os microfuros, fez-se necessária a investigação do fato e elaboração de padrões a serem seguidos durante a execução do serviço de aplicação de uretano. Sendo assim, seguiu-se rigorosamente com os procedimentos implantados na ficha de verificação de serviço (FVS). Uma análise no local foi feita, na qual alguns parâmetros deveriam ser observados, como:

- Existência de fissuras estruturais no piso de concreto e muretas - isso evitaria fissuras por fins estruturais no revestimento uretânico.
- Sentido do corte das juntas de dilatação deveriam coincidir com o sentido do corte da dilatação do piso de concreto evitaria fissuras por dilatação no revestimento uretânico.

- Análise da fresagem feita no piso pelo contratado e cortes executados no piso e nas muretas para ancoragem do revestimento uretânico para impedir o deslocamento do revestimento.
- Limpeza do local de aplicação, deve ser feita a aspiração total dos resíduos decorrente da fresagem/corte, de modo melhorar a ancoragem e a não contaminação do revestimento uretânico ao piso/mureta.
- Aferição de temperatura antes do início da aplicação do revestimento e a cada 2 horas, devendo ser menor que 30°C, o que garantiria a temperatura ótima do material para que não houvessem fissuras, trincas ou formação de microbolhas.
- O Controle do consumo do material por Kit/ Kg por m², para garantir a espessura exigida no Projeto. Trata-se da identificação das áreas pela quantidade de Kit's que deverão ser aplicados, para controle do consumo. É preciso realizar amostragem *in loco* da espessura, através de "cartão" com a medida que se deve atingir, conforme especificação do Projeto.

Por se tratar de um revestimento tricomponente, faz-se necessária a separação de todos os componentes para garantir um consumo adequado conforme a área de aplicação. Feito isso, foi realizado o cálculo da área, a partir da medição da área e conferência da temperatura da área e verificação de fissuras.

Em seguida foi preciso realizar o levantamento da área a ser aplicada a resina uretânica, bem como a separação dos três componentes que fazem parte do revestimento (Kit's). A metodologia indicava a separação dos Kit's da resina uretânica, que devem estar de acordo com a área total a ser aplicada. Para definição do consumo final por m², multiplicou-se a densidade do produto (2,21Kg/m²) pela espessura do revestimento por exemplo: $d = 2,21 \times 6$ (espessura final do revestimento) = 13,26Kg por m² x Área de aplicação = Total de Kg à ser utilizado. O cálculo foi baseado tendo em vista cada kit que possui 29, 56 kg.

Na Figura 12, é possível ver os materiais que foram verificados antes de iniciar a aplicação do piso, sendo o componente 1 o recipiente com tampa branca e o componente 2 o recipiente com tampa azul.

Figura 12– Separação dos componentes 1 com tampa branca e 2 com tampa azul



Fonte: o autor

Os componentes 1 e 2, conforme a FVS, eram compostos pelo mesmo material, o que traziam de diferente é a coloração do agregado. A preparação do componente 1 com o 2 foi feito com o misturador elétrico para misturar o agregado, o mineral reativo que se trata do componente 3. Na Figura 13 observa-se a separação do componente 3.

Figura 13- Separação do agregado (componente 3)



Fonte: o autor

Após a verificação dos materiais, iniciou-se o processo de conferência da existência de fissuras estruturais e juntas de dilatação. Na metodologia de inspeção deve

ser verificado se o piso possui fissuras estruturais. Se sim, deve ser realizado um tratamento prévio à aplicação da resina uretânica (Figura 14).

Figura 14 – Fissuras de retração anterior à aplicação do uretano



Fonte: o autor

As juntas de dilatação do piso, devem ser no mesmo alinhamento das juntas de dilatação do revestimento. Pela Figura 15 é possível ver uma fissura que deve ser tratada antes da aplicação.

Figura 15 – Exemplo de fissuras encontrada durante a inspeção visual



Fonte: o autor

Tendo sido inspecionada a existência de fissuras no piso, iniciou-se o preparo da base para o recebimento da resina uretânica. Assim, realizou-se a fresagem do piso, para retirada da camada superficial, execução de cortes para ancoragem (próximo das paredes, muretas, juntas de dilatação e em volta dos ralos) e a limpeza com aspiração total dos resíduos. A Figura 16 ilustra a aplicação do primer nas muretas, para posterior aplicação do uretano.

Figura 16 – Emprego do prime em muretas para iniciar a aplicação



Fonte: o autor

A fresagem do piso foi feita com a politriz que consistem em uma máquina com lixadeira grossa, para poder desbastar o piso. Para não gerar poeira foi acoplado à politriz um aspirador que tinha a função de sugar a poeira para melhorar a aplicação do produto no piso limpo (Figura 17).

Figura 17 – Fresagem do piso com o equipamento politriz



Fonte: Finiti Equipamentos, 2022.

Feita a fresagem, preparou-se a resina do poliuretano, misturando o componente 1 e 2, e adicionando o agregado conforme o tempo, coloração e espessura do material, feito com o misturador elétrico, conforme Figura 18.

Figura 18- Homogeneização da resina uretânica com misturador elétrico



Fonte: o autor

Os materiais devem ter temperatura com tolerância admissível de 30C°, e a aferição da temperatura antes do início da aplicação da resina uretânica deve ser feita a cada 2 horas. Isso porque, o tempo de mistura depende da temperatura dos materiais. Sendo assim, entende-se que: Temperatura dos materiais x Tempo de Mistura após Adição da parte 3, como mostra a tabela. A aferição da temperatura dos materiais deveria estar com temperatura de acordo com a tabela 2 abaixo.

Tabela 2 – Temperatura da mistura dos componentes de acordo com o tempo

Temperatura dos Materiais	Tempo de Mistura após adição da parte 3
< 10°C	6 minutos
10°C à 14°C	5 minutos
15°C à 19°C	4 minutos
20°C à 24°C	3 minutos
> 25°C	2 minutos

Fonte: o autor

Além do consumo, foi necessário conferir o tempo de mistura dos componentes - mistura do componente 1 e 2 que deveria estar entre 30~60 segundos até que se obtivesse uma mistura homogênea; a seguir era adicionado o componente 3, aos poucos, até que todo o agregado mineral reativo (componente 3) fosse adicionado, conforme temperatura do material, observado na tabela 2. Esse procedimento foi realizado para evitar a formação de bolhas de ar no revestimento durante a sua aplicação. Logo após, realizou-se a análise da temperatura do substrato e dos materiais, conforme indica a Figura 19.

Figura 19 – Aferição da temperatura da base de aplicação



Fonte: o autor

Consequente, o espalhamento do material foi feito com o uso de uma desempenadeira dentada metálica, para garantir a espessura do revestimento. A Figura 20 mostra como foi realizada a aplicação do piso com desempenadeira dentada para realização do espalhamento do produto no piso.

Figura 20 – Espalhamento do material uretano com desempenadeira dentada



Fonte: o autor

Com uma espátula foi feita a conferência da espessura do revestimento uretânico (Figura 21). A espessura depende das condições do local e do acabamento da superfície e a partir desse procedimento visual exposto na figura, pode-se avaliar a espessura de acordo com a densidade do material em função da área de aplicação.

Figura 21 - Conferência da espessura da resina uretânica



Fonte: o autor

Já o acabamento foi feito com a desempenadeira lisa para uma melhor planicidade do revestimento (Figura 22).

Figura 22 – Acabamento do piso com desempenadeira lisa



Fonte: o autor

A finalização do acabamento foi feita com o uso de uma “acabadora mecânica de piso” figura 23 e com o rolo de lã para pintura (Figura 24). Esse procedimento, permitiu uma melhor planicidade do revestimento, como foi solicitado pelo cliente.

Figura 23 – Finalização do piso realizado com a máquina alisadora



Fonte: o autor

Figura 24 – Finalização do acabamento com rolo de lã



Fonte: o autor

Após o acabamento não é recomendada a execução de retoques do revestimento, para evitar a alteração de coloração do revestimento. Com a finalização do acabamento, faz-se necessário o corte e o tratamento da junta com poliuréia. Essa ação trata de evitar a infiltração de resíduos e permitir que o revestimento trabalhe juntamente com a estrutura (Figura 25).

Figura 25 – Acabamento das juntas com revestimento de poliuréia



Fonte: o autor

No capítulo anterior, pôde-se observar a diferença entre o revestimento Ucrete WR e o revestimento Ucrete HF. No caso das muretas utilizamos o revestimento WR, indicado para proteção de rodapés e aplicações verticais como ralos, muretas e rodapés. Para o acabamento dos ralos, a aplicação foi finalizada na borda externa do ralo e, em seguida, o acabamento final manualmente em volta do mesmo (Figura 26).

Figura 26 – Acabamento nos ralos



Fonte: o autor

Para a aplicação da resina Uretânica nas muretas foi feito o controle de temperatura e, por fim, o acabamento. Após a aplicação foi preciso finalizar o acabamento com rolo de pintura (nas paredes das muretas) e pincel (na parte superior da mesma) (Figura 27).

Figura 27 - Aplicação da resina uretânica nas muretas



Fonte: o Autor

No acabamento final foi feita a aplicação de um selante a base de poliuretano entre a mureta e a divisória em isopanel, o corte e tratamento das juntas do piso, mediante a

aplicação de poliuréia e limpeza final das áreas concluídas (Figura 24). A poliuréia é um selante autonivelante desenvolvido para proteger juntas em pisos de concreto industrial sujeitos à cargas pesadas e ataques químicos. Nesse passo, por se tratar de uma indústria do setor alimentício, optou-se por utilizar este tipo de selante.

Figura 28 – Acabamento Final



Fonte: o autor

As imagens apresentadas demonstram o processo de aplicação do piso uretânico por parte da empresa na qual foi realizado o estudo de caso desta pesquisa. Cada figura apresentada mostra o processo inicial até o processo final da obra, observada durante visita de campo, bem como orientada pela Ficha de Verificação de Serviço de Aplicação do Piso de Uretano.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa apresentada buscou analisar a aplicação de revestimentos em superfícies de pisos industriais a partir da resina de poliuretano. Primeiramente, teve-se como base demonstrar os aspectos mecânicos, químicos e a aplicação das resinas de poliuretano, levando em consideração sua resistência, por se tratar de um material de alto desempenho. Assim, buscou-se avaliar as principais características do material poliuretano, evidenciando seu potencial de uso em revestimento de superfícies.

Contudo, a intenção foi analisar a resina de poliuretano como uma solução viável para projetos industriais. Isso porque, os sistemas de poliuretano possuem formulação denominada elastômeros com propriedades elásticas que podem manter certa flexibilidade, fator benéfico para absorção de choques, resistência à produtos químicos,

proliferação microbiológica e altas temperaturas. Dentre outras vantagens que levaram a estudar o tema é o fator econômico na construção civil que está em constante evolução. Sendo assim, os projetos que oferecem a vantagem da durabilidade, tendem além da preservação da estrutura, oferecer o acabamento final em uma obra.

Portanto, o objetivo maior consistiu em apresentar ao procedimentos que utilizam a resina de poliuretano em pisos industriais, levando em consideração o estudo de caso sobre esse tipo de aplicação. Para isso, observou-se uma empresa de Uberlândia-MG, que atua na aplicação do piso de poliuretano, em sua especificidade, o piso uretânico (Ucrete), como é denominado. Sendo assim, através do estudo de caso, pôde-se observar um processo de insatisfação da indústria contratante com relação a micro furos no piso anteriormente aplicado. Nesse sentido, buscou-se demonstrar os procedimentos que comprovaram a alta resistência do produto, através de ensaios microbiológicos e de arrancamento, a fim de analisar sua resistência mesmo com a presença desses micro furos não considerados patológicos.

Posteriormente ao ocorrido a pesquisa buscou ainda observar o processo de aplicação do sistema de revestimento Ucrete por parte da empresa observada neste estudo. A finalidade desse estudo de caso consistiu em analisar passo a passo a aplicação do piso e seu acabamento final. Nessa perspectiva, a investigação aponta as vantagens de utilização do piso uretânico e das possibilidades da resina de poliuretano na construção civil. Convém também, contribuir para futuros estudos sobre o tema levantado.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS E TÉCNICAS. NBR 9575. Impermeabilização – seleção e Projeto. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

_____, **NBR 9574.** Execução de Impermeabilização. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

_____, **NBR 15487.** Membrana de Poliuretano para Impermeabilização. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

_____, **NBR 15575-1.** Edificações Habitacionais. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ALMEIDA, Jefferson Hussein de. **Viabilidade Técnica e Econômica da Membrana de Poliuretano na Impermeabilização de Lajes e Poços de Elevador.** Uni – Anhanguera, Goiânia, 2019.

ANDERSON, Tim. **Diferenças entre o uretano e o poliuretano**. Escrito em: 20 de Novembro, 2021. Disponível em: https://www.ehow.com.br/diferencas-entre-uretano-poliuretano-sobre_230318/. Acesso em: 28/03/2022.

BELO, Aline de Oliveira. MELO, Felipe Pereira. **Processos Construtivos: Execução de piso de concreto de alta resistência com utilização de fibras de aço**. Centro Universitário Sul de Minas, 2020. Disponível em: <http://repositorio.unis.edu.br/bitstream/prefix/1386/1/Aline%20de%20Oliveira%20Belo.pdf>. Acesso em: 14/03/2022.

BARBALHO, Greice Helen de N. SILVA, Juarez Ramos. **Desempenho do poliuretano vegetal originado do óleo de mamona, para produção da resina vegetal aplicada na impermeabilização de madeiras**. Anais do Encontro Nacional de Pós-Graduação – VII ENPG Vol.2, 2018.

COUTINHO, Fernanda M.B., DEPELCH, Maria C. **Poliuretanos como Materiais de Revestimento de Superfícies**. Revista Ciência e Tecnologia, 1999.

GRANATO, José Eduardo. **Sistemas de Impermeabilização de Poliuretano Expostos às Intempéries e Sujeitos a Trânsito de Pessoas ou Veículos**. 13º Simpósio Brasileiro de Impermeabilização, 2013.

PEREIRA, Caio. **Concreto Protendido: O que é, como é feito, vantagens e desvantagens**. Escola Engenharia, 2018. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/concreto-protendido/>. Acesso em: 12/03/2022.

QUINI, Josué Garcia. **Polímeros Termofixos para Impermeabilização Moldada In Loco**. 13º Simpósio brasileiro de Impermeabilização, 2013.

QUINI, Josué Garcia. FERRAZ, Paulo Roberto Leite. **Impermeabilização Moldada In Loco para Ambientes Químicos Agressivos**. Casa D'água, 2013.

RIBEIRO, Kilder. ALVES, Cristiano. HENRIQUE, Luiz. **Ecodesign via Biocompósitos Poliméricos: envelhecimento, análise estrutural e reciclagem**. Mix Sustentável. Florianópolis, v.5, n.1, p.35-42, mar-jun.,2019.

RIGHI, Geovane Venturini. **Estudos do Sistemas de Impermeabilização: patologias, prevenções e correções – análise de casos**. Dissertação de mestrado – Programa de pós-graduação em Engenharia Civil. UFSM – Santa Maria (RS), 2009.

SILVA, Rosângela Vilarim da. **Compósito de Resina de Poliuretano derivada de Óleo de mamoma e Fibras vegetais**. USP – São Carlos, 2003.

SOARES, Márcio Steinmetz. **Síntese e Caracterização de Espumas de Poliuretano para Imobilização de Células Integras e Aplicação na Síntese de Biodiesel**. Escola de Engenharia de Lorena – USP, 2012.

VASCONCELOS, Paulo Henrique C. D. O. **Correlação entre as Propriedades Mecânicas de Materiais Impermeabilizantes a Base de Elastômeros de Poliuréia e**

Poliuretano com o Desempenho do Sistema aplicado em Lajes Estruturais.
Faculdade de Tecnologia – UNB. Brasília, 2015.

ZONTA, Jonathan. **Revestimentos Especiais em Pisos Industriais.** UNISINOS - Porto Alegre, 2019.

SITES e REVISTAS

ADDITIVA PRODUTOS QUÍMICOS. **Você sabe o que significa VOC?** Matéria publicada em 12/08/2020. Disponível em: <https://www.additiva.com.br/blog-voce-sabe-o-que-significa-voc>. Acesso em: 04/01/2021.

BASF. **Experimento: piso de alto desempenho passa por desafio de resistência.** Disponível em: https://www.basf.com/br/pt/media/quimica_dia_a_dia/ucrete.html. Acesso em: 31/01/2022.

NTCBRASIL. **Ucrete HF BASF.** Disponível em: <https://www.ntcbrasil.com.br/quimicos-basf/impermeabilizantes-hidrofugantes/pisos-e-protecao-industrial/ucrete-hf-basf/>. Acesso em: 27/03/ 2022.

CHOHAN. **Soluções em Impermeabilização.** Disponível em: <https://www.chohan.com.br/impermeabilizacao-telhados-poliuretano>. Acesso em: 03/01/2022.

CONCRECOR REVESTIMENTOS INDUSTRIAIS. **O que é Uretano?** 2019. Disponível em: <https://www.concrecor.com.br/blog/sem-categoria/o-que-e-uretano/>. Acesso em: 31/01/2022.

CONSTRUA NEGÓCIOS. **O que é encunhamento e qual a sua importância para a edificação?** Revista Construa. Publicado em 4 de junho de 2021. Disponível em: <https://revistaconstrua.com.br/noticias/engenharia/o-que-e-o-encunhamento-e-qual-a-sua-importancia-para-a-edificacao/>. Acesso em: 31/01/2022.

ENGENHARIA DE SUPERFÍCIE. **Piso Uretano: o que é e quanto custa.** Artigo publicado em 24 de junho de 2020. Disponível em: <https://engenhariadesuperficie.com.br/piso-uretano-argamassado/piso-uretano-o-que-e-e-quanto-custa/>. Acesso em: 01//02/2022.

Piso Uretano Autonivelante. Disponível em: <https://engenhariadesuperficie.com.br/pisos/piso-uretano-autonivelante/>. Acesso em: 29/03/2022.

FINITI EQUIPAMENTOS PARA CONSTRUÇÃO. **Politriz de Piso Turbo.** Disponível em: <https://finiti.com.br/fabricante-de-politriz-de-piso-turbo/>. Acesso em: 06/04/2022.

MASTERBUILDERS. **UcreteWR - Revestimento uretânico argamassado de alto desempenho para superfícies verticais e rodapé.** Disponível em: <https://www.master-builders-solutions.com/pt-br/products/ucrete/ucrete-wr> Acesso em: 26/03/2022.

_____. **MasterSeal CR 100 – Selante bicomponente de cura rápida à base de poliuréia para juntas de controle.** Disponível em: <https://www.master-builders-solutions.com/pt-br/products/masterseal/masterseal-cr-100->. Acesso em: 31/03/2022.

_____. **Ucrete - Soluções para pisos com alta resistência térmica, mecânica e química.** Disponível em: <https://www.master-builders-solutions.com/pt-br/products/ucrete>. Acesso em: 18/04/2022.

MC-BAUCHEMIE. **Impermeabilização Transitável: o que é e como pode ajudar sua obra.** Publicado em: 19 de outubro de 2020. Disponível em: <https://www.mc-bauchemie.com.br/mclopedia/impermeabiliza%C3%A7%C3%A3o-transit%C3%A1vel-o-que-%C3%A9-e-onde-utilizar.html>. Acesso em: 02/02/2022.

NAKAMURA, Juliana. **Conheça soluções para impermeabilizar áreas com trânsito de veículos.** Revista AECWEB. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/conheca-solucoes-para-impermeabilizar-areas-com-transito-de-veiculos/17569>. Acesso em: 12/03/2022.

PROFIX. **Tecnologia em Pisos e Revestimentos.** Disponível em: http://www.pisosprofix.com.br/revestimento_multilayer.php. Acesso em: 16/03/2022.

RCPISOS, Soluções em Revestimentos. **Piso Uretano.** Disponível em: <http://www.rcpisosrevestimentos.com.br/piso-uretano.html>. Acesso em: 30/03/2022.

RCVVEDAÇÃO. **Impermeabilização com Poliuretano & Poliuréia.** Publicado em 06 de julho de 2021. Disponível em: <https://rcvvedacao.com.br/galeria/impermeabilizacao-com-poliuretano-e-poliureia>. Acesso em: 02/02/2022.

STREPHONSAYS. **Diferença entre Uretano e Poliuretano.** Publicado em 2021. Disponível em: <https://pt.strephonsays.com/difference-between-urethane-and-polyurethane>. Acesso em: 27/03/2022.

TOTAL CONSTRUÇÃO. **Piso Uretano: o que é? Preço?** Artigo publicado em 02 de novembro de 2020. Disponível em: <https://www.totalconstrucao.com.br/piso-uretano/>. Acesso em: 01/02/2022.