



TRABALHO DE GRADUAÇÃO

ENGENHARIAS 2020

IMPERMEABILIZAÇÃO COM MANTA PVC

SILVA, Leonardo Villalobo Gomes; CRISTIANO, Maria Eduarda Crispim¹

Prof. Dr. BEATI, André Augusto Gutierrez Fernandes²

Universidade São Francisco

leo_villalobodasilva@hotmail.com; mariaeduarda.crispim@outlook.com

¹Alunos do Curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco; Campus Bragança Paulista

²Professor Doutor Orientador, Curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco; Campus Bragança Paulista.

Resumo. A constante evolução da construção civil, desencadeou por consequência, o avanço dos materiais e sistemas construtivos básicos, possibilitando novas vertentes ao executar as etapas de obra de uma edificação. O objetivo deste artigo é apresentar as vantagens e desvantagens do sistema de impermeabilização de coberturas prediais com manta de *policloreto de vinila* (PVC) no prisma de sua forma de impermeabilizar estruturas, no qual o objetivo principal é facilidade e rapidez em executar coberturas com o sistema de construção a seco, sendo assim, o método é desenvolvido pensando em toda a concepção do projeto, elaborando vertentes que possibilitam a aplicação do sistema impermeabilizante nas mais diversas edificações. Outro ponto a ser considerado é a sustentabilidade, uma vez que os materiais utilizados podem partir de fontes renováveis e racionalizadas, minimizando os danos ao meio ambiente. Impermeabilização com manta pvc é um sistema que se adapta as condições climáticas e as mais diversas arquiteturas, garantindo conforto térmico e acústico. Implementar inovações de materiais em campo é na maioria das vezes um grande desafio, seja por falta de formação básica, seja por costumes corriqueiros ou simplesmente falta de informação, mas aceitar e adaptar-se aos novos métodos reduz esforços e tempo, ou seja, em uma era na qual tempo é dinheiro, vale a pena adotar novos métodos.

Palavras-chave: Construção a seco; isolamento térmico; isolamento acústico; meio ambiente.

Introdução

Um dos maiores problemas atuais da construção civil são as patologias que ocorrem pela infiltração na estrutura. As patologias impactam negativamente, desvalorizam o imóvel e geram despesas no seu conserto. Através do estudo da composição do PVC e a extração do negro fumo através do processo de pirólise é possível produzir um produto sustentável que reduza o tempo das fases da construção de um imóvel.

O Brasil é em termos de condições ambientais, um excelente solo para a construção, pois diferentemente de países como Japão, Turquia e Estados Unidos, aqui não ocorrem os desastrosos terremotos que exigem sistemas de amortecimento. No exterior, seja pelos desastres ou pela falta de mão de obra, surgiu a necessidade de facilitar o processo construtivo.

Entre os materiais envolvidos na evolução tecnológica, a estrutura metálica, construção seca, sistemas de impermeabilização, isolamento térmico e acústico se destacam como facilitadores de todo o processo, desde o início até o final da obra, mas um grande avanço é a impermeabilização da cobertura com manta, em especial a fabricada em PVC.

Com a evolução do processo construtivo em todo o mundo a construção a seco já utilizada na América do Norte, Europa e Ásia está começando a ganhar espaço nos canteiros de obras brasileiras (BRASILIT,2019¹).

Segundo o Centro Brasileiro da Construção em Aço (2015²) a construção com estrutura metálica já é considerada mais favorável que o concreto armado representando aproximadamente 15% de todas as construções do Brasil. No quesito produção, a perda do aço é praticamente nula, uma vez que as peças de aço são usinadas segundo projeto específico e as perdas em cortes são recicladas para voltar a se tornar peças de aço.

Outro fator importante a ser considerado na construção metálica, além da redução de perdas é o ganho no tempo da execução com uma redução de aproximadamente 20%. Com o crescimento de sistema construtivo no Brasil, a busca por especialização se torna alta, pois além de vantagens econômicas e ambientais, é possível desenvolver uma arquitetura moderna inovadora agradando visualmente todo o aspecto da obra.

Conforme Daldegan (2016³) é preciso ser indicado todas as informações técnicas do perfil metálico contando desde os menores milímetros até os recortes para tubulações, para garantir de um bom resultado no final da construção e sem grandes retrabalhos por falta de compatibilização de projetos.

Ainda segundo Daldegan, todo o processo de montagem deve ser acompanhado por profissionais capacitados tais como engenheiros e topógrafos garantindo um alinhamento perfeito dos elementos estruturais. Além da preocupação do sucesso da montagem, deve se levar em conta friamente a segurança dos prestadores, uma vez que são peças grandes e de peso considerável que podem levar a óbito algum prestador por um simples erro.

Outro material importante dentro da construção seca são as placas de OSB que são de alta tecnologia, podendo ser utilizadas em fechamentos de todo o sistema construtivo em ambiente externo, interno ou até mesmo em coberturas (LP BRASIL, 2017⁴).

Com o crescimento da construção civil a constante busca por profissionais é cada vez maior gerando carência de mão de obra, por isso sistemas que reduzem o tempo de trabalho são necessários para a manutenção da construção. O método convencional de lajes dentro de uma residência com o tempo de montagem e cura final ultrapassa os 60 dias. Segunda a LP Brasil ao utilizar a placa de OSB no lugar do sistema convencional de laje, aliado a estruturas de aço, obtém-se um tempo de montagem reduzido em 1/3, reduzindo diversos resíduos provenientes de formas, concretos, aço, pregos, que seriam empregados através do método convencional.

Segundo Caires (2016⁵) para produzir as placas OSB, uma prensa comprime as camadas de madeira aplicando uma resina com grande pressão e temperatura enrijecendo e

¹ Brasilit, **“Construção a seco: Tudo sobre esse sistema construtivo de alto desempenho”**. Disponível em: < www.brasilit.com.br/blog/construcao-a-seco>. Acesso em 07 de março de 2020

² Centro Brasileiro da Construção em Aço **“Estrutura metálica é a aposta na construção”**. Disponível em: <https://www.cbcaobrasil.org.br/site/noticiasdetalhes.php?cod=7072#:~:text=Na%20disputa%20com%20o%20concreto,%20moldadas%2C%20prontas%20para%20uso> . Acesso em 02 de julho de 2020

³ Daldegan, Eduardo. **“Estruturas metálicas na construção civil”**. Disponível em: <<http://www.engenhariaconcreta.com/metallica-principais-vantagens-na-construcao-civil/?amp>> Acesso em 23 de março de 2020.

⁴ LP Brasil. **“Placas estruturais para construção CES”**. Disponível em <http://lpbrasil.com.br/wp-content/uploads/2017/06/Catalogo_Tecnico_LP-OSB-APA.PDF> . Acesso em 10 de maio de 2020.

⁵ Caires, Ana Julia. **“OSB”**. Disponível em: < <http://www.hometeka.com.br/aprenda/osb-tudo-que-voce-precisa-saber-sobre-o-material/amp> >. Acesso 05 de março de 2020

estabilizando o material. Um ponto positivo desse sistema é que praticamente toda a árvore cortada é aproveitada, reduzindo as perdas em cortes.

A combinação da estrutura metálica com as placas em OSB, possibilita eliminar vigas, escoramentos, formas, lajes e concreto, formando uma estrutura sólida e limpa, porém as placas não podem ficar expostas as intempéries, sendo necessário um eficiente sistema de impermeabilização.

Segundo Pires Giovanetti Guardia (2018⁶), o sistema de manta PVC na cobertura de edifícios possibilita ao meio construtivo grande agilidade e eficiência.

O produto é flexível, resistente aos raios UV e pode ser aplicado em superfícies novas ou que já conte com algum sistema impermeabilizante.

Para aplicação da manta de PVC é necessário a limpeza na área que será impermeabilizada, como, a remoção de partes solidas e pontudas que pode danificar a manta. No decorrer do processo de aplicação da camada geotêxtil a manta de PVC é posicionada e fixada com equipamento de solda com ar quente. A temperatura e a velocidade da solda necessitam ser ajustada no local, respeitando as condições externas para obter uma fixação perfeita.

A manta PVC permite a aplicação tanto em superfícies expostas as intempéries como em superfícies subterrâneas, podendo ser utilizada em ambientes onde a superfície fica exposta ao observador por contar com variedades de cores atendendo as mais diversas composições arquitetônicas. Outra opção para reduzir a interferências na arquitetura é a aplicação de uma camada protetora sob a manta e o posicionamento de argila expandida ou qualquer outro tipo de seixo, cobrindo a superfície da manta.

Ainda segundo Pires (2018⁷) a manta é 100% impermeável e apresenta baixos níveis de deformações com o passar do tempo mesmo sendo exposta a grande variação de clima e temperatura. Por ser um material que conta com grande elasticidade a sua taxa de ruptura em testes laboratoriais, obteve se resultados superiores a 350% de alargamento do material devido a sua tenacidade, sendo um material difícil de rasgar em condições normais e sem a presença de objetos perfurocortantes.

Por ter grande elasticidade e alta resistência, mesmo em superfícies irregulares é possível a aplicação da manta PVC, sendo uma vantagem para o andamento da obra e de futuras manutenções comparadas ao sistema convencional com lajes e telhado cerâmico.

Material e Métodos

Para a elaboração e desenvolvimento deste artigo, foi utilizado pelos pesquisadores buscas sobre todas as etapas construtivas da cobertura de uma edificação, desde o projeto, até a sua execução e finalização. Foram pesquisadas também a relação de custo de uma cobertura convencional com lajes, formas, escoramentos, madeiramentos, telhas e mão de obra, e o custo do sistema a seco, com estrutura metálica auxiliar, placas em OSB e impermeabilização com manta em PVC, a fim de se realizar um comparativo de custos entre os dois sistemas.

Com o auxílio da câmara de aceleração por UV, foram feitos testes a fim de analisar a deterioração do material com a ação dos raios ultravioletas e observar a resistência do material após a sua aplicação na cobertura. Além da análise em laboratório, os pesquisadores

⁶ Pires Giovanetti Guardia. **“Impermeabilização com Manta PVC”**. Disponível em: <www.pires.com/impermeabilizacao-com-manta-de-pvc>. Acesso em 07 de março de 2020

⁷ Pires Giovanetti Guardia. **“Impermeabilização com Manta PVC”**. Disponível em: <www.pires.com/impermeabilizacao-com-manta-de-pvc>. Acesso em 07 de março de 2020

buscaram vertentes relacionados a produção da manta PVC, com fontes renováveis e que contribuem para a manutenção do meio ambiente.

Neste trabalho serão apresentadas o estudo dos materiais básicos para a criação da manta impermeabilizante, estudos em laboratório, análise de custos e a execução do sistema *in loco*.

De acordo com Renata Quevedo (2016⁸), o Policloreto de Vinila (PVC) é um material termoplástico, que possui em sua composição átomos de Cl (cloro) que são correlacionados a monômeros que formam o devido polímero. Com muitos outros materiais termoplásticos existentes no mercado, o PVC é se não o mais, um dos mais versáteis, tudo se resulta pela resina que é formulada de acordo com a sua necessidade para a aplicação à qual será empregada, com isso se torna possível alterar suas características, entre elas, está a possibilidade de produzir artefatos que precisam de um material com alta rigidez, assim como nos canos de PVC, ou com certa flexibilidade, como é o caso dos plastissóis. O PVC consegue ser processado através de inúmeras formas, como através de injeção, termo formação, etrusão, calandragem, espalmamento, dentre outros.

As resinas de PVC tiveram início, a partir do descobrimento de um monômero chamado Cloreto de Vinila (MCV) pelo pesquisador J. V. Liebig, na sua temperatura ambiente se apresenta em forma gasosa, mas a polimerização do monômero foi relatada em 1860, pelo A. W. Hoffman, através de uma observação na mudança do brometo de vinila, formando assim uma massa esbranquiçada. O primeiro registro de polimerização do Cloreto de Vinil aconteceu no ano de 1872, pelo E. Baumann, através da formação de um solido branco. Em 1925, W. Semon descobriu uma maneira de processar a resina de PVC, colocando plastificantes, formando assim um material extremamente flexível, possuindo então aspectos iguais aos de uma borracha. Tal material descoberto foi o primeiro material termoplástico que fora utilizado para recobrimento de fios e cabos elétricos.

De acordo com SQUADRAS (2017⁹), o PVC trata-se de um polímero termoplástico misturado a aditivos especiais, se trata de um material reciclável e auto extingüível, que não propaga com o fogo. O PVC é durável, possui grande resistência a ação do tempo, como sol, chuva e vento e necessita de pouca manutenção. Outra vantagem desse material é que pode ser utilizado em diversas formas, como em arcos, trapézio e cobertura.

O material possui 57% de cloro e 43% de eteno, é versátil e está presente no nosso dia-a-dia, se tornando uma alternativa muito atrativa no mercado, substituindo outros materiais como alumínio, cobre, borracha, cerâmica, alvenaria, vidro ou madeira.

De acordo com Instituto Brasileiro do PVC (201¹⁰5), caracteriza a resina de PVC como um pó branco que é obtido a partir da sua forma pura, pós-fabricação, que sozinho não tem aplicação industrial, pois não é um material processável, por conta de suas características físicas e químicas.

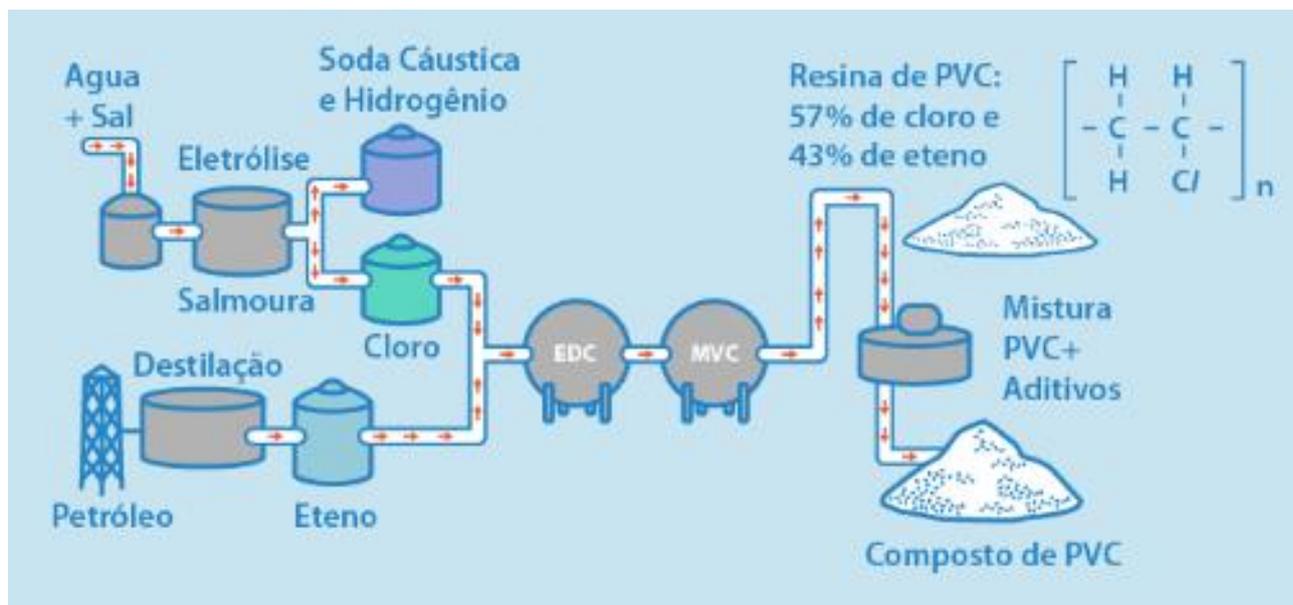
Para fabricação do produto é essencial a adição de aditivos químicos a resina de PVC. Essa mistura é definida por composto de PVC, com a mistura da resina e dos aditivos se chama de formulação. Após o processo, o composto de PVC é inserido em máquinas específicas, como injetores, extrusoras e sopradoras onde a matéria é processada e transformada no produto desejado, como tubos, conexões e frascos.

Os produtos resultantes do processo podem apresentar formas rígidas ou flexíveis, transparente ou opaca, dentre diversas outras características.

⁸ QUEVEDO, RENATA. “**Policloreto de Vinila (PVC)**”. Disponível em: < www.infoescola.com/quimica/policloreto-de-vinila-pvc/>. Acesso em 05 de Julho de 2020.

⁹ SQUADRAS. “**Afinal o que é PVC?**”. Disponível em: < <https://www.squadrapvc.com.br/noticias/afinal-o-que-e-pvc-conheca-as-caracteristicas-e-beneficios-deste-material/>>. Acesso em 21 de junho de 2020.

¹⁰ Instituto Brasileiro do PVC. “**O PVC é um plástico com características únicas**”; Disponível em: < [pvc.org.br/oquee-pvc#:~:text=Principais%20caracter%C3%ADsticas%20do%20PVC&text=Bom%20isolante%20t%C3%A9rmico%2C%20el%C3%A9trico%20e,chuva%2C%20vento%20e%20maresia\)%3B](http://pvc.org.br/oquee-pvc#:~:text=Principais%20caracter%C3%ADsticas%20do%20PVC&text=Bom%20isolante%20t%C3%A9rmico%2C%20el%C3%A9trico%20e,chuva%2C%20vento%20e%20maresia)%3B)>. Acesso em 22 de junho de 2020.



Fonte: (Instituto Brasileiro do PVC)
Figura 1 – Processo de Fabricação do PVC

O PVC é fundamental para o desenvolvimento de inovações. Na construção civil tem ciclo de vida útil que varia de 15 a 100 anos, é um produto econômico energeticamente e possui vida útil longa. Também é utilizado em produtos da área médica e em tubos para condução de água e esgoto ou embalagens de alimentos, calçados, brinquedos, fios e cabos, revestimentos e automóveis.

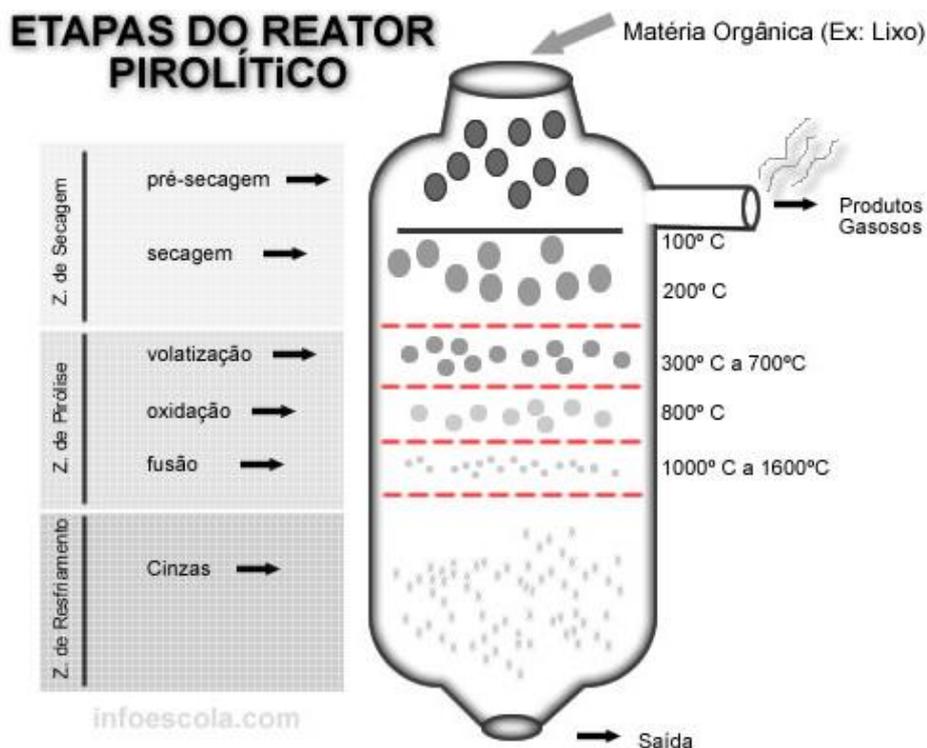
O PVC é um material impermeável, isso faz com que se torne mais durável, pode ser usado em locais úmidos, como banheiro e é resistente a atmosferas salinas. É sustentável, 100% reciclável. Possui isolamento térmico e acústico. O material possui baixa resistência ao fogo, não sendo inflamável. Possui custo benefício e a média de duração é de mais de 60 anos.

Uma forma de produção do PVC é através da reciclagem do lixo por pirólise e obtenção do negro de fumo.

O processo pirolítico é quando a matéria orgânica é decomposta, resultando em subprodutos obtidos dentro do reator pirolítico. O reator permite a separação de materiais através do aquecimento ocorrendo reações químicas que subdividem os produtos existentes na matéria, após isso o processo é finalizado através do resfriamento.

Segundo Adriano Leal (2010¹¹) os resíduos devem ser previamente selecionados, após esse processo são destinados ao reator pirolítico onde através de uma reação endotérmica ocorre as separações dos subprodutos de cada etapa. O requisito satisfatório é a transferência de calor, com a intenção de diminuir os custos, redução de tamanho e teor de umidade. As matérias orgânicas são submetidas a passar por diversas etapas que ocorre a secagem da matéria, reações químicas, como a fusão, volatilização e oxidação, em seguida o processo é finalizado com o resfriamento.

¹¹ LEAL, ADRIANO. “Pirolise”. Disponível em: <www.infoescola.com/reacoesquimicas/pirolise/amp>. Acesso em 07 de março de 2020.



Fonte: Ilustração Adriano Leal 2010

Figura 2 – A imagem exhibe as etapas do reator pirolítico, a primeira etapa é a zona de secagem onde ocorre a pré-secagem e a secagem, próxima etapa é a zona de pirólise onde ocorre a volatilização, oxidação e fusão e pôr fim a zona de resfriamento onde ocorre a coleta e saída das cinzas.

No reator pirolítico, a matéria orgânica passa por uma série de etapas. A primeira é definida como zona de secagem, nessa fase as temperaturas estão entre 100° a 200°. Os resíduos que alimentam o reator passam por duas etapas, a pré-secagem e a secagem propriamente dita. É importante ressaltar que essa é uma etapa muito importante, pois a umidade pode resultar negativamente o processo.

O processo é seguido para zona de pirólise, onde ocorre variação de temperatura, entre 300° a 1600° C. Nessa fase realiza importantes reações químicas, um exemplo é a volatilização, que são as espécies mais pesadas, a oxidação térmica, que ocorre a troca de calor e a fusão, que resulta na passagem do estado sólido para o líquido. São coletados os produtos como álcool, óleo combustível, alcatrão.

Entre a zona de pirólise e o resfriamento, ocorre uma etapa intermediária que é a formação do carvão, sendo possível a extração do negro fumo. O processo se finaliza na zona de resfriamento, nessa fase os resíduos gerados pelo processo são extraídos produtos como bio-óleo.

No início, o negro de fumo era produzido por um processo conhecido como lamp black. O óleo era aquecido em algo que pareciam grandes “panelas”, em um ambiente com baixíssimo oxigênio. Desse processo, saía uma fumaça que, após resfriamento com água, grudava na tubulação. Então, o negro de fumo era raspado e utilizado. (BIRLA CARBON 2019¹²).

¹² BIRLA CARBON. “Conheça um dos produtos mais utilizados no mundo”. Disponível em: <g1.globo.com/sp/santos-regiao/especial-publicitario/birla-carbon/birla-carbon-brasil-60-anos/noticia/2019/01/24/conheca-um-dos-produtos-mais-utilizados-no-mundo-o-negro-de-fumo.ghtml>. Acesso em 04 de maio de 2020.

Os negros de carbono são conhecidos por negro de fumo, são materiais essencialmente constituído por carbono elementar com formas de partículas esféricas. Com as escolhas das cargas é possível definir dureza, tenacidade, rigidez, resistência a abrasão e condutividade elétrica. Eles são caracterizados pelo: Tamanho da partícula, que se designa menores nos negros de fornalha e maiores nos negros térmicos; área superficial específica, que pode ser definida como total ou não porosa e estrutura, que está associada ao número de partículas, as dimensões e formas dos agregados.



Fonte: Ilustração Birla Carbon 2011

Figura 3 – Resultado da extração do negro fumo

O negro fumo é proveniente do craqueamento do petróleo. É considerado um pigmento orgânico utilizado como uma carga de borracha e poliéster. A sua finalidade é fornecer uma alta resistência à abrasão (isso se aplica no caso da borracha) e pode ser considerado estabilizante para raios ultravioletas (poliéster). Negro de fumo é o carbono puro com a forma de partículas coloidais que são produzidas através de uma combustão parcial ou algum tipo de decomposição térmica provenientes de hidrocarbonetos líquidos ou de aspecto gasoso sob condições controladas.

Por possuir uma aparência física referente a de um pó preto ou de granulado fino. Sua utilização em pneus, borracha e demais materiais plásticos, como tintas de impressão e revestimentos com certeza está relacionada com as propriedades da área específica de uma suposta superfície. Aparentemente 90% do negro de fumo que é utilizado em aplicações com borracha, o resíduo do material é utilizado como ingrediente indispensável para as centenas de aplicações diversas, como plásticos, pigmentos e revestimentos.

Em linhas gerais, busca-se analisar a estrutura e composição da manta em pvc disponível em mercado e desenvolver um novo produto com materiais alternativos.

Desta forma, Pensamento Verde (2013¹³), afirma que a utilização de elementos alternativos e sustentáveis dentro da construção civil possibilita novas criações e composições de materiais, incentivando desde a construção da própria casa até grandes atitudes que favoreça o desenvolvimento sustentável do nosso planeta.

Para o desenvolvimento deste projeto, foi analisado as características físicas e químicas da manta pvc observando a sua durabilidade na câmara de envelhecimento acelerado por UV da Universidade São Francisco.



Fonte: Próprio autor

Figura 4 – Câmara de envelhecimento acelerado por luz UV.

Segundo Adexim Comexim (1992¹⁴) a câmara de envelhecimento acelerado por luz UV, faz a simulação das intempéries causadas pela natureza, em especial nos raios solares fornecendo uma prévia da durabilidade do material a ser ensaiado dentro dela.

¹³ PENSAMENTO VERDE. **Confira quais são os materiais alternativos utilizados na construção civil.** Disponível em: <https://www.pensamentoverde.com.br/arquitetura-verde/confira-sao-materiais-alternativos-utilizados-construcao-civil/> Acesso em: 02 de Julho de 2020.

¹⁴ ADEXIM COMECIM. **“C-UV- Câmara de envelhecimento acelerado e intemperismo para não metálicos”.** Disponível em: < <https://www.adexim-comexim.com.br/camara-envelhecimento-acelerado#:~:text=O%20C%2DUV%20%C3%A9%20uma,de%20oxig%C3%AAnio%2C%20autogerado%20pelo%20sistema.>> Acesso em 04 de julho de 2020.



Fonte: Próprio autor

Figura 5 – Detalhe da luz UV da câmara de envelhecimento

Para os testes da manta, foram preparadas inicialmente doze amostras que foram inseridas na câmara, seis com a face superior e seis com a face posterior voltadas para as lâmpadas, sendo retiradas duas a duas para a análise de deterioração.

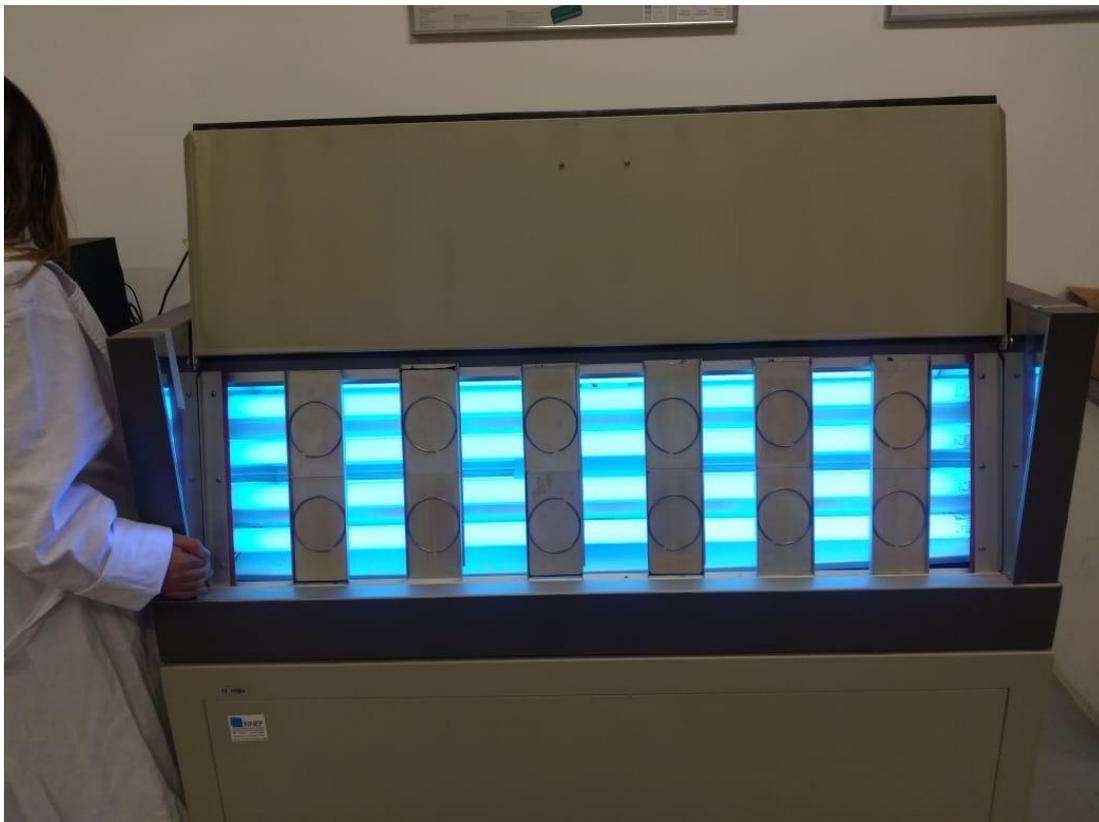


Fonte: Próprio autor

Figura 6 – Amostras a serem inseridas na câmara UV



Fonte: Próprio autor
Figura 7 – Amostras de 74mmx150mm na câmara UV,



Fonte: Próprio autor
Figura 8 – Amostras de 74mmx150mm na câmara UV.

A câmara foi programada para atuar em uma temperatura de 60°C, temperatura essa que oscila em 2°C para mais ou para menos, controlada por termômetro digital disponível na própria máquina.



Fonte: Próprio autor

Figura 9 – Controle de temperatura da máquina de aceleração por UV

Após todas as amostras serem removidas da câmara de envelhecimento por UV, foram analisadas com um microscópio de precisão.

Resultados e Discussão

Os dados foram coletados por meio de pesquisas comparativas referentes ao custo da produção convencional e da implementação da manta de PVC, também foram realizados testes para avaliar a exposição da manta aos raios ultravioleta.

As construções convencionais, demandam entre a montagem do escoramento, lajes, armaduras, concretagem, cura do concreto, desforma e retirada de escoramentos, um prazo de aproximadamente 60 dias. Após a cura da laje, é possível iniciar a montagem da estrutura do telhado, com um tempo de execução de aproximadamente 7 dias, variando de estrutura para estrutura.

Utilizando o método combinado de estrutura metálica, placas OSB e manta PVC, o prazo de início e término, pode ser reduzido para apenas 10 dias (baseando em uma construção de 350m²).

Outro fator importante a ser considerado além do tempo, é o custo de todo o sistema de cobertura, podendo ser analisado através das tabelas 1 e 2.

Cobertura convencional	Preço/m ²
Sistema de lajes	R\$ 750,00
Telhado	R\$ 67,00
TOTAL	R\$ 817,00

Fonte: <https://www.habitissimo.com.br/orcamentos/construir-laje>

Tabela 1 – Custo por m² do sistema de cobertura convencional com telhas cerâmicas.

Cobertura com metálica+OSB+PVC	Preço/m ²
Estrutura metálica	R\$ 105,00
Placas OSB	R\$ 100,00
Manta PVC	R\$ 55,20
Sistema de fixação e mão de obra da manta	R\$ 95,05
TOTAL	R\$ 355,25

Fonte: Próprio autor.

Tabela 2 – Custo por m² do sistema de cobertura em PVC sob OSB e estrutura metálica.

Ao analisar o custo do sistema convencional para o sistema em PVC, é notório a diferença de custo entre um produto e outro, no qual o valor do sistema de telhado cerâmico é inferior ao com manta, porém no todo, o sistema PVC se torna mais viável.

Um fator importante para um bom funcionamento da cobertura, deve ser levado em conta desde o projeto da estrutura metálica, que deve ser compatibilizado com os espaçamentos das placas em OSB disponíveis em mercado, geralmente com as dimensões de 1200x2400mm e os sistemas de fixação.



Fonte: Próprio autor

Figura 10 – Estrutura metálica auxiliar

A estrutura metálica auxiliar deve ser simples, podendo engastar ou apoiar nas vigas de cobertura, garantindo uma melhor fixação. É desejável que as travessas metálicas tenham uma distância entre eixos de 60mm, evitando perdas de placas.

Ao finalizar a estrutura metálica, a instalação das placas em OSB pode ser iniciada, respeitando os encaixes e juntas.



Fonte: Próprio autor
Figura 11 – Instalação das placas OSB

Para o bom desempenho térmico e acústico da estrutura, é instalado EPS de alta densidade através de parafusos e arruelas sob as placas e manta geotêxtil (geralmente bidin) para suavizar imperfeições e garantir uma maior proteção entre laje e manta.



Fonte: Próprio autor
Figura 12 – EPS de alta densidade coberto por manta bidim.

Finalmente após a aplicação da manta de proteção, a manta pode ser instalada contando nas suas emendas com parafusos e buchas a cada aproximadamente 25 cm sendo recoberta pela próxima sobreposição de manta que será fixada através do aparelho de solda com ar quente.

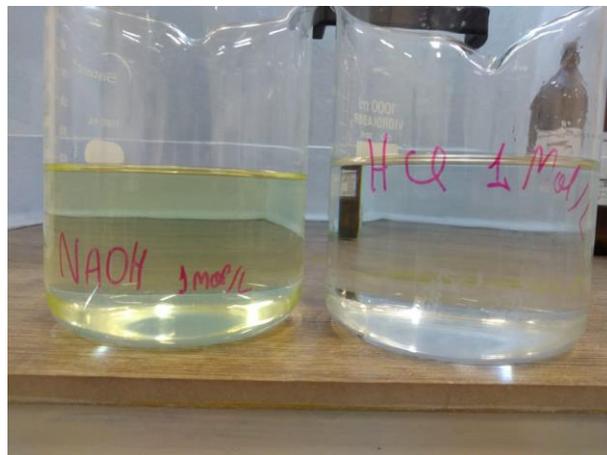


Fonte: Próprio autor

Figura 13 – EPS de alta densidade coberto por manta bidim.

Para a análise de deterioração da manta na máquina de aceleração por UV, foram consideradas além das amostras simples, modelos com água (H_2O), cloreto de sódio ($NaCl$), hidróxido de sódio ($NaOH$) e ácido clorídrico (HCl) em sua superfície, realizando a observação da sua característica física com o auxílio de um microscópio de precisão.

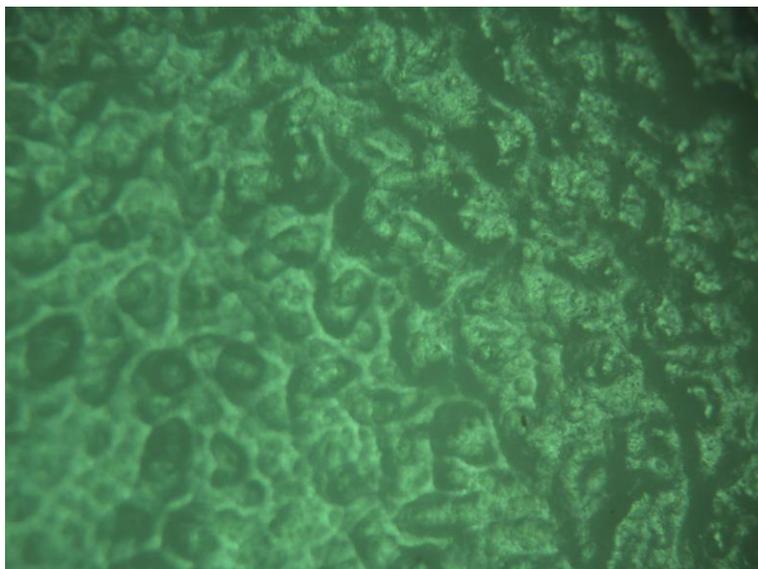
Cada amostra de manta, ficaram mergulhadas por 10 dias em sua respectiva solução. A amostra com $NaOH$ visivelmente interferiu na integridade da manta, no qual a solução ficou com uma cor amarelada em relação a de HCl que continuou com a sua cor original.



Fonte: Próprio autor

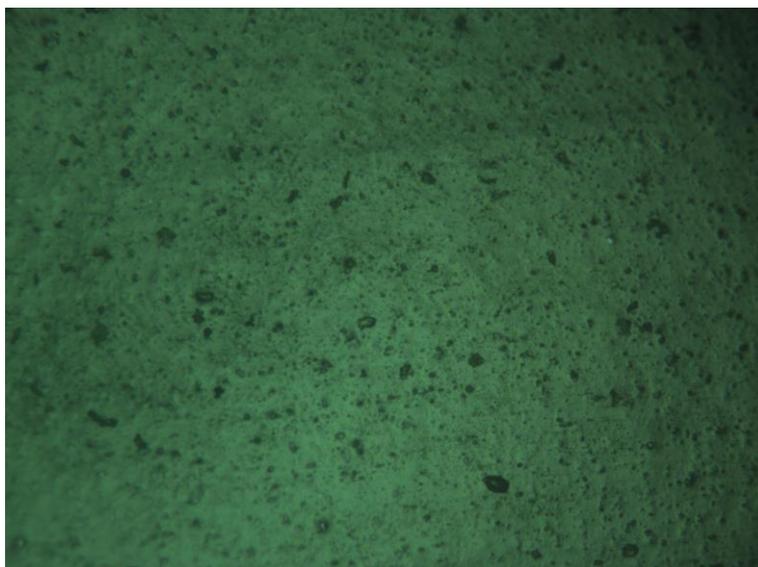
Figura 14 – A esquerda solução amarelada de NaOH e a direita, solução de HCl após a retirada da amostra de manta.

Após a remoção do meio químico, as amostras foram expostas por 10 dias aos raios ultravioleta na câmara de envelhecimento. As amostras mergulhadas em NaOH alteraram as características da face superior da manta, não interferindo na face posterior. Já as amostras que ficaram na solução de HCl, não apresentaram variações na face superior, mas alteraram a face posterior da manta.



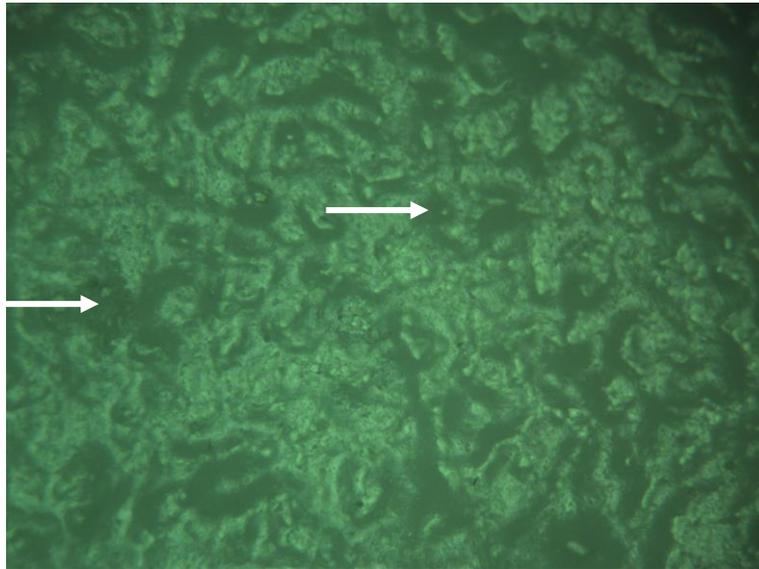
Fonte: Próprio autor

Figura 15 – Face superior da manta vista do microscópio, após 10 dias de exposição na máquina UV.



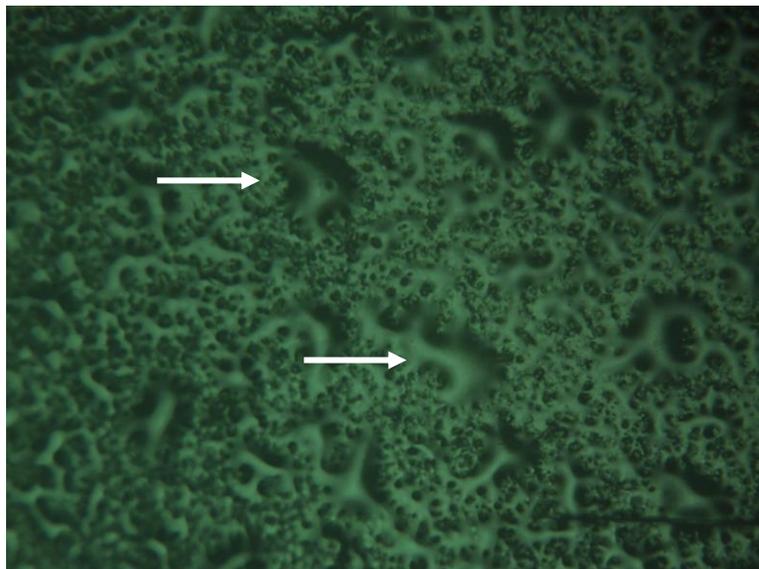
Fonte: Próprio autor

Figura 16 – Face inferior da manta vista do microscópio, após 10 dias de exposição na máquina UV.



Fonte: Próprio autor

Figura 17 – Face superior da manta exposta ao NaOH vista do microscópio, após 10 dias de exposição na máquina UV, com aparecimento de pontos de deterioração.



Fonte: Próprio autor

Figura 18 – Face inferior da manta exposta ao HCl vista do microscópio, após 10 dias de exposição na máquina UV, com aparecimento de pontos de deterioração.

A maior alteração visível com o auxílio do microscópio de precisão, foi a amostra da face posterior da manta que ficou em contato com a solução de ácido clorídrico, que começou se desprender e gerar saliências na face da manta.

Conclusões

O presente artigo teve como objetivo principal apresentar as vantagens e desvantagens do sistema de impermeabilização de coberturas prediais com manta de *policloreto de vinila* (PVC) em relação ao sistema construtivo convencional, analisando os efeitos da manta ao ser expostas em alguns agentes químicos, e buscando alternativas para uma produção sustentável.

Os problemas com infiltrações se fazem presentes em grande parte das construções, seja por falta de impermeabilização, ou até mesmo pela escolha incorreta de materiais, gerando grandes transtornos e desconfortos aos utilizadores da edificação.

Um sistema de impermeabilização com manta em PVC é um facilitador em todo o processo de execução da obra. Pode-se adotar o sistema de construção seca com estruturas metálicas, placas OSB, isolamentos térmicos e acústicos e por fim a manta em PVC, reduzindo o tempo de execução e utilização de materiais se comparado aos métodos tradicionais.

Ao ser analisada em laboratório com o auxílio da máquina de envelhecimento por UV, a manta mostrou resistente aos raios solares, com pequenas variações de tonalidade, não influenciando na qualidade do produto. Um telhado convencional, na maioria das vezes, necessita de intervenção antes dos 10 anos de utilização. Os fornecedores da manta PVC afirmam que a garantia de vida útil do produto oscila de 25 a 30 anos, com relatos de mantas aplicadas há mais de 50 e com todas as características preservadas. Mesmo com o auxílio da máquina de envelhecimento, não foi possível confirmar essa tese, pela alta qualidade do material.

Quando as amostras foram dispostas em soluções químicas e testadas por 10 dias na câmara de UV, apresentaram pequenas variações na sua face superior (observadas com o auxílio de microscópio), porém na sua face posterior, a agressão química foi considerável. Esse estudo indica que a aplicação e correta vedação de emendas do produto deve ser feita por profissionais altamente qualificados, pois simples erro de fechamento, pode comprometer toda a vida útil do produto, principalmente se houver contato com agentes químicos.

A substituição da cobertura convencional com lajes e telhado pela combinação de estrutura metálica, placas em OSB e manta PVC é válida, uma vez que o custo-benefício é alto, ao comparar valores e durabilidade da cobertura sem manutenção.

Pensando na logística reversa do produto e maior contribuição com o meio ambiente, o estudo comprova que através do processo de pirólise é possível transformar resíduos de mantas ou outros produtos plásticos em novas mantas, com materiais alternativos que não foram contemplados nesse estudo, reduzindo a geração de resíduos e favorecendo o reaproveitamento de materiais de forma consciente e sustentável.

Ao utilizar a manta de PVC para substituição do telhado convencional, além de tempo e dinheiro, o consumidor adquirirá um produto de qualidade e contribuirá para a manutenção do meio ambiente.

Agradecimentos

A Deus por sempre nos amparar nos momentos de dificuldade, nos quais pareciam sem solução.

Aos nossos pais Rosalina e Ricardo, Celina, Izete e Sebastião, e a nossa família, por sempre nos apoiar em nossas ações e sempre acreditar que somos capazes de atingir nossos objetivos.

Ao Tiago Duarte de Lima por toda a ajuda que nos ofereceu durante as pesquisas em laboratório.

Ao nosso professor orientador André Augusto Gutierrez Fernandes Beati, por sempre nos guiar pelo melhor caminho de pesquisa e não medir esforços em nos auxiliar durante toda a nossa graduação.

A nossa professora Cândia Maria Costa Baptista, por sempre nos dar suporte para a realização deste artigo.

A todos os nossos amigos do curso de graduação que compartilharam dos inúmeros desafios que enfrentamos, sempre com o espírito colaborativo.

A Universidade São Francisco e o seu corpo docente que sempre se preocupou em nos preparar para a vida além das salas de aula.

Referências Bibliográficas

Brasilit, **“Construção a seco: Tudo sobre esse sistema construtivo de alto desempenho”**. Disponível em: < www.brasilit.com.br/blog/contrucao-a-seco>. Acesso em 07 de março de 2020.

Centro Brasileiro da Construção em Aço **“Estrutura metálica é a aposta na construção”**. Disponível em: <https://www.cbcao.org.br/site/noticiasdetalhes.php?cod=7072#:~:text=Na%20disputa%20com%20o%20concreto,%20moldadas%2C%20prontas%20para%20uso>>. Acesso em 02 de julho de 2020

Daldegan, Eduardo. **“Estruturas metálicas na construção civil”**. Disponível em: <<http://www.engenhariaconcreta.com/metallica-principais-vantagens-na-construcao-civil/?amp>>. Acesso em 23 de março de 2020.

LP Brasil. **“Placas estruturais para construção CES”**. Disponível em <http://lpbrasil.com.br/wp-content/uploads/2017/06/Catalogo_Tecnico_LP-OSB-APA.PDF>. Acesso em 10 de maio de 2020.

Caires, Ana Julia. **“OSB”**. Disponível em: < <http://www.hometeka.com.br/aprenda/osb-tudo-que-voce-precisa-saber-sobre-o-material/amp> >. Acesso 05 de março de 2020

Pires Giovanetti Guadia. **“Impermeabilização com Manta PVC”**. Disponível em: <www.pires.com/impermeabilizacao-com-manta-de-pvc>. Acesso em 07 de março de 2020

QUEVEDO, RENATA. **“Policloreto de Vinila (PVC)”**. Disponível em: < www.infoescola.com/quimica/policloreto-de-vinila-pvc/>. Acesso em 05 de Julho de 2020.

SQUADRAS. **“Afiml o que é PVC?”**. Disponível em: < <https://www.squadrpvc.com.br/noticias/afiml-o-que-e-pvc-conheca-as-caracteristicas-e-beneficios-deste-material/>>. Acesso em 21 de junho de 2020.

Instituto Brasileiro do PVC. **“O PVC é um plástico com características únicas”**; Disponível em: < [pvc.org.br/oquee-pvc#:~:text=Principais%20caracter%3ADsticas%20do%20PVC&text=Bom%20isolante%20t%C3%A9rmico%2C%20el%C3%A9trico%20e%20chuva%20vento%20e%20maresia\)%3B](http://pvc.org.br/oquee-pvc#:~:text=Principais%20caracter%3ADsticas%20do%20PVC&text=Bom%20isolante%20t%C3%A9rmico%2C%20el%C3%A9trico%20e%20chuva%20vento%20e%20maresia)%3B) >. Acesso em 22 de junho de 2020.

LEAL, ADRIANO. **“Pirolise”**. Disponível em: <www.infoescola.com/reacoesquimicas/pirolise/amp>. Acesso e 07 de março de 2020.

BIRLA CARBON. **“Conheça um dos produtos mais utilizados no mundo”**. Disponível em: <g1.globo.com/sp/santos-regiao/especial-publicitario/birla-carbon/birla-carbon-brasil-60-anos/noticia/2019/01/24/conheca-um-dos-produtos-mais-utilizados-no-mundo-o-negro-de-fumo.ghtml>. Acesso em 04 de maio de 2020.

PENSAMENTO VERDE. **Confira quais são os materiais alternativos utilizados na construção civil**. Disponível em: <https://www.pensamentoverde.com.br/arquitetura-verde/confira-sao-materiais-alternativos-utilizados-construcao-civil/> Acesso em: 02 de Julho de 2020.

ADEXIM COMECIM. **“C-UV- Câmara de envelhecimento acelerado e intemperismo para não metálicos”**. Disponível em: < <https://www.adexim-comexim.com.br/camara-envelhecimentoacelerado#:~:text=O%20C%20UV%20%C3%A9%20uma,de%20oxig%C3%AAnio%20autogerado%20pelo%20sistema.>>. Acesso em 04 de julho de 2020.