

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE MARINGÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS LIMPAS

JEAN CARLOS ARAUJO SOUSA

**INCORPORAÇÃO DE ÓXIDO DE GRAFENO EM TINTA
ACRÍLICA À BASE DE ÁGUA**

MARINGÁ
2019

JEAN CARLOS ARAUJO SOUSA

INCORPORAÇÃO DE ÓXIDO DE GRAFENO EM TINTA ACRÍLICA À BASE DE ÁGUA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Limpas do Centro Universitário de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Tecnologias Limpas.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Natália Ueda Yamaguchi

Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Ednéia Aparecida de Souza Paccola.

MARINGÁ
2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S725i Sousa, Jean Carlos Araujo.

Incorporação de óxidos de grafeno em tinta acrílica à base de água /
Jean Carlos Araujo Sousa. – Maringá-PR, 2019.
70 f. ; 30 cm.

Orientadora: Profa. Dra. Natália Ueda Yamaguchi.

Coorientadora: Profa. Dra. Ednéia Aparecida de Souza Paccola.

Dissertação (mestrado) – UNICESUMAR - Centro Universitário de
Maringá, Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Limpas, 2019.

1. Desenvolvimento sustentável. 2. Nanotecnologia. 3. Rendimento. 4.
Tinta acrílica. I. Título.

CDD - 627

Biblioteca Central UniCesumar

Ficha catalográfica elaborada de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

JEAN CARLOS ARAUJO SOUSA

Incorporação de óxido de grafeno em tinta acrílica à base de água

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Limpas do Centro Universitário de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Tecnologias Limpas pela Comissão Julgadora composta pelos membros:

COMISSÃO JULGADORA

Prof.^a Dr.^a Natália Ueda Yamaguchi
Centro Universitário de Maringá (Presidente)

Prof. Dr. Armando Mateus Pomini
Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Edison Schmidt Filho
Centro Universitário de Maringá

Aprovado em: 22 de fevereiro de 2019.

Ao meu pai e à minha mãe que me incentivaram.

À minha esposa pelo companheirismo, incentivo e carinho.

Ao meu filho, razão mais forte da minha existência.

À minha irmã pelo estímulo.

Aos professores, principalmente à minha orientadora pela aptidão em instruir.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida e sabedoria.

Agradeço ao meu pai Jose Carlos e à minha mãe Aparecida Araújo, por todo apoio a mim concedido em todos os momentos de minha vida.

À minha esposa Maria Cristina e ao meu filho Bernardo, pelo estímulo e confiança depositada em mim.

Às minhas irmãs Juliana e Clara pelo incentivo.

Ao Centro Universitário de Maringá, por ter-me possibilitado desenvolver este trabalho.

À UNICESUMAR, pela concessão da bolsa institucional.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Limpas/ UNICESUMAR, Márcia, Luiz Felipe, Edison, Luciana, Maria, Rute, Francielli, José Eduardo, Isabele, Fabio, Tânia, pelos valiosos ensinamentos.

Agradeço em especial à minha orientadora Dr.^a Natália Ueda Yamaguchi, pela oportunidade e confiança depositada em mim por meio de suas orientações, e minha coorientadora Dr.^a Ednéia Aparecida de Souza Paccola, pela receptividade e ajuda.

Aos colegas de curso pela amizade, apoio e demonstração de companheirismo.

Aos funcionários dos laboratórios da UniCesumar, UEM, Arkema, pelo auxílio na realização das análises.

À empresa Art Plus Revestimentos Ltda., pelo fornecimento dos materiais para a execução do trabalho. E ao químico responsável, Rudnei José de Souza, pelo auxílio no desenvolvimento e na execução do trabalho.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

“Ainda que eu fale a língua dos homens e dos anjos, se não tiver amor, serei como o bronze que soa, ou como o címbalo que retine.

Ainda que eu tenha o dom de profetizar e conheça todos os mistérios e toda a ciência; ainda que eu tenha tamanha fé a ponto de transportar montanhas, se não tiver amor nada serei.

Ainda que eu distribua todos os meus bens entre os pobres e ainda que entregue meu próprio corpo para ser queimado, se não tiver amor, nada disso me aproveitará”.

Trecho da carta de São Paulo aos Corintos

RESUMO

A questão da sustentabilidade consiste em um dos principais desafios da construção civil, levando profissionais de diversas áreas do conhecimento a buscar soluções para minimizar o impacto das edificações no meio ambiente. Esse termo é mais empregado no momento devido ao avanço tecnológico atual, pois deveríamos produzir produtos que diminuam os impactos ao meio ambiente. A demanda cada vez maior de tintas e revestimentos, e os problemas ambientais causados pelas mesmas, exigem urgentemente novos tipos de produtos que sejam sustentáveis e que agredam menos o meio ambiente, desde a matéria prima empregada a elas até o produto final. Levando em conta esses fatores, foi desenvolvida uma tinta acrílica látex que atendesse o mercado consumidor, aumentando o poder de resistência e cobertura. A tinta é uma composição líquida que, depois de aplicada sobre uma superfície, passa por um processo de secagem, se transformando em um filme sólido, com a função combinatória de decorar, dar acabamento e proteger a parte mais visível e exposta de um empreendimento. Atualmente, o mercado contém uma grande variedade de produtos inovadores, com isso, outro composto inovador é o grafeno, um material de vasta empregabilidade com características notórias que se adequam juntamente a vários produtos. O grafeno é uma monocamada plana de átomos de carbono com espessura de um átomo. Com a utilização em diversas aplicações, o grafeno foi empregado aos revestimentos, no caso as tintas para construções civis do tipo acrílico premium. O projeto visou adicionar o óxido de grafeno em concentrações na tinta para verificar as propriedades físico-químicas, contribuindo assim para a melhora do produto. A tinta teve como objetivo atender todas as normas atribuídas ao produto para que seja comercializado, melhorando suas características e, assim, contribuindo para uma diminuição do consumo da mesma. Após o desenvolvimento os resultados obtidos foram significantes, levando-se em consideração o primeiro artigo que trata de um bibliométrico, diagnosticou-se que o tema é muito amplo, e assim constatamos que não há tintas à base de água com óxido de grafeno. No segundo artigo, os resultados do produto desenvolvidos ficaram visíveis, levando em conta todos os testes realizados conforme ABNT. Concluiu-se que este obteve um melhor desempenho na cobertura e no rendimento, contribuindo para um produto sustentável.

Palavras-chave: desenvolvimento sustentável; nanotecnologia; rendimento; tinta acrílica.

ABSTRACT

The issue of sustainability is one of the main challenges of construction, leading professionals from different areas of knowledge to seek solutions to minimize the impact of buildings on the environment. This term is more used at the moment due to the current technological advance, since we should produce products that do not generate impacts to the environment. The increasing demand for paints and coatings, and the environmental problems caused by them, urgently require new types of products that are sustainable and less environmentally friendly, from the raw material used to them to the final product. Taking into account these factors was developed a latex acrylic paint that would meet the consumer market, increasing the power of resistance and coverage. The ink is a liquid composition that, after being applied to a surface, goes through a drying process and turns into a solid film, with the combinatory function of decorating, finishing and protecting the most visible and exposed part of an enterprise. Currently the market contains a wide range of innovative products, with another innovative compound is graphene, a material of great employability with notorious characteristics that fit together several products. Graphene is a flat monolayer of carbon atoms with a thickness of one atom. With the use in several applications, graphene was used for the coatings, in the case of civil acrylic type premium paint. The project aimed to add the graphene oxide in concentrations in the paint to verify the physical and chemical properties, thus contributing to the improvement of the product. The aim of the ink was to take into account all the standards attributed to the product in order to be marketed, improving its characteristics and thus contributing to a decrease in its consumption. After the development the results were significant, taking into account the first article that is a bibliometric, diagnosed that the theme is very broad, so we find that it no paints based on water with graphene oxide. In the second article, the results of the product developed were visible, taking into account all tests performed according to ABNT. It was concluded that it obtained a better performance in coverage and yield contributing to a sustainable product.

Keywords: sustainable development; nanotechnology; yield; acrylic paint.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - A estrutura química do grafeno.

Figura 2 - Modelo esquemático de folha de óxido de grafeno.

Figura 3 - Modelo esquemático do óxido de grafeno reduzido.

Lista de Figuras do Artigo 1

Figura 1 - Produção anual de publicação.

Figura 2 - Os países mais produtivos.

Figura 3 - As principais categorias de assunto.

Figura 4 - Aplicações abordadas nas publicações sobre tintas à base de grafeno.

Lista de Figuras do Artigo 2

Figura 1 - Fluxograma de metodologia para desenvolvimento da tinta acrílica imobiliária com grafeno.

Figura 2 - Resultados da caracterização morfológica. (a) Fotografia digital dos revestimentos em suporte de polycarbonato; (b) Micrografia do óxido de grafeno; (c) Micrografia do revestimento sem adição de OG com magnitude de 2000x e (d) com magnitude de 10000x. (e) micrografia do revestimento com OG 2% com magnitude de 2000x e (f) com magnitude de 10000x.

Figura 3 - Resultados: (a) Difrátogramas de DRX do OG. (b) Difrátogramas de DRX do revestimento puro. (c) Difrátogramas de DRX do revestimento com adição de 1% de óxido de grafeno. (d) Difrátogramas de DRX do revestimento com adição de 2% de óxido de grafeno.

Figura 4 - Espectro de FTIR do OG e revestimentos.

Figura 5 - Avaliação técnica de desempenho das tintas de revestimentos desenvolvidas com e sem a inclusão de óxido de grafeno (OG).

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Requisitos mínimos de desempenho de tintas segundo a norma ABNT NBR 15079:2011.

Lista de Tabelas do Artigo 1

Tabela 1 - Instituições de pesquisa com maior número de estudos sobre tintas à base de grafeno.

Tabela 2 - Principais agências financiadoras de pesquisas sobre tintas à base de grafeno.

Tabela 3 - Periódicos com maior número de publicações de artigos sobre tintas à base de grafeno e fator de impacto científico.

Tabela 4 - Artigos sobre tintas à base de grafeno mais citados na literatura científica.

Lista de Tabelas do Artigo 2

Tabela 1 - Tinta acrílico fosco premium de acordo com a norma ABNT NBR 14940.

Tabela 2 - Ensaio e requisitos mínimos de desempenho para tintas imobiliárias exigidos pela ABNT NBR 15079:2011 Adaptado.

LISTA DE ABREVIATURAS

ODS – Objetivos Globais do Desenvolvimento Sustentável

CID – Conselho Internacional da Construção

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

MEV – Microscopia Eletrônica de Varredura

DRX - Difractometria de Raios - X

FTIR – Análise de Infravermelho com Transformada de Fourier

OG – Óxido de Grafeno

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	17
2.1 OBJETIVO GERAL	17
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3 REVISÃO DE LITERATURA	18
3.1 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NA CONSTRUÇÃO CIVIL	18
3.2 TINTAS IMOBILIÁRIAS	20
3.3 GRAFENO	23
3.4 TINTAS À BASE DE GRAFENO	27
4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29
5 ARTIGO 1	35
6 NORMAS PARA REVISTA CIÊNCIA E NATURE - ARTIGO 1	48
7 ARTIGO 2	56
8 NORMAS PARA REVISTA ENERGY PROCEDIA - ARTIGO 2	67
9 CONSIDERAÇÕES FINAIS	70

1 INTRODUÇÃO

Os impactos ambientais e mudanças climáticas são reconhecidos como as principais barreiras ao desenvolvimento sustentável e vários setores como transporte, indústria, edificações e agricultura são responsáveis por estas mudanças, contudo, o setor da construção. A indústria da construção civil é uma das que mais danos causam ao meio ambiente, sobretudo pelo consumo de energia e de recursos naturais. Sabe-se que as emissões provenientes da construção civil estão associadas à extração das matérias-primas usadas nos materiais de construção, aos processos de fabricação desses materiais, à energia dispendida durante o ciclo de vida da obra, à operação e manutenção da obra, além da disposição final dos resíduos e do transporte de materiais (GASQUES, 2014).

O desenvolvimento sustentável é conceituado segundo o Relatório de Brundtland, como “aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem às suas necessidades”, assim cada dia mais são empregados novos objetivos para melhorar o planeta. O desenvolvimento sustentável não se refere somente em salvar a natureza, mas sim em uma série de ações e práticas para melhorar a qualidade de vida social, ambiental e econômica (FEIL *et al.*, 2017).

A temática do desenvolvimento sustentável começou a surgir na segunda metade do século XX, quando o homem começou a ter consciência da progressiva degradação devido suas políticas de desenvolvimento ao meio ambiente, e é cada vez mais um tema em discussão. Ao final dos anos 1960 e início dos anos 1970, o progresso tecnológico passou a ser considerado essencial para o bem-estar humano e a convivência em harmonia com a natureza (FEIL *et al.*, 2017).

O desenvolvimento sustentável tem como meta incrementar a qualidade de vida, e não só o crescimento econômico, a equidade entre as pessoas no presente, incluindo a prevenção da pobreza, a equanimidade entre gerações. As gerações do futuro merecem um ambiente tão bom quanto aquele de que se usufrui atualmente, senão melhor, com as preocupações relacionadas às problemáticas sociais, sanitárias e éticas do bem-estar humano (COSSICH *et al.*, 2017).

Os objetivos globais do desenvolvimento sustentável, criados em 2015 juntamente com a Agenda 2030 por 193 líderes mundiais, tem uma grande participação no desenvolvimento de novas tecnologias com intuito de melhorar o planeta e o tornar sustentável. Os 17 objetivos globais são um plano de ação para as pessoas, para o planeta e para a prosperidade, anunciando e determinando medidas transformadoras para direcionar o

mundo para um caminho sustentável e resiliente. Dois ODS se enquadraram na nossa pesquisa, que são eles: o objetivo 11 – Cidades e Comunidades Sustentáveis, que visa tornar as cidades sustentáveis e os assentamentos humanos inclusos, seguros e resilientes, transformando significativamente a construção e a gestão dos espaços urbanos, relacionando com a urbanização, mobilidade, gestão de resíduos sólidos e saneamento; o objetivo 12 – Consumo e Produção Responsáveis, que assegura padrões de consumo e produção sustentáveis, tem como meta a promoção da eficiência do uso de recursos energéticos e naturais, da infraestrutura sustentável, do acesso a serviços básicos, trabalhando sempre com a redução da pegada ecológica, que são medidas para o desenvolvimento econômico e social sustentável (ONU, 2015).

Com o aumento das preocupações com o ambiente e a sustentabilidade, a construção civil também tem se desenvolvido nessa área, mas Diniz *et al.* (2010) alerta que uma habitação ecológica sustentável não é feita unicamente de construções de madeira, painéis solares e reciclagem doméstica. Segundo o autor, existem inúmeros gestos que contribuem para a preservação da natureza.

O enfoque do setor construtivo para o desenvolvimento sustentável baseia-se também na reciclagem e conservação dos recursos; no melhoramento da durabilidade das estruturas e no uso e aproveitamento de subprodutos de outras indústrias (GASQUES, 2014). Além disso, são adotadas práticas mais eficientes na construção, bem como aquecimento solar, telhado verde, reaproveitamento de água e entre outras, tornado mais sustentável o ambiente (JOHN; CLEMENTS-CROOME; JERONIMIDIS, 2005).

Nesse contexto, a construção civil, vista hoje com um dos maiores consumidores dos recursos naturais no ambiente, consumindo 16,6% do fornecimento mundial de água pura, 25% da retirada de madeira e 40% de seus combustíveis fósseis e matérias manufaturadas (COSSICH *et al.*, 2017), deve se readequar e aplicar técnicas sustentáveis a fim de lapidar sua metodologia, proporcionando uma integração entre o ambiente natural e o construído, acrescentando qualidade de vida aos seus usuários sem degradar desnecessariamente o ambiente.

Levando em conta os fatores abordados, foi diagnosticado que na construção civil a pintura é uma etapa muito importante, uma vez que representa um custo significativo no orçamento. Além de decorar, a pintura tem a função de proteger, sinalizar, controlar a iluminação e higienizar o ambiente (INMETRO, 2015; MELLO *et al.*, 2012), sendo assim empregadas novas formas de revestimento.

A partir da utilização de novos materiais que gerem o menor impacto possível ao meio ambiente e contribuam para o conforto térmico ou à redução do consumo de energia, não é diferente, e há inúmeros exemplos de novas tecnologias com essa finalidade (BALIM, 2014).

Recentemente, resultado do grande avanço tecnológico, houve melhoramento das técnicas de obtenção dos materiais de revestimento superficial. A indústria das tintas oferece uma enorme variedade, com propriedades diversas, proporcionando a escolha adequada para cada uso específico (FAZENDA, 2009).

Segundo a norma NBR 12554 (ABNT, 2013), as tintas são “[...] produtos compostos de pigmentos, aditivos e solventes que, quando aplicados sobre um substrato, se convertem em película sólida, dada a evaporação da reação química, com a finalidade de decoração, proteção e outras”.

A palavra tinta abrange uma gama variada de produtos utilizados, desde a decoração e a proteção das superfícies, até a impressão nas indústrias gráficas e ao simples ato de escrever. Um dos mais importantes segmentos do mercado de tintas se refere aos produtos utilizados na linha arquitetônica, também chamada de linha decorativa, imobiliária ou tintas para a construção civil. Neste segmento, as tintas são utilizadas principalmente para a proteção das superfícies às intempéries e para efeito decorativo (DORNELLES, 2008).

A grande variedade de cores, tipos de tintas e revestimentos disponíveis no mercado tem influenciado significativamente nos projetos arquitetônicos, contribuindo enormemente para o uso desse material como meio de embelezamento das edificações. Apesar de terem conhecimento das características das tintas como material de proteção às intempéries, os projetistas escolhem as cores a serem utilizadas apenas por sua percepção visual, com enfoque nas características estéticas ou psicológicas que as cores exercem sobre as pessoas, sem dispor de dados referentes à absorção ou reflexão da radiação solar para as diferentes tonalidades. Os fabricantes das diversas marcas de tintas e revestimentos também não apresentam valores de absorvância ou refletância das diferentes cores que produzem, o que dificulta a obtenção desses dados principalmente para o espectro solar total. Para melhor compreender o comportamento das tintas frente à radiação solar, as características e propriedades físico-químicas das tintas arquitetônicas e de seus principais componentes químicos, devem ser estudados quais são os principais responsáveis pelo comportamento espectrofotométrico das amostras analisadas (DORNELLES, 2008).

O grafite é uma fonte barata e abundante para obter o grafeno. O método mais eficiente para a produção em grande escala é o método químico, que se baseia na oxidação de grafite natural. O grafeno é uma monocamada plana de átomos de carbono, com espessura de

apenas um átomo, reunidos em uma estrutura cristalina hexagonal em uma rede tipo favo-de-mel de duas dimensões (2D) com átomos de carbono ligados por ligações sp^2 hibridizados (FARIA *et al.*, 2017b).

A descoberta experimental do isolamento de uma única folha de grafeno levou à atribuição do Prêmio Nobel de Física a Geim e Novoselov em 2010. O grafeno pode ser considerado o material do futuro, pois devido à sua configuração peculiar apresenta propriedades notórias, como alta área superficial (STANKOVICH *et al.*, 2006), alta resistência mecânica e elasticidade, excelente condução de corrente elétrica e de calor, além de ser estável a temperatura ambiente (MARTÍN *et al.*, 2014), é transparente à radiação ultravioleta, luz visível e infravermelha (LEE *et al.*, 2009; PARK *et al.*, 2009).

Devido às suas amplas propriedades, o grafeno tem despertado enorme interesse científico na realização de suas diversas aplicações interessantes e significativas. A ampla gama de aplicações do grafeno incluem: materiais nano-eletrônicos, compostos estruturais, polímeros condutíveis, eletrodos de bateria, supercapacitores, barreiras de transporte, tintas para impressão, papéis bactericidas, tecnologias biomédicas, sensores moleculares, eletroquímicos e bioquímicos, armazenamento de energia, *drug delivery*, tratamento de água e efluentes, telas de toque e células solares, entre outros (CHAKRABARTI *et al.*, 2013; CHOWDHURY *et al.*, 2014; GAO, 2012; MALIYEKKAL *et al.*, 2013).

Portanto, levando em consideração a grande empregabilidade do grafeno, foi proposto o desenvolvimento de uma tinta com adição de grafeno em quantidades significativas, logo visto que poderia ser uma tinta com maior rendimento, reduzindo assim o consumo de materiais do meio ambiente. Essa tinta será comparada com a tinta normal já comercializada atualmente, podendo assim ser testada para verificar as suas propriedades e as diferenças de ambas.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar uma formulação de uma tinta imobiliária acrílica premium contendo óxido de grafeno em sua composição com melhores características de desempenho.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desenvolvimento de uma análise bibliométrica;
- Sintetizar o óxido de grafeno;

- Caracterizar o óxido de grafeno sintetizado;
- Preparar a fórmula da tinta látex acrílica premium;
- Produzir a tinta látex acrílica premium com adição de óxido de grafeno em sua formulação em diferentes proporções;
- Verificar a qualidade das tinta látex acrílica premium produzidas de acordo com os ensaios e parâmetros estabelecidos pelas NBRs: NBR 14940 - Resistência à abrasão úmida (ABNT, 2018a), Poder de cobertura da tinta seca – NBR 14942 (ABNT, 2016), Poder de cobertura úmida – NBR 14943 (ABNT, 2018b), comparando a diferença dos produtos com e sem adição do óxido de grafeno.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NA CONSTRUÇÃO CIVIL

O setor da construção civil tem papel fundamental para a realização dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável. De acordo com o Conselho Internacional da Construção (CID), a construção civil é o que consome mais recursos naturais, gerando assim uma grande quantidade de resíduos sólidos, líquidos e gasosos. A construção sustentável consiste em um sistema construtivo que promove planejamento desde o projeto sustentável, execução da obra e manutenção da mesma, garantindo pleno funcionamento no seu ciclo de vida (QUEIROGA *et al.*, 2015).

O desenvolvimento sustentável é um tema de grande notoriedade, pois leva em consideração o desenvolvimento econômico, a qualidade ambiental e a visão equilibrada da quantidade de recursos naturais utilizados. Assim, pode-se dizer que o objetivo principal do tema em foco é planejar as ações humanas para minimizar seus impactos sobre o meio ambiente. Com o objetivo traçado, as práticas de sustentabilidade na construção civil são tendências no mercado consumidor; essas tendências tem que ser estimuladas pelos próprios consumidores, uma vez que colocadas em prática possam ser vistas e replicadas pelo mesmo e por outros consumidores (WACLAWOVSKY *et al.*, 2010).

Atualmente existem vários tipos de construções sustentáveis, algumas que visam a tecnologia e outras o reaproveitamento dos materiais. A primeira é executada por profissionais da área treinados para utilizar os materiais de forma o mais ecologicamente correto. Já a segunda são os sistemas de auto construção desenvolvidos por profissionais que tem por vontade própria, levando em consideração o proprietário a manter e executar de

maneira mais sustentável a possível construção, com ideias simples mas que levam ao resultado eficiente (WACLAWOVSKY *et al.*, 2010).

Apesar do grande estímulo da construção sustentável, este setor ainda gera muito resíduo e seu descarte vem gerando muitas discussões no meio ambiente. As discussões levam em conta um programa de descarte ou reutilização dos mesmos, uma vez que não são controladas as quantidades de resíduo gerados na construção desde o início da obra até o acabamento final. Com isso são pensadas práticas de controle de volume, segregação, reciclagem, diminuição de perdas, reutilização de materiais em outras obras e capacitação dos profissionais envolvidos na construção (ORTEGA, 2014).

No Brasil, aproximadamente 40% da extração de recursos naturais não renováveis tem como objetivo a indústria da construção civil. Além disso, 50% da energia gerada destina-se ao funcionamento de edificações e 50% dos resíduos sólidos urbanos são oriundos de construções e demolições (RIGHI *et al.*, 2016). O Departamento de Energia dos EUA informou que a construção civil consome 40% da energia mundial e 40% dos materiais brutos, e a Administração de Informações sobre Energia dos EUA registrou que as edificações liberam 40% de toda emissão de CO₂, além de serem responsáveis de 30 a 40% da diminuição da camada de ozônio (QUEIROZ, 2016).

A operação das edificações é responsável por 48,5% do consumo de energia elétrica verificado no Brasil. Além disso, a etapa anterior ao início da operação das edificações, chamada pré-operacional, que abarca produção e transporte de insumos até a obra e a própria ação da construção, responde por parcela significativa do consumo de energia de diversas fontes primárias nos setores industrial e de transporte (FARIA *et al.*, 2017a).

Os impactos negativos da construção civil no meio ambiente geraram a necessidade da utilização de materiais de baixo impacto. Neste contexto, políticas públicas determinaram os requisitos ambientais para diversas atividades, algumas destas estão relacionadas à indústria da construção civil (UEMOTO *et al.*, 2006).

A utilização de tintas tem dois aspectos importantes na construção civil: o consumo de recursos energéticos não renováveis e os efeitos das tintas sobre a saúde humana. Frente a este panorama, percebe-se a importância de estudar e avaliar alternativas capazes de minimizar o impacto das tintas sobre o meio ambiente e a saúde dos usuários nas edificações (FARIA *et al.*, 2017a).

Quanto às tintas imobiliárias, o consumo de energia durante sua produção é 90% de combustíveis fósseis não renováveis (óleo diesel e combustíveis) e 10% de recursos renováveis (eletricidade) (FARIA *et al.*, 2015).

Para a indústria química é necessário a inovação tecnológica. Tintas elaboradas com inovação de procedimentos técnicos, técnicas para melhorar sua durabilidade e materiais que minimizem o impacto ambiental com tintas para a construção civil mais sustentáveis, resulta em um ambiente preparado para o desenvolvimento sustentável (VAN TIMMEREN *et al.*, 2012).

3.2 TINTAS IMOBILIÁRIAS

Recebe o nome de tinta a dispersão de um ou mais pigmentos em aglomerante líquido, geralmente viscosa, que ao sofrer processo de cura quando estendida em película fina forma um filme sólido, aderente ao substrato, oferecendo características protetoras e decorativas (FAZENDA, 2009; INMETRO, 2015).

A tinta é composta por algumas matérias-primas básicas, sendo elas as resinas, os pigmentos, os solventes e os aditivos, cada componente tem uma função para garantir a qualidade do produto (FAZENDA, 2009).

A resina é a parte não volátil da tinta, de origem natural, artificial ou sintética, com propriedade aglutinante. Na tinta, a resina é responsável pela aglutinação das partículas de pigmentos e formação de um filme seco homogêneo. Além disso, a resina também é responsável pela aderência à base, resistência química, mecânica e às intempéries, assim como outras características do revestimento por pintura (FAZENDA, 2009).

Entre os componentes das tintas, as resinas têm papel de destaque, pois são responsáveis pela formação da película protetora, na qual se converte a tinta depois de seca. Existem vários tipos de resinas, tais como as dispersões (emulsões) aquosas de vários polímeros como, por exemplo, acetato de polivinila (PVA), poliacrílicos puros, copolímeros acrílico-estireno, vinilacrílico etc. As resinas alquídicas são também muito importantes (FAZENDA, 2011; INMETRO, 2015).

A resina denomina o tipo de tinta ou revestimento empregado que recebem o nome da resina básica que as compõem. As resinas acrílicas são as que formam as tintas do tipo acrílicas e apresentam melhor desempenho para aplicações exteriores, como maior resistência à radiação ultravioleta, maior resistência à água e melhor resistência a regiões úmidas (DORNELLES, 2008).

Os pigmentos são partículas sólidas em forma de pó, constituídas por compostos orgânicos ou inorgânicos, de diferentes cores ou fluorescentes. Os pigmentos conferem cor e poder de cobertura à tinta, aumentam a proteção e durabilidade da pintura, diminuindo o impacto dos fatores corrosivos da atmosfera, como radiação ultravioleta, umidade e gases

corrosivos, afetando a viscosidade, o escoamento, a durabilidade, resistência e outras propriedades físicas (BENTLIN *et al.*, 2009).

Os pigmentos inorgânicos são os pigmentos brancos e uma grande faixa de pigmentos coloridos, sintéticos ou naturais. Entre os pigmentos inorgânicos presentes nas tintas destacam-se o dióxido de titânio, sendo o pigmento mais importante na indústria de tintas, usado na fabricação de produtos com cores brancas e claras, e os óxidos de ferro, que podem ser naturais ou sintéticos e possuem grande importância no mercado de pigmentos pela sua ampla variedade de cores, baixo custo, estabilidade e pela sua natureza não-tóxica (FAZENDA, 2011).

Os pigmentos orgânicos são constituídos de átomos de carbono e hidrogênio, em geral apresentam poder de tingimento muito maior que os pigmentos inorgânicos. As características físico-químicas dos pigmentos determinam a intensidade ou poder de tingimento determinada a partir da proporção entre o pigmento orgânico e o dióxido de titânio para se atingir uma intensidade de cor padronizada, a solidez às intempéries, tais como resistência à luz solar, umidade, temperatura e outros poluentes presentes na atmosfera (FARIA *et al.*, 2017a; WICKS JR *et al.*, 2006).

Os solventes são líquidos voláteis de baixo ponto de ebulição, utilizados nas tintas para dissolver a resina e possibilitam o produto se apresentar na forma líquida sempre com o mesmo padrão de viscosidade. São empregados para conferir à tinta as condições ideais de pintura, para facilitar sua aplicação e alastramento. Dentre os solventes e diluentes mais utilizados estão a água nos produtos látex e solventes orgânicos para tintas óleo e esmaltes sintéticos (FAZENDA, 2009; WICKS JR *et al.*, 2006).

Os aditivos são componentes que participam em pequena quantidade na composição da tinta. São adicionados às tintas para proporcionar características especiais às mesmas ou melhorias nas suas propriedades. Os aditivos mais comuns são os secantes, antiespumantes, anti-sedimentares, niveladores, dispersantes, estabilizantes, entre outros. Os aditivos são compostos utilizados em pequenas quantidades, inferiores a 5%, na formulação das tintas (FAZENDA, 2009).

Os principais aditivos utilizados nas tintas à base de água são os espessantes e modificadores de reologia, que fornecem a viscosidade apropriada para que a tinta possa ser aplicada adequadamente. Os surfactantes estabilizam a tinta de forma que seus componentes não se separem ou que se torne muito espessa para ser usada. Os biocidas, também conhecidos como conservantes, são bactericidas, para evitar que bactérias cresçam sobre a pintura e o fungicida ou algicida, para desestimular o crescimento de fungos e algas na

superfície da tinta depois de aplicada. Os antiespumantes rompem as bolhas que se formam quando a tinta é misturada na fábrica ou no momento da aplicação, já os co-solventes ou coalescentes ajudam a tinta líquida a não sofrer danos quando congelada e facilitam a pintura e os estabilizantes de ultravioleta prolongam a durabilidade de tintas e vernizes que sofrem os efeitos da radiação ultravioleta (DORNELLES, 2008).

As tintas industriais classificadas como imobiliárias são aquelas cuja aplicação ocorre em pisos, paredes e tetos de casas e outros tipos de construção civil. Estas tintas se enquadram no setor de construção civil. Tal setor representa cerca de 70 a 80% do volume total de tintas produzidas no país, onde também existem outros tipos como as tintas para indústria automotiva, tintas com finalidade industrial, entre outros (ABRAFATI, 2018).

As pinturas na construção civil consistem no revestimento das superfícies por substâncias com diferentes cores que se convertem em uma película sólida após sua aplicação em uma camada fina. Impedem a desagregação e alteração dos materiais construtivos, protegendo-os contra os agentes nocivos do meio ambiente, decoram a edificação para torná-la agradável aos usuários, ou podem ser utilizadas para difusão ou reflexão da luz que incide diretamente na edificação (UEMOTO, 1993).

Os principais tipos de tintas à base de água utilizados para paredes de alvenaria no Brasil são as tintas acrílicas, tintas látex PVA, tintas vinil-acrílicas e texturas. Em ambientes internos podem ser aplicados os três tipos de tinta: econômica, standard e premium, de acordo com tipo de acabamento desejado (fosco, acetinado e brilhante). Em ambientes externos (fachadas), em que existe a necessidade de maior resistência em função do intemperismo, devem ser usadas as tintas classificadas como standard e premium (BONFIM, 2013).

Deve ser destacado que o nível de qualidade (econômica, standard ou premium) da tinta indica o atendimento a requisitos mínimos ligados a durabilidade, lavabilidade e poder de cobertura, de acordo com a Tabela 1 (FAZENDA, 2012).

Tabela 1 - Requisitos mínimos de desempenho de tintas segundo a ABNT NBR 15079 (ABNT, 2011)

Requisitos	Unidade	Limites mínimos de desempenho		
		Econômica	Standard	Premium
Poder de cobertura de tinta seca (ABNT, 2016)	m ² /L	4,0	5,0	6,0
Poder de cobertura de tinta úmida (ABNT, 2018b)	%	55,0	85,0	90,0
Resistência à abrasão úmida sem pasta abrasiva (ABNT, 2004)	Ciclos	100	-	-
Resistência à abrasão úmida com pasta abrasiva (ABNT, 2018a)	Ciclos	-	40	100

Fonte: Adaptado de FAZENDA (2012).

3.3 GRAFENO

O grafeno é uma monocamada plana de átomos de carbono, com espessura de apenas um átomo, reunidos em uma estrutura cristalina hexagonal em uma rede tipo favo-de-mel de duas dimensões com átomos de carbono ligados por ligações sp^2 hibridizados (GEIM *et al.*, 2007; TEIXEIRA, 2013), sua estrutura química está representada na Figura abaixo.

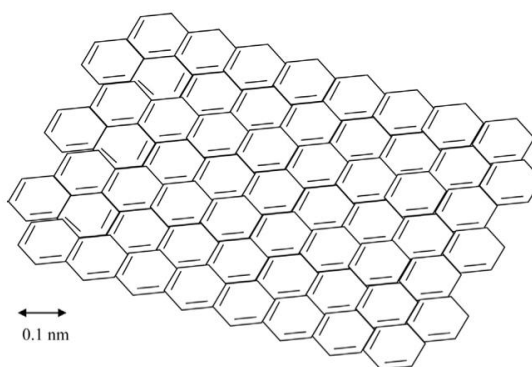


Figura 1- A estrutura química do grafeno.

Fonte: Chakrabarti *et al.* (2013).

Há cerca de 70 anos, cientistas afirmaram que cristais estritamente 2D não poderiam existir, uma vez que seriam termodinamicamente instáveis, pois a temperatura de fusão de filmes finos decresce rapidamente com a espessura, tornando-os instáveis (GEIM *et al.*, 2007; MERMIN, 1968; PEIERLS, 1935; VENABLES *et al.*, 1983). Por esta razão, monocamadas atômicas eram conhecidas apenas como parte integrante de estruturas 3D maiores, presumindo-se que os materiais 2D não existiam.

Teve-se isso como verdade até o ano de 2004, com a descoberta experimental do isolamento de uma única folha de grafeno que levou à atribuição do Prêmio Nobel de Física de Geim e Novoselov em 2010. Isolar uma única folha desse tipo de material grande o suficiente para a observação de fenômenos característicos era tido como algo infactível. Após esta descoberta, o número de trabalhos tanto experimentais quanto teóricos cresceu vertiginosamente, podendo-se notar pelo crescimento exponencial de artigos publicados nesta área (COMPTON *et al.*, 2010).

O grafeno pode ser considerado o material do futuro, pois devido à sua configuração peculiar apresenta propriedades particulares, como alta área superficial (STANKOVICH *et al.*, 2006), elevada resistência mecânica e elasticidade, excelente condução de corrente elétrica e de calor, além de ser estável à temperatura ambiente (MARTÍN *et al.*, 2014), é transparente à radiação ultravioleta, luz visível e infravermelha (LEE *et al.*, 2009; PARK *et al.*, 2009).

Devido às suas propriedades, o grafeno tem despertado enorme interesse científico na realização de suas diversas aplicações interessantes e revolucionárias. A ampla gama de aplicações do grafeno incluem: materiais nano-eletrônicos, compostos estruturais, polímeros condutíveis, eletrodos de bateria, supercapacitores, barreiras de transporte, tintas para impressão, papéis bactericidas, tecnologias biomédicas, sensores moleculares, eletroquímicos e bioquímicos, armazenamento de energia, *drug delivery*, tratamento de água e efluentes, telas de toque e células solares, entre outros (CHAKRABARTI *et al.*, 2013; CHOWDHURY *et al.*, 2014; GAO, 2012; MALIYEKKAL *et al.*, 2013).

Recentemente, muitas tecnologias têm sido desenvolvidas para produzir grafeno, mas a maior preocupação tem sido a falta de habilidade para produzir produtos confiáveis em quantidade e com baixos custos (SINGH *et al.*, 2011). Outra dificuldade tem sido a significância limitada na maioria dos processos e seus possíveis impactos ambientais (LOW *et al.*, 2013).

A redução do óxido de grafeno é a técnica mais econômica e fácil para a produção de grafeno. No entanto, tem sido relatado que a qualidade destas nano folhas de óxido de grafeno reduzido é geralmente mais baixa do que a produzida utilizando métodos mais complexos. De modo geral, o método de redução de óxido de grafeno é indicado para produção em massa de pequenas nano folhas de grafeno, enquanto que o método de deposição de vapor química é indicado para produção de nano folhas de grafeno de alta qualidade (YIN *et al.*, 2015).

3.3.1 Óxido de grafeno

Óxido de grafeno, que é quimicamente semelhante ao grafite oxidado, consiste em estruturas grafíticas constituídas de uma camada de grafeno funcionalizada com grupos epóxi, hidroxila, carboxílicos e carbonila. É geralmente preparado pela oxidação de flocos de grafite, dando ao óxido de grafeno características de hidrofilicidade, dispersibilidade e compatibilidade com diversas matrizes poliméricas (EDWARDS *et al.*, 2013).

No entanto, a quantidade, tipo e localização dos grupos funcionais pode variar de acordo com as condições de obtenção, já que as propriedades do óxido de grafeno estão associados com a natureza dos grupos funcionais e a morfologia do óxido obtido, estas características dependem do grafite de partida e das condições de reação, tais como o tempo de oxidação, a temperatura e dos agentes oxidantes, o que apresenta forte influência sobre a reatividade destes materiais (SHAMAILA *et al.*, 2016).

A introdução de grupos funcionais (tais como hidroxila e epóxi) resulta no aumento do espaçamento, bem como na alteração da hibridação dos átomos de carbono oxidados, de sp^2 (planar) para sp^3 (tetraédrica); os níveis de oxidação variam com base no método de preparação e do tipo de grafite precursor. Estes grupos intercalados são responsáveis pela quebra das ligações de Van Der Waals e o efeito mais visível da oxidação é a mudança de cor de cinza para marrom (CISZEWSKI *et al.*, 2014; SHAH *et al.*, 2015).

A estrutura química precisa do óxido de grafeno tem sido item de considerável discussão por décadas, com incertezas em relação ao tipo e distribuição de grupos funcionais contendo oxigênio (CLAUSE *et al.*, 1957; NAKAJIMA *et al.*, 1988). O modelo proposto por LERF *et al.* (1998), é o modelo mais aceito e está representado na Figura 2.

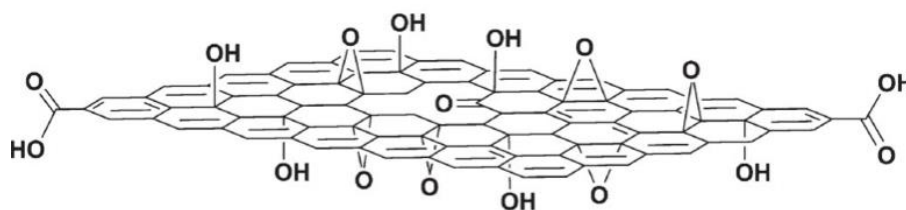


Figura 2– Modelo esquemático de folha de óxido de grafeno.

FONTE: Compton *et al.* (2010).

Neste modelo, o plano basal da folha apresenta grupos funcionais hidroxilas e epóxi, além de grupos carbonilas, mais prováveis como ácidos carboxílicos ao longo das extremidades (COMPTON *et al.*, 2010; MARTÍN *et al.*, 2014). Estes grupos funcionais reativos proporcionam possibilidades para uma variedade de modificações de superfície, que

podem ser utilizados para desenvolver materiais a base de óxido de grafeno funcionalizados (COMPTON *et al.*, 2010).

O óxido de grafeno é altamente hidrofílico e possui carga altamente negativa quando dispersada em água (LI *et al.*, 2008), fazendo com que as forças eletrostáticas de repulsão entre folhas de óxido de grafeno carregadas negativamente produzam suspensões aquosas estáveis, consistindo em maior parte por nanofolhas de óxido de grafeno (BISSESSUR *et al.*, 2007; MARTÍN *et al.*, 2014; SINGH *et al.*, 2011).

3.3.2 Óxido de grafeno reduzido

O óxido de grafeno reduzido pode ser obtido por meio da redução do óxido de grafeno, removendo-se as ramificações contendo grupos funcionais que contêm oxigênio a partir dos planos basais e margens das folhas de óxido de grafeno (YIN *et al.*, 2015) resultando na estrutura conforme o modelo esquemático representado na Figura 3.

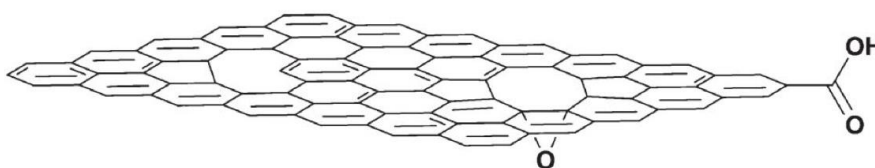


Figura 3 – Modelo esquemático de Óxido de Grafeno Reduzido.
Fonte: Compton *et al.* (2010).

O óxido de grafeno reduzido apresenta propriedades semelhantes ao grafeno pristina, porém, análises elementares (razão atômica C/O) do óxido de grafeno reduzido revelam a existência de quantidades significativas de oxigênio, indicando que o óxido de grafeno reduzido não é o mesmo que o grafeno pristina. Cálculos teóricos para a redução do óxido de grafeno sugerem que a redução abaixo de 6,25% da área de óxido de grafeno pode ser difícil em termos de remoção dos grupos hidroxilas remanescentes (BOUKHVALOV *et al.*, 2008). Embora inúmeros esforços tenham sido feitos, a produção do grafeno pristina sem grupos funcionais residuais e camadas individuais de grafeno sem defeitos ainda não é possível, portanto não é correto se referir ao óxido de grafeno reduzido simplesmente como grafeno (PEI *et al.*, 2012), no entanto, para efeitos de praticidade, muitas vezes diz-se grafeno, referindo-se ao óxido de grafeno reduzido.

3.4 TINTAS À BASE DE GRAFENO

A miríade de qualidades excepcionais do grafeno abre possibilidades para muitos tipos interessantes de tintas e revestimentos. A alta resistividade do grafeno pode produzir revestimentos duráveis que não racham e são resistentes à água e ao óleo; sua excelente condutividade elétrica e térmica pode ser usada para fazer várias tintas condutoras e um forte efeito de barreira para contribuir para extraordinários efeitos anti-oxidantes e arranhões. tintas resistentes e anti-UV (BONACCORSO *et al.*, 2016).

As tintas à base de grafeno vêm ganhando o mercado atual devido as suas diferenciadas propriedades químicas e físicas e podem ser encontradas no mercado. Um exemplo é a *British Electro Conductive Products*, que lançou um revestimento condutor transparente e pulverizável baseado em um material híbrido de nanotubos de carbono e nanoplaquetas de grafeno. A empresa tem como alvo as indústrias de alimentos, eletrônicos, produtos farmacêuticos e petroquímicos (TBA PROTECTIVE SOLUTIONS, 2019).

A *Sixth Element Materials Technology*, uma empresa chinesa focada em pesquisa e desenvolvimento, produção em massa, vendas de grafeno e materiais relacionados, disponibiliza seu primer anticorrosivo de grafeno-zinco a um preço competitivo em comparação ao primer epóxi rico em zinco (MERTENS *et al.*, 2017; THE SIXTH ELEMENT MATERIALS TECHNOLOGY, 2019).

A Graphestone, com sede na Espanha, lançou a primeira tinta imobiliária à base de grafeno em 2014, e ainda afirma ser 100% natural e a mais ecológica do mundo. A tinta é feita a partir de uma base de cal puro, juntamente com o grafeno, garantindo características melhores na tinta, como melhora na regulação térmica dos edifícios, exigindo menos aquecimento ou ar condicionado. Isso aumenta as medidas de isolamento utilizadas nos edifícios, retardando a condução de calor através das paredes e de edifícios, especifica a fabricante. Outro benefício ambiental vem da finura e resistência do grafeno, o que significa que menos tinta será necessária para conseguir um acabamento durável que é resistente à corrosão (FOLKES, 2017).

As pesquisas na área de tintas à base de grafeno é muito abrangente e apresenta uma ampla diversidade de tintas funcionais para diferentes aplicações. Entre estes podem ser revestimentos antibacterianos (BARUA *et al.*, 2014; KRISHNAMOORTHY *et al.*, 2014), tintas solares (capazes de absorver energia solar e transmiti-la) (CASALUCI *et al.*, 2016; MICÓ-VICENT *et al.*, 2017), revestimentos anti-corrosão (XIAO *et al.*, 2018; ZHANG *et al.*, 2017), tintas anticongelamento (KARIM *et al.*, 2018), tintas e bloqueadores de raios

eletromagnéticos (CHEN *et al.*, 2015), revestimentos antiaderentes (NINE *et al.*, 2015), entre outros.

O revestimento de grafeno na forma de spray foi um método viável desenvolvido para módulos solares produzidos para a conversão de energia em dispositivos fotovoltaicos. Uma tinta foi desenvolvida à base de grafeno, com a esfoliação na fase líquida do grafite, e foi pulverizada sobre um substrato de óxido condutor transparente. Os resultados foram satisfatórios, oferecendo vantagens em termos de custo, escalabilidade de produção e processamento. Com isso o módulo solar demonstrou boa resposta à luz, assim como a tinta de grafeno provocou a melhora do desempenho do módulo solar (CASALUCI *et al.*, 2016).

Uma superfície super-hidrofóbica foi preparada utilizando uma tinta de grafeno preparada com grafeno eletroquimicamente esfoliado em polidimetilsiloxano. A superfície apresentou excelente propriedade de auto-limpeza e anticorrosão. Além disso, o revestimento super-hidrofóbico mostrou uma resistência robusta ao impacto da água e ao impacto da areia. Foi apresentado um processo simples, sem uso de equipamentos complexos e reagentes dispendiosos ou rigorosamente regulados (ZHANG *et al.*, 2017).

O grafeno foi utilizado em solução de hidróxido de cálcio como solução protetora de tintas em paredes. Como resultado, a solução de grafeno e hidróxido de cálcio apresentam uma eficiência de conservação superior em comparação com os materiais comercialmente sintetizados. Este resultado confirma as propriedades físicas do grafeno em relação à resistência (ZHU *et al.*, 2018).

Com base na revisão da literatura realizada ficou constatado uma grande empregabilidade no tema pré-definido, seja no campo dos revestimentos quanto no campo do óxido de grafeno, devido suas aplicações. Portanto, notou-se que a inclusão de grafeno em tintas, revestimentos e outros materiais de construção pode aumentar sua dureza, durabilidade, resistência à tração e compressão, elasticidade e cobertura. Essas vantagens podem fazer com que a tinta seja usada de forma mais eficiente, e, portanto, mais sustentável.

4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. **NBR 15078 - Tintas para construção civil - Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais - Determinação da resistência à abrasão úmida sem pasta abrasiva.** 2004, 5 p.

ABNT. **NBR 15079 - Tintas para construção civil - Especificações dos requisitos mínimos de desempenho de tintas para edificações não industriais - Tinta látex nas cores claras.** 2011, 4 p.

ABNT. **NBR 12554 - Tintas para edificações não industriais — Terminologia.** 2013.

ABNT. **NBR 14942 - Tintas para construção civil — Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais — Determinação do poder de cobertura de tinta seca.** 2016, 8 p.

ABNT. **NBR 14940 - Tintas para construção civil — Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais — Determinação da resistência à abrasão úmida.** 2018a, 10 p.

ABNT. **NBR 14943 - Tintas para construção civil - Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais - Determinação do poder de cobertura de tinta úmida.** 2018b, 5 p.

ABRAFATI. **O setor de tintas no Brasil.** Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas, 2018. 2019.

BALIM, A. P. C. **A (des)construção do conceito de sustentabilidade.** 2014.

BARUA, S.; CHATTOPADHYAY, P.; PHUKAN, M. M.; KONWAR, B. K.; ISLAM, J.; KARAK, N. Biocompatible hyperbranched epoxy/silver–reduced graphene oxide–curcumin nanocomposite as an advanced antimicrobial material. **RSC Advances**, v. 4, n. 88, p. 47797-47805, 2014.

BENTLIN, F. R. S.; POZEBON, D.; DEPOI, F. D. S. Estudo comparativo de métodos de preparo de amostras de tinta para a determinação de metais e metalóides por técnicas de espectrometria atômica. **Química Nova**, v. 32, n., p. 884-890, 2009.

BISSESSUR, R.; SCULLY, S. F. Intercalation of solid polymer electrolytes into graphite oxide. **Solid State Ionics**, v. 178, n. 11–12, p. 877-882, 2007.

BONACCORSO, F.; BARTOLOTTA, A.; COLEMAN, J. N.; BACKES, C. 2D-Crystal-Based Functional Inks. **Advanced Materials**, v. 28, n. 29, p. 6136-6166, 2016.

BONFIM, G. **Informações gerais sobre tintas e pintura imobiliária.** ABRAFATI, 2013. 2018.

BOUKHVALOV, D. W.; KATSNELSON, M. I. Modeling of graphite oxide. **J Am Chem Soc**, v. 130, n. 32, p. 10697-10701, 2008.

CASALUCI, S.; GEMMI, M.; PELLEGRINI, V.; DI CARLO, A.; BONACCORSO, F. Graphene-based large area dye-sensitized solar cell modules. **Nanoscale**, v. 8, n. 9, p. 5368-5378, 2016.

CHAKRABARTI, M. H.; LOW, C. T. J.; BRANDON, N. P.; YUFIT, V.; HASHIM, M. A.; IRFAN, M. F.; AKHTAR, J.; RUIZ-TREJO, E.; HUSSAIN, M. A. Progress in the electrochemical modification of graphene-based materials and their applications. **Electrochimica Acta**, v. 107, n. 0, p. 425-440, 2013.

CHEN, Y.-J.; LI, Y.; CHU, B. T. T.; KUO, I. T.; YIP, M.; TAI, N. Porous composites coated with hybrid nano carbon materials perform excellent electromagnetic interference shielding. **Composites Part B: Engineering**, v. 70, n., p. 231-237, 2015.

CHOWDHURY, S.; BALASUBRAMANIAN, R. Recent advances in the use of graphene-family nanoadsorbents for removal of toxic pollutants from wastewater. **Advances in Colloid and Interface Science**, v. 204, n. 0, p. 35-56, 2014.

CISZEWSKI, M.; MIANOWSKI, A. Capacitive Behavior of Highly-Oxidized Graphite. **Materials Science Poland**, v. 32, n. 3, p. 307-314, 2014.

CLAUSE, A.; PLASS, R.; BOEHM, H. P.; HOFMANN, U. Untersuchungen zur Struktur des Graphitoxyds. **Zeitschrift für anorganische und allgemeine Chemie**, v. 291, n. 5-6, p. 205-220, 1957.

COMPTON, O. C.; NGUYEN, S. T. Graphene Oxide, Highly Reduced Graphene Oxide, and Graphene: Versatile Building Blocks for Carbon-Based Materials. **Small**, v. 6, n. 6, p. 711-723, 2010.

COSSICH, F. F.; BRUIT, B. V.; SILVA, C. N. D.; REZENDE, L. C. S. H.; GONÇALVES, J. E. Construção civil e a certificação Ambiental: estudo da importancia da sustentabilidade em construções civís baseado na certificação LEED. **Centro Científico Conhecer - Enciclopédia Biosfera**, v. 13, n. 25, p. 1842, 2017.

DINIZ, E.; BOSCHI, R. **Uma nova estratégia de desenvolvimento**. 2010, 2010.

DORNELLES, K. A. **Absortância solar de superfícies opacas: Métodos de determinação de base de dados para tintas látex acrílica e PVA**. (Tese). Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, Campinas, 2008. 152 p.

EDWARDS, R. S.; COLEMAN, K. S. Graphene Synthesis: relationship to Applications. **Nanoscale**, v. 1, n. 5, p. 38-51, 2013.

FARIA, F. C. D.; SCHMID, A. L. **Tintas Naturais para Construção Civil: elaboração e aplicação através de oficinas para alunos da universidade federal da paraná.** 2015. 1.

FARIA, F. C. D.; SCHMID, A. L. Natural paints for civil construction: test of resistance to weather. **Espaço Energia**, v., n. 26, p. 12, 2017a.

FARIA, G. S.; LIMA, A. M.; BRANDÃO, L. P.; COSTA, A. P. D.; NARDECCHIA, S.; RIBEIRO, A. A.; PINHEIRO, W. A. Produção e caracterização de óxido de grafeno e óxido de grafeno reduzido com diferentes tempos de oxidação. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 22, n., p., 2017b.

FAZENDA, J. M. R. **Tintas: Ciência e Tecnologia**: Editora Blucher, 2009. 1146 p.

FAZENDA, J. M. R. **Tintas imobiliárias de qualidade: livro de rótulos da ABRAFATI**. São Paulo: Editora Blucher, 2011. 772 p.

FAZENDA, J. M. R. **Tintas Imobiliárias de Qualidade** 2012, v.2

FEIL, A. A.; SCHREIBER, D. Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: desvendando as sobreposições e alcances de seus significados. **CADERNO EBAPE.BR - FGV**, v. 14, n. 3, p. 668-681, 2017.

FOLKES, P. **First Graphene Paints Commercially Available In UK**. 2017. 2019.

GAO, W. **Graphite Oxide: Structure, Reductin and Applications**. (Thesis). Department of Mechanical Engineering and Material Science, Rice University, Houston, Texas, 2012. 176 p.

GASQUES, A. C. F. Impactos Ambientais dos materiais da construção civil: Breve revisão teórica. **Revista Tecnológica**, v. 23, n., p., 2014.

GEIM, A. K.; NOVOSELOV, K. S. The rise of graphene. **Nat Mater**, v. 6, n. 3, p. 183-191, 2007.

INMETRO, I. N. D. M. Q. E. T. **Tintas para construção civil: requisitos de avaliação da conformidade para tintas para construção civil - Anexo da portaria do imetro n  529/2015**. 16 de outubro de 2015, 2015, 18 p.

KARIM, N.; ZHANG, M.; AFROJ, S.; KONCHERRY, V.; POTLURI, P.; NOVOSELOV, K. S. Graphene-based surface heater for de-icing applications. **RSC Advances**, v. 8, n. 30, p. 16815-16823, 2018.

KRISHNAMOORTHY, K.; JEYASUBRAMANIAN, K.; PREMANATHAN, M.; SUBBIAH, G.; SHIN, H. S.; KIM, S. J. Graphene oxide nanopaint. **Carbon**, v. 72, n., p. 328-337, 2014.

LEE, C.-G.; PARK, S.; RUOFF, R. S.; DODABALAPUR, A. Integration of reduced graphene oxide into organic field-effect transistors as conducting electrodes and as a metal modification layer. **Applied Physics Letters**, v. 95, n. 2, p. -, 2009.

LERF, A.; HE, H.; FORSTER, M.; KLINOWSKI, J. Structure of Graphite Oxide Revisited. **The Journal of Physical Chemistry B**, v. 102, n. 23, p. 4477-4482, 1998.

LI, D.; MULLER, M. B.; GILJE, S.; KANER, R. B.; WALLACE, G. G. Processable aqueous dispersions of graphene nanosheets. **Nat Nano**, v. 3, n. 2, p. 101-105, 2008.

LOW, C. T. J.; WALSH, F. C.; CHAKRABARTI, M. H.; HASHIM, M. A.; HUSSAIN, M. A. Electrochemical approaches to the production of graphene flakes and their potential applications. **Carbon**, v. 54, n. 0, p. 1-21, 2013.

MALIYEKKAL, S. M.; SREEPRASAD, T. S.; KRISHNAN, D.; KOUSSER, S.; MISHRA, A. K.; WAGHMARE, U. V.; PRADEEP, T. Graphene: A Reusable Substrate for Unprecedented Adsorption of Pesticides. **Small**, v. 9, n. 2, p. 273-283, 2013.

MARTÍN, A.; ESCARPA, A. Graphene: The cutting-edge interaction between chemistry and electrochemistry. **TrAC Trends in Analytical Chemistry**, v. 56, n. 0, p. 13-26, 2014.

MELLO, V. M.; SUAREZ, P. A. Z. As Formulações de tintas Expresivas Através da história **Revista Virtual de Química**, v. 4, n. 1, p. 2-12, 2012.

MERMIN, N. D. Crystalline Order in Two Dimensions. **Physical Review**, v. 176, n. 1, p. 250-254, 1968.

MERTENS, R.; PELEG, R. **Graphene Paints: introduction and market status**. 2017. 2019.

MICÓ-VICENT, B.; LÓPEZ, M.; BELLO, A.; MARTÍNEZ, N.; MARTÍNEZ-VERDÚ, F. Optimum Multilayer-Graphene-Montmorillonite Composites From Sugar for Thermosolar Coatings Formulations. **Journal of Solar Energy Engineering**, v. 139, n. 3, p. 031005-031005-031007, 2017.

NAKAJIMA, T.; MABUCHI, A.; HAGIWARA, R. A new structure model of graphite oxide. **Carbon**, v. 26, n. 3, p. 357-361, 1988.

NINE, M. J.; COLE, M. A.; JOHNSON, L.; TRAN, D. N. H.; LOSIC, D. Robust Superhydrophobic Graphene-Based Composite Coatings with Self-Cleaning and Corrosion Barrier Properties. **ACS Applied Materials & Interfaces**, v. 7, n. 51, p. 28482-28493, 2015.

ONU. **TRANSFORMANDO NOSSO MUNDO: A AGENDA 2030 PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**. 2015.

ORTEGA, S. G. Sustentabilidade na construção civil: significados, práticas e ideologia. **Organizações e Sustentabilidade - UEL**, v. 2, n. 1, p. 112-137, 2014.

PARK, S.; RUOFF, R. S. Chemical methods for the production of graphenes. **Nat Nano**, v. 4, n. 4, p. 217-224, 2009.

PEI, S.; CHENG, H.-M. The reduction of graphene oxide. **Carbon**, v. 50, n. 9, p. 3210-3228, 2012.

PEIERLS, R. E. Quelques proprietes typiques des corps solides. **Ann. I. H. Poincare**, v. 5, n., p. 177-222, 1935.

QUEIROGA, A. T. D.; MARTINS, M. D. F. **Indicadores para a construção sustentável: estudo em um Condomínio vertical em Cabedelo, Paraíba**. 27/10/2015, 2015.

QUEIROZ, N. T. Construções sustentáveis na engenharia Civil e a responsabilidade socioambiental. **Revista Brasileira de gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 3, n. 6, p. 255-263, 2016.

RIGHI, D. P.; KOHLER, L. G.; LIMA, R. C. A. D.; NETO, A. B. D. S. S.; MOHAMAD, G. Cobertura verde: um uso sustentável na construção civil. **Mix Sustentável**, v. 2, n. 2, p. 29-36, 2016.

SHAH, R.; KAUSAR, A.; MUHAMMAD, B.; SHAD, S. Progression from Graphene and Graphene oxide to High Performance Polymer-Based Nanocomposite: A Review. **Polymer Plastics Technology and Engineering**, v. 54, n. 2, p. 173-183, 2015.

SHAMAILA, S.; SAJJAD, A. K. L.; IGBAL, A. Modifications in Development of graphene oxide synthetic routes. **Chemical Engineering Journal**, v. 294, n., p. 458-477, 2016.

SINGH, V.; JOUNG, D.; ZHAI, L.; DAS, S.; KHONDAKER, S. I.; SEAL, S. Graphene based materials: Past, present and future. **Progress in Materials Science**, v. 56, n. 8, p. 1178-1271, 2011.

STANKOVICH, S.; DIKIN, D. A.; DOMMETT, G. H. B.; KOHLHAAS, K. M.; ZIMNEY, E. J.; STACH, E. A.; PINER, R. D.; NGUYEN, S. T.; RUOFF, R. S. Graphene-based composite materials. **Nature**, v. 442, n. 7100, p. 282-286, 2006.

TBA PROTECTIVE SOLUTIONS. **CONDUCTIVE TRANSPARENT GRAPHENE PAINT**. 2019.

TEIXEIRA, J. F. **Dinâmica de carga em nanofitas de grafeno**. Universidade de Brasília, 2013. 82 p.

THE SIXTH ELEMENT MATERIALS TECHNOLOGY. **Anti-Corrosion Type Graphene**. 2019. 2019.

UEMOTO, K. L. **Pintura a base de cal**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT, 1993

UEMOTO, K. L.; IKEMATSU, P.; AGOPYAN, V. Impacto ambiental das tintas imobiliárias. **Coletânea Habitar: construção e meio ambiente**, v. 7, n., p. 37, 2006.

VAN TIMMEREN, A.; ZWETSLOOT, J.; BREZET, H.; SILVESTER, S. Sustainable Urban Regeneration Based on Energy Balance. **Sustainability**, v. 4, n. 7, p. 1488, 2012.

VENABLES, J. A.; SPILLER, G. D. T. Nucleation and Growth of Thin Films. In: Binh, V. (Ed.). **Surface Mobilities on Solid Materials**: Springer US, 1983. v.86, p.341-404. (NATO Advanced Science Institutes Series)

WACLAWOVSKY, E. D. S. A.; ALVES, S. M. **As construções sustentáveis e o desenvolvimento sustentável do habitat humano**. 2010.

WICKS JR, Z. W.; JONES, F. N.; PAPPAS, S. P.; WICKS, D. A. **Organic Coatings: Science and Technology**: John Wiley & Sons, Inc., 2006

XIAO, F.; QIAN, C.; GUO, M.; WANG, J.; YAN, X.; LI, H.; YUE, L. Anticorrosive durability of zinc-based waterborne coatings enhanced by highly dispersed and conductive polyaniline/graphene oxide composite. **Progress in Organic Coatings**, v. 125, n., p. 79-88, 2018.

YIN, P. T.; SHAH, S.; CHHOWALLA, M.; LEE, K.-B. Design, Synthesis, and Characterization of Graphene–Nanoparticle Hybrid Materials for Bioapplications. **Chemical Reviews**, v. 115, n. 7, p. 2483-2531, 2015.

ZHANG, Z.; SUN, J.; LAI, C.; WANG, Q.; HU, C. High-yield ball-milling synthesis of extremely concentrated and highly conductive graphene nanoplatelet inks for rapid surface coating of diverse substrates. **Carbon**, v. 120, n., p. 411-418, 2017.

ZHU, J.; LI, X.; ZHANG, Y.; WANG, J.; WEI, B. Graphene-Enhanced Nanomaterials for Wall Painting Protection. **Advanced Functional Materials**, v. 28, n. 44, p. 1803872, 2018.

5 ARTIGO 1

Perspectiva de pesquisas sobre tintas contendo derivados de grafeno: uma análise bibliométrica

Perspective of research on paints containing graphene derivatives: a bibliometric analysis

Jean Carlos Araujo Sousa¹, Lara de Sousa Soletti² e Natália Ueda Yamaguchi³

¹Clean Technologies, Centro Universitário de Maringá - UniCesumar, Maringá, Brasil
jeancarloseletrica@gmail.com

²Department of Chemical Engineering, Centro Universitário de Maringá - UniCesumar, Maringá, Brasil
larasoletti9@gmail.com

³Clean Technologies – ICETI, Centro Universitário de Maringá - UniCesumar, Maringá, Brasil
natalia.yamaguchi@unicesumar.edu.br

Resumo

O grafeno tem recebido ampla atenção por suas diferentes propriedades, o que atraiu muitos pesquisadores de diversos campos de pesquisa. A análise bibliométrica baseada na base de dados *Web of Science* foi empregada para analisar os resultados científicos globais de tintas sintetizadas à base de grafeno até o presente momento (2008 a 2018). O objetivo da presente pesquisa é avaliar a tendência evolutiva da pesquisa com tintas à base de grafeno e identificar os aspectos abordados nas pesquisas, visando fornecer dados que possam guiar novas pesquisas sobre o tema. A contribuição de diferentes pesquisas, idiomas, categorias temáticas, periódicos, local de publicação, institutos, agências financiadoras, artigos mais citados e aplicações foram analisados para identificar a pesquisa mundial sobre tintas à base de grafeno. Os resultados da análise revelaram um número crescente de publicações anuais. Dos 258 documentos encontrados, 107 foram incluídos por preencherem os critérios de inclusão. Foram identificados 3 eixos temáticos principais: síntese e caracterização, eletrônicos e superfícies. Concluiu-se que o grafeno pode ser usado como componente de tintas à base de grafeno incluindo diversas funcionalidades. A pesquisa mais relevante sobre as principais tecnologias aplicadas sobre tintas à base de grafeno foi resumida neste artigo, sendo as tintas à base de grafeno para dispositivos eletrônicos que se apresentaram como tema que mais recebeu atenção de acordo com as tendências de pesquisa durante o período estudado. Este tema provavelmente continuará em alta demanda de acordo com a tendência de pesquisa analisada, e poderá ajudar os pesquisadores a estabelecer futuras direções de pesquisa nessa área.

Palavras-chave: Cienciométrico. Nanomateriais. Revestimentos.

Abstract

Graphene has received wide attention for its different properties, which has attracted many researchers from various fields of research. The bibliometric analysis based on the Web of Science database was used to analyze the overall scientific results of graphene-based synthesized inks up to the present time (2008 to 2018). The aim of the present research is to evaluate the evolutionary tendency of the graphene - based inks research and to identify the aspects covered in the research on the same theme, aiming to provide data that can guide new research on the subject. The contributions of different researches, languages, thematic categories, periodicals, publication site, institutes, funding agencies, most cited articles and applications were analyzed to identify the worldwide research on graphene based inks. The results of the analysis revealed an increasing number of annual publications, of 258 documents found, 107 were included because they met the inclusion criteria. Three main thematic axes were identified: synthesis and characterization, electronics and surfaces. It has been concluded that graphene can be used as a component of graphene based inks including various functionalities.

The most relevant research on the main technologies applied on graphene-based inks was summarized in this article, with graphene-based inks for electronic devices that presented themselves as the theme that received the most attention according to the research trends during the period studied. This topic will likely continue in high demand according to the analyzed research trend, and may help researchers to establish future directions of research in this area.

Keywords: Coating. Nanomaterials. Scientometric.

1 Introdução

A descoberta experimental do isolamento de uma única folha de grafeno levou à atribuição do prêmio Nobel aos físicos Geim e Novoselov em 2010. Após esta descoberta, o número de pesquisas experimentais e teóricas aumentou vertiginosamente, e pode ser notado pelo crescimento exponencial de artigos publicados nesta área (COMPTONNGUYEN *et al.*, 2010).

O grafeno é uma monocamada de átomos de carbono, com uma espessura de um único átomo, em uma estrutura cristalina hexagonal similar a uma rede de favo de mel bidimensional com átomos de carbono com ligações sp^2 hibridizadas (GEIMNOVOSELOV *et al.*, 2007). Desde a sua descoberta experimental, o grafeno tem despertado o interesse da comunidade científica devido à sua configuração peculiar, por exibir excelentes propriedades químicas e físicas (MARTÍNESECARPA *et al.*, 2014).

O grafeno tem sido utilizado em diversas aplicações interessantes e revolucionárias. A ampla gama de aplicações do grafeno inclui: materiais nanoeletrônicos, compostos estruturais, polímeros condutores, eletrodos de bateria, supercapacitores, papéis bactericidas, tecnologias biomédicas, sensores moleculares, sensores eletroquímicos e bioquímicos, armazenamento de energia, administração de medicamentos, tratamento de água e esgoto, telas sensíveis ao toque e células solares, tintas para impressão, entre outros. No entanto, seu potencial total ainda não foi alcançado e novas aplicações ainda serão exploradas no futuro, aproveitando suas propriedades (GHANY *et al.*, 2017).

A grande maioria das aplicações citadas têm em comum a aplicação do grafeno como forma de revestimento. Os sensores térmicos, sensores eletroquímicos, células solares, materiais anti-corrosivos, telas sensíveis ao toque, todas elas necessitam de um revestimento, que estimula o desenvolvimento das tintas à base de grafeno. Portanto, o grafeno representa a possibilidade de produzir e processá-lo em tintas funcionais, com propriedades reológicas e morfológicas variadas, com diferentes espessuras, processos de impressão e revestimentos, buscando uma escala industrial de baixo custo e confiável (BONACCORSO *et al.*, 2016).

A bibliometria foi introduzida pela primeira vez em 1969 (PRITCHARD *et al.*, 1969), como um método eficaz que utiliza a análise quantitativa e estatística para descrever a tendência de pesquisa de um campo específico e mais recentemente em muitos estudos globais. Refere-se à metodologia de pesquisa utilizada em biblioteconomia e ciência da informação, que utiliza análises quantitativas e estatísticas para descrever padrões de distribuição de publicações de acordo com algumas categorias, como tópicos, campos, fontes, autores, instituições ou países (FU *et al.*, 2013).

Trata-se de um método bibliométrico amplamente aplicado para analisar a produção científica e as tendências de pesquisa em diversos campos, tais como a remoção de nitrato (HUANG *et al.*, 2012), resíduos sólidos (YANG *et al.*, 2013), dessalinização (TANAKAHO *et al.*, 2011), biodiversidade global (LIU *et al.*, 2011), mudança climática (LI *et al.*, 2011), recursos hídricos (WANG *et al.*, 2011), entre outros. O índice de citações expandido (SCI-EXPANDED) do banco de dados do instituto de informação científica *Web of Science* é o mais importante e mais frequentemente usado para obtenção de ampla revisão da literatura em todos os campos (YE *et al.*, 2014).

No presente estudo, realizou-se análise bibliométrica da literatura publicada no banco de dados *Web of Science* sobre as pesquisas relacionadas às tintas à base de grafeno. A contribuição de diferentes pesquisas e os artigos publicados nos principais periódicos até o presente período, incluindo resultados de publicações, categorias temáticas, periódicos, países e institutos foram identificados. Estes resultados foram analisados e avaliados de acordo com vários critérios e utilizados para determinar as características quantitativas das investigações de tintas à base de grafeno em todo o mundo, além de identificar as tendências atuais e futuras mais relevantes relacionadas a este tópico, fornecendo uma base para uma melhor compreensão do desenvolvimento de pesquisa global e melhor direcionamento para futuras pesquisas.

2 Materiais e métodos

A análise bibliométrica da literatura foi realizada no banco de dados *Web of Science* sobre as pesquisas relacionadas às tintas à base de grafeno. A contribuição de diferentes pesquisas e os artigos publicados nos principais periódicos até o presente período, incluiu idiomas, categorias temáticas, periódicos, local de publicação, institutos, agências financiadoras, artigos mais citados e aplicações foram identificados. Estes resultados foram analisados e avaliados de acordo com vários critérios e utilizados para determinar as características quantitativas das investigações de tintas à base de grafeno em todo o mundo e

as tendências atuais e futuras mais relevantes relacionadas a este tópico, fornecendo uma base para uma melhor compreensão do desenvolvimento de pesquisa global e melhor direcionamento para futuras pesquisas.

A busca foi realizada no segundo semestre de 2018 e no mês de janeiro de 2019, para isso foram utilizados os seguintes descritores como palavras-chave no campo de tópico de mecanismo de busca: "paint*" OR "ink*" and "graphene" and "coat*". O processo de busca no primeiro momento permitiu a identificação de 258 documentos. Em seguida, os trabalhos científicos incluídos no estudo foram selecionados por meio de avaliação dos títulos e resumos, obedecendo aos seguintes critérios de inclusão: publicações que abordassem tintas à base de grafeno para diferentes aplicações. Devido o grafeno ser um material relativamente novo, um período de tempo para a identificação cronológica dos artigos não foi delimitado. Após a avaliação dos títulos e resumos, sobressaíram 107 trabalhos que foram analisados.

3 Resultados

A distribuição da produção anual de publicação identificada pela *Web of Science* relacionadas às tintas à base de grafeno para diferentes aplicações é mostrada na Figura 1.

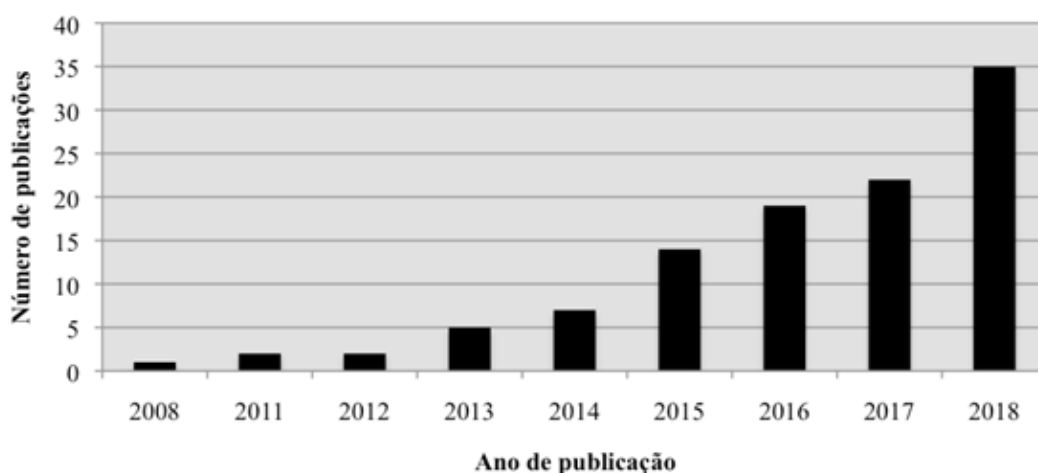


Figura 1 – Produção anual de publicação

É evidente que houve um crescente aumento contínuo de publicações a cada ano. Pode-se observar um maior avanço nas pesquisas, principalmente nos últimos anos, visto que as publicações dos últimos 3 anos representam mais de 70% do total das publicações encontradas (71,03%).

A análise das publicações identificou que o primeiro artigo publicado foi em 2008, intitulado “Nanopartículas de cobre estabilizadas com grafeno como um substituto estável em

ar para prata e ouro em impressão eletrônica de jato-de-tinta de baixo custo”, de autoria de Luechinger *et al.* (2008), aplicando o grafeno, pela primeira vez, como tinta em impressoras jato-de-tinta para dispositivos eletrônicos. Neste estudo, os autores apresentaram uma nova aplicação para o grafeno, visando aproveitar suas propriedades elétricas, alta condutividade e estabilidade.

A distribuição dos tipos de documentos foi analisada. Foram encontrados 93 documentos do tipo artigo científico, 2 artigos de revisão, e 14 anais de congressos, do total de 107 publicações selecionadas durante o período de estudo. A maioria das publicações foi publicada em inglês, exceto uma que foi publicada em chinês. O inglês é, sem dúvida, o principal idioma das pesquisas científicas e se tornou a melhor opção para todos os campos (ABEJÓNGAREA *et al.*, 2015).

A existência de um pequeno número de países que dominam a publicação de documentos científicos é esperada, pois esse padrão ocorre para a maioria dos campos científicos (MELA *et al.*, 1999). Os dados relativos aos países em relação ao número de publicações são mostrados na Figura 2.

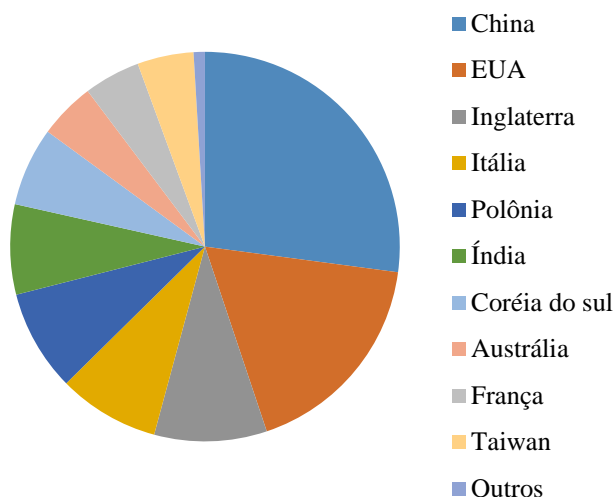


Figura 2 – Os países mais produtivos.

A China apresentou-se como o país mais produtivo, com 35 artigos, com percentual de 32,7% do total de documentos, seguidos pelos americanos e ingleses, com 20,6% e 17,8%, respectivamente.

As instituições e agências de fomento mais produtivas foram classificadas pelo número de artigos, apresentado nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1 – Instituições de pesquisa com maior número de estudos sobre tintas à base de grafeno.

Posição	Instituições	País	Documentos	Porcentagem (%)
1	<i>Chinese Academy of Sciences</i>	China	11	10,28
2	<i>Warsaw University of Technology</i>	Polônia	8	7,48
3	<i>Institute of Electronic Materials Technology</i>	Polônia	5	4,67
4	<i>University of Cambridge</i>	Inglaterra	5	4,67
5	<i>Istituto Italiano di Tecnologia IIT</i>	Itália	4	3,74
6	<i>Jeju National University</i>	China	4	3,74

Tabela 2 – Principais agências financiadoras de pesquisas sobre tintas à base de grafeno.

Posição	Agências financiadoras	País	Documentos	Porcentagem (%)
1	<i>National Natural Science Foundation of China</i>	China	17	15,89
2	<i>National Science Foundation</i>	EUA	5	4,67
3	<i>Engineering and Physical Sciences Research Council</i>	Inglaterra	3	2,80
4	<i>National Basic Research Program of China</i>	China	3	2,80

O resultado referente aos países, instituições e agências financiadoras mais produtivas apresentaram concordância entre eles, sendo as 3 agências financiadoras mais produtivas (China, EUA e Inglaterra) coincidentes com os países mais produtivos. Em relação às instituições mais produtivas, todos os países coincidiram, exceto os Estados Unidos, que não constou na lista das instituições mais produtivas. Este resultado pode ser um indicativo de que os Estados Unidos não possui a pesquisa sobre tintas à base de grafeno concentrada em uma única instituição, e sim em várias instituições.

A distribuição das áreas de pesquisa é mostrada na Figura 3. Os estudos foram compilados por áreas, considerando-se que algumas publicações foram incluídas em mais de uma categoria.

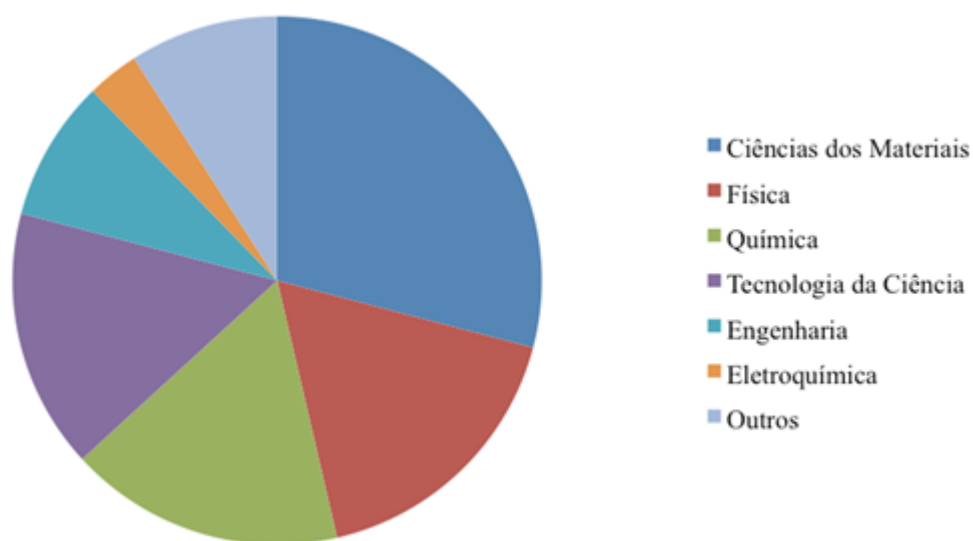


Figura 3 – As principais categorias de assunto

O ranking indica que Ciências dos Materiais (59,81%), Física (35,51%), Química (34,58%), Tecnologia da Ciência (32,71%), Engenharia (17,76%) e Eletroquímica (6,54%) são as 5 principais áreas de pesquisa mais comuns. Esse resultado indica que as pesquisas sobre grafeno ainda estão sendo desenvolvidas como material e não para aplicação em campos da engenharia e tecnologias.

A distribuição dos resultados em periódicos é apresentada na Tabela 3. Os Fatores de Impacto correspondentes, dos periódicos mais produtivos, também foram incluídos.

Tabela 3 – Periódicos com maior número de publicações de artigos sobre tintas à base de grafeno e fator de impacto científico.

Posição	Periódico	Documentos	Porcentagem	Fator de impacto
1	<i>ACS Applied Materials & Interfaces</i>	5	4,68%	8.097
2	<i>Carbon</i>	5	4,68%	7.088
3	<i>Journal of Materials Chemistry C</i>	5	4,68%	5.976
4	<i>Advanced Materials</i>	4	3,74%	21.950
5	<i>ACS Nano</i>	3	2,80%	13.709

Pode-se observar que os periódicos *ACS Applied Materials & Interfaces*, *Carbon* e *Journal of Materials Chemistry C* foram os mais produtivos, com 5 publicações cada, seguido da *Advanced Materials* e *ACS Nano*, ambos com quatro e três publicações, respectivamente. Os outros estudos foram distribuídos em diferentes periódicos. O periódico mais relevante de acordo com o fator de impacto, dentre os periódicos mais produtivos, foi o *Advanced*

Materials com fator de impacto de 21.950. É possível notar que houve uma boa distribuição em diferentes periódicos, não havendo concentração em um único periódico. Percebe-se que o estudo sobre as tintas à base de grafeno trata-se de um tema abrangente, com diferentes aplicações, de modo que periódicos de diferentes áreas publicaram sobre o tema da pesquisa.

Na Tabela 4 encontram-se os 10 artigos mais citados na literatura científica.

Tabela 4 – Artigos sobre tintas à base de grafeno mais citados na literatura científica.

Posição	Artigos	Número de citações
1	<i>Título: Graphene as a Long-Term Metal Oxidation Barrier: Worse Than Nothing</i> <i>Autor(s): Schriver et al. (2013)</i> <i>Fonte: ACS Nano</i>	236
2	<i>Título: Graphene-stabilized copper nanoparticles as an air-stable substitute for silver and gold in low-cost ink-jet printable electronics</i> <i>Autor(s): Luehinger et. Al. (2008)</i> <i>Fonte: Nanotechnology</i>	166
3	<i>Título: 2D-Crystal-Based Functional inks</i> <i>Autor(s): Bonaccorso et al. (2016)</i> <i>Fonte: Advanced Materials</i>	111
4	<i>Título: Transparent Conductive Electrodes from Graphene/PEDOT:PSS Hybrid Inks for Ultrathin Organic Photodetectors</i> <i>Autor(s): Liu et al. (2015)</i> <i>Fonte: Advanced Materials</i>	111
5	<i>Título: Conductive Inks Based on a Lithium Titanate Nanotube Gel for High-Rate Lithium-Ion Batteries with Customized Configuration</i> <i>Autor(s): Tang et al. (2016)</i> <i>Fonte: Advanced Materials</i>	81
6	<i>Título: Graphene oxide nanopaint</i> <i>Autor(s): Krishnamoorthy et al. (2014)</i> <i>Fonte: Carbon</i>	71
7	<i>Título: Robust Superhydrophobic Graphene-Based Composite Coatings with Self-Cleaning and Corrosion Barrier Properties</i> <i>Autor(s): Nine et al. (2015)</i> <i>Fonte: ACS Applied Materials and Interfaces</i>	66
8	<i>Título: Sun-Believable Solar Paint. A Transformative One-Step Approach for Designing Nanocrystalline Solar Cells</i> <i>Autor(s): Genovese et al. (2012)</i> <i>Fonte: ACS Nano</i>	58
9	<i>Título: Synthesis of Fluorinated Graphene Oxide and its Amphiphobic Properties</i> <i>Autor(s): Mathkar et al. (2013)</i> <i>Fonte: Particle & Particle Systems Characterization</i>	56
10	<i>Título: Graphene-based large area dye-sensitized solar cell modules</i> <i>Autor(s): Casaluci et al. (2016)</i> <i>Fonte: Nanoscale</i>	50

De acordo com a lista (Tabela 4) dos 10 artigos mais citados, pôde-se notar que, apesar da China apresentar-se como o país mais produtivo, com 32,7% do total de trabalhos publicados, nenhum trabalho encontrou-se na lista dos artigos mais citados. Isto indica que, apesar de terem uma quantidade significativa de trabalhos, não possuem trabalhos que foram efetivamente utilizados para o desenvolvimento de outras pesquisas. Os artigos mais citados

foram resultados de pesquisas desenvolvidas principalmente em países desenvolvidos, entre eles: Estados Unidos, Itália, Canadá, Alemanha, Austrália e Suíça.

O artigo mais citado, “Grafeno como uma barreira de oxidação de metal a longo prazo: pior do que nada” (SCHRIVER, REGAN *et al.*, 2013), os autores apresentam o grafeno como sendo uma péssima alternativa para aplicação em revestimentos anti-corrosivos, o que é muito controverso, uma vez que muitos autores comprovam que a utilização do grafeno é excelente como camada protetora da ação da água do mar e de substâncias ácidas. Neste contexto, o estudo de Krishnamoorthy e colaboradores (2014) encontra-se entre os trabalhos mais citados.

Ainda entre os artigos mais citados, encontra-se o primeiro artigo publicado com utilização do grafeno para tintas em impressora jato-de-tinta com aplicações eletrônicas (LUECHINGER, ATHANASSIOU *et al.*, 2008) e o artigo de revisão: “Tintas funcionais à base de cristais 2D” (BONACCORSO, BARTOLOTTA *et al.*, 2016). Neste estudo de revisão os autores abordaram diferentes pesquisas que utilizaram tinta de grafeno em diferentes solventes com diferentes aplicações.

Os eixos temáticos tratados nas publicações selecionadas neste trabalho também foram compilados e estão apresentados na Figura 4.

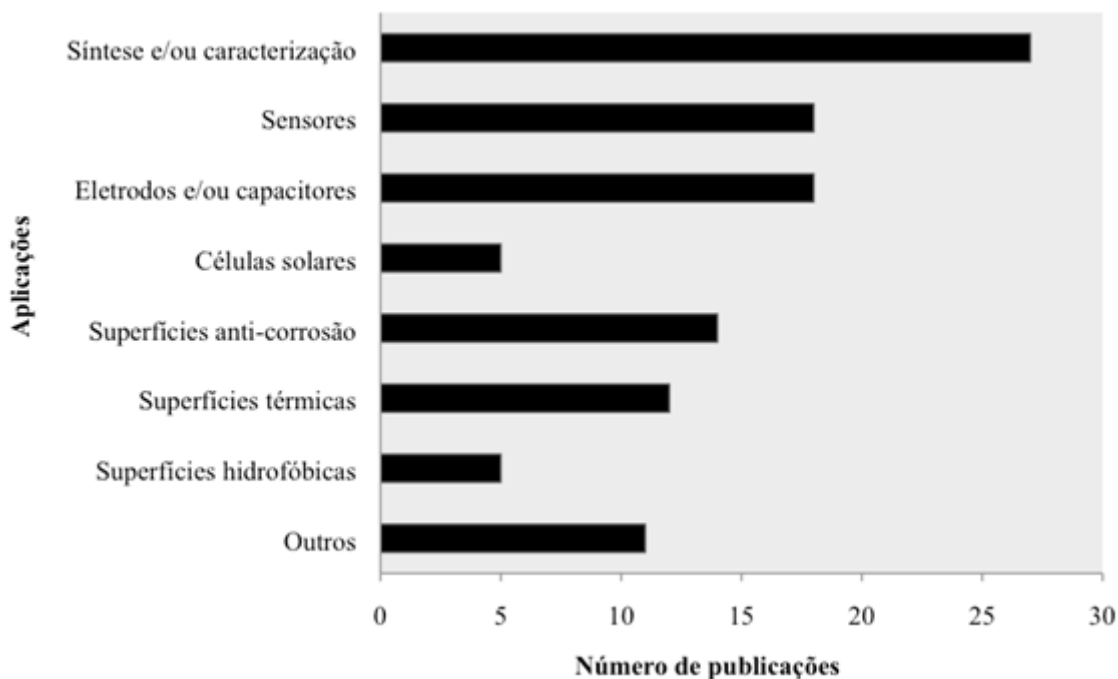


Figura 4 – Aplicações abordadas nas publicações sobre tintas à base de grafeno.

Diferentes aplicações foram identificadas e organizadas em: síntese e/ou caracterização (27), sensores (18), eletrodos e/ou capacitores (18), células solares (5), superfícies anti-corrosão (14), propriedades térmicas (12), superfícies hidrofóbicas (5) e outros (11). Além dessas, foram encontradas outras aplicações tais como: superfícies antimicrobianas (3), eletrodos para o tratamento de água (2), revestimento para interferências magnéticas (2) e biomateriais (2).

Uma maior concentração de publicações para síntese e/ou caracterização de tintas à base de grafeno já era esperada, visto que praticamente 60% das publicações enquadraram-se na categoria de assunto ciência dos materiais da *Web of Science*. É notável que as aplicações para as tintas à base de grafeno vêm ganhando maior notabilidade, principalmente na área de eletrônica, onde as tintas à base de grafeno são aplicadas geralmente em substratos flexíveis e depois aplicados com alta performance em eletrônica, devido à alta condutividade (KARIMI *et al.*, 2018).

As propriedades físicas do grafeno, tais como alta condutividade térmica, alta resistência, também foram exploradas utilizando as tintas à base de grafeno. Superfícies anti-corrosivas (DELUTKENHAUS *et al.*, 2018; SUN *et al.*, 2018), super-hidrofóbicas (LV *et al.*, 2015; WANG *et al.*, 2017) e superfícies térmicas (GIAVERI *et al.*, 2017; KARIM *et al.*, 2018) foram desenvolvidas.

4 Conclusões

Com base em 107 documentos relacionados com publicações sobre tintas à base de grafeno da base de dados SCIE, este estudo bibliométrico forneceu uma visão geral da pesquisa na atualidade e identificou alguns fatores significativos. A análise dos campos estudados revelou que a pesquisa sobre grafeno magnético poderia ser considerada sob três aspectos: síntese e caracterização, eletrônica, tratamento de superfícies. As pesquisas de síntese e caracterização ainda são as mais numerosas, entretanto a aplicação em eletrônica e tratamento de superfícies vêm se destacando. As publicações relacionadas às tintas à base de grafeno aumentaram significativamente nos últimos 10 anos, desde a primeira publicação sobre o tema em 2008, e prevê-se ainda o seu crescimento para os próximos anos. A China, com 2 institutos incluídos entre os principais institutos de produção científica, foi o maior contribuinte de pesquisas na área de tintas à base de grafeno, porém os estudos de maior relevância, de acordo com o resultado dos artigos mais citados, foram as pesquisas desenvolvidas nos países desenvolvidos, como EUA, Itália e Inglaterra.

Agradecimentos

Agradecimentos ao Instituto Cesumar de Ciência, Tecnologia e Inovação (ICETI) pelo apoio a este projeto.

Referências

- ABEJÓN R, GAREA A. A bibliometric analysis of research on arsenic in drinking water during the 1992–2012 period: An outlook to treatment alternatives for arsenic removal. *Journal of Water Process Engineering*. 2015;6:105-19.
- BONACCORSO F, BARTOLOTTA A, COLEMAN JN, BACKES C. 2D-Crystal-Based Functional Inks. *Advanced Materials*. 2016;28(29):6136-66.
- CASALUCI S, GEMMI M, PELLEGRINI V, DI CARLO A, BONACCORSO F. Graphene-based large area dye-sensitized solar cell modules. *Nanoscale*. 2016;8(9):5368-78.
- COMPTON OC, NGUYEN ST. Graphene Oxide, Highly Reduced Graphene Oxide, and Graphene: Versatile Building Blocks for Carbon-Based Materials. *Small*. 2010;6(6):711-23.
- DE S, LUTKENHAUS JL. Corrosion behaviour of eco-friendly airbrushed reduced graphene oxide-poly(vinyl alcohol) coatings. *Green Chemistry*. 2018;20(2):506-14.
- FU H-Z, WANG M-H, HO Y-S. Mapping of drinking water research: A bibliometric analysis of research output during 1992–2011. *Science of The Total Environment*. 2013;443:757-65.
- GEIM AK, NOVOSELOV KS. The rise of graphene. *Nat Mater*. 2007;6(3):183-91.
- GENOVESE MP, LIGHTCAP IV, KAMAT PV. Sun-Believable Solar Paint. A Transformative One-Step Approach for Designing Nanocrystalline Solar Cells. *ACS Nano*. 2012;6(1):865-72.
- GHANY NAA, ELSHERIF SA, HANDAL HT. Revolution of Graphene for different applications: State-of-the-art. *Surfaces and Interfaces*. 2017;9:93-106.
- GIAVERI S, GRONCHI P, BARZONI A. IPN Polysiloxane-Epoxy Resin for High Temperature Coatings: Structure Effects on Layer Performance after 450 °C Treatment. *Coatings*. 2017;7(12):213. PubMed PMID: doi:10.3390/coatings7120213.
- HUANG W, ZHANG B, FENG C, LI M, ZHANG J. Research trends on nitrate removal: a bibliometric analysis. *Desalination and Water Treatment*. 2012;50(1-3):67-77.
- KARIM N, ZHANG M, AFROJ S, KONCHERRY V, POTLURI P, NOVOSELOV KS. Graphene-based surface heater for de-icing applications. *RSC Advances*. 2018;8(30):16815-23.
- KARIMI K, JABARI E, TOYSERKANI E, LEE-SULLIVAN P. Highly conductive graphene paper for flexible electronics applications. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*. 2018;29(3):2537-49.

KRISHNAMOORTHY K, JEYASUBRAMANIAN K, PREMANATHAN M, SUBBIAH G, SHIN HS, KIM SJ. Graphene oxide nanopaint. *Carbon*. 2014;72:328-37.

LI J, WANG M-H, HO Y-S. Trends in research on global climate change: A Science Citation Index Expanded-based analysis. *Global and Planetary Change*. 2011;77(1-2):13-20.

LIU X, ZHANG L, HONG S. Global biodiversity research during 1900–2009: a bibliometric analysis. *Biodiversity and Conservation*. 2011;20(4):807-26.

LIU Z, PARVEZ K, LI R, DONG R, FENG X, MÜLLEN K. Transparent Conductive Electrodes from Graphene/PEDOT:PSS Hybrid Inks for Ultrathin Organic Photodetectors. *Advanced Materials*. 2015;27(4):669-75.

LUECHINGER NA, ATHANASSIOU EK, STARK WJ. Graphene-stabilized copper nanoparticles as an air-stable substitute for silver and gold in low-cost ink-jet printable electronics. *Nanotechnology*. 2008;19(44):445201. Epub 2008/11/05. PubMed PMID: 21832722.

LV L-B, CUI T-L, ZHANG B, WANG H-H, LI X-H, CHEN J-S. Wrinkled Graphene Monoliths as Superabsorbing Building Blocks for Superhydrophobic and Superhydrophilic Surfaces. *Angewandte Chemie International Edition*. 2015;54(50):15165-9.

MARTÍN A, ESCARPA A. Graphene: The cutting-edge interaction between chemistry and electrochemistry. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 2014;56(0):13-26.

MATHKAR A, NARAYANAN TN, ALEMANY LB, COX P, NGUYEN P, GAO G, et al. Synthesis of Fluorinated Graphene Oxide and its Amphiphobic Properties. *Particle & Particle Systems Characterization*. 2013;30(3):266-72.

MELA GS, CIMMINO MA, UGOLINI D. Impact assessment of oncology research in the European Union. *European Journal of Cancer*. 1999;35(8):1182-6.

NINE MJ, COLE MA, JOHNSON L, TRAN DNH, LOSIC D. Robust Superhydrophobic Graphene-Based Composite Coatings with Self-Cleaning and Corrosion Barrier Properties. *ACS Applied Materials & Interfaces*. 2015;7(51):28482-93.

PRITCHARD A. Statistical bibliography or bibliometrics. *Journal of Documentation*. 1969;25:1.

SCHRIVER M, REGAN W, GANNETT WJ, ZANIEWSKI AM, CROMMIE MF, ZETTL A. Graphene as a Long-Term Metal Oxidation Barrier: Worse Than Nothing. *ACS Nano*. 2013;7(7):5763-8.

SUN W, WANG L, YANG Z, ZHU T, WU T, DONG C, et al. A facile method for the modification of graphene nanosheets as promising anticorrosion pigments. *Materials Letters*. 2018;228:152-6.

TANAKA H, HO Y-S. Global trends and performances of desalination research. *Desalination and Water Treatment*. 2011;25(1-3):1-12.

TANG Y, ZHANG Y, RUI X, QI D, LUO Y, LEOW WR, et al. Conductive Inks Based on a Lithium Titanate Nanotube Gel for High-Rate Lithium-Ion Batteries with Customized Configuration. *Advanced Materials*. 2016;28(8):1567-76.

WANG M-H, LI J, HO Y-S. Research articles published in water resources journals: A bibliometric analysis. *Desalination and Water Treatment*. 2011;28(1-3):353-65.

WANG P, YAO T, SUN B, FAN X, DONG S, BAI Y, et al. A cost-effective method for preparing mechanically stable anti-corrosive superhydrophobic coating based on electrochemically exfoliated graphene. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. 2017;513:396-401.

YANG L, CHEN Z, LIU T, GONG Z, YU Y, WANG J. Global trends of solid waste research from 1997 to 2011 by using bibliometric analysis. *Scientometrics*. 2013;96(1):133-46.

YE Z, ZHANG B, LIU Y, ZHANG J, WANG Z, BI H. A bibliometric investigation of research trends on sulfate removal. *Desalination and Water Treatment*. 2014;52(31-33):6040-9.

1 Introdução

Nonononononon nonononon nonononononononono,
nonononn,nononono,nnnn,nonono nononononononon ononono n onononono nono no nonon
ononon nononono onnonoonononoononono nonoon nono non non onon nono non

ononono n onononono nono no nonon ononon nononono onnonoonononoononono
nonoon nono non non onon nono ononono n onononono nono no nonon ononon nononono
onnonoonononoononono nonoon nono non non onon nono ononono n onononono nono

1.1. Exemplo de subseção

Nononono n onononono nono no nonon ononon nononono onnonoonononoononono nonoon
nono non non onon nono ononono n onononono nono no nonon ononon nononono
onnonoonononoononono nonoon nono non non onon nono ononono n onononono nono

1.1.1 Exemplo de subsubseção

Nononono n onononono nono no nonon ononon nononono onnonoonononoononono nonoon
nono non non onon nono ononono n onononono nono no nonon ononon nononono
onnonoonononoononono nonoon nono non non onon nono ononono n onononono nono.
Nononono n onononono nono no nonon ononon nononono onnonoonononoononono nonoon
nono non non onon nono ononono n onononono nono no nonon ononon nononono
onnonoonononoononono nonoon nono non non onon nono ononono n onononono nono

2 Como incluir Figuras

As figuras devem estar preferencialmente no formato Pdf ou Tiff. Você pode incluir figuras em seu trabalho. Por exemplo, veja a Figura 1.

Você também pode incluir e referenciar subfiguras, conforme Figura 2 como Figura 2(a) e Figura 2 (b).



Figura 1 – Exemplo de figura



(a)



(b)

Figura 2 – Exemplo de figura com duas imagens, figura 2(a) e figura 2 (b)

Nonononononon nonononon nonononononononono,
nonononn,nononono,nnnn,nonono nononononononon ononono n onononono nono no nonon
ononon nononono onnonoononoonoononono nonoon nono non non onon nono non

ononono n onononono nono no nonon ononon nononono onnonoononoonoononono
nonoon nono non non onon nono o nonon ononon nononono onnonoononoonoononono nonoon
nono non non onon nono ononono n onononono nono

Nonononononon nonononon nonononononononono,
nonononn,nononono,nnnn,nonono nononononononon ononono n onononono nono no nonon
ononon nononono onnonoononoonoononono nonoon nono non non onon nono non

ononono n onononono nono no nonon ononon nononono onnonoononoonoononono
nonoon nono non non onon nono o nonon ononon nononono onnonoononoonoononono nonoon
nono non non onon nono ononono n onononono nono

3 Exemplos de tabelas e equações

Um exemplo de tabela

Tabela 1 – Example table 1

Name			
Name	Name		
John	Doe	12333	23333
Richard	Miles	12323	48989

Quando as tabelas são grandes coloca-las em mais de uma pagina, mas nunca passando das margens da folha. Um exemplo disso pode ser verificada na Tabela 2.

Tabela 2 – Tabela grande

	Latitude (°)	Longitude (°)	Latitude (°)	Longitude (°)
P₁	25°25'25,000000"	-25°25'25,000000"	25°25'25,000000"	-25°25'25,000000"
P₂	-25°25'25,000000"	120°25'25,000000"	-25°25'25,000000"	120°25'25,000000"
P₃	00°00'0,003240"	89°59'59,996760"	00°00'0,003240"	89°59'59,996760"
P₄	00°00'0,003240"	179°59'59,996760"	00°00'0,003240"	179°59'59,996760"
P₅	89°59'59,995442"	45°00'00,000000"	89°59'59,995442"	45°00'00,000000"
P₆	-89°59'59,995442"	-135°00'00,000000"	-89°59'59,995442"	-135°00'00,000000"
P₇	89°59'59,995442"	45°00'00,000000"	89°59'59,995442"	45°00'00,000000"
P₈	-89°59'59,995442"	-135°00'00,000000"	-89°59'59,995442"	-135°00'00,000000"
P₉	89°59'59,995442"	45°00'00,000000"	89°59'59,995442"	45°00'00,000000"
P₁₀	-89°59'59,995442"	-135°00'00,000000"	-89°59'59,995442"	-135°00'00,000000"
P₁₁	89°59'59,995442"	45°00'00,000000"	89°59'59,995442"	45°00'00,000000"

Um exemplo de equação numerada pode ser verificado em (1).

$$d(F_2P) = \sqrt{Z_p^2 + (c - Y_p)^2} \quad (1)$$

Somente equações referenciadas no texto devem ser numeradas.

4 Exemplos de citações

Nonoo nono no no no Castro et al. (2001) nono nono nnono. Silva e Andrade (2002) nonononon nonon no n, nonono , nononon nonoo (FANTUCCI, 2001; SILVA; ANDRADE, 2002) nonon nnon ono non n o nono nonono no noo , nnon o, nononono,nononon nono o onononon o onononn. nonon nnon ono non n o nono nonono no noo , nnon o, nononono,nononon nono o onononon o onononn.

nonon nnon ono non n o nono nonono no noo , nnon o, nononono,nononon nono o onononon o onononn.nonon nnon ono non n o nono nonono no noo , nnon o, nononono,nononon nono o onononon o onononn.

nonon nnon ono non n o nono nonono no noo , nnon o, nononono,nononon nono o onononon o onononn. nonon nnon ono non n o nono nonono no noo , nnon o, nononono,nononon nono o onononon o onononn.nonon nnon ono non n o nono nonono no noo , nnon o, nononono,nononon nono o onononon o onononn.

nonon nnon ono non n o nono nonono no noo , nnon o, nononono,nononon nono o onononon o onononn.

Nonono, nonono,nononoonoonnonn nono no on nonono nonon o nono nono no nonon ono nonono, nonono,nononoonoonnonn nono no on nonono nonon o nono nono no nonon ono non ono nnon nn on o non onono non o onnon nono no , n o n on on onon ono non nonono nono nono nonon on non no nonono, nonono,nononoonoonnonn nono no on nonono nonon o nono nono no nonon ono non ono nnon nn on o non onono non o onnon n, no no , n o n on on onon ono non nonono nono nono nonon on non no nononononono nno non ononon . (ANDRADE, 2002, p.10)

5 Conclusões

Inclua suas conclusões aqui. nonon nnon ono non n o nono nonono nonon nnon ono non n o nono nonono nonon nnon ono non n o nono nonono nonon nnon ono non n o nono nonono

Agradecimentos

Agradecimentos a revisores, colaboradores e agências de fomento. Estas podem ser colocadas após o artigo ser aprovado para não comprometer a revisão as cegas.

Referências

GERAUD G, SPIERINGS EL, KEYWOOD C. Tolerability and safety of frovatriptan with short- and long-term use for treatment of migraine and in comparison with sumatriptan. Headache. 2002;42 Suppl 2:S93-9.

Artigos em Periódicos

Estrutura:

Título do artigo. Título do periódico. Ano de publicação;Volume(Número):Páginas.

Observações:

- Após o ano de publicação, não usar espaços.
- Usar os títulos abreviados oficiais dos periódicos. Para revistas nacionais que fazem parte da SciELO, essa informação pode ser obtida na página da própria revista, na sessão “sobre nós”. Para abreviatura de periódicos internacionais, consultar o “Index Medicus - abbreviations of journal titles” (<http://www2.bg.am.poznan.pl/czasopisma/medicus.php?lang=eng>).

- Ao listar artigos com mais de seis (06) autores, usar a expressão et al após o sexto autor.

• Artigo Padrão

VU RL, HELMESTE D, AL, REIST C. Rapid determination of venlafaxine and Odesmethylvenlafaxine in human plasma by high-performance liquid chromatography with fluorimetric detection. J. Chromatogr. B. 1997;703(1-2):195–201.

• Volume com suplemento

GERAUD G, SPIERINGS EL, KEYWOOD C. Tolerability and safety of frovatriptan with short- and long-term use for treatment of migraine and in comparison with sumatriptan. Headache. 2002;42 Suppl 2:S93-9.

• Número com suplemento

GLAUSER TA. Integrating clinical trial data into clinical practice. Neurology. 2002;58(12 Suppl 7):S6-12.

• Número sem volume

BANIT DM, KAUFER H, HARTFORD JM. Intraoperative frozen section analysis in revision total joint arthroplasty. Clin Orthop. 2002;(401):230-8.

• Sem volume ou número

Outreach: bringing HIV-positive individuals into care. HRSA Careaction. 2002:1-6

• Artigo em uma língua diferente do português, inglês e espanhol

HIRAYAMA T, KOBAYASHI T, FUJITA T, FUJINO O. [A case of severe mental retardation with blepharophimosis, ptosis, microphthalmia, microcephalus, hypogonadism and short stature-the difference from Ohdo blepharophimosis syndrome]. No To Hattatsu. 2004;36(3):253-7. Japanese.

• Artigo sem dados do autor

21st century heart solution may have a sting in the tail. BMJ. 2002;325(7357):184.

• Artigo em periódico eletrônico

SANTANA RF, SANTOS I. Transcender com a natureza: a espiritualidade para os idosos. Rev. Eletr. Enf. [Internet]. 2005 [cited 2006 jan 12];7(2):148-58. Available from: http://www.fen.ufg.br/revista/revista7_2/original_02.htm.

• Artigo aceito para publicação, disponível online:

SANTANA FR, NAKATANI AYK, FREITAS RAMM, SOUZA ACS, BACHION MM. Integralidade do cuidado: concepções e práticas de docentes de graduação em enfermagem do estado de Goiás. Ciênc. saúde coletiva [internet]. Forthcoming. [cited 2009 mar 09]. Author's manuscript available at: http://www.abrasco.org.br/cienciaesaudecoletiva/artigos/artigo_int.php?id_artigo=2494.

Livros

• Com único autor

DEMO P. Auto-ajuda: uma sociologia da ingenuidade como condição humana. 1st ed. Petrópolis: Vozes; 2005.

- **Organizador, editor, compilador como autor**

BRIGTH MA, editor. Holistic nursing and healing. Philadelphia: FA Davis Company; 2002.

- **Capítulo de livro**

MEDEIROS M, MUNARI DB, BEZERRA ALQ, ALVES MA. Pesquisa qualitativa em saúde: implicações éticas. In: Ghilhem D, Zicker F, editors. Ética na pesquisa em saúde: avanços e desafios. Brasília: Letras Livres UnB; 2007. p. 99-118.

- **Instituição como autor**

SECRETARIA EXECUTIVA, Ministério da Saúde. Sistema Único de Saúde (SUS): princípios e conquista. Brasília (Brasil): Ministério da Saúde, 2000. 44 p.

- **Livro com tradutor**

STEIN E. Anorectal and colon diseases: textbook and color atlas of proctology. 1st Engl. ed. Burgdorf WH, translator. Berlin: Springer; c2003. 522 p.

- **Livro disponível na Internet**

SECRETARIA DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INSUMOS ESTRATÉGICOS; Ministério da Saúde. Por que pesquisa em saúde? Série B. Textos Básicos de Saúde. Série Pesquisa para Saúde: Textos para Tomada de Decisão [Internet]. Brasília: Ministério da Saúde; 2007 [cited 2009 Mar 09]. Available from: http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/pq_pesquisa_em_saude.pdf.

Monografia, Dissertação e Tese

- **Monografia**

TONON FL, SILVA JMC. O processo de enfermagem e a teoria do autocuidado de Orem no atendimento ao paciente submetido à cirurgia de próstata: implementação de um plano de cuidados individualizado no preparo para a alta hospitalar [monography]. São Carlos: Departamento de Enfermagem/UFSCar; 2005.

- **Dissertação**

COELHO MA. Planejamento e execução de atividades de enfermagem em hospital de rede pública de assistência, em Goiânia/GO [dissertation]. Goiânia: Faculdade de Enfermagem/UFG; 2007. 119 p.

- **Tese**

SOUZA ACS. Risco biológico e biossegurança no cotidiano de enfermeiros e auxiliares de enfermagem [thesis]. Ribeirão Preto: Escola de Enfermagem/USP; 2001. 65 p.

Trabalhos em Eventos Científicos

- **Anais/Proceedings de conferência**

MUNARI DB, MEDEIROS M, BEZERRA ALQ, ROSSO, CFW. The group facilitating interpersonal competence development: a brazilian experience of mental health teaching. In: Proceedings of the 16th International Congress of Group Psychotherapy [CD-ROM]; 2006 jul 17-21; São Paulo, Brasil. p. 135-6.

RICE AS, FARQUHAR-SMITH WP, BRIDGES D, BROOKS JW. Canabinoids and pain. In: Dostorovsky JO, Carr DB, Koltzenburg M, editors. Proceedings of the 10th World Congress on Pain; 2002 Aug 17-22; San Diego, CA. Seattle (WA): IASP Press; c2003. p. 437-68.

- **Anais/Proceedings de conferência disponível na Internet**

CENTA ML, OBERHOFER PR, CHAMMAS J. A comunicação entre a puérpera e o profissional de saúde. In: Anais do 8º Simpósio Brasileiro de Comunicação em Enfermagem [Internet]; 2002 Maio 02-03; São Paulo, Brasil. 2002 [cited 2008 dec 31]. Available from: <http://www.proceedings.scielo.br/pdf/sibracen/n8v1/v1a060.pdf>.

- **Trabalho apresentado em evento científico**

ROBAZZI MLCC, CARVALHO EC, MARZIALE MHP. Nursing care and attention for children victims of occupational accident. Conference and Exhibition Guide of the 3rd International Conference of the Global Network of WHO Collaborating Centers for Nursing & Midwifery; 2000 July 25-28; Manchester; UK. Geneva: WHO; 2000.

Outras Publicações

• Jornais

SOUZA H, PEREIRA JLP. O orçamento da criança. Folha de São Paulo. 1995 maio 02; Opinião: 1º Caderno.

• Artigo de jornal na internet

DEUS J. Pacto visa o fortalecimento do SUS em todo estado de Mato Grosso. Diário de Cuiabá [Internet]. 2006 Abr 25 [cited 2009 feb 16]. Saúde. Available from: <http://www.diariodecuiaba.com.br/detalhe.php?cod=251738>.

• Leis/portarias/resoluções

MINISTÉRIO DA SAÚDE; Conselho Nacional de Saúde. Resolução N° 196/96 – Normas regulamentadoras de pesquisa envolvendo seres humanos. Brasília (Brasil): Ministério da Saúde; 1996.

Conselho Federal de Enfermagem. Resolução COFEN-311/2007. Aprova a Reformulação do Código de Ética dos Profissionais de Enfermagem. Rio de Janeiro (Brasil): COFEN; 2007.

• Base de dados online

SHAH PS, ALIWALAS LI, SHAH V. Breastfeeding or breast milk for procedural pain in neonates. 2006 Jul 19 [cited 2009 mar 02]. In: The Cochrane Database of Systematic Reviews [Internet]. Hoboken (NJ): John Wiley & Sons, Ltd. c1999 – . Available from:

<http://www.mrw.interscience.wiley.com/cochrane/clsysrev/articles/CD004950/frame.html> Record No.: CD004950.

• Texto de uma página da Internet

CARVALHO G. Pactos do SUS – 2005 – Comentários Preliminares [Internet]. Campinas: Instituto de Direito Sanitário Aplicado; 2005 Nov 15 [cited 2009 mar 11]. Available from:

http://www.idisa.org.br/site/artigos/visualiza_conteudo1.php?id=1638

• Publicação no Diário Oficial da União

LEI N. 8.842 DE 4 DE JANEIRO DE 1994. Dispõe sobre a Política Nacional do Idoso, cria o Conselho Nacional do Idoso e dá outras providências. Diário Oficial da União (Brasília). 1994 Jan 05.

• Homepage da Internet

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA [Internet]. Brasília: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (BR) [cited 2009 feb 27]. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios. Síntese de Indicadores 2005. Available from:

<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/trabalhoerendimento/pnad2005/default.shtm>

DATASUS [Internet]. Brasília: Ministério da Saúde (BR) [cited 2006 oct 20]. Departamento de Informática do SUS – DATASUS. Available from: <http://w3.datasus.gov.br/datasus/datasus.php>.

Para mais informações sobre as referências consulte International Committee of Medical Journal Editors Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Journals: Sample References: (http://www.nlm.nih.gov/bsd/uniform_requirements.html), ou ainda, consulte o site Citing Medicine (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/bv.fcgi?rid=citmed.TOC&depth=2>).

7 ARTIGO 2

AVALIAÇÃO TÉCNICA DE TINTA ACRÍLICA IMOBILIÁRIA COM INCORPORAÇÃO DE ÓXIDO DE GRAFENO

JEAN CARLOS ARAUJO SOUSA¹, LARA DE SOUSA SOLETTI², RUDNEI JOSÉ DE SOUSA³, LUÍS FERNANDO CUSIOLI⁴, ROSÂNGELA BERGAMASCO⁴, NATÁLIA UEDA YAMAGUCHI^{1,2,5,*}

¹Programa de Pós-graduação em Tecnologias Limpas, UniCesumar, Maringá, Brasil.

²Centro de Ciências Exatas, Tecnológicas e Agrárias, UniCesumar, Maringá, Brasil.

³Art Plus Revestimentos Ltda, Maringá, Brasil.

⁴Programa de Pós-graduação em Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Brasil.

⁵Instituto Cesumar de Ciência, Tecnologia e Inovação, UniCesumar, Maringá, Brasil.

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi o desenvolvimento de uma tinta imobiliária acrílica com incorporação de óxido de grafeno projetada para ser sustentável, visando maior rendimento, reduzindo o seu consumo. A avaliação técnica da tinta desenvolvida foi realizada por ensaios de desempenho de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e análises de caracterização, tais como microscopia eletrônica de varredura (MEV), difração de raios-X (DRX) e infravermelho com transformada de Fourier (FTIR). Os resultados de caracterização não verificaram diferenças significativas entre os revestimentos com e sem adição de óxido de grafeno, indicando a boa dispersão e as baixas concentrações utilizadas. Os resultados para os ensaios de desempenho de cobertura de tinta seca e úmida foram superiores quando comparados com a tinta sem grafeno. Todos os ensaios de desempenhos apresentaram-se de acordo com o exigido pela norma brasileira. Concluiu-se que a tinta com adição de óxido de grafeno desenvolvido é um promissor material para a construção civil e poderá ser utilizado como um novo revestimento com propriedades superiores.

Palavras chaves: desenvolvimento sustentável; nanotecnologia; rendimento; revestimentos; tinta à base de água.

INTRODUÇÃO

O setor da construção civil tem papel fundamental para a realização dos objetivos do desenvolvimento sustentável, visto que o setor da construção civil é um dos setores que consome mais recursos naturais e gera grande quantidade de resíduos. A construção sustentável consiste em um sistema construtivo que promove planejamento desde o projeto sustentável, execução da obra e manutenção da mesma, garantindo pleno funcionamento no seu ciclo de vida [1].

No setor da construção, a pintura é um passo muito importante, uma vez que representa um custo significativo no orçamento. Além de decorar, a pintura tem a função de proteger, sinalizar, controlar a iluminação, higienizar e também influenciar o conforto térmico [2].

Para a indústria química, se faz necessária a inovação tecnológica. Tintas elaboradas com inovação de procedimentos técnicos, técnicas para melhorar sua durabilidade e materiais que minimizem o impacto ambiental com tintas para a construção civil mais sustentáveis, resultam em um ambiente preparado para o desenvolvimento sustentável [3].

Dentre os novos materiais, o grafeno têm se destacado. O grafeno é uma camada única de átomos de carbono, com uma espessura de apenas um átomo, montada em uma estrutura cristalina hexagonal em uma rede favo de mel bidimensional com átomos de carbono ligados por ligações hibridizadas sp² [4]. Devido às suas amplas propriedades, o grafeno tem despertado enorme interesse científico na realização de várias aplicações interessantes e úteis [5].

A miríade de qualidades excepcionais do grafeno abre possibilidades para muitos tipos interessantes de tintas e revestimentos. A alta resistividade do grafeno pode produzir revestimentos duráveis que não racham e são resistentes à água e ao óleo; sua excelente condutividade elétrica e térmica pode ser usada para fazer várias tintas condutoras e um forte

efeito de barreira para contribuir com efeitos anti-oxidantes, anti-arranhões, tintas resistentes, anti-UV, antibacterianas. As tintas de grafeno vêm ganhando o mercado atual devido às suas propriedades e já são vistos em formas gráficas para impressões, condutores para supercapacitores, revestimentos superficiais por spray, epóxi e convencional, entre outros [6].

Portanto, considerando a grande empregabilidade do grafeno e suas amplas propriedades, o presente estudo propôs o desenvolvimento de uma tinta acrílica imobiliária premium com incorporação de óxido de grafeno para melhorar suas propriedades, visando uma tinta mais sustentável, com maior rendimento, reduzindo o consumo de tinta.

MATERIAIS E MÉTODOS

Síntese do óxido de grafeno

A síntese do óxido de grafeno foi realizada pelo método de Hummers modificado, conforme descrito na literatura anteriormente. Esta síntese consiste na oxidação de material gráfitico para obtenção de óxido de grafite, seguido de esfoliação do óxido de grafite por um método físico, o banho ultrassônico, resultando em óxido de grafeno em dispersão [7, 8].

Síntese de tinta acrílica imobiliária com óxido de grafeno

A formulação da tinta acrílica imobiliária premium foi fornecida pela Art Plus revestimentos Ltda. (Maringá-PR, Brasil). A metodologia para o desenvolvimento da tinta está esquematizada na Figura 1.

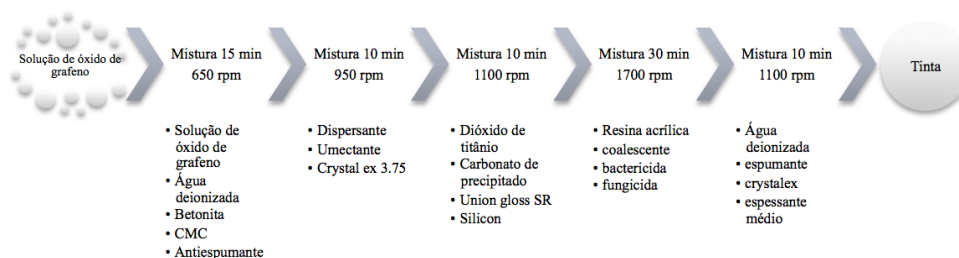


Figura 1: Fluxograma da metodologia para desenvolvimento da tinta acrílica imobiliária com grafeno.

A Tabela 1 apresenta as quantidades dos produtos utilizados, formulação e suas respectivas marcas, seguindo as normas de padronização de produto.

TABELA 1: Formulação da tinta acrílica fosca premium

Produto	Formulação	Marca	% (v/v)
Água destilada	H ₂ O	-	30,00
Bentonita	Silicato de alumínio hidratado (Si ₂ O ₃ Al ₂ (OH) ₄)	GLOBAL MINERIOS	0,70
CMC	carboximetil celulose de sódio (CH ₂ CO ₂ H)	DENVER	0,12
Anti-espumante	Defopen A-5701 (C ₂ H ₆ OSi) _n	MANCHESTER	0,10
Dispersante	ROLTAN N-5000 (C ₃ H ₃ NaO ₂) _n	MANCHESTER	0,40
Umectante	TENSODAC APF-180 Composto sintético de polihidroxilados	MANCHESTER	0,15

Crystal ex 3.75	Hidróxido de amônio (NH ₄ OH)	USIQUÍMICA	0,30
Dióxido de titânio	LOMON R996 (TiO ₂)	HYDRONORTH	9,50
Carbonato de cálcio	CaCO ₂	MINÉRIOS OURO BRANCO	13,00
Union gloss sr	MBR 9666 Extensor de titânio - caulim (Al ₂ O ₃ .2SiO ₂ .2H ₂ O)	LAMIL	13,00
Silicon	Dióxido de silício (SiO ₂)	DIATOM	5,00
Resina acrílica	RESINCRYL RT-950 (CH ₂ =C(CH ₃)COOH)	MANCHESTER	18,00
Coalescente	COASOLVET T-2000 C ₄ H ₈ O ₂	MANCHESTER	1,50
Bactericida	BC5051T Formaldeído H ₂ CO	ALCOLINA	0,15
Fungicida	BF5055AT Isotiazolona	ALCOLINA	0,20
Água	H ₂ O	-	5,28
Espessante PU	TEX E900- Copolímero	BRANCOTEX	0,70
Crystal ex 3.75	Hidróxido de amônio (NH ₄ OH)	USIQUÍMICA	1,30
Espessante médio	OTE 151 - Copolímero	OTIMIZA QUIMICA	0,60
TOTAL			100,00

A tinta foi desenvolvida em escala de bancada utilizando uma redução de 1:1000 L da escala industrial. Dessa forma, foram produzidos 1L de tinta para cada tipo de tinta: uma sem adição de óxido de grafeno, uma com adição de 1% de óxido de grafeno e a terceira com 2% de óxido de grafeno em massa. As tintas foram produzidas em béqueres de 1 L e misturador adaptado com uma furadeira de bancada (Motomil FBH-130i, 0,3 hp) adicionando os reagentes conforme apresentado no esquema da Figura 1. Depois de preparadas, as tintas foram armazenadas em frascos de polipropileno em temperatura ambiente até a utilização para os ensaios de caracterização e avaliação de desempenho técnico.

O óxido de grafeno foi adicionado na fase inicial da formulação da tinta (conforme Figura 1), com o objetivo de obter uma melhor mistura. A preparação da solução do óxido de grafeno foi realizada por meio da ultrasonicação em água em um banho de ultrassom digital (Quimis Q3350, 70W) por 96 h para esfoliar completamente o óxido de grafeno na água que foi utilizada na produção da tinta. A tinta sem óxido de grafeno foi produzida com a mesma metodologia apresentada na Figura 1, porém sem a adição de óxido de grafeno, para validar a comparação das tintas produzidas.

Caracterização óxido de grafeno e revestimentos

As morfologias superficiais dos revestimentos com as tintas acrílicas imobiliárias desenvolvidas foram verificadas por meio de microscopia eletrônica de varredura (MEV) em microscópio Shimadzu SS-550 Scanning Electron Microscope e em um microscópio eletrônico de varredura de mesa Hitachi TM3000. As imagens foram registradas em arquivo digital. A caracterização referente à estrutura e composição química dos revestimentos e óxido de grafeno sintetizados foi avaliada por meio de difratometria de raios-X (DRX) em equipamento modelo Rigaku MiniFlex 600, utilizando uma velocidade de varredura 0,5 grau min⁻¹ e faixa de varredura (2θ) de 5° a 95°. A determinação dos grupos funcionais presentes nas tintas desenvolvidas e no óxido de grafeno sintetizado foi realizada por meio da análise de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR). O espectro de FTIR foi obtido entre 350 e 4000 cm⁻¹ em um espectrômetro Varian 1000 (Scimitar series) com 2 cm⁻¹ de resolução usando pellets de KBr à temperatura ambiente.

Caracterização óxido de grafeno e revestimentos

A avaliação técnica da tinta imobiliária desenvolvida foi realizada pelo laboratório Arkema Química LTDA (Rio Claro-SP, Brasil) certificado pelo Sistema Nacional de Acreditação (SNA), seguindo os requisitos mínimos exigidos pela NBR 15079 [9] para tintas para construção civil e pela portaria nº 529, de 16 de outubro de 2015 do INMETRO [10] que regulamenta os requisitos de avaliação das tintas para construção civil. Os ensaios realizados para a tinta imobiliária acrílica premium com adição e sem adição de óxido de grafeno e os requisitos mínimos de desempenho avaliados estão apresentados na Tabela 2.

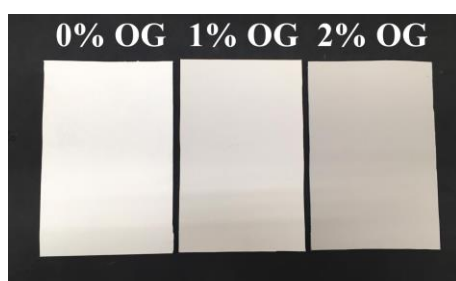
Tabela 2: Ensaios e requisitos mínimos de desempenho para tintas imobiliárias exigidos pela NBR15079 [9] adaptado.

Ensaios de desempenho de tintas imobiliárias	Unidade	Limites mínimos de desempenho
Poder de cobertura de tinta seca [11]	%	98,5
Poder de cobertura de tinta úmida [12]	%	90,0
Resistência à abrasão úmida com pasta abrasiva [13]	ciclos	100

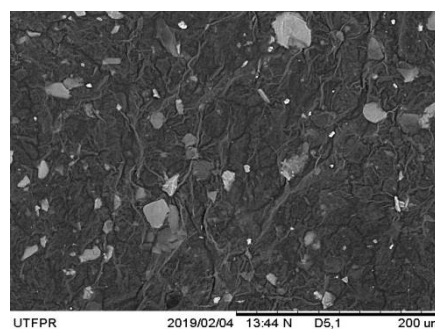
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização do óxido de grafeno e dos revestimentos

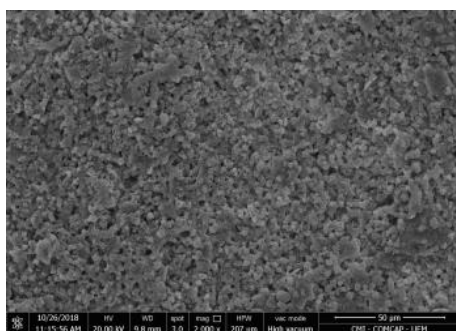
Os resultados de caracterização morfológica dos revestimentos e do óxido de grafeno estão apresentados na Figura 2.



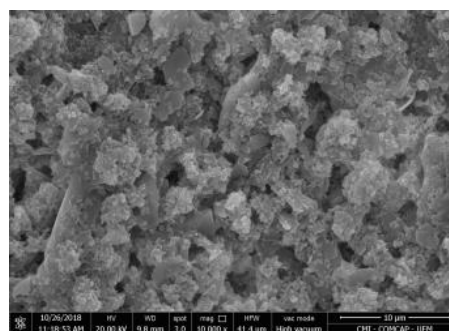
(a)



(b)



(c)



(d)

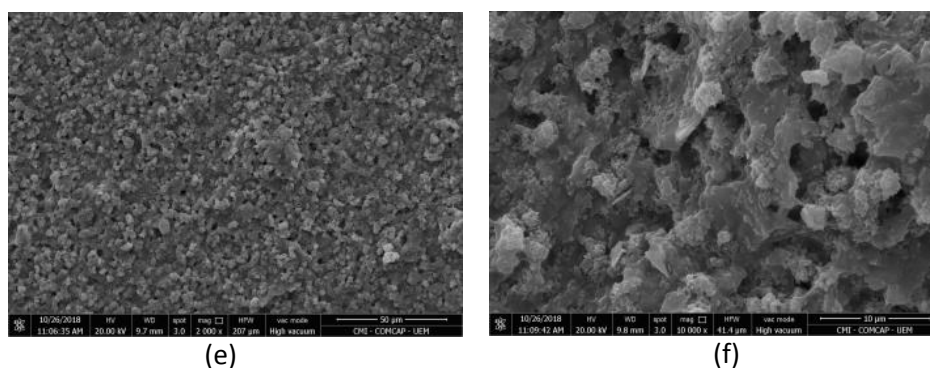


Figura 2: Resultados da caracterização morfológica. (a) Fotografia digital dos revestimentos em suporte de policarbonato; (b) Micrografia do óxido de grafeno; (c) Micrografia do revestimento sem adição de OG com magnitude de 2000x e (d) com magnitude de 10000x. (e) Micrografia do revestimento com OG 2% com magnitude de 2000x e (f) com magnitude de 10000x.

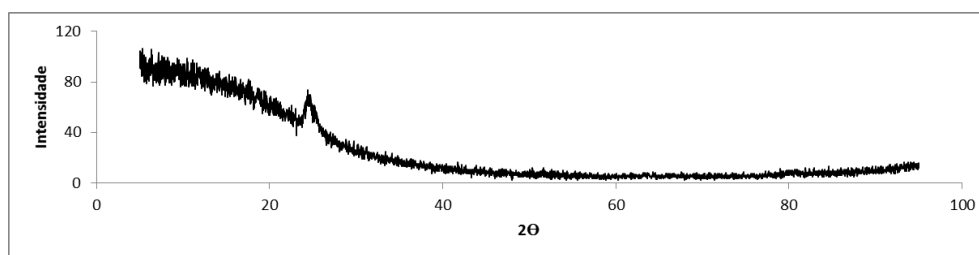
Uma diferença notável de cor foi observada nas amostras de revestimento com e sem OG, sendo que as amostras com grafeno apresentaram cores mais escuras devido à cor natural do óxido de grafeno. Esta coloração era esperada e os resultados similares para cor foram obtidos em pesquisas com tintas com grafeno para outras aplicações por outros autores [14-16]. Este resultado é um indicativo de que a tinta branca seria mais difícil de ser obtida em um campo comercial, sendo necessária a adição de mais óxido de titânio para tornar a tinta mais clara, podendo gerar um maior custo do produto [17].

Quando analisada a morfologia dos revestimentos pela MEV percebeu-se sua característica porosa (Fig. 2c-f) que é característica das tintas imobiliárias acrílicas. A partir da imagem de MEV da tinta látex acrílica produzida, pode-se observar que a microestrutura da amostra consiste principalmente de partículas individuais distribuídas aleatoriamente com um tamanho médio aproximado de 500 nm. Resultados similares foram encontrados por Dragnevski and Donald [18] que produziram tintas acrílicas látex à base de água.

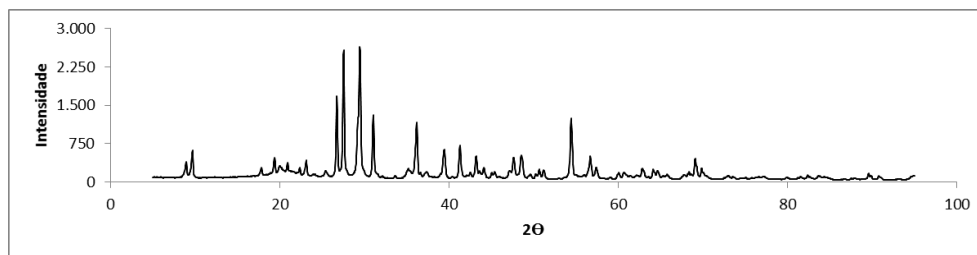
Comparando-se os revestimentos com e sem a inclusão do óxido de grafeno pela análise de MEV não foi possível perceber uma diferença visível. Este pode ser um indicativo de que o óxido de grafeno foi bem disperso na composição da tinta e que a concentração de óxido de grafeno adicionada (2%) foi relativamente pequena em relação ao volume total.

A caracterização superficial do óxido de grafeno pode ser observada pela análise de MEV (Fig. 2b) e pode-se notar uma morfologia característica deste material. Inúmeros autores reportaram resultados similares [19-21], e isto colabora para comprovar que o óxido de grafeno foi sintetizado com sucesso pelo método de Hummers modificado.

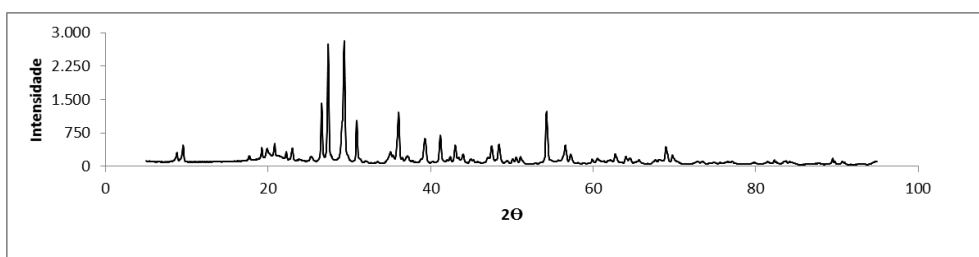
A Figura 3 apresenta resultados de caracterização de estrutura e composição química dos revestimentos e óxido de grafeno.



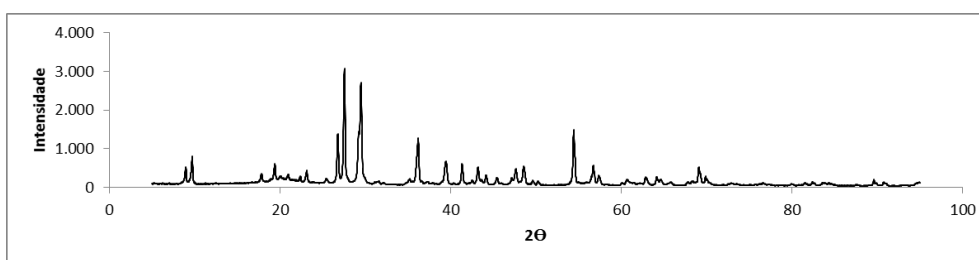
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 3: (a) Difrátogramas de DRX do OG. (b) Difrátogramas de DRX do revestimento sem OG. (c) Difrátogramas de DRX do revestimento com adição de 1% OG. (d) Difrátogramas de DRX do revestimento com adição de 2% OG.

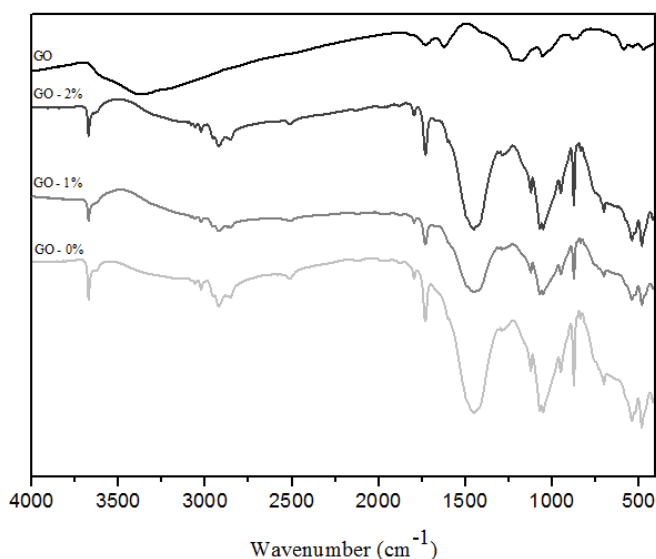


Figura 4: Espectro de FTIR do OG e revestimentos.

Os resultados da análise de DRX para o óxido de grafeno (Fig. 3a) confirmaram a síntese de óxido de grafeno pelo método de Hummers modificado com a presença do forte pico de difração em cerca de $2\theta = 24,7^\circ$ que corresponde ao plano (0 0 1). Estes picos não foram verificados nos difratogramas das amostras de revestimento com OG, este é um outro indicativo de que as concentrações de óxido de grafeno utilizadas foram muito pequenas.

De acordo com a análise de DRX para as películas de tinta forneceram praticamente os mesmos difratogramas, conforme apresentados na Figura 3b-d. A partir das análises, verificou-se que o cálcio está na forma de calcita (CaCO_3) como esperado. Os picos cristalinos deste composto são observados em $2\theta = 23,2, 29,2, 36, 39,5, 43,2, 47,5, 48,4, 57,5, 57,3, 59,6, 60,2, 63,2, 64,2, 69,4$ [22, 23]. O titânio foi encontrado na forma de titânia (TiO_2) com picos nos ângulos de 2θ de $27,1, 36,1, 39,6, 41,7, 43,5, 54,1, 56,7, 61,2, 63,2, 65,2, 68,2, 69,3^\circ$ [24]. A bentonita, apresentou o pico de difração para a montmorillonita típico em $2\theta = 19,5$ e $28,2^\circ$. A presença de quartzo também foi encontrada com picos de difração em $2\theta = 25,2$ e $49,5^\circ$ [25].

As análises de FTIR na Figura 4 apresenta o espectro do óxido de grafeno com picos de absorção característicos. Em 3375 cm^{-1} correspondente ao grupo OH, em 1719 cm^{-1} indica a possível ocorrência de grupos carboxil ($\text{C}=\text{O}$ correspondente aos grupos COOH), em 1625 cm^{-1} pode ser atribuído a ligação aromática $\text{C}=\text{C}$, em 969 cm^{-1} e 828 cm^{-1} que pode ser relacionada ao grupo epóxi (vibrações do grupo $\text{C}-\text{O}-\text{C}$), em 1125 cm^{-1} que pode ser atribuído ao grupo alcóxi ($\text{C}-\text{OH}$) [26]. Essas evidências indicam que durante o processo de oxidação do grafite com permanganato de potássio e ácido sulfúrico no método de Hummers modificado, parte das estruturas que unem as camadas do grafite foram destruídas e os grupos funcionais com oxigênio foram inseridos na sua composição [8, 27].

A Figura 3e também apresenta os espectros de FTIR das películas de tinta desenvolvidas. Foram encontrados muitos picos comuns esperados do aglutinante, pigmento e carga na tinta. Os picos observados em torno de 2900 cm^{-1} são devidos às bandas de estiramento dos grupos C-H, enquanto os picos em torno de 1725 e 1050 cm^{-1} correspondem às vibrações de estiramento $\text{C}=\text{O}$ e $\text{C}-\text{OH}$, respectivamente. Esses picos são todos indicativos de um material aglutinante acrílico [24].

Os picos de absorção em torno de 1800, 1450, 850 e 700 cm^{-1} são característicos do carbonato de cálcio, que é comumente usado como um enchimento na formulação de tintas. A calcita, que é uma das formas mais comumente encontradas do carbonato de cálcio, tem picos de 1450, 850 e 700 cm^{-1} . Os picos observados em 3700 cm^{-1} , 1100 cm^{-1} e 925 cm^{-1} mostram a presença de silicato de alumínio hidratado que também é usado como um enchimento na formulação de tinta. Amostras de quartzo também são uma das formas mineralógicas da sílica. Para todas as amostras estudadas, os picos de absorção entre 700 e 500 cm^{-1} são característicos do TiO_2 , uma vez que a faixa de banda mais forte pertencente ao TiO_2 foi denotada na região de 700-500 cm^{-1} por Colthup *et al.* [28] No estudo de Vitala *et al.* [29] as bandas entre 600 e 450 cm^{-1} foram atribuídas ao TiO_2 amorfo. Burgos e Langlet [30] estudaram as reações TiO_2 sol-gel e, em estudos de RI, encontraram bandas pertencentes aos grupos Ti-O e Ti-O-Ti na faixa de 800-400 cm^{-1} , portanto os picos em 475 e 550 cm^{-1} são relacionados com a presença do TiO_2 nas amostras de tinta produzidas.

Comparando os espectros de FTIR das amostras com óxido de grafeno com as tintas desenvolvidas, não foi possível identificar os grupos funcionais específicos do óxido de grafeno nos novos revestimentos. Isto ocorreu pois a quantidade utilizada de óxido de grafeno foi muito pequena em comparação com o volume total de amostra, ficando muito diluída.

Avaliação técnica da tinta imobiliária acrílica com óxido de grafeno

Os resultados obtidos da avaliação técnica da tinta imobiliária acrílica com e sem adição de óxido de grafeno estão apresentadas pelo gráfico da Figura 5.

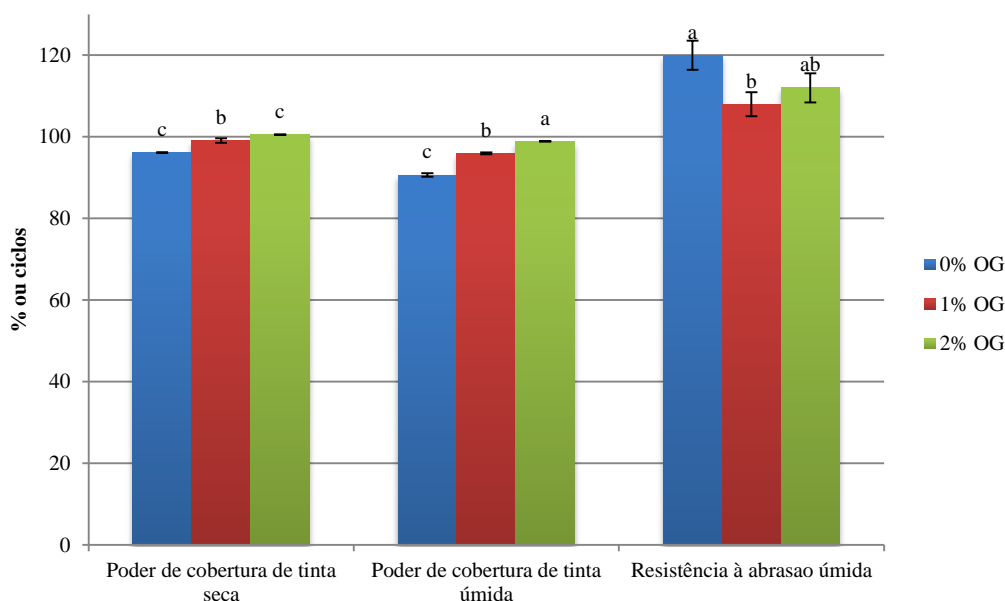


Figura 5: Avaliação técnica de desempenho das tintas de revestimento desenvolvidas com e sem a inclusão de óxido de grafeno (OG).

Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste tukey, em nível de 5% de probabilidade, com auxílio do software Sisvar (Ferreira, 2011). Após a análise estatística constatou-se que as letras são diferentes, então o 1 e 2% foram melhores. E no terceiro o 2% e 0% foram iguais, e o 1% foi pior.

A avaliação técnica de desempenho das tintas demonstrou que o grafeno aumentou o poder de cobertura de tinta seca e úmida em relação à tinta sem adição de OG, sendo que a maior concentração obteve melhores resultados em ambos os ensaios de poder de cobertura, correspondente à um aumento de 1,99% o poder de cobertura de tinta seca, levando em conta o valor máximo de 98,5% do poder de contraste determinado na ABNT NBR 15079 [9] e 8,89% o poder de cobertura úmida, levando como base o valor mínimo de 90% para a concentração de 2% OG observado na Figura 5.

Para o ensaio de resistência à abrasão úmida todos os revestimentos apresentaram-se melhores do que o exigido pela ABNT, que são 100 ciclos, porém o desempenho da tinta sem OG foi maior em relação às tintas com OG. Este resultado ocorreu possivelmente devido ao OG absorver a água, já que é hidrofílico, e o teste feito conforme a NBR 14940 [13] é feito em meio a lavabilidade e a lixabilidade, assim podendo ter contribuído para a absorção de água no teste realizado.

A melhoria constatada para o poder de cobertura contribui para que a tinta seja mais sustentável, visto que a eficiência é maior, o consumo de tinta, consumo de recursos naturais e a produção de resíduos sólidos serão menores. Dessa forma a tecnologia aliada a novos produtos podem ajudar no desenvolvimento sustentável.

CONCLUSÃO

O presente estudo desenvolveu uma tinta acrílica imobiliária com adição de óxido de grafeno e investigou seu desempenho técnico como revestimento. Os resultados de caracterização confirmaram a síntese de óxido de grafeno pelo método de Hummers modificado, porém, não foi verificada uma diferença notável entre os revestimentos com e sem a adição de óxido de grafeno nas análises de caracterização, indicando que o óxido de grafeno foi disperso em baixa concentração. Os resultados de análise de desempenho mostraram que o novo revestimento com adição de óxido de grafeno apresentou melhores resultados para os ensaios de tinta seca e tinta úmida quando comparados com a tinta sem grafeno. Todos os ensaios apresentaram-se de acordo com os requisitos mínimos da ABNT. Concluiu-se que o novo revestimento de tinta acrílica imobiliária com incorporação de óxido de grafeno melhorou o poder de cobertura, com maior rendimento, sendo uma tinta mais sustentável, por reduzir o consumo de tinta.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao Instituto Cesumar de Ciência, Tecnologia e Inovação (ICETI - Brasil) e à Fundação Nacional de Desenvolvimento do Ensino Superior Particular (FUNADESP - Brasil) pelo apoio financeiro e à Art Plus revestimentos Ltda. (Maringá-PR, Brasil) pelo fornecimento de informações e materiais para o desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- [1] Queiroga, A.T.D., Martins, M.d.F., Indicadores para a construção sustentável: estudo em um condomínio vertical em Cabedelo, Paraíba, *Revista de Administração da UFMS*, 8, pp. 16, 2015.
- [2] Mello, V.M., Suarez, P.A.Z., As Formulações de tintas Expresivas Através da história *Revista Virtual de Química*, 4(1), pp. 2-12, 2012.
- [3] Van Timmeren, A., Zwetsloot, J., Brezet, H., Silvester, S., Sustainable Urban Regeneration Based on Energy Balance, *Sustainability*, 4(7), pp. 1488, 2012.
- [4] Geim, A.K., Novoselov, K.S., The rise of graphene, *Nat Mater*, 6(3), pp. 183-91, 2007.
- [5] Chowdhury, S., Balasubramanian, R., Recent advances in the use of graphene-family nanoadsorbents for removal of toxic pollutants from wastewater, *Advances in Colloid and Interface Science*, 204(0), pp. 35-56, 2014.

- [6] Bonaccorso, F., Bartolotta, A., Coleman, J.N., Backes, C., 2D-Crystal-Based Functional Inks, *Advanced Materials*, 28(29), pp. 6136-66, 2016.
- [7] Hummers, W.S., Offeman, R.E., Preparation of Graphitic Oxide, *Journal of the American Chemical Society*, 80(6), pp. 1339-, 1958.
- [8] Yamaguchi, N.U., Bergamasco, R., Hamoudi, S., Magnetic MnFe₂O₄-graphene hybrid composite for efficient removal of glyphosate from water, *Chemical Engineering Journal*, 295, pp. 391-402, 2016.
- [9] NBR 15079 - Tintas para construção civil - Especificação dos requisitos mínimos de desempenho de tintas para edificações não industriais - Tinta látex nas cores claras, (2011).
- [10] Portaria n.o 529, de 16 de outubro de 2015. Requisitos de avaliação da conformidade para tintas para construção civil., (2015).
- [11] NBR 14942 - Tintas para construção civil — Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais — Determinação do poder de cobertura de tinta seca, (2016).
- [12] NBR 14943 - Tintas para construção civil - Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais - Determinação do poder de cobertura de tinta úmida, (2018).
- [13] NBR 14940 - Tintas para construção civil — Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais — Determinação da resistência à abrasão úmida, (2018).
- [14] Giaveri, S., Gronchi, P., Barzoni, A., IPN Polysiloxane-Epoxy Resin for High Temperature Coatings: Structure Effects on Layer Performance after 450 °C Treatment, *Coatings*, 7(12), pp. 213, 2017.
- [15] Singhababu, Y.N., Sivakumar, B., Singh, J.K., Bapari, H., Pramanick, A.K., Sahu, R.K., Efficient anti-corrosive coating of cold-rolled steel in a seawater environment using an oil-based graphene oxide ink, *Nanoscale*, 7(17), pp. 8035-47, 2015.
- [16] Tung, T.T., Alotaibi, F., Nine, M.J., Silva, R., Tran, D.N.H., Janowska, I., et al., Engineering of highly conductive and ultra-thin nitrogen-doped graphene films by combined methods of microwave irradiation, ultrasonic spraying and thermal annealing, *Chemical Engineering Journal*, 338, pp. 764-73, 2018.
- [17] Manuel Jes@≤s, G.z., Juan Pedro, B.v., Rafael, G.-T., Federico, V., A Review of the Production Cycle of Titanium Dioxide Pigment, *Materials Sciences and Applications*, Vol.05No.07, pp. 18, 2014.
- [18] Dragnevski, K.I., Donald, A.M., An environmental scanning electron microscopy examination of the film formation mechanism of novel acrylic latex, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 317(1), pp. 551-6, 2008.
- [19] Lima, A.M., Faria, G.S., Nardecchia, S., Cruz, L.R.d.O., Souza, M.d.M.V.M., Pinheiro, W.A., Produção e caracterização de filmes finos transparentes e condutores de óxido de grafeno reduzido, *Matéria (Rio de Janeiro)*, 22, pp., 2017.
- [20] Rodbari, R.J., Wendelbo, R., Jamshidi, L.C.L.A., HernÁNdez, E.P., Nascimento, L., STUDY OF PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERIZATION OF NANOCOMPOSITE POLYSTYRENE / GRAPHENE OXIDE HIGH ACIDITY CAN BE APPLIED IN THIN FILMS, *Journal of the Chilean Chemical Society*, 61, pp. 3120-4, 2016.
- [21] Su, H., Li, Z., Huo, Q., Guan, J., Kan, Q., Immobilization of transition metal (Fe²⁺, Co²⁺, VO₂⁺ or Cu²⁺) Schiff base complexes onto graphene oxide as efficient and recyclable catalysts for epoxidation of styrene, *RSC Advances*, 4(20), pp. 9990-6, 2014.

- [22] Jeoung-Ah, K., The characterisation of paper composite porcelain in a fired state by XRD and SEM, *Journal of the European Ceramic Society*, 24(15), pp. 3823-31, 2004.
- [23] Li, T., Sui, F., Li, F., Cai, Y., Jin, Z., Effects of dry grinding on the structure and granularity of calcite and its polymorphic transformation into aragonite, *Powder Technology*, 254, pp. 338-43, 2014.
- [24] Topçuoğlu, Ö., Altinkaya, S.A., Balköse, D., Characterization of waterborne acrylic based paint films and measurement of their water vapor permeabilities, *Progress in Organic Coatings*, 56(4), pp. 269-78, 2006.
- [25] Zhirong, L., Azhar Uddin, M., Zhanxue, S., FT-IR and XRD analysis of natural Na-bentonite and Cu(II)-loaded Na-bentonite, *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 79(5), pp. 1013-6, 2011.
- [26] Beitollahi, H., Hamzavi, M., Torkzadeh-Mahani, M., Electrochemical determination of hydrochlorothiazide and folic acid in real samples using a modified graphene oxide sheet paste electrode, *Materials Science and Engineering: C*, 52, pp. 297-305, 2015.
- [27] Lian, P., Zhu, X., Liang, S., Li, Z., Yang, W., Wang, H., Large reversible capacity of high quality graphene sheets as an anode material for lithium-ion batteries, *Electrochimica Acta*, 55(12), pp. 3909-14, 2010.
- [28] *Introduction to Infrared and Raman Spectroscopy (Third Edition)*, Colthup NB, Daly LH, Wiberley SE, editors, Academic Press: San Diego, pp. iii, 1990.
- [29] Viitala, R.I., Langlet, M., Simola, J., Lindén, M., Rosenholm, J.B., Aerosol–gel deposition of doped titania thin films, *Thin Solid Films*, 368(1), pp. 35-40, 2000.
- [30] Burgos, M., Langlet, M., The sol-gel transformation of TIPT coatings: a FTIR study, *Thin Solid Films*, 349(1), pp. 19-23, 1999.
- [20] Saleiro, G.T., Cardoso, S.L., Toledo, R., Holanda, J.N.F., Avaliação das fases cristalinas de dióxido de titânio suportado em cerâmica vermelha. *Cerâmica* [online].2010, vol. 56, n.338, pp.162-167.
- [21] Santos, B.R., Silva, L.G., Tinta condutora de baixo custo à base de pó de grafite. *Revista Cientific@ Universitas*, Itajubá v.5, n.2, p.109-115-Jul-Dez. 2018.
- [22] Ferreira, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

8 NORMAS PARA REVISTA ENERGY PROCEDIA - ARTIGO 2

[Click here and type Paper Title]

[Click here and type Paper Author(s)]

[Click here and type Author(s) Affiliations]

Abstract

"[Type your abstract here, between 150 and 300 words]"

Keywords: "[Type the Keyword list for your paper here, maximum of 10]"

Introduction

[Check that the page margins are set as: A4 page, top & bottom 48.5mm; left & right 40mm. This is the body text. This is the body text. This is the body text. This is the body text. This is the body text. This is the body text. This is the body text. This is the body text.]

[Note the 5-space paragraph indent on all paragraphs. This is the body text. This is the body text. This is the body text. This is the body text. This is the body text. This is the body text. This is the body text. This is the body text.]

this is a heading 1

[Click here and type body text. This is the body text. This is the body text. This is the body text. This is the body text. This is the body text. This is the body text. This is the body text.]

This is a Heading 2

[Click here and type body text. This is the body text. This is the body text. This is the body text. This is the body text. This is the body text. This is the body text. This is the body text.]

This is a Heading 3

[Click here and type body text. This is the body text. This is the body text. This is the body text. This is the body text. This is the body text. This is the body text. This is the body text.]

this is a heading 1

[Click here and type body text. This is the body text. This is the body text. This is the body text. This is the body text. This is the body text. This is the body text. This is the body text.]

This is a Heading 2

[Click here and type body text. This is the body text. This is the body text. This is the body text. This is the body text. This is the body text. This is the body text. This is the body text.]

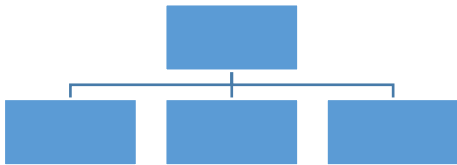
Tabela 1: [This is a 1-line table caption – centred.]

Table column heading	Table column heading		
	Subheading	Subheading	Subheading
Text	Text	Text	Text
1234	1234	1234	1234

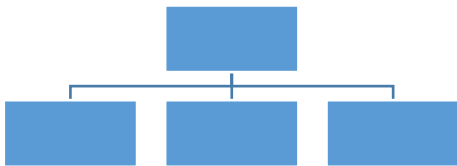
Tabela 2: [This is a 2-line table caption – justified. For table source, insert at end of caption. (*Source: Smith, 1989.*)]

Table column	Table column heading		
	Subheading	Subheading	Subheading

heading			
Text	Text	Text	Text
1234	1234	1234	1234



(a)



(b)

Figura 1: [This is a 1-line figure caption – centred. (a) Part a; (b) Part b.]

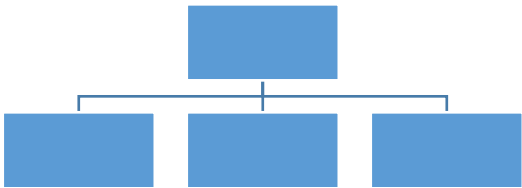


Figura 2: [This is a 2-line figure caption – justified. For figure source, insert at end of caption. (*Source: Smith, 1989.*)]

this is a heading
[Insert equations as follows, centred, with right-aligned numbers. See e.g. eqn (1) below. Note the final sentence punctuation]

$$(x + a)^n = \sum_{k=0}^n \binom{n}{k} x^k a^{n-k}.$$

(1)

- This is a bulleted list.
- This is a bulleted list.
- This is a bulleted list.

This is a Heading 2
[Click here and type body text. This is the body text. This is the body text. This is the body text. This is the body text. This is the body text. This is the body text. This is the body text.]

1. [This is a numbered list. **For a new list, select ‘Restart at 1’**]
2. [This is a numbered list.]
3. [This is a numbered list.]

This is a Heading 2

[Click here and type body text. This is the body text. This is the body text. This is the body text. This is the body text. This is the body text. This is the body text. This is the body text.]

Acknowledgements

[Click here and type acknowledgement(s).]

REFERENCES

- [1] Book: Brebbia, C.A., Telles, J.C.F. & Wrobel, L.C., (eds), *Boundary Element Techniques*, Springer-Verlag: Berlin and New York, pp. 11–13, 1984.
- [2] Conference: Osifchin, N. & Vau, G., Power considerations for the modernization of telecommunications. *Proceedings of the Fourth Annual Portable Design Conference*, pp. 137–142, 1997.
- [3] Online sources: Test Methods for Evaluating Solid Wastes, Physical/Chemical Methods; U.S. Environmental Protection Agency, Office of Solid Wastes, SW-846 Online, www.epa.gov/epaoswer/hazwastes/test/main.htm. Accessed on: 23 Jun. 2015.
- [4] Journal article: Bratanow, T. & De Grande, G., Numerical analysis of normal stress in non-Newtonian boundary layer flow. *Engineering Analysis*, **6**(2), pp. 20–25, 1985.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos resultados obtidos neste trabalho concluiu-se que o desenvolvimento de tintas com óxido de grafeno obteve melhoras significantes em relação à tinta sem adição do óxido de grafeno. As pesquisas sobre o tema são muito abrangentes conforme artigo 1, onde foi realizado um artigo bibliométrico de tintas com grafeno, onde também foi possível diagnosticar que não há artigos de tintas com óxido de grafeno à base de água, dificultando as pesquisas.

A tinta produzida em laboratório teve um melhor resultado nos três testes proporcionados a ela conforme ABNT, o poder de cobertura em tinta seca, poder de cobertura em tinta úmida e resistência a abrasão úmida. Assim, foi possível diagnosticar que a tinta obteve uma melhor cobertura e com isso seu rendimento aumenta, contribuindo com a sustentabilidade, uma vez que utilizaremos menos tinta para pintura dos empreendimentos.